

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**TESIS**

**"CONCRETO DE MEDIANA A BAJA RESISTENCIA  
PRODUCIDO: EN TERRENO NATURAL, CON EQUIPO Y CON  
EQUIPO Y ADITIVO PLASTIFICANTE"**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**ELABORADO POR**

**JEANCARLO JESÚS ZAVALA MAGARIÑO**

**ASESOR:**

**Ing. CARLOS ARMANDO BARZOLA GASTELÚ**

**LIMA – PERU**

**2019**

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b>	<b>6</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>8</b>
<b>PRÓLOGO</b>	<b>9</b>
<b>LISTA DE CUADROS</b>	<b>10</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>16</b>
<b>LISTA DE SÍMBOLOS Y DE SIGLAS</b>	<b>18</b>
<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN</b>	<b>20</b>
1.1 ANTECEDENTES REFERENCIALES	20
1.2 PLANTEAMIENTO DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	21
1.3 OBJETIVOS	21
1.3.1 Objetivo General	21
1.3.2 Objetivo Específico	21
1.4 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS	22
1.5 METODOLOGÍA DE TRABAJO	22
<b>CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO</b>	<b>24</b>
2.1 AGREGADOS	24
2.1.1 Generalidades	24
2.1.2 Propiedades físicas de los agregados	24
2.2 CEMENTO	27
2.2.1 Generalidades	27
2.2.2 Cemento Portland	28
2.2.3 Clasificación del cemento Portland	29
2.3 ADITIVOS	30
2.3.1 Generalidades	30
2.3.2 Razones de uso del aditivo	30
2.3.3 Clasificación de los aditivos	31
2.4 AGUA PARA EL CONCRETO	32
2.5 CONCRETO	33

2.5.1	Generalidades	33
2.5.2	Tipos de concreto	34
2.5.3	Propiedades del concreto	35
2.6	DISEÑOS DE MEZCLA	36
2.6.1	Generalidades	36
2.6.2	Métodos de diseño	36
<b>CAPÍTULO III: CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES</b>		<b>38</b>
3.1	CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS	38
3.1.1	Peso Unitario Suelto	38
3.1.2	Peso Unitario Compactado	38
3.1.3	Peso Específico	38
3.1.4	Porcentaje de Absorción	39
3.1.5	Contenido de Humedad	39
3.1.6	Material que pasa la malla N°200	39
3.1.7	Análisis Granulométrico	40
3.2	CARACTERÍSTICAS DEL CEMENTO	41
3.2.1	Cemento usado en Investigación	41
3.3	CARACTERÍSTICAS DEL AGUA	42
3.3.1	Agua usada en Investigación	42
<b>CAPÍTULO IV: AGREGADO GLOBAL</b>		<b>43</b>
4.1	GENERALIDADES	43
4.2	PARTICIPACIÓN DE LOS AGREGADOS	43
4.2.1	Peso unitario suelto compactado de la combinación de agregados	43
<b>CAPÍTULO V: ADITIVO PARA EL CONCRETO, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS UTILIZADOS</b>		<b>45</b>
5.1	ADITIVO EMPLEADO EN LA INVESTIGACIÓN	45
5.2	HERRAMIENTAS EMPLEADAS EN LA INVESTIGACIÓN	46
5.3	EQUIPOS EMPLEADOS EN LA INVESTIGACIÓN	47

<b>CAPÍTULO VI: DISEÑO DE MEZCLA</b>	<b>48</b>
6.1 MÉTODO DE TRABAJO	48
6.2 DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO ELABORADO CON EQUIPO MECÁNICO	49
6.2.1 Prueba de agua para el diseño de mezcla de concreto elaborado con equipo mecánico	49
6.2.2 Determinación de la relación agregado fino / agregado grueso por resistencia	54
6.2.3 Diseños de mezcla de concreto elaborado con equipo mecánico por Agregado Global	61
6.3 DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO ELABORADO CON EQUIPO Y ADITIVO	62
6.3.1 Características del aditivo	62
6.3.2 Prueba de agua del concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo	62
6.3.3 Prueba de resistencia de mezcla del concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo	82
6.3.4 Diseño de mezcla de concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo	89
6.4 DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO ENSAYADO EN SUELO NATURAL	90
6.5 TIPOS DE MEZCLAS	90
6.5.1 Concreto Patrón (CP)	90
6.5.2 Concreto en Terreno natural (CT)	91
6.5.3 Concreto Patrón con Aditivo (CPA)	91
<b>CAPÍTULO VII: ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO</b>	<b>92</b>
7.1 PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO	92
7.1.1 Ensayo de consistencia	92
7.1.2 Ensayo de peso unitario	92
7.1.3 Ensayo de exudación	92
7.1.4 Ensayo de fluidez	93
7.1.5 Ensayo de contenido de aire	93
7.1.6 Ensayo de tiempo de fraguado	93

7.2 RESULTADOS Y COMPARACIÓN DE ENSAYOS DEL CONCRETO	
EN ESTADO FRESCO	94
7.2.1 Ensayo de consistencia	94
7.2.2 Ensayo de peso unitario	95
7.2.3 Ensayo de exudación	96
7.2.4 Ensayo de fluidez	97
7.2.5 Ensayo de contenido de aire	98
7.2.6 Ensayo de tiempo de fragua	99
<b>CAPÍTULO VIII: ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO</b>	<b>101</b>
8.1 PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO	101
8.1.1 Ensayo de resistencia a la compresión	101
8.1.2 Ensayo de resistencia a la tracción por compresión diametral	101
8.1.3 Ensayo de módulo elástico estático	102
8.2 RESULTADOS Y COMPARACIÓN DE ENSAYOS DEL CONCRETO	
EN ESTADO ENDURECIDO	102
8.2.1 Ensayo de resistencia a la compresión	102
8.2.2 Ensayo de resistencia a la tracción por compresión diametral	108
8.2.3 Ensayo de módulo elástico estático	109
<b>CAPÍTULO IX: ANÁLISIS DE RESULTADOS</b>	<b>111</b>
9.1 GENERALIDADES	111
9.2 AGREGADOS	112
9.2.1 Agregado fino	112
9.2.2 Agregado grueso	112
9.2.3 Agregado global	112
9.3 ADITIVO CHEMAPLAST	113
9.4 DISEÑO DEL CONCRETO	114
9.4.1 Diseño del concreto elaborado con equipo mecánico (Concreto Patrón)	114
9.4.2 Diseño del concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo (Concreto patrón con aditivo)	114
9.4.3 Diseño del concreto elaborado en suelo natural (Concreto en terreno natural)	115

9.5 ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO	116
9.5.1 Consistencia	116
9.5.2 Peso unitario	116
9.5.3 Exudación	117
9.5.4 Fluidez	117
9.5.5 Contenido de aire	118
9.5.6 Tiempo de fraguado	119
9.6 ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO	120
9.6.1 Resistencia a la compresión	120
9.6.2 Resistencia a la tracción	124
9.6.3 Módulo elástico	125
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>127</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>132</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>133</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>134</b>

## RESUMEN

En el presente trabajo se analizan las variaciones de las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido, elaborado de la siguiente manera: Concreto de mediana a baja resistencia; es decir, relaciones agua/cemento de 0.60, 0.65 y 0.7; elaborado de tres maneras distintas: En terreno natural, con equipo, y con equipo y aditivo plastificante Chemaplast.

Para analizar las variaciones de las propiedades del concreto, basta fijar un concreto patrón para cada relación agua/cemento, y comparar con el resto de concretos preparados de las otras maneras indicadas. El concreto patrón será el concreto elaborado con equipo sin aditivos.

En el primer capítulo, se contextualiza el siguiente trabajo de investigación, además se plantea objetivos a cumplir e hipótesis a corroborar.

En el segundo capítulo, se enmarca el marco teórico de todos los materiales a emplear en el siguiente trabajo de investigación, además se menciona también el diseño de mezclas de concreto.

En el tercer capítulo, se detalla las características de los materiales a emplear en el siguiente trabajo de investigación, sus propiedades técnicas de fábrica en caso del cemento, y sus propiedades físicas ensayadas en el laboratorio en el caso de agregados.

En el cuarto capítulo, se realiza el ensayo de la combinación de los agregados, para obtener la participación óptima de cada uno de ellos, en el futuro diseño de mezcla por el método del agregado global. También se realiza la granulometría del agregado global.

En el quinto capítulo, se detalla el aditivo a emplear en el siguiente trabajo de investigación, así como sus propiedades de fábrica. También se presenta todo el equipo y herramientas necesarias para la elaboración de la presente investigación.

En el sexto capítulo, se realiza el diseño de mezcla empleando el método del Agregado Global, para las relaciones agua / cemento de 0.60, 0.65 y 0.70.

En el séptimo capítulo, se realiza los ensayos del concreto en estado fresco y endurecido para cada diseño de mezcla y para cada modo de producción.

En el octavo capítulo, se realiza los ensayos del concreto en estado endurecido y endurecido para cada diseño de mezcla y para cada modo de producción.

En el noveno capítulo, se compara los resultados de los ensayos en el concreto para cada diseño de mezcla y para cada modo de producción, para ello se toma el concreto patrón como base de comparación.



## **ABSTRACT**

In this research thesis, a comparison of the properties of fresh and hardened concrete between the different mixing methods is made: in natural terrain, with equipment and with equipment and plasticizer additive.

It is intended, to quantify the differences between the properties of the concrete in fresh and hardened state, with the resistance to compression being the most important property to be compared between the three mixed. It will be reaffirmed that adding the additive to the conventional mixture substantially improves the value of the compressive strength.

## PRÓLOGO

La presente tesis de investigación titulada “CONCRETO DE MEDIANA A BAJA RESISTENCIA PRODUCIDO: EN TERRENO NATURAL, CON EQUIPO Y CON EQUIPO Y ADITIVO PLASTIFICANTE”, fue producto de una problemática en la realidad nacional, acerca del mezclado deficiente del concreto, muy arraigado en nuestro País.

El mezclado deficiente y en condiciones precarias, es un problema a eliminar en el Perú, más aún el mezclado en terreno natural presenta cierta proliferación en desmedro de la buena calidad del concreto.

Dada su gran importancia, la presente tesis va dirigida a los ingenieros, constructores y público en general que deseen conocer las deficiencias que genera el mezclado de concreto en terreno natural, y los beneficios que genera el mezclar concreto en equipo mecánico con aditivo.

Ing. Carlos Barzola Gastelú  
Asesor

**LISTA DE CUADROS**

Cuadro 2.1 Granulometría para el Agregado Grueso I	26
Cuadro 2.2 Granulometría para el Agregado Grueso II	27
Cuadro 2.3 Granulometría para el Agregado Fino	27
Cuadro 3.1 Resumen de Pesos Unitarios Suelos de los Agregados	38
Cuadro 3.2 Resumen de Pesos Unitarios Compactados de los Agregados	38
Cuadro 3.3 Resumen de Pesos Específicos de los Agregados	38
Cuadro 3.4 Resumen de Porcentaje de Absorción de los Agregados	39
Cuadro 3.5 Resumen de Contenido De Humedad de los Agregados	39
Cuadro 3.6 Resumen de Porcentaje que pasa la malla N°200	39
Cuadro 3.7 Módulo de Finura del Agregado Grueso	40
Cuadro 3.8 Módulo de Finura del Agregado Fino	40
Cuadro 3.9 Resumen de las características de los agregados	40
Cuadro 3.10 Características Físicas del Cemento Sol Tipo I	41
Cuadro 3.11 Características Químicas del Cemento Sol Tipo I	41
Cuadro 4.1 Resumen de Proporción de la Combinación de los Agregados	44
Cuadro 6.1 Diseño de mezcla de concreto para prueba de agua (a/c=0.60 y agua = 220 Lt.)	49
Cuadro 6.2 Diseño de mezcla de concreto para prueba de agua (a/c=0.60 y agua = 230 Lt.)	49
Cuadro 6.3 Diseño de mezcla de concreto para prueba de agua (a/c=0.60 y agua = 240 Lt.)	49
Cuadro 6.4 Asentamiento para la prueba de agua del concreto elaborado con equipo (a/c=0.60)	50
Cuadro 6.5 Diseño de mezcla de concreto para prueba de agua (a/c=0.65 y agua = 220 Lt.)	51
Cuadro 6.6 Diseño de mezcla de concreto para prueba de agua (a/c=0.65 y agua = 230 Lt.)	51
Cuadro 6.7 Diseño de mezcla de concreto para prueba de agua (a/c=0.65 y agua = 240 Lt.)	51
Cuadro 6.8 Asentamiento para la prueba de agua del concreto elaborado con equipo (a/c=0.65)	51
Cuadro 6.9 Diseño de mezcla de concreto para prueba de agua (a/c=0.70 y agua = 220 Lt.)	52

Cuadro 6.10 Diseño de mezcla de concreto para prueba de agua (a/c=0.70 y agua = 230 Lt.)	52
Cuadro 6.11 Diseño de mezcla de concreto para prueba de agua (a/c=0.70 y agua = 240 Lt.)	53
Cuadro 6.12 Asentamiento para la prueba de agua del concreto elaborado con equipo (a/c=0.70)	53
Cuadro 6.13 Resultados de la prueba de agua del concreto elaborado con equipo para cada relación a/c	54
Cuadro 6.14 Diseño de mezcla de concreto para ensayo de resistencia (a/c=0.60 y arena = 49%)	55
Cuadro 6.15 Diseño de mezcla de concreto para ensayo de resistencia (a/c=0.60 y arena = 52%)	55
Cuadro 6.16 Diseño de mezcla de concreto para ensayo de resistencia (a/c=0.60 y arena = 55%)	55
Cuadro 6.17 Resumen de Resistencia a la Compresión Promedio de ensayo por resistencia del concreto elaborado con equipo (a/c=0.60)	56
Cuadro 6.18 Diseño de mezcla de concreto para ensayo de resistencia (a/c=0.65 y arena = 49%)	57
Cuadro 6.19 Diseño de mezcla de concreto para ensayo de resistencia (a/c=0.65 y arena = 52%)	57
Cuadro 6.20 Diseño de mezcla de concreto para ensayo de resistencia (a/c=0.65 y arena = 55%)	57
Cuadro 6.21 Resumen de Resistencia a la Compresión Promedio de ensayo por resistencia del concreto elaborado con equipo (a/c=0.65)	58
Cuadro 6.22 Diseño de mezcla de concreto para ensayo de resistencia (a/c=0.70 y arena = 49%)	59
Cuadro 6.23 Diseño de mezcla de concreto para ensayo de resistencia (a/c=0.70 y arena = 52%)	59
Cuadro 6.24 Diseño de mezcla de concreto para ensayo de resistencia (a/c=0.70 y arena = 55%)	59
Cuadro 6.25 Resumen de Resistencia a la Compresión Promedio de ensayo por resistencia del concreto elaborado con equipo (a/c=0.70)	60

Cuadro 6.26 Resumen de Porcentajes de los Agregados para el concreto elaborado en equipo	61
Cuadro 6.27 Diseño de mezcla de concreto elaborado con equipo mecánico (a/c=0.60)	61
Cuadro 6.28 Diseño de mezcla de concreto elaborado con equipo mecánico (a/c=0.65)	61
Cuadro 6.29 Diseño de mezcla de concreto elaborado con equipo mecánico (a/c=0.70)	62
Cuadro 6.30 Características del aditivo para diferentes relaciones a/c y porcentaje	62
Cuadro 6.31 Diseño de mezcla de concreto para prueba de agua (a/c=0.60, Aditivo = 1.50% y reducción de agua = 0 ml.)	63
Cuadro 6.32 Diseño de mezcla de concreto para prueba de agua (a/c=0.60, Aditivo = 1.50% y reducción de agua = 10 ml.)	63
Cuadro 6.33 Diseño de mezcla de concreto para prueba de agua (a/c=0.60, Aditivo = 1.50% y reducción de agua = 20 ml.)	63
Cuadro 6.34 Asentamiento para la prueba de agua del concreto elaborado con equipo y aditivo (a/c=0.60 y Aditivo = 1.50%)	64
Cuadro 6.35 Diseño de mezcla de concreto para prueba de agua (a/c=0.60, Aditivo = 1.85% y reducción de agua = 0 ml.)	65
Cuadro 6.36 Diseño de mezcla de concreto para prueba de agua (a/c=0.60, Aditivo = 1.85% y reducción de agua = 10 ml.)	65
Cuadro 6.37 Diseño de mezcla de concreto para prueba de agua (a/c=0.60, Aditivo = 1.85% y reducción de agua = 20 ml.)	65
Cuadro 6.38 Asentamiento para la prueba de agua del concreto elaborado con equipo y aditivo (a/c=0.60 y Aditivo = 1.85%)	66
Cuadro 6.39 Diseño de mezcla de concreto para prueba de agua (a/c=0.60, Aditivo = 2.20% y reducción de agua = 0 ml.)	67
Cuadro 6.40 Diseño de mezcla de concreto para prueba de agua (a/c=0.60, Aditivo = 2.20% y reducción de agua = 10 ml.)	67
Cuadro 6.41 Diseño de mezcla de concreto para prueba de agua (a/c=0.60, Aditivo = 2.20% y reducción de agua = 20 ml.)	67
Cuadro 6.42 Asentamiento para la prueba de agua del concreto elaborado con equipo y aditivo (a/c=0.60 y Aditivo = 2.20%)	68

Cuadro 6.43 Resultados de la prueba de agua del concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo para cada porcentaje de aditivo (a/c=0.60)	69
Cuadro 6.44 Diseño de mezcla de concreto para prueba de agua (a/c=0.65, Aditivo = 1.50% y reducción de agua = 0 ml.)	69
Cuadro 6.45 Diseño de mezcla de concreto para prueba de agua (a/c=0.65, Aditivo = 1.50% y reducción de agua = 10 ml.)	69
Cuadro 6.46 Diseño de mezcla de concreto para prueba de agua (a/c=0.65, Aditivo = 1.50% y reducción de agua = 20 ml.)	70
Cuadro 6.47 Asentamiento para la prueba de agua del concreto elaborado con equipo y aditivo (a/c=0.65 y Aditivo = 1.50%)	70
Cuadro 6.48 Diseño de mezcla de concreto para prueba de agua (a/c=0.65, Aditivo = 1.85% y reducción de agua = 0 ml.)	71
Cuadro 6.49 Diseño de mezcla de concreto para prueba de agua (a/c=0.65, Aditivo = 1.85% y reducción de agua = 10 ml.)	72
Cuadro 6.50 Diseño de mezcla de concreto para prueba de agua (a/c=0.65, Aditivo = 1.85% y reducción de agua = 20 ml.)	72
Cuadro 6.51 Asentamiento para la prueba de agua del concreto elaborado con equipo y aditivo (a/c=0.65 y Aditivo = 1.85%)	72
Cuadro 6.52 Diseño de mezcla de concreto para prueba de agua (a/c=0.65, Aditivo = 2.20% y reducción de agua = 0 ml.)	73
Cuadro 6.53 Diseño de mezcla de concreto para prueba de agua (a/c=0.65, Aditivo = 2.20% y reducción de agua =10 ml.)	74
Cuadro 6.54 Diseño de mezcla de concreto para prueba de agua (a/c=0.65, Aditivo = 2.20% y reducción de agua = 20 ml.)	74
Cuadro 6.55 Asentamiento para la prueba de agua del concreto elaborado con equipo y aditivo (a/c=0.65 y Aditivo = 2.20%)	74
Cuadro 6.56 Resultados de la prueba de agua del concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo para cada porcentaje de aditivo (a/c=0.65)	75
Cuadro 6.57 Diseño de mezcla de concreto para prueba de agua (a/c=0.70, Aditivo = 1.50% y reducción de agua = 0 ml.)	76
Cuadro 6.58 Diseño de mezcla de concreto para prueba de agua (a/c=0.70, Aditivo = 1.50% y reducción de agua = 10 ml.)	76

Cuadro 6.59 Diseño de mezcla de concreto para prueba de agua (a/c=0.70, Aditivo = 1.50% y reducción de agua = 20 ml.)	76
Cuadro 6.60 Asentamiento para la prueba de agua del concreto elaborado con equipo y aditivo (a/c=0.70 y Aditivo = 1.50%)	77
Cuadro 6.61 Diseño de mezcla de concreto para prueba de agua (a/c=0.70, Aditivo = 1.85% y reducción de agua = 0 ml.)	78
Cuadro 6.62 Diseño de mezcla de concreto para prueba de agua (a/c=0.70, Aditivo = 1.85% y reducción de agua = 10 ml.)	78
Cuadro 6.63 Diseño de mezcla de concreto para prueba de agua (a/c=0.70, Aditivo = 1.85% y reducción de agua = 20 ml.)	78
Cuadro 6.64 Asentamiento para la prueba de agua del concreto elaborado con equipo y aditivo (a/c=0.70 y Aditivo = 1.85%)	79
Cuadro 6.65 Diseño de mezcla de concreto para prueba de agua (a/c=0.70, Aditivo = 2.20% y reducción de agua = 0 ml.)	80
Cuadro 6.66 Diseño de mezcla de concreto para prueba de agua (a/c=0.70, Aditivo = 2.20% y reducción de agua = 10 ml.)	80
Cuadro 6.67 Diseño de mezcla de concreto para prueba de agua (a/c=0.70, Aditivo = 2.20% y reducción de agua = 20 ml.)	80
Cuadro 6.68 Asentamiento para la prueba de agua del concreto elaborado con equipo y aditivo (a/c=0.70 y Aditivo = 2.20%)	81
Cuadro 6.69 Resultados de la prueba de agua del concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo para cada porcentaje de aditivo (a/c=0.70)	82
Cuadro 6.70 Diseño de mezcla de concreto para ensayo de resistencia (a/c=0.60 y aditivo = 1.50%)	82
Cuadro 6.71 Diseño de mezcla de concreto para ensayo de resistencia (a/c=0.60 y aditivo = 1.85%)	83
Cuadro 6.72 Diseño de mezcla de concreto para ensayo de resistencia (a/c=0.60 y aditivo = 2.20%)	83
Cuadro 6.73 Resumen de Resistencia a la Compresión Promedio de ensayo por resistencia del concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo (a/c=0.60)	83
Cuadro 6.74 Diseño de mezcla de concreto para ensayo de resistencia (a/c=0.65 y aditivo = 1.50%)	85

Cuadro 6.75 Diseño de mezcla de concreto para ensayo de resistencia (a/c=0.65 y aditivo = 1.85%)	85
Cuadro 6.76 Diseño de mezcla de concreto para ensayo de resistencia (a/c=0.65 y aditivo = 2.20%)	85
Cuadro 6.77 Resumen de Resistencia a la Compresión Promedio de ensayo por resistencia del concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo (a/c=0.65)	86
Cuadro 6.78 Diseño de mezcla de concreto para ensayo de resistencia (a/c=0.70 y aditivo = 1.50%)	87
Cuadro 6.79 Diseño de mezcla de concreto para ensayo de resistencia (a/c=0.70 y aditivo = 1.85%)	87
Cuadro 6.80 Diseño de mezcla de concreto para ensayo de resistencia (a/c=0.70 y aditivo = 2.20%)	87
Cuadro 6.81 Resumen de Resistencia a la Compresión Promedio de ensayo por resistencia del concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo (a/c=0.70)	88
Cuadro 6.82 Resumen de Porcentajes Óptimos de aditivo para el concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo	89
Cuadro 6.83 Asentamiento de los diseños de mezcla del concreto ensayado en suelo natural.	90
Cuadro 7.01 Asentamiento de los diseños en estudio.	94
Cuadro 7.02 Peso Unitario de los diseños en estudio	95
Cuadro 7.03 Exudación de los diseños en estudio	96
Cuadro 7.04 Fluidez de los diseños en estudio	97
Cuadro 7.05 Contenido de aire de los diseños en estudio	98
Cuadro 7.06 Tiempo de Fragua de los diseños en estudio	99
Cuadro 8.01 Resistencia a la Compresión de los diseños en estudio	103
Cuadro 8.02 Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral de los diseños en estudio	108
Cuadro 8.03 Módulo Elástico Estático de los diseños en estudio	109



## LISTA DE FIGURAS

Figura 6.1 Determinación del agua del concreto elaborado con equipo (a/c=0.60)	50
Figura 6.2 Determinación del agua del concreto elaborado con equipo (a/c=0.65)	52
Figura 6.3 Determinación del agua del concreto elaborado con equipo (a/c=0.70)	53
Figura 6.4 Determinación del % de arena del concreto elaborado con equipo (a/c=0.60)	56
Figura 6.5 Determinación del % de arena del concreto elaborado con equipo (a/c=0.65)	58
Figura 6.6 Determinación del % de arena del concreto elaborado con equipo (a/c=0.70)	60
Figura 6.7 Determinación del agua del concreto elaborado con equipo y aditivo (a/c=0.60 y Aditivo = 1.50%)	64
Figura 6.8 Determinación del agua del concreto elaborado con equipo y aditivo (a/c=0.60 y Aditivo = 1.85%)	66
Figura 6.9 Determinación del agua del concreto elaborado con equipo y aditivo (a/c=0.60 y Aditivo = 2.20%)	68
Figura 6.10 Determinación del agua del concreto elaborado con equipo y aditivo (a/c=0.65 y Aditivo = 1.50%)	71
Figura 6.11 Determinación del agua del concreto elaborado con equipo y aditivo (a/c=0.65 y Aditivo = 1.85%)	73
Figura 6.12 Determinación del agua del concreto elaborado con equipo y aditivo (a/c=0.65 y Aditivo = 2.20%)	75
Figura 6.13 Determinación del agua del concreto elaborado con equipo y aditivo (a/c=0.70 y Aditivo = 1.50%)	77
Figura 6.14 Determinación del agua del concreto elaborado con equipo y aditivo (a/c=0.70 y Aditivo = 1.85%)	79
Figura 6.15 Determinación del agua del concreto elaborado con equipo y aditivo (a/c=0.70 y Aditivo = 2.20 %)	81
Figura 6.16 Determinación del % de aditivo del concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo (a/c=0.60)	84

Figura 6.17 Determinación del % de aditivo del concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo (a/c=0.65)	86
Figura 6.18 Determinación del % de aditivo del concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo (a/c=0.70)	88
Figura 7.01 Comparación del asentamiento (a/c=0.60; 0.65 y 0.70)	95
Figura 7.02 Comparación del ensayo de peso unitario (a/c=0.60; 0.65 y 0.70)	96
Figura 7.03 Comparación del ensayo de exudación (a/c=0.60; 0.65 y 0.70)	97
Figura 7.04 Comparación del ensayo de fluidez (a/c=0.60; 0.65 y 0.70)	98
Figura 7.05 Comparación del ensayo de contenido de aire (a/c=0.60; 0.65 y 0.70)	99
Figura 7.06 Comparación del ensayo de tiempo de fragua inicial (a/c=0.60; 0.65 y 0.70)	100
Figura 7.07 Comparación del ensayo de tiempo de fragua final (a/c=0.60; 0.65 y 0.70)	100
Figura 8.01 Resistencia a la compresión (a/c=0.60) para 7, 14 y 28 días	104
Figura 8.02 Resistencia a la compresión (a/c=0.65) para 7, 14 y 28 días	104
Figura 8.03 Resistencia a la compresión (a/c=0.70) para 7, 14 y 28 días	105
Figura 8.04 Comparación de Resistencia a la Compresión a los 7 días	105
Figura 8.05 Comparación de Resistencia a la Compresión a los 14 días	106
Figura 8.06 Comparación de Resistencia a la Compresión a los 28 días	106
Figura 8.07 Comparación de Resistencia a la Compresión a los 7, 14 y 28 días (a/c=0.60)	107
Figura 8.08 Comparación de Resistencia a la Compresión a los 7, 14 y 28 días (a/c=0.65)	107
Figura 8.09 Comparación de Resistencia a la Compresión a los 7, 14 y 28 días (a/c=0.70)	108
Figura 8.10 Comparación del ensayo de resistencia a la tracción (a/c = 0.60, 0.65 y 0.70)	109
Figura 8.11 Comparación del ensayo de módulo elástico (a/c = 0.60, 0.65 y 0.70)	110

**LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS**

%Abs	: Porcentaje de Absorción
A/C	: Relación agua/cemento
C.H	: Contenido de Humedad
CP1	: Concreto patrón 1: Concreto elaborado en equipo mecánico para $a/c = 0.60$
CP2	: Concreto patrón 2: Concreto elaborado en equipo mecánico para $a/c = 0.65$
CP3	: Concreto patrón 3: Concreto elaborado en equipo mecánico para $a/c = 0.70$
CPA1	: Concreto patrón 1 con aditivo: Concreto elaborado en equipo mecánico y aditivo para $a/c = 0.60$
CPA2	: Concreto patrón 2 con aditivo: Concreto elaborado en equipo mecánico y aditivo para $a/c = 0.65$
CPA3	: Concreto patrón 3 con aditivo: Concreto elaborado en equipo mecánico y aditivo para $a/c = 0.70$
CT1	: Concreto en terreno natural 1: Concreto fabricado en suelo natural para $a/c = 0.60$
CT2	: Concreto en terreno natural 2: Concreto fabricado en suelo natural para $a/c = 0.65$
CT3	: Concreto en terreno natural 3: Concreto fabricado en suelo natural para $a/c = 0.70$
DO	: Diseño de obra
DUO	: Diseño unitario de obra
DUS	: Diseño unitario seco
Do	: Deformación inicial
D1	: Deformación final
E1	: Esfuerzo final
E0	: Esfuerzo inicial
f'c	: Resistencia a la compresión
MF	: Módulo de fineza
Ph	: Potencial de Hidrógeno
P.E	: Peso Específico
P.U.S	: Peso Unitario Suelto
P.U.C	: Peso Unitario Compactado

V.ABS : Volumen absoluto

## **CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN**

### **1.1 ANTECEDENTES REFERENCIALES**

En el Perú desde décadas atrás se ha realizado mezclas de concreto de manera rudimentaria, mezclas de concreto en terreno natural empleando herramientas convencionales como carretillas, palas y demás.

Con la aparición de equipos de mezclado se pudo mejorar condiciones de mezclado ineficientes, permitiendo una mejora considerable pero no suficiente en la elaboración del concreto. Aun así existen lugares y ocasiones donde se sigue realizando mezclas sin equipo, menguando gravemente los valores de resistencia de la mezcla.

Para tener un mejor control de los materiales empleados en el diseño de mezcla y para obtener una mezcla adecuada, se realiza una adecuada dosificación de materiales realizadas por un especialista en la materia, la dosificación se puede realizar en volumen o en peso, pero debido al grado de inversión y costo de tiempo se opta muchas veces por la dosificación en volumen.

Muy de ésta época y con el devenir de la tecnología en diversas áreas, se ha incorporado al diseño de mezclas el uso de aditivos, que no son más que adicionantes que se añaden a la mezcla convencional, para obtener características especificadas de la misma. El uso de estos aditivos está condicionado muchas veces por las condiciones particulares de obra, y su uso en el Perú es muy escaso.

Los aditivos se emplean de acuerdo a su grado de eficiencia y el costo de ellos, para resistencias a la compresión mejores se opta por el aditivo de la marca Chema (Daniel Bernal Díaz, 2014).

Las diferencias que se pueden gestar entre las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido, producto de la elaboración de mezcla en terreno natural, con equipo y con equipo adicionado aditivo plastificante, se podrá cuantificar en la presente tesis de investigación.

## 1.2 PLANTEAMIENTO DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

El Perú atraviesa una gran demanda de construcción que de por sí genera gran cantidad de requerimientos de mezcla. Las pequeñas obras de construcción emplean mayoritariamente el diseño de mezcla en el terreno natural por ser este más económico o ante la ausencia de máquinas de mezclado. Pocas veces pequeñas obras emplean equipos de mezclado, los cuales en comparación al mezclado en terreno natural son más eficientes y recomendables. El problema con el mezclado en terreno natural es por sí la contaminación de los materiales usados en la mezcla, problemas de suelos ácidos, alto en sulfatos y otros problemas genera pérdida considerable de la resistencia; muy aparte de esto la filtración es el segundo problema grave, el escurrimiento del agua de mezclado merma la resistencia de la mezcla futura; finalmente, a pesar del cuidado que se podría tener, se realiza un mal mezclado de los materiales, sea cemento, agregado y agua.

Con el uso de equipos se logra mejorar el mezclado, mas no se consigue resultados óptimos, para ello se aplica el uso de aditivo plastificante, siendo su uso escaso en el Perú. Se puede sentar las bases para que con el pasar de los años se obligue su uso en toda obra de construcción.

## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 Objetivo General

- Cuantificación de las diferencias de las propiedades en estado fresco y estado endurecido de un concreto patrón de mediana a baja resistencia elaborado con cemento Portland tipo I, obtenido al producirlo en terreno natural, con equipo de mezclado sin aditivo y con equipo de mezclado con aditivo plastificante.

### 1.3.2 Objetivos Específicos

- Realizar los ensayos necesarios del concreto en estado fresco y estado endurecido para la elaboración de la presente tesis.

- Analizar las variaciones que se presentan en las propiedades de un concreto patrón para relaciones de  $a/c$  0.60, 0.65 y 0.70, elaborado con cemento Portland tipo I, producido en tres condiciones diferentes: En terreno natural, con equipo sin aditivo y con equipo con aditivo.

#### 1.4 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

La presente tesis pretende demostrar que el concreto elaborado en terreno natural de manera artesanal posee menor calidad que el concreto elaborado con equipo sin aditivo, y que este último a la vez, posee menor calidad que el concreto elaborado con equipo adicionado con aditivo.

Para ello se realizará ensayos del concreto en estado fresco y endurecido, al producirlos en tres formas distintas, siendo estas las siguientes:

- Concreto elaborado de forma artesanal, sobre terreno natural (tierra local) con la ayuda de herramientas manuales como pico, pala, etc.
- Concreto elaborado con equipo mecánico (mezcladora de concreto) sin aditivo.
- Concreto elaborado con equipo mecánico (mezcladora de concreto) con aditivo plastificante.

#### 1.5 METODOLOGÍA DE TRABAJO

Ya que el diseño de mezcla se realizará empleando el método del agregado global, inicialmente se determinarán las características físicas de los agregados, para luego determinar el máximo peso unitario compactado del agregado global como resultado de varias combinaciones de proporciones de agregados. Luego de ello se procederá a calcular la dosificación de mezclas de concreto para relaciones agua/cementos iguales a 0.60, 0.65 y 0.70, considerando un asentamiento cercano a 4", con finalidad de definir la dosificación general para cada relación agua/cemento.

Con los diseños de mezcla generales para cada relación agua/cemento, se procederá a producir mezclas de concreto para cada una de las relaciones agua/cemento, por tandas de 54 kg de tres formas. La primera será de forma artesanal sobre una superficie de terreno natural con la ayuda de herramientas manuales, la segunda forma será con la ayuda de un equipo (mezcladora de concreto) sin adicionar aditivo alguno y la tercera forma será con la ayuda de equipo adicionando aditivo plastificante Chemaplast.

Se considera el concreto patrón aquel producido de la segunda forma descrita en párrafo anterior, para cada relación agua/cemento.

Para la elaboración del concreto de la primera forma, se procederá a mezclar los materiales secos con ayuda de una pala, asegurándose que el agregado fino, agregado grueso y el cemento se encuentren bien mezclados y distribuidos de forma tal que la mezcla se perciba visualmente uniforme. A continuación, se hará un hoyo en el centro de la mezcla seca, para luego y de forma paulatina añadir agua en el hoyo, en todo momento se debe evitar que el agua traspase el contorno formado por la mezcla seca. Se llevará la mezcla del contorno hacia el centro con la pala con el objetivo de humedecerla. Finalmente se batirá la mezcla entera para humedecerla, con el fin de obtener una mezcla uniforme.

Para la elaboración del concreto de la tercera forma, se procederá a calcular la cantidad de aditivo a emplear, para ello se realiza mezclas de prueba para cada relación agua/cemento.

En todos los casos se estudiarán las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido, para posteriormente proceder a comparar y analizar los resultados, en base al concreto patrón definido.



## **CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO**

### **2.1 Agregados:**

#### **2.1.1 Generalidades:**

Los agregados constituyen una parte fundamental de la mezcla de concreto, su orden es de 65% de volumen de mezcla total aproximadamente, es por ello la relevancia predominante que tienen las propiedades de los agregados frente al resto de componentes de la mezcla de concreto. Los agregados empleados en la mezcla de concreto son el agregado fino y el agregado grueso, cada uno con características propias.

#### **2.1.2 Propiedades físicas de los agregados**

##### **2.1.2.1 Peso Unitario Suelto (P.U.S)**

Esta propiedad cuantifica el peso del agregado en estado suelto (sin compactar) que cabe en un volumen unitario. Esta propiedad varía de acuerdo a condiciones intrínsecas del agregado, como la forma, la granulometría y el tamaño máximo; también varía de acuerdo a factores externos, como la relación del tamaño máximo del agregado con el volumen del recipiente empleado al realizar el ensayo, la forma de colocación, etc.

##### **2.1.2.2 Peso Unitario Compactado (P.U.C)**

Esta propiedad cuantifica el peso del agregado en estado compactado que cabe en un volumen unitario. Esta propiedad varía de manera similar al Peso Unitario Suelto.

##### **2.1.2.3 Peso Específico (P.E)**

Es una propiedad indicativa de la calidad del agregado, valores más elevados de Peso Específico corresponden a agregados de buen comportamiento, mientras que el peso específico bajo generalmente corresponde a agregados débiles y absorbentes.

Existen diversos tipos de Pesos Específicos, los que se emplean en esta investigación se detalla a continuación:

- Peso Específico de Masa Seca:

El Peso Específico de Masa Seca, es la relación, a temperatura estable, entre la masa en el aire de un volumen unitario del agregado permeable (incluyendo los poros permeables e impermeables naturales del agregado) respecto a la masa en el aire del mismo volumen de agua destilada libre de gas.

- Peso Específico Aparente

El Peso Específico Aparente, es la relación, a temperatura estable, entre la masa en el aire de un volumen unitario del agregado respecto a la masa en el aire del mismo volumen de agua destilada libre de gas. Si en agregado es un sólido el volumen es aquel de la porción impermeable.

- Peso Específico de masa saturada superficialmente seco

Se define como la relación, a temperatura estable, entre la masa en el aire de un volumen unitario del agregado permeable (incluyendo los poros permeables saturados con agua e impermeables naturales del agregado) respecto a la masa en el aire del mismo volumen de agua destilada libre de gas.

#### 2.1.2.4 Porcentaje de Absorción (%Abs.)

Es la capacidad que tienen los agregados de atrapar las moléculas de agua en sus poros, efecto producido por capilaridad.

Su influencia es notoria en el agua de mezcla del concreto, generando cambios notables en la trabajabilidad y resistencia del mismo.

#### 2.1.2.5 Contenido de Humedad (C.H)

Es la cantidad de agua retenida por las partículas de los agregados, esta propiedad varía en función al tiempo y condiciones ambientales.

### 2.1.2.6 Material que pasa la malla N°200 (%pasa N°200)

El material que pasa la malla N°200 es un material fino cuyo tamaño es menor a la abertura del tamiz N°200 (75µm), está constituido por limo y arcilla, que se encuentra recubriendo el agregado grueso o mezclado con el agregado fino.

El material que pasa la malla N°200 en exceso es nocivo para el concreto, en primer lugar, disminuye la adherencia del agregado con la pasta, en segundo lugar incrementa el requerimiento de agua de la mezcla, por ende disminuye la resistencia del concreto.

### 2.1.2.7 Análisis Granulométrico

Se define granulometría como la distribución por tamaños normalizados de las partículas de los agregados. La granulometría está relacionada directamente con las características de manejabilidad del concreto en estado fresco, la compacidad y requerimiento de agua; la resistencia mecánica del concreto en estado endurecido.

La granulometría de los agregados se compara con los cuadros provenientes de la N.T.P 400.037, para determinar el grado de aceptación de los mismos.

A continuación, se presentan los cuadros de la norma vigente.

Cuadro 2.1 Granulometría para el Agregado Grueso I

TAMIZ	% PASA NTP 2" - 1"		% PASA NTP 2" - N°4		% PASA NTP 1 1/2" - 3/4"		% PASA NTP 1 1/2" - N°4		% PASA NTP 1" - 1/2"	
	INF	SUP	INF	SUP	INF	SUP	INF	SUP	INF	SUP
2 1/2"	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2"	90	100	95	100	100	100	100	100	100	100
1 1/2"	35	70	60	90	90	100	95	100	100	100
1"	0	15	35	70	20	55	60	85	95	100
3/4"	0	10	20	50	0	15	35	70	60	85
1/2"	0	5	10	30	0	10	25	50	35	70
3/8"	0	0	5	20	0	5	10	30	25	50
N°4	0	0	0	5	0	0	0	5	10	30
N°8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
N°16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N°30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N°50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N°100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FONDO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Norma Técnica Peruana

Cuadro 2.2 Granulometría para el Agregado Grueso II

% PASA NTP 1" - 3/8"		% PASA NTP 1" - N°4		% PASA NTP 3/4" - 3/8"		% PASA NTP 3/4" - N°4		% PASA NTP 1/2" - N°4		% PASA NTP 3/8" - N°8	
INF	SUP	INF	SUP	INF	SUP	INF	SUP	INF	SUP	INF	SUP
100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
90	100	95	100	100	100	100	100	100	100	100	100
40	85	65	80	90	100	90	100	100	100	100	100
10	40	25	60	20	55	60	75	90	100	100	100
0	15	5	30	0	15	20	55	40	70	85	100
0	5	0	10	0	5	0	10	0	15	10	30
0	0	0	5	0	0	0	5	0	5	0	10
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Norma Técnica Peruana

Cuadro 2.3 Granulometría para el Agregado Fino

TAMIZ		Porcentajes de peso ( masa) que pasa							
		Límites totales		C		M		F	
9.5 mm	3/8"	100	100	100	100	100	100	100	100
4.75 mm	N°4	89	100	95	100	89	100	89	100
2.36 mm	N°8	65	100	80	100	65	100	80	100
1.18 mm	N°16	45	100	50	85	45	100	70	100
0.60 mm	N°30	25	100	25	60	25	80	55	100
0.30 mm	N°50	5	70	10	30	5	48	5	70
0.15 mm	N°100	0	12	2	10	0	12	0	12
	FONDO	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Norma Técnica Peruana

## 2.2 Cemento:

### 2.2.1 Generalidades:

La palabra cemento define a un material aglomerante que tiene propiedades de cohesión y adherencia, las cuales permiten unir fragmentos de minerales entre sí, con la finalidad de formar un cuerpo compacto con resistencia y durabilidad adecuadas. Esta definición de cemento es muy amplia, en el presente trabajo de investigación nos limitamos a emplear el cemento Portland.

### 2.2.2 Cemento Portland:

El cemento Portland es un producto comercial de fácil adquisición, el cual cuando se mezcla con agua y agregados (u otros minerales similares), reacciona lentamente hasta formar una masa endurecida. Fundamentalmente es un Clinker finamente molido, producido por la cocción a elevadas temperaturas, de mezclas que contienen cal, alúmina, fierro y sílice en proporciones determinadas.

Los dos materiales principales con que fabrica el cemento Portland son: la piedra caliza y la arcilla.

Las materias primas finamente molidas e íntegramente mezcladas, se calientan hasta el principio de la fusión (1400-1450 °C), usualmente en grandes hornos giratorios, que pueden llegar a medir más de 200 metros de longitud y con aproximadamente 5.5 metros de diámetro.

Al material parcialmente fundido que sale del horno se le denomina "Clinker", que son pequeñas esferas de color gris negruzco, duras y de diferentes tamaños. El Clinker enfriado y molido en polvo muy fino, es lo que constituye el cemento Portland comercial. Durante la molienda se agrega una pequeña cantidad de yeso (3 o 4%) para regular la fragua del cemento.

Químicamente el cemento Portland es una mezcla de cuatro compuestos complejos que constituyen más del 90% del peso del cemento y son:

- Silicato Tricálcico ( $3CaO.SiO_2$ ). Su abreviatura es  $C_3S$
- Silicato Dicálcico ( $2CaO.SiO_2$ ). Su abreviatura es  $C_2S$
- Aluminato Tricálcico ( $3CaO.Al_2O_3$ ). Su abreviatura es  $C_3A$
- Aluminato Ferrita Tricálcica ( $4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$ ). Su abreviatura es  $C_4AF$

Cada uno de los cuatro compuestos principales del cemento Portland contribuye al comportamiento del cemento, cuando pasa del estado plástico al endurecido después de la hidratación.

El Silicato Tricálcico ( $C_3S$ ). Es el que produce la alta resistencia inicial del cemento Portland hidratado. La reacción del  $C_3S$  con agua desprende gran

cantidad de calor (calor de hidratación). La rapidez de endurecimiento de la pasta de cemento es directamente proporcional al calor de hidratación.

El Silicato Dicálcico ( $C_2S$ ). Es el causante principal de la resistencia posterior de la pasta de cemento.

El Aluminato Tricálcico ( $C_3A$ ). El yeso agregado al cemento Portland durante la trituración o molienda en el proceso de fabricación se combina con el  $C_3A$  para controlar el tiempo de fraguado.

El Aluminato Ferrita Tricálcica ( $C_4AF$ ). Es semejante al  $C_3A$ , porque se hidrata con rapidez y solo desarrolla baja resistencia

### 2.2.3 Clasificación del Cemento Portland

Los cementos Portland, se fabrican en cinco tipos cuyas propiedades se han normalizado en base a la especificación técnica ASTM. Es así que se tiene:

- TIPO I: Es el cemento destinado a obras de concreto en general, sin alguna especificación en concreto.
- TIPO II: Es el cemento destinado a obras de concreto en general y obras expuestas a la acción moderada de sulfatos o donde se requiere moderado calor de hidratación.
- TIPO III: Es el cemento de alta resistencia inicial. El concreto hecho con el cemento tipo III, desarrolla una resistencia en tres días, igual a la desarrollada en 28 días, por concretos hechos con cemento tipo I o tipo II.
- TIPO IV: Es el cemento con bajo calor de hidratación
- TIPO V: Es el cemento que se utiliza cuando se requiere alta resistencia a la acción de sulfatos. Las aplicaciones típicas comprenden estructuras hidráulicas expuestas a aguas con alto contenido de álcalis y estructuras expuestas al agua de mar.

## **2.3 Aditivos:**

### **2.3.1 Generalidades:**

La ASTM C125, define al aditivo como: “Un material que, no siendo agua, agregado, cemento hidráulico o fibra de refuerzo, es empleado como un ingrediente del mortero o concreto, y es añadido a la tanda inmediatamente antes o durante su mezclado”.

Los aditivos son productos que se adicionan en pequeña proporción al concreto durante el mezclado en porcentajes entre: 0.1% y 5% (según el efecto deseado) del peso del cemento, con el propósito de producir algunas modificaciones en sus propiedades originales o en el comportamiento del concreto en estado fresco.

En la actualidad los aditivos permiten la producción de concretos con características diferentes a las tradicionales, han dado un creciente impulso a la construcción y se considera como un nuevo ingrediente, conjuntamente con el cemento, el agua y los agregados.

El uso de aditivos está condicionado por:

- Que se obtenga el resultado deseado sin tener que variar sustancialmente la dosificación básica.
- Que el producto no tenga efectos negativos en otras propiedades del concreto.
- Que un análisis del costo justifique su empleo.

### **2.3.2 Razones de Uso del Aditivo:**

Las razones de uso del aditivo dependerán de las especificaciones técnicas del proyecto, y del efecto deseado en el concreto. Se puede mencionar en general las siguientes razones de uso:

Para el estado fresco del concreto:

- Reducción en el contenido de agua de la mezcla.
- Incremento de la trabajabilidad de la mezcla sin alterar el contenido de agua; o disminución del contenido de agua sin modificar la trabajabilidad.

- Reducción o incremento del asentamiento.
- Aceleración o retardo del tiempo de fraguado inicial.
- Modificación de la velocidad y/o magnitud de la exudación.
- Reducción de la segregación.
- Mejoría en la facilidad de colocación y/o bombeo de la mezcla.

Para el estado endurecido del concreto:

- Retardo en el desarrollo del calor de hidratación o reducción en la magnitud de éste durante el endurecimiento inicial.
- Aceleración en la velocidad de desarrollo de la resistencia inicial y/o final del concreto y el incremento de la misma.
- Incremento de la durabilidad (resistencia en condiciones severas de exposición)
- Disminución de la permeabilidad del concreto.
- Incremento de la adherencia acero-concreto, y concreto antiguo – concreto nuevo.

**2.3.3 Clasificación de los Aditivos:**

De acuerdo a la norma ASTM C494, los aditivos se clasifican en:

- Tipo A: Reductores de Agua

Son aditivos también conocidos como plastificantes, que permiten la reducción de la cantidad de agua pero manteniendo la trabajabilidad de la mezcla, o de manera similar permite la mejora de la trabajabilidad, sin necesidad de alterar la cantidad de agua.

- Tipo B: Retardantes de Fragua.

Son aditivos que aumentan el tiempo de fraguado de la mezcla, este aumento del tiempo permite trabajar con la mezcla sin preocupación de fragua temprana. Generalmente estos aditivos reducen la resistencia de la mezcla en los primeros



días, estos aditivos permiten trabajar en épocas de calor, contrarrestando el efecto acelerante de la alta temperatura; también permite transportar la mezcla a largas distancias.

- Tipo C: Acelerantes.

Son aditivos químicos generalmente líquidos, que permiten acelerar el fraguado y tener resistencias finales e iniciales más altas. Estos aditivos se usan cuando se requiere acabado más rápido de estructuras, también permiten trabajar en épocas de frío, contrarrestando el efecto retardante de la baja temperatura.

- Tipo D: Reductores de Agua – Retardantes de Agua.

Este aditivo busca fusionar las propiedades de dos sustancias, una plastificante (acción primaria) y otra retardante (acción secundaria), así se aprovechan los dos efectos permitiendo controlar la pérdida acelerada de la manejabilidad.

- Tipo E: Reductores de Agua – Acelerantes.

Son aditivos que permiten obtener una doble función: plastifican la mezcla aumentando su manejabilidad, permitiendo una colocación y compactación más fácil y aceleran la ganancia de resistencia a temprana edad y a edades tardías.

- Tipo F: Súper Reductores de Agua.

También conocidos como aditivos superplastificantes, son aditivos superiores que permiten hasta una dosificación de 5 veces mayor respecto al aditivo plastificante, sin alterar significativamente el tiempo de fraguado ni su contenido de aire. Su aplicación práctica se encuentra en la elaboración de concretos de altas resistencias, con un porcentaje de cemento balanceado, sin problemas de contracción y fisuramiento.

- Tipo G: Súper Reductores de Agua – Acelerantes.

## **2.4 Agua para el concreto:**

El agua es el elemento indispensable para la hidratación del cemento y el desarrollo cabales de sus propiedades, por ello es importante conocer las propiedades del mismo.

El agua de mezcla en el concreto tiene como funciones principales: reaccionar con el cemento para hidratarlo y mejorar la trabajabilidad de la mezcla. Es por ello que la cantidad de agua que interviene en la mezcla es normalmente por razones de trabajabilidad que por razones de hidratación necesaria del cemento.

El problema principal del agua, radica en las impurezas que ésta pueda contener; dichas impurezas en exceso ocasionan reacciones químicas desfavorables que alteran significativamente el comportamiento normal de la mezcla.

## **2.5 Concreto:**

### **2.5.1 Generalidades:**

El concreto es el material constituido por la mezcla de ciertas proporciones de cemento, agua, agregados y opcionalmente aditivos, que inicialmente denota una estructura plástica y moldeable, y que posteriormente adquiere una consistencia rígida con propiedades aislantes y resistentes, lo que lo hace un material ideal para la construcción.

El concreto está compuesto por elementos activos, como cemento, agua, agregados y aditivos; y por elementos pasivos, como el aire. Las proporciones de los componentes (en Volumen absoluto) del concreto son las siguientes:

- Cemento: 7 a 15%
- Agua: 15 a 22%
- Agregados: 60 a 75%
- Aire: 1 a 3%

Las proporciones descritas anteriormente variarán para cada diseño específico, el cual es determinado por las condiciones particulares de necesidad ingenieril.

La elaboración del concreto es una parte fundamental de su futuro correcto funcionamiento, es por ello la importancia de enumerar las etapas de la elaboración del mismo:

- Dosificación

- Mezclado
- Transporte
- Colocación
- Consolidación
- Curado

### 2.5.2 Tipos de Concreto:

De acuerdo a los siguientes criterios, se puede establecer diversos tipos de concreto:

\* Por sus componentes:

Concreto Simple: Es una mezcla de cemento Portland, agregado fino, agregado grueso y agua. En esta mezcla de concreto el agregado grueso y fino debe estar totalmente cubierto de la pasta.

Concreto Simple = Cemento + A. Grueso + A. Fino + Agua

Concreto Armado: Es el concreto simple que lleva armadura de acero como refuerzo, dicha armadura de acero soporta esfuerzos de tracción de la estructura, y aumenta la resistencia a la compresión del concreto.

Concreto Armado = Concreto Simple + Armadura

Concreto Ciclópeo: Es el concreto simple complementado con piedras desplazadoras de tamaño máximo de 10", cubriendo hasta el 30% del volumen total del concreto como máximo. Cada piedra desplazadora debe estar cubierta totalmente con pasta.

Concreto Ciclópeo = Concreto Simple + Piedras Desplazadoras

\* Por su peso unitario:

Concreto Liviano: Son concretos elaborados con agregados livianos y su peso unitario varía desde 400 a 1700 kg/m<sup>3</sup>

Concreto Normal: Son concretos elaborados con agregados corrientes y su peso unitario varía desde 2300 a 2500 kg/m<sup>3</sup>.

Concreto Pesado: Son concretos elaborados con agregados pesados y su peso unitario varía desde 2800 a 6000 kg/m<sup>3</sup>.

\* Por su disposición:

Concreto Premezclado: Es el concreto que se dosifica en planta, puede ser mezclado en la misma o en camiones mixer, y es transportado a la obra en los mismos.

Concreto Prefabricado: Es el concreto que se elabora en una ubicación diferente a su posición final en la estructura.

Concreto Bombeado: Es el concreto que es impulsado por bombeo, a través de tuberías hasta su ubicación final.

### **2.5.3 Propiedades del Concreto:**

Las propiedades del concreto son las siguientes:

Trabajabilidad: Es el concreto que se dosifica en planta, puede ser mezclado, colocado y compactado sin problemas de segregación y exudación durante estas operaciones.

Consistencia: Está definida por el grado de humedecimiento de la mezcla, depende principalmente de la cantidad de agua usada.

Durabilidad: Está definida por la resistencia a la intemperie, a la acción de productos químicos externos y desgastes en su tiempo de servicio, del concreto.

Resistencia: Es una propiedad del concreto que es determinada por el grado de exposición mecánica que soporta el concreto, aumenta conforme aumenta el tiempo de existencia, la resistencia a la compresión medida a los 28 días es la más común.

## **2.6 Diseños de mezcla:**

### **2.6.1 Generalidades:**

Se conoce como diseño de mezcla a la determinación de las proporciones de los materiales integrantes por unidad cúbica de concreto, el diseño de mezclas puede definirse también como el proceso de selección de los componentes más adecuados y de la combinación más conveniente y económica de los mismos, con la finalidad de obtener un producto que en el estado no endurecido tenga la trabajabilidad y consistencia adecuada y en el estado endurecido cumpla con los requisitos establecidos por el diseñador e indicados en los planos y especificaciones de obra.

En la selección de las proporciones de las mezclas de concreto el diseñador debe tener en cuenta que la composición de la mezcla está determinada por:

- Las propiedades que debe tener el concreto no endurecido.
- Las propiedades que debe tener el concreto endurecido.
- El costo de la unidad cúbica de concreto.

### **2.6.2 Métodos de Diseño:**

Actualmente existen diversos métodos de diseño: Método de Füller, Método del Comité 211 del ACI, Método de Walker, Método del agregado global, etc. De todos estos métodos, el aún empleado vastamente es el Método brindado por el ACI, dicho método aplicado a la realidad peruana presenta ciertas irregularidades, que pueden ser ampliamente subsanadas por el Método del agregado global, que es el método que se emplea en la presente tesis de investigación.

El método del agregado global, es un método que busca la optimización de los agregados, pero especialmente busca optimizar el cemento, ya que es éste el componente del concreto más costoso. Éste método comprende los siguientes pasos:

- Determinación de la participación de los agregados por mayor densidad.
- Determinación del agua

- Determinación de la combinación de agregados por resistencia.

### CAPÍTULO III: CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

#### 3.1 Características de los Agregados:

##### 3.1.1 Peso Unitario Suelto (P.U.S)

En base a los cálculos detallados en el Anexo 1, se resume:

Cuadro 3.1 Resumen de Pesos Unitarios Suelos de los Agregados

PESO UNITARIO SUELTO	
TIPO DE AGREGADO	P.U.S (Kg/m <sup>3</sup> )
Grueso	1555.08
Fino	1641.48

Fuente: Elaboración Propia

##### 3.1.2 Peso Unitario Compactado (P.U.C)

En base a los cálculos detallados en el Anexo 1, se resume:

Cuadro 3.2 Resumen de Pesos Unitarios Compactados de los Agregados

PESO UNITARIO COMPACTADO	
TIPO DE AGREGADO	P.U.C (Kg/m <sup>3</sup> )
Grueso	1634.53
Fino	1787.4

Fuente: Elaboración Propia

##### 3.1.3 Peso Específico (P.E)

En base a los cálculos detallados en el Anexo 1, se resume:

Cuadro 3.3 Resumen de Pesos Específicos de los Agregados

PESO ESPECÍFICO		
TIPO DE PESO ESPECÍFICO	TIPO DE AGREGADO	P.E (Kg/m <sup>3</sup> )
P.E De Masa Seca	Grueso	2.66
	Fino	2.62
P.E Aparente	Grueso	2.72
	Fino	2.69
P.E.M Saturada Superficialmente Seco	Grueso	2.68
	Fino	2.64

Fuente: Elaboración Propia

### 3.1.4 Porcentaje de Absorción (Abs)

En base a los cálculos detallados en el Anexo 1, se resume:

Cuadro 3.4 Resumen de Porcentaje de Absorción de los Agregados

PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	
TIPO DE AGREGADO	%Abs. (%)
Grueso	0.84
Fino	1.12

Fuente: Elaboración Propia

### 3.1.5 Contenido de Humedad (C.H)

En base a los cálculos detallados en el Anexo 1, se resume:

Cuadro 3.5 Resumen de Contenido De Humedad de los Agregados

CONTENIDO DE HUMEDAD	
TIPO DE AGREGADO	C.H (%)
Grueso	0.33
Fino	0.83

Fuente: Elaboración Propia

### 3.1.6 Material que pasa la malla N°200

En base a los cálculos detallados en el Anexo 1, se resume:

Cuadro 3.6 Resumen de Porcentaje que pasa la malla N°200

PORCENTAJE QUE PASA LA MALLA N°200	
%pasa N°200	<b>4.77</b>

Fuente: Elaboración Propia



### 3.1.7 Análisis Granulométrico

A continuación, se presentan los cuadros con los módulos de finura de cada agregado, realizado en base a los cálculos detallados en el Anexo 1:

Cuadro 3.7 Módulo de Finura del Agregado Grueso

GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO			
Descripción	MUESTRAS		
	M-1	M-2	M-3
Módulo de Finura	7.52	7.55	7.43
Promedio	<b>7.50</b>		

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.8 Módulo de Finura del Agregado Fino

GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO			
Descripción	MUESTRAS		
	M-1	M-2	M-3
Módulo de Finura	3.25	2.96	3.22
Promedio	<b>3.14</b>		

Fuente: Elaboración Propia

Finalmente se presenta el cuadro resumen con las características generales de los agregados.

Cuadro 3.9 Resumen de las características de los agregados

DESCRIPCIÓN	Agregado Grueso	Agregado Fino	Unidades
Cantera	Unicon	Trapiche	
Peso Unitario Suelto (P.U.S)	1555.08	1641.48	Kg/m <sup>3</sup>
Peso Unitario Compactado (P.U.C)	1634.53	1787.4	Kg/m <sup>3</sup>
Peso Específico (P.E)	2.66	2.62	
Contenido de Humedad (C.H)	0.33	0.83	%
Porcentaje de Absorción (%Abs)	0.84	1.12	%
Tamaño Nominal Máximo	1 1/2"		
Módulo de Finura	7.5	3.14	

Fuente: Elaboración Propia

### 3.2 Características del Cemento:

#### 3.2.1 Cemento usado en Investigación:

En la presente investigación se utilizó el cemento Portland Tipo I de la marca Sol, producida por la fábrica de Cementos Lima S.A, este cemento se distribuye en bolsas de 42.5 kg, cuyo contenido cumple con la NTP 334.009 y ASTM C-150. Las características físicas del cemento empleado se muestran a continuación:

Cuadro 3.10 Características Físicas del Cemento Sol Tipo I

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	VALOR	REQUISITO ASTM C-150 NTP 334.002
Peso Específico (gr/cm <sup>3</sup> )	3.15	~
Fineza Malla 100 (%)	0.04	~
Fineza Malla 200 (%)	4.14	~
Superficie Específica Blaine (cm <sup>2</sup> /gr)	3480	Mín 2800
Contenido de Aire (%)	9.99	Máx 12
Expansión Autoclave (%)	0.18	Máx 0.8
Fraguado Inicial Vicat (hr.min)	1.49	Máx 0.45
Fraguado Final Vicat (hr.min)	3.29	Máx 6.15
Calor de Hidratación 7 días (cal/gr)	70.6	~
Calor de Hidratación 28 días (cal/gr)	84.3	~

Fuente: Ficha técnica del fabricante, Cementos Lima S.A

Cuadro 3.11 Características Químicas del Cemento Sol Tipo I

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS	VALOR
Óxido de Calcio (%)	63.2
Óxido de Sílice (%)	19.79
Óxido de Aluminio (%)	6.15
Óxido de Hierro (%)	2.82
Óxido de Potasio (%)	0.96
Óxido de Sodio (%)	0.28
Trióxido de Azufre	2.58
Óxido de Magnesio (%)	3.16
Cal Libre (%)	0.52
Punto de Ignición (%)	0.8
Residuos Insolubles (%)	0.62
CaO libre (%)	0.52
Álcalis (%)	0.91

Fuente: Ficha técnica del fabricante, Cementos Lima S.A

### **3.3 Características del Agua:**

#### **3.3.1 Agua usada en Investigación:**

En la presente investigación se utilizó agua potable, libre de sales y sulfatos perjudiciales para la mezcla. El agua potable se usó tanto en la mezcla como en el curado.

## **CAPÍTULO IV: AGREGADO GLOBAL**

### **4.1 Generalidades:**

Los agregados tienen directa influencia sobre el comportamiento del concreto, debido a su volumen de participación en éste (aproximadamente 2/3 partes del volumen total del concreto). La participación de los agregados: Fino y Grueso, debe ser, entonces debidamente establecido para una mezcla idónea, muchas veces los porcentajes de participación de los agregados no se ajusta a los Husos granulométricos que ordena la norma americana ASTM C-33, pero esto no es impedimento para encontrar la proporción adecuada, la cual se consigue con el fin de distribuir eficientemente las partículas involucradas, logrando una gradación adecuada.

En base a la tesis “Diseño de Mezclas, Método del Agregado Global y Módulo de Finura para concretos de mediana a alta resistencia” del Ing. Rafael Cachay Huamán, se tiene el siguiente párrafo:

“El propósito del diseño de mezclas, es seleccionar las proporciones más económicas de cada uno de los materiales disponibles para producir un concreto en el estado endurecido, de la misma calidad requerida, generalmente especificada en términos de esfuerzo de compresión y durabilidad, y en el estado plástico en términos de trabajabilidad y cohesión”

En base a este extracto, se infiere que la participación de los agregados se debe basar en requerimientos de trabajabilidad y resistencia a la compresión, para ello se realizará pruebas de mezclas para determinar de forma experimental la participación de los materiales del concreto.

### **4.2 Participación de los Agregados:**

#### **4.2.1 Peso Unitario Compactado de la Combinación de los Agregados**

En base a los cálculos detallados en el Anexo 2, se resume:

Cuadro 4.1 Resumen de Proporción de la Combinación de los Agregados

PESO UNITARIO COMPACTADO (KG/M3)	PROPORCIÓN DE AGREGADOS	
	A. FINO	A. GRUESO
1909	52	48

Fuente: Elaboración Propia

## **CAPÍTULO V: ADITIVO PARA EL CONCRETO, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS UTILIZADOS**

### **5.1 Aditivo empleado en la Investigación:**

En la presente tesis de investigación se utiliza el aditivo CHEMAPLAST, proporcionado por la empresa Chema, la cual posee las siguientes características de acuerdo al fabricante:

#### Descripción:

El aditivo CHEMAPLAST es un aditivo plastificante de color marrón a base de agentes dispersantes de alta eficacia exento de cloruros. Es un producto adecuado a las especificaciones ASTM C-494 tipo A.

Hace posible diseñar mezclas de concreto de fácil colocación con un contenido de hasta 10% menor de agua, generando aumento en la resistencia a la compresión y durabilidad del concreto. Tiene además propiedades de reducir la permeabilidad del concreto.

#### Usos:

El aditivo CHEMAPLAST posee los siguientes usos:

- En concreto estructurales de edificaciones y en elementos esbeltos.
- En concreto caravista.
- En concreto pretensados y post-tensados.
- En obras hidráulicas.
- En concretos para pavimentos y puentes.
- En concretos que deben ser desencofrados a temprana edad.

#### Ventajas:

El aditivo CHEMAPLAST posee las siguientes ventajas:

- Mejor acabado: La plasticidad permite un mejor acabado, por lo tanto, aumenta la durabilidad.

- Aumenta la trabajabilidad y facilita la colocación del concreto en elementos esbeltos con alta densidad de armadura con una ligera vibración, sin necesidad de aumentar la relación agua/cemento.
- Disminuye la contracción debido a la mejor retención de agua así como mayor aglomeración interna del concreto en estado plástico.
- Aumenta la hermeticidad al agua impermeabilizándolo y produciendo mayor resistencia a la penetración de la humedad y por consiguiente al ataque de sales.
- Aumenta la durabilidad debido a su alto grado de resistencia al salitre, sulfatos y cloruros.
- No contiene cloruros.
- Aumenta la resistencia a la compresión y flexión a todas las edades; mejora la adherencia al acero de construcción.
- No transmite olor ni sabor al agua potable, ni la contamina.

#### Características:

- Densidad (Kg/Gal.) : 4.10 – 4.30
- Ph : 8.0 – 9.5

#### Dosificación:

La dosis sugerida por el fabricante es de 1.5 – 2.2 % de aditivo Chemaplast por bolsa del cemento. Sin embargo, la dosis óptima se debe determinar mediante pruebas de mezcla en laboratorio.

#### **5.2 Herramientas empleadas en la Investigación:**

Las herramientas empleadas en la presente tesis de investigación son herramientas menores, las cuales se mencionan en los ensayos realizados. Siendo los principales:

- Para los ensayos de agregados: Recipientes, fiola, varilla con punta roma, pala.
- Para el mezclado de concreto: Carretilla, martillo de goma, cucharón.

- Para ensayos de concreto en estado fresco: Carretilla, martillo de goma, cucharón, recipientes, varilla de acero, probeta,

### **5.3 Equipos empleados en la Investigación:**

Los equipos empleados en la presente tesis de investigación son equipos propios del laboratorio. Los principales son:

- Para ensayos de concreto en estado endurecido: Carretilla, pie de rey.
- Para los ensayos de agregados: Horno, balanza.
- Para el mezclado de concreto: Equipo mecánico de mezclado.
- Para ensayos de concreto en estado fresco: Cono de Abrams, mesa de sacudidas, tapa metálica con manómetro, equipo hidráulico para medir la presión.
- Para ensayos de concreto en estado endurecido: Equipo de compresión, casco metálico con medidor de deformación.



## CAPÍTULO VI: DISEÑO DE MEZCLA

### 6.1 Método de Trabajo:

Considerar que se tiene tres diseños de mezcla distintos para cada relación agua/cemento (0.60, 0.65 y 0.70).

Conociendo el porcentaje de participación inicial de los agregados (Capítulo IV). Se determina el diseño para el concreto elaborado en equipo mecánico (Subcapítulo 6.2), para ello se sigue los siguientes pasos:

Primero se realiza la prueba de agua, para determinar el agua necesaria para cada diseño, teniendo en cuenta que el asentamiento de la mezcla bordee las 4". (Subcapítulo 6.2.1)

Segundo se realiza la prueba de agregado por P.U.C, para determinar el verdadero porcentaje de participación de los agregados en la mezcla. (Subcapítulo 6.2.2)

Con lo anterior se tiene los siguientes diseños de mezcla: (Subcapítulo 6.2.3)

- Diseño de mezcla del concreto elaborado con equipo ( $a/c=0.60$ )
- Diseño de mezcla del concreto elaborado con equipo ( $a/c=0.65$ )
- Diseño de mezcla del concreto elaborado con equipo ( $a/c=0.70$ )

Ahora se determina los diseños de mezcla de concreto elaborado en equipo mecánico con aditivo para ello se sigue los siguientes pasos:

Primero se realiza la prueba de agua, para determinar la reducción de agua de la mezcla con aditivo para mantener el asentamiento cercano a las 4". (Subcapítulo 6.3.2)

Segundo se realiza la prueba de resistencia de mezcla con aditivo, para determinar el óptimo porcentaje de aditivo para cada diseño de mezcla. (Subcapítulo 6.3.3)

Finalmente se tiene los diseños de mezcla de concreto elaborado en equipo mecánico con aditivo (Subcapítulo 6.3.4) para cada relación agua/cemento.

**6.2 Diseños de mezcla de concreto elaborado con equipo mecánico:**

6.2.1 Prueba de agua para el diseño de mezcla de concreto elaborado con equipo mecánico:

Para la prueba de agua, se determina el asentamiento para mezclas de prueba con las siguientes cantidades de agua: 220 lt, 230 lt y 240 lt. Empleando el porcentaje de participación de los agregados obtenido en el capítulo IV. En base al Anexo A3, se tiene los siguientes diseños, para cada valor de agua planteado.

**Prueba de agua del concreto elaborado con equipo mecánico ( $a/c = 0.60$ )**Cuadro 6.1 Diseño de mezcla de concreto para prueba de agua ( $a/c=0.60$  y agua = 220 Lt.)

MATERIAL	CANT. SECO	V.ABS	DUS	DO	DUO	LAB.	UND.
CEMENTO	366.67	0.1164	1.00	366.67	1.00	8.41	Kg.
AGUA	220.00	0.2200	0.60	226.94	0.62	5.20	Lts.
ARENA	904.09	0.3451	2.47	911.59	2.49	20.90	Kg.
PIEDRA	847.28	0.3185	2.31	850.08	2.32	19.49	Kg.

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 6.2 Diseño de mezcla de concreto para prueba de agua ( $a/c=0.60$  y agua = 230 Lt.)

MATERIAL	CANT. SECO	V.ABS	DUS	DO	DUO	LAB.	UND.
CEMENTO	383.33	0.1217	1.00	383.33	1.00	8.84	Kg.
AGUA	230.00	0.2300	0.60	236.78	0.62	5.46	Lts.
ARENA	883.25	0.3371	2.30	890.58	2.32	20.54	Kg.
PIEDRA	827.76	0.3112	2.16	830.49	2.17	19.16	Kg.

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 6.3 Diseño de mezcla de concreto para prueba de agua ( $a/c=0.60$  y agua = 240 Lt.)

MATERIAL	CANT. SECO	V.ABS	DUS	DO	DUO	LAB.	UND.
CEMENTO	400.00	0.1270	1.00	400	1.00	9.28	Kg.
AGUA	240.00	0.2400	0.60	246.62	0.62	5.72	Lts.
ARENA	862.42	0.3292	2.16	869.58	2.17	20.18	Kg.
PIEDRA	808.23	0.3038	2.02	810.9	2.03	18.82	Kg.

Fuente: Elaboración Propia

En base al Cuadro A3.2, se tiene el valor de asentamiento de la prueba de agua del concreto elaborado con equipo para la relación  $a/c=0.60$ .

Cuadro 6.4 Asentamiento para la prueba de agua del concreto elaborado con equipo (a/c=0.60)

a/c = 0.60	
Agua (Lts.)	Asentamiento (Pulg.)
220	1 1/2
230	3
240	4 1/4

Fuente: Elaboración Propia

Graficando Agua vs Asentamiento, y calculando el valor para un asentamiento de 4", se tiene:

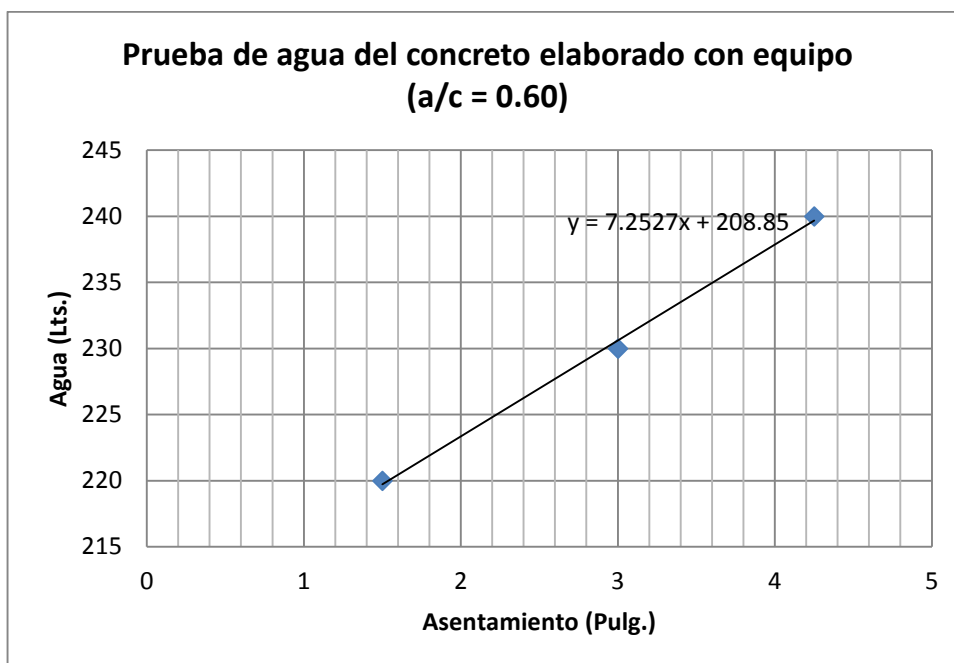


Figura 6.1 Determinación del agua del concreto elaborado con equipo (a/c=0.60)

Fuente: Elaboración Propia

En base a la figura anterior:

$$\text{Agua} = 7.2527(4) + 208.85 = 237.8 \text{ lts.}$$

### Prueba de agua del concreto elaborado con equipo mecánico (a/c = 0.65)

Cuadro 6.5 Diseño de mezcla de concreto para prueba de agua (a/c=0.65 y agua = 220 Lt.)

MATERIAL	CANT. SECO	V.ABS	DUS	DO	DUO	LAB.	UND.
CEMENTO	338.46	0.1074	1.00	338.46	1.00	7.77	Kg.
AGUA	220.00	0.2200	0.65	227.04	0.67	5.21	Lts.
ARENA	916.28	0.3497	2.71	923.89	2.73	21.22	Kg.
PIEDRA	858.71	0.3228	2.54	861.55	2.55	19.79	Kg.

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 6.6 Diseño de mezcla de concreto para prueba de agua (a/c=0.65 y agua = 230 Lt.)

MATERIAL	CANT. SECO	V.ABS	DUS	DO	DUO	LAB.	UND.
CEMENTO	353.85	0.1123	1.00	353.85	1.00	8.18	Kg.
AGUA	230.00	0.2300	0.65	236.88	0.67	5.47	Lts.
ARENA	896.01	0.3420	2.53	903.44	2.55	20.88	Kg.
PIEDRA	839.71	0.3157	2.37	842.48	2.38	19.47	Kg.

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 6.7 Diseño de mezcla de concreto para prueba de agua (a/c=0.65 y agua = 240 Lt.)

MATERIAL	CANT. SECO	V.ABS	DUS	DO	DUO	LAB.	UND.
CEMENTO	369.23	0.1172	1.00	369.23	1.00	8.59	Kg.
AGUA	240.00	0.2400	0.65	246.73	0.67	5.74	Lts.
ARENA	875.73	0.3342	2.37	883.00	2.39	20.53	Kg.
PIEDRA	820.71	0.3085	2.22	823.41	2.23	19.15	Kg.

Fuente: Elaboración Propia

En base al Cuadro A3.3, se tiene el valor de asentamiento de la prueba de agua del concreto elaborado con equipo para la relación a/c=0.65.

Cuadro 6.8 Asentamiento para la prueba de agua del concreto elaborado con equipo (a/c=0.65)

a/c = 0.65	
Agua (Lts.)	Asentamiento (Pulg.)
220	1 3/4
230	3 1/2
240	4 1/2

Fuente: Elaboración Propia

Graficando Agua vs Asentamiento, y calculando el valor para un asentamiento de 4", se tiene:

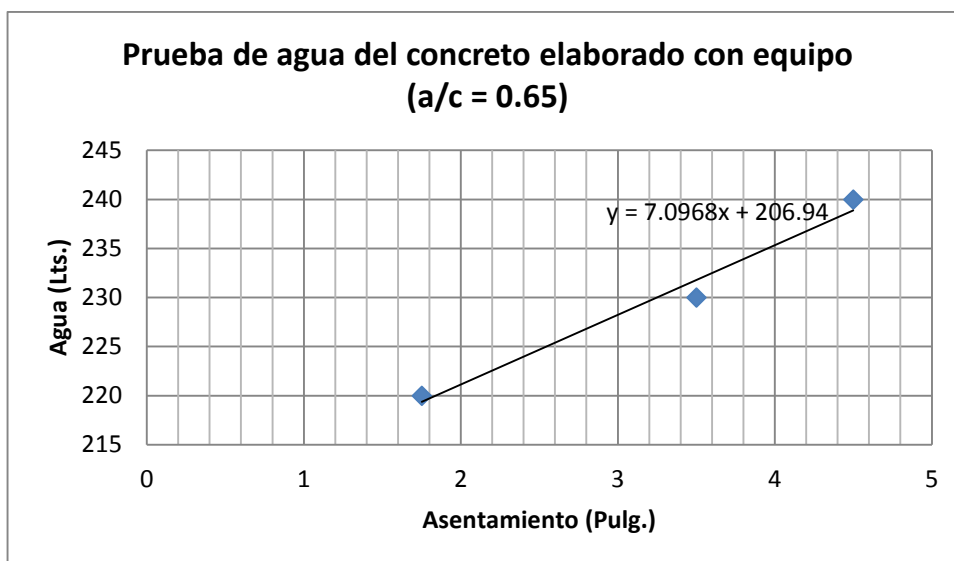


Figura 6.2 Determinación del agua del concreto elaborado con equipo (a/c=0.65)

Fuente: Elaboración Propia

En base a la figura anterior:

$$Agua = 7.0968(4) + 206.94 = 235.3 \text{ lts.}$$

### Prueba de agua del concreto elaborado con equipo mecánico (a/c = 0.70)

Cuadro 6.9 Diseño de mezcla de concreto para prueba de agua (a/c=0.70 y agua = 220 Lt.)

MATERIAL	CANT. SECO	V.ABS	DUS	DO	DUO	LAB.	UND.
CEMENTO	314.29	0.10	1.00	314.29	1.00	7.23	Kg.
AGUA	220.00	0.22	0.70	227.12	0.72	5.23	Lts.
ARENA	926.74	0.35	2.95	934.43	2.97	21.50	Kg.
PIEDRA	868.51	0.33	2.76	871.38	2.77	20.05	Kg.

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 6.10 Diseño de mezcla de concreto para prueba de agua (a/c=0.70 y agua = 230 Lt.)

MATERIAL	CANT. SECO	V.ABS	DUS	DO	DUO	LAB.	UND.
CEMENTO	328.57	0.10	1.00	328.57	1.00	7.61	Kg.
AGUA	230.00	0.23	0.70	236.96	0.72	5.49	Lts.
ARENA	906.94	0.35	2.76	914.47	2.78	21.17	Kg.
PIEDRA	849.96	0.32	2.59	852.76	2.60	19.74	Kg.

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 6.11 Diseño de mezcla de concreto para prueba de agua (a/c=0.70 y agua = 240 Lt.)

MATERIAL	CANT. SECO	V.ABS	DUS	DO	DUO	LAB.	UND.
CEMENTO	342.86	0.11	1.00	342.86	1.00	7.99	Kg.
AGUA	240.00	0.24	0.70	246.81	0.72	5.75	Lts.
ARENA	887.14	0.34	2.59	894.50	2.61	20.84	Kg.
PIEDRA	831.40	0.31	2.42	834.14	2.43	19.43	Kg.

Fuente: Elaboración Propia

En base al Cuadro A3.4, se tiene el valor de asentamiento de la prueba de agua del concreto elaborado con equipo para la relación a/c=0.70.

Cuadro 6.12 Asentamiento para la prueba de agua del concreto elaborado con equipo (a/c=0.70)

a/c = 0.70	
Agua (Lts.)	Asentamiento (Pulg.)
220	2 1/4
230	4
240	5 3/4

Fuente: Elaboración Propia

Graficando Agua vs. Asentamiento, y calculando el valor para un asentamiento de 4", se tiene:

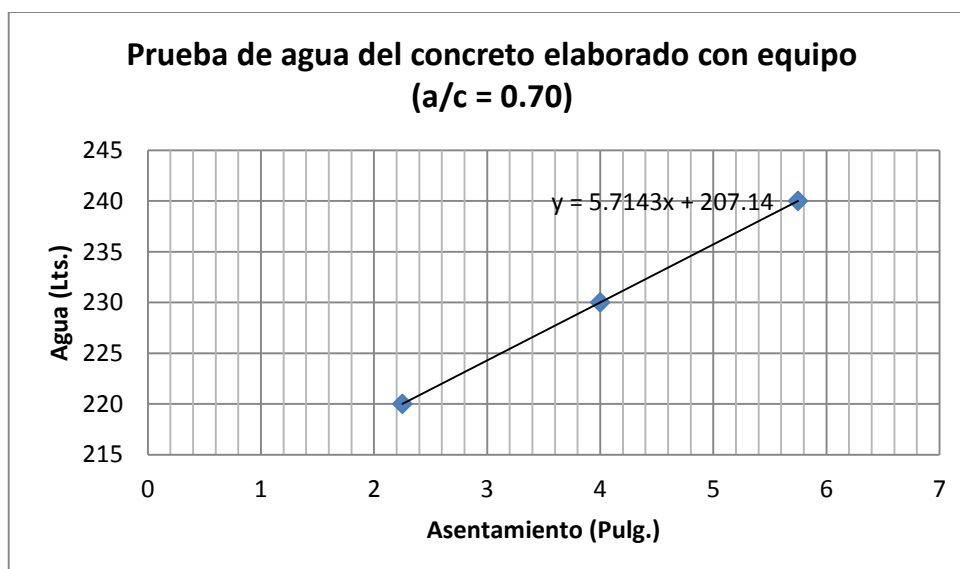


Figura 6.3 Determinación del agua del concreto elaborado con equipo (a/c=0.70)

Fuente: Elaboración Propia

En base a la figura anterior:

$$\text{Agua} = 5.7143(4) + 207.14 = 230 \text{ lts.}$$

Finalmente, se resume los valores de agua hallados en la prueba de agua para el concreto elaborado con equipo para cada relación a/c.

Cuadro 6.13 Resultados de la prueba de agua del concreto elaborado con equipo para cada relación a/c

Prueba de Agua	
a/c	Agua (Lts.)
0.60	237.8
0.65	235.3
0.70	230.0

Fuente: Elaboración Propia

6.2.2 Determinación de la relación agregado fino / agregado grueso por resistencia:

Una vez hallada la mejor combinación del agregado grueso y fino por el máximo peso unitario compactado del agregado global, se obtuvo el porcentaje de participación de cada agregado, sin embargo, este porcentaje no es el óptimo, porque aún no intervienen los demás componentes del concreto (agua y cemento).

Anteriormente se determinó la cantidad de agua para cada relación agua/cemento por  $m^3$  de concreto, para porcentajes de participación de los agregados de 52% (arena) y 48% (piedra). Ahora se mantiene constante la cantidad de agua, y se hace diseños de mezcla de prueba variando el agregado  $\pm 3\%$ , se llevó a curar por 7 días y se obtuvo la resistencia a la compresión a los 7 días.

En base al Anexo A3 (Cuadros A3.5, A3.6 y A3.7), se presenta los diseños de prueba para cada relación agua/cemento, con su respectiva variación de  $\pm 3\%$  del agregado con mayor PUC.

## Ensayo de resistencia del concreto elaborado con equipo mecánico (a/c = 0.60)

Cuadro 6.14 Diseño de mezcla de concreto para ensayo de resistencia (a/c=0.60 y arena = 49%)

		Arena = 49%		Piedra = 51%			
MATERIAL	CANT. SECO	V.ABS	DUS	DO	DUO	LAB.	UND.
CEMENTO	396.33	0.1258	1.00	396.33	1.00	9.18	Kg.
AGUA	237.80	0.2378	0.60	244.57	0.62	5.67	Lts.
ARENA	816.98	0.3118	2.06	823.77	2.08	19.08	Kg.
PIEDRA	863.31	0.3246	2.18	866.16	2.19	20.07	Kg.

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 6.15 Diseño de mezcla de concreto para ensayo de resistencia (a/c=0.60 y arena = 52%)

		Arena = 52%		Piedra = 48%			
MATERIAL	CANT. SECO	V.ABS	DUS	DO	DUO	LAB.	UND.
CEMENTO	396.33	0.12582	1.00	396.33	1.00	9.18	Kg.
AGUA	237.80	0.23780	0.60	244.46	0.62	5.67	Lts.
ARENA	867.00	0.33092	2.19	874.20	2.21	20.26	Kg.
PIEDRA	812.53	0.30546	2.05	815.21	2.06	18.89	Kg.

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 6.16 Diseño de mezcla de concreto para ensayo de resistencia (a/c=0.60 y arena = 55%)

		Arena = 55%		Piedra = 45%			
MATERIAL	CANT. SECO	V.ABS	DUS	DO	DUO	LAB.	UND.
CEMENTO	396.33	0.1258	1.00	396.33	1.00	9.19	Kg.
AGUA	237.80	0.2378	0.60	244.34	0.62	5.66	Lts.
ARENA	917.02	0.3500	2.31	924.63	2.33	21.43	Kg.
PIEDRA	761.75	0.2864	1.92	764.26	1.93	17.72	Kg.

Fuente: Elaboración Propia

En base al Cuadro A3.8 (Anexo A3.3), se tiene el valor de la resistencia a la compresión a los 7 días, para cada porcentaje de variación del agregado del concreto elaborado con equipo (a/c=0.60)



Cuadro 6.17 Resumen de Resistencia a la Compresión Promedio de ensayo por resistencia del concreto elaborado con equipo (a/c=0.60)

a/c = 0.60	
%arena	Resistencia Promedio (Kg/cm2)
49	236.588
52	259.329
55	226.346

Fuente: Elaboración Propia

Graficando Resistencia a la Compresión Vs. % Arena y superponiendo la Figura A2.1 (Del Anexo A2) se obtiene:

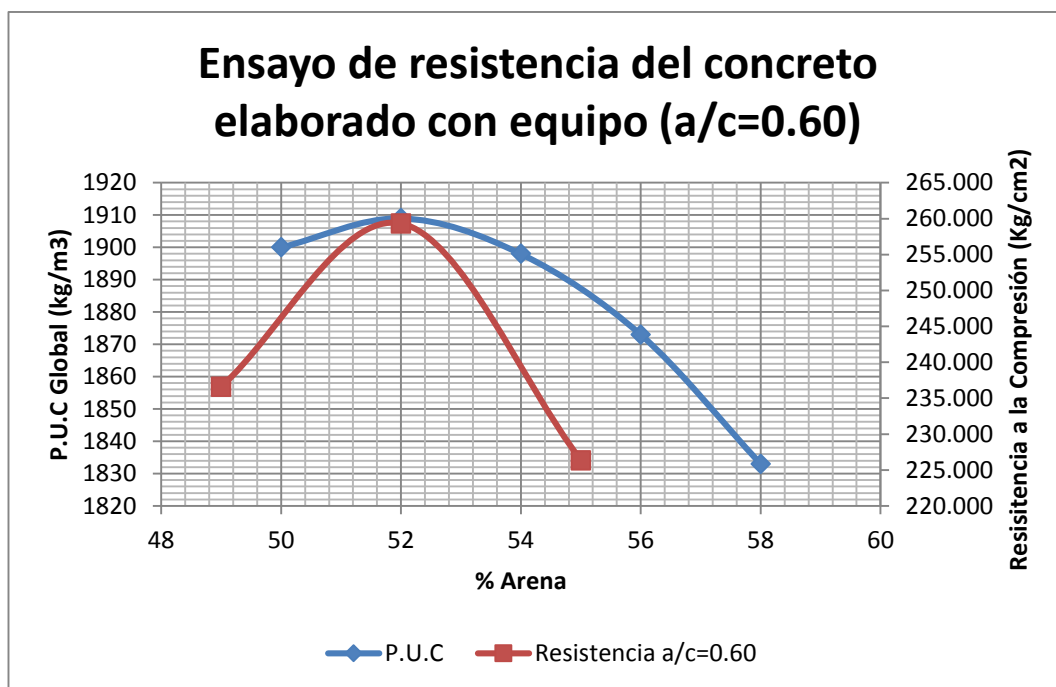


Figura 6.4 Determinación del % de arena del concreto elaborado con equipo (a/c=0.60)

Fuente: Elaboración Propia

De la Figura 6.4 se observa que para obtener la mejor combinación de agregados y a la vez una buena resistencia, los valores de porcentaje de agregados deben ser:

% Arena = 52%

% Piedra = 48%

### Ensayo de resistencia del concreto elaborado con equipo mecánico (a/c = 0.65)

Cuadro 6.18 Diseño de mezcla de concreto para ensayo de resistencia (a/c=0.65 y arena = 49%)

MATERIAL	CANT. SECO	V.ABS	DUS	DO	DUO	LAB.	UND.
CEMENTO	362.00	0.11492	1.00	362.00	1.00	8.39	Kg.
AGUA	235.30	0.23530	0.65	242.10	0.67	5.61	Lts.
ARENA	885.26	0.33789	2.45	892.61	2.47	20.70	Kg.
PIEDRA	829.64	0.31189	2.29	832.38	2.30	19.30	Kg.

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 6.19 Diseño de mezcla de concreto para ensayo de resistencia (a/c=0.65 y arena = 52%)

MATERIAL	CANT. SECO	V.ABS	DUS	DO	DUO	LAB.	UND.
CEMENTO	362.00	0.1149	1.00	362.00	1.00	8.39	Kg.
AGUA	235.30	0.2353	0.65	242.21	0.67	5.61	Lts.
ARENA	834.19	0.3184	2.30	841.11	2.32	19.50	Kg.
PIEDRA	881.49	0.3314	2.44	884.40	2.44	20.50	Kg.

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 6.20 Diseño de mezcla de concreto para ensayo de resistencia (a/c=0.65 y arena = 55%)

MATERIAL	CANT. SECO	V.ABS	DUS	DO	DUO	LAB.	UND.
CEMENTO	362.00	0.1149	1.00	362.00	1.00	8.40	Kg.
AGUA	235.30	0.2353	0.65	241.98	0.67	5.61	Lts.
ARENA	936.33	0.3574	2.59	944.10	2.61	21.90	Kg.
PIEDRA	777.79	0.2924	2.15	780.35	2.16	18.10	Kg.

Fuente: Elaboración Propia

En base al Cuadro A3.8 (Anexo A3.3), se tiene el valor de la resistencia a la compresión a los 7 días, para cada porcentaje de variación del agregado del concreto elaborado con equipo (a/c=0.65)

Cuadro 6.21 Resumen de Resistencia a la Compresión Promedio de ensayo por resistencia del concreto elaborado con equipo (a/c=0.65)

a/c = 0.65	
%arena	Resistencia Promedio (Kg/cm2)
49	177.250
52	220.882
55	215.166

Fuente: Elaboración Propia

Graficando Resistencia a la Compresión Vs. % Arena y superponiendo la Figura A2.1 (Del Anexo A2) se obtiene:

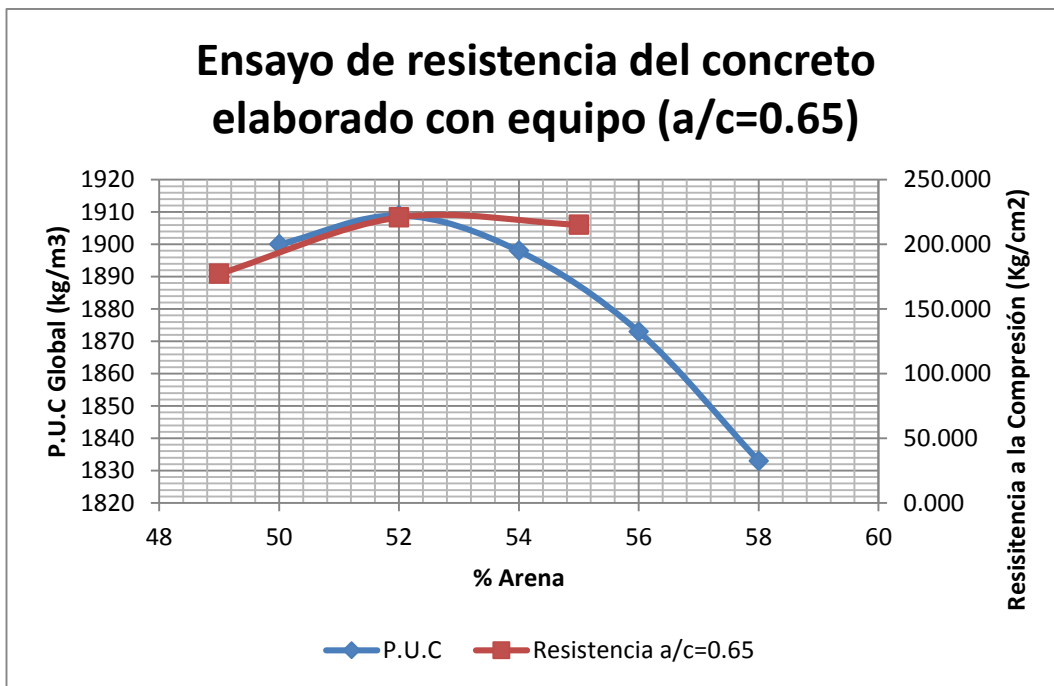


Figura 6.5 Determinación del % de arena del concreto elaborado con equipo (a/c=0.65)

Fuente: Elaboración Propia

De la Figura 6.5 se observa que para obtener la mejor combinación de agregados y a la vez una buena resistencia, los valores de porcentaje de agregados deben ser:

% Arena = 52.20%

% Piedra = 47.80%

## Ensayo de resistencia del concreto elaborado con equipo mecánico (a/c = 0.70)

Cuadro 6.22 Diseño de mezcla de concreto para ensayo de resistencia (a/c=0.70 y arena = 49%)

MATERIAL	CANT. SECO	V.ABS	DUS	DO	DUO	LAB.	UND.
CEMENTO	328.57	0.10431	1.00	328.57	1.00	7.61	Kg.
AGUA	230.00	0.23000	0.70	236.96	0.72	5.49	Lts.
ARENA	906.94	0.34616	2.76	914.47	2.78	21.17	Kg.
PIEDRA	849.96	0.31953	2.59	852.76	2.60	19.74	Kg.

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 6.23 Diseño de mezcla de concreto para ensayo de resistencia (a/c=0.70 y arena = 52%)

CEMENTO	CANT. SECO	V.ABS	DUS	DO	DUO	LAB.	UND.
CEMENTO	328.57	0.1043	1.00	328.57	1.00	7.60	Kg.
AGUA	230.00	0.2300	0.70	237.08	0.72	5.49	Lts.
ARENA	854.61	0.3262	2.60	861.71	2.62	19.94	Kg.
PIEDRA	903.08	0.3395	2.75	906.06	2.76	20.97	Kg.

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 6.24 Diseño de mezcla de concreto para ensayo de resistencia (a/c=0.70 y arena = 55%)

MATERIAL	CANT. SECO	V.ABS	DUS	DO	DUO	LAB.	UND.
CEMENTO	328.57	0.1043	1.00	328.57	1.00	7.61	Kg.
AGUA	230.00	0.2300	0.70	236.85	0.72	5.48	Lts.
ARENA	959.26	0.3661	2.92	967.22	2.94	22.40	Kg.
PIEDRA	796.83	0.2996	2.43	799.46	2.43	18.51	Kg.

Fuente: Elaboración Propia

En base al Cuadro A3.8 (Anexo A3.3), se tiene el valor de la resistencia a la compresión a los 7 días, para cada porcentaje de variación del agregado del concreto elaborado con equipo (a/c=0.70)

Cuadro 6.25 Resumen de Resistencia a la Compresión Promedio de ensayo por resistencia del concreto elaborado con equipo (a/c=0.70)

a/c = 0.70	
%arena	Resistencia Promedio (Kg/cm2)
49	155.059
52	225.647
55	162.064

Fuente: Elaboración Propia

Graficando Resistencia a la Compresión Vs. % Arena superponiendo la Figura A2.1 (Del Anexo 2) se obtiene:

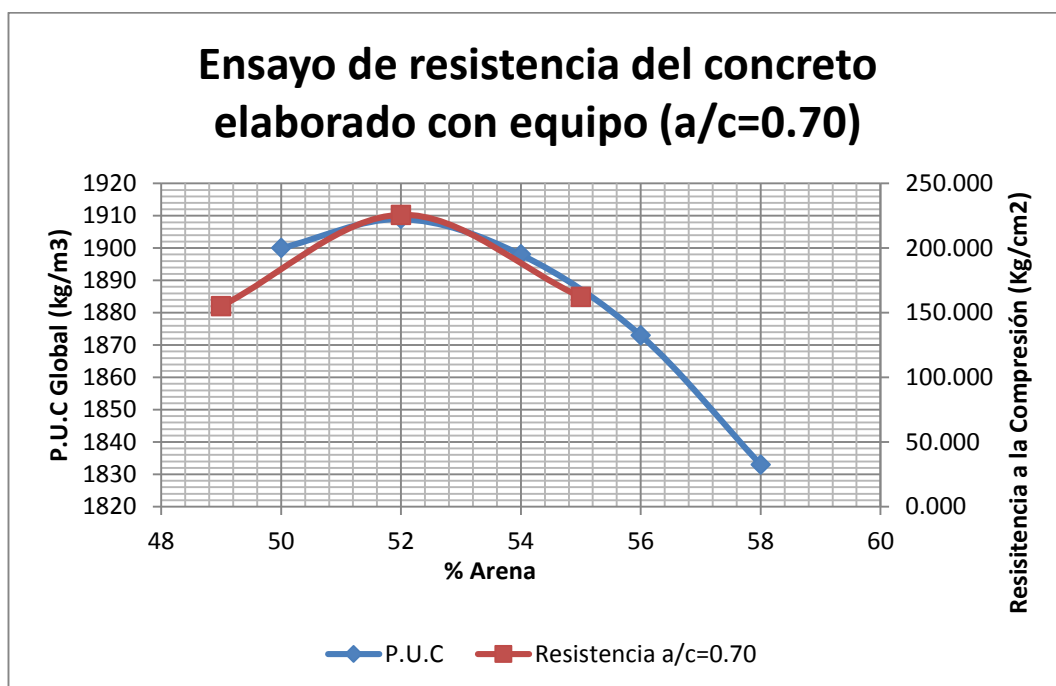


Figura 6.6 Determinación del % de arena del concreto elaborado con equipo (a/c=0.70)

Fuente: Elaboración Propia

De la Figura 6.6 se observa que para obtener la mejor combinación de agregados y a la vez una buena resistencia, los valores de porcentaje de agregados deben ser:

% Arena = 52%

% Piedra = 48%

Finalmente se puede resumir los porcentajes de los agregados para cada relación a/c del concreto elaborado en equipo, en el siguiente cuadro:

Cuadro 6.26 Resumen de Porcentajes de los Agregados para el concreto elaborado en equipo

a/c	% Arena	% Piedra
0.60	52.00	48.00
0.65	52.20	47.80
0.70	52.00	48.00

Fuente: Elaboración Propia

### 6.2.3 Diseños de mezcla de concreto elaborado con equipo mecánico por Agregado Global

Los diseños se elaboran en base a los resultados de las propiedades físicas de los agregados, de la prueba de agua y de los porcentajes de agregados finales para cada relación agua/cemento del concreto elaborado en equipo mecánico.

#### Diseños de mezcla del concreto elaborado con equipo mecánico

En base a las propiedades físicas de los agregados (Cuadro A2.1), prueba de agua (Cuadro 6.13), y porcentaje de agregados por resistencia (Cuadro 6.26) para cada relación agua/cemento, se obtiene:

Cuadro 6.27 Diseño de mezcla de concreto elaborado con equipo mecánico (a/c=0.60)

MATERIAL	CANT. SECO	V.ABS	DUS	DO	DUO	LAB.	UND.
CEMENTO	396.33	0.12582	1.00	396.33	1.00	9.18	Kg.
AGUA	237.80	0.23780	0.60	244.46	0.62	5.67	Lts.
ARENA	867.00	0.33092	2.19	874.20	2.21	20.26	Kg.
PIEDRA	812.53	0.30546	2.05	815.21	2.06	18.89	Kg.

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 6.28 Diseño de mezcla de concreto elaborado con equipo mecánico (a/c=0.65)

MATERIAL	CANT. SECO	V.ABS	DUS	DO	DUO	LAB.	UND.
CEMENTO	362.00	0.1149	1.00	362.00	1.00	8.39	Kg.
AGUA	235.30	0.2353	0.65	242.09	0.67	5.61	Lts.
ARENA	888.66	0.3392	2.45	896.04	2.48	20.78	Kg.
PIEDRA	826.18	0.3106	2.28	828.91	2.29	19.22	Kg.

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 6.29 Diseño de mezcla de concreto elaborado con equipo mecánico (a/c=0.70)

MATERIAL	CANT. SECO	V.ABS	DUS	DO	DUO	LAB.	UND.
CEMENTO	328.57	0.1043	1.00	328.57	1.00	7.61	Kg.
AGUA	230.00	0.2300	0.70	236.96	0.72	5.49	Lts.
ARENA	906.94	0.3462	2.76	914.47	2.78	21.17	Kg.
PIEDRA	849.96	0.3195	2.59	852.76	2.60	19.74	Kg.

Fuente: Elaboración Propia

### 6.3 Diseño de mezcla del concreto elaborado con equipo y Aditivo:

#### 6.3.1 Características del Aditivo

En el Capítulo 5 se detalla las características del aditivo empleado en la presente investigación. La siguiente propiedad del aditivo se conoce debido a la información brindada por el fabricante.

Densidad del Aditivo = 4.20 kg/Gal. = 1.11 Kg/Lt.

A continuación, se presenta las características del aditivo (del Cuadro A3.10) para cada relación agua/cemento y para cada variación de porcentaje del aditivo recomendados por el fabricante.

Cuadro 6.30 Características del aditivo para diferentes relaciones a/c y porcentaje

a/c	Cemento (Kg.)	%aditivo	W aditivo (kg/m3c)	V.aditivo (m3/m3c)
0.60	396.33	1.50	5.944950	0.005358
		1.85	7.332105	0.006608
		2.20	8.719260	0.007858
0.65	362.00	1.50	5.430000	0.004893
		1.85	6.697000	0.006035
		2.20	7.964000	0.007177
0.70	328.57	1.50	4.928550	0.004442
		1.85	6.078545	0.005478
		2.20	7.228540	0.006514

Fuente: Elaboración Propia

#### 6.3.2 Prueba de agua del concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo

Al añadir aditivo plastificante a la mezcla se logra reducir la cantidad de agua de la misma, el objetivo aquí es realizar mezclas de prueba con cada porcentaje de aditivo recomendado (1.50%, 1.85%, 2.20%) disminuyendo el agua en 3

intervalos de 10 ml, para cada relación agua/cemento, para obtener la reducción de agua en cada caso, teniendo en cuenta que el asentamiento se ubica cercano a 4".

**Prueba de agua del concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo (a/c=0.60 y Aditivo = 1.50%)**

En base al Anexo 3 (Cuadro A3.11), se presenta los siguientes diseños de prueba de agua del concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo.

Cuadro 6.31 Diseño de mezcla de concreto para prueba de agua (a/c=0.60, Aditivo = 1.50% y reducción de agua = 0 ml.)

MATERIAL	DISEÑO SECO (Kg.)	LAB.	UND.
CEMENTO	396.33	9.18	Kg.
AGUA	237.80	5.67	Lts.
ARENA	867.00	20.26	Kg.
PIEDRA	812.53	18.89	Kg.
ADITIVO	5.95	43.71	ML.

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 6.32 Diseño de mezcla de concreto para prueba de agua (a/c=0.60, Aditivo = 1.50% y reducción de agua = 10 ml.)

MATERIAL	DISEÑO SECO (Kg.)	LAB.	UND.
CEMENTO	396.33	9.18	Kg.
AGUA	227.80	5.43	Lts.
ARENA	867.00	20.26	Kg.
PIEDRA	812.53	18.89	Kg.
ADITIVO	5.95	43.71	ML.

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 6.33 Diseño de mezcla de concreto para prueba de agua (a/c=0.60, Aditivo = 1.50% y reducción de agua = 20 ml.)

MATERIAL	DISEÑO SECO (Kg.)	LAB.	UND.
CEMENTO	396.33	9.18	Kg.
AGUA	217.80	5.19	Lts.
ARENA	867.00	20.26	Kg.
PIEDRA	812.53	18.89	Kg.
ADITIVO	5.95	43.71	ML.

Fuente: Elaboración Propia



Con todos estos diseños de prueba de agua con 1.50% de aditivo se realiza el ensayo de asentamiento para una tanda de 54 kg, luego se obtiene el cuadro 6.34, donde se muestra los valores del slump.

Cuadro 6.34 Asentamiento para la prueba de agua del concreto elaborado con equipo y aditivo  
 (a/c=0.60 y Aditivo = 1.50%)

Aditivo =1.50%		
Agua (Ml.)	Agua (54kg)	Slump (Pulg.)
237.80	5.67	7 1/2
227.80	5.43	6
217.80	5.19	3 1/4

Fuente: Elaboración Propia

Graficando Agua vs. Asentamiento, y calculando el valor para un asentamiento de 4", se tiene:

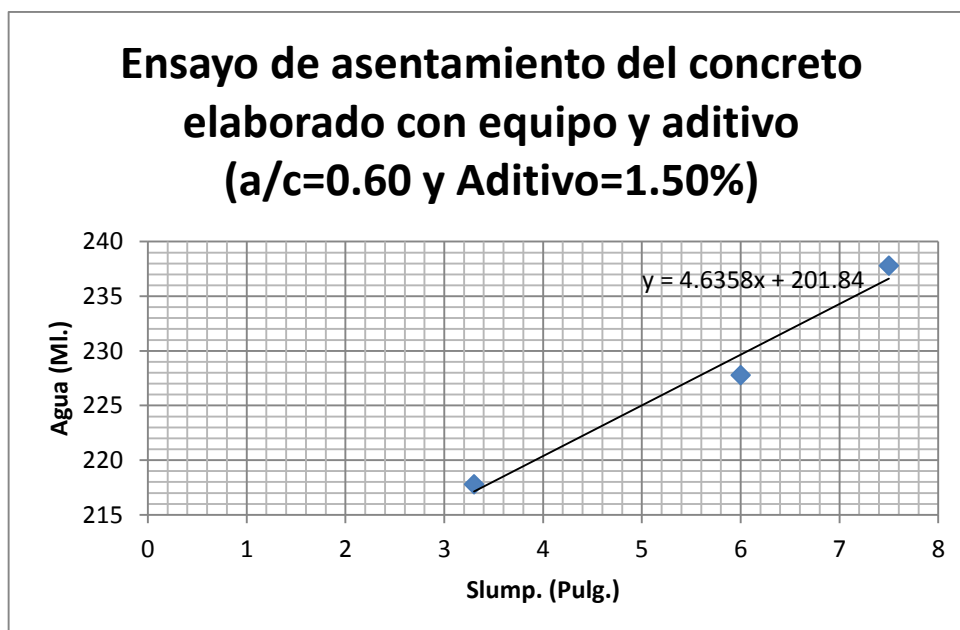


Figura 6.7 Determinación del agua del concreto elaborado con equipo y aditivo (a/c=0.60 y Aditivo = 1.50%)

Fuente: Elaboración Propia

En base a la figura anterior:

$$Agua = 4.6358(4) + 201.84 = 220.38 \text{ lts.}$$

### Prueba de agua del concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo (a/c=0.60 y Aditivo = 1.85%)

En base al Anexo 3 (Cuadro A3.11), se presenta los siguientes diseños de prueba de agua del concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo.

Cuadro 6.35 Diseño de mezcla de concreto para prueba de agua (a/c=0.60, Aditivo = 1.85% y reducción de agua = 0 ml.)

MATERIAL	DISEÑO SECO (Kg.)	LAB.	UND.
CEMENTO	396.33	9.18	Kg.
AGUA	237.80	5.67	Lts.
ARENA	867.00	20.26	Kg.
PIEDRA	812.53	18.89	Kg.
ADITIVO	7.33	53.91	MI.

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 6.36 Diseño de mezcla de concreto para prueba de agua (a/c=0.60, Aditivo = 1.85% y reducción de agua = 10 ml.)

MATERIAL	DISEÑO SECO (Kg.)	LAB.	UND.
CEMENTO	396.33	9.18	Kg.
AGUA	227.80	5.43	Lts.
ARENA	867.00	20.26	Kg.
PIEDRA	812.53	18.89	Kg.
ADITIVO	7.33	53.91	MI.

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 6.37 Diseño de mezcla de concreto para prueba de agua (a/c=0.60, Aditivo = 1.85% y reducción de agua = 20 ml.)

MATERIAL	DISEÑO SECO (Kg.)	LAB.	UND.
CEMENTO	396.33	9.18	Kg.
AGUA	217.80	5.19	Lts.
ARENA	867.00	20.26	Kg.
PIEDRA	812.53	18.89	Kg.
ADITIVO	7.33	53.91	MI.

Fuente: Elaboración Propia

Con todos estos diseños de prueba de reducción de agua con 1.85% de aditivo se realiza el ensayo de asentamiento para una tanda de 54 kg, luego se obtiene el cuadro 6.38, donde se muestra los valores del slump.

Cuadro 6.38 Asentamiento para la prueba de agua del concreto elaborado con equipo y aditivo  
(a/c=0.60 y Aditivo = 1.85%)

Aditivo =1.85%		
Agua (Ml.)	Agua (54kg)	Slump (Pulg.)
237.80	5.67	7 3/4
227.80	5.43	6 1/2
217.80	5.19	3 3/4

Fuente: Elaboración Propia

Graficando Agua vs Asentamiento, y calculando el valor para un asentamiento de 4", se tiene:

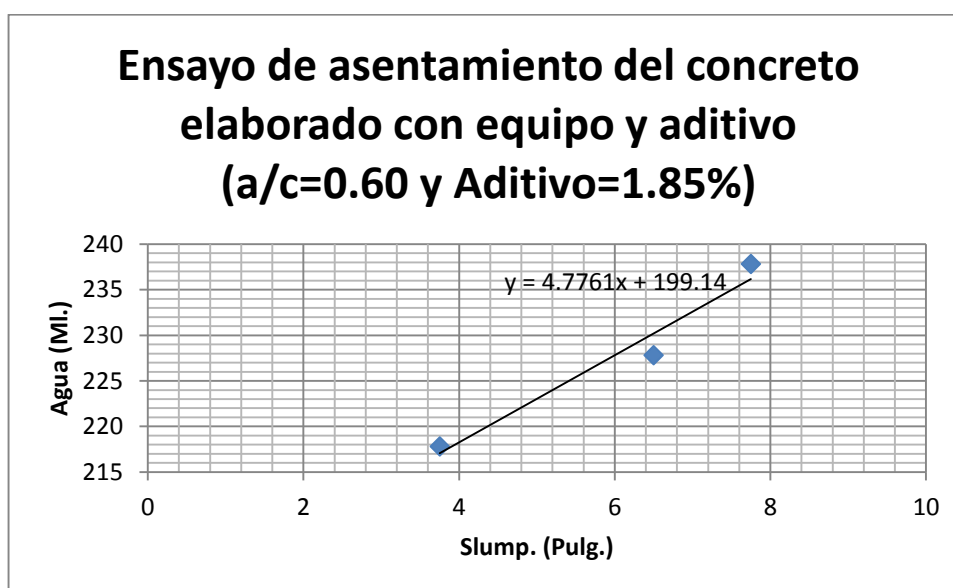


Figura 6.8 Determinación del agua del concreto elaborado con equipo y aditivo (a/c=0.60 y Aditivo = 1.85%)

Fuente: Elaboración Propia

En base a la figura anterior:

$$Agua = 4.7761(4) + 199.14 = 218.24 \text{ lts.}$$

**Prueba de agua del concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo (a/c=0.60 y Aditivo = 2.20%)**

En base al Anexo 3 (Cuadro A3.11), se presenta los siguientes diseños de prueba de agua del concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo.

Cuadro 6.39 Diseño de mezcla de concreto para prueba de agua (a/c=0.60, Aditivo = 2.20% y reducción de agua = 0 ml.)

MATERIAL	DISEÑO SECO (Kg.)	LAB.	UND.
CEMENTO	396.33	9.18	Kg.
AGUA	237.80	5.67	Lts.
ARENA	867.00	20.26	Kg.
PIEDRA	812.53	18.89	Kg.
ADITIVO	8.72	64.11	MI.

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 6.40 Diseño de mezcla de concreto para prueba de agua (a/c=0.60, Aditivo = 2.20% y reducción de agua = 10 ml.)

MATERIAL	DISEÑO SECO (Kg.)	LAB.	UND.
CEMENTO	396.33	9.18	Kg.
AGUA	227.80	5.43	Lts.
ARENA	867.00	20.26	Kg.
PIEDRA	812.53	18.89	Kg.
ADITIVO	8.72	64.11	MI.

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 6.41 Diseño de mezcla de concreto para prueba de agua (a/c=0.60, Aditivo = 2.20% y reducción de agua = 20 ml.)

MATERIAL	DISEÑO SECO (Kg.)	LAB.	UND.
CEMENTO	396.33	9.18	Kg.
AGUA	217.80	5.19	Lts.
ARENA	867.00	20.26	Kg.
PIEDRA	812.53	18.89	Kg.
ADITIVO	8.72	64.11	MI.

Fuente: Elaboración Propia

Con todos estos diseños de prueba de reducción de agua con 2.20% de aditivo se realiza el ensayo de asentamiento para una tanda de 54 kg, luego se obtiene el cuadro 6.42, donde se muestra los valores del slump.

Cuadro 6.42 Asentamiento para la prueba de agua del concreto elaborado con equipo y aditivo  
(a/c=0.60 y Aditivo = 2.20%)

Aditivo =2.20%		
Agua (Ml.)	Agua (54kg)	Slump (Pulg.)
237.80	5.67	8 1/2
227.80	5.43	6 5/8
217.80	5.19	4 1/2

Fuente: Elaboración Propia

Graficando Agua vs. Asentamiento, y calculando el valor para un asentamiento de 4", se tiene:

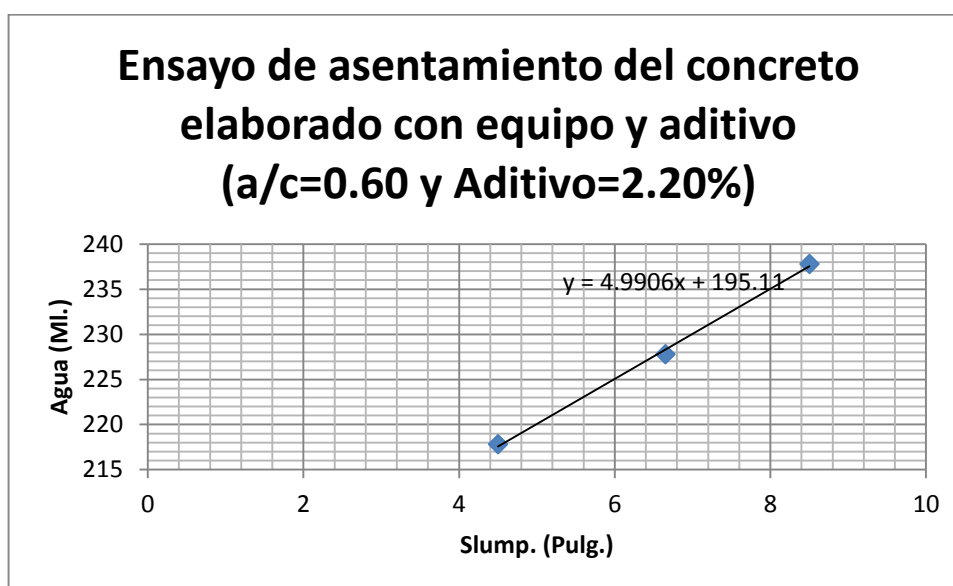


Figura 6.9 Determinación del agua del concreto elaborado con equipo y aditivo (a/c=0.60 y Aditivo = 2.20%)

Fuente: Elaboración Propia

En base a la figura anterior:

$$Agua = 4.9906(4) + 195.11 = 215.07 \text{ lts.}$$

Como punto final, se resume en el cuadro 6.43, el agua y la cantidad de agua reducida para cada porcentaje de aditivo ensayado para el concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo.

Cuadro 6.43 Resultados de la prueba de agua del concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo para cada porcentaje de aditivo ( $a/c=0.60$ )

<b><math>a/c = 0.60</math></b>				
<b>ADITIVO (%)</b>	<b>AGUA INICIAL (MI.)</b>	<b>AGUA FINAL (MI.)</b>	<b>REDUCCÓN DE AGUA (MI.)</b>	<b>REDUCCÓN DE AGUA (%)</b>
1.50	237.8	220.38	17.42	7.33
1.85	237.8	218.24	19.56	8.23
2.20	237.8	215.07	22.73	9.56

Fuente: Elaboración Propia

### Prueba de agua del concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo ( $a/c=0.65$ y Aditivo = 1.50%)

En base al Anexo 3 (Cuadro A3.12), se presenta los siguientes diseños de prueba de agua del concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo.

Cuadro 6.44 Diseño de mezcla de concreto para prueba de agua ( $a/c=0.65$ , Aditivo = 1.50% y reducción de agua = 0 ml.)

<b>MATERIAL</b>	<b>DISEÑO SECO (Kg.)</b>	<b>LAB.</b>	<b>UND.</b>
CEMENTO	362.00	8.39	Kg.
AGUA	235.30	5.61	Lts.
ARENA	888.66	20.78	Kg.
PIEDRA	826.18	19.22	Kg.
ADITIVO	5.43	39.97	MI.

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 6.45 Diseño de mezcla de concreto para prueba de agua ( $a/c=0.65$ , Aditivo = 1.50% y reducción de agua = 10 ml.)

<b>MATERIAL</b>	<b>DISEÑO SECO (Kg.)</b>	<b>LAB.</b>	<b>UND.</b>
CEMENTO	362.00	8.39	Kg.
AGUA	225.30	5.37	Lts.
ARENA	888.66	20.78	Kg.
PIEDRA	826.18	19.22	Kg.
ADITIVO	5.43	39.97	MI.

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 6.46 Diseño de mezcla de concreto para prueba de agua ( $a/c=0.65$ , Aditivo = 1.50% y reducción de agua = 20 ml.)

MATERIAL	DISEÑO SECO (Kg.)	LAB.	UND.
CEMENTO	362.00	8.39	Kg.
AGUA	215.30	5.14	Lts.
ARENA	888.66	20.78	Kg.
PIEDRA	826.18	19.22	Kg.
ADITIVO	5.43	39.97	ML.

Fuente: Elaboración Propia

Con todos estos diseños de prueba de reducción de agua con 1.50% de aditivo se realiza el ensayo de asentamiento para una tanda de 54 kg, luego se obtiene el cuadro 6.47, donde se muestra los valores del slump.

Cuadro 6.47 Asentamiento para la prueba de agua del concreto elaborado con equipo y aditivo ( $a/c=0.65$  y Aditivo = 1.50%)

Aditivo =1.50%		
Agua (Ml.)	Agua (54kg)	Slump (Pulg.)
235.30	5.61	7 3/4
225.30	5.37	5 3/8
215.30	5.14	3 1/4

Fuente: Elaboración Propia

Graficando Agua vs. Asentamiento, y calculando el valor para un asentamiento de 4", se tiene:

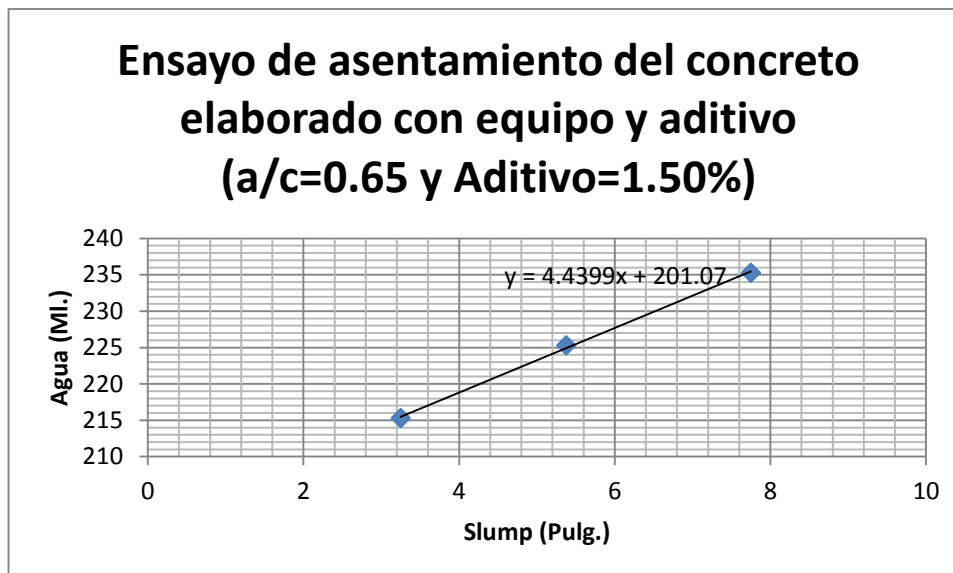


Figura 6.10 Determinación del agua del concreto elaborado con equipo y aditivo (a/c=0.65 y Aditivo = 1.50%)

Fuente: Elaboración Propia

En base a la figura anterior:

$$\text{Agua} = 4.4399(4) + 201.07 = 218.825 \text{ lts.}$$

**Prueba de agua del concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo (a/c=0.65 y Aditivo = 1.85%)**

En base al Anexo 3 (Cuadro A3.12), se presenta los siguientes diseños de prueba de agua del concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo.

Cuadro 6.48 Diseño de mezcla de concreto para prueba de agua (a/c=0.65, Aditivo = 1.85% y reducción de agua = 0 ml.)

MATERIAL	DISEÑO SECO (Kg.)	LAB.	UND.
CEMENTO	362.00	8.39	Kg.
AGUA	235.30	5.61	Lts.
ARENA	888.66	20.78	Kg.
PIEDRA	826.18	19.22	Kg.
ADITIVO	6.69	49.29	ML.

Fuente: Elaboración Propia



Cuadro 6.49 Diseño de mezcla de concreto para prueba de agua (a/c=0.65, Aditivo = 1.85% y reducción de agua = 10 ml.)

MATERIAL	DISEÑO SECO (Kg.)	LAB.	UND.
CEMENTO	362.00	8.39	Kg.
AGUA	225.30	5.37	Lts.
ARENA	888.66	20.78	Kg.
PIEDRA	826.18	19.22	Kg.
ADITIVO	6.69	49.29	MI.

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 6.50 Diseño de mezcla de concreto para prueba de agua (a/c=0.65, Aditivo = 1.85% y reducción de agua = 20 ml.)

MATERIAL	DISEÑO SECO (Kg.)	LAB.	UND.
CEMENTO	362.00	8.39	Kg.
AGUA	215.30	5.14	Lts.
ARENA	888.66	20.78	Kg.
PIEDRA	826.18	19.22	Kg.
ADITIVO	6.69	49.29	MI.

Fuente: Elaboración Propia

Con todos estos diseños de prueba de reducción de agua con 1.85% de aditivo se realiza el ensayo de asentamiento para una tanda de 54 kg, luego se obtiene el cuadro 6.51, donde se muestra los valores del slump.

Cuadro 6.51 Asentamiento para la prueba de agua del concreto elaborado con equipo y aditivo (a/c=0.65 y Aditivo = 1.85%)

Aditivo =1.85%		
Agua (Ml.)	Agua (54kg)	Slump (Pulg.)
235.30	5.61	8 1/4
225.30	5.37	6
215.30	5.14	3 3/4

Fuente: Elaboración Propia

Graficando Agua vs. Asentamiento, y calculando el valor para un asentamiento de 4", se tiene:

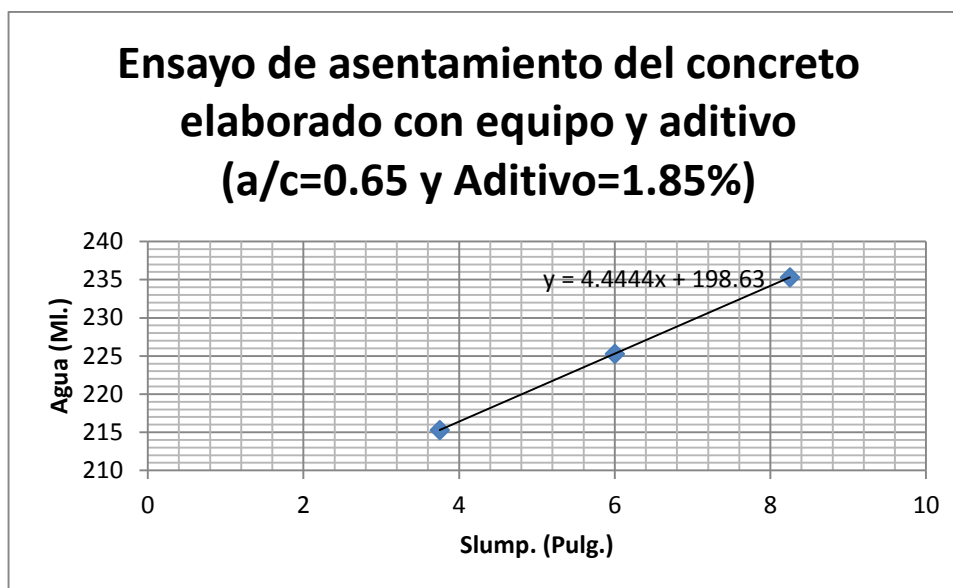


Figura 6.11 Determinación del agua del concreto elaborado con equipo y aditivo (a/c=0.65 y Aditivo = 1.85%)

Fuente: Elaboración Propia

En base a la figura anterior:

$$Agua = 4.4444(4) + 198.637 = 216.407 \text{ lts.}$$

### Prueba de agua del concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo (a/c=0.65 y Aditivo = 2.20%)

En base al Anexo 3 (Cuadro A3.12), se presenta los siguientes diseños de prueba de agua del concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo.

Cuadro 6.52 Diseño de mezcla de concreto para prueba de agua (a/c=0.65, Aditivo = 2.20% y reducción de agua = 0 ml.)

MATERIAL	DISEÑO SECO (Kg.)	LAB.	UND.
CEMENTO	362.00	8.39	Kg.
AGUA	235.30	5.61	Lts.
ARENA	888.66	20.78	Kg.
PIEDRA	826.18	19.22	Kg.
ADITIVO	7.96	58.62	ML.

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 6.53 Diseño de mezcla de concreto para prueba de agua (a/c=0.65, Aditivo = 2.20% y reducción de agua =10 ml.)

MATERIAL	DISEÑO SECO (Kg.)	LAB.	UND.
CEMENTO	362.00	8.39	Kg.
AGUA	225.30	5.37	Lts.
ARENA	888.66	20.78	Kg.
PIEDRA	826.18	19.22	Kg.
ADITIVO	7.96	58.62	MI.

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 6.54 Diseño de mezcla de concreto para prueba de agua (a/c=0.65, Aditivo = 2.20% y reducción de agua = 20 ml.)

MATERIAL	DISEÑO SECO (Kg.)	LAB.	UND.
CEMENTO	362.00	8.39	Kg.
AGUA	215.30	5.14	Lts.
ARENA	888.66	20.78	Kg.
PIEDRA	826.18	19.22	Kg.
ADITIVO	7.96	58.62	MI.

Fuente: Elaboración Propia

Con todos estos diseños de prueba de reducción de agua con 2.20% de aditivo se realiza el ensayo de asentamiento para una tanda de 54 kg, luego se obtiene el cuadro 6.55, donde se muestra los valores del slump.

Cuadro 6.55 Asentamiento para la prueba de agua del concreto elaborado con equipo y aditivo (a/c=0.65 y Aditivo = 2.20%)

Aditivo =2.20%		
Agua (Ml.)	Agua (54kg)	Slump (Pulg.)
235.30	5.61	8 1/2
225.30	5.37	6 1/8
215.30	5.14	4 3/8

Fuente: Elaboración Propia

Graficando Agua vs Asentamiento, y calculando el valor para un asentamiento de 4", se tiene:

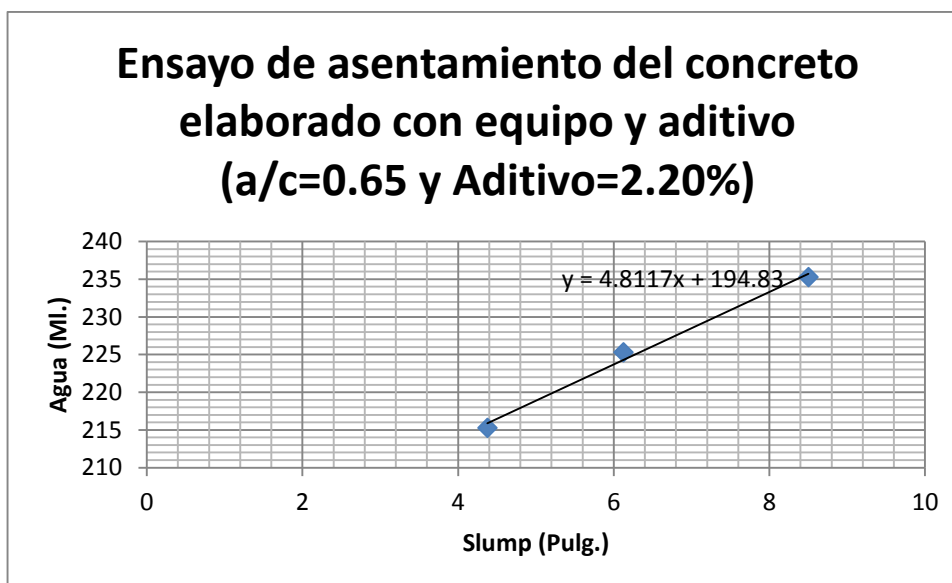


Figura 6.12 Determinación del agua del concreto elaborado con equipo y aditivo (a/c=0.65 y Aditivo = 2.20%)

Fuente: Elaboración Propia

En base a la figura anterior:

$$Agua = 4.8117(4) + 194.83 = 214.076 \text{ lts.}$$

Como punto final, se resume en el cuadro 6.56, el agua y la cantidad de agua reducida para cada porcentaje de aditivo ensayado para el concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo.

Cuadro 6.56 Resultados de la prueba de agua del concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo para cada porcentaje de aditivo (a/c=0.65)

a/c = 0.65				
ADITIVO (%)	AGUA INICIAL (MI.)	AGUA FINAL (MI.)	REDUCCÓN DE AGUA (MI.)	REDUCCÓN DE AGUA (%)
1.50	235.3	218.83	16.47	7.00
1.85	235.3	216.41	18.89	8.03
2.20	235.3	214.08	21.22	9.02

Fuente: Elaboración Propia

### Prueba de agua del concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo (a/c=0.70 y Aditivo = 1.50%)

En base al Anexo 3 (Cuadro A3.13), se presenta los siguientes diseños de prueba de agua del concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo.

Cuadro 6.57 Diseño de mezcla de concreto para prueba de agua (a/c=0.70, Aditivo = 1.50% y reducción de agua = 0 ml.)

MATERIAL	DISEÑO SECO (Kg.)	LAB.	UND.
CEMENTO	328.57	7.61	Kg.
AGUA	230.00	5.49	Lts.
ARENA	906.94	21.17	Kg.
PIEDRA	849.95	19.74	Kg.
ADITIVO	4.93	36.22	MI.

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 6.58 Diseño de mezcla de concreto para prueba de agua (a/c=0.70, Aditivo = 1.50% y reducción de agua = 10 ml.)

MATERIAL	DISEÑO SECO (Kg.)	LAB.	UND.
CEMENTO	328.57	7.61	Kg.
AGUA	220.00	5.25	Lts.
ARENA	906.94	21.17	Kg.
PIEDRA	849.95	19.74	Kg.
ADITIVO	4.93	36.22	MI.

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 6.59 Diseño de mezcla de concreto para prueba de agua (a/c=0.70, Aditivo = 1.50% y reducción de agua = 20 ml.)

MATERIAL	DISEÑO SECO (Kg.)	LAB.	UND.
CEMENTO	328.57	7.61	Kg.
AGUA	210.00	5.01	Lts.
ARENA	906.94	21.17	Kg.
PIEDRA	849.95	19.74	Kg.
ADITIVO	4.93	36.22	MI.

Fuente: Elaboración Propia

Con todos estos diseños de prueba de reducción de agua con 1.50% de aditivo se realiza el ensayo de asentamiento para una tanda de 54 kg, luego se obtiene el cuadro 6.60, donde se muestra los valores del slump.

Cuadro 6.60 Asentamiento para la prueba de agua del concreto elaborado con equipo y aditivo  
(a/c=0.70 y Aditivo = 1.50%)

Aditivo =1.50%		
Agua (Ml.)	Agua (54kg)	Slump (Pulg.)
235.30	5.61	8
225.30	5.37	5 7/8
215.30	5.14	4 5/16

Fuente: Elaboración Propia

Graficando Agua vs. Asentamiento, y calculando el valor para un asentamiento de 4", se tiene:

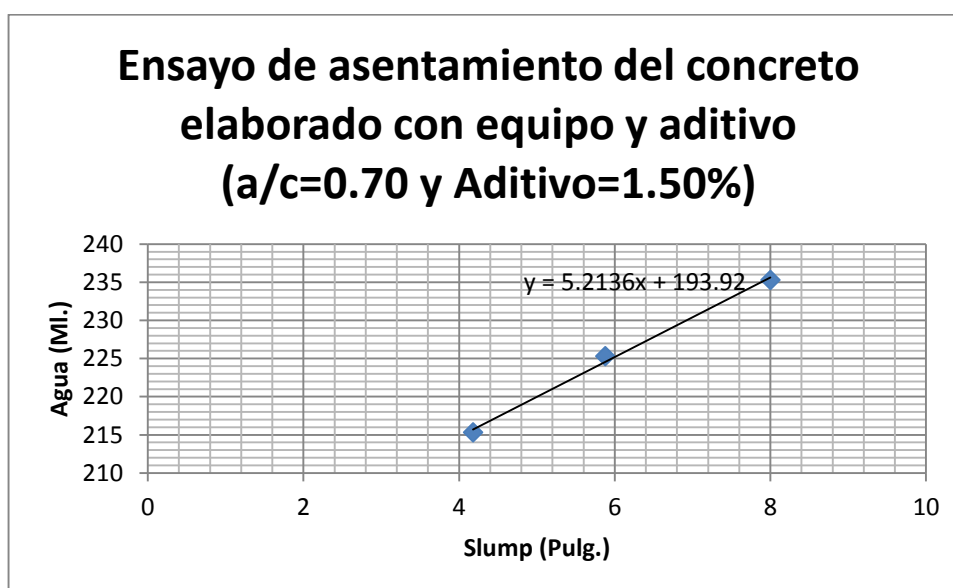


Figura 6.13 Determinación del agua del concreto elaborado con equipo y aditivo (a/c=0.70 y Aditivo = 1.50%)

Fuente: Elaboración Propia

En base a la figura anterior:

$$Agua = 5.2136(4) + 193.92 = 214.78 \text{ lts.}$$

### Prueba de agua del concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo (a/c=0.70 y Aditivo = 1.85%)

En base al Anexo 3 (Cuadro A3.13), se presenta los siguientes diseños de prueba de agua del concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo.

Cuadro 6.61 Diseño de mezcla de concreto para prueba de agua (a/c=0.70, Aditivo = 1.85% y reducción de agua = 0 ml.)

<b>MATERIAL</b>	<b>DISEÑO SECO (Kg.)</b>	<b>LAB.</b>	<b>UND.</b>
CEMENTO	328.57	7.61	Kg.
AGUA	230.00	5.49	Lts.
ARENA	906.94	21.17	Kg.
PIEDRA	849.95	19.74	Kg.
ADITIVO	6.08	44.67	MI.

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 6.62 Diseño de mezcla de concreto para prueba de agua (a/c=0.70, Aditivo = 1.85% y reducción de agua = 10 ml.)

<b>MATERIAL</b>	<b>DISEÑO SECO (Kg.)</b>	<b>LAB.</b>	<b>UND.</b>
CEMENTO	328.57	7.61	Kg.
AGUA	220.00	5.25	Lts.
ARENA	906.94	21.17	Kg.
PIEDRA	849.95	19.74	Kg.
ADITIVO	6.08	44.67	MI.

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 6.63 Diseño de mezcla de concreto para prueba de agua (a/c=0.70, Aditivo = 1.85% y reducción de agua = 20 ml.)

<b>MATERIAL</b>	<b>DISEÑO SECO (Kg.)</b>	<b>LAB.</b>	<b>UND.</b>
CEMENTO	328.57	7.61	Kg.
AGUA	210.00	5.01	Lts.
ARENA	906.94	21.17	Kg.
PIEDRA	849.95	19.74	Kg.
ADITIVO	6.08	44.67	MI.

Fuente: Elaboración Propia

Con todos estos diseños de prueba de reducción de agua con 1.85% de aditivo se realiza el ensayo de asentamiento para una tanda de 54 kg, luego se obtiene el cuadro 6.64, donde se muestra los valores del slump.

Cuadro 6.64 Asentamiento para la prueba de agua del concreto elaborado con equipo y aditivo  
 (a/c=0.70 y Aditivo = 1.85%)

Aditivo =1.85%		
Agua (Ml.)	Agua (54kg)	Slump (Pulg.)
230	5.49	8 1/4
220	5.25	6 1/2
210	5.01	4 3/4

Fuente: Elaboración Propia

Graficando Agua vs. Asentamiento, y calculando el valor para un asentamiento de 4", se tiene:

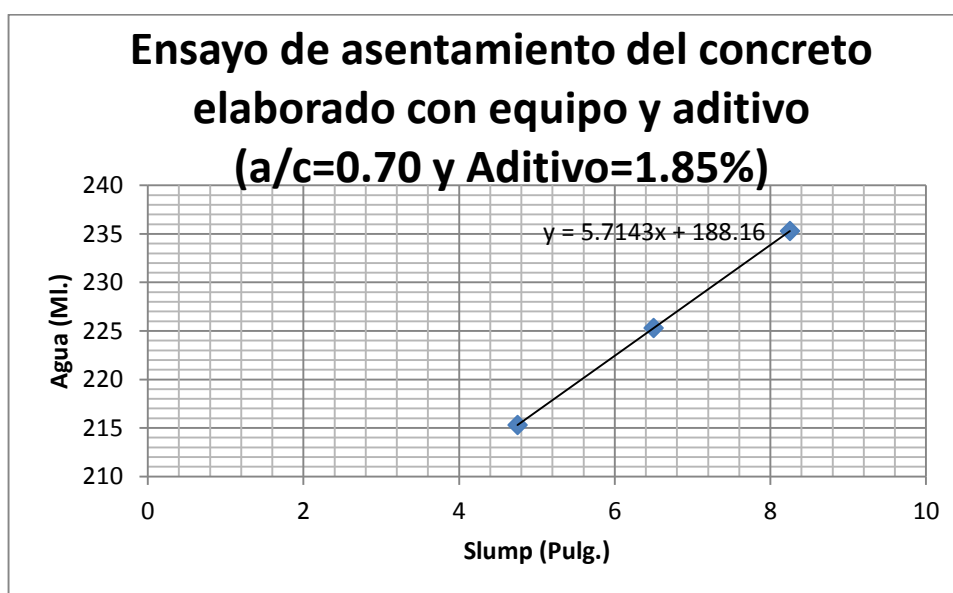


Figura 6.14 Determinación del agua del concreto elaborado con equipo y aditivo (a/c=0.70 y Aditivo = 1.85%)

Fuente: Elaboración Propia

En base a la figura anterior:

$$Agua = 5.7143(4) + 188.16 = 211.017 \text{ lts.}$$

**Prueba de agua del concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo (a/c=0.70 y Aditivo = 2.20%)**

En base al Anexo 3 (Cuadro A3.13), se presenta los siguientes diseños de prueba de reducción de agua con 2.20% de aditivo.



Cuadro 6.65 Diseño de mezcla de concreto para prueba de agua (a/c=0.70, Aditivo = 2.20% y reducción de agua = 0 ml.)

MATERIAL	DISEÑO SECO (Kg.)	LAB.	UND.
CEMENTO	328.57	7.61	Kg.
AGUA	230.00	5.49	Lts.
ARENA	906.94	21.17	Kg.
PIEDRA	849.95	19.74	Kg.
ADITIVO	7.23	53.12	MI.

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 6.66 Diseño de mezcla de concreto para prueba de agua (a/c=0.70, Aditivo = 2.20% y reducción de agua = 10 ml.)

MATERIAL	DISEÑO SECO (Kg.)	LAB.	UND.
CEMENTO	328.57	7.61	Kg.
AGUA	220.00	5.25	Lts.
ARENA	906.94	21.17	Kg.
PIEDRA	849.95	19.74	Kg.
ADITIVO	7.23	53.12	MI.

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 6.67 Diseño de mezcla de concreto para prueba de agua (a/c=0.70, Aditivo = 2.20% y reducción de agua = 20 ml.)

MATERIAL	DISEÑO SECO (Kg.)	LAB.	UND.
CEMENTO	328.57	7.61	Kg.
AGUA	210.00	5.01	Lts.
ARENA	906.94	21.17	Kg.
PIEDRA	849.95	19.74	Kg.
ADITIVO	7.23	53.12	MI.

Fuente: Elaboración Propia

Con todos estos diseños de prueba de reducción de agua con 2.20% de aditivo se realiza el ensayo de asentamiento para una tanda de 54 kg, luego se obtiene el cuadro 6.68, donde se muestra los valores del slump.

Cuadro 6.68 Asentamiento para la prueba de agua del concreto elaborado con equipo y aditivo  
(a/c=0.70 y Aditivo = 2.20%)

Aditivo =2.20%		
Agua (Ml.)	Agua (54kg)	Slump (Pulg.)
230	5.49	8 3/8
220	5.25	6 7/8
210	5.01	5

Fuente: Elaboración Propia

Graficando Agua vs. Asentamiento, y calculando el valor para un asentamiento de 4", se tiene:

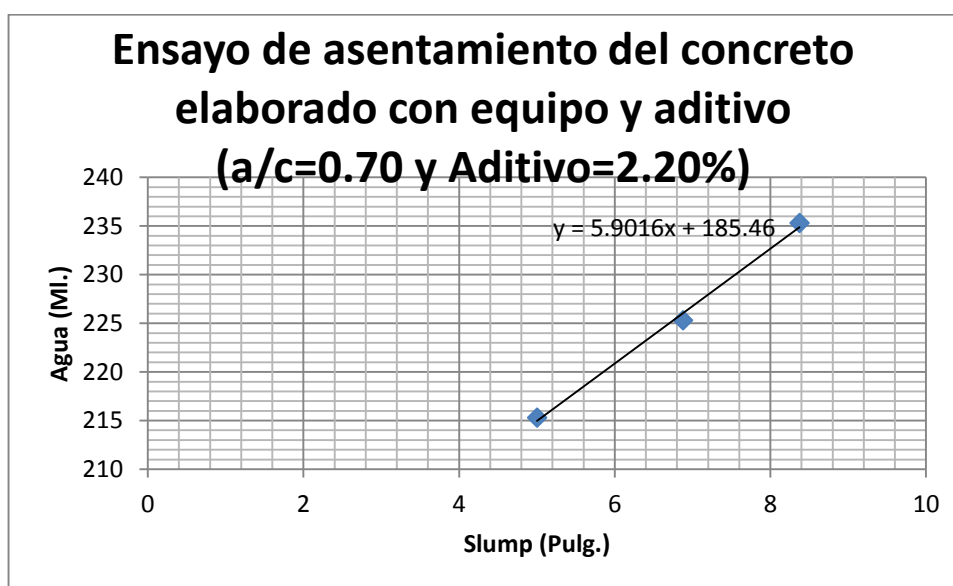


Figura 6.15 Determinación del agua del concreto elaborado con equipo y aditivo (a/c=0.70 y Aditivo = 2.20 %)

Fuente: Elaboración Propia

En base a la figura anterior:

$$Agua = 5.9016(4) + 185.46 = 209.066 \text{ lts.}$$

Como punto final, se resume en el cuadro 6.69, el agua y la cantidad de agua reducida para cada porcentaje de aditivo ensayado para el concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo.

Cuadro 6.69 Resultados de la prueba de agua del concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo para cada porcentaje de aditivo (a/c=0.70)

<b>a/c = 0.70</b>				
<b>ADITIVO (%)</b>	<b>AGUA INICIAL (ML.)</b>	<b>AGUA FINAL (ML.)</b>	<b>REDUCCÓN DE AGUA (ML.)</b>	<b>REDUCCÓN DE AGUA (%)</b>
1.50	230.0	214.78	15.22	6.62
1.85	230.0	211.02	18.98	8.25
2.20	230.0	209.07	20.93	9.10

Fuente: Elaboración Propia

### 6.3.3 Prueba de resistencia de mezcla del concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo.

Ahora se necesita determinar el porcentaje de aditivo óptimo a partir de las recomendaciones dadas, se busca que con el porcentaje óptimo de aditivo se obtenga la mayor resistencia a la compresión futura, para ello se realiza tandas de 54 kg para cada mezcla de diseño en estudio (a/c = 0.60, 0.65 y 0.70) con sus respectivos porcentajes de aditivo recomendado, elaborando tres probetas para cada caso, y ensayando la resistencia a la compresión a los 7 días. La curva a los 7 días nos determina el óptimo porcentaje de aditivo a emplear en la presente investigación.

### Ensayo de resistencia del concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo (a/c = 0.60)

En base a los cuadros 6.27, 6.30 y 6.43, se muestran los diseños de mezcla de concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo para una tanda de 54 kg.

Cuadro 6.70 Diseño de mezcla de concreto para ensayo de resistencia (a/c=0.60 y aditivo = 1.50%)

<b>Aditivo = 1.50%</b>								
<b>a/c</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>CANT. SECO</b>	<b>V.ABS</b>	<b>DUS</b>	<b>DO</b>	<b>DUO</b>	<b>LAB.</b>	<b>UND.</b>
<b>0.60</b>	CEMENTO	396.3333	0.1258	1.0000	396.3333	1.0000	9.185	Kg.
	AGUA	220.3800	0.2204	0.5560	226.5505	0.5716	5.250	Lts.
	ARENA	867.0040	0.3309	2.1876	874.2001	2.2057	20.259	Kg.
	PIEDRA	812.5298	0.3055	2.0501	815.2112	2.0569	18.892	Kg.
	ADITIVO	5.9450	0.0054	0.0150	5.9450	0.0150	43.710	ML.

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 6.71 Diseño de mezcla de concreto para ensayo de resistencia (a/c=0.60 y aditivo = 1.85%)

Aditivo = 1.85%								
a/c	MATERIAL	CANT. SECO	V.ABS	DUS	DO	DUO	LAB.	UND.
0.60	CEMENTO	396.3333	0.1258	1.0000	396.3333	1.0000	9.185	Kg.
	AGUA	218.2400	0.2182	0.5506	224.3505	0.5661	5.199	Lts.
	ARENA	867.0040	0.3309	2.1876	874.2001	2.2057	20.259	Kg.
	PIEDRA	812.5298	0.3055	2.0501	815.2112	2.0569	18.892	Kg.
	ADITIVO	7.3321	0.0066	0.0185	7.3321	0.0185	53.910	ML.

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 6.72 Diseño de mezcla de concreto para ensayo de resistencia (a/c=0.60 y aditivo = 2.20%)

Aditivo = 2.20%								
a/c	MATERIAL	CANT. SECO	V.ABS	DUS	DO	DUO	LAB.	UND.
0.60	CEMENTO	396.3333	0.1258	1.0000	396.3333	1.0000	9.185	Kg.
	AGUA	215.0700	0.2151	0.5426	221.0918	0.5578	5.124	Lts.
	ARENA	867.0040	0.3309	2.1876	874.2001	2.2057	20.259	Kg.
	PIEDRA	812.5298	0.3055	2.0501	815.2112	2.0569	18.892	Kg.
	ADITIVO	8.7193	0.0079	0.0220	8.7193	0.0220	64.110	ML.

Fuente: Elaboración Propia

En base al Anexo 3 (Cuadro A3.14), se tiene el valor de la resistencia a la compresión a los 7 días, para cada porcentaje de variación del aditivo del concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo (a/c=0.60)

Cuadro 6.73 Resumen de Resistencia a la Compresión Promedio de ensayo por resistencia del concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo (a/c=0.60)

a/c = 0.60	
%aditivo	Resistencia Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
1.50	265.079
1.85	255.111
2.20	218.896

Fuente: Elaboración Propia

Graficando Resistencia a la Compresión Vs. % Aditivo se obtiene:

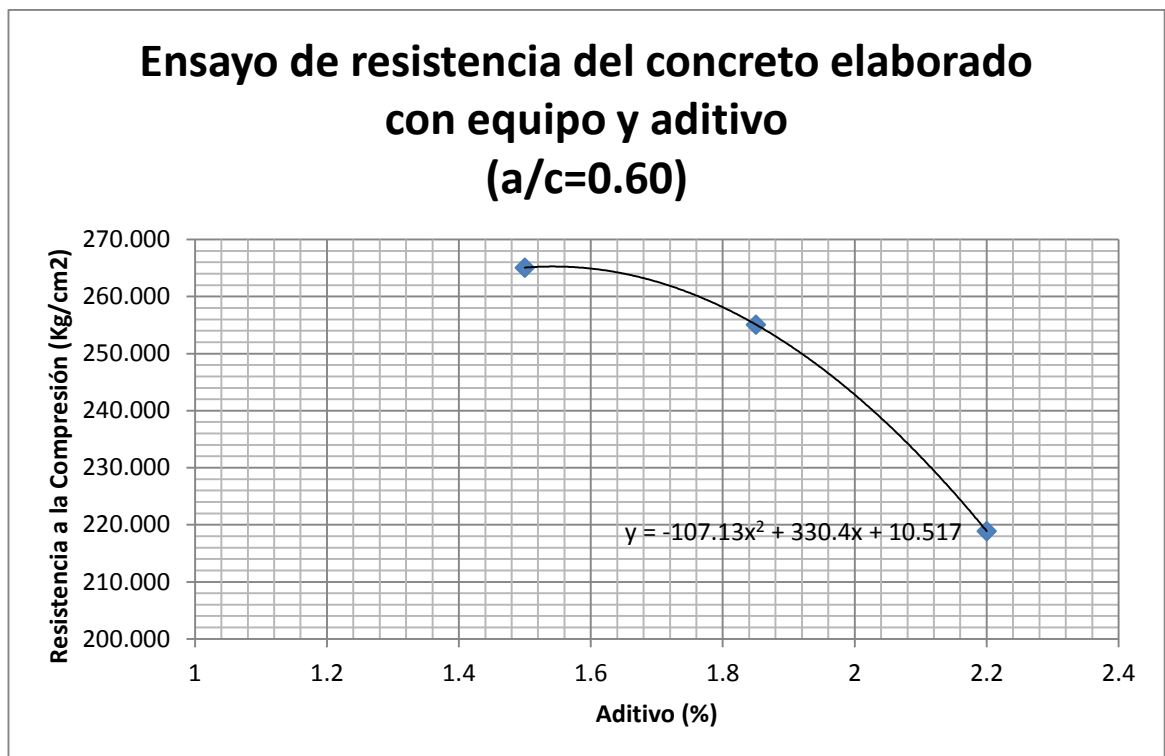


Figura 6.16 Determinación del % de aditivo del concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo (a/c=0.60)

Fuente: Elaboración Propia

En base a la figura 6.16, se tiene que el valor del Porcentaje de aditivo óptimo a emplear para el concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo (a/c=0.60), es de 1.50%.

#### **Ensayo de resistencia del concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo (a/c = 0.65)**

En base a los cuadros 6.28, 6.30 y 6.56, se muestran los diseños de mezcla de concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo para una tanda de 54 kg.

Cuadro 6.74 Diseño de mezcla de concreto para ensayo de resistencia (a/c=0.65 y aditivo = 1.50%)

Aditivo = 1.50%								
a/c	MATERIAL	CANT. SECO	V.ABS	DUS	DO	DUO	LAB.	UND.
0.65	CEMENTO	362.0000	0.1149	1.0000	362.0000	1.0000	8.393	Kg.
	AGUA	218.8252	0.2188	0.6045	225.1404	0.6219	5.220	Lts.
	ARENA	888.6643	0.3392	2.4549	896.0402	2.4752	20.775	Kg.
	PIEDRA	826.1815	0.3106	2.2823	828.9079	2.2898	19.219	Kg.
	ADITIVO	5.4300	0.0049	0.0150	5.4300	0.0150	39.970	ML.

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 6.75 Diseño de mezcla de concreto para ensayo de resistencia (a/c=0.65 y aditivo = 1.85%)

Aditivo = 1.85%								
a/c	MATERIAL	CANT. SECO	V.ABS	DUS	DO	DUO	LAB.	UND.
0.65	CEMENTO	362.0000	0.1149	1.0000	362.0000	1.0000	8.393	Kg.
	AGUA	216.4076	0.2164	0.5978	222.6530	0.6151	5.162	Lts.
	ARENA	888.6643	0.3392	2.4549	896.0402	2.4752	20.775	Kg.
	PIEDRA	826.1815	0.3106	2.2823	828.9079	2.2898	19.219	Kg.
	ADITIVO	6.6970	0.0060	0.0185	6.6970	0.0185	49.290	ML.

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 6.76 Diseño de mezcla de concreto para ensayo de resistencia (a/c=0.65 y aditivo = 2.20%)

Aditivo = 2.20%								
a/c	MATERIAL	CANT. SECO	V.ABS	DUS	DO	DUO	LAB.	UND.
0.65	CEMENTO	362.0000	0.1149	1.0000	362.0000	1.0000	8.393	Kg.
	AGUA	214.0768	0.2141	0.5914	220.2550	0.6084	5.107	Lts.
	ARENA	888.6643	0.3392	2.4549	896.0402	2.4752	20.775	Kg.
	PIEDRA	826.1815	0.3106	2.2823	828.9079	2.2898	19.219	Kg.
	ADITIVO	7.9640	0.0072	0.0220	7.9640	0.0220	58.620	ML.

Fuente: Elaboración Propia

En base al Anexo 3 (Cuadro A3.14), se tiene el valor de la resistencia a la compresión a los 7 días, para cada porcentaje de variación del aditivo del concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo (a/c=0.65)

Cuadro 6.77 Resumen de Resistencia a la Compresión Promedio de ensayo por resistencia del concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo (a/c=0.65)

a/c = 0.65	
%aditivo	Resistencia Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
1.50	234.832
1.85	232.598
2.20	227.403

Fuente: Elaboración Propia

Graficando Resistencia a la Compresión Vs. % Aditivo se obtiene:

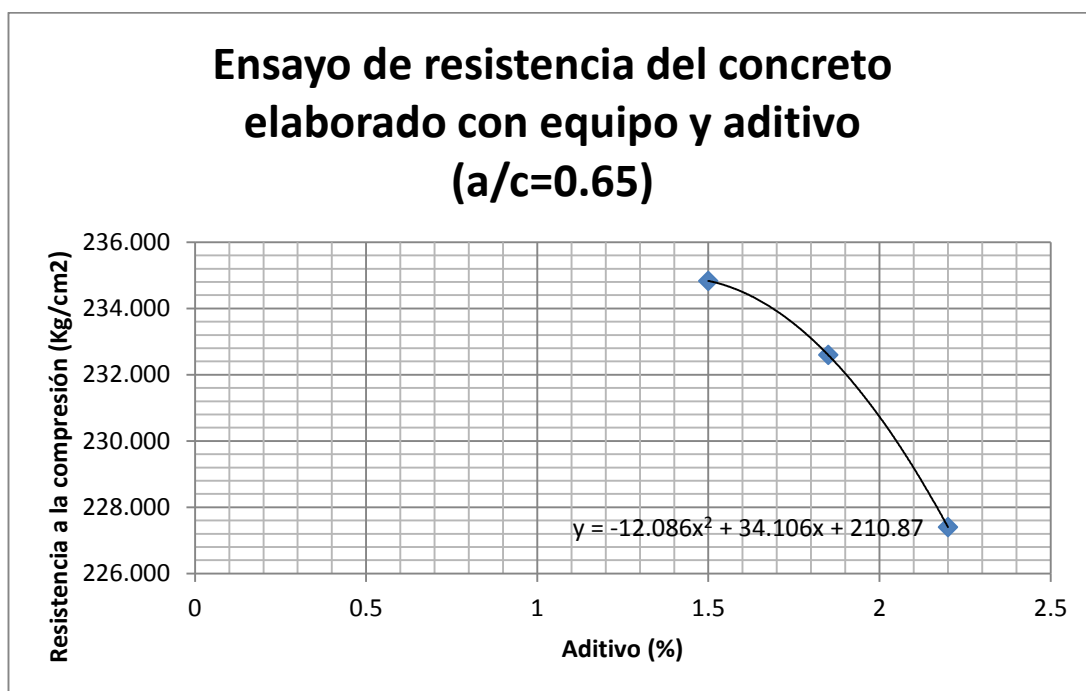


Figura 6.17 Determinación del % de aditivo del concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo (a/c=0.65)

Fuente: Elaboración Propia

En base a la figura 6.17, se tiene que el valor del Porcentaje de aditivo óptimo a emplear para el concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo (a/c=0.65), es de 1.50%.

### Ensayo de resistencia del concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo (a/c = 0.70)

En base a los cuadros 6.29, 6.30 y 6.64, se muestran los diseños de mezcla de concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo para una tanda de 54 kg.

Cuadro 6.78 Diseño de mezcla de concreto para ensayo de resistencia (a/c=0.70 y aditivo = 1.50%)

Aditivo = 1.50%								
a/c	MATERIAL	CANT. SECO	V.ABS	DUS	DO	DUO	LAB.	UND.
0.70	CEMENTO	328.5714	0.1043	1.0000	328.5714	1.0000	7.606	Kg.
	AGUA	214.7800	0.2148	0.6537	221.2840	0.6735	5.1224	Lts.
	ARENA	906.9382	0.3462	2.7602	914.4658	2.7832	21.169	Kg.
	PIEDRA	849.9550	0.3195	2.5868	852.7599	2.5954	19.740	Kg.
	ADITIVO	4.9286	0.0044	0.0150	4.9286	0.0150	36.220	ML.

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 6.79 Diseño de mezcla de concreto para ensayo de resistencia (a/c=0.70 y aditivo = 1.85%)

Aditivo = 1.85%								
a/c	MATERIAL	CANT. SECO	V.ABS	DUS	DO	DUO	LAB.	UND.
0.70	CEMENTO	328.5714	0.1043	1.0000	328.5714	1.0000	7.606	Kg.
	AGUA	211.0170	0.2110	0.6422	217.4070	0.6617	5.0327	Lts.
	ARENA	906.9382	0.3462	2.7602	914.4658	2.7832	21.169	Kg.
	PIEDRA	849.9550	0.3195	2.5868	852.7599	2.5954	19.740	Kg.
	ADITIVO	6.0785	0.0055	0.0185	6.0785	0.0185	44.670	ML.

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 6.80 Diseño de mezcla de concreto para ensayo de resistencia (a/c=0.70 y aditivo = 2.20%)

Aditivo = 2.20%								
a/c	MATERIAL	CANT. SECO	V.ABS	DUS	DO	DUO	LAB.	UND.
0.70	CEMENTO	328.5714	0.1043	1.0000	328.5714	1.0000	7.606	Kg.
	AGUA	209.0660	0.2091	0.6363	215.3970	0.6556	4.9861	Lts.
	ARENA	906.9382	0.3462	2.7602	914.4658	2.7832	21.169	Kg.
	PIEDRA	849.9550	0.3195	2.5868	852.7599	2.5954	19.740	Kg.
	ADITIVO	7.2285	0.0065	0.0220	7.2285	0.0220	53.120	ML.

Fuente: Elaboración Propia



En base al Anexo 3 (Cuadro A3.14), se tiene el valor de la resistencia a la compresión a los 7 días, para cada porcentaje de variación del aditivo del concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo ( $a/c=0.70$ )

Cuadro 6.81 Resumen de Resistencia a la Compresión Promedio de ensayo por resistencia del concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo ( $a/c=0.70$ )

<b>a/c = 0.70</b>	
<b>%aditivo</b>	<b>Resistencia Promedio (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
1.50	212.512
1.85	206.634
2.20	196.189

Fuente: Elaboración Propia

Graficando Resistencia a la Compresión Vs. % Aditivo se obtiene:

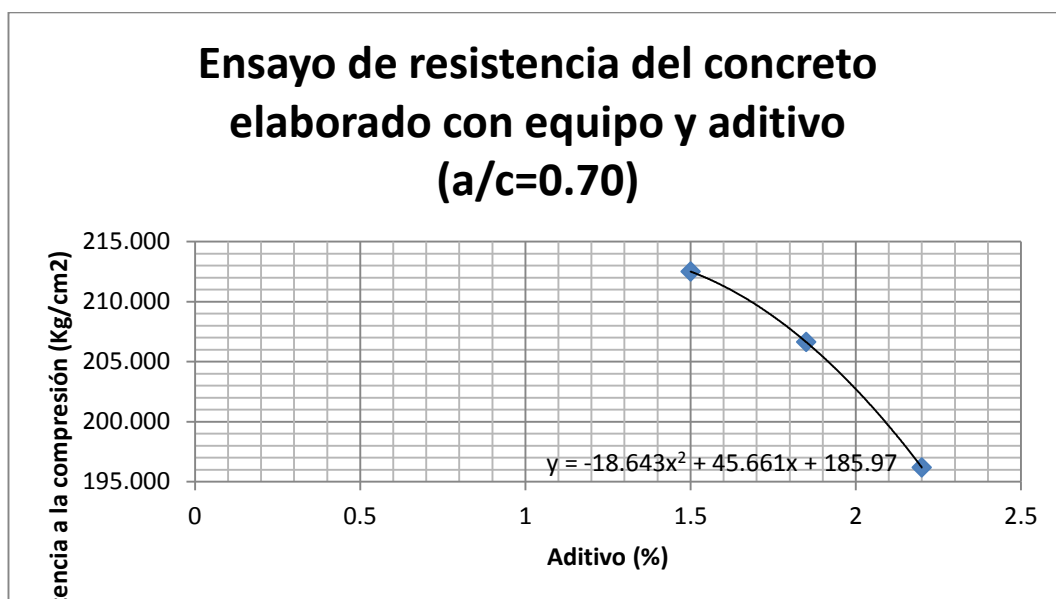


Figura 6.18 Determinación del % de aditivo del concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo ( $a/c=0.70$ )

Fuente: Elaboración Propia

En base a la figura 6.18, se tiene que el valor del Porcentaje de aditivo óptimo a emplear para el concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo ( $a/c=0.70$ ), es de 1.50%.

Finalmente se resumen los Porcentajes de Aditivos Óptimos para cada diseño de mezcla de concreto elaborado con equipo y aditivo.

Cuadro 6.82 Resumen de Porcentajes Óptimos de aditivo para el concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo

a/c	%aditivo
0.60	1.50
0.65	1.50
0.70	1.50

Fuente: Elaboración Propia

#### 6.3.4 Diseño de mezcla de concreto elaborado con equipo mecánico y Aditivo

Los diseños de mezcla del concreto elaborado con equipo y aditivo, se toman considerando el porcentaje de aditivo óptimo para cada relación agua/cemento.

##### **Diseños de mezcla del concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo (a/c=0.60)**

En base al porcentaje óptimo de aditivo (Cuadro 6.82), se escoge el Cuadro 6.70, como el diseño de mezcla del concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo (a/c=0.60).

##### **Diseños de mezcla del concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo (a/c=0.65)**

En base al porcentaje óptimo de aditivo (Cuadro 6.82), se escoge el Cuadro 6.74, como el diseño de mezcla del concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo (a/c=0.65).

##### **Diseños de mezcla del concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo (a/c=0.70)**

En base al porcentaje óptimo de aditivo (Cuadro 6.82), se escoge el Cuadro 6.78, como el diseño de mezcla del concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo (a/c=0.70).

## 6.4 Diseños de mezcla de concreto ensayado en suelo natural

El terreno natural empleado en la investigación se ubica en la parte trasera del Departamento Académico de Estructuras (DAE) (Ver Figura en Anexo Fotográfico, Gráfica A6.19).

Se lleva los valores del diseño de mezcla de concreto elaborado en equipo mecánico para cada relación agua /cemento al terreno natural, se sigue el procedimiento indicado en los anexos, se realiza el ensayo de asentamiento para cada mezcla. A continuación, se muestra los resultados de asentamiento para cada relación agua cemento, del concreto ensayado en suelo natural.

Cuadro 6.83 Asentamiento de los diseños de mezcla del concreto ensayado en suelo natural.

a/c	Asentamiento (Pulg.)
0.60	4
0.65	4
0.70	3 7/8

Fuente: Elaboración Propia

Por lo tanto, los valores de diseño del concreto elaborado en equipo mecánico son igual al diseño del concreto ensayado en suelo natural.

## 6.5 Tipos de mezclas.

### 6.5.1 Concreto Patrón (CP)

Se denomina concreto patrón (diseño de referencia) al diseño de mezcla de concreto elaborado en equipo mecánico (Según el Anexo A3.1), el detalle del equipo se muestra en el Capítulo 5, es así que se tiene:

Concreto patrón 1 (CP1): Concreto elaborado en equipo mecánico para a/c = 0.60. (Se toma el Cuadro 6.27)

Concreto patrón 2 (CP2): Concreto elaborado en equipo mecánico para a/c = 0.65 (Se toma el Cuadro 6.28)

Concreto patrón 3 (CP3): Concreto elaborado en equipo mecánico para a/c = 0.70 (Se toma el Cuadro 6.29)

### 6.5.2 Concreto en terreno natural (CT)

Se denomina concreto en terreno natural al diseño de mezcla de concreto ensayado en suelo natural (Según el Anexo A3.1), es así que se tiene:

Concreto en terreno natural 1 (CT1): Concreto elaborado en Suelo Natural para  $a/c = 0.60$  (Se toma el Cuadro 6.27)

Concreto en terreno natural 2 (CT2): Concreto elaborado en Suelo Natural para  $a/c = 0.65$  (Se toma el Cuadro 6.28)

Concreto en terreno natural 3 (CT3): Concreto elaborado en Suelo Natural para  $a/c = 0.70$  (Se toma el Cuadro 6.29)

### 6.5.3 Concreto Patrón con Aditivo (CPA)

Se denomina concreto patrón con aditivo al diseño de mezcla elaborado con equipo mecánico y aditivo (Según el Anexo A3.1), empleando el aditivo detallado en el Capítulo 5, es así que se tiene:

Concreto patrón 1 con aditivo (CPA1): Concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo para  $a/c = 0.60$ . (Se toma el Cuadro 6.70)

Concreto patrón 2 con aditivo (CPA2): Concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo para  $a/c = 0.65$ . (Se toma el Cuadro 6.74)

Concreto patrón 3 con aditivo (CPA3): Concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo para  $a/c = 0.70$ . (Se toma el Cuadro 6.78)

## **CAPÍTULO VII: ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO**

Cuando se tienen los diseños de mezcla de concreto se hace necesario controlar las propiedades del mismo, mediante una serie de ensayos normados, es así que se presentan los siguientes ensayos:

### **7.1 Propiedades del Concreto en Estado Fresco**

#### **7.1.1 Ensayo de Consistencia (ASTM C413, NTP 339.035):**

La consistencia se define como la capacidad de la mezcla de mantenerse homogénea de manera permanente en un lapso de tiempo definido. Esta propiedad se cuantifica con el ensayo de asentamiento, también llamado Slump, que es un método estandarizado tradicional que se mide empleando el Cono de Abrams y cuantifica la trabajabilidad del concreto en estado fresco. Se entiende por trabajabilidad del concreto a la mayor o menor dificultad para el mezclado, transporte, colocación y compactación del mismo. (En el Anexo % se detalla el procedimiento del ensayo de Consistencia)

#### **7.1.2 Ensayo de Peso Unitario (ASTM C138, NTP 339.046):**

El ensayo de peso unitario tiene como finalidad determinar el peso compactado del concreto fresco al ocupar un volumen unitario, se emplea para comprobar el rendimiento de las mezclas, el contenido de materiales en la mezcla y el contenido de aire. Además, sirve para dar una idea de la calidad del concreto y de su grado de compactación.

Los concretos en base al peso unitario se clasifican en: Concreto Livianos (cuyo peso unitario varía 400 – 1700 kg/m<sup>3</sup>), Concretos Normales (cuyo peso unitario varía 1700 – 2500 kg/m<sup>3</sup>), Concretos Pesados (cuyo peso unitario es superior a 2500 kg/m<sup>3</sup>). (En el Anexo 4 se detalla el procedimiento del ensayo de Peso Unitario)

#### **7.1.3 Ensayo de Exudación (ASTM C232, NTP 339.077):**

La exudación es un tipo de segregación del concreto, que consiste en que parte del agua de diseño se separa de la masa y fluye desde el interior de la mezcla hacia la superficie del concreto. Este efecto se produce de manera inevitable en

el concreto y en algunos casos disminuye o se logra anular la exudación con el uso de aditivos reductores de agua.

(En el Anexo 4 se detalla el procedimiento del ensayo de Exudación)

#### 7.1.4 Ensayo de Fluidez (NTP 339.085):

Es la capacidad que tiene el concreto para comportarse como un fluido bajo ciertas condiciones. Esta es una propiedad que se mide mediante la mesa de sacudidas, en dicha mesa se mide la extensión de la mezcla ensayada. (En el Anexo 4 se detalla el procedimiento del ensayo de Fluidez)

#### 7.1.5 Ensayo de Contenido de Aire (ASTM C138, NTP 339.083):

El contenido de aire presente en una mezcla de concreto condiciona la calidad de la misma. Conocer el contenido de aire en la mezcla nos permite mejorar la calidad del concreto.

Para este ensayo se emplea el método de presión, siendo este método de tipo neumático pudiéndose determinar a pie de obra o en laboratorio. Se aplica con mayor precisión cuando se tiene un agregado de naturaleza compacta; si se tiene agregados porosos no saturados se puede producir inexactitudes debido a la disminución en el volumen del aire dentro de las partículas bajo presión. Cuando se mantiene constante el agua de la mezcla con la inclusión del aire se incrementa el asentamiento. (En el Anexo 4 se detalla el procedimiento del ensayo de Contenido de aire)

#### 7.1.6 Ensayo de Tiempo de fraguado (ASTM C403, NTP 339.082):

Es la propiedad que representa el tiempo necesario para que el concreto fresco cambie su consistencia plástica y moldeable hacia una consistencia sólida e indeformable. Se ha dividido el tiempo de fraguado en dos periodos bien diferenciados.

##### Tiempo de Fragua Inicial (T.F.I)

El tiempo de fragua inicial establece el tiempo límite de vaciado. El tiempo de fraguado inicial se considera cuando la resistencia a la penetración alcanza el valor de  $500 \text{ lb/pulg.}^2$

### Tiempo de Fragua Final (T.F.F)

Se llama así al tiempo en que la mezcla de concreto perdió totalmente su capacidad de deformación, consecuencia del aumento de su resistencia. El tiempo de fraguado final se considera cuando la resistencia a la penetración alcanza el valor de  $4000 \text{ lb/pulg.}^2$

(En el Anexo 4 se detalla el procedimiento del ensayo de Tiempo de Fragua)

## 7.2 Resultados y comparación de Ensayos del Concreto en Estado Fresco

### 7.2.1 Ensayo de Consistencia:

En el Cuadro 7.01 se presenta los resultados de Consistencia para cada diseño de mezcla en estudio, en la Figura 7.01 se grafica los resultados de Consistencia, como se observa los asentamientos están comprendidos entre 3.8" – 4.2", condición planteada inicialmente.

Cuadro 7.01 Asentamiento de los diseños en estudio.

Diseños		Asentamiento (Pulg.)
Concreto patrón 1 (a/c=0.60)	CP1	4
Concreto patrón 2 (a/c=0.65)	CP2	4
Concreto patrón 3 (a/c=0.70)	CP3	4
Concreto en terreno natural 1 (a/c=0.60)	CT1	4
Concreto en terreno natural 2 (a/c=0.65)	CT2	4
Concreto en terreno natural 3 (a/c=0.70)	CT3	3 7/8
Concreto patrón 1 con aditivo (a/c=0.60)	CPA1	4
Concreto patrón 2 con aditivo (a/c=0.65)	CPA2	4
Concreto patrón 3 con aditivo (a/c=0.70)	CPA3	4 1/8

Fuente: Elaboración Propia

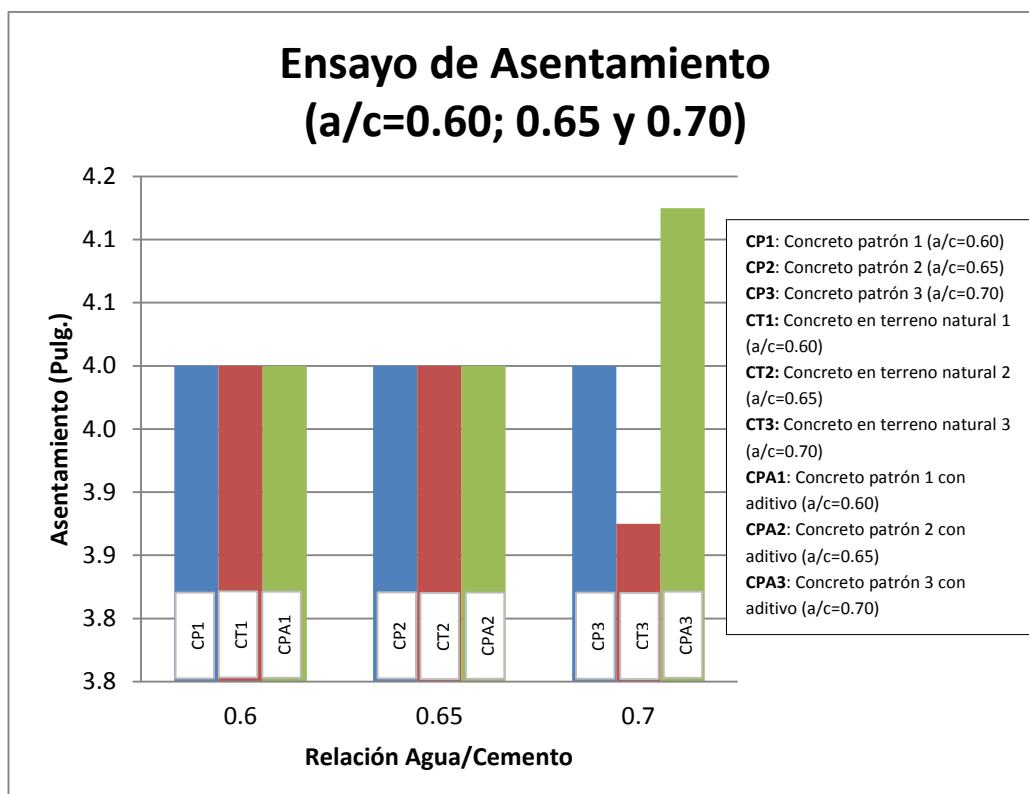


Figura 7.01 Comparación del asentamiento (a/c=0.60; 0.65 y 0.70)

Fuente: Elaboración Propia

### 7.2.2 Ensayo de Peso Unitario:

En el Cuadro 7.02 se presenta los resultados de Peso Unitario para cada diseño de mezcla en estudio, en la Figura 7.02 se grafica los resultados de la variación del Peso unitario respecto al concreto patrón.

Cuadro 7.02 Peso Unitario de los diseños en estudio

Diseños		Peso Unitario (kg/m <sup>3</sup> )
Concreto patrón 1 (a/c=0.60)	CP1	2422.34
Concreto patrón 2 (a/c=0.65)	CP2	2409.57
Concreto patrón 3 (a/c=0.70)	CP3	2393.62
Concreto en terreno natural 1 (a/c=0.60)	CT1	2403.19
Concreto en terreno natural 2 (a/c=0.65)	CT2	2401.06
Concreto en terreno natural 3 (a/c=0.70)	CT3	2396.81
Concreto patrón 1 con aditivo (a/c=0.60)	CPA1	2398.94
Concreto patrón 2 con aditivo (a/c=0.65)	CPA2	2376.60
Concreto patrón 3 con aditivo (a/c=0.70)	CPA3	2371.28

Fuente: Elaboración Propia



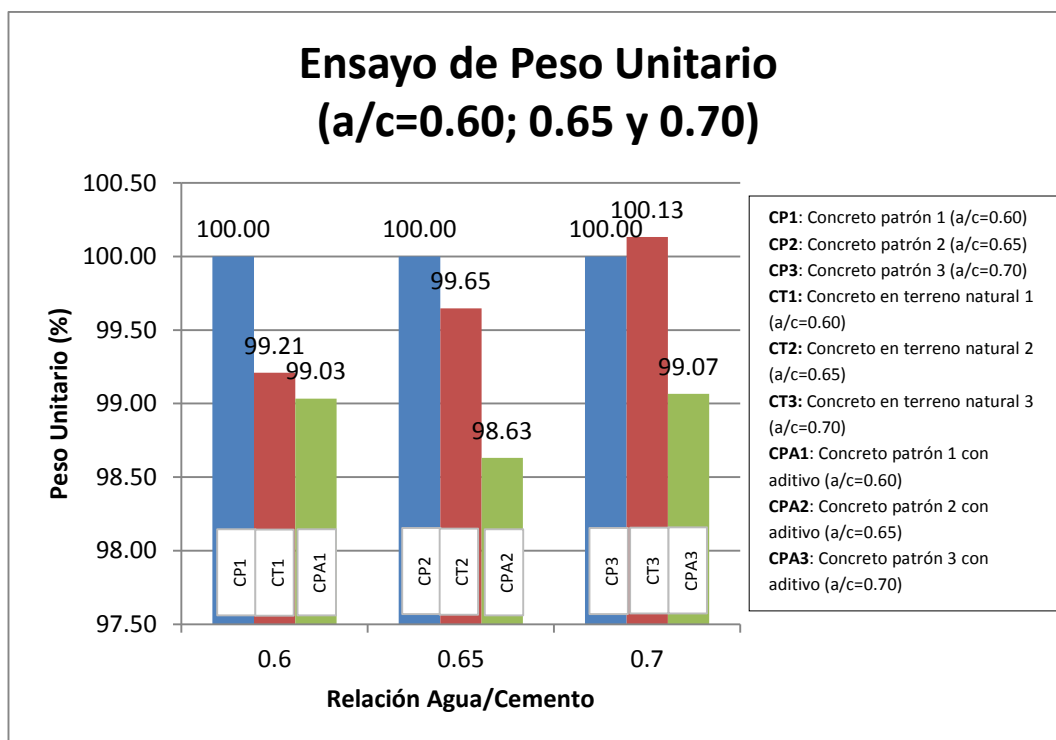


Figura 7.02 Comparación del ensayo de peso unitario (a/c=0.60; 0.65 y 0.70)

Fuente: Elaboración Propia

### 7.2.3 Ensayo de Exudación

En el Cuadro 7.03 se presenta los resultados de Exudación para cada diseño de mezcla en estudio, en la Figura 7.03 se grafica los resultados de la variación de la Exudación respecto al concreto patrón.

Cuadro 7.03 Exudación de los diseños en estudio

Diseños		Exudación (%)
Concreto patrón 1 (a/c=0.60)	CP1	1.75
Concreto patrón 2 (a/c=0.65)	CP2	1.48
Concreto patrón 3 (a/c=0.70)	CP3	1.39
Concreto en terreno natural 1 (a/c=0.60)	CT1	1.51
Concreto en terreno natural 2 (a/c=0.65)	CT2	1.24
Concreto en terreno natural 3 (a/c=0.70)	CT3	1.14
Concreto patrón 1 con aditivo (a/c=0.60)	CPA1	0.97
Concreto patrón 2 con aditivo (a/c=0.65)	CPA2	1.24
Concreto patrón 3 con aditivo (a/c=0.70)	CPA3	1.64

Fuente: Elaboración Propia

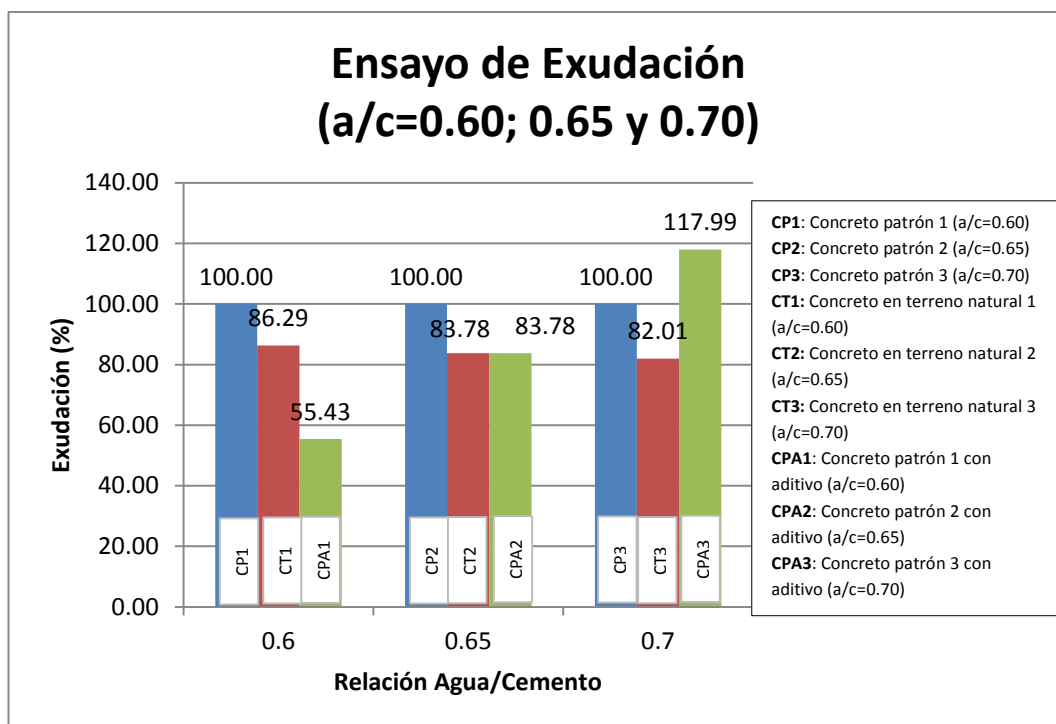


Figura 7.03 Comparación del ensayo de exudación (a/c=0.60; 0.65 y 0.70)

Fuente: Elaboración Propia

#### 7.2.4 Ensayo de Fluidez:

En el Cuadro 7.04 se presenta los resultados de Fluidez para cada diseño de mezcla en estudio, en la Figura 7.04 se grafica los resultados de la variación de la Fluidez respecto al concreto patrón.

Cuadro 7.04 Fluidez de los diseños en estudio

Diseños		Fluidez (cm)
Concreto patrón 1 (a/c=0.60)	CP1	46.00
Concreto patrón 2 (a/c=0.65)	CP2	49.00
Concreto patrón 3 (a/c=0.70)	CP3	51.10
Concreto en terreno natural 1 (a/c=0.60)	CT1	36.00
Concreto en terreno natural 2 (a/c=0.65)	CT2	41.75
Concreto en terreno natural 3 (a/c=0.70)	CT3	46.50
Concreto patrón 1 con aditivo (a/c=0.60)	CPA1	29.75
Concreto patrón 2 con aditivo (a/c=0.65)	CPA2	34.50
Concreto patrón 3 con aditivo (a/c=0.70)	CPA3	36.95

Fuente: Elaboración Propia

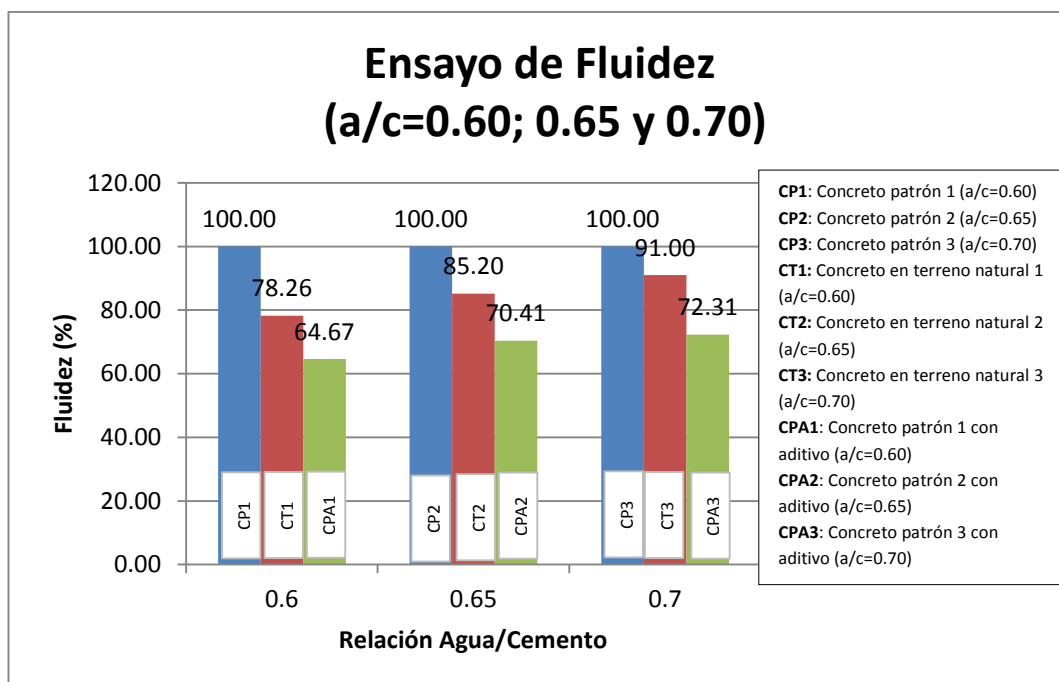


Figura 7.04 Comparación del ensayo de fluidez (a/c=0.60; 0.65 y 0.70)

Fuente: Elaboración Propia

### 7.2.5 Ensayo de Contenido de Aire

En el Cuadro 7.05 se presenta los resultados de Contenido de Aire para cada diseño de mezcla en estudio, en la Figura 7.05 se grafica los resultados de la variación del Contenido de Aire respecto al concreto patrón.

Cuadro 7.05 Contenido de aire de los diseños en estudio

Diseños		Contenido de Aire (%)
Concreto patrón 1 (a/c=0.60)	CP1	2.00
Concreto patrón 2 (a/c=0.65)	CP2	1.10
Concreto patrón 3 (a/c=0.70)	CP3	0.76
Concreto en terreno natural 1 (a/c=0.60)	CT1	1.90
Concreto en terreno natural 2 (a/c=0.65)	CT2	1.50
Concreto en terreno natural 3 (a/c=0.70)	CT3	0.95
Concreto patrón 1 con aditivo (a/c=0.60)	CPA1	1.50
Concreto patrón 2 con aditivo (a/c=0.65)	CPA2	1.25
Concreto patrón 3 con aditivo (a/c=0.70)	CPA3	1.00

Fuente: Elaboración Propia

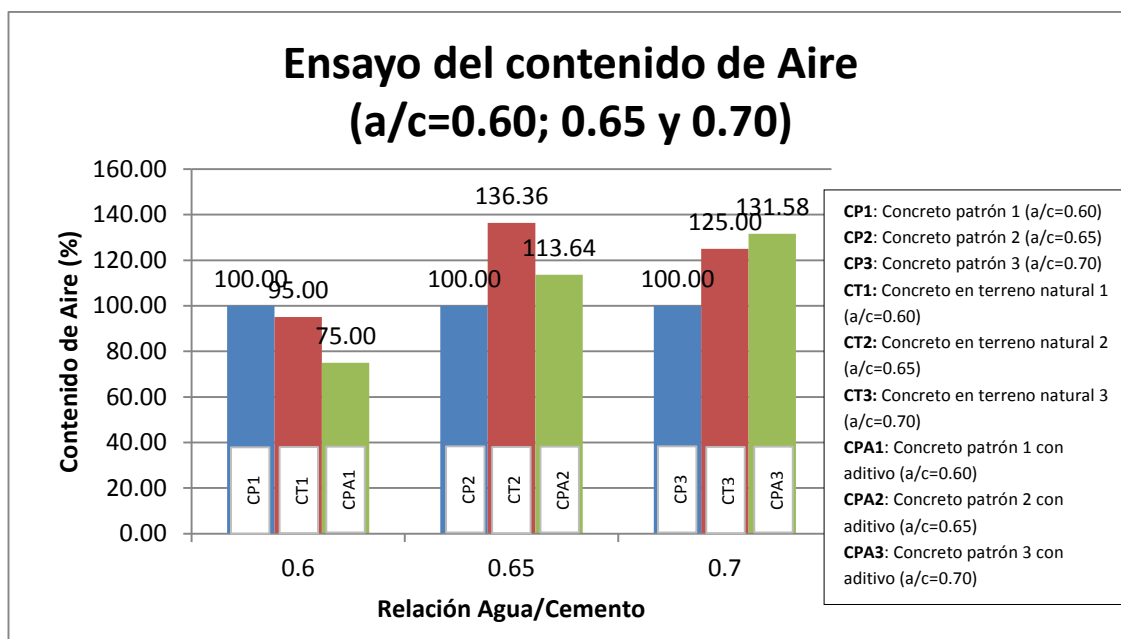


Figura 7.05 Comparación del ensayo de contenido de aire (a/c=0.60; 0.65 y 0.70)

Fuente: Elaboración Propia

### 7.2.6 Ensayo de Tiempo de Fragua

En el Cuadro 7.06 se presenta los resultados de Tiempo de Fragua Inicial y Final para cada diseño de mezcla en estudio, en la Figura 7.06 y 7.07 se grafica los resultados de la variación del Tiempo de Fragua Inicial respecto al concreto patrón y la variación del Tiempo de Fragua Final respecto al concreto patrón, respectivamente.

Cuadro 7.06 Tiempo de Fragua de los diseños en estudio

Diseños		TIEMPO DE FRAGUA	
		INICIAL	FINAL
Concreto patrón 1 (a/c=0.60)	CP1	04h:25min	05h:54min
Concreto patrón 2 (a/c=0.65)	CP2	04h:04min	05h:22min
Concreto patrón 3 (a/c=0.70)	CP3	04h:29min	05h:53min
Concreto en terreno natural 1 (a/c=0.60)	CT1	04h:09min	05h:27min
Concreto en terreno natural 2 (a/c=0.65)	CT2	03h:40min	05h:10min
Concreto en terreno natural 3 (a/c=0.70)	CT3	04h:50min	05h:38min
Concreto patrón 1 con aditivo (a/c=0.60)	CPA1	03h:35min	05h:08min
Concreto patrón 2 con aditivo (a/c=0.65)	CPA2	03h:44min	05h:04min
Concreto patrón 3 con aditivo (a/c=0.70)	CPA3	03h:33min	05h:08min

Fuente: Elaboración Propia

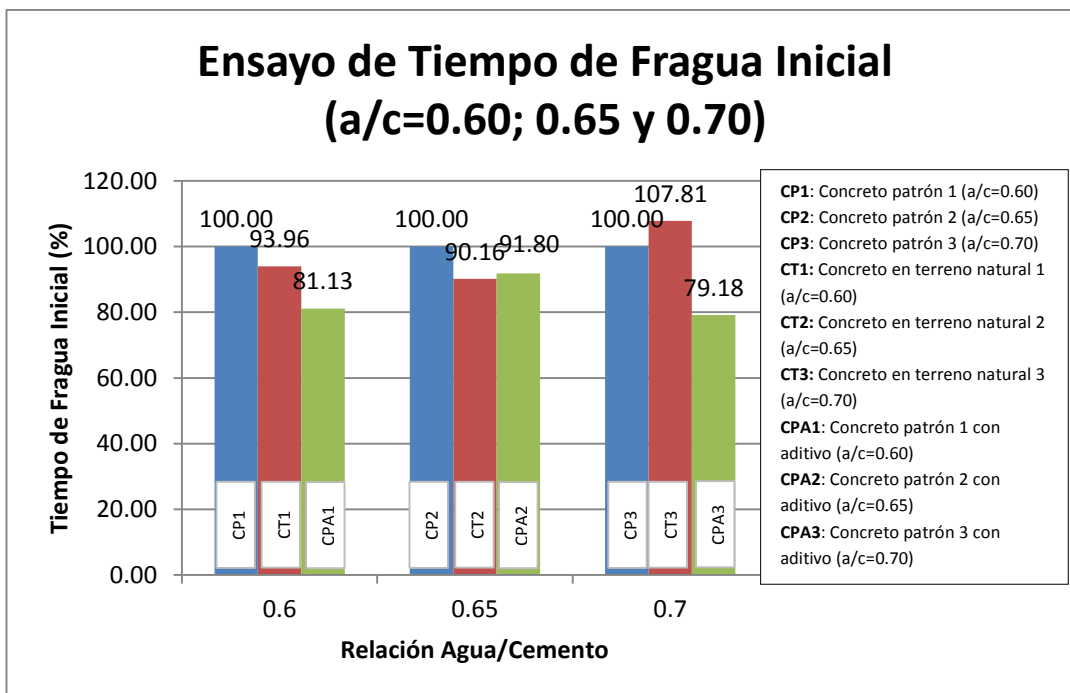


Figura 7.06 Comparación del ensayo de tiempo de fragua inicial (a/c=0.60; 0.65 y 0.70)

Fuente: Elaboración Propia

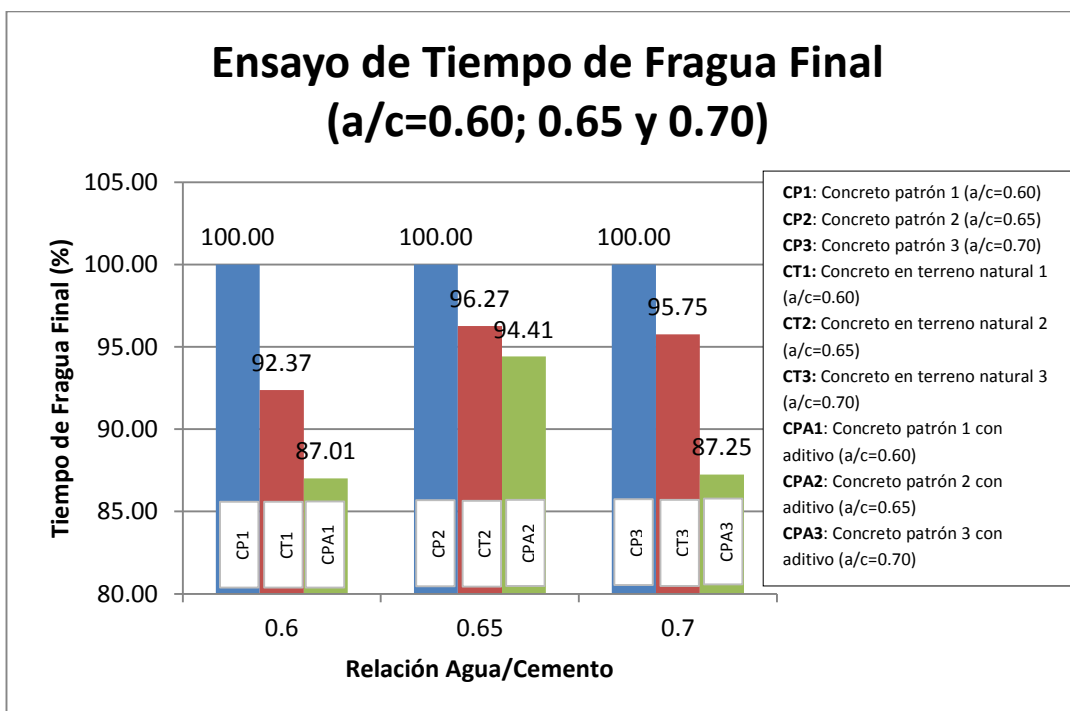


Figura 7.07 Comparación del ensayo de tiempo de fragua final (a/c=0.60; 0.65 y 0.70)

Fuente: Elaboración Propia

## **CAPÍTULO VIII: ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO**

Luego de controlar las propiedades del concreto en estado fresco, es necesario controlar también las propiedades en el estado endurecido, para ello se deja alcanzar la resistencia una cierta cantidad de días mediante un proceso de curado de probetas, posterior a los cuales se realiza los ensayos mencionados.

### **8.1 Propiedades del Concreto en Estado Endurecido**

#### **8.1.1 Ensayo de Resistencia a la Compresión (ASTM C3961, NTP 339.034):**

La resistencia mecánica del concreto frecuentemente se identifica con la resistencia a la compresión del mismo, los diversos elementos estructurales son diseñados con el fin de utilizar esta propiedad como un patrón de calidad del concreto.

La resistencia a la compresión es la capacidad de soportar cargas y esfuerzos del concreto, se cuantifica mediante la determinación de la carga axial máxima que produce rotura en la probeta de ensayo.

Según la teoría de Abrams (1918), la resistencia a la compresión es función de la relación agua/cemento en peso de la pasta del mortero, según Gilkey, Walker, Bloem, y Gaynor, la resistencia a la compresión se da en función de la relación agua/cemento, de la granulometría, del perfil, de la textura superficial, de la dureza del agregado, del tamaño máximo del agregado, etc.

Un factor no menos importante de la resistencia la constituye el curado, debido a que es el complemento del proceso de hidratación. Sin este no se desarrollarían completamente las características resistentes del concreto. (En el Anexo 5 se detalla el procedimiento del ensayo de Resistencia a la Compresión)

#### **8.1.2 Ensayo de Resistencia a la Tracción por compresión diametral (ASTM C496, NTP 339.084):**

Si bien es cierto que el concreto es un material que trabaja principalmente a compresión, también se debe considerar el comportamiento del concreto frente a la tracción, es por ello la importancia de este ensayo. En este ensayo se aplica la fuerza de compresión a lo largo de la probeta recostada, hasta la falla de la misma a lo largo de su diámetro. Al estar sometida la probeta a una carga

diametral, se generan esfuerzos de tracción en el plano de acción, y esfuerzos de compresión en el área donde la carga es aplicada. La falla de tracción ocurre antes de la falla de compresión. (En el Anexo 5 se detalla el procedimiento del ensayo de Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral)

### 8.1.3 Ensayo de Módulo Elástico Estático (ASTM C496):

El concreto es un material no elástico en su totalidad, pero al subdividir el diagrama esfuerzo-deformación se puede definir zonas de elasticidad explícita, en estas zonas de elasticidad es donde se define el Módulo Elástico Estático como la relación entre esfuerzo y deformación. Las deformaciones elásticas van acompañadas generalmente de deformaciones permanentes cuya magnitud varía de un caso a otro.

Para obtener el Módulo Elástico Estático, se somete una probeta a cargas que aumentan periódicamente, anotando valores de deformación. (En el Anexo 5 se detalla el procedimiento del ensayo de Módulo Elástico Estático)

## **8.2 Resultados y comparación de Ensayos del Concreto en Estado Endurecido**

### 8.2.1 Ensayo de Resistencia a la Compresión:

En el Cuadro 8.01 se presenta los resultados de Resistencia a la Compresión para cada diseño de mezcla en estudio, para 7, 14 y 28 días de curado; en la Figura 8.01, 8.02 y 8.03 se presentan la resistencia a la compresión para relaciones agua/cemento de 0.60, 0.65 y 0.70 respectivamente.

Cuadro 8.01 Resistencia a la Compresión de los diseños en estudio

Diseños		Tiempo (Días)	Resistencia a la compresión ( $kg/cm^2$ )
Concreto patrón 1 (a/c=0.60)	CP1	7	210.94
		14	230.90
		28	245.41
Concreto patrón 2 (a/c=0.65)	CP2	7	202.47
		14	213.76
		28	241.87
Concreto patrón 3 (a/c=0.70)	CP3	7	191.33
		14	212.69
		28	223.87
Concreto en terreno natural 1 (a/c=0.60)	CT1	7	194.26
		14	211.92
		28	227.88
Concreto en terreno natural 2 (a/c=0.65)	CT2	7	187.73
		14	198.77
		28	225.88
Concreto en terreno natural 3 (a/c=0.70)	CT3	7	180.02
		14	196.41
		28	207.78
Concreto patrón 1 con aditivo (a/c=0.60)	CPA1	7	250.76
		14	274.17
		28	284.22
Concreto patrón 2 con aditivo (a/c=0.65)	CPA2	7	219.49
		14	239.11
		28	268.40
Concreto patrón 3 con aditivo (a/c=0.70)	CPA3	7	210.64
		14	223.64
		28	242.87

Fuente: Elaboración Propia



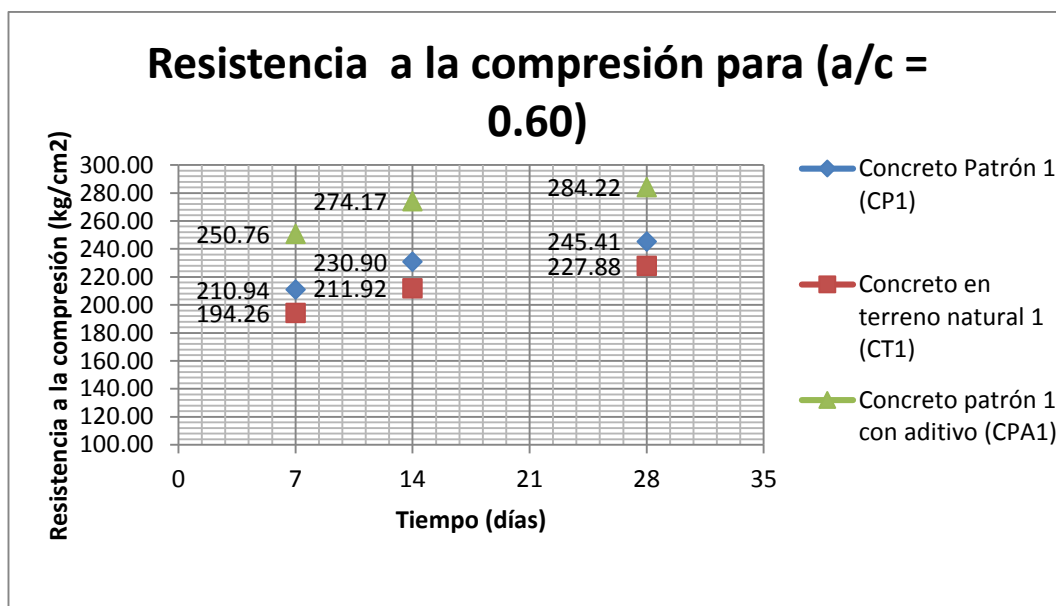


Figura 8.01 Resistencia a la compresión (a/c=0.60) para 7, 14 y 28 días

Fuente: Elaboración Propia

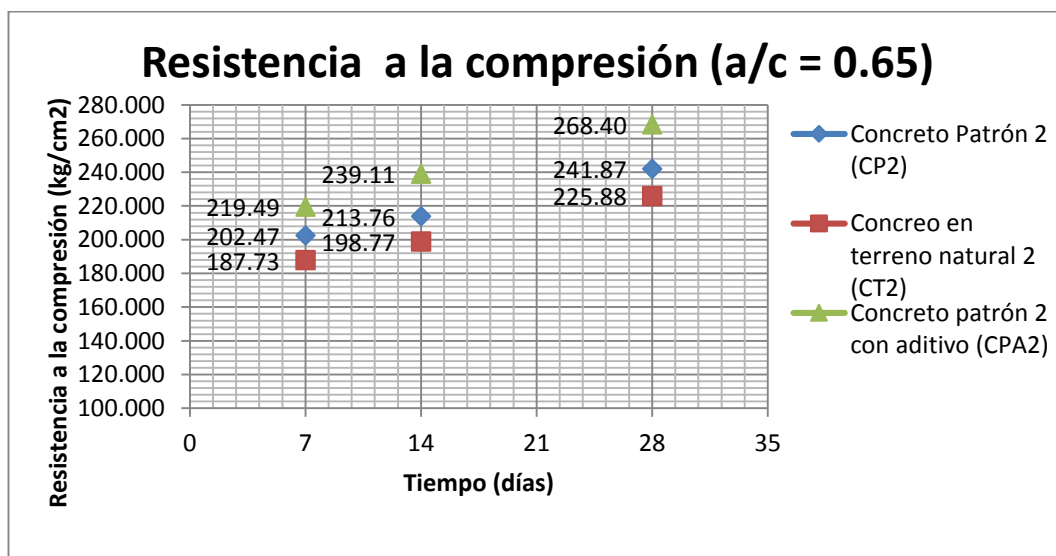


Figura 8.02 Resistencia a la compresión (a/c=0.65) para 7, 14 y 28 días

Fuente: Elaboración Propia

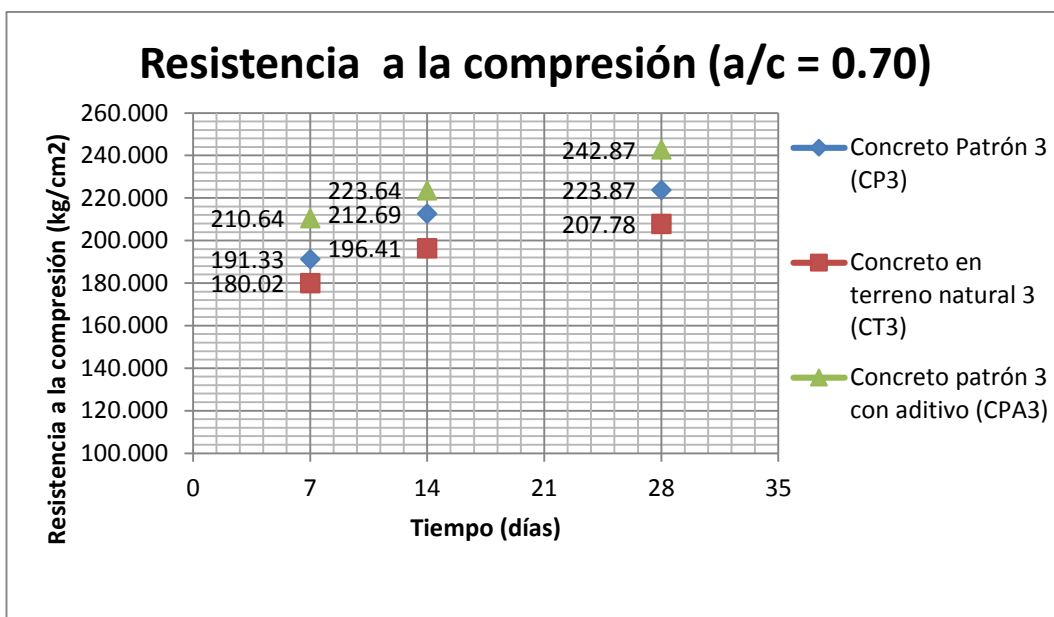


Figura 8.03 Resistencia a la compresión (a/c=0.70) para 7, 14 y 28 días

Fuente: Elaboración Propia

En las Figuras 8.04, 8.05 y 8.06 se presentan las comparaciones de la resistencia a la compresión respecto al concreto patrón, para los 7, 14 y 28 días.

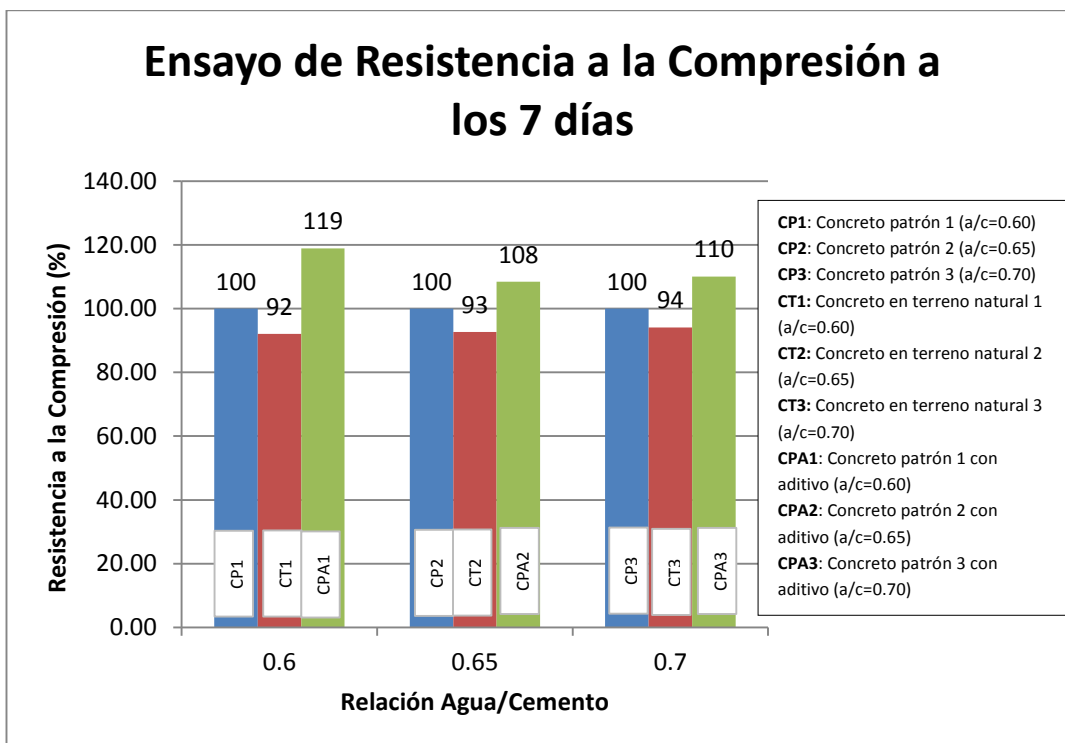


Figura 8.04 Comparación de Resistencia a la Compresión a los 7 días

Fuente: Elaboración Propia

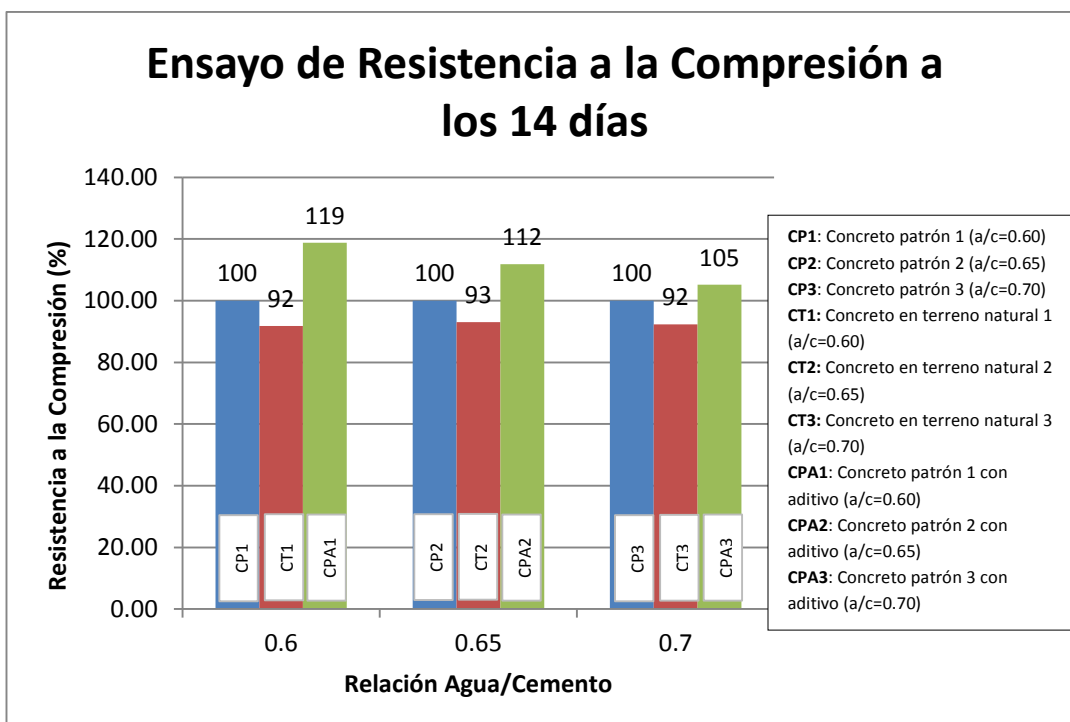


Figura 8.05 Comparación de Resistencia a la Compresión a los 14 días

Fuente: Elaboración Propia

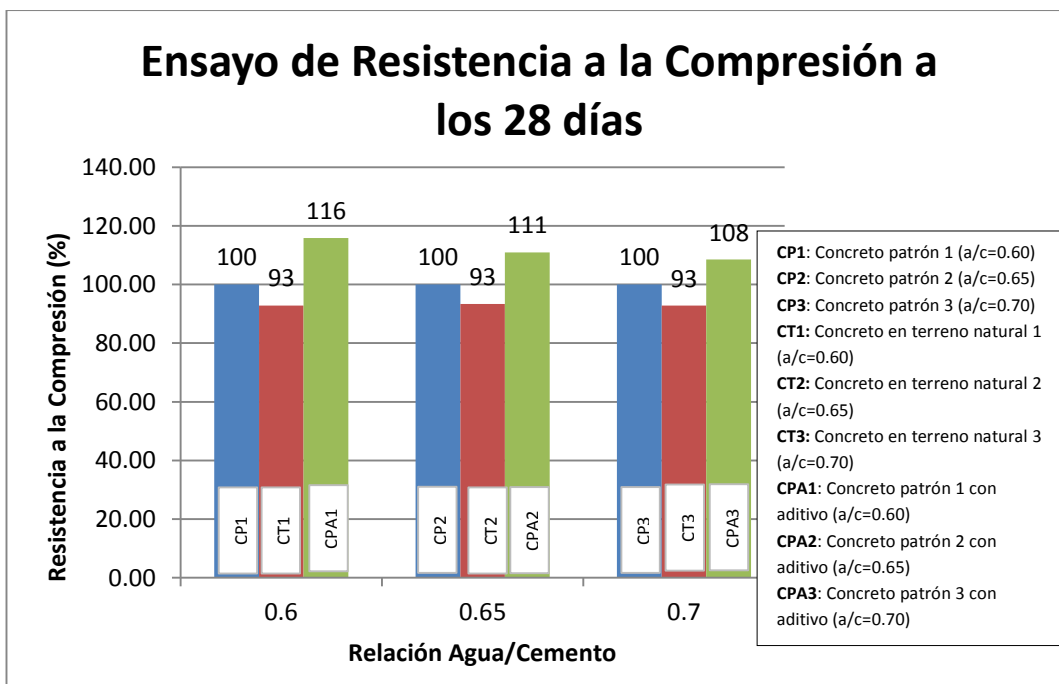


Figura 8.06 Comparación de Resistencia a la Compresión a los 28 días

Fuente: Elaboración Propia

En las Figuras 8.07, 8.08 y 8.09 se presentan las comparaciones de la resistencia a la compresión de cada mezcla respecto al concreto a los 28 días.

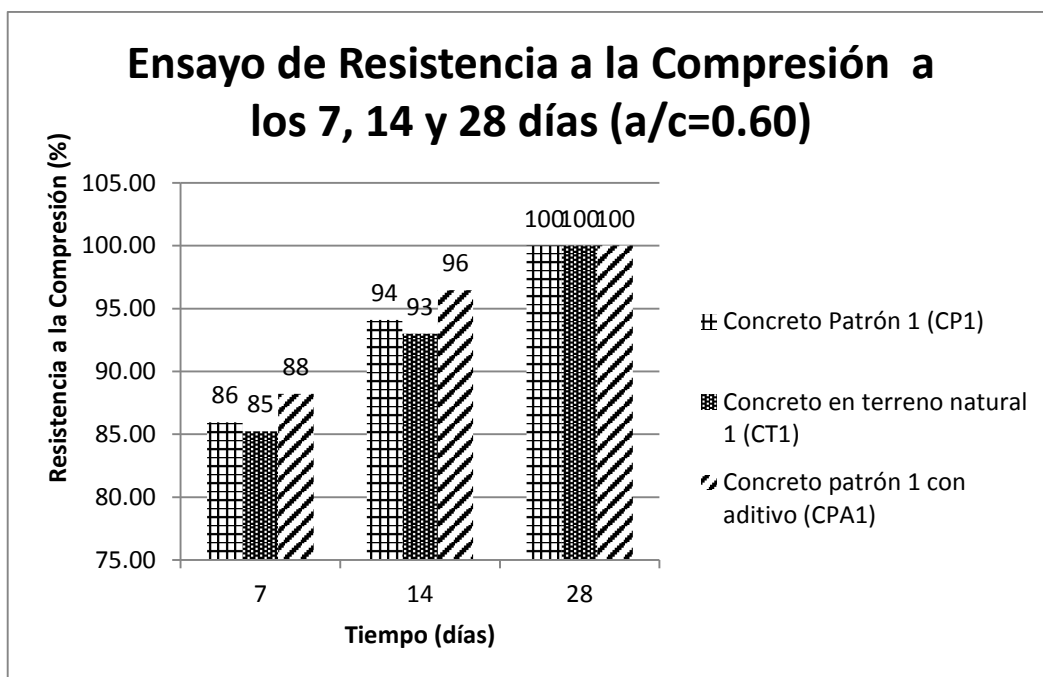


Figura 8.07 Comparación de Resistencia a la Compresión a los 7, 14 y 28 días (a/c=0.60)

Fuente: Elaboración Propia

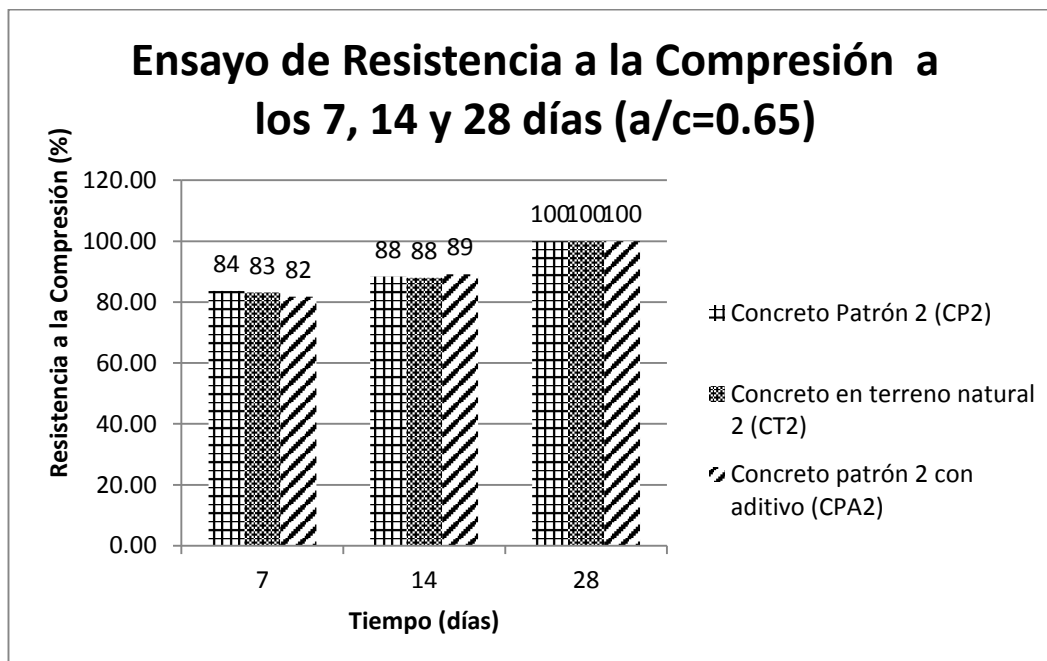


Figura 8.08 Comparación de Resistencia a la Compresión a los 7, 14 y 28 días (a/c=0.65)

Fuente: Elaboración Propia

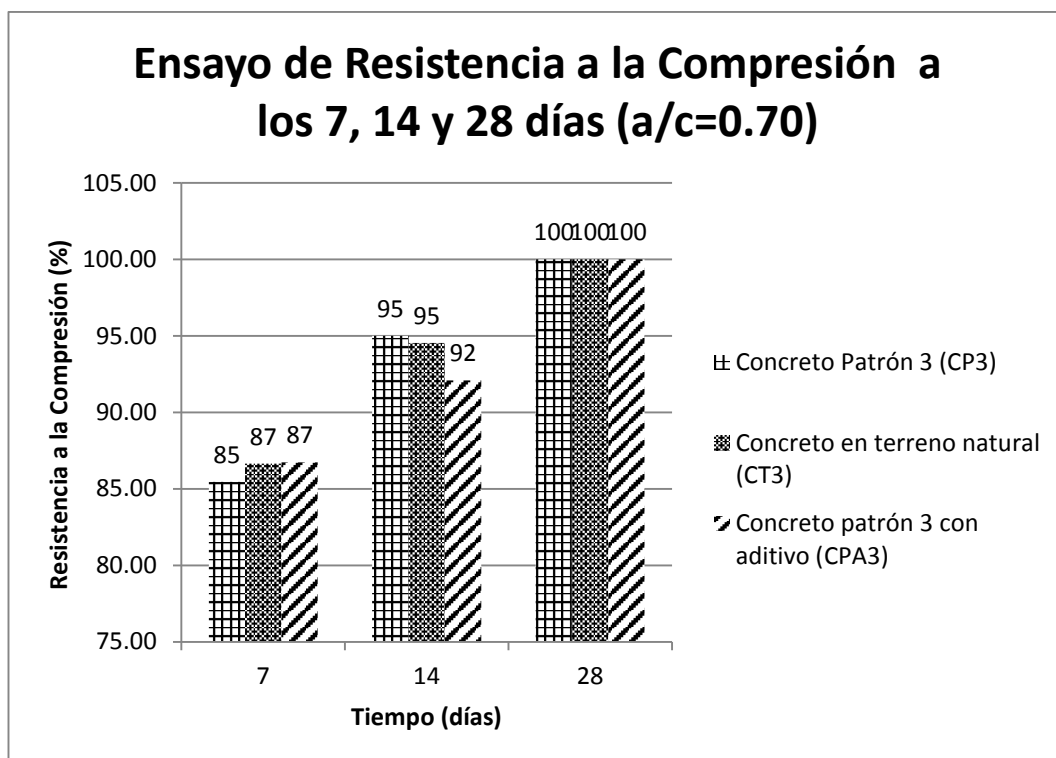


Figura 8.09 Comparación de Resistencia a la Compresión a los 7, 14 y 28 días (a/c=0.70)

Fuente: Elaboración Propia

### 8.2.2 Ensayo de Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral:

En el Cuadro 8.02 se presenta los resultados de Resistencia a la Tracción para cada diseño de mezcla en estudio, todos tomados a los 28 días; en la Figura 8.10 se presenta la variación de la resistencia a la tracción con respecto al concreto patrón.

Cuadro 8.02 Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral de los diseños en estudio

Diseños	Diseños	Tiempo (Días)	Resistencia a la Tracción (kg/cm <sup>2</sup> )
Concreto patrón 1 (a/c=0.60)	CP1	28	26.85
Concreto patrón 2 (a/c=0.65)	CP2	28	24.85
Concreto patrón 3 (a/c=0.70)	CP3	28	23.65
Concreto en terreno natural 1 (a/c=0.60)	CT1	28	24.36
Concreto en terreno natural 2 (a/c=0.65)	CT2	28	22.14
Concreto en terreno natural 3 (a/c=0.70)	CT3	28	21.54
Concreto patrón 1 con aditivo (a/c=0.60)	CPA1	28	29.12
Concreto patrón 2 con aditivo (a/c=0.65)	CPA2	28	26.14
Concreto patrón 3 con aditivo (a/c=0.70)	CPA3	28	25.03

Fuente: Elaboración Propia

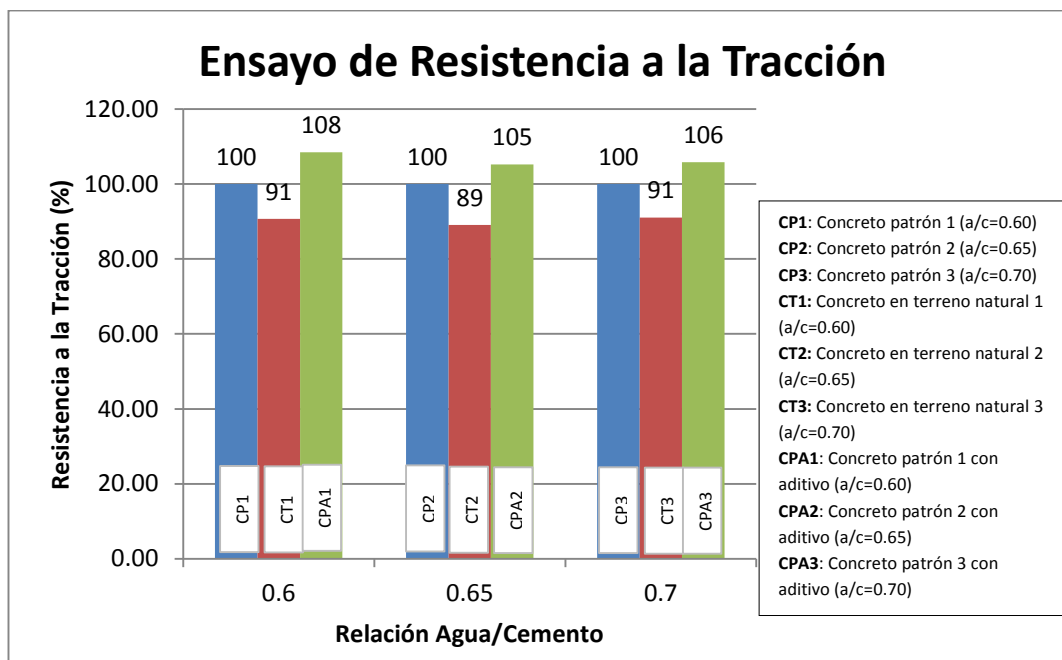


Figura 8.10 Comparación del ensayo de resistencia a la tracción ( $a/c = 0.60, 0.65$  y  $0.70$ )

Fuente: Elaboración Propia

### 8.2.3 Ensayo de Módulo Elástico Estático:

En el Cuadro 8.03 se presenta los resultados de Módulo Elástico para cada diseño de mezcla en estudio, todos tomados a los 28 días; en la Figura 8.11 se presenta la variación del Módulo Elástico Estático con respecto al concreto patrón.

Cuadro 8.03 Módulo Elástico Estático de los diseños en estudio

Diseños		MÓDULO ELÁSTICO ( $kg/cm^2$ )
Concreto patrón 1 ( $a/c=0.60$ )	CP1	161030.6
Concreto patrón 2 ( $a/c=0.65$ )	CP2	160000.0
Concreto patrón 3 ( $a/c=0.70$ )	CP3	160513.6
Concreto en terreno natural 1 ( $a/c=0.60$ )	CT1	163666.1
Concreto en terreno natural 2 ( $a/c=0.65$ )	CT2	166389.4
Concreto en terreno natural 3 ( $a/c=0.70$ )	CT3	162866.4
Concreto patrón 1 con aditivo ( $a/c=0.60$ )	CPA1	154798.8
Concreto patrón 2 con aditivo ( $a/c=0.65$ )	CPA2	161290.3
Concreto patrón 3 con aditivo ( $a/c=0.70$ )	CPA3	159744.4

Fuente: Elaboración Propia

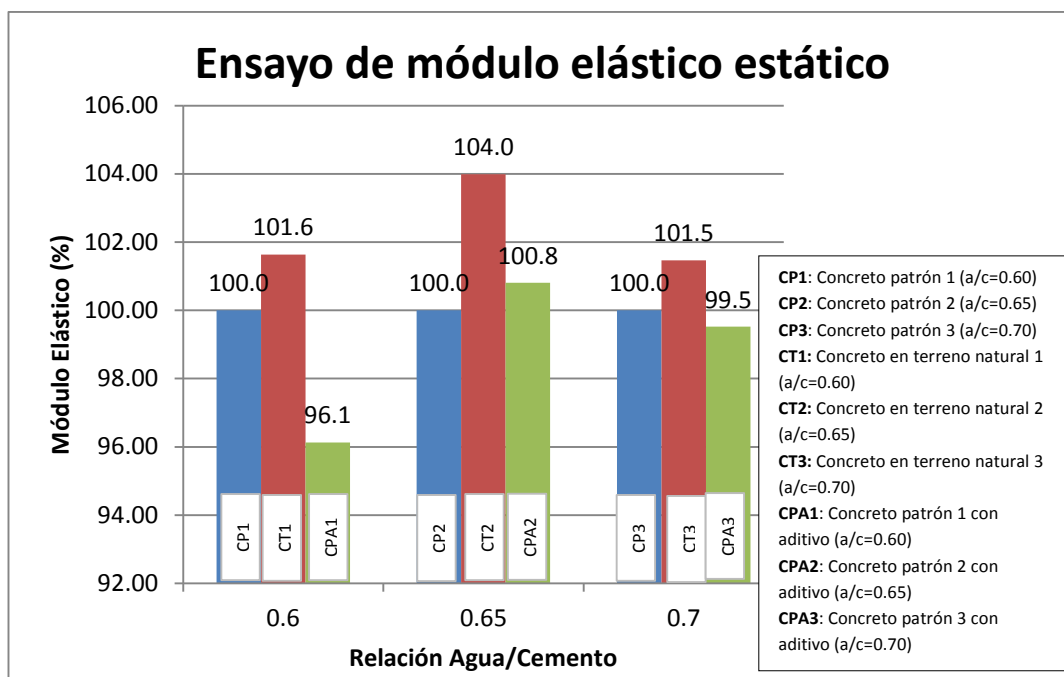


Figura 8.11 Comparación del ensayo de módulo elástico (a/c = 0.60, 0.65 y 0.70)

Fuente: Elaboración Propia

## CAPÍTULO IX: ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 9.1 Generalidades

La presente tesis tiene como objetivo estudiar las propiedades del concreto de mediana a baja resistencia elaborado de tres maneras distintas: elaborado en terreno natural, en equipo y en equipo con aditivo. Las propiedades a estudiar serán tanto en estado fresco como endurecido.

Los materiales utilizados en la presente tesis son:

Cemento Portland Tipo I marca sol

Agregado grueso de cantera "Unicon"

Agregado fino de cantera "Trapiche"

Aditivo tipo plastificante de marca Chema Plast (1.50%)

Para la presente tesis se desarrolló una serie de ensayos:

Para el agregado (fino y grueso) se realizó ensayos en el laboratorio.

Para determinar el concreto patrón, se tuvo que realizar la prueba de agua para cada relación agua/cemento, luego se realizó la prueba de resistencia del agregado a los 7 días.

Para determinar el concreto patrón con aditivo, se tuvo que hacer la prueba de agua al concreto patrón para cada relación agua/cemento, luego se realizó la prueba de resistencia del aditivo a los 7 días.

Se realizó la preparación de mezcla de las tres maneras distintas: en terreno natural, en equipo, y en equipo con aditivo.

A cada mezcla se realizó los siguientes ensayos del concreto en estado fresco: Consistencia, Peso Unitario, Fluidéz, Contenido de Aire, Tiempo de Fragua y Exudación.

A cada mezcla se realizó los siguientes ensayos del concreto en estado endurecido: Resistencia a la Compresión, Resistencia a la Tracción y Módulo de Elasticidad Estático.



Todos estos ensayos se realizaron en el Laboratorio de Ensayos de Materiales (L.E.M) de la Universidad Nacional de Ingeniería.

## **9.2 Agregados**

### **9.2.1 Agregado Fino:**

El agregado fino empleado para la presente tesis proviene de la cantera “Trapiche”, ésta última cumple con la norma NTP 400.012. De acuerdo a las gráficas A1.4, A1.5 y A1.6 el agregado fino se encuentra en los límites establecidos por la norma NTP 400.037, comprendido dentro de la gradación Media (M). Un análisis visual de las curvas nos permite ver el tendido adecuado de la curva, lo cual indica que el agregado es bueno. El módulo de fineza para cada muestra de agregado fino es de 3.25, 2.96 y 3.22 respectivamente, siendo el promedio 3.14, el cual se encuentra dentro de los límites esperados.

### **9.2.2 Agregado Grueso:**

El agregado grueso empleado para la presente tesis proviene de la cantera “UNICON”, ésta última cumple con la norma NTP 400.012. De acuerdo a las gráficas A1.1, A1.2 y A1.3 el agregado grueso se encuentra en los límites establecidos por la norma NTP 400.037, comprendido dentro de las curvas NTO 1” – 3/8”. El módulo de fineza para cada muestra de agregado grueso es de 7.52, 7.55 y 7.43 respectivamente, siendo el promedio 7.50, lo cual nos indica un adecuado comportamiento del agregado grueso.

### **9.2.3 Agregado Global:**

Se conoce como agregado global a la combinación de los agregados fino y grueso, los ensayos de combinación generan una curva de PUC y %agregado fino, donde se tiene 48% de agregado grueso y 52% de agregado fino, donde se alcanza el mayor peso unitario compactado (PUC), estos porcentajes de agregados son un indicativo para el diseño de mezcla, este aún no es el definitivo, ya que falta la participación de los otros materiales que componen el concreto. Se realiza muestras de agregado global con el porcentaje de participación de los agregados ya determinada, las curvas cumplen con la norma NTP 400.037, lo cual indica que la calidad de la combinación de los agregados es adecuada, el módulo de finura promedio del agregado global es de 5.23.

### 9.3 Aditivo Chemaplast

En los ensayos con el aditivo CHEMAPLAST se pudo observar lo siguiente:

- La incorporación del aditivo, en un porcentaje de ensayo, como es de esperarse, reduce la cantidad de agua de mezcla:

Para la relación  $a/c=0.60$ , el porcentaje de aditivo óptimo es 1.5% y la reducción de agua es de 7.33% respecto al concreto patrón 1 (CP1).

Para la relación  $a/c=0.65$ , el porcentaje de aditivo óptimo es 1.5% y la reducción de agua es de 7.00% respecto al concreto patrón 1 (CP1).

Para la relación  $a/c=0.70$ , el porcentaje de aditivo óptimo es 1.5% y la reducción de agua es de 6.62% respecto al concreto patrón 1 (CP1).

Se observa que a mayor  $a/c$ , menor es la reducción de agua.

- La incorporación del aditivo disminuye ligeramente el Peso Unitario de la mezcla, siendo la mayor variación de 1.4% respecto al concreto patrón para la relación agua/cemento = 0.65.

- La incorporación del aditivo genera para  $a/c = 0.60$  y  $0.65$ , reducción en la exudación, siendo la mayor variación de 44.57% (cuando  $a/c=0.60$ ); caso distinto cuando  $a/c=0.70$ , la exudación aumenta en 18% respecto al concreto patrón.

- El aditivo genera que la fluidez del concreto disminuya, mientras mayor es la relación  $a/c$ , menor es la reducción, siendo la variación menor de 28%.

- El contenido de aire para  $a/c=0.60$ , disminuye; mientras que para  $a/c=0.65$  y  $0.70$ , aumenta ligeramente, siendo el mayor aumento de 31.6% respecto al concreto patrón. El tiempo de fragua inicial y final disminuye, ante la incorporación del aditivo.

- Al reducir la cantidad del agua, el aditivo genera incrementos en la resistencia a la compresión, resistencia a la tracción diametral, caso contrario como el módulo elástico que se reduce casi imperceptible.

## 9.4 Diseño del concreto

### 9.4.1 Diseño del concreto elaborado con equipo mecánico (Concreto Patrón)

Concreto patrón 1 (CP1):

Es el concreto elaborado con equipo mecánico para  $a/c=0.60$ .

En el gráfico 6.1, se obtiene que el agua patrón (que arroja un asentamiento de 4") para la relación  $a/c=0.60$  es 237.8 lts por  $m^3$  de concreto. Del gráfico 6.4, se obtiene que la óptima participación de los agregados es 52% de agregado fino y 48% de agregado grueso. Finalmente, todo el diseño CP1 se presenta en el Cuadro 6.27.

Concreto patrón 2 (CP2):

Es el concreto elaborado con equipo mecánico para  $a/c=0.65$ .

En el gráfico 6.2, se obtiene que el agua patrón (que arroja un asentamiento de 4") para la relación  $a/c=0.65$  es 235.3 lts por  $m^3$  de concreto. Del gráfico 6.4, se obtiene que la óptima participación de los agregados es 52.2% de agregado fino y 47.8% de agregado grueso. Finalmente, todo el diseño CP2 se presenta en el Cuadro 6.28.

Concreto patrón 3 (CP3):

Es el concreto elaborado con equipo mecánico para  $a/c=0.70$ .

En el gráfico 6.3, se obtiene que el agua patrón (que arroja un asentamiento de 4") para la relación  $a/c=0.70$  es 230.0 lts por  $m^3$  de concreto. Del gráfico 6.4, se obtiene que la óptima participación de los agregados es 52% de agregado fino y 48% de agregado grueso. Finalmente, todo el diseño CP3 se presenta en el Cuadro 6.29.

### 9.4.2 Diseño del concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo (Concreto Patrón con aditivo)

Concreto patrón 1 con aditivo (CPA1):

Es el concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo para  $a/c=0.60$ .

En el cuadro 6.43, se obtiene la reducción de agua para cada porcentaje de aditivo (que arroja un asentamiento de 4"). De la figura 6.16 se obtiene el porcentaje de 1.50% como la cantidad de aditivo óptimo para la relación  $a/c=0.60$ , entonces la reducción de agua final para la relación  $a/c=0.60$  y 1.50% de aditivo es de 7.33% por  $m^3$  de concreto.

Concreto patrón 2 con aditivo (CPA2):

Es el concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo para  $a/c=0.65$ .

En el cuadro 6.56, se obtiene la reducción de agua para cada porcentaje de aditivo (que arroja un asentamiento de 4"). De la figura 6.17 se obtiene el porcentaje de 1.50% como la cantidad de aditivo óptimo para la relación  $a/c=0.65$ , entonces la reducción de agua final para la relación  $a/c=0.65$  y 1.50% de aditivo es de 7.00% por  $m^3$  de concreto.

Concreto patrón 3 con aditivo (CPA3):

Es el concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo para  $a/c=0.70$ .

En el cuadro 6.69, se obtiene la reducción de agua para cada porcentaje de aditivo (que arroja un asentamiento de 4"). De la figura 6.16 se obtiene el porcentaje de 1.50% como la cantidad de aditivo óptimo para la relación  $a/c=0.70$ , entonces la reducción de agua final para la relación  $a/c=0.70$  y 1.50% de aditivo es de 6.62% por  $m^3$  de concreto.

### **9.4.3 Diseño del concreto elaborado en suelo natural (Concreto en terreno natural)**

Concreto en terreno natural 1 (CT1):

Es el concreto elaborado en suelo natural para  $a/c=0.60$ .

El diseño de concreto patrón 1 (CP1) mezclado en el suelo natural genera de acuerdo al cuadro 6.83 un asentamiento de 4", por lo tanto, el mismo diseño se usa como Concreto en terreno natural 1 (CT1)

Concreto en terreno natural 2 (CT2):

Es el concreto elaborado en suelo natural para  $a/c=0.65$ .

El diseño de concreto patrón 2 (CP2) mezclado en el suelo natural genera de acuerdo al cuadro 6.83 un asentamiento de 4", por lo tanto, el mismo diseño se usa como Concreto en terreno natural 2 (CT2)

Concreto en terreno natural 3 (CT3):

Es el concreto elaborado en suelo natural para  $a/c=0.70$ .

El diseño de concreto patrón 3 (CP3) mezclado en el suelo natural genera de acuerdo al cuadro 6.83 un asentamiento de 3 7/8", por lo tanto, el mismo diseño se usa como Concreto en terreno natural 3 (CT3)

## 9.5 Ensayos del concreto en estado fresco

### 9.5.1 Consistencia:

En la figura 7.01, se aprecia que los asentamientos medidos en el cono de Abrams, se encuentran cercanos a 4", lo cual asegura una adecuada trabajabilidad del concreto en estado fresco.

El mayor valor de asentamiento presentado es 4 1/8" para el concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo con  $a/c=0.70$  (CPA3); y el menor valor es de 3 7/8" para el concreto elaborado en terreno natural con  $a/c=0.70$  (CT3). La máxima variación de asentamiento respecto a 4" es de 1/8", por lo tanto, se considera un asentamiento aceptable.

### 9.5.2 Peso Unitario:

En el cuadro 7.02, se muestran los resultados del peso unitario del concreto en estado fresco, el máximo valor es 2422.34 kg/m<sup>3</sup> y el mínimo es 2371.28 kg/m<sup>3</sup>, se observa que los valores de peso unitario comprenden el rango de concretos normales (1700 – 2500 kg/m<sup>3</sup>).

En la figura 7.02, se muestra la variación del peso unitario respecto al concreto patrón para cada  $a/c$ . Se aprecia que la incorporación de aditivo, genera una ligera disminución en el peso unitario del concreto, siendo el mayor valor disminuido 98.63% para  $a/c=0.65$ . Se aprecia que el concreto elaborado en terreno natural presenta menor peso unitario respecto al patrón, solo cuando  $a/c=0.60$  y 0.65, siendo el mayor valor disminuido 99.26% para  $a/c=0.60$ ; en

cambio cuando  $a/c=0.70$  el peso unitario del concreto aumenta respecto al patrón hasta un 100.13%.

### 9.5.3 Exudación:

En el cuadro 7.03, se muestran los resultados de la exudación para el concreto en estado fresco, siendo el mayor valor de 1.75, para el concreto elaborado con equipo mecánico para  $a/c=0.60$  (CP1); el mínimo valor es 0.97, para el concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo para  $a/c=0.60$  (CPA1). La variación entre estos valores es de 0.78%.

En la figura 7.03, se muestra la variación de la exudación respecto al concreto patrón para cada  $a/c$ .

La incorporación de aditivo en el concreto genera disminución en la exudación para  $a/c=0.60$  y 0.65, siendo el máximo valor disminuido de 55.43% cuando  $a/c=0.60$ ; en cambio cuando  $a/c=0.70$  la incorporación del aditivo genera el aumento en la exudación del concreto hasta 117.99%. Muy aparte a la comparación con el concreto patrón, a mayor relación  $a/c$ , el valor de la exudación aumenta.

El concreto elaborado en terreno natural presenta menor exudación respecto al concreto patrón, siendo el mínimo valor disminuido de 86.29% cuando  $a/c=0.60$  y el máximo valor disminuido 82.01% cuando  $a/c=0.70$ ; muy aparte a la comparación con el concreto patrón, a mayor relación  $a/c$ , el valor de la exudación disminuye ligeramente.

### 9.5.4 Fluidez:

En el cuadro 7.04, se muestran los resultados de fluidez para el concreto en estado fresco, siendo el mayor valor de 51 cm, para el concreto elaborado con equipo mecánico para  $a/c=0.70$  (CP3); el mínimo valor es 29.75 cm, para el concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo para  $a/c=0.60$  (CPA1). La variación entre estos valores es de 21.25 cm.

En la figura 7.04, se muestra la variación de la fluidez respecto al concreto patrón para cada  $a/c$ .

La incorporación de aditivo en el concreto genera disminución en la fluidez, siendo el máximo valor disminuido de 64.67% para  $a/c=0.60$  y el mínimo valor disminuido de 72.31% para  $a/c=0.70$ . Muy aparte a la comparación con el concreto patrón, a mayor relación  $a/c$ , el valor de la fluidez aumenta.

El concreto elaborado en terreno natural presenta menor exudación respecto al concreto patrón, siendo el mínimo valor disminuido de 78.26% cuando  $a/c=0.60$  y el máximo valor disminuido 91% cuando  $a/c=0.70$ ; muy aparte a la comparación con el concreto patrón, a mayor relación  $a/c$ , el valor de la fluidez aumenta ligeramente.

### 9.5.5 Contenido de aire:

En el cuadro 7.05, se muestran los resultados de contenido de aire para el concreto en estado fresco, siendo el mayor valor de 2%, para el concreto elaborado con equipo mecánico para  $a/c=0.60$  (CP1); el mínimo valor es 0.76%, para el concreto elaborado con equipo mecánico para  $a/c=0.70$  (CP3). La variación entre estos valores es de 1.24%

En la figura 7.05, se muestra la variación del contenido de aire respecto al concreto patrón para cada  $a/c$ .

La incorporación de aditivo en el concreto genera disminución en el contenido de aire solo para  $a/c=0.60$ , siendo el valor disminuido 75%; en cambio cuando  $a/c=0.65$  y  $0.70$ , el contenido de aire aumenta a 113.65% y 131.58% respectivamente, respecto al concreto patrón. Muy aparte a la comparación con el concreto patrón, a mayor relación  $a/c$ , el porcentaje de contenido de aire disminuye.

El concreto elaborado en terreno natural presenta menor contenido de aire solo cuando  $a/c=0.60$ , alcanzando un valor de 95%, respecto al concreto patrón; en cambio cuando  $a/c=0.65$  y  $0.70$  el contenido de aire aumenta hasta 136.36 y 131.58 respectivamente respecto al concreto patrón. Muy aparte a la comparación con el concreto patrón, a mayor relación  $a/c$ , el porcentaje de contenido de aire disminuye.

### 9.5.6 Tiempo de fraguado:

En el cuadro 7.06, se muestran los resultados de tiempo de fragua para el concreto en estado fresco.

\*Para la fragua inicial se tiene que el mayor tiempo de fragua inicial es de 04h: 50min para el concreto elaborado en terreno natural con  $a/c=0.70$  (CT3) y el menor tiempo de fragua inicial es 03h: 33min para el concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo para  $a/c=0.70$  (CPA3).

En la figura 7.06, se muestra la variación de la fragua inicial respecto al concreto patrón para cada  $a/c$ .

La incorporación de aditivo en el concreto genera disminución en el tiempo de fragua inicial, siendo el valor máximo disminuido 79.18% cuando  $a/c=0.7$ ; y el valor mínimo disminuido es 91.80% cuando  $a/c=0.65$ , respecto al concreto patrón. Muy aparte a la comparación con el concreto patrón, para  $a/c=0.60$  y  $0.65$  el tiempo de fragua aumenta, sin embargo, para  $a/c=0.70$ , disminuye.

El concreto elaborado en terreno natural presenta mayor tiempo de fragua solo cuando  $a/c=0.70$ , alcanzando un valor de 107.81%, respecto al concreto patrón; en cambio cuando  $a/c=0.60$  y  $0.65$  el tiempo de fragua disminuye hasta 93.96% y 90.16% respectivamente, respecto al concreto patrón. Muy aparte a la comparación con el concreto patrón, para  $a/c=0.60$  y  $0.65$  el tiempo de fragua disminuye, sin embargo, para  $a/c=0.70$ , aumenta.

\*Para la fragua final se tiene que el mayor tiempo de fragua final es de 05h: 54min para el concreto elaborado con equipo mecánico para  $a/c=0.60$  (CP1) y el menor tiempo de fragua final es 05h: 04min para el concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo para  $a/c=0.65$  (CPA2).

En la figura 7.07, se muestra la variación de la fragua final respecto al concreto patrón para cada  $a/c$ .

La incorporación de aditivo en el concreto genera disminución en el tiempo de fragua final, siendo el valor máximo disminuido 87.01% cuando  $a/c=0.6$ ; y el valor mínimo disminuido es 94.41% cuando  $a/c=0.65$ , respecto al concreto



patrón. Muy aparte a la comparación con el concreto patrón, para  $a/c=0.60$  y  $0.65$  el tiempo de fragua final disminuye, sin embargo, para  $a/c=0.70$ , aumenta.

El concreto elaborado en terreno natural presenta menor tiempo de fragua final siendo el valor máximo disminuido  $92.37\%$  cuando  $a/c=0.60$ ; y el valor mínimo disminuido es  $96.27\%$  cuando  $a/c=0.65$ , respecto al concreto patrón. Muy aparte a la comparación con el concreto patrón, para  $a/c=0.60$  y  $0.65$  el tiempo de fragua final disminuye, sin embargo, para  $a/c=0.70$ , aumenta.

## 9.6 Ensayos del concreto en estado endurecido

### 9.6.1 Resistencia a la compresión:

En el cuadro 8.01, se presenta los valores de resistencia a la compresión de los diseños de estudio para 7, 14 y 28 días.

\*Concreto Patrón (CP):

La resistencia a la compresión del concreto aumenta conforme se incrementan los días de curado para cada  $a/c$ . Para  $a/c=0.60$  a 7, 14 y 28 días de curado se observan valores de  $210.94 \text{ kg/cm}^2$ ,  $230.90 \text{ kg/cm}^2$  y  $245.41 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente. Para  $a/c=0.65$  a 7, 14 y 28 días de curado se observan valores de  $202.47 \text{ kg/cm}^2$ ,  $213.76 \text{ kg/cm}^2$  y  $241.87 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente. Para  $a/c=0.70$  a 7, 14 y 28 días de curado se observan valores de  $191.33 \text{ kg/cm}^2$ ,  $212.69 \text{ kg/cm}^2$  y  $223.87 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente.

En el mismo cuadro se observa que mientras aumenta la relación  $a/c$ , disminuye la resistencia a la compresión, analizando cada tiempo de curado por separado, se tiene: Para 7 días de curado, y para  $a/c=0.60$ ,  $0.65$  y  $0.70$  se tiene valores de  $210.94 \text{ kg/cm}^2$ ,  $202.47 \text{ kg/cm}^2$  y  $191.33 \text{ kg/cm}^2$ , respectivamente. Para 14 días de curado, y para  $a/c=0.60$ ,  $0.65$  y  $0.70$  se tiene valores de  $230.90 \text{ kg/cm}^2$ ,  $213.76 \text{ kg/cm}^2$  y  $212.69 \text{ kg/cm}^2$ , respectivamente. Para 28 días de curado, y para  $a/c=0.60$ ,  $0.65$  y  $0.70$  se tiene valores de  $245.41 \text{ kg/cm}^2$ ,  $241.87 \text{ kg/cm}^2$  y  $223.87 \text{ kg/cm}^2$ , respectivamente.

De todos ellos el valor máximo de resistencia a la compresión se presenta cuando  $a/c=0.60$  y el tiempo de curado es 28 días, siendo este valor  $245.41$

kg/cm<sup>2</sup>. Por otra parte, el valor mínimo es 191.33 kg/cm<sup>2</sup> y se presenta cuando a/c=0.70 y el tiempo de curado es 7 días.

\*Concreto en terreno natural (CT):

La resistencia a la compresión del concreto aumenta conforme se incrementan los días de curado para cada a/c. Para a/c=0.60 a 7, 14 y 28 días de curado se observan valores de 194.26 kg/cm<sup>2</sup>, 211.92 kg/cm<sup>2</sup> y 227.88 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. Para a/c=0.65 a 7, 14 y 28 días de curado se observan valores de 187.73 kg/cm<sup>2</sup>, 198.77 kg/cm<sup>2</sup> y 225.88 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. Para a/c=0.70 a 7, 14 y 28 días de curado se observan valores de 180.02 kg/cm<sup>2</sup>, 196.41 kg/cm<sup>2</sup> y 207.78 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente.

En el mismo cuadro se observa que mientras aumenta la relación a/c, disminuye la resistencia a la compresión, analizando cada tiempo de curado por separado, se tiene: Para 7 días de curado, y para a/c=0.60, 0.65 y 0.70 se tiene valores de 194.26 kg/cm<sup>2</sup>, 187.73 kg/cm<sup>2</sup> y 180.02 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente. Para 14 días de curado, y para a/c=0.60, 0.65 y 0.70 se tiene valores de 211.92 kg/cm<sup>2</sup>, 198.77 kg/cm<sup>2</sup> y 196.41 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente. Para 28 días de curado, y para a/c=0.60, 0.65 y 0.70 se tiene valores de 227.88 kg/cm<sup>2</sup>, 225.88 kg/cm<sup>2</sup> y 207.78 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente.

De todos ellos el valor máximo de resistencia a la compresión se presenta cuando a/c=0.60 y el tiempo de curado es 28 días, siendo este valor 227.88 kg/cm<sup>2</sup>. Por otra parte, el valor mínimo es 180.02 kg/cm<sup>2</sup> y se presenta cuando a/c=0.70 y el tiempo de curado es 7 días.

\*Concreto Patrón con aditivo (CPA):

La resistencia a la compresión del concreto aumenta conforme se incrementan los días de curado para cada a/c. Para a/c=0.60 a 7, 14 y 28 días de curado se observan valores de 250.76 kg/cm<sup>2</sup>, 274.17 kg/cm<sup>2</sup> y 284.22 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. Para a/c=0.65 a 7, 14 y 28 días de curado se observan valores de 219.49 kg/cm<sup>2</sup>, 239.11 kg/cm<sup>2</sup> y 268.40 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. Para a/c=0.70 a 7, 14 y 28 días de curado se observan valores de 210.64 kg/cm<sup>2</sup>, 223.64 kg/cm<sup>2</sup> y 242.87 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente.

En el mismo cuadro se observa que mientras aumenta la relación  $a/c$ , disminuye la resistencia a la compresión, analizando cada tiempo de curado por separado, se tiene: Para 7 días de curado, y para  $a/c=0.60$ ,  $0.65$  y  $0.70$  se tiene valores de  $250.76 \text{ kg/cm}^2$ ,  $219.49 \text{ kg/cm}^2$  y  $210.64 \text{ kg/cm}^2$ , respectivamente. Para 14 días de curado, y para  $a/c=0.60$ ,  $0.65$  y  $0.70$  se tiene valores de  $274.17 \text{ kg/cm}^2$ ,  $239.11 \text{ kg/cm}^2$  y  $223.64 \text{ kg/cm}^2$ , respectivamente. Para 28 días de curado, y para  $a/c=0.60$ ,  $0.65$  y  $0.70$  se tiene valores de  $284.22 \text{ kg/cm}^2$ ,  $268.40 \text{ kg/cm}^2$  y  $242.87 \text{ kg/cm}^2$ , respectivamente.

De todos ellos el valor máximo de resistencia a la compresión se presenta cuando  $a/c=0.60$  y el tiempo de curado es 28 días, siendo este valor  $284.22 \text{ kg/cm}^2$ . Por otra parte, el valor mínimo es  $210.64 \text{ kg/cm}^2$  y se presenta cuando  $a/c=0.70$  y el tiempo de curado es 7 días.

\*Análisis comparativo:

En la figura 8.01, para  $a/c=0.60$ , se observa que la resistencia a la compresión aumenta conforme aumenta los días de curado, se aprecia que el concreto patrón con aditivo (CP1) presenta mayores valores de resistencia a la compresión respecto al concreto patrón (CP1) y al concreto elaborado en terreno natural (CT1), siendo el máximo valor  $284.22 \text{ kg/cm}^2$  para el CPA1 a los 28 días.

En la figura 8.02, para  $a/c=0.65$ , se observa que la resistencia a la compresión aumenta conforme aumenta los días de curado, se aprecia que el concreto patrón con aditivo (CP2) presenta mayores valores de resistencia a la compresión respecto al concreto patrón (CP2) y al concreto elaborado en terreno natural (CT2), siendo el máximo valor  $268.40 \text{ kg/cm}^2$  para el CPA2 a los 28 días.

En la figura 8.03, para  $a/c=0.70$ , se observa que la resistencia a la compresión aumenta conforme aumenta los días de curado, se aprecia que el concreto patrón con aditivo (CP3) presenta mayores valores de resistencia a la compresión respecto al concreto patrón (CP3) y al concreto elaborado en terreno natural (CT3), siendo el máximo valor  $242.87 \text{ kg/cm}^2$  para el CPA1 a los 28 días.

En la figura 8.04, se presenta la variación de la resistencia a la compresión de los diseños en estudio a los 7 días, respecto al concreto patrón, se observa lo siguiente:

La incorporación de aditivo genera incremento en la resistencia a la compresión, el valor máximo es de 119% (incremento de 19%) respecto al concreto patrón cuando  $a/c=0.60$ , a medida que disminuye la relación  $a/c$  disminuye el aumento, llegando hasta un 110% (incremento de 10%) cuando  $a/c=0.70$ .

El concreto elaborado en terreno natural presenta una disminución de la resistencia a la compresión respecto al concreto patrón, el máximo valor disminuido es 92% (disminución de 8%) para  $a/c=0.60$ , a medida que aumenta la relación  $a/c$ , disminuye ligeramente el decremento, llegando hasta un 94% (disminución de 6%) cuando  $a/c=0.70$ . Se observa que la variación de la resistencia a la compresión del concreto elaborado en terreno natural (92%, 93% y 94%, para  $a/c=0.60$ , 0.65 y 0.70, respectivamente) respecto al concreto patrón varía muy poco entre sí para relaciones  $a/c$  en estudio, como máximo 2%.

En la figura 8.05, se presenta la variación de la resistencia a la compresión de los diseños en estudio a los 14 días, respecto al concreto patrón, se observa lo siguiente:

La incorporación de aditivo genera incremento en la resistencia a la compresión, el valor máximo es de 119% (incremento de 19%) respecto al concreto patrón cuando  $a/c=0.60$ , a medida que disminuye la relación  $a/c$  disminuye el aumento, llegando hasta un 105% (incremento de 5%) cuando  $a/c=0.70$ .

El concreto elaborado en terreno natural presenta una disminución de la resistencia a la compresión respecto al concreto patrón, el máximo valor disminuido es 92% (disminución de 8%) para  $a/c=0.60$  y 0.70. Se observa que la variación de la resistencia a la compresión del concreto elaborado en terreno natural (92%, 92% y 93%, para  $a/c=0.60$ , 0.65 y 0.70, respectivamente) respecto al concreto patrón varía muy poco entre sí para relaciones  $a/c$  en estudio, como máximo 1%.

En la figura 8.06, se presenta la variación de la resistencia a la compresión de los diseños en estudio a los 28 días, respecto al concreto patrón, se observa lo siguiente:

La incorporación de aditivo genera incremento en la resistencia a la compresión, el valor máximo es de 116% (incremento de 16%) respecto al concreto patrón

cuando  $a/c=0.60$ , a medida que disminuye la relación  $a/c$  disminuye el aumento, llegando hasta un 108% (incremento de 8%) cuando  $a/c=0.70$ .

El concreto elaborado en terreno natural presenta una disminución de la resistencia a la compresión respecto al concreto patrón, el único valor disminuido es 93% (disminución de 7%) para  $a/c=0.60$ , 0.65 y 0.70. Se observa que la variación de la resistencia a la compresión del concreto elaborado en terreno natural (93%, 93% y 93%, para  $a/c=0.60$ , 0.65 y 0.70, respectivamente) respecto al concreto patrón varía de manera imperceptible (0%) entre sí para relaciones  $a/c$  en estudio.

En adelante se compara la variación de resistencia a la compresión de cada diseño de estudio, respecto a los 28 días de curado:

Para la relación  $a/c=0.60$ . En la figura 8.07, se muestra que el concreto elaborado en terreno natural (CT1) presenta la máxima variación (15%) de resistencia a la compresión a los 7 días respecto a sus 28 días, y el concreto elaborado con equipo y aditivo (CPA1), presenta la menor variación (12%) de resistencia a la compresión a los 7 días respecto a sus 28 días.

Para la relación  $a/c=0.65$ . En la figura 8.08, se muestra el concreto elaborado con equipo y aditivo (CPA2), presenta la máxima variación (18%) de resistencia a la compresión a los 7 días respecto a sus 28 días, y el concreto patrón (CP2), presenta la menor variación (16%) de resistencia a la compresión a los 7 días respecto a sus 28 días.

Para la relación  $a/c=0.70$ . En la figura 8.09, se muestra que el concreto patrón (CP3) presenta la máxima variación (15%) de resistencia a la compresión a los 7 días respecto a sus 28 días, y el concreto elaborado con equipo y aditivo (CPA3) y el concreto elaborado en terreno natural (CT3), presentan la menor variación (13%) por igual de resistencia a la compresión a los 7 días respecto a sus 28 días.

### 9.6.2 Resistencia a la tracción:

En el cuadro 8.02, se presenta los valores de resistencia a la tracción por compresión diametral de los diseños de estudio a los 28 días.

El máximo valor de resistencia a la tracción es 29.12 kg/cm<sup>2</sup> para el concreto elaborado con equipo y aditivo con a/c=0.60 (CPA1) y el mínimo valor es 21.54 kg/cm<sup>2</sup> para el concreto elaborado en terreno natural con a/c=0.70 (CT3).

En la figura 8.10, se muestra la variación de la resistencia a la tracción a los 28 días, respecto al concreto patrón.

La incorporación de aditivo genera un incremento en la resistencia a la tracción, el máximo incremento es de 8% para a/c=0.60 cuando el valor alcanzado es 108% respecto al concreto patrón; y el mínimo incremento es de 5% para a/c=0.65 cuando el valor alcanzado es 105% respecto al concreto patrón. Muy aparte, mientras aumenta la relación a/c (a/c=0.60 y 0.65), el incremento de la variación de la resistencia a la tracción respecto al patrón, disminuye; sin embargo, para a/c=0.70, el incremento de la variación de la resistencia a la tracción respecto al patrón, aumenta muy ligeramente.

El concreto elaborado en terreno natural presenta una disminución en la resistencia a la tracción, la máxima disminución es de 11% para a/c=0.65 cuando el valor alcanzado es 89% respecto al concreto patrón; y la mínima disminución es de 11% para a/c=0.60 y 0.70 cuando el valor alcanzado es 91% respecto al concreto patrón. Muy aparte, mientras aumenta la relación a/c (a/c=0.60 y 0.70), el decremento de la variación de la resistencia a la tracción respecto al patrón, aumenta; sin embargo, para a/c=0.70, el decremento de la variación de la resistencia a la tracción respecto al patrón, disminuye muy ligeramente.

### 9.6.3 Módulo elástico:

En el cuadro 8.03, se presenta los valores de módulo elástico de los diseños de estudio a los 28 días.

El máximo valor de módulo elástico es 166389.4 kg/cm<sup>2</sup> para el concreto elaborado en terreno natural con a/c=0.65 (CT2) y el mínimo valor es de 154798.8 kg/cm<sup>2</sup> para el concreto elaborado con equipo y aditivo para a/c=0.60 (CPA1).

En la figura 8.11, se muestra la variación del módulo elástico a los 28 días, respecto al concreto patrón.

La incorporación de aditivo genera un decremento en el módulo elástico para  $a/c=0.60$  y  $0.70$ , el máximo decremento es de  $3.9\%$  para  $a/c=0.60$  cuando el valor alcanzado es  $96.1\%$  respecto al concreto patrón; en el caso de  $a/c=0.65$  el módulo elástico aumenta en  $0.8\%$  respecto al concreto patrón.

El concreto elaborado en terreno natural presenta un aumento en el módulo elástico, el máximo incremento es de  $4\%$  para  $a/c=0.65$  cuando el valor alcanzado es  $104\%$  respecto al concreto patrón; y el mínimo aumento es de  $1.5\%$  para  $a/c=0.70$  cuando el valor alcanzado es  $101.5\%$  respecto al concreto patrón. Muy aparte, mientras aumenta la relación  $a/c$  ( $a/c=0.60$  y  $0.70$ ), el incremento de la variación del módulo elástico respecto al patrón, aumenta; sin embargo, para  $a/c=0.70$ , el incremento de la variación del módulo elástico respecto al patrón, disminuye levemente.

## CONCLUSIONES

En esta parte del informe se presenta las conclusiones de la presente tesis de investigación titulada “CONCRETO DE MEDIANA A BAJA RESISTENCIA PRODUCIDO: EN TERRENO NATURAL, CON EQUIPO Y CON EQUIPO Y ADITIVO PLASTIFICANTE”.

Como introducción, se tienen las siguientes consideraciones:

\* **El concreto elaborado con equipo mecánico** es denominado **Concreto Patrón**, y este se define para cada relación agua/cemento, es así que se tiene:

Concreto elaborado con equipo mecánico para  $a/c=0.60$  : Concreto patrón 1 (CP1).

Concreto elaborado con equipo mecánico para  $a/c=0.65$  : Concreto patrón 2 (CP2).

Concreto elaborado con equipo mecánico para  $a/c=0.70$  : Concreto patrón 3 (CP3).

\*Los ensayos del concreto se realizan en estado fresco y endurecido. Para el concreto en estado fresco se tienen los siguientes ensayos: Ensayo de consistencia, ensayo de peso unitario, ensayo de exudación, ensayo de fluidez, ensayo de contenido de aire y ensayo de tiempo de fragua. Para el concreto en estado endurecido se tiene: Ensayo de resistencia a la compresión, ensayo de resistencia a la tracción por compresión diametral y ensayo de módulo elástico estático.

\*El aditivo empleado es de tipo plastificante de marca Chemaplast, el cual reduce la cantidad de agua de la mezcla.

\*Se desarrolló la presente investigación debido a la proliferación de mezclado del concreto cotidiano en terreno natural, lo cual genera muchos inconvenientes en la mezcla. Además, el poco empleo de aditivo en obras cotidianas, no permite una mejora significativa que se cuantifica en la presente investigación.

A continuación, se presenta las conclusiones enumeradas en orden de aparición:



1) La trabajabilidad de las mezclas es uniforme para las relaciones agua/cemento de 0.60, 0.65 y 0.70, estas mezclas presentan un asentamiento que bordea las 4", para las diferentes maneras de elaboración.

2) El porcentaje de aditivo óptimo para las relaciones agua/cemento de 0.60, 0.65 y 0.70, es de 1.50%.

3) Ensayo de peso unitario:

\*El concreto patrón y aditivo, presenta disminución en el peso unitario de la mezcla respecto al concreto patrón, en 0.97%, 1.37% y 0.93% para  $a/c= 0.60$ , 0.65 y 0.70, respectivamente.

\*El concreto fabricado en terreno natural, presenta disminución en el peso unitario de la mezcla respecto al concreto patrón, en 0.79% y 0.35% para  $a/c= 0.60$  y 0.65, respectivamente; sin embargo para  $a/c=0.70$  el peso unitario aumenta en 0.13%, respecto al concreto patrón.

\* En conjunto; el concreto patrón y aditivo, y el concreto fabricado en terreno natural presentan disminución en el peso unitario de la mezcla respecto al patrón.

4) Ensayo de exudación:

\* El concreto con aditivo, presenta disminución en la exudación de la mezcla respecto al concreto patrón, en 44.57% y 16.22% para  $a/c= 0.60$  y 0.65, respectivamente; sin embargo, para  $a/c=0.70$  la exudación aumenta en 17.99%, respecto al concreto patrón.

\* El concreto fabricado en terreno natural, presenta disminución en la exudación de la mezcla respecto al concreto patrón, en 13.71%, 16.22% y 17.99% para  $a/c= 0.60$ , 0.65 y 0.70, respectivamente.

5) Ensayo de fluidez:

\* El concreto con aditivo, presenta disminución en la fluidez de la mezcla respecto al concreto patrón, en 35.33%, 29.59% y 27.69% para  $a/c= 0.60$ , 0.65 y 0.70, respectivamente.

\* El concreto fabricado en terreno natural, presenta disminución en la fluidez de la mezcla respecto al concreto patrón, en 21.74%, 14.80% y 9% para  $a/c= 0.60$ , 0.65 y 0.70, respectivamente.

#### 6) Ensayo de contenido de aire:

\*El concreto con aditivo, presenta disminución en el contenido de aire de la mezcla respecto al concreto patrón, en 25% para  $a/c=0.60$ ; para  $a/c=0.65$  y 0.70 el contenido de aire de la mezcla respecto al concreto patrón aumenta en 13.64% y 31.58%, respectivamente.

\* El concreto fabricado en terreno natural, presenta disminución en el contenido de aire de la mezcla respecto al concreto patrón, en 5% para  $a/c=0.60$ ; para  $a/c=0.65$  y 0.70 el contenido de aire de la mezcla respecto al concreto patrón aumenta en 36.36% y 25%, respectivamente.

#### 7) Ensayo de tiempo de fraguado

\*El concreto con aditivo, presenta disminución en el tiempo de fragua inicial de la mezcla respecto al concreto patrón, en 18.87%, 8.2% y 20.82% para  $a/c= 0.60$ , 0.65 y 0.70, respectivamente.

\*El concreto con aditivo, presenta disminución en el tiempo de fragua final de la mezcla respecto al concreto patrón, en 12.99%, 5.59% y 12.75% para  $a/c= 0.60$ , 0.65 y 0.70, respectivamente.

\*El concreto fabricado en terreno natural, presenta disminución en el tiempo de fragua inicial de la mezcla respecto al concreto patrón, en 6.04%, 9.84% para  $a/c= 0.60$ , 0.65, respectivamente; sin embargo, para  $a/c=0.70$  el tiempo de fragua inicial aumenta en 7.81%, respecto al concreto patrón.

\*El concreto fabricado en terreno natural, presenta disminución en el tiempo de fragua final de la mezcla respecto al concreto patrón, en 7.63%, 3.73% y 4.25% para  $a/c= 0.60$ , 0.65 y 0.70, respectivamente.

8) Ensayo de resistencia a la compresión:

\*El concreto con aditivo, a los 28 días, presenta aumento en la resistencia a la compresión del concreto respecto al concreto patrón, de 16%, 11% y 8% para  $a/c= 0.60, 0.65$  y  $0.70$ , respectivamente.

\*El concreto fabricado en terreno natural, a los 28 días, presenta disminución en la resistencia a la compresión del concreto respecto al concreto patrón, de 7%, 7% y 7% para  $a/c= 0.60, 0.65$  y  $0.70$ , respectivamente.

9) Ensayo de resistencia a la tracción:

\*El concreto con aditivo, presenta aumento la resistencia a la tracción del concreto endurecido respecto al concreto patrón, de 8%, 5% y 6% para  $a/c= 0.60, 0.65$  y  $0.70$ , respectivamente.

\*El concreto fabricado en terreno natural, presenta disminución en la resistencia a la tracción del concreto endurecido respecto al concreto patrón, de 9%, 11% y 9% para  $a/c= 0.60, 0.65$  y  $0.70$ , respectivamente.

10) Ensayo de módulo elástico estático:

\*El concreto con aditivo, presenta disminución en el módulo elástico del concreto endurecido respecto al concreto patrón, en 3.9% y 0.5% para  $a/c=0.60$  y  $0.70$ , respectivamente; y para  $a/c=0.65$  el módulo elástico aumenta en 0.8%

\*El concreto fabricado en terreno natural, presenta aumento en el módulo elástico del concreto endurecido respecto al concreto patrón, en 1.6%, 4% y 1.5% para  $a/c=0.60, 0.65$  y  $0.70$ , respectivamente.

En resumen:

Para las relaciones agua/cemento estudiadas (0.60, 0.65 y 0.70). Las distintas maneras de elaborar el concreto hacen variar sus propiedades:

El concreto con aditivo presenta resultados superiores respecto al concreto elaborado con equipo mecánico, presentando un aumento de 11.67% de resistencia a la compresión promedio.

El concreto fabricado en terreno natural presenta resultados inferiores respecto al concreto elaborado con equipo mecánico, presentando una disminución de 7% de resistencia a la compresión promedio.

## RECOMENDACIONES

En esta parte del informe se puntualiza algunas recomendaciones.

- 1) Se recomienda el almacenamiento de los materiales de manera adecuada para la elaboración del concreto. El cemento debe ser almacenado sobre plataformas, evitando el contacto con el suelo y otros agentes externos. El agua debe ser potable sin impurezas. Los agregados deben ser almacenados en las tolvas del laboratorio.
- 2) Se recomienda el empleo de aditivo plastificante, porque reduce la cantidad de agua de la mezcla de concreto, para todas las relaciones a/c estudiadas, el promedio de reducción de agua es de 6.98%, se conserva la trabajabilidad de la mezcla.
- 3) Se recomienda no elaborar el concreto en terreno natural, debido a una reducción de la resistencia a la compresión promedio de 7%. De igual forma, la resistencia a la tracción por compresión diametral, disminuye 10% en promedio.
- 4) Se recomienda elaborar el concreto con equipo mecánico y aditivo plastificante, debido al aumento de la resistencia a la compresión promedio de 11.67%. De igual forma, la resistencia a la tracción por compresión diametral, aumenta 6.33% en promedio.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- Bernal Díaz Daniel, “Estudio de la Influencia del Aditivo Chemaplast en la resistencia a la compresión del concreto usando cemento Pacasmayo Tipo I y Cemento Inka”, Tesis para optar el Título Profesional, Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, 2004.
- Cachay Huamán Rafael, “Diseño de mezclas, método del agregado global y módulo de finura, para concretos de mediana a alta resistencia”, Tesis para optar el Título Profesional FIC-UNI, Lima, 1995.
- De la Cruz Díaz Anthony Roger, “Evaluación de los procedimientos constructivos y el uso inadecuado de materiales de viviendas autoconstruidas”, Tesis para optar el Título Profesional FIC-UNI, Lima, 2011.
- Huaynalaya Rashuamán Max, “Estudio del concreto de mediana a baja resistencia, utilizando Cemento Portland tipo I y Aditivo Superplastificante”, Tesis para optar el Título Profesional FIC-UNI. Lima, 2016
- Huincho Salvatierra Edher, “Concreto de Alta Resistencia usando Aditivo superplastificante, microsílíce y nanosílíce con cemento Portland Tipo I”, Tesis para optar el Título Profesional FIC-UNI, Lima, 2011.
- López Nizama José, “Investigación del agregado global en diseño de concreto”, Tesis para optar el Título Profesional FIC-UNI. Lima, 1982
- Pasquel Carbajal Enrique, “Tópicos de Tecnologías del Concreto”, Colegio de Ingenieros del Perú, Lima, 1993.
- Scanferla Lucas Jordán, “Ensayos de hormigón en estado fresco y Endurecido” Investigación Vial, Buenos Aires 2009

## ANEXOS

- ANEXO 1: Ensayo de las propiedades de los Agregados
- ANEXO 2: Agregado global
- ANEXO 3: Diseño de mezcla
- ANEXO 4: Concreto en estado fresco
- ANEXO 5: Concreto en estado endurecido
- ANEXO 6: Archivo fotográfico

# ANEXO 1:

## ENSAYO DE LOS AGREGADOS

### A1.1 Ensayo de las propiedades de los Agregados



A1.1 Ensayo de las propiedades de los Agregados:

Para la presente tesis de investigación se empleó agregados provenientes de la cantera Unicon para el agregado grueso y de la cantera Trapiche para el agregado fino.

Cuadro A1.1 Procedencia de los Agregados

TIPO DE AGREGADO	MATERIAL	CANTERA
Grueso	Piedra chancada de 1/2"	Unicon
Fino	Arena Gruesa	Trapiche

Fuente: Elaboración Propia

Para cada ensayo se tomaron 3 muestras representativas de cada agregado.

**\* Peso Unitario Suelto (P.U.S)**

El ensayo realizado a continuación se basa en la NTP. 400.017.

**\*\* Equipos y materiales:**

- Balanza digital.
- Balde metálico de volumen normalizado ( $\frac{1}{10} pie^3$  para agregado fino y  $\frac{1}{3} pie^3$  para agregado grueso).
- Varilla metálica.
- Pala.
- Agregado grueso.
- Agregado fino.

**\*\* Procedimiento:**

Agregado grueso:

El procedimiento para determinar el peso unitario suelto para el agregado grueso (piedra) se realiza de la siguiente manera:

- Secado en horno: El agregado grueso a ensayar se seca en horno por 24 horas.

- Pesado previo de recipiente: Se pesa el balde metálico vacío de  $\frac{1}{3} pie^3$  en la balanza digital.
- Homogenización de la muestra: Se coloca la muestra a ensayar en el suelo y con ayuda de la pala cuartear.
- Colocación en recipiente: Se coloca la muestra homogenizada sin compactar en el balde metálico de  $\frac{1}{3} pie^3$ .
- Enrasado: Se enrasa la muestra colocada en el balde con ayuda de la varilla metálica.
- Pesado final de recipiente: Se pesa el balde metálico con el agregado interior en la balanza digital.

#### Agregado fino:

El procedimiento para determinar el peso unitario suelto para el agregado fino (arena) se realiza de la siguiente manera:

- Secado en horno: El agregado fino a ensayar se seca en horno por 24 horas.
- Pesado previo de recipiente: Se pesa el balde metálico vacío de  $\frac{1}{10} pie^3$  en la balanza digital.
- Homogenización de la muestra: Se coloca la muestra a ensayar en el suelo y con ayuda de la pala cuartear.
- Colocación en recipiente: Se coloca la muestra homogenizada sin compactar en el balde metálico de  $\frac{1}{10} pie^3$ .
- Enrasado: Se enrasa la muestra colocada en el balde con ayuda de la varilla metálica.
- Pesado final de recipiente: Se pesa el balde metálico con el agregado interior en la balanza digital.

\*\* Cálculos y resultados:

El Peso Unitario Suelto se obtiene de acuerdo a la siguiente relación:

$$P. U. S = \frac{\text{Peso del Agregado Suelto}}{\text{Volumen del Recipiente}}$$

Agregado grueso:

En base a los cálculos realizados en el ensayo se tiene el siguiente cuadro:

Cuadro A1.2 Peso Unitario Suelto del Agregado Grueso

PESO UNITARIO SUELTO (P.U.S)					
MUESTRA N°	Peso de la Muestra + Recipiente (Kg.)	Peso del Recipiente (Kg.)	Peso de la Muestra (Kg.)	Volumen del recipiente (m3)	Peso Unitario Suelto (Kg./m3)
M-1	19.05	4.36	14.69	0.00944	1556.14
M-2	19.01	4.36	14.65	0.00944	1551.91
M-3	19.06	4.36	14.70	0.00944	1557.20
				Promedio	<b>1555.08</b>

Fuente: Elaboración Propia

Agregado fino:

En base a los cálculos realizados en el ensayo se tiene el siguiente cuadro:

Cuadro A1.3 Peso Unitario Suelto del Agregado Fino

PESO UNITARIO SUELTO (P.U.S)					
MUESTRA N°	Peso de la Muestra + Recipiente (Kg.)	Peso del Recipiente (Kg.)	Peso de la Muestra (Kg.)	Volumen del recipiente (m3)	Peso Unitario Suelto (Kg./m3)
M-1	6.1530	1.5772	4.5758	0.0028	1634.21
M-2	6.1485	1.5772	4.5713	0.0028	1632.61
M-3	6.2185	1.5772	4.6413	0.0028	1657.61
				Promedio	<b>1641.48</b>

Fuente: Elaboración Propia

### \* **Peso Unitario Compactado (P.U.C)**

El ensayo realizado a continuación se basa en la NTP. 400.017.

#### \*\* Equipos y materiales:

Los equipos y materiales de este ensayo son similares al ensayo anterior.

#### \*\* Procedimiento:

##### Agregado grueso:

El procedimiento para determinar el peso unitario compactado para el agregado grueso (piedra) se realiza de la siguiente manera:

- Secado en horno: El agregado grueso a ensayar se seca en horno por 24 horas.
- Pesado previo de recipiente: Se pesa el balde metálico vacío de  $\frac{1}{3} pie^3$  en la balanza digital.
- Homogenización de la muestra: Se coloca la muestra a ensayar en el suelo y con ayuda de la pala cuartear.
- Colocación en recipiente: Se coloca la muestra homogenizada en el balde metálico de  $\frac{1}{3} pie^3$  (3 capas).
- Compactado de capas: Cada capa se compacta en 25 golpes con ayuda de la varilla metálica, en forma de espiral de adentro hacia afuera y viceversa.
- Enrasado: Se enrasa la muestra colocada en el balde con ayuda de la varilla metálica.
- Pesado final de recipiente: Se pesa el balde metálico con el agregado interior en la balanza digital.

### Agregado fino:

El procedimiento para determinar el peso unitario compactado para el agregado fino (arena) se realiza de la siguiente manera:

- Secado en horno: El agregado fino a ensayar se seca en horno por 24 horas.
- Pesado previo de recipiente: Se pesa el balde metálico vacío de  $\frac{1}{10} pie^3$  en la balanza digital.
- Homogenización de la muestra: Se coloca la muestra a ensayar en el suelo y con ayuda de la pala cuartear.
- Colocación en recipiente: Se coloca la muestra homogenizada en el balde metálico de  $\frac{1}{10} pie^3$  (3 capas).
- Compactado de capas: Cada capa se compacta en 25 golpes con ayuda de la varilla metálica, en forma de espiral de adentro hacia afuera y viceversa.
- Enrasado: Se enrasa la muestra colocada en el balde con ayuda de la varilla metálica.
- Pesado final de recipiente: Se pesa el balde metálico con el agregado interior en la balanza digital.

\*\* Cálculos y resultados:

El Peso Unitario Compactado se obtiene de acuerdo a la siguiente relación:

$$P.U.C = \frac{\text{Peso del Agregado Compactado}}{\text{Volumen del Recipiente}}$$

### Agregado grueso:

En base a los cálculos realizados en el ensayo se tiene el siguiente cuadro:

Cuadro A1.4 Peso Unitario Compactado del Agregado Grueso

PESO UNITARIO COMPACTADO (P.U.C)					
MUESTRA N°	Peso de la Muestra + Recipiente (Kg.)	Peso del Recipiente (Kg.)	Peso de la Muestra (Kg.)	Volumen del recipiente (m3)	Peso Unitario Compactado (Kg./m3)
M-1	19.69	4.36	15.33	0.00944	1623.94
M-2	19.87	4.36	15.51	0.00944	1643.01
M-3	19.81	4.36	15.45	0.00944	1636.65
				Promedio	<b>1634.53</b>

Fuente: Elaboración Propia

Agregado fino:

En base a los cálculos realizados en el ensayo se tiene el siguiente cuadro:

Cuadro A1.5 Peso Unitario Compactado del Agregado Fino

PESO UNITARIO COMPACTADO (P.U.C)					
MUESTRA N°	Peso de la Muestra + Recipiente (Kg.)	Peso del Recipiente (Kg.)	Peso de la Muestra (Kg.)	Volumen del recipiente (m3)	Peso Unitario Compactado (Kg./m3)
M-1	6.5945	1.5772	5.0173	0.0028	1791.89
M-2	6.5725	1.5772	4.9953	0.0028	1784.04
M-3	6.5788	1.5772	5.0016	0.0028	1786.29
				Promedio	<b>1787.40</b>

Fuente: Elaboración Propia

**\* Peso Específico (P.E) y Porcentaje de Absorción (%Abs)**

El ensayo realizado a continuación se basa en la NTP. 400.022.

\*\* Equipos y materiales:

- Balanza digital.
- Equipo para ensayo.
- Fiola.
- Cono de prueba.
- Franela

- Recipientes.
- Pala.
- Agregado grueso.
- Agregado fino.

\*\* Procedimiento:

Agregado grueso:

El procedimiento para determinar los pesos específicos para el agregado grueso (piedra) se realiza de la siguiente manera:

- Homogenización de la muestra: Se coloca la muestra a ensayar en el suelo y con ayuda de la pala cuartear.
- Saturación de muestra: Se coloca la muestra a ensayar en un recipiente lo suficientemente grande, se llena de agua hasta cubrir la totalidad de la muestra y se deja saturar por 24 horas en un lugar adecuado.
- Estado saturado superficialmente seco: La muestra saturada se coloca en una superficie plana y se seca manualmente con una franela, hasta secar toda la superficie.
- Toma de muestra: Se pesa 4 kilos de muestra secada anteriormente, en una balanza digital.
- Saturación de muestra: Se pesa la canastilla, y se coloca la muestra de 4 kilos dentro de la misma, acto seguido se cubre con agua totalmente para saturarlo, se anota el peso marcado.
- Secado de muestra: La muestra saturada se lleva al horno, por 24 horas.
- Pesado final: Por último, se pesa la muestra después del secado.

Agregado fino:

El procedimiento para determinar los pesos específicos para el agregado fino (arena) se realiza de la siguiente manera:

- Homogenización de la muestra: Se coloca la muestra a ensayar en el suelo y con ayuda de la pala cuartear.
- Saturación de muestra: Se coloca la muestra a ensayar en un recipiente lo suficientemente grande, se llena de agua hasta cubrir la totalidad de la muestra y se deja saturar por 24 horas en un lugar adecuado.
- Pesado de Fiola: Se pesa la Fiola en la balanza digital.
- Toma de muestra: Pasado el periodo de saturación se toma 500 gramos de la misma.
- Preparación de muestra: Se coloca la muestra pesada en la Fiola, acto seguido se llena de agua hasta una marca establecida. Luego se agita la Fiola con el fin de eliminar las burbujas de aire.
- Reposado: Se completa el llenado de agua hasta la marca de 500cc. Y se deja reposar por tiempo suficiente.
- Pesado y secado: Se pesa la muestra conjuntamente con el agua y la Fiola, luego se traspasa la muestra húmeda a un recipiente para llevarlo al horno por 24 horas.
- Pesado final: Por último, se pesa la muestra después del secado.

\*\* Cálculos y resultados:

Agregado grueso:

Para el cálculo de los Pesos Específicos se emplean las siguientes fórmulas:

$$P.E = \frac{P.Seca}{P_{sss} - P.saturada}$$

$$P.E.S.S = \frac{P_{sss}}{P_{sss} - P.saturada}$$

$$P.a = \frac{P.Seca}{P.Seca - P.saturada}$$

$$\%Abs. = \frac{100.(P_{sss} - P.seca)}{P.seca}$$

Donde:



- P.E : Peso Específico de masa
- P.Seca : Peso de la muestra secada al horno
- Psss : Peso de muestra saturada superficialmente seca
- P.saturada : Peso de la muestra saturada en agua
- P.E.S.S : Peso Específico de masa superficialmente seco
- P.a : Peso Específico Aparente

En base a los cálculos realizados en el ensayo se tiene el siguiente cuadro:

Cuadro A1.6 Pesos Específicos y Porcentaje de Absorción del Agregado Grueso

PESOS ESPECÍFICOS (P.E) y PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%ABS.)									
MUESTRA N°	Peso de la Muestra secado al Horno (g.)	Peso de la Muestra Saturada Superficialmente Seca (g.)	Peso de la Muestra Saturada en agua + Peso de Canastilla (g.)	Peso de la Canastilla (g.)	Peso de la Muestra Saturada en agua (g.)	Peso Especifico de Masa	Peso Especifico de Masa Superficialmente Seco	Peso Especifico Aparente	Porcentaje de Absorción (%Abs.)
M-1	3968.7	4000	3599.4	1082.5	2516.90	2.68	2.70	2.73	0.79
M-2	3965.3	4000	3585.8	1082.5	2503.30	2.65	2.67	2.71	0.88
M-3	3966.6	4000	3592.2	1082.5	2509.70	2.66	2.68	2.72	0.84
					Promedio	<b>2.66</b>	<b>2.68</b>	<b>2.72</b>	<b>0.84</b>

Fuente: Elaboración Propia

### Agregado fino:

Para el cálculo de los Pesos Específicos se emplean las siguientes fórmulas:

$$P.E = \frac{P.Seca}{V - W}$$

$$P.E.S.S = \frac{500}{V - W}$$

$$P.a = \frac{P.Seca}{(V - W) - (500 - P.Seca)}$$

$$\%Abs. = \frac{100. (500 - P. seca)}{P. seca}$$

Donde:

- P.E : Peso Específico de masa
- P.Seca : Peso de la muestra secada al horno
- V : Volumen de Fiola
- W : Peso del agua
- P.E.S.S : Peso Específico de masa superficialmente seco
- P.a : Peso Específico Aparente

En base a los cálculos realizados en el ensayo se tiene el siguiente cuadro:

Cuadro A1.7 Pesos Específicos y Porcentaje de Absorción del Agregado Fino

PESOS ESPECÍFICOS (P.E) y PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%ABS.)										
MUESTRA N°	Peso de la Muestra Superficialmente Seca (g.)	Peso de la Muestra Superficialmente Seca + Peso Fiola + Peso Agua (g.)	Peso de Fiola (g.)	Peso del agua (g.)	Peso de la Muestra Secado al horno (g.)	Volumen de la Fiola (ml.)	Peso Especifico de Masa	Peso Especifico de Masa Superficialmente	Peso Específico Aparente	Porcentaje de Absorción (%Abs.)
M-1	500	953.5	142.5	311	494.60	500	2.62	2.65	2.69	1.09
M-2	500	953.4	142.5	310.9	494.50	500	2.62	2.64	2.69	1.11
M-3	500	953.4	142.5	310.9	494.30	500	2.61	2.64	2.70	1.15
						Promedio	<b>2.62</b>	<b>2.64</b>	<b>2.69</b>	<b>1.12</b>

Fuente: Elaboración Propia

### \* Contenido de Humedad (C.H)

\*\* Equipos y materiales:

- Balanza digital.
- Horno
- Recipientes.
- Pala.
- Agregado grueso.
- Agregado fino.

\*\* Procedimiento:

Agregado grueso:

El procedimiento para determinar el Contenido de Humedad para el agregado grueso (piedra) se realiza de la siguiente manera:

- Homogenización de la muestra: Se coloca la muestra a ensayar en el suelo y con ayuda de la pala cuartear.
- Muestreo y secado: Se coloca 1000 gramos de muestra en un recipiente y se lleva al horno por 24 horas.
- Pesado Final: Retirada la muestra del horno se deja enfriar, y se pesa en la balanza.

Agregado fino:

El procedimiento para determinar el Contenido de Humedad para el agregado fino (arena) se realiza de la siguiente manera:

- Homogenización de la muestra: Se coloca la muestra a ensayar en el suelo y con ayuda de la pala cuartear.
- Muestreo y secado: Se coloca 500 gramos de muestra en un recipiente y se lleva al horno por 24 horas.
- Pesado Final: Retirada la muestra del horno se deja enfriar, y se pesa en la balanza.

**\*\* Cálculos y resultados:**

El Contenido de Humedad se obtiene de acuerdo a la siguiente relación:

$$C.H. = \frac{P.Húmedo - P.Seco}{P.Húmedo}$$

Donde:

C.H : Contenido de Humedad

P.Húmedo : Peso de la muestra en estado ambiental o húmedo

P. Seco : Peso de la muestra secada al horno

**Agregado grueso:**

En base a los cálculos realizados en el ensayo se tiene el siguiente cuadro:

Cuadro A1.8 Contenido de Humedad del Agregado Grueso

CONTENIDO DE HUMEDAD (C.H)				
MUESTRA N°	Peso de la Muestra en Estado Ambiental (g.)	Peso de la Muestra seca al Horno (g.)	Peso del agua perdida (g.)	Contenido de Humedad (C.H)
M-1	1000.00	995.7	4.30	0.43
M-2	1000.00	997.4	2.60	0.26
M-3	1000.00	996.9	3.10	0.31
Promedio				<b>0.33</b>

Fuente: Elaboración Propia

Agregado fino:

En base a los cálculos realizados en el ensayo se tiene el siguiente cuadro:

Cuadro A1.9 Contenido de Humedad del Agregado Fino

CONTENIDO DE HUMEDAD (C.H)				
MUESTRA N°	Peso de la Muestra en Estado Ambiental (g.)	Peso de la Muestra seca al Horno (g.)	Peso del agua perdida (g.)	Contenido de Humedad (C.H)
M-1	500.00	494.22	5.78	1.156
M-2	500.00	497.58	2.42	0.484
M-3	500.00	495.81	4.19	0.838
Promedio				<b>0.83</b>

Fuente: Elaboración Propia

**\* Material que pasa la malla N°200 (%pasa N°200)**

El ensayo realizado a continuación se basa en la NTP. 400.018.

\*\* Equipos y materiales:

- Balanza digital.
- Horno
- Recipientes.
- Pala.
- Tamiz N°200
- Pipeta
- Agregado fino.

\*\* Procedimiento:

Agregado fino:

El procedimiento para determinar el porcentaje de material que pasa la malla N° 200 del agregado, se realiza de la siguiente manera:

- Homogenización de la muestra: Se coloca una muestra representativa de agregado fino en el suelo y con ayuda de la pala cuartear.

- Preparación de muestra: Se toma la muestra representativa y se lleva al horno por 24 horas.
- Lavado de muestra: Se coloca en un recipiente 500 gramos de muestra secada del horno, y se lava con abundante agua, se deja reposar y se escurre, el agua escurrida se vierte sobre la malla N°200, cuidando de no perder muestra. Se repite la operación hasta que el agua escurrida sea de color claro.
- Recuperación de muestra: La muestra que es retenida por la malla N°200 se recupera y se vuelve al recipiente inicial, cuidando de no perder muestra. Se deja reposar. Luego se elimina el agua excedente con ayuda de una pipeta.
- Secado: Se lleva el recipiente al horno por 24 horas.
- Pesado Final: Retirada la muestra del horno se deja enfriar, y se pesa en la balanza.

\*\* Cálculos y resultados:

El porcentaje de material que pasa la malla N° 200 se obtiene de acuerdo a la siguiente relación:

$$\%pasa N^{\circ}200 = \frac{P.inicial - P.Final}{P.inicial}$$

Donde:

P.Inicial : Peso seco inicial

P.Final : Peso secado en horno después del lavado.

Agregado fino:

En base a los cálculos realizados en el ensayo se tiene el siguiente cuadro:

Cuadro A1.10 Material que pasa la malla N° 200 del Agregado.

PORCENTAJE QUE PASA LA MALLA N°200			
Descripción	MUESTRAS		
	M-1	M-2	M-3
Peso Inicial	500.00	500.00	500.00
Peso Final	477.60	474.20	476.60
Pérdida de Peso	22.40	25.80	23.40
%pasa N°200	4.48	5.16	4.68
Promedio	<b>4.77</b>		

Fuente: Elaboración Propia

El % que pasa la malla N°200 al ser prácticamente igual a 5%, se considera aceptable, para la elaboración de la mezcla de concreto.

#### \* Granulometría

El ensayo realizado a continuación se basa en la NTP. 400.012.

\*\* Equipos y materiales:

- Balanza digital.
- Horno.
- Recipientes.
- Pala.
- Zaranda Mecánica.
- Juego de Tamices normalizados.
- Agregado fino.
- Agregado grueso.

\*\* Procedimiento:

#### Agregado grueso:

El procedimiento para la granulometría del agregado grueso (piedra) se realiza de la siguiente manera:

- Secado Inicial: Se toma una muestra de agregado grueso y se lleva al horno.

- Homogenización de la muestra: La muestra secada, se coloca en el suelo y con ayuda de la pala cuartear.
- Pesado y zarandeado: Se pesa 10 kg de muestra y se coloca en la zaranda mecánica por espacio de 2 minutos. Finalizado el zarandeado se pesa el material retenido por cada malla normalizada.

#### Agregado fino:

El procedimiento para la granulometría del agregado fino (arena) se realiza de la siguiente manera:

- Secado Inicial: Se toma una muestra de agregado fino y se lleva al horno.
- Homogenización de la muestra: La muestra secada, se coloca en el suelo y con ayuda de la pala cuartear.
- Pesado y zarandeado: Se pesa 500 gramos de muestra y se coloca en el juego de tamices por espacio de 2 minutos. Finalizado el tamizado se pesa el material retenido por cada tamiz normalizado.

#### \*\* Cálculos y resultados:

Uno de los parámetros más relevantes en la granulometría es el llamado Módulo de Finura, el cual se halla con la siguiente expresión:

$$M.F = \frac{\sum \%Ret.Acumulado(3", 1\frac{1}{2}", 3/4", 3/8, N4, N8, N16, N30, N50, N100)}{100}$$

#### Agregado grueso:

La granulometría del agregado grueso, es el siguiente:



**Muestra 1:**

Cuadro A1.11 Granulometría de Muestra 1 del Agregado Grueso

TAMIZ	PESO RETENIDO (grs)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO
2 1/2"	0	0.00	0.00	100.00
2"	0	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	0	0.00	0.00	100.00
1"	1180	11.80	11.80	88.20
3/4"	4870	48.70	60.50	39.50
1/2"	2910	29.10	89.60	10.40
3/8"	380	3.80	93.40	6.60
N°4	620	6.20	99.60	0.40
N°8	0	0.00	99.60	0.40
N°16	0	0.00	99.60	0.40
N°30	0	0.00	99.60	0.40
N°50	0	0.00	99.60	0.40
N°100	0	0.00	99.60	0.40
FONDO	40	0.40	100.00	0.00
SUMA	10000			
MF=			7.52	

Fuente: Elaboración Propia

Al graficar los husos de la norma y el de la muestra en ensayo, se tiene que el mejor ajuste es el siguiente:

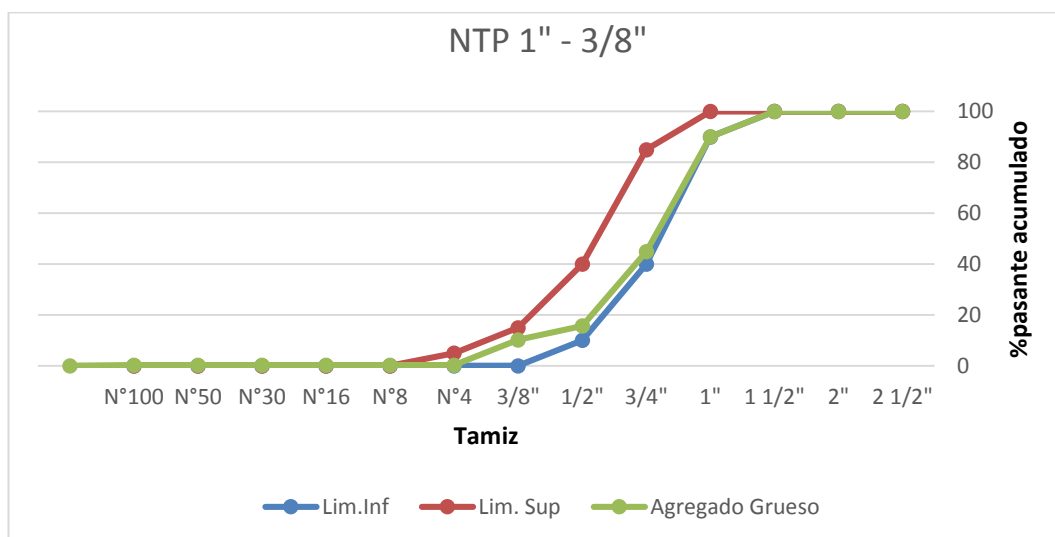


Figura A1.1 Husos Granulométricos de la Muestra 1 del Agregado Grueso  
Fuente: Elaboración Propia

**Muestra 2:**

Cuadro A1.12 Granulometría de Muestra 2 del Agregado Grueso

TAMIZ	PESO RETENIDO (grs)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO
2 1/2"	0	0.00	0.00	100.00
2"	0	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	0	0.00	0.00	100.00
1"	920	9.20	9.20	90.80
3/4"	5410	54.10	63.30	36.70
1/2"	2790	27.90	91.20	8.80
3/8"	320	3.20	94.40	5.60
N°4	520	5.20	99.60	0.40
N°8	0	0.00	99.60	0.40
N°16	0	0.00	99.60	0.40
N°30	0	0.00	99.60	0.40
N°50	0	0.00	99.60	0.40
N°100	0	0.00	99.60	0.40
FONDO	40	0.40	100.00	0.00
SUMA	10000			
MF=			7.55	

Fuente: Elaboración Propia

Al graficar los husos de la norma y el de la muestra en ensayo, se tiene que el mejor ajuste es el siguiente:

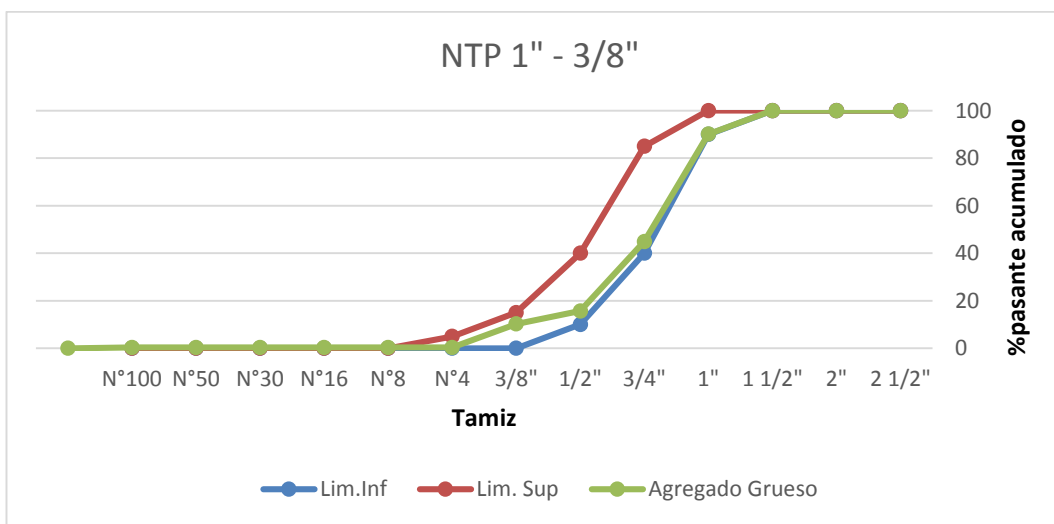


Figura A1.2 Husos Granulométricos de la Muestra 2 del Agregado Grueso

Fuente: Elaboración Propia

**Muestra 3:**

Cuadro A1.13 Granulometría de Muestra 3 del Agregado Grueso

TAMIZ	PESO RETENIDO (grs)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO
2 1/2"	0	0.00	0.00	100.00
2"	0	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	0	0.00	0.00	100.00
1"	990	9.90	9.90	90.10
3/4"	4520	45.20	55.10	44.90
1/2"	2920	29.20	84.30	15.70
3/8"	550	5.50	89.80	10.20
N°4	990	9.90	99.70	0.30
N°8	0	0.00	99.70	0.30
N°16	0	0.00	99.70	0.30
N°30	0	0.00	99.70	0.30
N°50	0	0.00	99.70	0.30
N°100	0	0.00	99.70	0.30
FONDO	30	0.30	100.00	0.00
SUMA	10000			
MF=			7.43	

Fuente: Elaboración Propia

Al graficar los husos de la norma y el de la muestra en ensayo, se tiene que el mejor ajuste es el siguiente:

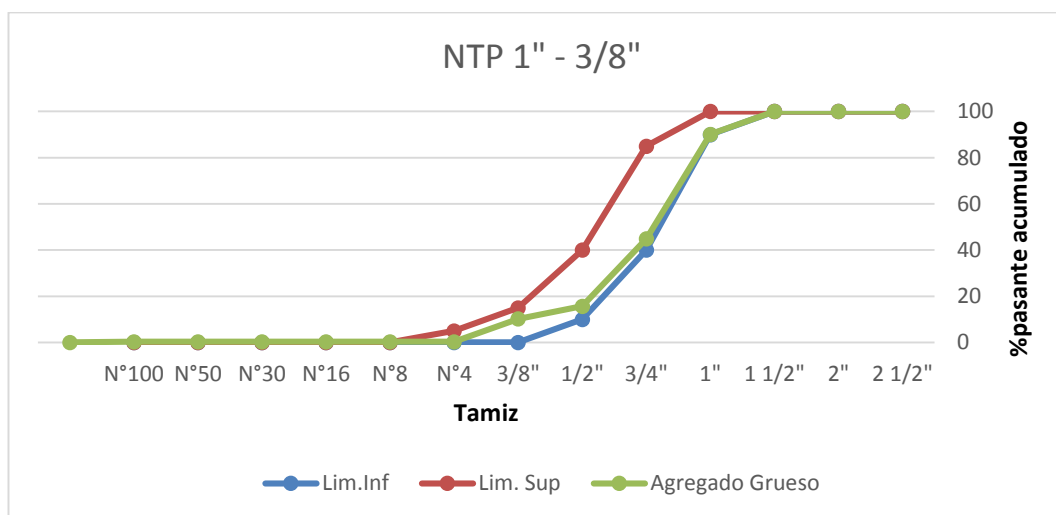


Figura A1.3 Husos Granulométricos de la Muestra 3 del Agregado Grueso

Fuente: Elaboración Propia

**Agregado fino:**

La granulometría del agregado fino, es el siguiente:

**Muestra 1:**

Cuadro A1.14 Granulometría de Muestra 1 del Agregado Fino

TAMIZ	PESO RETENIDO (grs)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO
2 1/2"	0.0	0.00	0.00	100.00
2"	0.0	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	0.0	0.00	0.00	100.00
1"	0.0	0.00	0.00	100.00
3/4"	0.0	0.00	0.00	100.00
1/2"	0.0	0.00	0.00	100.00
3/8"	0.0	0.00	0.00	100.00
N°4	15.5	3.10	3.10	96.90
N°8	86.5	17.30	20.40	79.60
N°16	136.0	27.20	47.60	52.40
N°30	120.5	24.10	71.70	28.30
N°50	77.0	15.40	87.10	12.90
N°100	38.0	7.60	94.70	5.30
FONDO	26.5	5.30	100.00	0.00
SUMA	500			
MF=			3.25	

Fuente: Elaboración Propia

Al graficar los husos de la norma con la muestra de ensayo se tiene la siguiente gráfica para la gradación media:

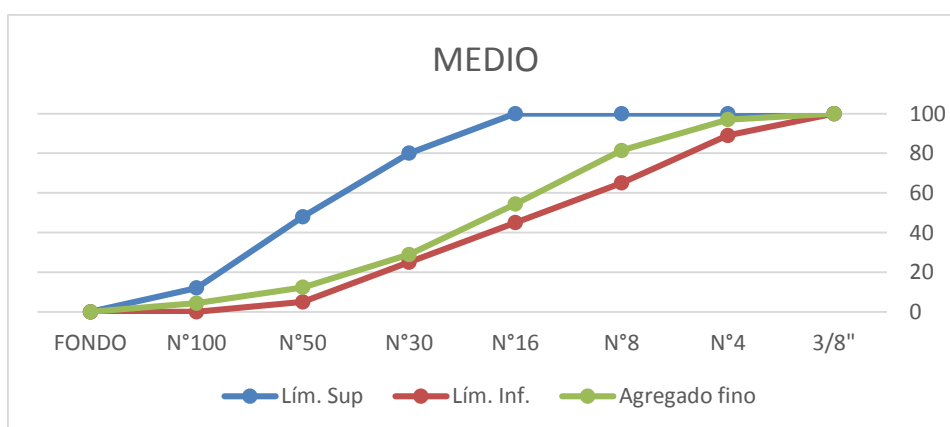


Figura A1.4 Husos Granulométricos de la Muestra 1 del Agregado Fino  
Fuente: Elaboración Propia

Comentario: La mejor gradación es la Media (M)

**Muestra 2:**

Cuadro A1.15 Granulometría de Muestra 2 del Agregado Fino

TAMIZ	PESO RETENIDO (grs)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO
2 1/2"	0.0	0.00	0.00	100.00
2"	0.0	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	0.0	0.00	0.00	100.00
1"	0.0	0.00	0.00	100.00
3/4"	0.0	0.00	0.00	100.00
1/2"	0.0	0.00	0.00	100.00
3/8"	0.0	0.00	0.00	100.00
N°4	10.0	2.00	2.00	98.00
N°8	60.6	12.12	14.12	85.88
N°16	120.1	24.02	38.14	61.86
N°30	132.2	26.44	64.58	35.42
N°50	94.2	18.84	83.42	16.58
N°100	51.7	10.34	93.76	6.24
FONDO	31.2	6.24	100.00	0.00
SUMA	500			
MF=			2.96	

Fuente: Elaboración Propia

Al graficar los husos de la norma con la muestra de ensayo se tiene la siguiente gráfica para la gradación media:

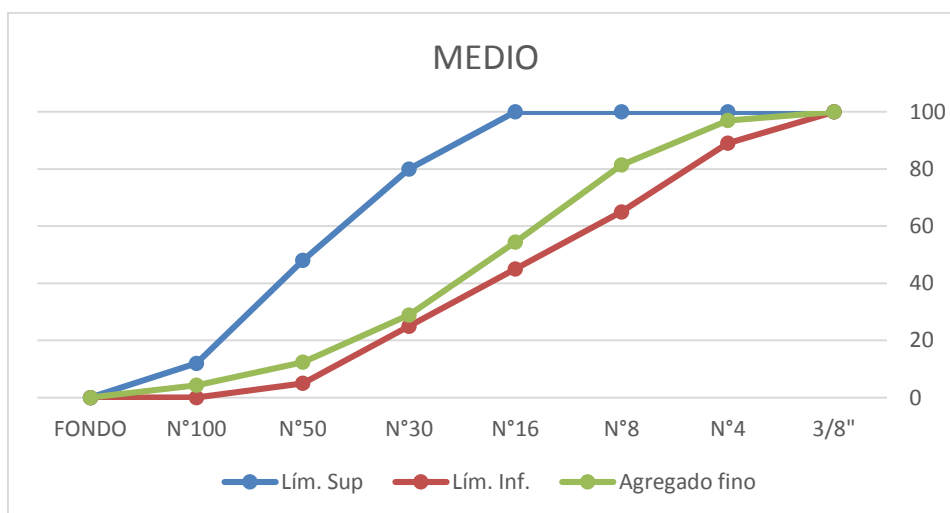


Figura A1.5 Husos Granulométricos de la Muestra 2 del Agregado Fino  
Fuente: Elaboración Propia

Comentario: La mejor gradación es la Media (M)

**Muestra 3:**

Cuadro A1.16 Granulometría de Muestra 3 del Agregado Fino

TAMIZ	PESO RETENIDO (grs)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE ACUMULADO
2 1/2"	0.0	0.00	0.00	100.00
2"	0.0	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	0.0	0.00	0.00	100.00
1"	0.0	0.00	0.00	100.00
3/4"	0.0	0.00	0.00	100.00
1/2"	0.0	0.00	0.00	100.00
3/8"	0.0	0.00	0.00	100.00
N°4	15.1	3.02	3.02	96.98
N°8	78.0	15.60	18.62	81.38
N°16	135.0	27.00	45.62	54.38
N°30	127.2	25.44	71.06	28.94
N°50	82.8	16.56	87.62	12.38
N°100	40.3	8.06	95.68	4.32
FONDO	21.6	4.32	100.00	0.00
SUMA	500			
MF=			3.22	

Fuente: Elaboración Propia

Al graficar los husos de la norma con la muestra de ensayo se tiene la siguiente gráfica para la gradación media:

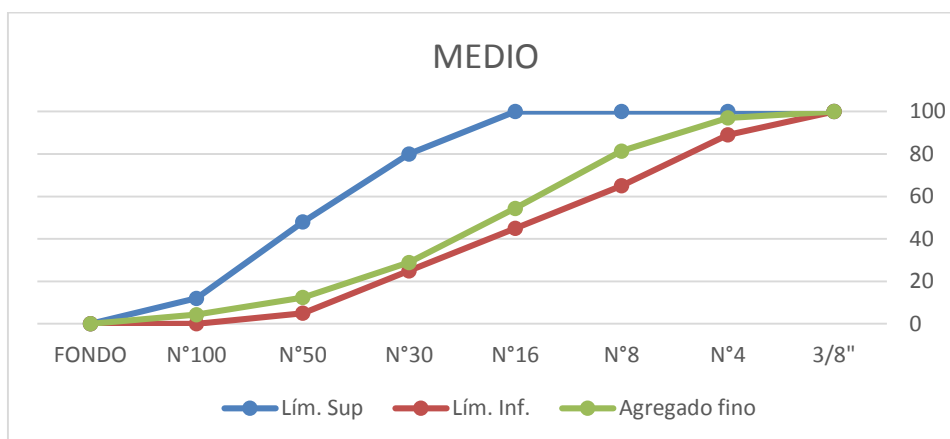


Figura A1.6 Husos Granulométricos de la Muestra 3 del Agregado Fino

Fuente: Elaboración Propia

Comentario: La mejor gradación es la Media (M)

**Resultado Final:** La mejor gradación es la Media (M).

# ANEXO 2:

## AGREGADO GLOBAL

A2.1 Método del Agregado Global para el diseño de mezcla

A2.2 Granulometría del agregado global

## A2.1 Método del Agregado Global para el diseño de mezcla

En este Anexo se determina las proporciones de los agregados óptimos en la mezcla de concreto.

Para este ensayo se tomaron combinaciones de agregados, en la siguiente relación:

Cuadro A2.1 Proporción de Combinación de Agregados

Proporción de Agregados	
Agregado Fino (%)	Agregado Grueso (%)
50	50
52	48
54	46
56	44
58	42

Fuente: Elaboración Propia

### \* **Peso Unitario Compactado de la combinación de Agregados (P.U.C.)**

\*\* Equipos y materiales:

- Balanza digital.
- Balde metálico de volumen normalizado.
- Varilla metálica.
- Pala.
- Agregado grueso.
- Agregado fino.

\*\* Procedimiento:

#### Agregado Global:

El procedimiento para determinar el peso unitario compactado para la combinación de agregados se realiza de la siguiente manera:

- Secado en horno: El agregado grueso y fino a ensayar se seca en horno por 24 horas.



- Pesado previo de recipiente: Se pesa el balde metálico vacío en la balanza digital.
- Homogenización de la muestra: Se coloca la muestra a ensayar en el suelo y con ayuda de la pala cuartear.
- Combinación de Agregados: Se toma una muestra suficiente de agregado grueso y fino, y se combina de acuerdo a la proporción establecida.
- Colocación en recipiente: Se coloca la muestra combinada en el balde metálico. (3 capas).
- Compactado de capas: Cada capa se compacta en 25 golpes con ayuda de la varilla metálica, en forma de espiral de adentro hacia afuera y viceversa.
- Enrasado: Se enrasa la muestra colocada en el balde con ayuda de la varilla metálica.
- Pesado final de recipiente: Se pesa el balde metálico con el agregado interior en la balanza digital.

\*\* Cálculos y resultados:

El Peso Unitario Compactado de la Combinación de Agregados se obtiene de acuerdo a la siguiente relación:

$$P.U.C. = \frac{\text{Peso de la Combinación de Agregados Compactado}}{\text{Volumen del Recipiente}}$$

Agregado Global:

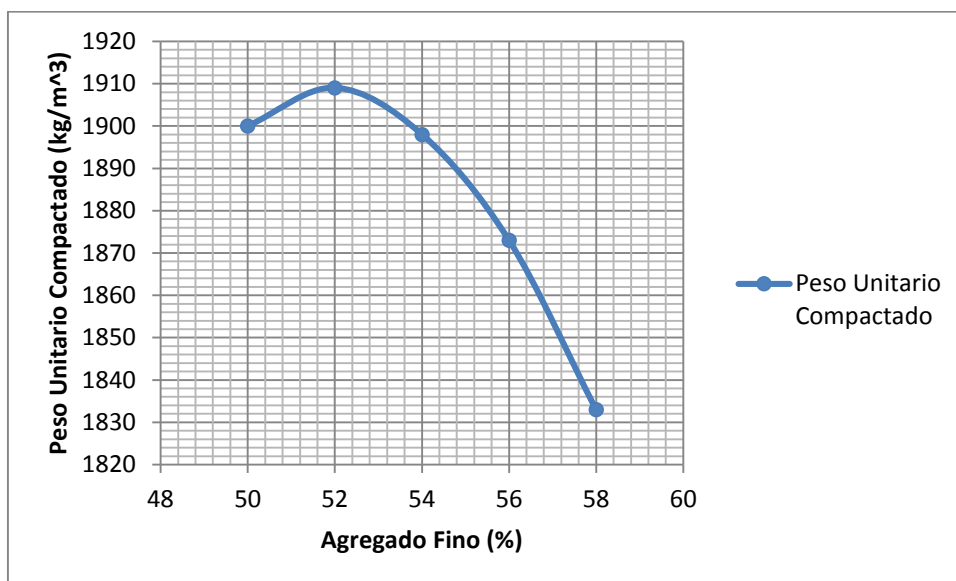
En base a los cálculos realizados en el ensayo se tiene el siguiente cuadro:

Cuadro A2.2 Peso Unitario Compactado de la Combinación de Agregados

PESO UNITARIO COMPACTADO (kg/m <sup>3</sup> )	PROPORCIÓN DE AGREGADOS	
	A. FINO	A. GRUESO
1900	50	50
1909	52	48
1898	54	46
1873	56	44
1833	58	42

Fuente: Elaboración Propia

A continuación se grafica el cuadro anterior, resultando:



Gráfica A2.1 Peso Unitario Compactado de la Combinación de Agregados

Fuente: Elaboración Propia

**Resultado Final:** La curva nos proporciona el óptimo valor de la combinación de los agregados. Siendo estos: %Agregado Grueso =48% y %Agregado Fino = 52%

## A2.1 Granulometría del agregado global

En base a la combinación de agregados hallada se puede, combinar los agregados para formar el agregado global. A continuación, se presenta la granulometría del agregado global para cada combinación de muestras de los agregados.

### Muestra 1:

Cuadro A2.3 Granulometría del Agregado Global de la muestra 1

TAMIZ (# MALLA)	% RET ( GRUESO )	PESO RETENIDO	% RET ( FINO )	PESO RETENIDO	GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GLOBAL		
		48		52	% Ret (global)	% Ret. Acum.	% que pasa
3 "	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2 "	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00	100.00
2 "	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2 "	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	100.00
1 "	11.80	5.66	0	0.00	5.66	5.66	94.34
3/4 "	48.70	23.38	0	0.00	23.38	29.04	70.96
1/2 "	29.10	13.97	0	0.00	13.97	43.01	56.99
3/8 "	3.80	1.82	0	0.00	1.82	44.83	55.17
N ° 4	6.20	2.98	3.1	1.61	4.59	49.42	50.58
N ° 8	0.00	0.00	17.3	9.00	9.00	58.42	41.58
N ° 16	0.00	0.00	27.2	14.14	14.14	72.56	27.44
N ° 30	0.00	0.00	24.1	12.53	12.53	85.09	14.91
N ° 50	0.00	0.00	15.4	8.01	8.01	93.10	6.90
N ° 100	0.00	0.00	7.6	3.95	3.95	97.05	2.95
FONDO	0.40	0.19	5.3	2.76	2.95	100.00	0.00
SUMA	100	48	100	52	100	MODULO DE FINURA	<b>5.30</b>

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se muestra la figura de la granulometría del agregado global de la muestra 1.

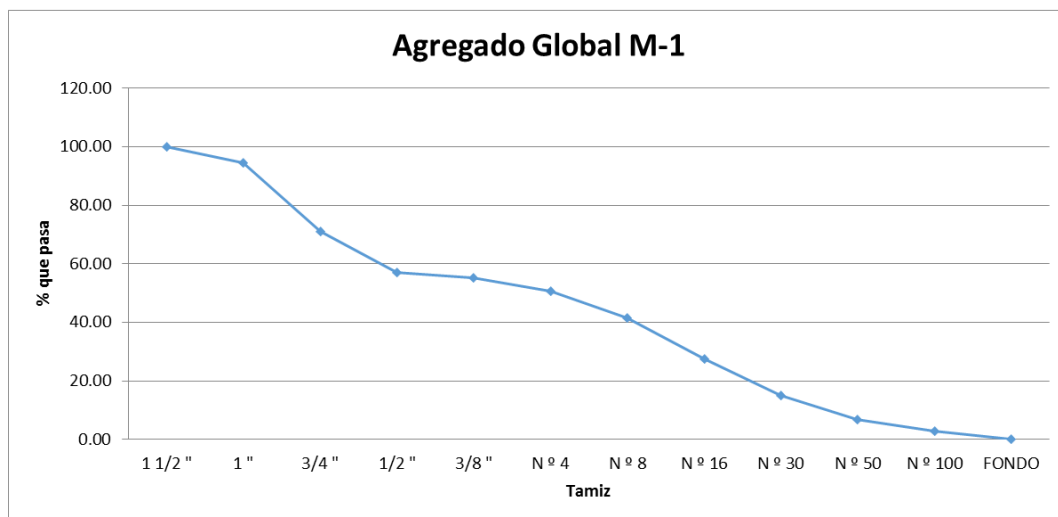


Figura A2.2 Curva Granulométrica del agregado global de la muestra 1.

Fuente: Elaboración Propia

**Muestra 2:**

Cuadro A2.4 Granulometría del Agregado Global de la muestra 2

TAMIZ (# MALLA)	% RET ( GRUESO )	PESO RETENIDO		% RET ( FINO )	GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GLOBAL		
		48	52		% Ret (global)	% Ret. Acum.	% que pasa
3 "	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	100.00
2 1/2 "	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	100.00
2 "	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	100.00
1 1/2 "	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	100.00
1 "	9.20	4.42	0.00	0	4.42	4.42	95.58
3/4 "	54.10	25.97	0.00	0	25.97	30.38	69.62
1/2 "	27.90	13.39	0.00	0	13.39	43.78	56.22
3/8 "	3.20	1.54	0.00	0	1.54	45.31	54.69
N° 4	5.20	2.50	2	1.04	3.54	48.85	51.15
N° 8	0.00	0.00	12.12	6.30	6.30	55.15	44.85
N° 16	0.00	0.00	24.02	12.49	12.49	67.64	32.36
N° 30	0.00	0.00	26.44	13.75	13.75	81.39	18.61
N° 50	0.00	0.00	18.84	9.80	9.80	91.19	8.81
N° 100	0.00	0.00	10.34	5.38	5.38	96.56	3.44
FONDO	0.40	0.19	6.24	3.24	3.44	100.00	0.00
SUMA	100	48	100	52	100	MODULO DE FINURA	<b>5.16</b>

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se muestra la figura de la granulometría del agregado global de la muestra 2.

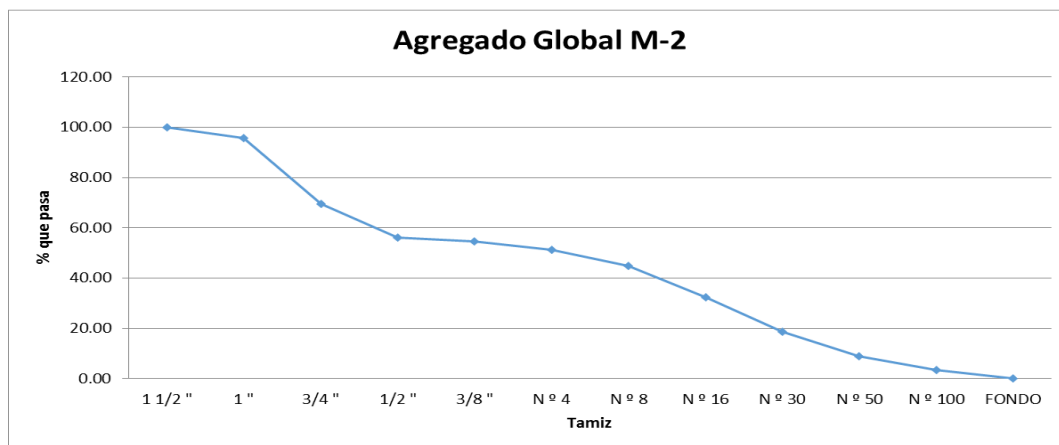


Figura A2.3 Curva Granulométrica del agregado global de la muestra 2.  
Fuente: Elaboración Propia

### Muestra 3:

Cuadro A2.5 Granulometría del Agregado Global de la muestra 3

TAMIZ (# MALLA)	% RET ( GRUESO )	PESO RETENIDO	% RET ( FINO )	PESO RETENIDO	GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GLOBAL		
		48		52	% Ret (global)	% Ret. Acum.	% que pasa
3 "	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2 "	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00	100.00
2 "	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2 "	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	100.00
1 "	9.90	4.75	0	0.00	4.75	4.75	95.25
3/4 "	45.20	21.70	0	0.00	21.70	26.45	73.55
1/2 "	29.20	14.02	0	0.00	14.02	40.46	59.54
3/8 "	5.50	2.64	0	0.00	2.64	43.10	56.90
N ° 4	9.90	4.75	3.02	1.57	6.32	49.43	50.57
N ° 8	0.00	0.00	15.6	8.11	8.11	57.54	42.46
N ° 16	0.00	0.00	27	14.04	14.04	71.58	28.42
N ° 30	0.00	0.00	25.44	13.23	13.23	84.81	15.19
N ° 50	0.00	0.00	16.56	8.61	8.61	93.42	6.58
N ° 100	0.00	0.00	8.06	4.19	4.19	97.61	2.39
FONDO	0.30	0.14	4.32	2.25	2.39	100.00	0.00
SUMA	100	48	100	52	100	MODULO DE FINURA	<b>5.24</b>

Fuente: Elaboración Propia

A continuación se muestra la figura de la granulometría del agregado global de la muestra 3.

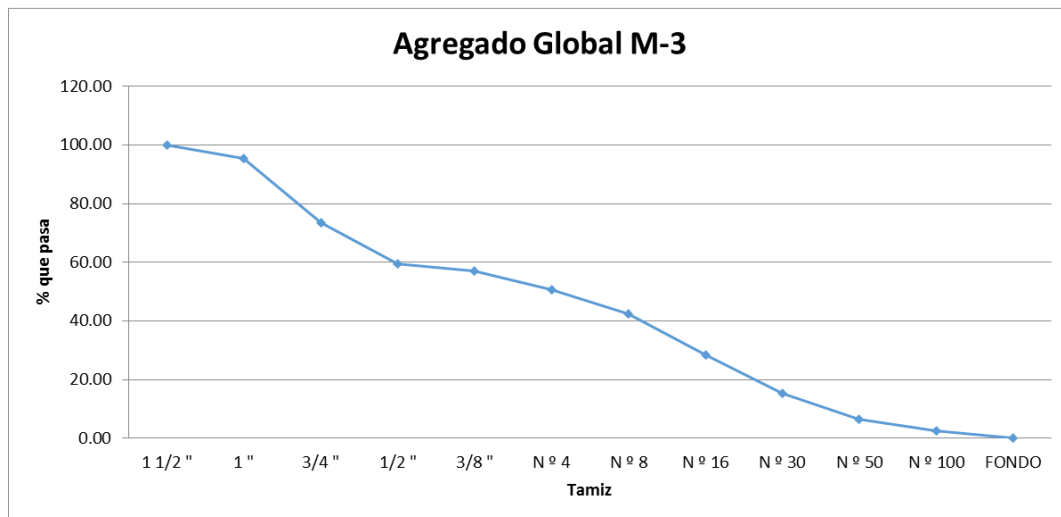


Figura A2.4 Curva Granulométrica del agregado global de la muestra 3.

Fuente: Elaboración Propia

A continuación se presenta el cuadro resumen con los valores de Módulo de Finura del Agregado Global para cada muestra combinada.

Cuadro A2.6 Resumen de los Módulos de Finura del Agregado Global para cada muestra.

MUESTRA	MÓDULO DE FINURA
M-1	5.30
M-2	5.16
M-3	5.24
Promedio	<b>5.23</b>

Fuente: Elaboración Propia

# ANEXO 3:

## DISEÑO DE MEZCLA

A3.1 Metodología de mezclado

A3.2 Prueba de Agua del concreto elaborado con equipo mecánico

A3.3 Prueba del Agregado por Resistencia del concreto elaborado con equipo mecánico

A3.4 Diseño de Mezcla de concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo

### A3.1 Metodología de mezclado

#### \* Mezcla de Concreto en Terreno Natural

##### \*\* Equipos y materiales:

- Agregados
- Agua
- Cemento
- Pala.
- Baldes.

##### \*\* Procedimiento:

El procedimiento para la mezcla de concreto en terreno natural se realiza de la siguiente manera:

- Preparación de Componentes: Dosificar en cantidades definidas cada componente a mezclar (agregados, cemento y agua)
- Preparado de terreno: Se determina un área de mezclado óptimo, con superficie limpia y sin material extraño, plana y sin hendiduras.
- Mezclado Previo: Se coloca los agregados (grueso y fino) en el terreno elegido, y se bate con la pala de manera que todo el material sea mezclado, se hace una corona de los agregados mezclados.
- Primera incorporación: Dentro de la corona se coloca todo el cemento y la mitad del agua, cuidando que el agua no sobrepase los márgenes de la corona, se deja reposar brevemente y se bate con la pala hasta que la mezcla tenga consistencia homogénea. Se hace una pequeña corona.
- Segunda incorporación: Dentro de la corona se incorpora el agua que falta, cuidando que el agua no sobrepase los márgenes de la corona, se deja reposar brevemente y se bate con la pala hasta que la mezcla tenga consistencia homogénea.



### \* Mezcla de Concreto con Equipo Mecánico

#### \*\* Equipos y materiales:

- Agregados
- Agua
- Cemento
- Baldes.
- Equipo de mezclado

#### \*\* Procedimiento:

El procedimiento para la mezcla de concreto en equipo se realiza de la siguiente manera:

- Preparación de Componentes: Dosificar en cantidades definidas cada componente a mezclar (agregados, cemento y agua)
- Preparado del equipo: Se limpia el equipo de mezclado, antes de colocar los primeros componentes, mojar la superficie de contacto del equipo, para evitar absorción de agua de mezclado.
- Mezclado Previo: Se coloca los agregados (grueso y fino) en el equipo y se da un primer batido, hasta que la mezcla sea homogénea.
- Primera incorporación: Se añade el cemento en su totalidad y se incorpora parte del agua, seguidamente se bate cuidando que la mezcla sea homogénea.
- Segunda incorporación: Se añade el resto del agua mientras se bate, y se sigue con este procedimiento, por un periodo de tiempo prudente, hasta que la mezcla sea homogénea.

### \* Mezcla de Concreto con Equipo mecánico y Aditivo

#### \*\* Equipos y materiales:

- Agregados
- Agua
- Cemento
- Aditivo

- Baldes.
- Equipo de mezclado

\*\* Procedimiento:

El procedimiento para la mezcla de concreto en equipo con aditivo se realiza de la siguiente manera:

- Preparación de Componentes: Dosificar en cantidades definidas cada componente a mezclar (agregados, cemento, agua y aditivo)
- Preparado del equipo: Se limpia el equipo de mezclado, antes de colocar los primeros componentes, mojar la superficie de contacto del equipo, para evitar absorción de agua de mezclado.
- Preparación del aditivo: Se incorpora el aditivo en su totalidad en la mitad del agua de diseño, batiendo uniformemente.
- Mezclado Previo: Se coloca los agregados (grueso y fino) en el equipo y se da un primer batido, hasta que la mezcla sea homogénea.
- Primera incorporación: Se añade el cemento en su totalidad y se incorpora parte del agua mezclada con el aditivo, seguidamente se bate cuidando que la mezcla sea homogénea.
- Segunda incorporación: Se añade el resto del agua mientras se bate, y se sigue con este procedimiento, por un periodo de tiempo prudente, hasta que la mezcla sea homogénea.

### A3.2 Prueba de Agua del concreto elaborado con equipo mecánico

#### A 3.2.1 Propiedades de los materiales:

En base a los ensayos realizados en el laboratorio se tiene las propiedades de los agregados (Cuadro 3.9 y Cuadro 4.1), para el caso del cemento se emplea los datos del fabricante (Cuadro 3.10). Para el diseño de mezcla se emplea los valores rescatados que se muestran en el Cuadro A3.1

Cuadro A3.1 Resumen de propiedades de los materiales para el diseño

<b>CEMENTO</b>	<b>VALOR</b>
Peso Específico (g/cm <sup>3</sup> )	3.15
<b>AGREGADO GRUESO</b>	
Porcentaje de Combinación (%)	48
Peso Específico de Masa (g/cm <sup>3</sup> )	2.66
Absorción (%)	0.84
Contenido de Humedad (%)	0.33
<b>AGREGADO FINO</b>	
Porcentaje de Combinación (%)	52
Peso Específico de Masa (g/cm <sup>3</sup> )	2.62
Absorción (%)	1.12
Contenido de Humedad (%)	0.83

Fuente: Elaboración Propia

A 3.2.2 Diseños de Prueba de Agua del concreto elaborado con equipo mecánico

\* Diseño de concreto elaborado con equipo mecánico ( $a/c=0.60$ )

A continuación, se detallará el procedimiento de cálculo del diseño de concreto elaborado con equipo mecánico para  $a/c=0.60$  con agua=220 Lt. como ejemplo, el resto de diseños se desarrolla de manera similar.

\*\* Diseño de concreto elaborado con equipo mecánico para  $a/c=0.60$  con agua=220 Lt.

**- Determinación de Cemento:**

$$a/c = \frac{a}{c} \rightarrow 0.60 = \frac{220 \text{ lt.}}{c} \rightarrow c = 366.67 \text{ kg.}$$

**- Determinación de volúmenes absolutos:**

$$V_{abs_i} = \frac{Peso_i}{PesoEspecifico_i}$$

$$\text{Cemento: } V_{abs_c} = \frac{366.67}{3150} = 0.1164 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua: } V_{abs_a} = \frac{220}{1000} = 0.2200 \text{ m}^3$$

$$\text{Cemento + Agua + Arena + Piedra} = 1 \text{ m}^3$$

$$\text{Arena + Piedra} = 1 - 0.1164 - 0.2200 = 0.6636 \text{ m}^3$$

$$\text{Arena: } V_{abs_{ar}} = 0.52 * 0.6636 = 0.3451 \text{ m}^3$$

$$\text{Piedra: } V_{abs_{pi}} = 0.48 * 0.6636 = 0.3185 \text{ m}^3$$

#### - Determinación de diseño seco:

$$\text{Cemento} = 366.67 \text{ Kg.}$$

$$\text{Agua} = 220 \text{ Lt.}$$

$$\text{Arena} = Pe * V_{abs_{ar}} = 2.62 * 1000 * 0.3451 = 904.09 \text{ Kg.}$$

$$\text{Piedra} = Pe * V_{abs_{pi}} = 2.66 * 1000 * 0.3185 = 847.28 \text{ Kg.}$$

#### - Diseño Unitario Seco (D.U.S):

$$DUS_i = \frac{\text{Peso}_i}{\text{PesoCemento}}$$

$$\text{Cemento} = \frac{366.67}{366.67} = 1$$

$$\text{Agua} = \frac{220}{366.67} = 0.60$$

$$\text{Arena} = \frac{904.09}{366.67} = 2.47$$

$$\text{Piedra} = \frac{847.28}{366.67} = 2.31$$

#### - Diseño de Obra (D.O):

$$\text{Cemento} = 366.67 \text{ Kg.}$$

Agua: Hallamos el aporte y la retención de agua de los agregados.

Aporte y Retención de la arena:

$$\frac{(\%humedad - \%absorción) * \text{Arena Seca}}{100} = \frac{(0.83 - 1.12) * 904.09}{100} = -2.6218$$

Aporte y Retención de la piedra:

$$\frac{(\%humedad - \%absorción) * \text{Arena Seca}}{100} = \frac{(0.33 - 0.84) * 847.28}{100} = -4.3211$$

Por lo tanto: Agua = 220 lt. - (-2.6218 - 4.3211) = 226.94 lt.

Arena: Para el cálculo de la cantidad de arena en obra, se debe considerar la humedad del agregado.

$$\text{Arena} = (1 + \% \text{Humedad}/100) * \text{Peso Arena Seca}$$

$$\text{Arena} = (1 + 0.83/100) * 904.09 = 911.59 \text{ Kg.}$$

Piedra: Para el cálculo de la cantidad de piedra en obra, se debe considerar la humedad del agregado.

$$\text{Piedra} = (1 + \% \text{Humedad}/100) * \text{Peso Arena Seca}$$

$$\text{Piedra} = (1 + 0.33/100) * 847.28 = 850.08 \text{ Kg.}$$

#### - Diseño Unitario de Obra (D.U.O):

$$DUO_i = \frac{DO_i}{\text{PesoCemento}}$$

$$\text{Cemento} = \frac{366.67}{366.67} = 1$$

$$\text{Agua} = \frac{226.94}{366.67} = 0.62$$

$$\text{Arena} = \frac{911.59}{366.67} = 2.49$$

$$\text{Piedra} = \frac{850.08}{366.67} = 2.32$$

#### - Diseño de Laboratorio:

$$\text{Sumatoria de D.U.O} = 1 + 0.62 + 2.49 + 2.32 = 6.42$$

Se hará vaciados de 54 Kg. en el laboratorio, para ellos se multiplica a cada D.U.O por el factor ( 54/6.42) = 8.4066

$$\text{Cemento} = D.U.O_{\text{cemento}} * 8.4066 = 1 * 8.4066 = 8.41 \text{ Kg.}$$

$$\text{Agua} = D.U.O_{\text{agua}} * 8.4066 = 0.62 * 8.4066 = 5.20 \text{ Lt.}$$

$$\text{Arena} = D.U.O_{\text{arena}} * 8.4066 = 2.49 * 8.4066 = 20.90 \text{ Kg.}$$

$$\text{Piedra} = D.U. O_{\text{piedra}} * 8.4066 = 2.32 * 8.4066 = 19.49 \text{ Kg.}$$

A continuación se resume los diseños de prueba de agua del concreto elaborado con equipo mecánico (a/c = 0.60), a la vez se indica el asentamiento presentado.

Cuadro A3.2 Diseños para la prueba de agua del concreto elaborado con equipo mecánico (a/c = 0.60)

PRUEBA DE AGUA	MATERIAL	CANT. SECO	V.ABS	DUS	DO	DUO	LAB.	UND.
Agua = 220 Lt.	CEMENTO	366.67	0.1164	1.00	366.67	1.00	8.41	Kg.
	AGUA	220.00	0.2200	0.60	226.94	0.62	5.20	Lts.
	ARENA	904.09	0.3451	2.47	911.59	2.49	20.90	Kg.
	PIEDRA	847.28	0.3185	2.31	850.08	2.32	19.49	Kg.
	Asentamiento : 1 1/2"							
Agua = 230 Lt.	CEMENTO	383.33	0.1217	1.00	383.33	1.00	8.84	Kg.
	AGUA	230.00	0.2300	0.60	236.78	0.62	5.46	Lts.
	ARENA	883.25	0.3371	2.30	890.58	2.32	20.54	Kg.
	PIEDRA	827.76	0.3112	2.16	830.49	2.17	19.16	Kg.
	Asentamiento : 3"							
Agua = 240 Lt.	CEMENTO	400.00	0.1270	1.00	400.00	1.00	9.28	Kg.
	AGUA	240.00	0.2400	0.60	246.62	0.62	5.72	Lts.
	ARENA	862.42	0.3292	2.16	869.58	2.17	20.18	Kg.
	PIEDRA	808.23	0.3038	2.02	810.90	2.03	18.82	Kg.
	Asentamiento : 4 1/4"							

Fuente: Elaboración Propia

\* Diseño de concreto elaborado con equipo mecánico (a/c=0.65)

En el Cuadro A3.3 se presenta los diseños de prueba de agua del concreto elaborado con equipo mecánico (a/c = 0.65), a la vez se indica el asentamiento presentado.

Cuadro A3.3 Diseños para la prueba de agua del concreto elaborado con equipo mecánico  
(a/c=0.65)

PRUEBA DE AGUA	MATERIAL	CANT. SECO	V.ABS	DUS	DO	DUO	LAB.	UND.
Agua = 220 Lt.	CEMENTO	338.46	0.1074	1.00	338.46	1.00	7.77	Kg.
	AGUA	220.00	0.2200	0.65	227.04	0.67	5.21	Lts.
	ARENA	916.28	0.3497	2.71	923.89	2.73	21.22	Kg.
	PIEDRA	858.71	0.3228	2.54	861.55	2.55	19.79	Kg.
	Asentamiento : 1 3/4 "							
Agua = 230 Lt.	CEMENTO	353.85	0.1123	1.00	353.85	1.00	8.18	Kg.
	AGUA	230.00	0.2300	0.65	236.88	0.67	5.47	Lts.
	ARENA	896.01	0.3420	2.53	903.44	2.55	20.88	Kg.
	PIEDRA	839.71	0.3157	2.37	842.48	2.38	19.47	Kg.
	Asentamiento : 3 1/2 "							
Agua = 240 Lt.	CEMENTO	369.23	0.1172	1.00	369.23	1.00	8.59	Kg.
	AGUA	240.00	0.2400	0.65	246.73	0.67	5.74	Lts.
	ARENA	875.73	0.3342	2.37	883.00	2.39	20.53	Kg.
	PIEDRA	820.71	0.3085	2.22	823.41	2.23	19.15	Kg.
	Asentamiento : 4 1/2 "							

Fuente: Elaboración Propia

\* Diseño de concreto elaborado con equipo mecánico (a/c=0.70)

En el Cuadro A3.4 se presenta los diseños de prueba de agua del concreto elaborado con equipo mecánico (a/c = 0.70), a la vez se indica el asentamiento presentado.

Cuadro A3.4 Diseños para la prueba de agua del concreto elaborado con equipo mecánico  
(a/c=0.70)

PRUEBA DE AGUA	MATERIAL	CANT. SECO	V.ABS	DUS	DO	DUO	LAB.	UND.
Agua = 220 Lt.	CEMENTO	314.29	0.1000	1.00	314.29	1.00	7.23	Kg.
	AGUA	220.00	0.2200	0.70	227.12	0.72	5.23	Lts.
	ARENA	926.74	0.3500	2.95	934.43	2.97	21.50	Kg.
	PIEDRA	868.51	0.33	2.76	871.38	2.77	20.05	Kg.
	Asentamiento : 2 1/4"							
Agua = 230 Lt.	CEMENTO	328.57	0.1000	1.00	328.57	1.00	7.61	Kg.
	AGUA	230.00	0.2300	0.70	236.96	0.72	5.49	Lts.
	ARENA	906.94	0.3500	2.76	914.47	2.78	21.17	Kg.
	PIEDRA	849.96	0.32	2.59	852.76	2.6	19.74	Kg.
	Asentamiento : 4"							
Agua = 240 Lt.	CEMENTO	342.86	0.1100	1.00	342.86	1.00	7.99	Kg.
	AGUA	240.00	0.2400	0.70	246.81	0.72	5.75	Lts.
	ARENA	887.14	0.3400	2.59	894.50	2.61	20.84	Kg.
	PIEDRA	831.40	0.31	2.42	834.14	2.43	19.43	Kg.
	Asentamiento : 5 3/4"							

Fuente: Elaboración Propia

### A3.3 Prueba del Agregado por Resistencia del concreto elaborado con equipo mecánico

Con la prueba del agua, se conoce la cantidad de agua para cada diseño (Cuadro 6.13), y con el ensayo de agregado global (Cuadro 4.1) se conoce que los porcentajes de participación de los agregados son:

Arena = 52%

Piedra = 48%

Haciendo variar el porcentaje de +/- 3%, se genera diseños para cada relación agua/cemento. A continuación se detallará el procedimiento de cálculo de la prueba de agregado por resistencia del concreto elaborado con equipo mecánico (a/c=0.60) para arena =49%, como ejemplo, el resto de diseños se desarrolla de manera similar.



\* Diseño de concreto elaborado con equipo mecánico ( $a/c=0.60$ ) para arena =49%

**- Determinación de Cemento:**

$$a/c = \frac{a}{c} \rightarrow 0.60 = \frac{237.8 \text{ lt.}}{c} \rightarrow c = 396.33 \text{ kg.}$$

**- Determinación de volúmenes absolutos:**

$$Vabs_i = \frac{Peso_i}{PesoEspecifico_i}$$

$$\text{Cemento: } Vabs_c = \frac{396.33}{3150} = 0.1258 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua: } Vabs_a = \frac{237.8}{1000} = 0.2378 \text{ m}^3$$

$$\text{Cemento + Agua + Arena + Piedra} = 1 \text{ m}^3$$

$$\text{Arena + Piedra} = 1 - 0.1258 - 0.2378 = 0.6364 \text{ m}^3$$

$$\text{Arena: } Vabs_{ar} = 0.49 * 0.6636 = 0.3118 \text{ m}^3$$

$$\text{Piedra: } Vabs_{pi} = 0.51 * 0.6636 = 0.3246 \text{ m}^3$$

**- Determinación de diseño seco:**

$$\text{Cemento} = 396.33 \text{ Kg.}$$

$$\text{Agua} = 237.80 \text{ Lt.}$$

$$\text{Arena} = Pe * Vabs_{ar} = 2.62 * 1000 * 0.3118 = 816.98 \text{ Kg.}$$

$$\text{Piedra} = Pe * Vabs_{pi} = 2.66 * 1000 * 0.3246 = 863.31 \text{ Kg.}$$

**- Diseño Unitario Seco (D.U.S):**

$$DUS_i = \frac{Peso_i}{PesoCemento}$$

$$\text{Cemento} = \frac{396.33}{396.33} = 1$$

$$\text{Agua} = \frac{237.80}{396.33} = 0.60$$

$$\text{Arena} = \frac{816.98}{396.33} = 2.06$$

$$\text{Piedra} = \frac{863.31}{396.33} = 2.18$$

**- Diseño de Obra (D.O):**

Cemento = 396.33 Kg.

Agua: Hallamos el aporte y la retención de agua de los agregados.

Aporte y Retención de la arena:

$$\frac{(\%humedad - \%absorción) * \text{Arena Seca}}{100} = \frac{(0.83 - 1.12) * 816.98}{100} = -2.3692$$

Aporte y Retención de la piedra:

$$\frac{(\%humedad - \%absorción) * \text{Arena Seca}}{100} = \frac{(0.33 - 0.84) * 863.31}{100} = -4.4029$$

Por lo tanto: Agua = 237.80 lt. - (-2.3692 - 4.4029) = 244.57 lt.

Arena: Para el cálculo de la cantidad de arena en obra, se debe considerar la humedad del agregado.

$$\text{Arena} = (1 + \%Humedad/100) * \text{Peso Arena Seca}$$

$$\text{Arena} = (1 + 0.83/100) * 816.98 = 823.77 \text{ Kg.}$$

Piedra: Para el cálculo de la cantidad de piedra en obra, se debe considerar la humedad del agregado.

$$\text{Piedra} = (1 + \%Humedad/100) * \text{Peso Arena Seca}$$

$$\text{Piedra} = (1 + 0.33/100) * 863.31 = 866.16 \text{ Kg.}$$

**- Diseño Unitario de Obra (D.U.O):**

$$DUO_i = \frac{DO_i}{\text{PesoCemento}}$$

$$\text{Cemento} = \frac{396.33}{396.33} = 1$$

$$\text{Agua} = \frac{244.57}{396.33} = 0.62$$

$$\text{Arena} = \frac{823.77}{396.33} = 2.08$$

$$\text{Piedra} = \frac{866.16}{396.33} = 2.19$$

**- Diseño de Laboratorio:**

$$\text{Sumatoria de D.U.O} = 1 + 0.62 + 2.08 + 2.19 = 5.88$$

Se hará vaciados de 54 Kg. en el laboratorio, para ellos se multiplica a cada D.U.O por el factor ( 54/5.88) = 9.1821

$$\text{Cemento} = D.U.O_{\text{cemento}} * 9.1821 = 1 * 9.1821 = 9.18 \text{ Kg.}$$

$$\text{Agua} = D.U.O_{\text{agua}} * 9.1821 = 0.62 * 9.1821 = 5.67 \text{ Lt.}$$

$$\text{Arena} = D.U.O_{\text{arena}} * 9.1821 = 2.08 * 9.1821 = 19.08 \text{ Kg.}$$

$$\text{Piedra} = D.U.O_{\text{piedra}} * 9.1821 = 2.19 * 9.1821 = 20.07 \text{ Kg.}$$

A continuación se resume los diseños de prueba de agregados por resistencia para cada relación agua/cemento

Cuadro A3.5 Diseños para la prueba del agregado por resistencia del concreto elaborado con equipo mecánico (a/c = 0.60)

Porcentaje	MATERIAL	CANT. SECO	V.ABS	DUS	DO	DUO	LAB.	UND.
Arena=49% Piedra=51%	CEMENTO	396.33	0.1258	1.00	396.33	1.00	9.18	Kg.
	AGUA	237.80	0.2378	0.60	244.57	0.62	5.67	Lts.
	ARENA	816.98	0.3118	2.06	823.77	2.08	19.08	Kg.
	PIEDRA	863.31	0.3246	2.18	866.16	2.19	20.07	Kg.
Arena=52% Piedra=48%	CEMENTO	396.33	0.1258	1.00	396.33	1.00	9.18	Kg.
	AGUA	237.80	0.2378	0.60	244.46	0.62	5.67	Lts.
	ARENA	867.00	0.3309	2.19	874.2	2.21	20.26	Kg.
	PIEDRA	812.53	0.30546	2.05	815.21	2.06	18.89	Kg.
Arena=55% Piedra=45%	CEMENTO	396.33	0.1258	1.00	396.33	1.00	9.19	Kg.
	AGUA	237.80	0.2378	0.60	244.34	0.62	5.66	Lts.
	ARENA	917.02	0.3500	2.31	924.63	2.33	21.43	Kg.
	PIEDRA	761.75	0.2864	1.92	764.26	1.93	17.72	Kg.

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro A3.6 Diseños para la prueba del agregado por resistencia del concreto elaborado con equipo mecánico (a/c = 0.65)

Porcentaje	MATERIAL	CANT. SECO	V.ABS	DUS	DO	DUO	LAB.	UND.
Arena=49% Piedra=51%	CEMENTO	362.00	0.1149	1.00	362	1.00	8.39	Kg.
	AGUA	235.30	0.2353	0.65	242.1	0.67	5.61	Lts.
	ARENA	885.26	0.3379	2.45	892.61	2.47	20.70	Kg.
	PIEDRA	829.64	0.31189	2.29	832.38	2.3	19.30	Kg.
Arena=52% Piedra=48%	CEMENTO	362.00	0.1149	1.00	362	1.00	8.39	Kg.
	AGUA	235.30	0.2353	0.65	242.21	0.67	5.61	Lts.
	ARENA	834.19	0.3184	2.30	841.11	2.32	19.50	Kg.
	PIEDRA	881.49	0.3314	2.44	884.4	2.44	20.50	Kg.
Arena=55% Piedra=45%	CEMENTO	362.00	0.1149	1.00	362.00	1.00	8.40	Kg.
	AGUA	235.30	0.2353	0.65	241.98	0.67	5.61	Lts.
	ARENA	936.33	0.3574	2.59	944.10	2.61	21.90	Kg.
	PIEDRA	777.79	0.2924	2.15	780.35	2.16	18.10	Kg.

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro A3.7 Diseños para la prueba del agregado por resistencia del concreto elaborado con equipo mecánico (a/c = 0.70)

Porcentaje	MATERIAL	CANT. SECO	V.ABS	DUS	DO	DUO	LAB.	UND.
Arena=49% Piedra=51%	CEMENTO	328.57	0.1043	1.00	328.57	1.00	7.61	Kg.
	AGUA	230.00	0.2300	0.70	236.96	0.72	5.49	Lts.
	ARENA	906.94	0.3462	2.76	914.47	2.78	21.17	Kg.
	PIEDRA	849.96	0.31953	2.59	852.76	2.60	19.74	Kg.
Arena=52% Piedra=48%	CEMENTO	328.57	0.1043	1.00	328.57	1.00	7.60	Kg.
	AGUA	230.00	0.2300	0.70	237.08	0.72	5.49	Lts.
	ARENA	854.61	0.3262	2.60	861.71	2.62	19.94	Kg.
	PIEDRA	903.08	0.3395	2.75	906.06	2.76	20.97	Kg.
Arena=55% Piedra=45%	CEMENTO	328.57	0.1043	1.00	328.57	1.00	7.61	Kg.
	AGUA	230.00	0.2300	0.70	236.85	0.72	5.48	Lts.
	ARENA	959.26	0.3661	2.92	967.22	2.94	22.40	Kg.
	PIEDRA	796.83	0.2996	2.43	799.46	2.43	18.51	Kg.

Fuente: Elaboración Propia

A cada diseño elaborado en laboratorio, se le realizó la prueba de resistencia a la compresión a los 7 días, tres probetas para cada diseño. El procedimiento se detalla en el Anexo 4, y los resultados se muestran en el Cuadro A3.8

Cuadro A3.8 Resistencia a la compresión a los 7 días para los diseños de prueba de agregado por resistencia del concreto elaborado con equipo mecánico (a/c=0.60, 0.65 y 0.70)

Diseño	Muestra	Diámetro 1 (cm)	Diámetro 2 (cm)	Diámetro Promedio (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
a/c=0.60 Arena= 49%	M1	10.025	10.035	10.030	78.970	20382.000	258.090	236.588
	M2	10.025	10.025	10.025	78.930	20446.000	259.030	
	M3	10.040	10.050	10.045	79.210	15259.000	192.643	
a/c=0.60 Arena= 52%	M1	10.100	10.090	10.095	80.080	19636.000	245.209	259.329
	M2	10.080	10.120	10.100	79.960	22107.000	276.476	
	M3	10.035	10.120	10.078	79.430	20357.000	256.303	
a/c=0.60 Arena= 55%	M1	10.010	10.050	10.030	78.850	18072.000	229.182	226.346
	M2	10.010	10.050	10.030	78.850	16059.000	203.654	
	M3	10.060	10.000	10.030	79.250	19511.000	246.202	
a/c=0.65 Arena= 49%	M1	10.040	10.050	10.045	79.210	15298.000	193.135	177.250
	M2	10.000	10.030	10.015	78.660	11765.000	149.572	
	M3	10.025	10.000	10.013	78.830	14903.000	189.041	
a/c=0.65 Arena= 52%	M1	10.055	10.050	10.053	79.390	18142.000	228.528	220.882
	M2	10.055	10.055	10.055	79.410	17398.000	219.102	
	M3	10.060	10.090	10.075	79.600	17116.000	215.015	
a/c=0.65 Arena= 55%	M1	10.035	10.000	10.018	78.950	17310.000	219.245	215.166
	M2	10.025	10.015	10.020	78.890	15566.000	197.304	
	M3	10.000	10.035	10.018	78.680	18013.000	228.948	
a/c=0.70 Arena= 49%	M1	10.035	10.020	10.028	79.030	14804.000	187.318	155.059
	M2	10.000	10.040	10.020	78.700	11662.000	148.189	
	M3	10.030	10.025	10.028	78.990	10243.000	129.671	
a/c=0.70 Arena= 52%	M1	10.080	10.000	10.040	79.480	18148.000	228.320	225.647
	M2	10.060	10.090	10.075	79.600	18119.000	227.615	
	M3	10.060	10.050	10.055	79.450	17558.000	221.007	
a/c=0.70 Arena= 55%	M1	10.015	10.060	10.038	78.950	13006.000	164.732	162.064
	M2	10.030	10.045	10.038	79.070	12792.000	161.779	
	M3	10.055	10.030	10.043	79.310	12664.000	159.682	

Fuente: Elaboración Propia

## A3.4 Diseño de Mezcla de concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo

## A 3.4.1 Características del Aditivo:

A continuación, se determina el peso unitario y el volumen del aditivo para el diseño de concreto elaborado con equipo mecánico ( $a/c=0.60$ ) con 1.5% de aditivo, el resto de diseños se realiza de manera similar.

Densidad del aditivo = 1.11 Kg/lt

Peso de Cemento (para diseño 1) = 396.33 Kg.

Peso del aditivo por  $m^3c = 1.50 \times \text{Peso.cemento} = 5.94495 \text{ kg}/m^3c$

$Volumen \text{ de Aditivo por } m^3c = \frac{1.50 \times \text{Peso.cemento}}{\text{Densidad}} = \frac{1.50 \times 396.33}{1.11} = 0.005358 \text{ m}^3/m^3c$

En el Cuadro A3.9 se resume las características del aditivo, para cada diseño con 1.50%, 1.85% y 2.20% de aditivo para cada uno.

Cuadro A3.9 Características del aditivo para diseños en estudio con variación de aditivo

Diseño	Cemento (Kg.)	%aditivo	W aditivo (kg/m <sup>3</sup> c)	V. aditivo (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> c)
a/c = 0.60	396.33	1.50	5.944950	0.005358
		1.85	7.332105	0.006608
		2.20	8.719260	0.007858
a/c = 0.65	362.00	1.50	5.430000	0.004893
		1.85	6.697000	0.006035
		2.20	7.964000	0.007177
a/c = 0.70	328.57	1.50	4.928550	0.004442
		1.85	6.078545	0.005478
		2.20	7.228540	0.006514

Fuente: Elaboración Propia

## A 3.4.2 Prueba de agua de concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo.

Para mantener el asentamiento entre 4", se debe reducir la cantidad de agua para cada mezcla de diseño, para ello se experimenta con cada porcentaje recomendado del aditivo.

Conociendo los diseños del concreto, y haciendo variar la reducción del agua para cada uno, se puede generar diversos diseños de prueba de reducción de agua con aditivo.

A continuación se detallará el procedimiento de cálculo de la “Prueba de agua del concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo (a/c=0.60 y Aditivo=1.50%)” como ejemplo, el resto de diseños se desarrolla de manera similar.

**- Materiales del Diseño del concreto elaborado con equipo mecánico (a/c=0.60).**

Del Cuadro 6.27, se tiene:

Cuadro A3.10 Materiales del concreto elaborado con equipo mecánico (a/c=0.60)

MATERIAL	DISEÑO SECO (Kg.)	LAB. (54 kg.)	UND.
CEMENTO	396.33	9.18	Kg.
AGUA	237.80	5.67	Lts.
ARENA	867.00	20.26	Kg.
PIEDRA	812.53	18.89	Kg.

Fuente: Elaboración Propia

\* Diseño de mezcla de prueba de agua del concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo (a/c=0.60, aditivo=1.50% y reducción de agua =0 ml)

**- Determinación del agua para laboratorio:**

$$Agua\ Lab.\ i = \frac{Agua\ Reducida_i * Agua.\ Lab_{Diseño}}{Agua.\ Diseño\ Seco_{Diseño}}$$

$$Agua = 237.80 - 0 = 237.80\ lt.$$

$$Agua\ Lab. = \frac{237.8 * 5.67}{237.80} = 5.67\ Lt.$$

**- Determinación del aditivo para laboratorio:**

Porcentaje de Aditivo = 1.50%

Cemento en Laboratorio = 9.18 Kg.



Peso Específico del cemento = 3150 kg/m<sup>3</sup>

$$\text{Aditivo.Lab} = \frac{\%AdxC.Lab}{PEcemento} = \frac{1.5 \times 9.18}{3150} = 43.71 \text{ cm}^3$$

\* Diseño de mezcla de prueba de agua del concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo (a/c=0.60, aditivo=1.50% y reducción de agua =10 ml)

**- Determinación del agua para laboratorio:**

$$\text{Agua Lab. } i = \frac{\text{AguaReducida}_i * \text{Agua.Lab}_{CP}}{\text{Agua.DiseñoSeco}_{CP}}$$

Agua = 237.80 – 10 = 227.80 lt.

$$\text{Agua Lab} = \frac{227.8 * 5.67}{237.80} = 5.43 \text{ Lt.}$$

**- Determinación del aditivo para laboratorio:**

Porcentaje de Aditivo = 1.50%

Cemento en Laboratorio = 9.18 Kg.

Peso Específico del cemento = 3150 kg/m<sup>3</sup>

$$\text{Aditivo.Lab} = \frac{\%AdxC.Lab}{PEcemento} = \frac{1.5 \times 9.18}{3150} = 43.71 \text{ cm}^3$$

\* Diseño de mezcla de prueba de agua del concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo (a/c=0.60, aditivo=1.50% y reducción de agua =20 ml)

**- Determinación del agua para laboratorio:**

$$\text{Agua Lab. } i = \frac{\text{AguaReducida}_i * \text{Agua.Lab}_{CP}}{\text{Agua.DiseñoSeco}_{CP}}$$

Agua = 237.80 – 20 = 217.80 lt.

$$\text{Agua Lab} = \frac{217.8 * 5.67}{237.80} = 5.19 \text{ Lt.}$$

**- Determinación del aditivo para laboratorio:**

Porcentaje de Aditivo = 1.50%

Cemento en Laboratorio = 9.18 Kg.

Peso Específico del cemento = 3150 kg/m<sup>3</sup>

$$\text{Aditivo. Lab} = \frac{\%AdxC. Lab}{PEcemento} = \frac{1.5 \times 9.18}{3150} = 43.71 \text{ cm}^3$$

A continuación, se resume los resultados obtenidos para todos los diseños de mezcla de prueba de agua del concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo (a/c=0.60) con cada porcentaje de aditivo recomendado.

Cuadro A3.11 Diseños de prueba de agua del concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo (a/c=0.60)

DISEÑO	MATERIAL	DISEÑO SECO (Kg.)	LAB.	UND.
a/c = 0.60 aditivo = 1.50 % Reducción de agua = 0 ml.	CEMENTO	396.33	9.18	Kg.
	AGUA	237.80	5.67	Lts.
	ARENA	867.00	20.26	Kg.
	PIEDRA	812.53	18.89	Kg.
	ADITIVO	5.95	43.71	ML.
a/c = 0.60 aditivo = 1.50 % Reducción de agua = 10 ml.	CEMENTO	396.33	9.18	Kg.
	AGUA	227.80	5.43	Lts.
	ARENA	867.00	20.26	Kg.
	PIEDRA	812.53	18.89	Kg.
	ADITIVO	5.95	43.71	ML.
a/c = 0.60 aditivo = 1.50 % Reducción de agua = 20 ml.	CEMENTO	396.33	9.18	Kg.
	AGUA	217.80	5.19	Lts.
	ARENA	867.00	20.26	Kg.
	PIEDRA	812.53	18.89	Kg.
	ADITIVO	5.95	43.71	ML.
a/c = 0.60 aditivo = 1.85 % Reducción de agua = 0 ml.	CEMENTO	396.33	9.18	Kg.
	AGUA	237.80	5.67	Lts.
	ARENA	867.00	20.26	Kg.
	PIEDRA	812.53	18.89	Kg.
	ADITIVO	7.33	53.91	ML.
a/c = 0.60 aditivo = 1.85 % Reducción de agua = 10 ml.	CEMENTO	396.33	9.18	Kg.
	AGUA	227.80	5.43	Lts.
	ARENA	867.00	20.26	Kg.
	PIEDRA	812.53	18.89	Kg.
	ADITIVO	7.33	53.91	ML.
a/c = 0.60 aditivo = 1.85 % Reducción de agua = 20 ml.	CEMENTO	396.33	9.18	Kg.
	AGUA	217.80	5.19	Lts.
	ARENA	867.00	20.26	Kg.
	PIEDRA	812.53	18.89	Kg.
	ADITIVO	7.33	53.91	ML.

a/c = 0.60 aditivo = 2.20 % Reducción de agua = 0 ml.	CEMENTO	396.33	9.18	Kg.
	AGUA	237.80	5.67	Lts.
	ARENA	867.00	20.26	Kg.
	PIEDRA	812.53	18.89	Kg.
	ADITIVO	8.72	64.11	ML.
a/c = 0.60 aditivo = 2.20 % Reducción de agua = 10 ml.	CEMENTO	396.33	9.18	Kg.
	AGUA	227.80	5.43	Lts.
	ARENA	867.00	20.26	Kg.
	PIEDRA	812.53	18.89	Kg.
	ADITIVO	8.72	64.11	ML.
a/c = 0.60 aditivo = 2.20 % Reducción de agua = 20 ml.	CEMENTO	396.33	9.18	Kg.
	AGUA	217.80	5.19	Lts.
	ARENA	867.00	20.26	Kg.
	PIEDRA	812.53	18.89	Kg.
	ADITIVO	8.72	64.11	ML.

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se resume los resultados obtenidos para todos los diseños de mezcla de prueba de agua del concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo (a/c=0.65) con cada porcentaje de aditivo recomendado.

Cuadro A3.12 Diseños de prueba de agua del concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo (a/c=0.65)

DISEÑO	MATERIAL	DISEÑO SECO (Kg.)	LAB.	UND.
a/c = 0.65 aditivo = 1.50 % Reducción de agua = 0 ml.	CEMENTO	362.00	8.39	Kg.
	AGUA	235.30	5.61	Lts.
	ARENA	888.66	20.78	Kg.
	PIEDRA	826.18	19.22	Kg.
	ADITIVO	5.43	39.97	ML.
a/c = 0.65 aditivo = 1.50 % Reducción de agua = 10 ml.	CEMENTO	362.00	8.39	Kg.
	AGUA	225.30	5.37	Lts.
	ARENA	888.66	20.78	Kg.
	PIEDRA	826.18	19.22	Kg.
	ADITIVO	5.43	39.97	ML.
a/c = 0.65 aditivo = 1.50 % Reducción de agua = 20 ml.	CEMENTO	362.00	8.39	Kg.
	AGUA	215.30	5.14	Lts.
	ARENA	888.66	20.78	Kg.
	PIEDRA	826.18	19.22	Kg.
	ADITIVO	5.43	39.97	ML.
a/c = 0.65 aditivo = 1.85 % Reducción de agua = 0 ml.	CEMENTO	362.00	8.39	Kg.
	AGUA	235.30	5.61	Lts.
	ARENA	888.66	20.78	Kg.
	PIEDRA	826.18	19.22	Kg.
	ADITIVO	6.69	49.29	ML.

a/c = 0.65 aditivo = 1.85 % Reducción de agua = 10 ml.	CEMENTO	362.00	8.39	Kg.
	AGUA	225.30	5.37	Lts.
	ARENA	888.66	20.78	Kg.
	PIEDRA	826.18	19.22	Kg.
	ADITIVO	6.69	49.29	ML.
a/c = 0.65 aditivo = 1.85 % Reducción de agua = 20 ml.	CEMENTO	362.00	8.39	Kg.
	AGUA	215.30	5.14	Lts.
	ARENA	888.66	20.78	Kg.
	PIEDRA	826.18	19.22	Kg.
	ADITIVO	6.69	49.29	ML.
a/c = 0.65 aditivo = 2.20 % Reducción de agua = 0 ml.	CEMENTO	362.00	8.39	Kg.
	AGUA	235.30	5.61	Lts.
	ARENA	888.66	20.78	Kg.
	PIEDRA	826.18	19.22	Kg.
	ADITIVO	7.96	58.62	ML.
a/c = 0.65 aditivo = 2.20 % Reducción de agua = 10 ml.	CEMENTO	362.00	8.39	Kg.
	AGUA	225.30	5.37	Lts.
	ARENA	888.66	20.78	Kg.
	PIEDRA	826.18	19.22	Kg.
	ADITIVO	7.96	58.62	ML.
a/c = 0.65 aditivo = 2.20 % Reducción de agua = 20 ml.	CEMENTO	362.00	8.39	Kg.
	AGUA	215.30	5.14	Lts.
	ARENA	888.66	20.78	Kg.
	PIEDRA	826.18	19.22	Kg.
	ADITIVO	7.96	58.62	ML.

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se resume los resultados obtenidos para todos los diseños de mezcla de prueba de agua del concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo (a/c=0.70) con cada porcentaje de aditivo recomendado.

Cuadro A3.13 Diseños de prueba de agua del concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo (a/c=0.70)

DISEÑO	MATERIAL	DISEÑO SECO (Kg.)	LAB.	UND.
a/c = 0.70 aditivo = 1.50 % Reducción de agua = 0 ml.	CEMENTO	328.57	7.61	Kg.
	AGUA	230.00	5.49	Lts.
	ARENA	906.94	21.17	Kg.
	PIEDRA	849.95	19.74	Kg.
	ADITIVO	4.93	36.22	ML.
a/c = 0.70 aditivo = 1.50 % Reducción de agua = 10 ml.	CEMENTO	328.57	7.61	Kg.
	AGUA	220.00	5.25	Lts.
	ARENA	906.94	21.17	Kg.
	PIEDRA	849.95	19.74	Kg.
	ADITIVO	4.93	36.22	ML.

a/c = 0.70 aditivo = 1.50 % Reducción de agua = 20 ml.	CEMENTO	328.57	7.61	Kg.
	AGUA	210.00	5.01	Lts.
	ARENA	906.94	21.17	Kg.
	PIEDRA	849.95	19.74	Kg.
	ADITIVO	4.93	36.22	ML.
a/c = 0.70 aditivo = 1.85 % Reducción de agua = 0 ml.	CEMENTO	328.57	7.61	Kg.
	AGUA	230.00	5.49	Lts.
	ARENA	906.94	21.17	Kg.
	PIEDRA	849.95	19.74	Kg.
	ADITIVO	6.08	44.67	ML.
a/c = 0.70 aditivo = 1.85 % Reducción de agua = 10 ml.	CEMENTO	328.57	7.61	Kg.
	AGUA	220.00	5.25	Lts.
	ARENA	906.94	21.17	Kg.
	PIEDRA	849.95	19.74	Kg.
	ADITIVO	6.08	44.67	ML.
a/c = 0.70 aditivo = 1.85 % Reducción de agua = 20 ml.	CEMENTO	328.57	7.61	Kg.
	AGUA	210.00	5.01	Lts.
	ARENA	906.94	21.17	Kg.
	PIEDRA	849.95	19.74	Kg.
	ADITIVO	6.08	44.67	ML.
a/c = 0.70 aditivo = 2.20 % Reducción de agua = 0 ml.	CEMENTO	328.57	7.61	Kg.
	AGUA	230.00	5.49	Lts.
	ARENA	906.94	21.17	Kg.
	PIEDRA	849.95	19.74	Kg.
	ADITIVO	7.23	53.12	ML.
a/c = 0.70 aditivo = 2.20 % Reducción de agua = 10 ml.	CEMENTO	328.57	7.61	Kg.
	AGUA	220.00	5.25	Lts.
	ARENA	906.94	21.17	Kg.
	PIEDRA	849.95	19.74	Kg.
	ADITIVO	7.23	53.12	ML.
a/c = 0.70 aditivo = 2.20 % Reducción de agua = 20 ml.	CEMENTO	328.57	7.61	Kg.
	AGUA	210.00	5.01	Lts.
	ARENA	906.94	21.17	Kg.
	PIEDRA	849.95	19.74	Kg.
	ADITIVO	7.23	53.12	ML.

Fuente: Elaboración Propia

A 3.4.3 Ensayo de resistencia del concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo

Se lleva los diseños de mezcla al ensayo de resistencia a la compresión a los 7 días, obteniéndose los siguientes resultados.

Cuadro A3.14 Ensayo de resistencia del concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo (a/c=0.60, 0.65 y 0.70)

Relación a/c	Aditivo	Muestra	Diámetro 1 (cm)	Diámetro 2 (cm)	Diámetro Promedio (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>0.60</b>	1.50%	M1	10.230	10.085	10.158	81.612	23661	289.922	265.079
		M2	10.200	10.050	10.125	81.112	20985	258.716	
		M3	10.180	10.205	10.193	81.493	20096	246.599	
	1.85%	M1	10.200	10.235	10.218	81.853	20183	246.576	255.111
		M2	10.200	10.220	10.210	81.793	21502	262.883	
		M3	10.240	10.190	10.215	82.154	21021	255.873	
	2.20%	M1	10.240	10.145	10.193	81.973	18490	225.562	218.896
		M2	10.170	10.230	10.200	81.472	17932	220.099	
		M3	10.150	10.270	10.210	81.392	17176	211.028	
<b>0.65</b>	1.50%	M1	10.185	10.180	10.183	81.453	19457	238.875	234.832
		M2	10.160	10.225	10.193	81.333	19063	234.383	
		M3	10.260	10.130	10.195	82.153	18997	231.239	
	1.85%	M1	10.120	10.270	10.195	81.032	18567	229.131	232.598
		M2	10.175	10.190	10.183	81.373	18836	231.478	
		M3	10.210	10.130	10.170	81.552	19343	237.185	
	2.20%	M1	10.270	10.170	10.220	82.435	18990	230.364	227.403
		M2	10.175	10.250	10.213	81.612	18347	224.806	
		M3	10.250	10.160	10.205	82.154	18652	227.038	
<b>0.70</b>	1.50%	M1	10.260	10.040	10.150	81.791	17452	213.374	212.512
		M2	10.245	10.200	10.223	82.254	17524	213.046	
		M3	10.265	10.180	10.223	82.415	17399	211.115	
	1.85%	M1	10.170	10.195	10.183	81.333	16903	207.825	206.634
		M2	10.245	10.140	10.193	82.013	16887	205.906	
		M3	10.180	10.190	10.185	81.433	16789	206.170	
	2.20%	M1	10.160	10.250	10.205	81.432	15270	187.518	196.189
		M2	10.200	10.245	10.223	81.893	15859	193.655	
		M3	10.190	10.140	10.165	81.353	16872	207.394	

Fuente: Elaboración Propia

# ANEXO 4:

# CONCRETO EN ESTADO FRESCO

## A4.1 Propiedades del concreto en estado fresco

#### A4.1 Propiedades del concreto en estado fresco

##### **\*Consistencia:**

El ensayo realizado a continuación se basa en la NTP. 339.035

##### **\*\* Equipos y materiales:**

- Molde de cono de Abrams.
- Varilla lisa metálica de  $\phi 5/8"$  y 2 pies de largo.
- Plataforma de base para el cono de Abrams.
- Cucharón.
- Cinta métrica.
- Mezcla de concreto a ensayar.

##### **\*\* Procedimiento:**

El procedimiento para determinar la consistencia de la mezcla se realiza de la siguiente manera:

- Preparado de cono: Se humedece la superficie del cono de Abrams y la plataforma para evitar succión de agua de la mezcla y se coloca el cono sobre la plataforma horizontal.
- Primer vaciado de mezcla: Humedecer el cucharón. Con ayuda del cucharón se llena el cono de Abrams hasta la tercera parte de la altura, pisando las orejas del cono para mantenerlo inmóvil.
- Primer Varillado: Humedecer la varilla. Se golpea con 25 varillas verticales la mezcla vaciada, en forma de espiral de ida y vuelta, evitando que la varilla golpee la plataforma y las paredes del cono.
- Llenado de cono: Se llena el cono en tres capas, cada capa es varillado de acuerdo al procedimiento anterior. Una vez llenado el cono, se enrasa con la varilla metálica.
- Medida de Asentamiento: Se retira el cono de manera vertical, inmediatamente después se coloca el cono de manera invertida al lado de la mezcla, y se coloca la varilla de manera horizontal sobre el cono,



con ayuda de la cinta métrica se mide la distancia vertical desde la parte inferior de la varilla hasta la altura superior media de la mezcla.

**\*\* Resultados:**

El Asentamiento se obtiene simplemente con medida directa. En base al ensayo realizado se tiene los siguientes resultados:

Cuadro A4.1 Asentamiento de los diseños de mezcla en estudio

Diseños		Asentamiento (Pulg.)
Concreto patrón 1 (a/c=0.60)	CP1	4
Concreto patrón 2 (a/c=0.65)	CP2	4
Concreto patrón 3 (a/c=0.70)	CP3	4
Concreto en terreno natural 1 (a/c=0.60)	CT1	4
Concreto en terreno natural 2 (a/c=0.65)	CT2	4
Concreto en terreno natural 3 (a/c=0.70)	CT3	3 7/8
Concreto patrón 1 con aditivo (a/c=0.60)	CPA1	4
Concreto patrón 2 con aditivo (a/c=0.65)	CPA2	4
Concreto patrón 3 con aditivo (a/c=0.70)	CPA3	4 1/8

Fuente: Elaboración Propia

**\*Peso Unitario:**

El ensayo realizado a continuación se basa en la NTP. 339.046

**\*\* Equipos y materiales:**

- Recipiente cilíndrico de 1/3 pies<sup>3</sup>
- Varilla lisa metálica de  $\phi 5/8"$  y 2 pies de largo.
- Balanza calibrada
- Martillo de Goma
- Cucharón
- Mezcla de concreto a ensayar.

**\*\* Procedimiento:**

El procedimiento para determinar el peso unitario de la mezcla se realiza de la siguiente manera:

- Preparado de recipiente: Se humedece el recipiente metálico, se pesa en la balanza, se coloca en una superficie plana.

- Primer vaciado de mezcla: Humedecer el cucharón. Con ayuda del cucharón se llena el recipiente hasta la tercera parte de la altura, manteniéndolo inmóvil.
- Primer Varillado: Humedecer la varilla. Se golpea con 25 varillas verticales la mezcla vaciada, en forma de espiral de ida y vuelta, evitando que la varilla golpee la base y paredes del recipiente. Golpear 12 veces con el martillo de goma alrededor del recipiente, para expulsar el aire atrapado en la mezcla.
- Llenado de recipiente: Se llena el recipiente en tres capas, cada capa es varillado de acuerdo al procedimiento anterior. Una vez llenado el recipiente, se enrasa con la varilla metálica.
- Pesado de Mezcla: Se lleva la mezcla en el recipiente a la balanza.

\*\* Resultados:

El Peso Unitario se obtiene de acuerdo a la siguiente relación:

$$\text{Peso Unitario} = \frac{\text{Peso del Muestra}}{\text{Volumen del Balde}}$$

En base a los cálculos realizados del ensayo se tiene el siguiente cuadro:

Cuadro A4.2 Peso Unitario de los diseños en estudio

Diseño	Peso Muestra + Balde (Kg.)	Peso de Balde (Kg.)	Peso de Muestra (Kg.)	Volumen de Balde (m <sup>3</sup> )	Peso Unitario (kg/m <sup>3</sup> )
CP1	27.49	4.72	22.77	0.0094	2422.34
CP2	27.37	4.72	22.65	0.0094	2409.57
CP3	27.22	4.72	22.50	0.0094	2393.62
CT1	27.31	4.72	22.59	0.0094	2403.19
CT2	27.29	4.72	22.57	0.0094	2401.06
CT3	27.25	4.72	22.53	0.0094	2396.81
CPA1	27.27	4.72	22.55	0.0094	2398.94
CPA2	27.06	4.72	22.34	0.0094	2376.60
CPA3	27.01	4.72	22.29	0.0094	2371.28

Fuente: Elaboración Propia

**\*Exudación:**

El ensayo realizado a continuación se basa en la NTP. 339.077

**\*\* Equipos y materiales:**

- Recipiente cilíndrico de 1/2 pies<sup>3</sup> con diámetro interior de 25 cm. y altura de 28 cm.
- Varilla lisa metálica de  $\phi 5/8$ " y 2 pies de largo.
- Balanza calibrada.
- Martillo de Goma.
- Jeringa y pipeta para extracción de agua.
- Probeta graduada.
- Mezcla de concreto a ensayar.

**\*\* Procedimiento:**

El procedimiento para determinar la exudación de la mezcla se realiza de la siguiente manera:

- Preparado de recipiente: Se humedece el recipiente cilíndrico, se pesa en la balanza, se coloca en una superficie plana.
- Primer vaciado de mezcla: Humedecer el cucharón. Con ayuda del cucharón se llena el recipiente hasta la tercera parte de la altura, manteniéndolo inmóvil.
- Primer Varillado: Humedecer la varilla. Se golpea con 25 varillas verticales la mezcla vaciada, en forma de espiral de ida y vuelta, evitando que la varilla golpee la base y paredes del recipiente. Golpear 12 veces con el martillo de goma alrededor del recipiente, para expulsar el aire atrapado en la mezcla.
- Llenado de recipiente: Se llena el recipiente en tres capas, cada capa es varillado de acuerdo al procedimiento anterior. La última capa se llena 1 pulgada debajo del borde del recipiente, para facilitar la extracción del agua.
- Pesado de Mezcla: Se lleva la mezcla en el recipiente a la balanza.

- Extracción de agua: Se extrae el agua superficial con la jeringa y la pipeta, se coloca en la probeta para medir el volumen. Esto se realiza cada 10 minutos por 40 minutos y luego cada 30 minutos hasta que el agua extraída sea nula.

- Recomendación: Para extraer mejor el agua de exudación, se hace una hendidura en la mezcla con el dedo. Dos minutos antes de extraer el agua se inclina el recipiente y se coloca un taco de madera de lado opuesto a la hendidura hecha, después de extraer el agua se vuelve a la posición original.

\*\* Resultados:

El porcentaje de exudación se obtiene de acuerdo a la siguiente relación:

$$\%Exudación = \frac{\text{Volumen Acumulado de agua}}{\text{Peso de Agua en la Tanda}}$$

Los resultados se muestran para cada diseño en estudio:

### Concreto elaborado con equipo mecánico (a/c=0.60) “Concreto patrón 1” (CP1)

En base al ensayo realizado se tiene el siguiente cuadro:

Cuadro A4.3 Resultado de ensayo de exudación de CP1

CP1				
Hora (h:min)	Tiempo Parcial (min)	Tiempo Acumulado (min)	Volumen de Agua (ml)	Volumen Acumulado (ml)
03:31 p.m.	0	0	0.00	0.00
03:41 p.m.	10	10	1.50	1.50
03:51 p.m.	10	20	5.20	6.70
04:01 p.m.	10	30	8.20	14.90
04:11 p.m.	10	40	8.00	22.90
04:41 p.m.	30	70	14.70	37.60
05:11 p.m.	30	100	13.90	51.50
05:41 p.m.	30	130	6.20	57.70
06:11 p.m.	30	160	0.20	57.90
06:31 p.m.	30	190	0.00	57.90

Fuente: Elaboración Propia

En base a los cálculos realizados se tiene el siguiente cuadro:

Cuadro A4.4 Cálculos para el ensayo de exudación de CP1

DESCRIPCIÓN	RESULTADOS
Peso Balde + Peso Mezcla (gr) [A]	36590.00
Peso Balde (gr) [B]	5120.00
Peso Mezcla (gr) [C=A/B]	31470.00
Peso Tanda (gr) [D]	54000.00
Peso Agua de Tanda (gr) [F=E*C/D]	3304.35
<b>%EXUDACIÓN</b>	<b>1.75</b>

Fuente: Elaboración Propia

### Concreto elaborado con equipo mecánico (a/c=0.65) “Concreto patrón 2” (CP2)

En base al ensayo realizado se tiene el siguiente cuadro:

Cuadro A4.5 Resultado de ensayo de exudación de CP2

CP2				
Hora (h:min)	Tiempo Parcial (min)	Tiempo Acumulado (min)	Volumen de Agua (ml)	Volumen Acumulado (ml)
11:16 a.m.	0	0	0.00	0.00
11:26 a.m.	10	10	4.00	4.00
11:36 a.m.	10	20	5.00	9.00
11:46 a.m.	10	30	6.20	15.20
11:56 a.m.	10	40	7.00	22.20
12:26 p.m.	30	70	17.20	39.40
12:56 p.m.	30	100	6.50	45.90
01:26 p.m.	30	130	1.80	47.70
01:56 p.m.	30	160	0.00	47.70
02:26 p.m.	30	190	0.00	47.70

Fuente: Elaboración Propia

En base a los cálculos realizados se tiene el siguiente cuadro:

Cuadro A4.6 Cálculos para el ensayo de exudación de CP2

DESCRIPCIÓN	RESULTADOS
Peso Balde + Peso Mezcla (gr) [A]	36120.00
Peso Balde (gr) [B]	5120.00
Peso Mezcla (gr) [C=A/B]	31000.00
Peso Tanda (gr) [D]	54000.00
Peso Agua de Tanda (gr) [F=E*C/D]	3220.56
<b>%EXUDACIÓN</b>	<b>1.48</b>

Fuente: Elaboración Propia

### Concreto elaborado con equipo mecánico (a/c=0.70) “Concreto patrón 3” (CP3)

En base al ensayo realizado se tiene el siguiente cuadro:

Cuadro A4.7 Resultado de ensayo de exudación de CP3

CP3				
Hora (h:min)	Tiempo Parcial (min)	Tiempo Acumulado (min)	Volumen de Agua (ml)	Volumen Acumulado (ml)
02:23 p.m.	0	0	0.00	0.00
02:33 p.m.	10	10	2.00	2.00
02:43 p.m.	10	20	4.00	6.00
02:53 p.m.	10	30	5.00	11.00
03:03 p.m.	10	40	8.00	19.00
03:33 p.m.	30	70	13.00	32.00
04:03 p.m.	30	100	9.80	41.80
04:33 p.m.	30	130	2.50	44.30
05:03 p.m.	30	160	0.00	44.30
05:33 p.m.	30	190	0.00	44.30

Fuente: Elaboración Propia

En base a los cálculos realizados se tiene el siguiente cuadro:

Cuadro A4.8 Cálculos para el ensayo de exudación de CP3

DESCRIPCIÓN	RESULTADOS
Peso Balde + Peso Mezcla (gr) [A]	36540.00
Peso Balde (gr) [B]	5120.00
Peso Mezcla (gr) [C=A/B]	31420.00
Peso Tanda (gr) [D]	54010.00
Peso Agua de Tanda (gr) [F=E*C/D]	3193.78
<b>%EXUDACIÓN</b>	<b>1.39</b>

Fuente: Elaboración Propia

**Concreto elaborado en terreno natural (a/c=0.60) “Concreto en terreno natural 1” (CT1)**

En base al ensayo realizado se tiene el siguiente cuadro:

Cuadro A4.9 Resultado de ensayo de exudación de CT1

CT1				
Hora (h:min)	Tiempo Parcial (min)	Tiempo Acumulado (min)	Volumen de Agua (ml)	Volumen Acumulado (ml)
10:55 a.m.	0	0	0.00	0.00
11:05 a.m.	10	10	1.20	1.20
11:15 a.m.	10	20	2.00	3.20
11:25 a.m.	10	30	4.00	7.20
11:35 a.m.	10	40	7.90	15.10
12:05 p.m.	30	70	15.60	30.70
12:35 p.m.	30	100	10.30	41.00
01:05 p.m.	30	130	6.50	47.50
01:35 p.m.	30	160	2.20	49.70
02:05 p.m.	30	190	0.00	49.70

Fuente: Elaboración Propia

En base a los cálculos realizados se tiene el siguiente cuadro:

Cuadro A4.10 Cálculos para el ensayo de exudación de CT1

DESCRIPCIÓN	RESULTADOS
Peso Balde + Peso Mezcla (gr) [A]	36440.00
Peso Balde (gr) [B]	5120.00
Peso Mezcla (gr) [C=A/B]	31320.00
Peso Tanda (gr) [D]	54000.00
Peso Agua de Tanda (gr) [F=E*C/D]	3288.60
<b>%EXUDACIÓN</b>	<b>1.51</b>

Fuente: Elaboración Propia



### Concreto elaborado en terreno natural (a/c=0.65) “Concreto en terreno natural 2” (CT2)

En base al ensayo realizado se tiene el siguiente cuadro:

Cuadro A4.11 Resultado de ensayo de exudación de CT2

CT2				
Hora (h:min)	Tiempo Parcial (min)	Tiempo Acumulado (min)	Volumen de Agua (ml)	Volumen Acumulado (ml)
01:40 p.m.	0	0	0.00	0.00
01:50 p.m.	10	10	0.90	0.90
02:00 p.m.	10	20	1.10	2.00
02:10 p.m.	10	30	2.40	4.40
02:20 p.m.	10	40	8.70	13.10
02:50 p.m.	30	70	10.70	23.80
03:20 p.m.	30	100	8.90	32.70
03:50 p.m.	30	130	5.20	37.90
04:20 p.m.	30	160	2.10	40.00
04:50 p.m.	30	190	0.00	40.00

Fuente: Elaboración Propia

En base a los cálculos realizados se tiene el siguiente cuadro:

Cuadro A4.12 Cálculos para el ensayo de exudación de CT2

DESCRIPCIÓN	RESULTADOS
Peso Balde + Peso Mezcla (gr) [A]	36100.00
Peso Balde (gr) [B]	5120.00
Peso Mezcla (gr) [C=A/B]	30980.00
Peso Tanda (gr) [D]	54000.00
Peso Agua de Tanda (gr) [F=E*C/D]	3218.48
<b>%EXUDACIÓN</b>	<b>1.24</b>

Fuente: Elaboración Propia

**Concreto elaborado en terreno natural (a/c=0.70) “Concreto en terreno natural 3” (CT3)**

En base al ensayo realizado se tiene el siguiente cuadro:

Cuadro A4.13 Resultado de ensayo de exudación de CT3

CT3				
Hora (h:min)	Tiempo Parcial (min)	Tiempo Acumulado (min)	Volumen de Agua (ml)	Volumen Acumulado (ml)
11:02 a.m.	0	0	0.00	0.00
11:12 a.m.	10	10	0.70	0.70
11:22 a.m.	10	20	1.60	2.30
11:32 a.m.	10	30	5.30	7.60
11:42 a.m.	10	40	8.30	15.90
12:12 p.m.	30	70	9.60	25.50
12:42 p.m.	30	100	6.10	31.60
01:12 p.m.	30	130	3.40	35.00
01:42 p.m.	30	160	1.20	36.20
02:12 p.m.	30	190	0.00	36.20

Fuente: Elaboración Propia

En base a los cálculos realizados se tiene el siguiente cuadro:

Cuadro A4.14 Cálculos para el ensayo de exudación de CT3

DESCRIPCIÓN	RESULTADOS
Peso Balde + Peso Mezcla (gr) [A]	36250.00
Peso Balde (gr) [B]	5120.00
Peso Mezcla (gr) [C=A/B]	31130.00
Peso Tanda (gr) [D]	54010.00
Peso Agua de Tanda (gr) [F=E*C/D]	3164.30
<b>%EXUDACIÓN</b>	<b>1.14</b>

Fuente: Elaboración Propia

**Concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo (a/c=0.60) “Concreto patrón 1 con aditivo” (CPA1)**

En base al ensayo realizado se tiene el siguiente cuadro:

Cuadro A4.15 Resultado de ensayo de exudación de CPA1

CPA1				
Hora (h:min)	Tiempo Parcial (min)	Tiempo Acumulado (min)	Volumen de Agua (ml)	Volumen Acumulado (ml)
10:39 a.m.	0	0	0.00	0.00
10:49 a.m.	10	10	1.20	1.20
10:59 a.m.	10	20	1.50	2.70
11:09 a.m.	10	30	3.05	5.75
11:19 a.m.	10	40	3.60	9.35
11:49 a.m.	30	70	8.85	18.20
12:19 p.m.	30	100	9.50	27.70
12:49 p.m.	30	130	2.10	29.80
01:09 p.m.	30	160	0.30	30.10
01:49 p.m.	30	190	0.00	30.10

Fuente: Elaboración Propia

En base a los cálculos realizados se tiene el siguiente cuadro:

Cuadro A4.16 Cálculos para el ensayo de exudación de CPA1

DESCRIPCIÓN	RESULTADOS
Peso Balde + Peso Mezcla (gr) [A]	36660.00
Peso Balde (gr) [B]	5120.00
Peso Mezcla (gr) [C=A/B]	31540.00
Peso Tanda (gr) [D]	53629.71
Peso Agua de Tanda (gr) [F=E*C/D]	3087.56
<b>%EXUDACIÓN</b>	<b>0.97</b>

Fuente: Elaboración Propia

**Concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo (a/c=0.65) “Concreto patrón 2 con aditivo” (CPA2)**

En base al ensayo realizado se tiene el siguiente cuadro:

Cuadro A4.17 Resultado de ensayo de exudación de CPA2

CPA2				
Hora (h:min)	Tiempo Parcial (min)	Tiempo Acumulado (min)	Volumen de Agua (ml)	Volumen Acumulado (ml)
11:14 a.m.	0	0	0.00	0.00
11:24 a.m.	10	10	0.95	0.95
11:34 a.m.	10	20	1.70	2.65
11:44 a.m.	10	30	2.85	5.50
11:54 a.m.	10	40	5.00	10.50
12:24 p.m.	30	70	10.45	20.95
12:54 p.m.	30	100	11.50	32.45
01:24 p.m.	30	130	4.05	36.50
01:54 p.m.	30	160	0.90	37.40
02:24 p.m.	30	190	0.00	37.40

Fuente: Elaboración Propia

En base a los cálculos realizados se tiene el siguiente cuadro:

Cuadro A4.18 Cálculos para el ensayo de exudación de CPA2

DESCRIPCIÓN	RESULTADOS
Peso Balde + Peso Mezcla (gr) [A]	36150.00
Peso Balde (gr) [B]	5120.00
Peso Mezcla (gr) [C=A/B]	31030.00
Peso Tanda (gr) [D]	53646.97
Peso Agua de Tanda (gr) [F=E*C/D]	3019.31
<b>%EXUDACIÓN</b>	<b>1.24</b>

Fuente: Elaboración Propia

### Concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo (a/c=0.65) “Concreto patrón 3 con aditivo” (CPA3)

En base al ensayo realizado se tiene el siguiente cuadro:

Cuadro A4.19 Resultado de ensayo de exudación de CPA3

CPA3				
Hora (h:min)	Tiempo Parcial (min)	Tiempo Acumulado (min)	Volumen de Agua (ml)	Volumen Acumulado (ml)
10:27 a.m.	0	0	0.00	0.00
10:37 a.m.	10	10	1.20	1.20
10:47 a.m.	10	20	3.00	4.20
10:57 a.m.	10	30	3.90	8.10
11:07 a.m.	10	40	9.80	17.90
11:37 a.m.	30	70	12.10	30.00
12:07 p.m.	30	100	12.15	42.15
12:37 p.m.	30	130	6.00	48.15
01:07 p.m.	30	160	1.30	49.45
01:37 p.m.	30	190	0.00	49.45

Fuente: Elaboración Propia

En base a los cálculos realizados se tiene el siguiente cuadro:

Cuadro A4.20 Cálculos para el ensayo de exudación de CPA3

DESCRIPCIÓN	RESULTADOS
Peso Balde + Peso Mezcla (gr) [A]	36780.00
Peso Balde (gr) [B]	5120.00
Peso Mezcla (gr) [C=A/B]	31660.00
Peso Tanda (gr) [D]	53673.62
Peso Agua de Tanda (gr) [F=E*C/D]	3021.51
<b>%EXUDACIÓN</b>	<b>1.64</b>

Fuente: Elaboración Propia

#### \*Fluidez:

El ensayo realizado a continuación se basa en la NTP. 339.085

\*\* Equipos y materiales:

- Molde troncocónico (diámetro en base inferior de 25 cm, diámetro en base superior de 17 cm y altura 13 cm.)
- Varilla lisa metálica de  $\phi 5/8"$  y 2 pies de largo.
- Mesa de sacudidas
- Cucharón
- Mezcla de concreto a ensayar.

**\*\* Procedimiento:**

El procedimiento para determinar la fluidez de la mezcla se realiza de la siguiente manera:

- Preparado de molde: Se humedece el molde troncocónico y se coloca sobre la mesa de sacudidas previamente humedecida.
- Primer vaciado de mezcla: Humedecer el cucharón. Con ayuda del cucharón se llena el molde hasta la mitad de la altura, manteniéndolo inmóvil.
- Primer Varillado: Humedecer la varilla. Se golpea con 25 varillas verticales la mezcla vaciada, en forma de espiral de ida y vuelta, evitando que la varilla golpee la base de la mesa y las paredes del molde.
- Llenado de recipiente: Se llena el recipiente en dos capas, cada capa es varillado de acuerdo al procedimiento anterior. Una vez llenado el molde, se enrasa con la varilla metálica.
- Sacudida de mezcla: Se retira el molde, dejando que la mezcla escurra sobre la mesa de sacudidas. Se eleva y deja caer la mezcla en la mesa de sacudidas por 15 veces girando la manivela a velocidad uniforme.
- Medición final: Se realiza 4 mediciones de diámetro distribuidos simétricamente en la mezcla escurrida.

**\*\* Resultados:**

La fluidez se obtiene de acuerdo a la siguiente relación:

$$Fluidez = \frac{D_{promedio} - 25}{D_{promedio}}$$

En base a los cálculos realizados del ensayo se tiene el siguiente cuadro:

Cuadro A4.21 Fluidez de los diseños en estudio

Diseño		Diámetro (cm)				Diámetro Promedio (cm)	Fluidez (cm)
		D1	D2	D3	D4		
Concreto patrón 1 (a/c=0.60)	CP1	36.00	36.50	37.00	36.50	36.50	46.00
Concreto patrón 2 (a/c=0.65)	CP2	37.00	37.20	37.50	37.30	37.25	49.00
Concreto patrón 3 (a/c=0.70)	CP3	37.00	38.00	38.00	38.10	37.78	51.10
Concreto en terreno natural 1 (a/c=0.60)	CT1	34.10	34.00	33.75	34.15	34.00	36.00
Concreto en terreno natural 2 (a/c=0.65)	CT2	35.75	35.00	35.50	35.50	35.44	41.75
Concreto en terreno natural 3 (a/c=0.70)	CT3	36.50	36.50	36.50	37.00	36.63	46.50
Concreto patrón 1 con aditivo (a/c=0.60)	CPA1	33.50	32.00	32.50	31.75	32.44	29.75
Concreto patrón 2 con aditivo (a/c=0.65)	CPA2	33.75	33.00	34.00	33.75	33.63	34.50
Concreto patrón 3 con aditivo (a/c=0.70)	CPA3	34.00	34.20	34.00	34.75	34.24	36.95

Fuente: Elaboración Propia

### \*Contenido de aire:

El ensayo realizado a continuación se basa en la NTP. 339.083

### \*\* Equipos y materiales:

- Recipiente cilíndrico metálico (diámetro de 20.5 cm y altura de 21.5 cm)
- Varilla lisa metálica de  $\phi 5/8"$  y 2 pies de largo.
- Una tapa metálica con un borde que impida filtración de aire, que lleva adosada una cámara de aire.
- Un manómetro
- Martillo de goma.
- Cucharón.
- Mezcla de concreto a ensayar.

### \*\* Procedimiento:

El procedimiento para determinar el contenido de aire de la mezcla se realiza de la siguiente manera:

- Preparado de recipiente: Se humedece el recipiente, y se coloca en una superficie horizontal.
- Primer vaciado de mezcla: Humedecer el cucharón. Con ayuda del cucharón se llena el recipiente hasta la tercera parte de la altura, manteniendo inmóvil el recipiente.

- Primer Varillado: Humedecer la varilla. Se golpea con 25 varillas verticales la mezcla vaciada, en forma de espiral de ida y vuelta, evitando que la varilla golpee el fondo y las paredes del recipiente.
- Llenado de recipiente: Se llena el recipiente en tres capas, cada capa es varillado de acuerdo al procedimiento anterior. Una vez llenado el recipiente, se enrasa con la varilla metálica.
- Sellado hermético e incorporación de agua: Luego se coloca la tapa metálica cerrando herméticamente la mezcla, se asegura y se ingresa agua mediante válvulas presentes en la tapa hasta que no haya más espacio.
- Apertura de válvula de conexión: Luego se abre la válvula de conexión permitiendo que el aire a presión entre al recipiente, leyendo el porcentaje de aire en el manómetro.

**\*\* Resultados:**

El Contenido de aire se obtiene simplemente con medida directa. En base al ensayo realizado se tiene los siguientes resultados:

Cuadro A4.22 Contenido de aire de los diseños de mezcla en estudio

Diseño		Contenido de Aire (%)
Concreto patrón 1 (a/c=0.60)	CP1	2.00
Concreto patrón 2 (a/c=0.65)	CP2	1.10
Concreto patrón 3 (a/c=0.70)	CP3	0.76
Concreto en terreno natural 1 (a/c=0.60)	CT1	1.90
Concreto en terreno natural 2 (a/c=0.65)	CT2	1.50
Concreto en terreno natural 3 (a/c=0.70)	CT3	0.95
Concreto patrón 1 con aditivo (a/c=0.60)	CPA1	1.50
Concreto patrón 2 con aditivo (a/c=0.65)	CPA2	1.25
Concreto patrón 3 con aditivo (a/c=0.70)	CPA3	1.00

Fuente: Elaboración Propia

**\*Tiempo de fragua:**

El ensayo realizado a continuación se basa en la NTP. 339.082

**\*\* Equipos y materiales:**

- Recipiente cilíndrico de 15 cm de altura y diámetro.
- Varilla lisa metálica de  $\phi 5/8$ " y 2 pies de largo.



- Equipo hidráulico provisto de medidor de presión.
- Agujas cilíndricas cambiables con áreas de contacto de: 1, 0.5, 0.25, 0.10, 0.05, 0.025 pulg.<sup>2</sup>.
- Martillo de Goma.
- Cucharón.
- Mezcla de concreto a ensayar.

**\*\* Procedimiento:**

El procedimiento para determinar el tiempo de fragua de la mezcla se realiza de la siguiente manera:

- Preparado de la muestra: Se coloca una muestra de mezcla en un tamiz NTP 4.76 mm, luego se tamiza mecánicamente, obteniéndose el mortero a ensayar.
- Llenado del recipiente: Se ubica el recipiente, se humedece y se llena el mortero en tres capas con 25 varillas cada una, emplear el martillo de goma para expulsar el aire atrapado. El llenado del recipiente es hasta una pulgada por debajo del extremo superior del mismo.
- Primera Penetración: Pasado un tiempo prudente, se coloca la muestra bajo el equipo hidráulico y se penetra la mezcla con la aguja de mayor diámetro, hasta llegar a 2.5 cm en un tiempo de 10 segundos aproximadamente.
- Penetraciones posteriores: Cada tiempo se cambia la aguja del equipo hidráulico, penetrando en lugares distintos de la cada penetración anterior, se anota el dato de la hora, una vez que la última aguja penetró la mezcla se termina el ensayo.

**\*\* Resultados:**

Se grafica la curva del tiempo de fragua. El tiempo de fragua inicial se da cuando la resistencia a la penetración es 500 lb/pulg.<sup>2</sup> y el tiempo de fragua final se da cuando la resistencia a la penetración es 4000 lb/pulg.<sup>2</sup>

$$T.F.I = \text{Tiempo (cuando Resistencia a la penetración} = 500 \frac{lb}{pulg^2} )$$

$$T.F.F = \text{Tiempo (cuando Resistencia a la penetración} = 4000 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2} )$$

Para cada diseño se realiza dos muestras, a continuación, se muestra los resultados:

**Concreto elaborado con equipo mecánico (a/c=0.60) “Concreto patrón 1” (CP1)**

\*Muestra 1:

Cuadro A4.23 Resultado de ensayo de tiempo de fragua para CP1 – Muestra 1

CP1 – Muestra 1					
Hora (h:min)	Tiempo Absoluto (h:min)	Tiempo Absoluto (min)	Fuerza (libras)	Área de Aguja (pulg. <sup>2</sup> )	Resistencia a la Penetración (lb/pulg. <sup>2</sup> )
08:55 a.m.	INICIO				
12:41 p.m.	03:46	226	195.80	1.000	195.80
01:11 p.m.	04:16	256	186.00	0.500	372.00
01:41 p.m.	04:46	286	230.00	0.250	920.00
02:11 p.m.	05:16	316	178.00	0.100	1780.00
02:41 p.m.	05:46	346	165.50	0.050	3310.00
03:11 p.m.	06:16	376	128.90	0.025	5156.00

Fuente: Elaboración Propia

Graficando y obteniendo los tiempos de fragua se tiene:

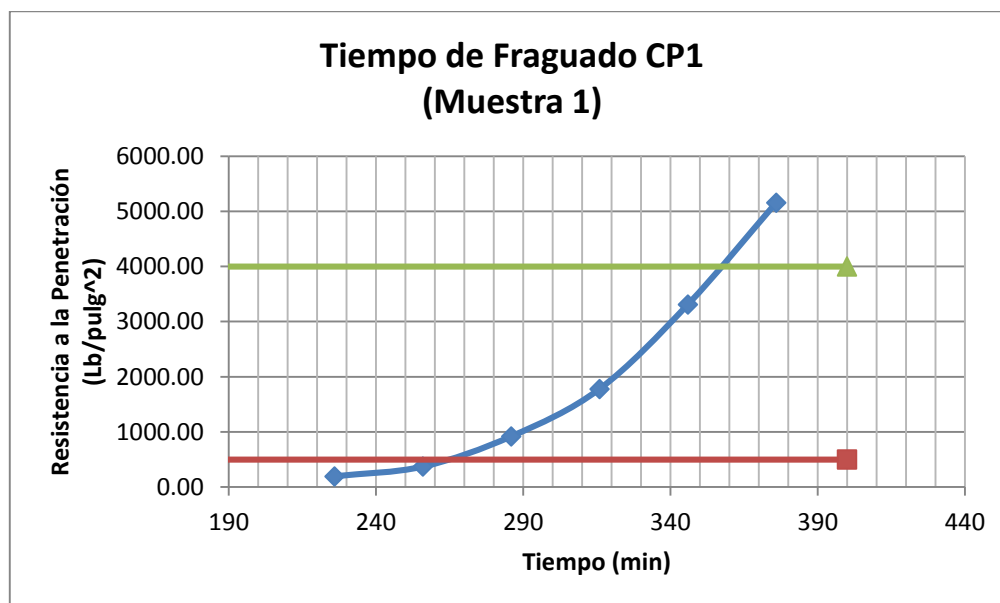


Figura A4.1 Resistencia a la penetración vs. Tiempo de fragua para CP1-Muestra 1

Fuente: Elaboración Propia

\*Muestra 2:

Cuadro A4.24 Resultado de ensayo de tiempo de fragua para CP1 – Muestra 2

CP1 – Muestra 2					
Hora (h:min)	Tiempo Absoluto (h:min)	Tiempo Absoluto (min)	Fuerza (libras)	Área de Aguja (pulg. <sup>2</sup> )	Resistencia a la Penetración (lb/pulg. <sup>2</sup> )
09:02 a.m.	INICIO				
12:43 p.m.	03:41	221	184.50	1.000	184.50
01:13 p.m.	04:11	251	173.70	0.500	347.40
01:43 p.m.	04:41	281	198.40	0.250	793.60
02:13 p.m.	05:11	311	179.00	0.100	1790.00
02:43 p.m.	05:41	341	165.50	0.050	3310.00
03:13 p.m.	06:11	371	153.00	0.025	6120.00

Fuente: Elaboración Propia

Graficando y obteniendo los tiempos de fragua se tiene:

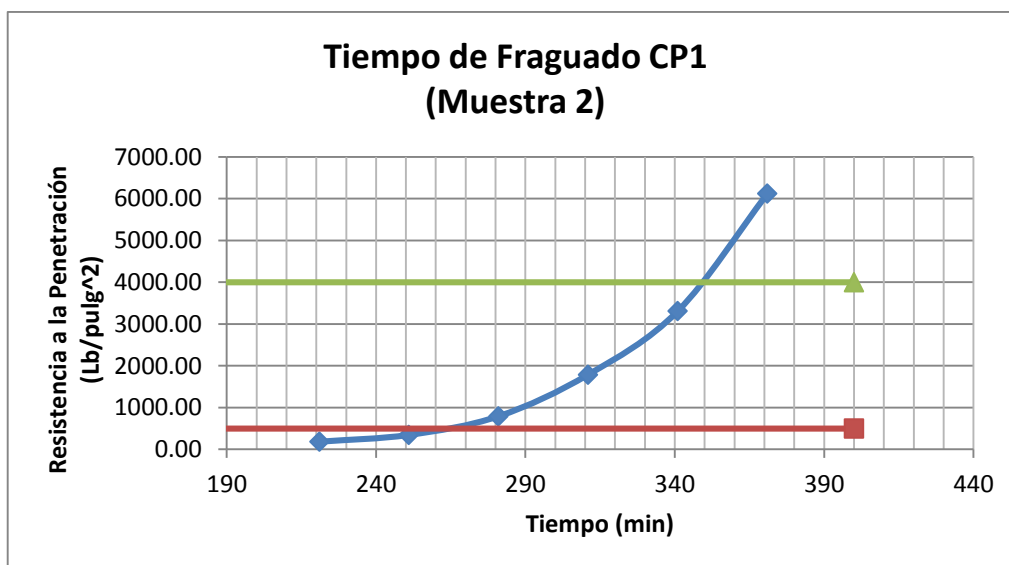


Figura A4.2 Resistencia a la penetración vs. Tiempo de fragua para CP1-Muestra 2

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro A4.25 Tiempo de fragua inicial y final de CP1

	Muestra 1 (min)	Muestra 2 (min)	Promedio (min)	Promedio (h:min)
Tiempo de Fragua Inicial	265	264	264.5	04h:25min
Tiempo de Fragua Final	358	349	353.5	05h:54min

Fuente: Elaboración Propia

**Concreto elaborado con equipo mecánico (a/c=0.65) “Concreto patrón 2” (CP2)**

\*Muestra 1:

Cuadro A4.26 Resultado de ensayo de tiempo de fragua para CP2 – Muestra 1

CP2 – Muestra 1					
Hora (h:min)	Tiempo Absoluto (h:min)	Tiempo Absoluto (min)	Fuerza (libras)	Área de Aguja (pulg. <sup>2</sup> )	Resistencia a la Penetración (lb/pulg. <sup>2</sup> )
09:01 a.m.	INICIO				
12:14 p.m.	03:13	193	143.80	1.000	143.80
12:44 p.m.	03:43	223	105.60	0.500	211.20
01:14 p.m.	04:13	253	175.50	0.250	702.00
01:44 p.m.	04:43	283	159.90	0.100	1599.00
02:14 p.m.	05:13	313	159.70	0.050	3194.00
02:44 p.m.	05:43	343	137.90	0.025	5516.00

Fuente: Elaboración Propia

Graficando y obteniendo los tiempos de fragua se tiene:

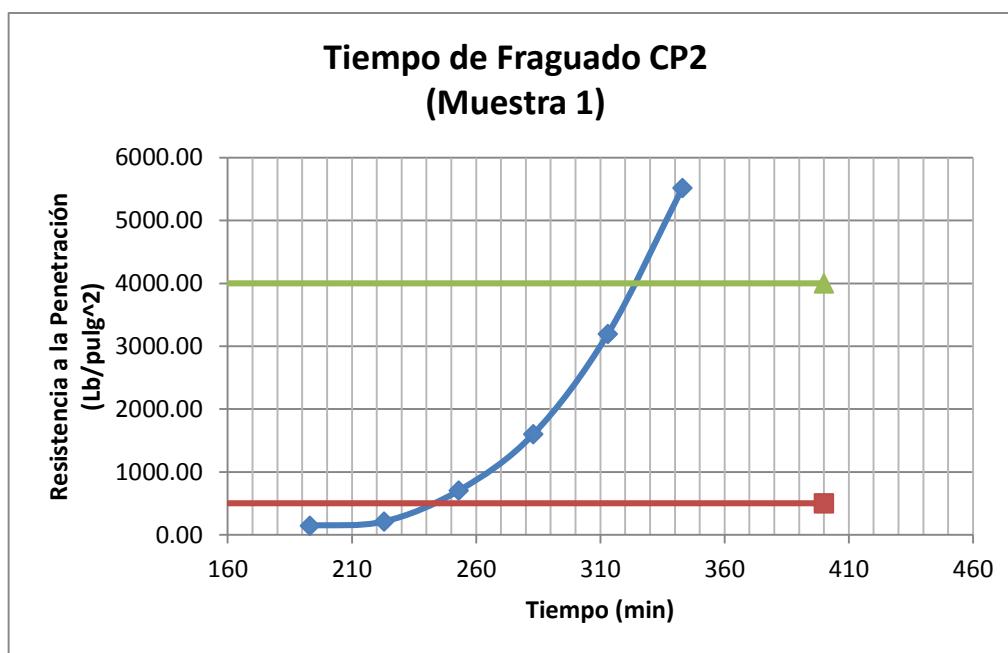


Figura A4.3 Resistencia a la penetración vs. Tiempo de fragua para CP2-Muestra 1

Fuente: Elaboración Propia

\*Muestra 2:

Cuadro A4.27 Resultado de ensayo de tiempo de fragua para CP2 – Muestra 2

CP2 – Muestra 2					
Hora (h:min)	Tiempo Absoluto (h:min)	Tiempo Absoluto (min)	Fuerza (libras)	Área de Aguja (pulg. <sup>2</sup> )	Resistencia a la Penetración (lb/pulg. <sup>2</sup> )
09:07 a.m.	INICIO				
12:17 p.m.	03:10	190	133.70	1.000	133.70
12:47 p.m.	03:40	220	157.80	0.500	315.60
01:17 p.m.	04:10	250	142.90	0.250	571.60
01:47 p.m.	04:40	280	161.90	0.100	1619.00
02:17 p.m.	05:10	310	163.60	0.050	3272.00
02:47 p.m.	05:40	340	149.90	0.025	5996.00

Fuente: Elaboración Propia

Graficando y obteniendo los tiempos de fragua se tiene:

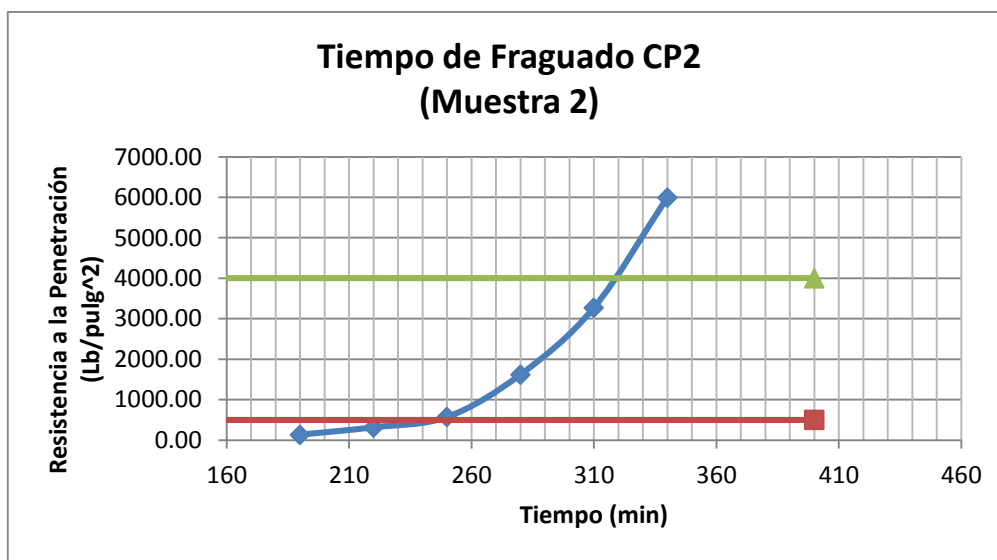


Figura A4.4 Resistencia a la penetración vs. Tiempo de fragua para CP2-Muestra 2

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro A4.28 Tiempo de fragua inicial y final de CP2

	Muestra 1 (min)	Muestra 2 (min)	Promedio (min)	Promedio (h:min)
Tiempo de Fragua Inicial	244	243	243.5	04h:04min
Tiempo de Fragua Final	324	319	321.5	05h:22min

Fuente: Elaboración Propia

**Concreto elaborado con equipo mecánico (a/c=0.70) “Concreto patrón 3” (CP3)**

\*Muestra 1:

Cuadro A4.29 Resultado de ensayo de tiempo de fragua para CP3 – Muestra 1

CP3 – Muestra 1					
Hora (h:min)	Tiempo Absoluto (h:min)	Tiempo Absoluto (min)	Fuerza (libras)	Área de Aguja (pulg. <sup>2</sup> )	Resistencia a la Penetración (lb/pulg. <sup>2</sup> )
09:59 a.m.	INICIO				
01:45 p.m.	03:46	226	168.20	1.000	168.20
02:15 p.m.	04:16	256	184.50	0.500	369.00
02:45 p.m.	04:46	286	161.90	0.250	647.60
03:15 p.m.	05:16	316	162.90	0.100	1629.00
03:45 a.m.	05:46	346	169.80	0.050	3396.00
04:15 a.m.	06:16	376	143.80	0.025	5752.00

Fuente: Elaboración Propia

Graficando y obteniendo los tiempos de fragua se tiene:

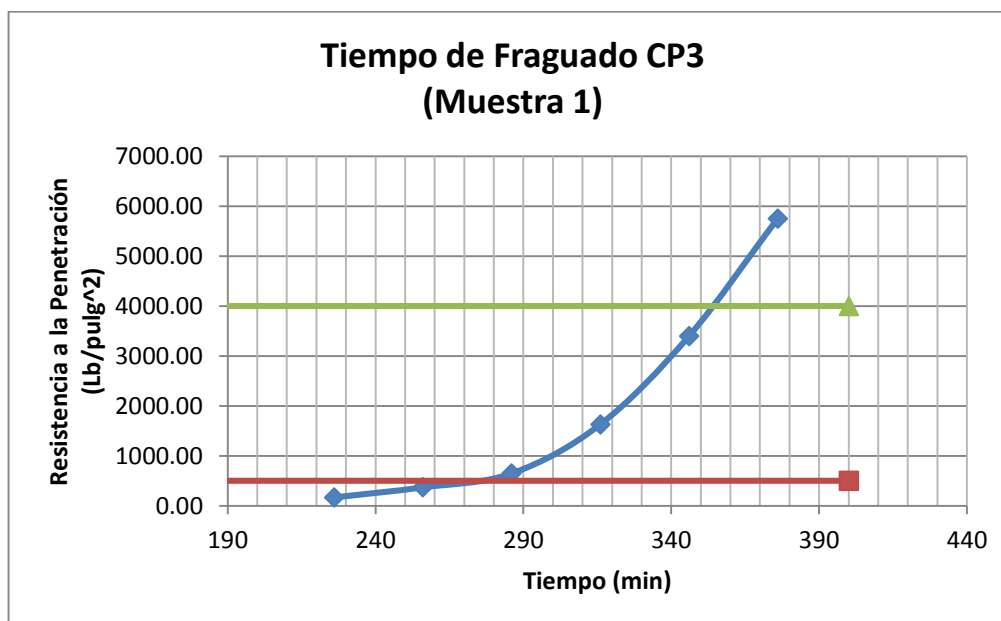


Figura A4.5 Resistencia a la penetración vs. Tiempo de fragua para CP3-Muestra 1

Fuente: Elaboración Propia

\*Muestra 2:

Cuadro A4.30 Resultado de ensayo de tiempo de fragua para CP3 – Muestra 2

CP3 – Muestra 2					
Hora (h:min)	Tiempo Absoluto (h:min)	Tiempo Absoluto (min)	Fuerza (libras)	Área de Aguja (pulg. <sup>2</sup> )	Resistencia a la Penetración (lb/pulg. <sup>2</sup> )
10:07 a.m.	INICIO				
01:46 p.m.	03:39	219	161.70	1.000	161.70
02:16 p.m.	04:09	249	179.80	0.500	359.60
02:46 p.m.	04:39	279	194.10	0.250	776.40
03:16 p.m.	04:09	309	178.20	0.100	1782.00
03:46 a.m.	04:39	339	153.60	0.050	3072.00
04:16 a.m.	05:09	369	133.20	0.025	5328.00

Fuente: Elaboración Propia

Graficando y obteniendo los tiempos de fragua se tiene:

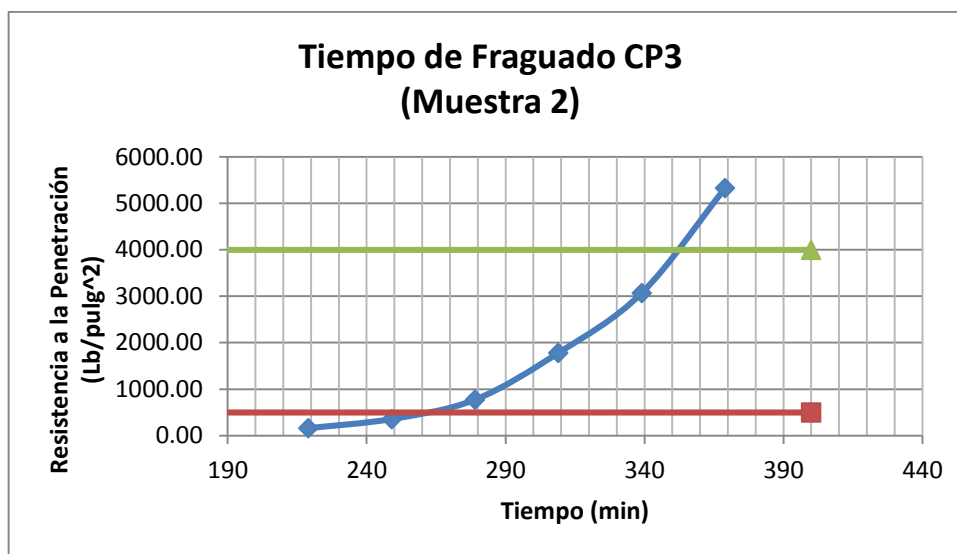


Figura A4.6 Resistencia a la penetración vs. Tiempo de fragua para CP3-Muestra 2

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro A4.31 Tiempo de fragua inicial y final de CP3

	Muestra 1 (min)	Muestra 2 (min)	Promedio (min)	Promedio (h:min)
Tiempo de Fragua Inicial	276	262	269	04h:29min
Tiempo de Fragua Final	354	352	353	05h:53min

Fuente: Elaboración Propia

**Concreto elaborado en terreno natural (a/c=0.60) “Concreto en terreno natural 1” (CT1)**

\*Muestra 1:

Cuadro A4.32 Resultado de ensayo de tiempo de fragua para CT1 – Muestra 1

CT1 – Muestra 1					
Hora (h:min)	Tiempo Absoluto (h:min)	Tiempo Absoluto (min)	Fuerza (libras)	Área de Aguja (pulg. <sup>2</sup> )	Resistencia a la Penetración (lb/pulg. <sup>2</sup> )
09:17 a.m.	INICIO				
12:22 p.m.	03:05	185	125.40	1.000	125.40
12:52 p.m.	03:35	215	128.70	0.500	257.40
01:22 p.m.	04:05	245	142.90	0.250	571.60
01:52 p.m.	04:35	275	188.60	0.100	1886.00
02:22 p.m.	05:05	305	175.50	0.050	3510.00
02:52 p.m.	05:35	335	137.00	0.025	5480.00

Fuente: Elaboración Propia

Graficando y obteniendo los tiempos de fragua se tiene:

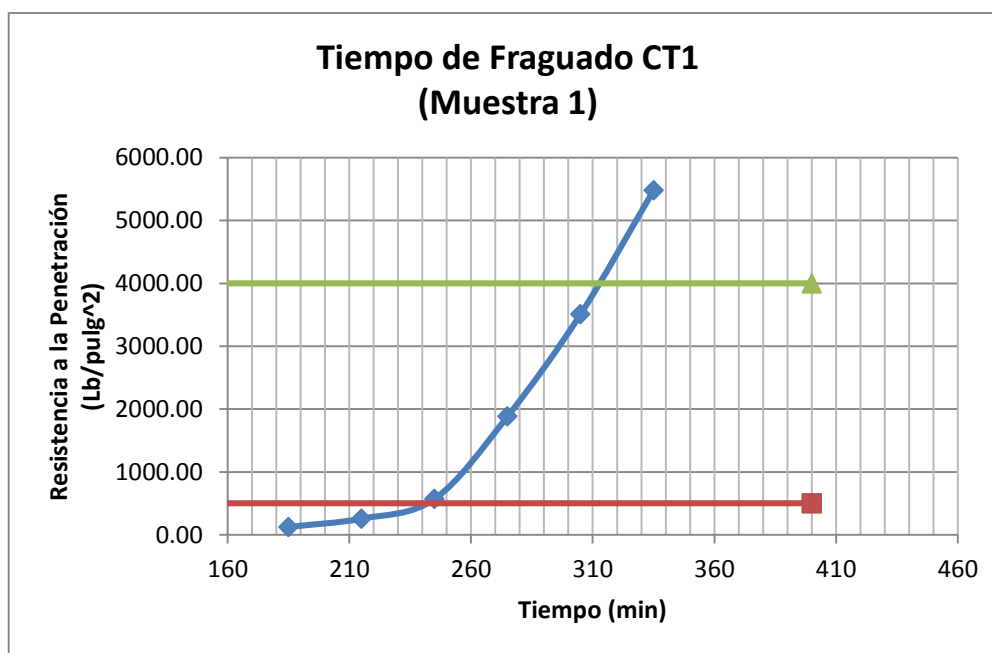


Figura A4.7 Resistencia a la penetración vs. Tiempo de fragua para CT1-Muestra 1

Fuente: Elaboración Propia



\*Muestra 2:

Cuadro A4.33 Resultado de ensayo de tiempo de fragua para CT1 – Muestra 2

CT1 – Muestra 2					
Hora (h:min)	Tiempo Absoluto (h:min)	Tiempo Absoluto (min)	Fuerza (libras)	Área de Aguja (pulg. <sup>2</sup> )	Resistencia a la Penetración (lb/pulg. <sup>2</sup> )
09:23 a.m.	INICIO				
12:46 p.m.	03:23	203	112.50	1.000	112.50
01:16 p.m.	03:53	233	120.90	0.500	241.80
01:46 p.m.	04:23	263	166.80	0.250	667.20
02:16 p.m.	04:53	293	165.50	0.100	1655.00
02:46 p.m.	05:23	323	134.45	0.050	2689.00
03:16 a.m.	05:53	353	118.80	0.025	4752.00

Fuente: Elaboración Propia

Graficando y obteniendo los tiempos de fragua se tiene:

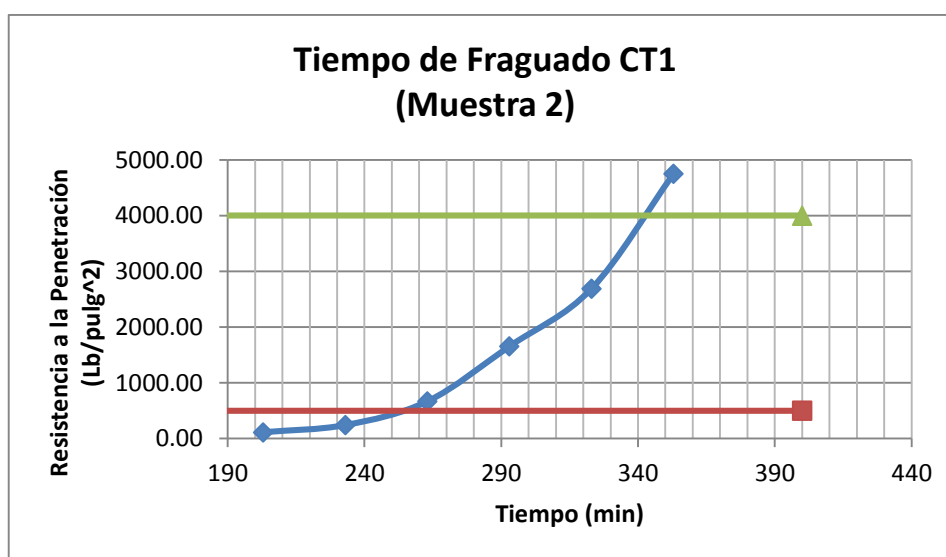


Figura A4.8 Resistencia a la penetración vs. Tiempo de fragua para CT1-Muestra 2

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro A4.34 Tiempo de fragua inicial y final de CT1

	Muestra 1 (min)	Muestra 2 (min)	Promedio (min)	Promedio (h:min)
Tiempo de Fragua Inicial	242	255	248.5	04h:09min
Tiempo de Fragua Final	312	342	327	05h:27min

Fuente: Elaboración Propia

**Concreto elaborado en terreno natural (a/c=0.65) “Concreto en terreno natural 2” (CT2)**

\*Muestra 1:

Cuadro A4.35 Resultado de ensayo de tiempo de fragua para CT2 – Muestra 1

CT2 – Muestra 1					
Hora (h:min)	Tiempo Absoluto (h:min)	Tiempo Absoluto (min)	Fuerza (libras)	Área de Aguja (pulg. <sup>2</sup> )	Resistencia a la Penetración (lb/pulg. <sup>2</sup> )
08:56 a.m.	INICIO				
11:43 a.m.	02:47	167	117.70	1.000	117.70
12:13 p.m.	03:17	197	188.60	0.500	377.20
12:43 p.m.	03:47	227	200.10	0.250	800.40
01:13 p.m.	04:17	257	174.40	0.100	1744.00
01:43 p.m.	04:47	287	165.70	0.050	3314.00
02:13 p.m.	05:17	317	131.10	0.025	5244.00

Fuente: Elaboración Propia

Graficando y obteniendo los tiempos de fragua se tiene:

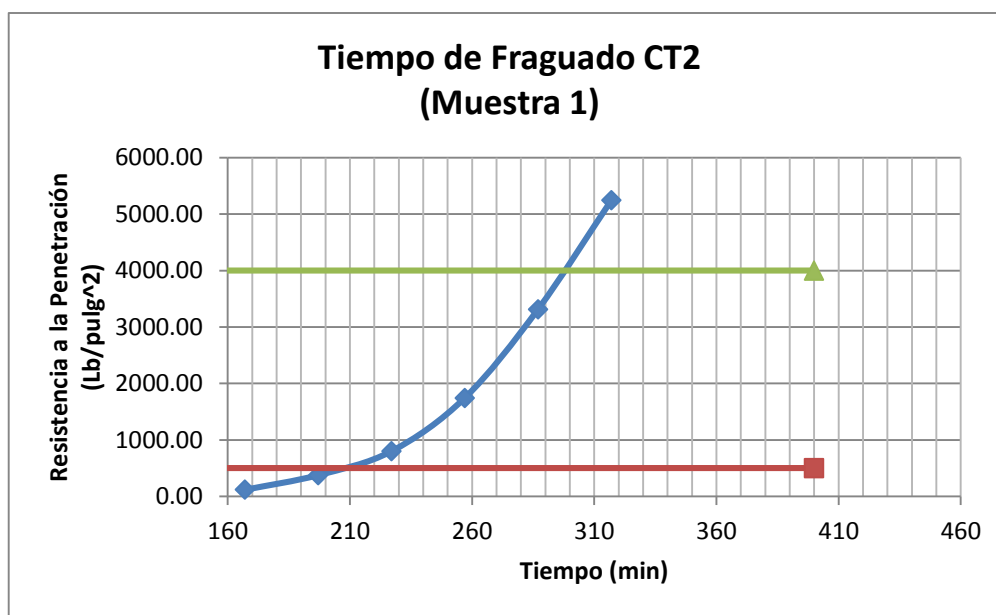


Figura A4.9 Resistencia a la penetración vs. Tiempo de fragua para CT2-Muestra 1

Fuente: Elaboración Propia

\*Muestra 2:

Cuadro A4.36 Resultado de ensayo de tiempo de fragua para CT2 – Muestra 2

CT2 – Muestra 2					
Hora (h:min)	Tiempo Absoluto (h:min)	Tiempo Absoluto (min)	Fuerza (libras)	Área de Aguja (pulg. <sup>2</sup> )	Resistencia a la Penetración (lb/pulg. <sup>2</sup> )
08:37 a.m.	INICIO				
11:46 a.m.	03:09	189	108.00	1.000	108.00
12:16 p.m.	03:39	219	174.50	0.500	349.00
12:46 p.m.	04:09	249	199.30	0.250	797.20
01:16 p.m.	04:39	279	165.45	0.100	1654.50
01:46 p.m.	05:09	309	153.20	0.050	3064.00
02:16 p.m.	05:39	339	136.80	0.025	5472.00

Fuente: Elaboración Propia

Graficando y obteniendo los tiempos de fragua se tiene:

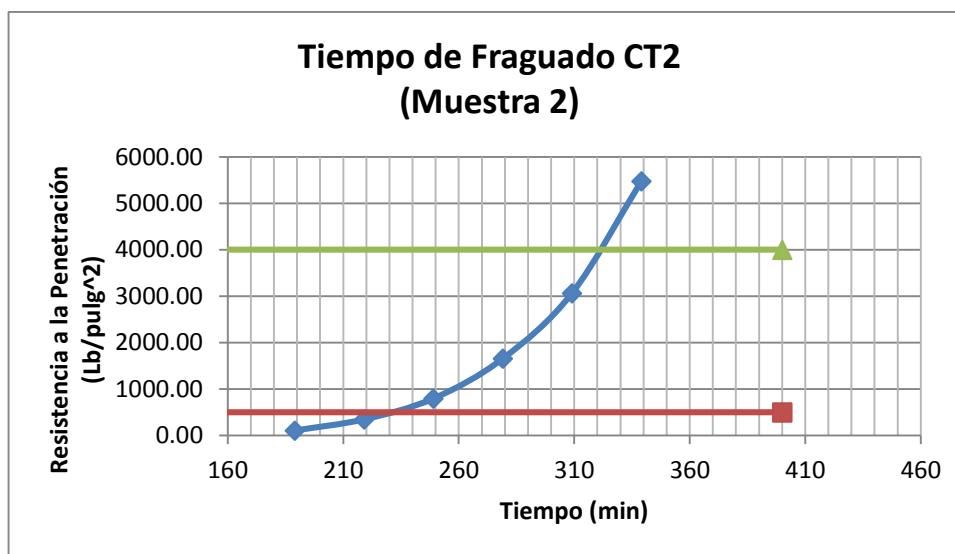


Figura A4.10 Resistencia a la penetración vs. Tiempo de fragua para CT2-Muestra 2

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro A4.37 Tiempo de fragua inicial y final de CT2

	Muestra 1 (min)	Muestra 2 (min)	Promedio (min)	Promedio (h:min)
Tiempo de Fragua Inicial	208	231	219.5	03h:40min
Tiempo de Fragua Final	298	322	310.0	05h:10min

Fuente: Elaboración Propia

**Concreto elaborado en terreno natural (a/c=0.70) “Concreto en terreno natural 3” (CT3)**

\*Muestra 1:

Cuadro A4.38 Resultado de ensayo de tiempo de fragua para CT3 – Muestra 1

CT3 – Muestra 1					
Hora (h:min)	Tiempo Absoluto (h:min)	Tiempo Absoluto (min)	Fuerza (libras)	Área de Aguja (pulg. <sup>2</sup> )	Resistencia a la Penetración (lb/pulg. <sup>2</sup> )
10:24 a.m.	INICIO				
01:42 p.m.	03:18	198	103.20	1.000	103.20
02:12 p.m.	03:48	228	175.70	0.500	351.40
02:42 p.m.	04:18	258	198.70	0.250	794.80
03:12 p.m.	04:48	288	177.80	0.100	1778.00
03:42 p.m.	05:18	318	145.90	0.050	2918.00
04:12 p.m.	05:48	348	116.50	0.025	4660.00

Fuente: Elaboración Propia

Graficando y obteniendo los tiempos de fragua se tiene:

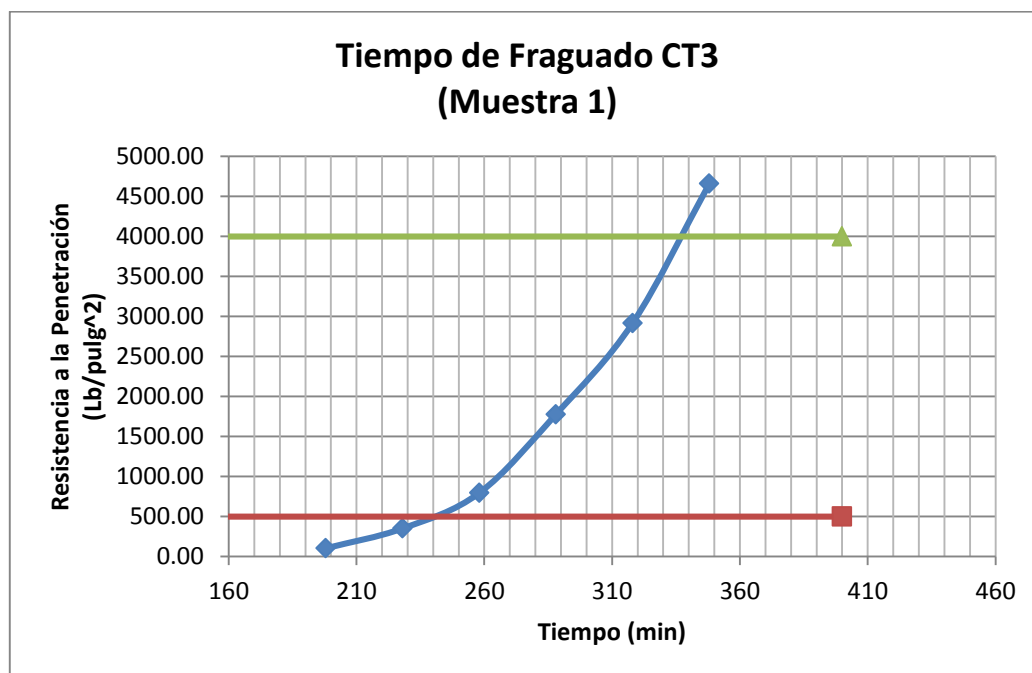


Figura A4.11 Resistencia a la penetración vs. Tiempo de fragua para CT3-Muestra 1

Fuente: Elaboración Propia

\*Muestra 2:

Cuadro A4.39 Resultado de ensayo de tiempo de fragua para CT3 – Muestra 2

CT3 – Muestra 2					
Hora (h:min)	Tiempo Absoluto (h:min)	Tiempo Absoluto (min)	Fuerza (libras)	Área de Aguja (pulg. <sup>2</sup> )	Resistencia a la Penetración (lb/pulg. <sup>2</sup> )
10:45 a.m.	INICIO				
02:00 p.m.	03:15	195	100.80	1.000	100.80
02:30 p.m.	03:45	225	154.40	0.500	308.80
03:00 p.m.	04:15	255	198.70	0.250	794.80
03:30 p.m.	04:45	285	154.78	0.100	1547.80
04:00 p.m.	05:15	315	133.50	0.050	2670.00
04:30 p.m.	05:45	345	111.20	0.025	4448.00

Fuente: Elaboración Propia

Graficando y obteniendo los tiempos de fragua se tiene:

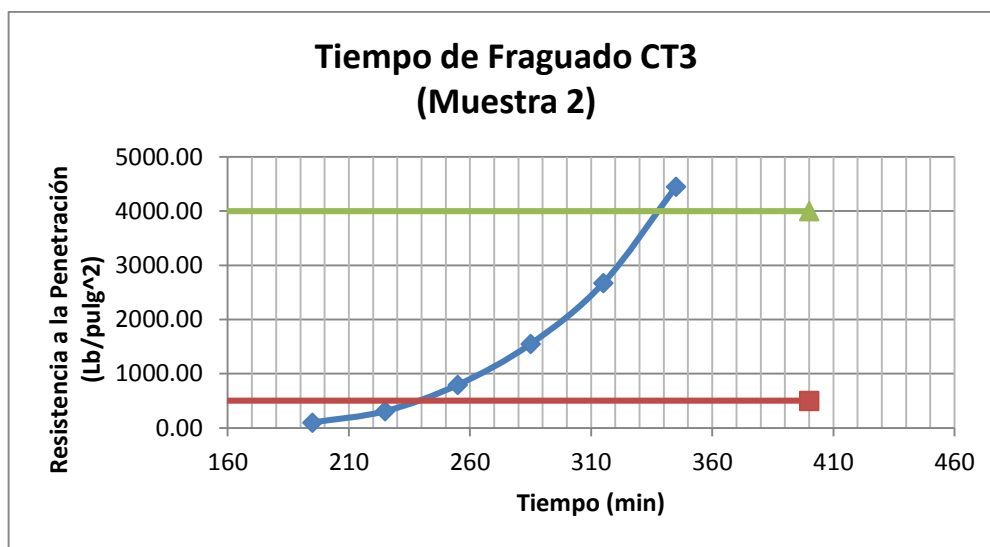


Figura A4.12 Resistencia a la penetración vs. Tiempo de fragua para CT3-Muestra 2

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro A4.40 Tiempo de fragua inicial y final de CT3

	Muestra 1 (min)	Muestra 2 (min)	Promedio (min)	Promedio (h:min)
Tiempo de Fragua Inicial	241	339	290.0	04h:50min
Tiempo de Fragua Final	337	338	337.5	05h:38min

Fuente: Elaboración Propia

**Concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo (a/c=0.60) “Concreto patrón 1 con aditivo” (CPA1)**

\*Muestra 1:

Cuadro A4.41 Resultado de ensayo de tiempo de fragua para CPA1 – Muestra 1

CPA1 – Muestra 1					
Hora (h:min)	Tiempo Absoluto (h:min)	Tiempo Absoluto (min)	Fuerza (libras)	Área de Aguja (pulg. <sup>2</sup> )	Resistencia a la Penetración (lb/pulg. <sup>2</sup> )
08:41 a.m.	INICIO				
11:51 a.m.	03:10	190	216.00	1.000	216.00
12:21 p.m.	03:40	220	258.00	0.500	516.00
12:51 p.m.	04:10	250	241.00	0.250	964.00
01:21 p.m.	04:40	280	158.00	0.100	1580.00
01:51 p.m.	05:10	310	182.00	0.050	3640.00
02:11 p.m.	05:40	340	202.00	0.025	8080.00

Fuente: Elaboración Propia

Graficando y obteniendo los tiempos de fragua se tiene:

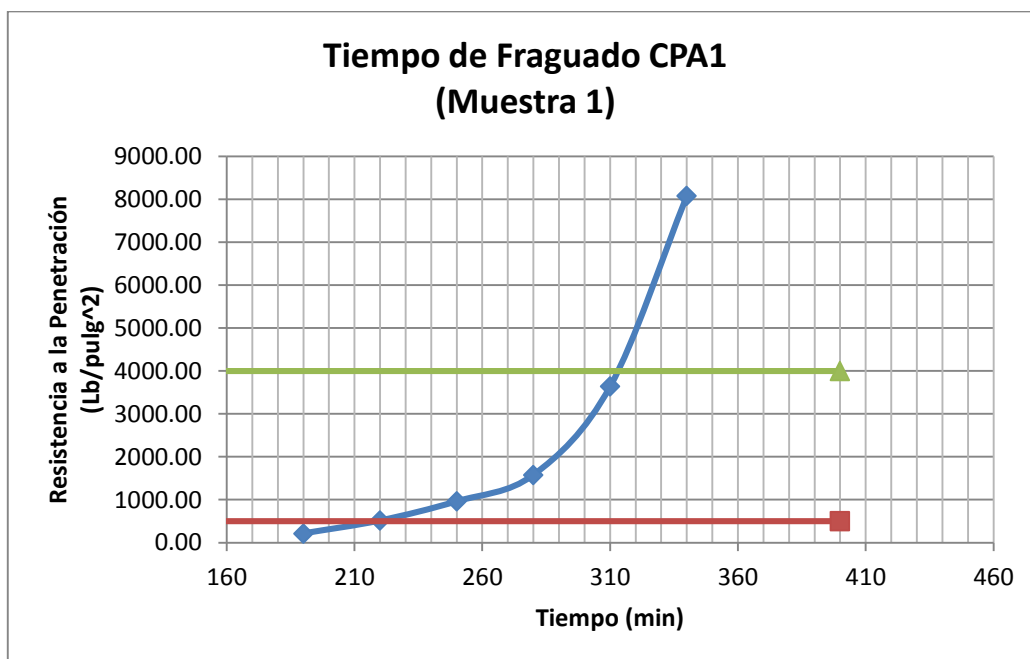


Figura A4.13 Resistencia a la penetración vs. Tiempo de fragua para CPA1-Muestra 1

Fuente: Elaboración Propia

\*Muestra 2:

Cuadro A4.42 Resultado de ensayo de tiempo de fragua para CPA1 – Muestra 2

CPA1 – Muestra 2					
Hora (h:min)	Tiempo Absoluto (h:min)	Tiempo Absoluto (min)	Fuerza (libras)	Área de Aguja (pulg. <sup>2</sup> )	Resistencia a la Penetración (lb/pulg. <sup>2</sup> )
08:49 a.m.	INICIO				
11:55 a.m.	02:59	179	214.00	1.000	214.00
12:25 p.m.	03:29	209	251.00	0.500	502.00
12:55 p.m.	03:59	239	246.00	0.250	984.00
01:25 p.m.	04:29	269	172.80	0.100	1728.00
01:55 p.m.	04:59	299	181.80	0.050	3636.00
02:15 p.m.	05:29	329	191.00	0.025	7640.00

Fuente: Elaboración Propia

Graficando y obteniendo los tiempos de fragua se tiene:

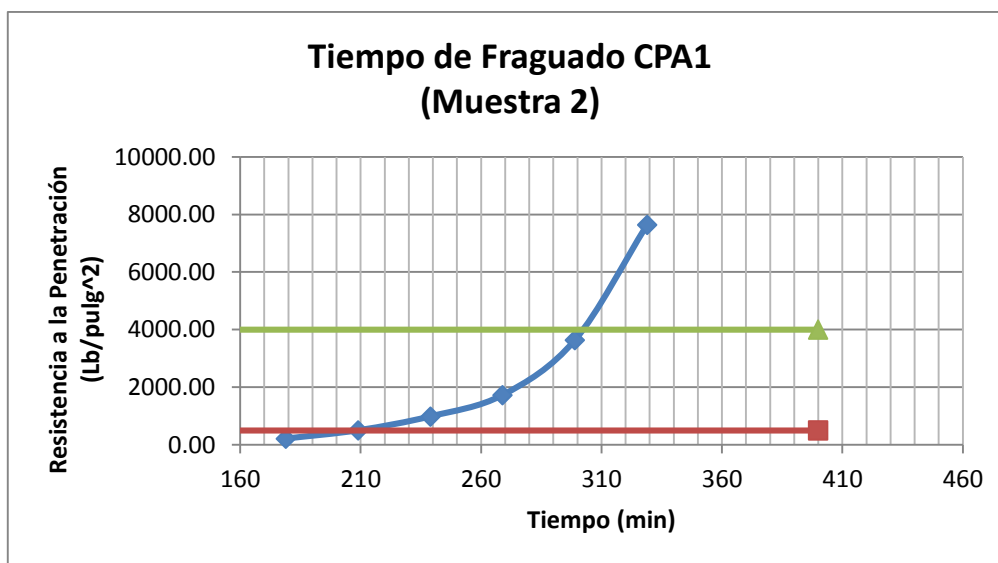


Figura A4.14 Resistencia a la penetración vs. Tiempo de fragua para CPA1-Muestra 2

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro A4.43 Tiempo de fragua inicial y final de CPA1

	Muestra 1 (min)	Muestra 2 (min)	Promedio (min)	Promedio (h:min)
Tiempo de Fragua Inicial	219	210	214.5	03h:35min
Tiempo de Fragua Final	313	302	307.5	05h:08min

Fuente: Elaboración Propia

**Concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo (a/c=0.65) “Concreto patrón 2 con aditivo” (CPA2)**

\*Muestra 1:

Cuadro A4.44 Resultado de ensayo de tiempo de fragua para CPA2 – Muestra 1

CPA2 – Muestra 1					
Hora (h:min)	Tiempo Absoluto (h:min)	Tiempo Absoluto (min)	Fuerza (libras)	Área de Aguja (pulg. <sup>2</sup> )	Resistencia a la Penetración (lb/pulg. <sup>2</sup> )
09:34 a.m.	INICIO				
12:37 p.m.	03:03	183	151.00	1.000	151.00
01:07 p.m.	03:33	213	172.00	0.500	344.00
01:37 p.m.	04:03	243	195.75	0.250	783.00
02:07 p.m.	04:33	273	181.50	0.100	1815.00
02:37 p.m.	05:03	303	190.00	0.050	3800.00
03:07 p.m.	05:33	333	153.00	0.025	6120.00

Fuente: Elaboración Propia

Graficando y obteniendo los tiempos de fragua se tiene:

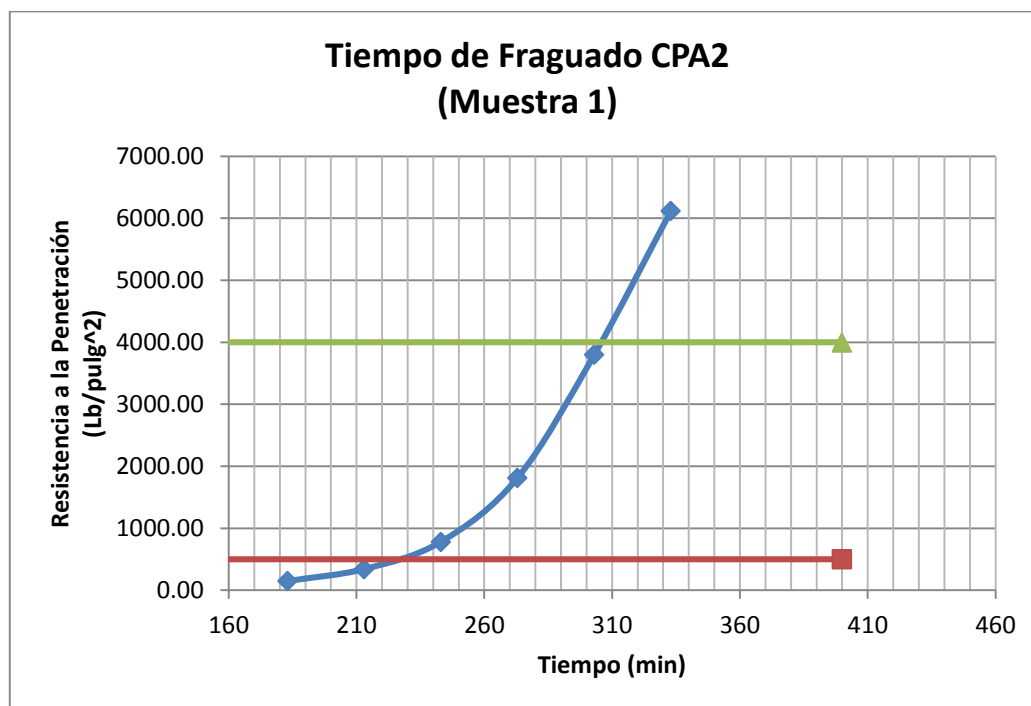


Figura A4.15 Resistencia a la penetración vs. Tiempo de fragua para CPA2-Muestra 1

Fuente: Elaboración Propia



\*Muestra 2:

Cuadro A4.45 Resultado de ensayo de tiempo de fragua para CPA2 – Muestra 2

CPA2 – Muestra 2					
Hora (h:min)	Tiempo Absoluto (h:min)	Tiempo Absoluto (min)	Fuerza (libras)	Área de Aguja (pulg. <sup>2</sup> )	Resistencia a la Penetración (lb/pulg. <sup>2</sup> )
09:39 a.m.	INICIO				
12:39 p.m.	03:00	180	102.00	1.000	102.00
01:09 p.m.	03:30	210	174.00	0.500	348.00
01:39 p.m.	04:00	240	204.05	0.250	816.20
02:09 p.m.	04:30	270	185.00	0.100	1850.00
02:39 p.m.	05:00	300	183.00	0.050	3660.00
03:09 p.m.	05:30	330	207.00	0.025	8280.00

Fuente: Elaboración Propia

Graficando y obteniendo los tiempos de fragua se tiene:

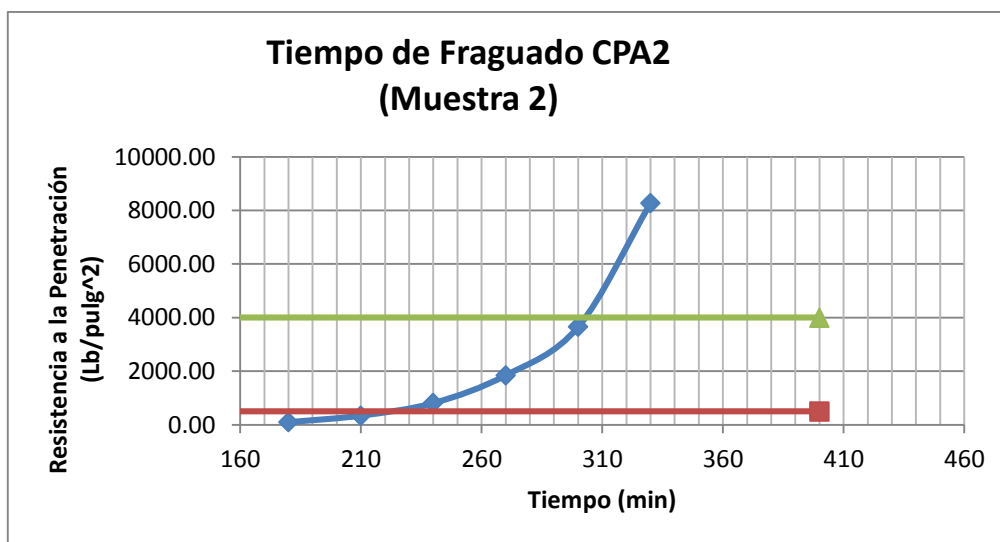


Figura A4.16 Resistencia a la penetración vs. Tiempo de fragua para CPA2-Muestra 2

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro A4.46 Tiempo de fragua inicial y final de CPA2

	Muestra 1 (min)	Muestra 2 (min)	Promedio (min)	Promedio (h:min)
Tiempo de Fragua Inicial	226	222	224	03h:44min
Tiempo de Fragua Final	305	303	304	05h:04min

Fuente: Elaboración Propia

**Concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo (a/c=0.70) “Concreto patrón 3 con aditivo” (CPA3)**

\*Muestra 1:

Cuadro A4.47 Resultado de ensayo de tiempo de fragua para CPA3 – Muestra 1

CPA3 – Muestra 1					
Hora (h:min)	Tiempo Absoluto (h:min)	Tiempo Absoluto (min)	Fuerza (libras)	Área de Aguja (pulg. <sup>2</sup> )	Resistencia a la Penetración (lb/pulg. <sup>2</sup> )
10:19 a.m.	INICIO				
01:12 p.m.	02:53	173	128.00	1.000	128.00
01:42 p.m.	03:23	203	184.50	0.500	369.00
02:12 p.m.	03:53	233	185.80	0.250	743.20
02:32 p.m.	04:23	263	149.00	0.100	1490.00
02:52 p.m.	04:53	293	134.70	0.050	2694.00
03:12 p.m.	05:23	323	108.00	0.025	4320.00

Fuente: Elaboración Propia

Graficando y obteniendo los tiempos de fragua se tiene:

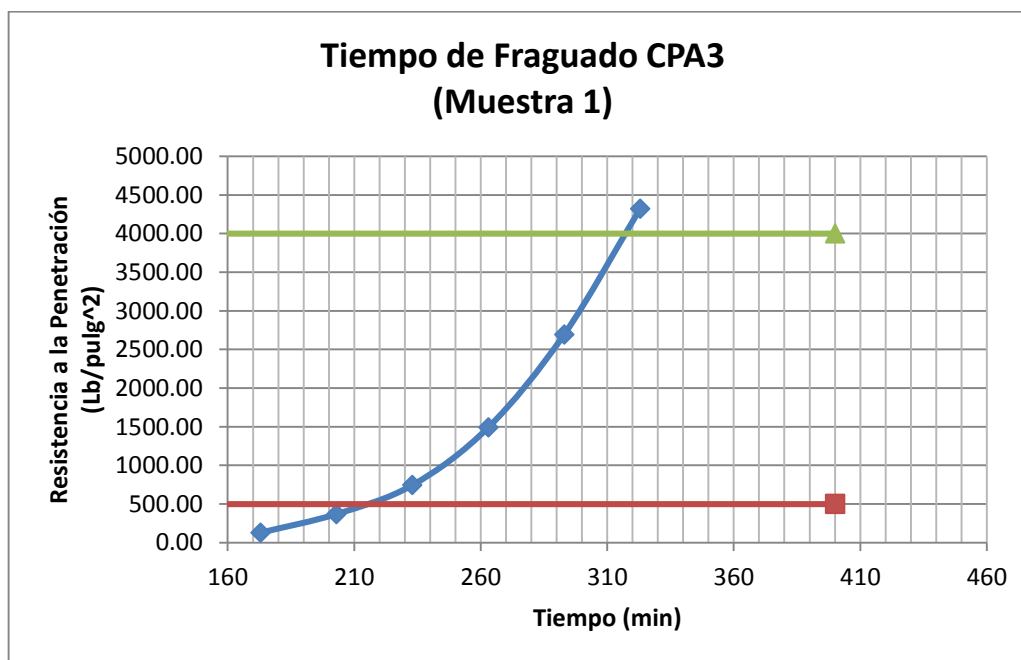


Figura A4.17 Resistencia a la penetración vs. Tiempo de fragua para CPA3-Muestra 1

Fuente: Elaboración Propia

\*Muestra 2:

Cuadro A4.48 Resultado de ensayo de tiempo de fragua para CPA3 – Muestra 2

CPA3 – Muestra 2					
Hora (h:min)	Tiempo Absoluto (h:min)	Tiempo Absoluto (min)	Fuerza (libras)	Área de Aguja (pulg. <sup>2</sup> )	Resistencia a la Penetración (lb/pulg. <sup>2</sup> )
10:24 a.m.	INICIO				
01:15 p.m.	02:51	171	135.00	1.000	135.00
01:45 p.m.	03:21	201	178.20	0.500	356.40
02:15 p.m.	03:51	231	230.00	0.250	920.00
02:35 p.m.	04:21	261	164.00	0.100	1640.00
02:55 p.m.	04:51	291	172.80	0.050	3456.00
03:15 p.m.	05:21	321	166.50	0.025	6660.00

Fuente: Elaboración Propia

Graficando y obteniendo los tiempos de fragua se tiene:

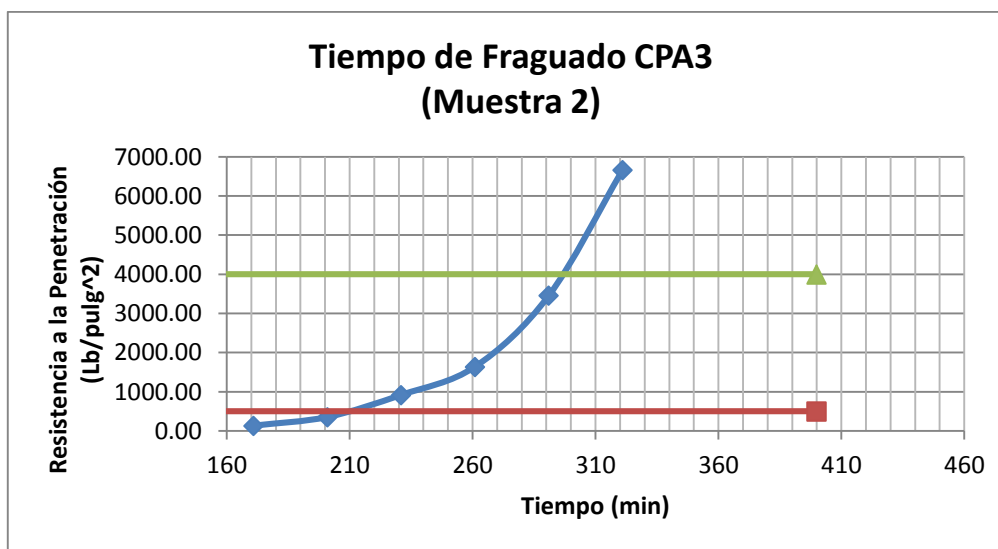


Figura A4.18 Resistencia a la penetración vs. Tiempo de fragua para CPA3-Muestra 2

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro A4.49 Tiempo de fragua inicial y final de CPA3

	Muestra 1 (min)	Muestra 2 (min)	Promedio (min)	Promedio (h:min)
Tiempo de Fragua Inicial	215	210	212.5	03h:33min
Tiempo de Fragua Final	318	297	307.5	05h:08min

Fuente: Elaboración Propia

# ANEXO 5:

## CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO

### A5.1 Propiedades del concreto en estado endurecido

## A5.1 Propiedades del concreto en estado endurecido

### **\*Resistencia a la compresión:**

El ensayo realizado a continuación se basa en la NTP. 339.034

#### \*\* Equipos y materiales:

- Molde de probetas
- Varilla lisa metálica de  $\phi 5/8"$  y 2 pies de largo.
- Poza de curado.
- Cucharón.
- Martillo de goma.
- Petróleo.
- Equipo de compresión.
- Mezcla de concreto a ensayar.

#### \*\* Procedimiento:

El procedimiento para determinar la resistencia a la compresión es de la siguiente manera:

##### Elaboración de muestras:

- Preparado de molde de probeta: Se limpia el interior del molde de probeta, se esparce petróleo internamente, para facilitar la salida de la muestra cuando haya endurecido.
- Primer vaciado de mezcla: Humedecer el cucharón. Con ayuda del cucharón se llena el molde de probeta hasta la tercera parte de la altura, manteniendo inmóvil el molde.
- Primer Varillado: Humedecer la varilla. Se golpea con 25 varillas verticales la mezcla vaciada, en forma de espiral de ida y vuelta, evitando que la varilla golpee la plataforma y las paredes del cono. Luego se golpea con el martillo de goma en la parte lateral para expulsar el aire atrapado.

- Llenado del molde: Se llena el molde en tres capas, cada capa es varillado de acuerdo al procedimiento anterior. Una vez llenado el molde, se enrasa con la varilla metálica.
- Curado: Una vez llenado el molde se sumerge la muestra en las pozas de curado, por el tiempo necesario.
- Extracción de la muestra: Transcurrido el tiempo de curado, se retira la muestra del agua.

Ensayo de resistencia a la compresión:

- Medida de muestra: Se mide dos diámetros de la muestra y la altura de la misma.
- Preparación de la muestra: La muestra es colocada en el equipo, en los extremos se coloca neopreno, para distribuir uniformemente la carga de compresión.
- Aplicación de carga: Se asegura la muestra, se aplica la carga de manera uniforme y continúa. Se visualiza el incremento de carga en las agujas.
- Fin de ensayo: El ensayo termina cuando las agujas del equipo se separan, es en ese momento cuando se ha alcanzado la máxima resistencia a la compresión. Se registra dicho valor.

\*\* Resultados:

La resistencia a la compresión se obtiene de acuerdo a la siguiente relación:

$$\text{Resistencia a la compresión} = \frac{\text{Carga (Kg)}}{\text{Área (cm}^2\text{)}}$$

Los resultados se muestran para cada diseño en estudio:

**Concreto elaborado con equipo mecánico (a/c=0.60) “Concreto patrón 1” (CP1)**

En base al ensayo realizado se tiene el siguiente cuadro:

Cuadro A5.1 Resultado de resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días de CP1

Tiempo (Días)	Muestra	Diámetro 1 (cm)	Diámetro 2 (cm)	Diámetro Promedio (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
7	M1	10.080	10.030	10.055	79.406	16228	204.367	210.94
	M2	10.025	10.011	10.018	78.823	16260	206.285	
	M3	10.025	10.020	10.023	78.894	17528	222.173	
14	M4	10.000	10.040	10.020	78.854	18282	231.845	230.90
	M5	10.030	10.055	10.043	79.209	18256	230.479	
	M6	10.050	10.060	10.055	79.406	18293	230.373	
28	M7	10.075	10.070	10.073	79.683	19752	247.883	245.41
	M8	10.025	10.045	10.035	79.091	19231	243.152	
	M9	10.025	10.025	10.025	78.933	18885	239.254	
	M10	10.045	10.040	10.043	79.209	18702	236.110	
	M11	10.020	10.025	10.023	78.894	18669	236.635	
	M12	10.025	10.060	10.043	79.209	19821	250.237	
	M13	10.030	10.055	10.043	79.209	17785	224.533	
	M14	10.055	10.060	10.058	79.446	19902	250.511	
	M15	10.050	10.050	10.050	79.327	20028	252.473	
	M16	10.045	10.070	10.058	79.446	19299	242.921	
	M17	10.040	10.045	10.043	79.209	16959	214.105	
	M18	10.055	10.085	10.070	79.643	20051	251.760	
	M19	10.040	10.095	10.068	79.604	21975	276.055	
	M20	10.040	10.050	10.045	79.248	21824	275.388	
	M21	10.065	10.070	10.068	79.604	19112	240.089	

Fuente: Elaboración Propia

### Concreto elaborado con equipo mecánico (a/c=0.65) “Concreto patrón 2” (CP2)

En base al ensayo realizado se tiene el siguiente cuadro:

Cuadro A5.2 Resultado de resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días de CP2

Tiempo (Días)	Muestra	Diámetro 1 (cm)	Diámetro 2 (cm)	Diámetro Promedio (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
7	M1	10.050	10.050	10.050	79.327	15591	196.541	202.467
	M2	10.055	10.020	10.038	79.130	15512	196.032	
	M3	10.050	10.020	10.035	79.091	16991	214.830	
14	M4	10.000	10.050	10.025	78.933	17100	216.639	213.758
	M5	10.025	10.050	10.038	79.130	16712	211.197	
	M6	10.000	10.070	10.035	79.091	16881	213.439	
28	M7	10.055	10.045	10.050	79.327	18591	234.359	241.867
	M8	10.025	10.035	10.030	79.012	19412	245.685	
	M9	10.020	10.020	10.020	78.854	18431	233.735	
	M10	10.020	10.035	10.028	78.972	18900	239.324	
	M11	10.035	10.035	10.035	79.091	19739	249.575	
	M12	10.045	10.065	10.055	79.406	19195	241.732	
	M13	10.020	10.035	10.028	78.972	18671	236.424	
	M14	10.035	10.070	10.053	79.367	18111	228.194	
	M15	10.015	10.075	10.045	79.248	17921	226.137	
	M16	10.005	10.015	10.010	78.697	18198	231.241	
	M17	10.020	10.030	10.025	78.933	21000	266.048	
	M18	10.020	10.020	10.020	78.854	18525	234.927	
M19	10.010	10.020	10.015	78.776	21100	267.849		
M20	10.025	10.045	10.035	79.091	20475	258.881		
M21	10.010	10.020	10.015	78.776	18425	233.892		

Fuente: Elaboración Propia



### Concreto elaborado con equipo mecánico (a/c=0.70) “Concreto patrón 3” (CP3)

En base al ensayo realizado se tiene el siguiente cuadro:

Cuadro A5.3 Resultado de resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días de CP3

Tiempo (Días)	Muestra	Diámetro 1 (cm)	Diámetro 2 (cm)	Diámetro Promedio (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
7	M1	10.060	11.000	10.530	87.086	14563	167.226	191.328
	M2	10.040	10.020	10.030	79.012	16254	205.716	
	M3	10.040	10.060	10.050	79.327	15948	201.041	
14	M4	10.000	10.045	10.023	78.894	16002	202.830	212.693
	M5	10.040	10.045	10.043	79.209	17786	224.546	
	M6	10.025	10.050	10.038	79.130	16673	210.704	
28	M7	10.010	10.070	10.040	79.169	17551	221.689	223.869
	M8	10.080	10.095	10.088	79.920	18137	226.939	
	M9	10.050	10.065	10.058	79.446	17510	220.402	
	M10	10.010	10.080	10.045	79.248	17642	222.617	
	M11	10.010	10.075	10.043	79.209	17615	222.387	
	M12	10.050	10.050	10.050	79.327	17188	216.672	
	M13	10.050	10.070	10.060	79.485	17925	225.514	
	M14	10.055	10.070	10.063	79.525	18320	230.369	
	M15	10.040	10.050	10.045	79.248	17001	214.528	
	M16	10.040	10.050	10.045	79.248	18013	227.298	
	M17	10.030	10.065	10.048	79.288	18502	233.353	
	M18	10.025	10.055	10.040	79.169	18009	227.474	
M19	10.010	10.070	10.040	79.169	18735	236.645		
M20	10.035	10.030	10.033	79.051	17001	215.063		
M21	10.065	10.040	10.053	79.367	17229	217.081		

Fuente: Elaboración Propia

**Concreto elaborado en terreno natural (a/c=0.60) “Concreto en terreno natural 1” (CT1)**

En base al ensayo realizado se tiene el siguiente cuadro:

Cuadro A5.4 Resultado de resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días de CT1

Tiempo (Días)	Muestra	Diámetro 1 (cm)	Diámetro 2 (cm)	Diámetro Promedio (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
7	M1	10.000	10.025	10.013	78.736	15676	199.095	194.262
	M2	10.020	10.005	10.013	78.736	15202	193.075	
	M3	10.000	10.020	10.010	78.697	15001	190.617	
14	M4	10.050	10.010	10.030	79.012	16454	208.248	211.916
	M5	10.010	10.065	10.038	79.130	16778	212.031	
	M6	10.000	10.000	10.000	78.540	16923	215.470	
28	M7	10.030	10.040	10.035	79.091	17566	222.100	227.884
	M8	10.070	10.025	10.048	79.288	18884	238.171	
	M9	10.035	10.055	10.045	79.248	17606	222.163	
	M10	10.025	10.040	10.033	79.051	17002	215.076	
	M11	10.075	10.050	10.063	79.525	16982	213.544	
	M12	10.060	10.065	10.063	79.525	20205	254.072	
	M13	10.070	10.050	10.060	79.485	19952	251.016	
	M14	10.050	10.050	10.050	79.327	17659	222.610	
	M15	10.040	10.020	10.030	79.012	16970	214.778	
	M16	10.060	10.035	10.048	79.288	16928	213.501	
	M17	10.055	10.030	10.043	79.209	17831	225.114	
	M18	10.045	10.050	10.048	79.288	17343	218.735	
	M19	10.060	10.035	10.048	79.288	17122	215.948	
	M20	10.055	10.090	10.073	79.683	18753	235.346	
	M21	10.020	10.035	10.028	78.972	20224	256.090	

Fuente: Elaboración Propia

**Concreto elaborado en terreno natural (a/c=0.65) “Concreto en terreno natural 2” (CT2)**

En base al ensayo realizado se tiene el siguiente cuadro:

Cuadro A5.5 Resultado de resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días de CT2

Tiempo (Días)	Muestra	Diámetro 1 (cm)	Diámetro 2 (cm)	Diámetro Promedio (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
7	M1	10.035	10.035	10.035	79.091	15001	189.669	187.727
	M2	10.025	10.050	10.038	79.130	15039	190.054	
	M3	10.030	10.000	10.015	78.776	14452	183.458	
14	M4	10.015	10.035	10.025	78.933	15220	192.822	198.772
	M5	10.050	10.035	10.043	79.209	15731	198.602	
	M6	10.020	10.050	10.035	79.091	16205	204.892	
28	M7	10.030	10.045	10.038	79.130	18991	239.998	225.879
	M8	10.030	10.060	10.045	79.248	18262	230.440	
	M9	10.010	10.020	10.015	78.776	18612	236.266	
	M10	10.005	10.015	10.010	78.697	18002	228.751	
	M11	10.020	10.030	10.025	78.933	18102	229.334	
	M12	10.035	10.045	10.040	79.169	18532	234.080	
	M13	10.005	10.000	10.003	78.579	17210	219.015	
	M14	10.015	10.000	10.008	78.658	18991	241.439	
	M15	10.025	10.010	10.018	78.815	17012	215.847	
	M16	10.010	10.030	10.020	78.854	16887	214.155	
	M17	10.045	10.020	10.033	79.051	18126	229.295	
	M18	10.035	10.045	10.040	79.169	17119	216.233	
M19	10.040	10.045	10.043	79.209	17812	224.874		
M20	10.040	10.050	10.045	79.248	16934	213.683		
M21	10.025	10.055	10.040	79.169	17004	214.780		

Fuente: Elaboración Propia

**Concreto elaborado en terreno natural (a/c=0.70) “Concreto en terreno natural 3” (CT3)**

En base al ensayo realizado se tiene el siguiente cuadro:

Cuadro A5.6 Resultado de resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días de CT3

Tiempo (Días)	Muestra	Diámetro 1 (cm)	Diámetro 2 (cm)	Diámetro Promedio (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
7	M1	10.000	10.030	10.015	78.776	14451	183.445	180.015
	M2	10.035	10.025	10.030	79.012	14012	177.341	
	M3	10.085	10.000	10.043	79.209	14199	179.260	
14	M4	10.010	10.010	10.010	78.697	15610	198.356	196.408
	M5	10.015	10.025	10.020	78.854	15826	200.699	
	M6	10.020	10.025	10.023	78.894	15003	190.167	
28	M7	10.020	10.050	10.035	79.091	18863	238.499	207.783
	M8	10.020	10.070	10.045	79.248	16121	203.424	
	M9	10.025	10.035	10.030	79.012	16276	205.995	
	M10	10.045	10.080	10.063	79.525	17001	213.783	
	M11	10.065	10.020	10.043	79.209	16165	204.081	
	M12	10.060	10.050	10.055	79.406	16390	206.407	
	M13	10.020	10.040	10.030	79.012	16529	209.197	
	M14	10.030	10.030	10.030	79.012	16219	205.273	
	M15	10.075	10.030	10.053	79.367	15350	193.406	
	M16	10.040	10.060	10.050	79.327	15034	189.519	
	M17	10.035	10.050	10.043	79.209	15923	201.026	
	M18	10.055	10.065	10.060	79.485	17688	222.532	
M19	10.040	10.020	10.030	79.012	13892	175.822		
M20	10.030	10.005	10.018	78.815	18215	231.111		
M21	10.045	10.075	10.060	79.485	17222	216.670		

Fuente: Elaboración Propia

### Concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo (a/c=0.60) “Concreto patrón 1 con aditivo” (CPA1)

En base al ensayo realizado se tiene el siguiente cuadro:

Cuadro A5.7 Resultado de resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días de CPA1

Tiempo (Días)	Muestra	Diámetro 1 (cm)	Diámetro 2 (cm)	Diámetro Promedio (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
7	M1	10.230	10.160	10.195	81.633	21850	267.662	250.763
	M2	10.035	10.300	10.168	81.193	20420	251.500	
	M3	10.220	10.270	10.245	82.435	19218	233.128	
14	M4	10.125	10.200	10.163	81.113	22318	275.147	274.171
	M5	10.155	10.245	10.200	81.713	22512	275.501	
	M6	10.185	10.135	10.160	81.073	22041	271.865	
28	M7	10.140	10.230	10.185	81.473	22615	277.578	284.225
	M8	10.200	10.200	10.200	81.713	22502	275.379	
	M9	10.230	10.335	10.283	83.040	22628	272.495	
	M10	10.105	10.210	10.158	81.033	23675	292.164	
	M11	10.235	10.200	10.218	81.993	25372	309.439	
	M12	10.180	10.220	10.200	81.713	22391	274.021	
	M13	10.220	10.255	10.238	82.315	25147	305.498	
	M14	10.370	10.390	10.380	84.622	23493	277.622	
	M15	10.170	10.170	10.170	81.233	23632	290.917	
	M16	10.175	10.250	10.213	81.913	23000	280.785	
	M17	10.225	10.115	10.170	81.233	23722	292.025	
	M18	10.210	10.140	10.175	81.313	22102	271.815	
M19	10.230	10.130	10.180	81.393	24879	305.666		
M20	10.200	10.130	10.165	81.153	23365	287.913		
M21	10.245	10.190	10.218	81.993	20503	250.056604		

Fuente: Elaboración Propia

**Concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo (a/c=0.65) “Concreto patrón 2 con aditivo” (CPA2)**

En base al ensayo realizado se tiene el siguiente cuadro:

Cuadro A5.8 Resultado de resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días de CPA2

Tiempo (Días)	Muestra	Diámetro 1 (cm)	Diámetro 2 (cm)	Diámetro Promedio (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
7	M1	10.015	10.040	10.028	78.972	17552	222.255	219.494
	M2	10.030	10.040	10.035	79.091	17528	221.619	
	M3	10.035	10.040	10.038	79.130	16982	214.609	
14	M4	10.020	10.080	10.050	79.327	19051	240.157	239.105
	M5	10.030	10.050	10.040	79.169	19502	246.333	
	M6	10.025	10.040	10.033	79.051	18247	230.825	
28	M7	10.030	10.035	10.033	79.051	21142	267.447	268.399
	M8	10.040	10.030	10.035	79.091	21801	275.646	
	M9	10.045	10.080	10.063	79.525	21552	271.010	
	M10	10.060	10.070	10.065	79.564	21628	271.831	
	M11	10.030	10.085	10.058	79.446	21132	265.993	
	M12	10.050	10.050	10.050	79.327	22215	280.043	
	M13	10.055	10.035	10.045	79.248	20252	255.551	
	M14	10.050	10.040	10.045	79.248	18202	229.683	
	M15	10.060	10.060	10.060	79.485	23082	290.394	
	M16	10.020	10.060	10.040	79.169	21803	275.397	
	M17	10.085	10.060	10.073	79.683	22032	276.496	
	M18	10.040	10.060	10.050	79.327	21264	268.054	
M19	10.050	10.065	10.058	79.446	21605	271.947		
M20	10.070	10.050	10.060	79.485	21776	273.963		
M21	10.040	10.040	10.040	79.169	19993	252.535		

Fuente: Elaboración Propia

**Concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo (a/c=0.65) “Concreto patrón 3 con aditivo” (CPA3)**

En base al ensayo realizado se tiene el siguiente cuadro:

Cuadro A5.9 Resultado de resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días de CPA3

Tiempo (Días)	Muestra	Diámetro 1 (cm)	Diámetro 2 (cm)	Diámetro Promedio (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga (Kg)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
7	M1	10.035	10.035	10.035	79.091	16515	208.811	210.635
	M2	10.055	10.030	10.043	79.209	17301	218.423	
	M3	10.035	10.060	10.048	79.288	16228	204.672	
14	M4	10.060	10.075	10.068	79.604	17991	226.007	223.637
	M5	10.070	10.030	10.050	79.327	18215	229.619	
	M6	10.050	10.060	10.055	79.406	17095	215.286	
28	M7	10.065	10.040	10.053	79.367	19138	241.134	242.871
	M8	10.035	10.080	10.058	79.446	19133	240.831	
	M9	10.075	10.060	10.068	79.604	19702	247.501	
	M10	10.000	10.080	10.040	79.169	18102	228.649	
	M11	10.000	10.050	10.025	78.933	17603	223.012	
	M12	10.040	10.070	10.055	79.406	18872	237.664	
	M13	10.050	10.060	10.055	79.406	21400	269.501	
	M14	10.040	10.070	10.055	79.406	19500	245.573	
	M15	10.050	10.050	10.050	79.327	18592	234.371	
	M16	10.060	10.025	10.043	79.209	19674	248.381	
	M17	10.150	10.050	10.100	80.118	19882	248.158	
	M18	10.000	10.100	10.050	79.327	18392	231.850	
M19	10.055	10.035	10.045	79.248	19622	247.602		
M20	10.025	10.090	10.058	79.446	19953	251.153		
M21	10.000	10.020	10.010	78.697	19492	247.684		

Fuente: Elaboración Propia

### **\*Resistencia a la tracción por compresión diametral:**

El ensayo realizado a continuación se basa en la NTP. 339.084

#### **\*\* Equipos y materiales:**

- Molde de probetas
- Varilla lisa metálica de  $\phi 5/8"$  y 2 pies de largo.
- Poza de curado.
- Cucharón.
- Martillo de goma.
- Petróleo.
- Equipo de compresión.
- Barras de acero
- Tripley de 5mm de espesor.
- Mezcla de concreto a ensayar.

#### **\*\* Procedimiento:**

El procedimiento para determinar la resistencia a la tracción por compresión diametral es de la siguiente manera:

##### Elaboración de muestras:

La elaboración de muestras se fabrica de igual manera a las realizadas para el ensayo de compresión.

##### Ensayo de resistencia a la tracción por compresión diametral:

- Medida de muestra: Se mide dos diámetros de la muestra y la altura de la misma.
- Acondicionamiento del equipo: Se coloca una barra de acero de manera horizontal sobre la parte inferior del equipo, encima se coloca un pedazo de triplay, este último tiene la función de distribuir longitudinal y de manera uniforme la carga.
- Aplicación de carga: Se coloca la muestra de manera horizontal sobre el triplay, encima se coloca otro pedazo de triplay y otra barra de acero, se



asegura y se aplica la carga de manera uniforme y continúa. Se visualiza el incremento de carga en las agujas.

- Fin de ensayo: El ensayo termina cuando las agujas del equipo se separan, es en ese momento cuando se ha alcanzado la máxima resistencia a la tracción. Se registra dicho valor.

\*\* Resultados:

La resistencia a la tracción por compresión diametral se obtiene de acuerdo a la siguiente relación:

$$\text{Resistencia a la tracción} = \frac{2 * Q}{D * L}$$

Donde:

Q : Carga (Kg)

D : Diámetro Promedio (cm)

L : Longitud del muestra (cm)

Los resultados se muestran para cada diseño en estudio:

### Concreto elaborado con equipo mecánico ( $a/c=0.60$ ) “Concreto patrón 1” (CP1)

En base al ensayo realizado se tiene el siguiente cuadro:

Cuadro A5.10 Resultado de resistencia a la tracción por compresión diametral de CP1

Tiempo (Días)	Muestra	Diámetro 1 (cm)	Diámetro 2 (cm)	Diámetro Promedio (cm)	Longitud (cm)	Carga (Kg)	Resistencia ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )	Resistencia Promedio ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )
28	M1	10.060	10.060	10.060	20	7945	25.139	26.853
	M2	10.070	10.050	10.060	20	7924	25.072	
	M3	10.350	10.080	10.215	20	9145	28.497	
	M4	10.040	10.070	10.055	20	8790	27.826	
	M5	10.050	10.050	10.050	20	8755	27.729	

Fuente: Elaboración Propia

### Concreto elaborado con equipo mecánico ( $a/c=0.65$ ) “Concreto patrón 2” (CP2)

En base al ensayo realizado se tiene el siguiente cuadro:

Cuadro A5.11 Resultado de resistencia a la tracción por compresión diametral de CP2

Tiempo (Días)	Muestra	Diámetro 1 (cm)	Diámetro 2 (cm)	Diámetro Promedio (cm)	Longitud (cm)	Carga (Kg)	Resistencia ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )	Resistencia Promedio ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )
28	M1	10.020	10.055	10.038	20	7023	22.271	24.850
	M2	10.015	10.015	10.015	20	7881	25.048	
	M3	10.035	10.000	10.018	20	8003	25.430	
	M4	10.040	10.045	10.043	20	7619	24.149	
	M5	10.055	10.030	10.043	20	8629	27.351	

Fuente: Elaboración Propia

### Concreto elaborado con equipo mecánico (a/c=0.70) “Concreto patrón 3” (CP3)

En base al ensayo realizado se tiene el siguiente cuadro:

Cuadro A5.12 Resultado de resistencia a la tracción por compresión diametral de CP3

Tiempo (Días)	Muestra	Diámetro 1 (cm)	Diámetro 2 (cm)	Diámetro Promedio (cm)	Longitud (cm)	Carga (Kg)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
28	M1	10.035	10.025	10.030	20	7259	23.037	23.651
	M2	10.015	10.030	10.023	20	7918	25.147	
	M3	10.050	10.040	10.045	20	7418	23.506	
	M4	10.055	10.020	10.038	20	7402	23.473	
	M5	10.030	10.035	10.033	20	7278	23.092	

Fuente: Elaboración Propia

### Concreto elaborado en terreno natural (a/c=0.60) “Concreto en terreno natural 1” (CT1)

En base al ensayo realizado se tiene el siguiente cuadro:

Cuadro A5.13 Resultado de resistencia a la tracción por compresión diametral de CT1

Tiempo (Días)	Muestra	Diámetro 1 (cm)	Diámetro 2 (cm)	Diámetro Promedio (cm)	Longitud (cm)	Carga (Kg)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
28	M1	10.020	10.070	10.045	20	7415	23.497	24.365
	M2	10.060	10.080	10.070	20	6715	21.226	
	M3	10.085	10.015	10.050	20	9001	28.509	
	M4	10.020	10.050	10.035	20	6902	21.893	
	M5	10.015	10.055	10.035	20	8417	26.699	

Fuente: Elaboración Propia

### Concreto elaborado en terreno natural (a/c=0.65) “Concreto en terreno natural 2” (CT2)

En base al ensayo realizado se tiene el siguiente cuadro:

Cuadro A5.14 Resultado de resistencia a la tracción por compresión diametral de CT2

Tiempo (Días)	Muestra	Diámetro 1 (cm)	Diámetro 2 (cm)	Diámetro Promedio (cm)	Longitud (cm)	Carga (Kg)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
28	M1	10.025	10.040	10.033	20	7164	22.730	22.137
	M2	10.055	10.060	10.058	20	8000	25.319	
	M3	10.055	10.060	10.058	20	5748	18.192	
	M4	10.040	10.040	10.040	20	6026	19.105	
	M5	10.040	10.030	10.035	20	7989	25.341	

Fuente: Elaboración Propia

### Concreto elaborado en terreno natural (a/c=0.70) “Concreto en terreno natural 3” (CT3)

En base al ensayo realizado se tiene el siguiente cuadro:

Cuadro A5.15 Resultado de resistencia a la tracción por compresión diametral de CT3

Tiempo (Días)	Muestra	Diámetro 1 (cm)	Diámetro 2 (cm)	Diámetro Promedio (cm)	Longitud (cm)	Carga (Kg)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
28	M1	10.040	10.070	10.055	20	7038	22.280	21.541
	M2	10.060	10.025	10.043	20	6848	21.706	
	M3	10.060	10.070	10.065	20	6025	19.054	
	M4	10.015	10.040	10.028	20	6222	19.751	
	M5	10.075	10.070	10.073	20	7883	24.912	

Fuente: Elaboración Propia

### Concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo (a/c=0.60) “Concreto patrón 1 con aditivo” (CPA1)

En base al ensayo realizado se tiene el siguiente cuadro:

Cuadro A5.16 Resultado de resistencia a la tracción por compresión diametral de CPA1

Tiempo (Días)	Muestra	Diámetro 1 (cm)	Diámetro 2 (cm)	Diámetro Promedio (cm)	Longitud (cm)	Carga (Kg)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
28	M1	10.220	10.190	10.205	20	9000	28.072	29.116
	M2	10.205	10.145	10.175	20	9561	29.910	
	M3	10.250	10.160	10.205	20	8991	28.044	
	M4	10.270	10.120	10.195	20	9256	28.899	
	M5	10.245	10.160	10.203	20	9826	30.656	

Fuente: Elaboración Propia

### Concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo (a/c=0.65) “Concreto patrón 2 con aditivo” (CPA2)

En base al ensayo realizado se tiene el siguiente cuadro:

Cuadro A5.17 Resultado de resistencia a la tracción por compresión diametral de CPA2

Tiempo (Días)	Muestra	Diámetro 1 (cm)	Diámetro 2 (cm)	Diámetro Promedio (cm)	Longitud (cm)	Carga (Kg)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
28	M1	10.075	10.075	10.075	20	9662	30.526	26.138
	M2	10.050	10.090	10.070	20	7800	24.656	
	M3	10.060	10.090	10.075	20	8640	27.297	
	M4	10.060	10.085	10.073	20	8243	26.049	
	M5	10.050	10.060	10.055	20	7001	22.163	

Fuente: Elaboración Propia

### Concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo (a/c=0.65) “Concreto patrón 3 con aditivo” (CPA3)

En base al ensayo realizado se tiene el siguiente cuadro:

Cuadro A5.18 Resultado de resistencia a la tracción por compresión diametral de CPA3

Tiempo (Días)	Muestra	Diámetro 1 (cm)	Diámetro 2 (cm)	Diámetro Promedio (cm)	Longitud (cm)	Carga (Kg)	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
28	M1	10.035	10.050	10.043	20	6892	21.845	25.033
	M2	10.025	10.050	10.038	20	8098	25.680	
	M3	10.075	10.040	10.058	20	7252	22.952	
	M4	10.095	10.025	10.060	20	7892	24.971	
	M5	10.060	10.040	10.050	20	9382	29.715	

Fuente: Elaboración Propia

#### \*Módulo Elástico Estático:

El ensayo realizado a continuación se basa en la norma ASTM C496

#### \*\* Equipos y materiales:

- Molde de probetas
- Varilla lisa metálica de  $\phi 5/8$ " y 2 pies de largo.
- Poza de curado.
- Cucharón.
- Martillo de goma.
- Petróleo.
- Equipo de compresión.
- Casco metálico con un medidor de deformación.
- Mezcla de concreto a ensayar.

#### \*\* Procedimiento:

El procedimiento para determinar el módulo elástico estático es de la siguiente manera:

### Elaboración de muestras:

La elaboración de muestras se fabrica de igual manera a las realizadas para el ensayo de compresión.

### Ensayo de módulo elástico estático:

- Medida y preparación de muestra: Se mide dos diámetros de la muestra y la altura de la misma. Se coloca el casco metálico sobre la probeta, asegurando sus bordes, y ajustando de manera simétrica.
- Aplicación de carga: Se coloca la muestra de manera vertical sobre y bajo el neopreno, se asegura y se aplica la carga de manera uniforme y continúa. Se hace lecturas en el medidor de deformación por cada 2000 kg de incremento de carga.
- Fin de ensayo: El ensayo termina cuando la última lectura de carga corresponda al 40% de la carga máxima a los 28 días.

### \*\* Resultados:

El módulo elástico estático (M.E.E) se halla como la pendiente de la recta del gráfico Deformación Vs Esfuerzo, o de manera equivalente:

$$M.E.E = \frac{E_1 - E_0}{D_1 - D_0} * 10^4$$

Donde:

$E_1$  : Esfuerzo final (kg/cm<sup>2</sup>)

$E_0$  : Esfuerzo inicial (kg/cm<sup>2</sup>)

$D_0$  : Deformación inicial (cm)

$D_1$  : Deformación final (cm)

Los resultados de cada muestra se muestran para cada diseño:

**Concreto elaborado con equipo mecánico (a/c=0.60) “Concreto patrón 1” (CP1)**

Cuadro A5.19 Cálculos y resultado de módulo elástico estático para CP1

f'c a los 28 días (kg/cm <sup>2</sup> ) =		225.41		Diámetro (cm)		15.29
				Carga máx. (kg.)		41388.33
Carga Aplicada		Deformación Unitaria del Concreto (10 <sup>-4</sup> cm)				
Kg	kg/cm <sup>2</sup>	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Promedio	
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
2000	10.89	0.40	0.30	0.20	0.30	
4000	21.78	1.00	0.80	0.80	0.87	
6000	32.68	1.70	1.40	1.40	1.50	
8000	43.57	2.30	2.10	2.10	2.17	
10000	54.46	3.00	2.80	2.80	2.87	
12000	65.35	3.80	3.50	3.50	3.60	
14000	76.25	4.60	4.30	4.30	4.40	
16000	87.14	5.40	4.90	5.00	5.10	
18000	98.03	6.20	5.80	5.80	5.93	

Fuente: Elaboración Propia

$E1 \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 90.16$

$E0 \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 14.04$

$D1 \text{ (cm} \cdot 10^{-4}\text{)} = 5.23$

$D0 \text{ (cm} \cdot 10^{-4}\text{)} = 0.50$

$M.E.E \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 161030.60$

Graficando el Módulo Elástico Estático se tiene:

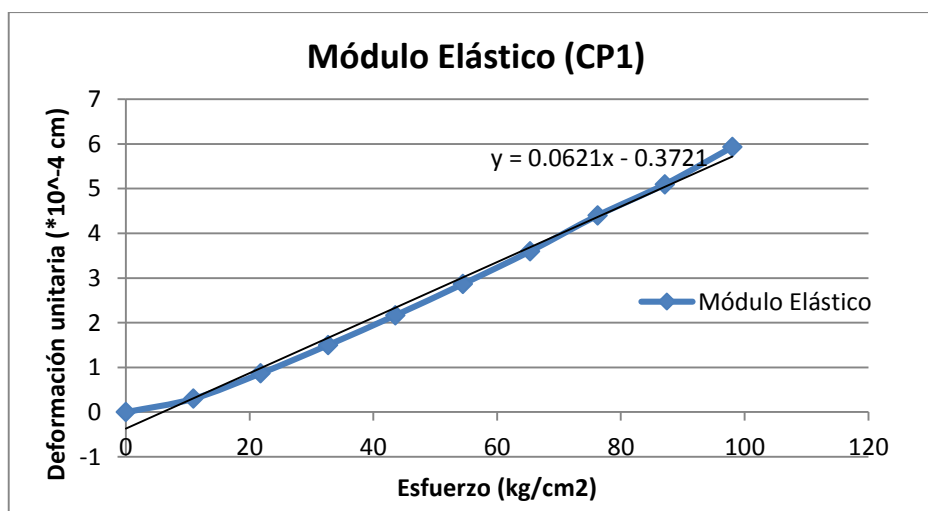


Figura A5.1 Módulo Elástico Estático para CP1

Fuente: Elaboración Propia



**Concreto elaborado con equipo mecánico (a/c=0.65) “Concreto patrón 2” (CP2)**

Cuadro A5.20 Cálculos y resultado de módulo elástico estático para CP2

f'c a los 28 días (kg/cm <sup>2</sup> ) =		244.43		Diámetro (cm)		15.33
				Carga máx. (kg.)		45115.79
Carga Aplicada		Deformación Unitaria del Concreto (10 <sup>-4</sup> cm)				
Kg	kg/cm <sup>2</sup>	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Promedio	
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
2000	10.84	0.40	0.20	0.20	0.27	
4000	21.67	1.00	0.80	0.90	0.90	
6000	32.51	1.60	1.50	1.50	1.53	
8000	43.34	2.30	2.20	2.20	2.23	
10000	54.18	3.10	2.80	2.90	2.93	
12000	65.01	3.70	3.60	3.60	3.63	
14000	75.85	4.50	4.30	4.30	4.37	
16000	86.69	5.20	4.90	5.00	5.03	
18000	97.52	6.10	5.60	5.60	5.77	
20000	108.36	7.00	6.40	6.40	6.60	

Fuente: Elaboración Propia

$E1 \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 97.77$

$E0 \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 13.77$

$D1 \text{ (cm} \cdot 10^{-4}\text{)} = 5.75$

$D0 \text{ (cm} \cdot 10^{-4}\text{)} = 0.50$

$M.E.E \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 160000.00$

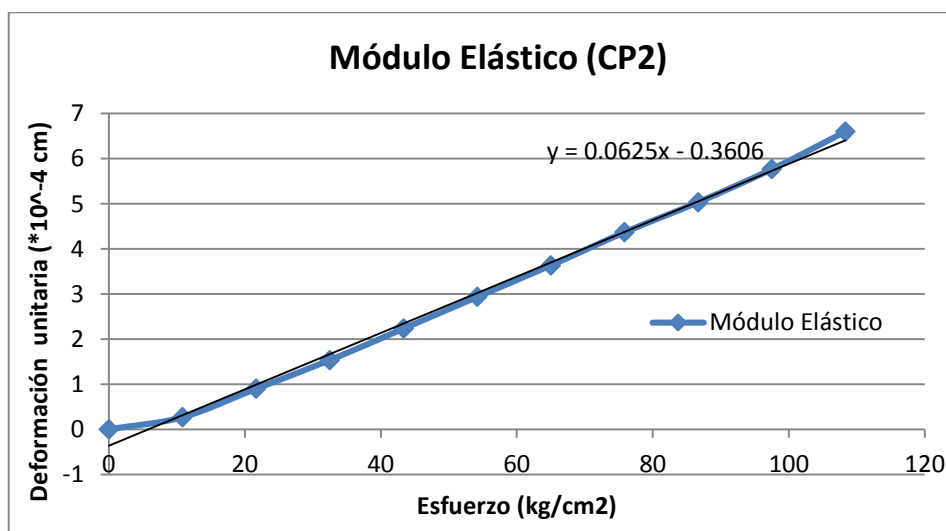


Figura A5.2 Módulo Elástico Estático para CP2

Fuente: Elaboración Propia

**Concreto elaborado con equipo mecánico (a/c=0.70) “Concreto patrón 3” (CP3)**

Cuadro A5.21 Cálculos y resultado de módulo elástico estático para CP3

f'c a los 28 días (kg/cm <sup>2</sup> ) =		239.68		Diámetro (cm)		15.20	
				Carga máx. (kg.)		43463.33	
Carga Aplicada		Deformación Unitaria del Concreto (10 <sup>-4</sup> cm)					
Kg	kg/cm <sup>2</sup>	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Promedio		
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
2000	11.03	0.35	0.20	0.30	0.28		
4000	22.06	0.95	0.80	0.80	0.85		
6000	33.09	1.65	1.40	1.50	1.52		
8000	44.12	2.35	2.20	2.20	2.25		
10000	55.15	3.05	2.90	2.90	2.95		
12000	66.17	3.85	3.60	3.70	3.72		
14000	77.20	4.55	4.40	4.40	4.45		
16000	88.23	5.45	5.10	5.10	5.22		
18000	99.26	6.15	5.80	5.90	5.95		

Fuente: Elaboración Propia

E1 (kg/cm<sup>2</sup>) = 95.88

E0 (kg/cm<sup>2</sup>) = 14.03

D1 (cm \* 10<sup>-4</sup>) = 5.60

D0 (cm \* 10<sup>-4</sup>) = 0.50

M.E.E (kg/cm<sup>2</sup>) = 160513.60

Graficando el Módulo Elástico Estático se tiene:

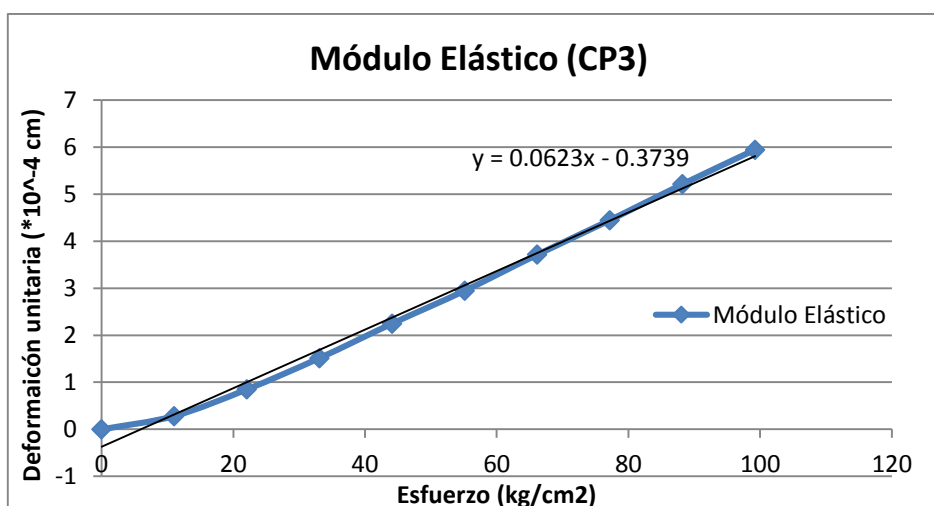


Figura A5.3 Módulo Elástico Estático para CP3

Fuente: Elaboración Propia

### Concreto elaborado en terreno natural (a/c=0.60) "Concreto en terreno natural 1" (CT1)

Cuadro A5.22 Cálculos y resultado de módulo elástico estático para CT1

f'c a los 28 días (kg/cm <sup>2</sup> ) =		267.19		Diámetro (cm)		15.34
				Carga max (kg.)		49381.09
Carga Aplicada		Deformación Unitaria del Concreto (10 <sup>-4</sup> cm)				
Kg	kg/cm <sup>2</sup>	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Promedio	
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
2000	10.82	0.55	0.32	0.37	0.41	
4000	21.64	1.15	0.92	1.07	1.05	
6000	32.46	1.75	1.62	1.67	1.68	
8000	43.29	2.45	2.32	2.37	2.38	
10000	54.11	3.25	2.92	3.07	3.08	
12000	64.93	4.05	3.62	3.67	3.78	
14000	75.75	4.75	4.22	4.27	4.41	
16000	86.57	5.45	4.92	4.97	5.11	
18000	97.39	6.25	5.62	5.57	5.81	

Fuente: Elaboración Propia

$$E1 \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 106.88$$

$$E0 \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 11.49$$

$$D1 \text{ (cm} \cdot 10^{-4}\text{)} = 6.33$$

$$D0 \text{ (cm} \cdot 10^{-4}\text{)} = 0.50$$

$$\text{M.E.E (kg/cm}^2\text{)} = 163666.10$$

Graficando el Módulo Elástico Estático se tiene:

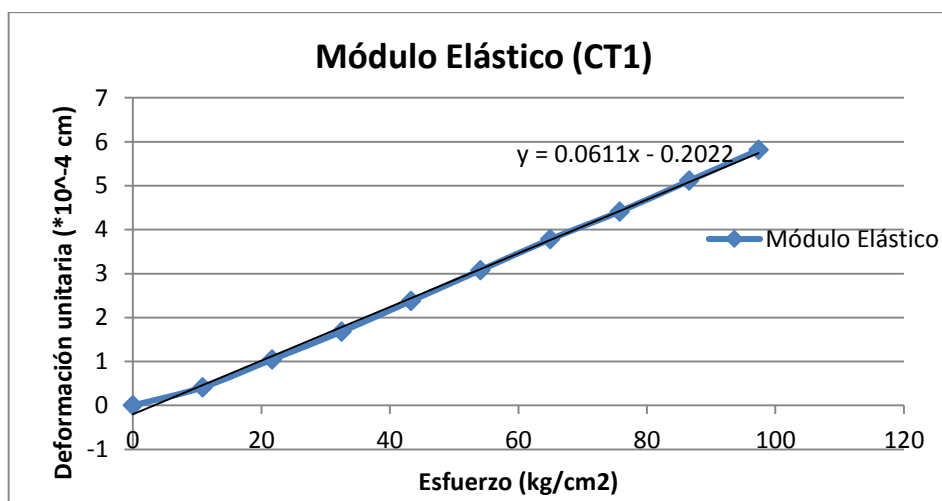


Figura A5.4 Módulo Elástico Estático para CT1

Fuente: Elaboración Propia

**Concreto elaborado en terreno natural (a/c=0.65) “Concreto en terreno natural 2” (CT2)**

Cuadro A5.23 Cálculos y resultado de módulo elástico estático para CT2

f'c a los 28 días (kg/cm <sup>2</sup> ) =		287.18		Diámetro (cm)		15.26
				Carga máx. (kg.)		52626.73
Carga Aplicada		Deformación Unitaria del Concreto (10 <sup>-4</sup> cm)				
Kg	kg/cm <sup>2</sup>	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Promedio	
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
2000	10.91	0.40	0.30	0.40	0.37	
4000	21.83	1.00	1.00	1.00	1.00	
6000	32.74	1.70	1.60	1.70	1.67	
8000	43.66	2.40	2.30	2.40	2.37	
10000	54.57	3.10	3.00	3.00	3.03	
12000	65.48	3.80	3.70	3.70	3.73	
14000	76.40	4.50	4.30	4.30	4.37	
16000	87.31	5.10	5.00	5.00	5.03	
18000	98.22	5.80	5.70	5.70	5.73	
20000	109.14	6.50	6.30	6.30	6.37	

Fuente: Elaboración Propia

E1 (kg/cm<sup>2</sup>) = 114.87

E0 (kg/cm<sup>2</sup>) = 11.98

D1 (cm \* 10<sup>-4</sup>) = 6.68

D0 (cm \* 10<sup>-4</sup>) = 0.50

M.E.E (kg/cm<sup>2</sup>) = 166389.40

Graficando el Módulo Elástico Estático se tiene:

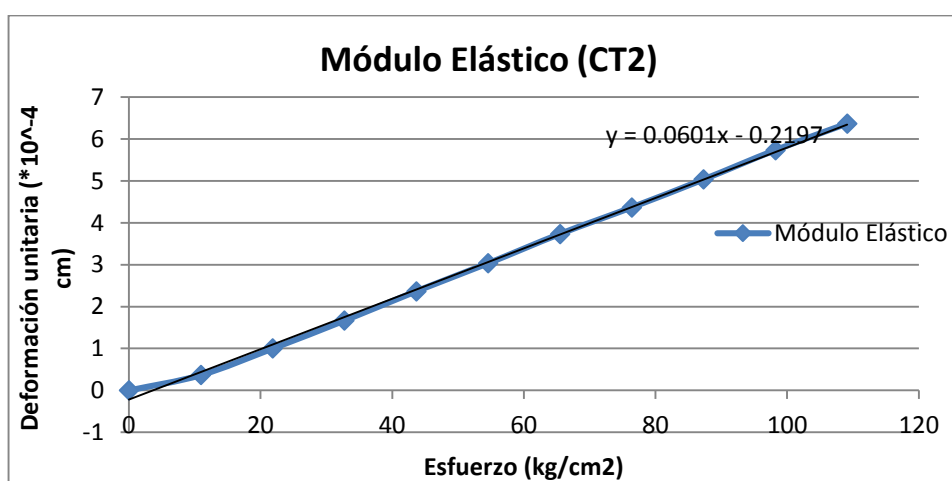


Figura A5.5 Módulo Elástico Estático para CT2

Fuente: Elaboración Propia

**Concreto elaborado en terreno natural (a/c=0.70) “Concreto en terreno natural 3” (CT3)**

Cuadro A5.24 Cálculos y resultado de módulo elástico estático para CT3

f'c a los 28 días (kg/cm <sup>2</sup> ) =		239.76		Diámetro (cm)		15.26
				Carga máx. (kg.)		43836.24
Carga Aplicada		Deformación Unitaria del Concreto (10 <sup>-4</sup> cm)				
Kg	kg/cm <sup>2</sup>	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Promedio	
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
2000	10.94	0.50	0.30	0.40	0.40	
4000	21.88	1.10	1.00	1.10	1.07	
6000	32.82	1.80	1.70	1.80	1.77	
8000	43.76	2.60	2.40	2.60	2.53	
10000	54.69	3.20	3.10	3.10	3.13	
12000	65.63	4.00	3.80	3.70	3.83	
14000	76.57	4.70	4.40	4.40	4.50	
16000	87.51	5.50	5.00	5.00	5.17	
18000	98.45	6.30	5.80	5.70	5.93	

Fuente: Elaboración Propia

$E1 \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 90.90$

$E0 \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 11.18$

$D1 \text{ (cm} \cdot 10^{-4}\text{)} = 5.70$

$D0 \text{ (cm} \cdot 10^{-4}\text{)} = 0.50$

$M.E.E \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 162866.40$

Graficando el Módulo Elástico Estático se tiene:

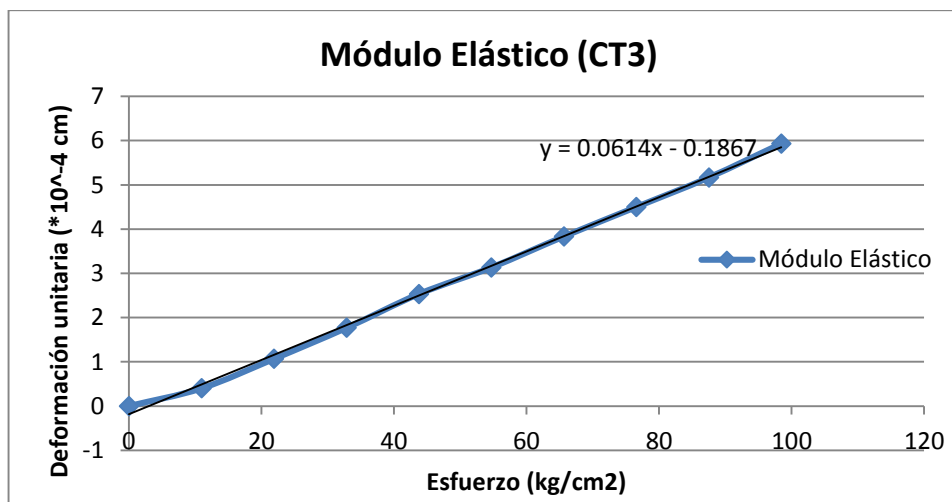


Figura A5.6 Módulo Elástico Estático para CT3

Fuente: Elaboración Propia

**Concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo (a/c=0.60) “Concreto patrón 1 con aditivo” (CPA1)**

Cuadro A5.25 Cálculos y resultado de módulo elástico estático para CPA1

f'c a los 28 días (kg/cm <sup>2</sup> ) =		228.94		Diámetro (cm)		15.30	
				Carga máx. (kg.)		42077.74	
Carga Aplicada			Deformación Unitaria del Concreto (10 <sup>-4</sup> cm)				
Kg	kg/cm <sup>2</sup>	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Promedio		
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
2000	10.88	0.50	0.40	0.40	0.43		
4000	21.76	1.20	1.20	1.10	1.17		
6000	32.65	1.90	1.90	1.90	1.90		
8000	43.53	2.70	2.70	2.70	2.70		
10000	54.41	3.40	3.30	3.20	3.30		
12000	65.29	4.20	4.10	4.10	4.13		
14000	76.17	4.90	4.80	5.00	4.90		
16000	87.05	5.20	5.40	5.40	5.33		
18000	97.94	6.30	6.20	6.00	6.17		
20000	108.82	6.80	7.00	6.90	6.90		

Fuente: Elaboración Propia

E1 (kg/cm<sup>2</sup>) = 91.58

E0 (kg/cm<sup>2</sup>) = 5.76

D1 (cm \* 10<sup>-4</sup>) = 10.20

D0 (cm \* 10<sup>-4</sup>) = 0.50

M.E.E (kg/cm<sup>2</sup>) = 154798.76

Graficando el Módulo Elástico Estático se tiene:

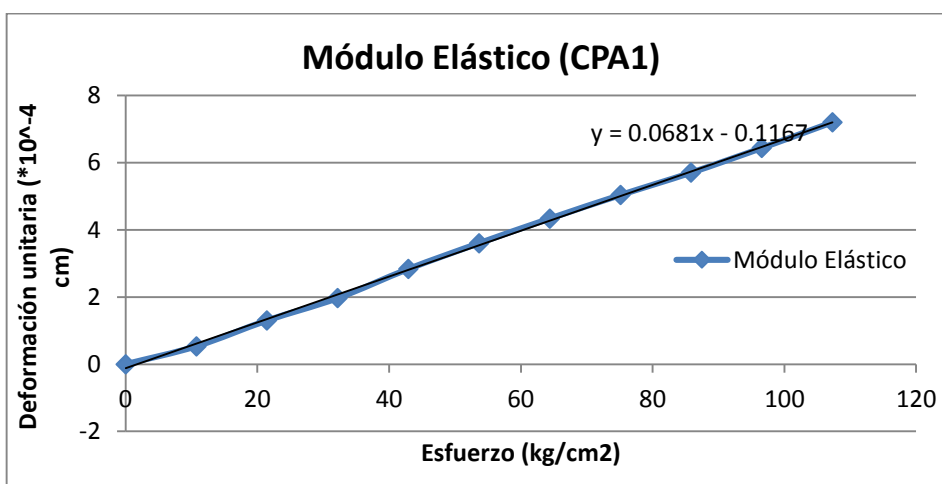


Figura A5.7 Módulo Elástico Estático para CPA1

Fuente: Elaboración Propia

**Concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo (a/c=0.65) “Concreto patrón 2 con aditivo” (CPA2)**

Cuadro A5.26 Cálculos y resultado de módulo elástico estático para CPA2

f'c a los 28 días (kg/cm <sup>2</sup> ) =		226.33		Diámetro (cm)		15.29
				Carga máx. (kg.)		41557.26
Carga Aplicada		Deformación Unitaria del Concreto (10 <sup>-4</sup> cm)				
Kg	kg/cm <sup>2</sup>	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Promedio	
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
2000	10.89	0.40	0.40	0.30	0.37	
4000	21.78	1.00	1.00	1.00	1.00	
6000	32.68	1.60	1.60	1.60	1.60	
8000	43.57	2.20	2.40	2.30	2.30	
10000	54.46	2.90	3.10	3.10	3.03	
12000	65.35	3.60	3.80	3.80	3.73	
14000	76.25	4.40	4.50	4.50	4.47	
16000	87.14	5.10	5.20	5.20	5.17	
18000	98.03	6.00	5.90	5.90	5.93	

Fuente: Elaboración Propia

$E1 \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 90.53$

$E0 \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 12.58$

$D1 \text{ (cm} \cdot 10^{-4}\text{)} = 5.33$

$D0 \text{ (cm} \cdot 10^{-4}\text{)} = 0.50$

$M.E.E \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 161290.30$

Graficando el Módulo Elástico Estático se tiene:

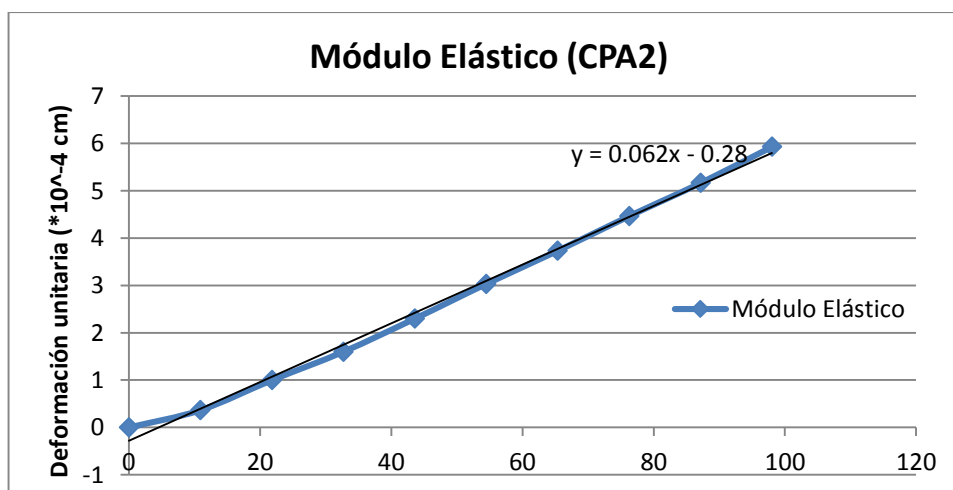


Figura A5.8 Módulo Elástico Estático para CPA2

Fuente: Elaboración Propia

**Concreto elaborado con equipo mecánico y aditivo (a/c=0.65) “Concreto patrón 3 con aditivo” (CPA3)**

Cuadro A5.27 Cálculos y resultado de módulo elástico estático para CPA3

f'c a los 28 días (kg/cm <sup>2</sup> ) =		204.25		Diámetro (cm)		15.22
				Carga máx. (kg.)		37160.47
Carga Aplicada		Deformación Unitaria del Concreto (10 <sup>-4</sup> cm)				
Kg	kg/cm <sup>2</sup>	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Promedio	
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
2000	10.99	0.50	0.60	0.40	0.50	
4000	21.99	1.10	1.20	1.10	1.13	
6000	32.98	1.70	1.90	1.80	1.80	
8000	43.97	2.30	2.80	2.60	2.57	
10000	54.96	3.00	3.30	3.30	3.20	
12000	65.96	3.70	4.20	3.90	3.93	
14000	76.95	4.40	4.70	4.60	4.57	
16000	87.94	5.20	5.40	5.30	5.30	
18000	98.94	6.00	6.10	6.00	6.03	
20000	109.93	6.90	6.90	6.70	6.83	

Fuente: Elaboración Propia

E1 (kg/cm<sup>2</sup>) = 81.70

E0 (kg/cm<sup>2</sup>) = 10.87

D1 (cm \* 10<sup>-4</sup>) = 4.93

D0 (cm \* 10<sup>-4</sup>) = 0.50

M.E.E (kg/cm<sup>2</sup>) = 159744.40

Graficando el Módulo Elástico Estático se tiene:

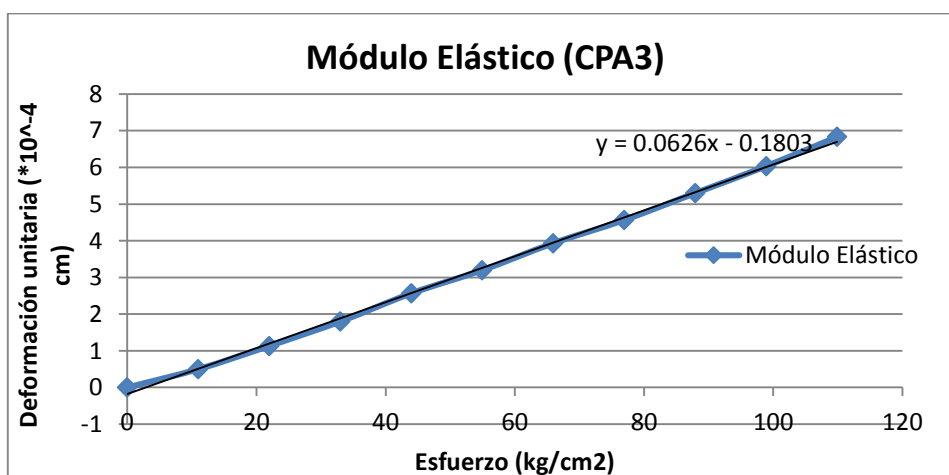


Figura A5.9 Módulo Elástico Estático para CPA3

Fuente: Elaboración Propia



**\*\* Resumen:**

A continuación se resumen los resultados de Módulo elástico Estático para cada diseño de la presente investigación:

Cuadro A5.28 Resumen de Resultados de módulo elástico estático para diseños de estudio

Diseños		MÓDULO ELÁSTICO (kg/cm <sup>2</sup> )
Concreto patrón 1 (a/c=0.60)	CP1	161030.6
Concreto patrón 2 (a/c=0.65)	CP2	160000.0
Concreto patrón 3 (a/c=0.70)	CP3	160513.6
Concreto en terreno natural 1 (a/c=0.60)	CT1	163666.1
Concreto en terreno natural 2 (a/c=0.65)	CT2	166389.4
Concreto en terreno natural 3 (a/c=0.70)	CT3	162866.4
Concreto patrón 1 con aditivo (a/c=0.60)	CPA1	154798.8
Concreto patrón 2 con aditivo (a/c=0.65)	CPA2	161290.3
Concreto patrón 3 con aditivo (a/c=0.70)	CPA3	159744.4

Fuente: Elaboración Propia

# ANEXO 6: ARCHIVO FOTOGRAFICO



Figura A6.1 Agregado fino almacenado en tolva



Figura A6.4 Pesado de agregado fino en ensayo de Peso Unitario Compactado



Figura A6.2 Agregado grueso almacenado en tolva



Figura A6.5 Pesado de agregado grueso en ensayo de Peso Unitario Compactado



Figura A6.3 Agregado pesado listo para ensayo



Figura A6.6 Saturación de agregado grueso en ensayo de Peso específico y % de absorción



Figura A6.7 Secado de agregado grueso en ensayo de Peso específico y % de absorción.



Figura A6.10 Secado de agregado grueso y fino en ensayo de contenido de humedad.

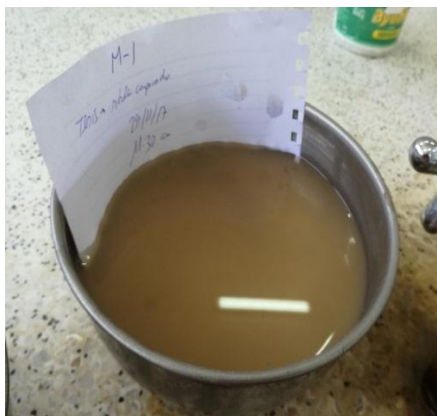


Figura A6.8 Saturación de agregado fino en ensayo de Peso específico y % de absorción.



Figura A6.11 Lavado de agregado fino en ensayo de material que pasa malla N°200.



Figura A6.9 Reposo en Fiola de agregado fino en ensayo de Peso específico y % de absorción.



Figura A6.12 Zarandeo mecánico de agregado grueso en ensayo de granulometría.



Figura A6.13 Cuarteo de muestra del ensayo P.UC. del agregado global.

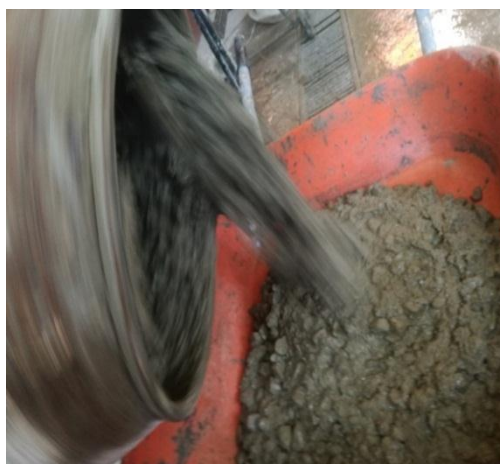


Figura A6.16 Obtención de mezcla de concreto de equipo mecánico.



Figura A6.14 Muestra compactada del ensayo P.UC. del agregado global.



Figura A6.17 Llenado de cono de Abrams en prueba de agua.



Figura A6.15 Mezclado de concreto en equipo mecánico.



Figura A6.18 Medida de asentamiento en prueba de agua.



Figura A6.19 Preparación de mezcla en terreno natural.



Figura A6.22 Pesado de balde en ensayo de peso unitario.



Figura A6.20 Concreto mezclado en terreno natural.



Figura A6.23 Ensayo de exudación.



Figura A6.21 Medida de asentamiento en ensayo de consistencia.



Figura A6.24 Mezcla en mesa de sacudidas en ensayo de fluidez.



Figura A6.25 Ensayo de tiempo de fraguado.



Figura A6.28 Muestras en la poza de curado.



Figura A6.26 Elaboración de probetas para ensayos de concreto endurecido.



Figura A6.29 Muestras de probetas pequeñas para ensayo en concreto endurecido.



Figura A6.27 Mezclas en probetas listas para llevar al pozo de curado.



Figura A6.30 Muestras de probetas grandes para ensayo en concreto endurecido.



Figura A6.31 Muestra lista para ensayo de resistencia a la compresión.



Figura A6.34 Muestra ensayada en ensayo de resistencia a la tracción.



Figura A6.32 Muestra ensayado en ensayo de resistencia a la compresión.



Figura A6.33 Muestra lista para ensayo de resistencia a la tracción.