

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



**ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO Y LA
VARIABILIDAD DE SU RESISTENCIA USANDO ADITIVO
SUPERPLASTIFICANTE Y CEMENTO PORTLAND TIPO I**

· TESIS

**Para optar el Título Profesional de:
INGENIERO CIVIL**

VICTOR ANDRES LOAYZA MOREANO

Lima - Perú

2012

Digitalizado por:

**Consortio Digital del
Conocimiento MebLatam,
Hemisferio y Dalse**

A mi madre, quien me educo en el amor y aun desde el cielo vela cada uno de mis pasos...

A mi hija Lizette, con quien aprendo a cada momento, el oficio de ser padre...

A mi padre, hermanos y sobrinos por compartir conmigo cada día de sus vidas...

	Pág.
RESUMEN	4
LISTA DE CUADROS	6
LISTA DE GRÁFICOS	13
INTRODUCCIÓN	18
CAPITULO I: MATERIALES PARA LA FABRICACION DEL CONCRETO	
1.1 CEMENTO PORTLAND TIPO I	20
1.1.1 Definición	15
1.1.2 Composición Química	17
1.1.3 Características Físicas	20
1.2 AGUA PARA EL CONCRETO	23
1.2.1 Conceptos Generales	23
1.3 AGREGADO FINO	25
1.3.1 Generalidades	26
1.3.2 Propiedades Físicas	26
1.3.2.1 <i>Peso Unitario Suelto</i>	26
1.3.2.2 <i>Peso Unitario Compactado</i>	27
1.3.2.3 <i>Contenido de Humedad</i>	27
1.3.2.4 <i>Peso Específico y Porcentaje de Absorción</i>	28
1.3.2.5 <i>Granulometría</i>	29
1.3.2.6 <i>Módulo de Finura</i>	31
1.3.2.7 <i>Cantidad de material que pasa la malla No 200</i>	31
1.4 AGREGADO GRUESO	32
1.4.1 Generalidades	32
1.4.2 Propiedades Físicas	32
1.4.2.1 <i>Peso Unitario Suelto</i>	32
1.4.2.2 <i>Peso Unitario Compactado</i>	33
1.4.2.3 <i>Contenido de Humedad</i>	33
1.4.2.4 <i>Peso Específico y Porcentaje de Absorción</i>	34
1.4.2.5 <i>Granulometría</i>	36

	Pág.
1.4.2.6 Módulo de Finura	37
1.4.2.7 Tamaño máximo y tamaño nominal máximo	37
1.5 AGREGADO GLOBAL	39
1.5.1 Análisis Granulométrico	39
1.5.2 Módulo de Finura	40
1.5.3 Peso Unitario Compactado	41
 CAPITULO II: ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	
2.1 ANTECEDENTES	48
2.2 ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	50
2.3 ADITIVO SIKA VISCOCRETE 3330	52
2.3.1 Mecanismo de Acción	52
2.3.2 Campo de aplicación y Ventajas	53
2.3.3 Modo de empleo	55
2.3.4 Precauciones	55
 CAPITULO III: DISEÑO DE MEZCLAS	
3.1 CONCRETO PATRON	56
3.1.1 Criterio del Diseño de mezcla	56
3.1.2 Diseño de mezclas para las relaciones a/c 0.40, 0.45 y 0.50 con Asentamiento de 3"- 4"	68
3.2 CONCRETO CON ADITIVO SIKA VISCOCRETE 3330	69
3.2.1 Relaciones a/c 0.40, 0.45 y 0.50 con Asentamiento de 3"- 4" con 0.5% de aditivo	70
3.2.2 Relaciones a/c 0.40, 0.45 y 0.50 con Asentamiento de 3"- 4" con 1% de aditivo	71
3.2.3 Relaciones a/c 0.40, 0.45 y 0.50 con Asentamiento de 3"- 4" con 2% de aditivo	72
 CAPITULO IV: ENSAYOS EN EL CONCRETO PATRON Y DEL CONCRETO CON ADITIVO AL ESTADO FRESCO	
4.1 Consistencia	76
4.2 Peso Unitario	77
4.3 Tiempo de Fraguado	77

	Pág.
4.4 Exudación	78
4.5 Fluidez	79
CAPITULO V: ENSAYOS EN EL CONCRETO PATRON Y DEL CONCRETO CON ADITIVO AL ESTADO ENDURECIDO	
5.1 RESISTENCIA A LA COMPRESION	81
5.2 RESISTENCIA A LA TRACCION POR COMPRESION DIAMETRAL	81
CAPITULO VI: CUADROS COMPARATIVOS Y GRAFICOS	
6.1 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DEL CONCRETO FRESCO	83
6.2 RESULTADOS A LOS ENSAYOS DEL CONCRETO ENDURECIDO	105
CAPITULO VII: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS	
7.1 ANALISIS DE LOS RESULTADOS AL ESTADO FRESCO	125
7.2 ANALISIS DE LOS RESULTADOS AL ESTADO ENDURECIDO	151
CONCLUSIONES	168
RECOMENDACIONES	172
BIBLIOGRAFIA	173
ANEXOS	176
ANEXO A: Hoja Técnica del Aditivo Sika Viscocrete 3330	177
ANEXO B: Análisis Granulométrico de los Agregados	181
ANEXO C: Resultados de los ensayos del concreto fresco	194
ANEXO D: Resultados de los ensayos del concreto endurecido	225
ANEXO E: Análisis de costos	241
ANEXO F: Panel Fotográfico	253

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo por finalidad analizar el comportamiento del concreto, mediante ensayos de laboratorio tanto en el estado fresco como en el estado endurecido, por la adición del aditivo superplastificante de alto rango denominado **Sika Viscocrete 3330**, cuyas propiedades son: reductor de agua, excelente fluidez, altas resistencias iniciales. Este trabajo sirvió para verificar dichas propiedades.

En la actualidad en nuestro país es una inquietud para los profesionales de la construcción saber en que medida afecta éste aditivo al concreto normal.

Fue este el motivo de la presente tesis, donde se investigó el comportamiento del concreto cuando se utiliza el aditivo **Sika Viscocrete 3330** y el cemento Portland Tipo I. usando agregados de canteras de la ciudad de Lima, para esto se preparó mezclas con y sin aditivo para las relaciones agua/cemento: 0.40, 0.45 y 0.50. El aditivo en mención se empleó de acuerdo a la hoja técnica del distribuidor fabricante, siendo las dosificaciones: 0.5%, 1% y 2% del peso del cemento respectivamente.

Se ejecutaron ensayos al concreto en estado fresco, así como al estado endurecido, y con los resultados obtenidos se elaboraron cuadros y gráficos, los cuales se analizaron y compararon, se obtuvieron conclusiones y se formularon recomendaciones respecto al comportamiento del concreto con y sin aditivo.

Para la elaboración de esta investigación nos basamos en los métodos y teorías más difundidas y usadas en la actualidad, incidiendo en los aspectos conceptuales, basándose en las normas técnicas vigentes y en la existencia de investigaciones en tecnología de concreto con aditivos realizados hasta la fecha.

Estos aspectos fueron complementados con ensayos realizados en el Laboratorio de Ensayo de Materiales No 01 de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería.

Los resultados obtenidos en los ensayos del concreto con la inclusión del aditivo **Sika Viscocrete 3330** fueron:

En el estado fresco:

- . El concreto con aditivo **Sika Viscocrete 3330**, reduce hasta 30% de agua de mezcla, manteniendo el rango de asentamiento entre 3" y 4".
- . El concreto con aditivo **Sika Viscocrete 3330**, aumenta su porcentaje de fluidez, lográndose una mezcla de excelente trabajabilidad.
- . El concreto con aditivo **Sika Viscocrete 3330**, acelera el tiempo de fraguado inicial hasta en un 23%, cuando se usa una dosificación de aditivo del 0.5%, haciendo ideal para climas fríos.

En el estado endurecido:

- . El concreto con aditivo **Sika Viscocrete 3330**, incrementa la resistencia a la compresión con respecto al concreto patrón hasta en 33%.
- . La resistencia a la tracción por compresión diametral del concreto con aditivo **Sika Viscocrete 3330**, aumenta con respecto al concreto patrón hasta en un 29%.

En resumen cuando en el concreto se usa el aditivo **Sika Viscocrete 3330**, debido a su alto poder reductor de agua, se logra una elevación de su resistencia la compresión a temprana edad y a los 28 días, lográndose además una mezcla con excelente fluidez, y cuando se usa en dosificaciones de 0.5% de aditivo se logra una aceleración del tiempo de fraguado, haciéndolo ideal para climas fríos.

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro N° 1.1: Análisis químico del cemento tipo I "SOL"	25
Cuadro N° 1.2: Propiedades físicas del cemento Portland tipo I "SOL"	28
Cuadro N° 1.3: Límites permisibles para el agua de mezcla.	30
Cuadro N° 1.4: Cálculos para la determinación del peso unitario suelto del agregado fino.	31
Cuadro N° 1.5: Cálculos para la determinación del peso unitario compactado del agregado fino.	32
Cuadro N° 1.6: Cálculos para la determinación del contenido de humedad del agregado fino.	32
Cuadro N° 1.7: Cálculos para la determinación del peso específico y el porcentaje de absorción del agregado fino.	34
Cuadro N° 1.8: Granulometría del agregado fino.	35
Cuadro N° 1.9: Calculo de la cantidad de material que pasa la malla N° 200 del agregado fino.	36
Cuadro N° 1.10: Cálculos para la determinación del peso unitario suelto del agregado grueso.	38
Cuadro N° 1.11: Cálculos para la determinación del peso unitario compactado del agregado grueso.	38
Cuadro N° 1.12: Cálculos para la determinación del contenido de humedad del agregado grueso.	39
Cuadro N° 1.13: Cálculos para la determinación del peso específico y el porcentaje de absorción del agregado grueso.	40
Cuadro N° 1.14: Granulometría del agregado grueso.	41
Cuadro N° 1.15: Resumen de las propiedades físicas de los agregados.	43
Cuadro N° 1.16: Granulometría del agregado global.	45
Cuadro N° 1.17: Cálculos para la determinación del peso unitario compactado del agregado global.	47
Cuadro N° 3.1: Asentamiento por tipo de consistencia del concreto.	57

	Pág.
Cuadro Nº 3.2: Cantidades aproximadas de agua de mezclado y contenido de aire para diferentes valores de asentamiento y tamaño nominal máximo.	58
Cuadro Nº 3.3: Volumen del agregado grueso por unidad de volumen de concreto.	59
Cuadro Nº 3.4: Propiedades físicas de los agregados para el diseño de mezcla.	62
Cuadro Nº 3.5: Diseños de mezcla de prueba según el comité 211 del ACI y el porcentaje de materiales del agregado global.	65
Cuadro Nº 3.6: Proporciones para el diseño de mezcla con relación $a/c=0.45$ y las 03 diferentes combinaciones de agregados.	66
Cuadro Nº 3.7: Ensayo de resistencia a la compresión del concreto a los 07 días para la relación $a/c=0.45$ y las diferentes combinaciones de agregados.	67
Cuadro Nº 3.8: Diseños de mezcla del concreto patrón para las relaciones $a/c=0.40, 0.45$ y 0.50 .	69
Cuadro Nº 3.9: Diseños de mezcla del concreto con 0.5% de aditivo Sika Viscocrete 3330 para $a/c=0.40, 0.45$ y 0.50 .	71
Cuadro Nº 3.10: Diseños de mezcla del concreto con 1% de aditivo Sika Viscocrete 3330 para $a/c=0.40, 0.45$ y 0.50 .	72
Cuadro Nº 3.11: Diseños de mezcla del concreto con 2% de aditivo Sika Viscocrete 3330 para $a/c=0.40, 0.45$ y 0.50 .	73
Cuadro Nº 6.1: Resumen de propiedades del concreto al estado fresco.	84
Cuadro Nº 6.2: Ensayo de consistencia del concreto para las $a/c=0.40, 0.45$ y 0.50 con las diferentes dosificaciones de aditivo.	85
Cuadro Nº 6.3: Variación del peso unitario para $a/c=0.40, 0.45$ y 0.50 con las diferentes dosificaciones de aditivo.	88
Cuadro Nº 6.4: Ensayo de fraguado inicial del concreto.	91
Cuadro Nº 6.5: Ensayo de fraguado final del concreto.	93
Cuadro Nº 6.6: Ensayo de porcentaje de exudación del concreto.	95
Cuadro Nº 6.7: Ensayo de porcentaje de fluidez del concreto.	97
Cuadro Nº 6.8: Cuadro comparativo del ensayo de consistencia con respecto al concreto patrón.	99

	Pág.
Cuadro N° 6.9: Cuadro comparativo del ensayo de peso unitario con respecto al concreto patrón.	100
Cuadro N° 6.10: Cuadro comparativo del ensayo de fraguado inicial con respecto al concreto patrón.	101
Cuadro N° 6.11: Cuadro comparativo del ensayo de fraguado final con respecto concreto patrón.	102
Cuadro N° 6.12: Cuadro comparativo del ensayo de exudación con respecto al concreto patrón.	103
Cuadro N° 6.13: Cuadro comparativo del ensayo de fluidez con respecto al concreto patrón.	104
Cuadro N° 6.14: Resumen de las propiedades del concreto al estado endurecido.	106
Cuadro N° 6.15: Resumen de los resultados de la resistencia a la compresión del concreto a diferentes edades.	107
Cuadro N° 6.16: Resumen de los resultados de la resistencia a la Tracción por compresión diametral del concreto a diferentes edades.	117
Cuadro N° 6.17: Cuadro comparativo del porcentaje de la resistencia a la compresión con respecto al concreto patrón a los 7, 14 y 28 días.	120
Cuadro N° 6.18: Comparativo del porcentaje de la resistencia a la compresión con respecto al concreto patrón a los 28 días.	121
Cuadro N° 6.19: Comparativo del porcentaje de la resistencia a la compresión con respecto al concreto patrón y con aditivo a los 28 días.	122
Cuadro N° 6.20: Comparativo del porcentaje de la resistencia a la Tracción por compresión diametral con respecto al concreto patrón a los 28 días.	123
Cuadro N° 7.1: Variación porcentual de la consistencia para la relación a/c=0.40.	126
Cuadro N° 7.2: Variación porcentual de la consistencia para la relación a/c=0.45.	127

	Pág.
Cuadro N° 7.3: Variación porcentual de la consistencia para la relación $a/c=0.50$.	128
Cuadro N° 7.4: Variación porcentual del peso unitario para la relación $a/c=0.40$.	130
Cuadro N° 7.5: Variación porcentual del peso unitario para la relación $a/c=0.45$.	131
Cuadro N° 7.6: Variación porcentual del peso unitario para la relación $a/c=0.50$.	132
Cuadro N° 7.7: Variación porcentual del tiempo de fraguado inicial para la relación $a/c=0.40$.	134
Cuadro N° 7.8: Variación porcentual del tiempo de fraguado inicial para la relación $a/c=0.45$.	135
Cuadro N° 7.9: Variación porcentual del tiempo de fraguado inicial para la relación $a/c=0.50$.	136
Cuadro N° 7.10: Variación porcentual del tiempo de fraguado final para la relación $a/c=0.40$.	138
Cuadro N° 7.11: Variación porcentual del tiempo de fraguado final para la relación $a/c=0.45$.	139
Cuadro N° 7.12: Variación porcentual del tiempo de fraguado final para la relación $a/c=0.50$.	141
Cuadro N° 7.13: Variación porcentual de la exudación del concreto para la relación $a/c=0.40$.	143
Cuadro N° 7.14: Variación porcentual de la exudación del concreto para la relación $a/c=0.45$.	144
Cuadro N° 7.15: Variación porcentual de la exudación del concreto para la relación $a/c=0.50$.	145
Cuadro N° 7.16: Variación porcentual de la fluidez del concreto para la relación $a/c=0.40$.	147
Cuadro N° 7.17: Variación porcentual de la fluidez del concreto para la relación $a/c=0.45$.	148
Cuadro N° 7.18: Variación porcentual de la fluidez del concreto para la relación $a/c=0.50$.	149

	Pág.
Cuadro N° 7.19: Variación porcentual de la resistencia a la tracción con respecto al concreto patrón usando aditivo para la relación $a/c=0.40$.	164
Cuadro N° 7.20: Variación porcentual de la resistencia a la tracción con respecto al concreto patrón usando aditivo para la relación $a/c=0.45$.	166
Cuadro N° 7.21: Variación porcentual de la resistencia a la tracción con respecto al concreto patrón usando aditivo para la relación $a/c=0.50$.	167
Cuadro B-1: Requisitos granulométricos del agregado fino según norma NPT 400.012 - ASTM C-33.	182
Cuadro B-2: Granulometría del agregado fino, muestra 1.	183
Cuadro B-3: Granulometría del agregado fino, muestra 2.	184
Cuadro B-4: Granulometría del agregado fino, muestra 3.	185
Cuadro B-5: Granulometría del agregado fino promedio.	186
Cuadro B-6: Requisitos granulométricos del agregado grueso según norma NPT 400.012 - ASTM C-33.	187
Cuadro B-7: Granulometría del agregado grueso, muestra 1.	188
Cuadro B-8: Granulometría del agregado grueso, muestra 2.	189
Cuadro B-9: Granulometría del agregado grueso, muestra 3.	190
Cuadro B-10: Granulometría del agregado grueso promedio.	191
Cuadro B-11: Granulometría del agregado global.	192
Cuadro C-1: Ensayo de consistencia concreto patrón.	193
Cuadro C-2: Ensayo de consistencia concreto patrón + 0.5% aditivo.	194
Cuadro C-3: Ensayo de consistencia concreto patrón + 1% aditivo.	195
Cuadro C-4: Ensayo de consistencia concreto patrón + 2% aditivo.	196
Cuadro C-5: Ensayo de peso unitario del concreto.	197
Cuadro C-6: Ensayo de tiempo de fraguado concreto patrón $a/c=0.40$.	200
Cuadro C-7: Ensayo de tiempo de fraguado concreto patrón $a/c=0.45$.	201
Cuadro C-8: Ensayo de tiempo de fraguado concreto patrón $a/c=0.50$.	202
Cuadro C-9: Ensayo de tiempo de fraguado concreto patrón $a/c=0.40 + 0.5\%$ de aditivo.	203
Cuadro C-10: Ensayo de tiempo de fraguado concreto patrón $a/c=0.45 + 0.5\%$ de aditivo.	204

	Pág.
Cuadro C-11: Ensayo de tiempo de fraguado concreto patrón a/c=0.50 + 0.5% de aditivo.	205
Cuadro C-12: Ensayo de tiempo de fraguado concreto patrón a/c=0.40 + 1% de aditivo.	206
Cuadro C-13: Ensayo de tiempo de fraguado concreto patrón a/c=0.45 + 1% de aditivo.	207
Cuadro C-14: Ensayo de tiempo de fraguado concreto patrón a/c=0.50 + 1% de aditivo.	208
Cuadro C-15: Ensayo de tiempo de fraguado concreto patrón a/c=0.40 + 2% de aditivo.	209
Cuadro C-16: Ensayo de tiempo de fraguado concreto patrón a/c=0.45 + 2% de aditivo.	210
Cuadro C-17: Ensayo de tiempo de fraguado concreto patrón a/c=0.50 + 2% de aditivo.	211
Cuadro C-18: Ensayo de exudación del concreto patrón y a/c=0.40.	212
Cuadro C-19: Ensayo de exudación del concreto patrón y a/c=0.45.	213
Cuadro C-20: Ensayo de exudación del concreto patrón y a/c=0.50.	214
Cuadro C-21: Ensayo de exudación del concreto a/c=0.40+0.5% aditivo.	215
Cuadro C-22: Ensayo de exudación del concreto a/c=0.45+0.5% aditivo.	216
Cuadro C-23: Ensayo de exudación del concreto a/c=0.50+0.5% aditivo.	217
Cuadro C-24: Ensayo de exudación del concreto a/c=0.40+1% aditivo.	218
Cuadro C-25: Ensayo de exudación del concreto a/c=0.45+1% aditivo.	219
Cuadro C-26: Ensayo de exudación del concreto a/c=0.50+1% aditivo.	220
Cuadro C-27: Ensayo de exudación del concreto a/c=0.40+2% aditivo.	221
Cuadro C-28: Ensayo de exudación del concreto a/c=0.45+2% aditivo.	222
Cuadro C-29: Ensayo de exudación del concreto a/c=0.50+2% aditivo.	223
Cuadro C-30: Ensayo de fluidez del concreto para las diferentes relaciones de a/c y dosificaciones de aditivo.	224
Cuadro D-1: Resistencia a la compresión concreto patrón a/c=0.40.	226
Cuadro D-2: Resistencia a la compresión concreto a/c=0.40 + 0.5% de aditivo.	227
Cuadro D-3: Resistencia a la compresión concreto a/c=0.40 + 1% de aditivo.	228

	Pág.
Cuadro D-4: Resistencia a la compresión concreto $a/c=0.40$ + 2% de aditivo.	229
Cuadro D-5: Resistencia a la compresión concreto patrón $a/c=0.45$.	230
Cuadro D-6: Resistencia a la compresión concreto $a/c=0.45$ + 0.5% de aditivo.	231
Cuadro D-7: Resistencia a la compresión concreto $a/c=0.45$ + 1% de aditivo.	232
Cuadro D-8: Resistencia a la compresión concreto $a/c=0.45$ + 2% de aditivo.	233
Cuadro D-9: Resistencia a la compresión concreto patrón $a/c=0.50$.	234
Cuadro D-10: Resistencia a la compresión concreto $a/c=0.50$ + 0.5% de aditivo.	235
Cuadro D-11: Resistencia a la compresión concreto $a/c=0.50$ + 1% de aditivo.	236
Cuadro D-12: Resistencia a la compresión concreto $a/c=0.50$ + 2% de aditivo.	237
Cuadro D-13: Resistencia a la tracción concreto patrón $a/c=0.40$.	238
Cuadro D-14: Resistencia a la tracción concreto patrón $a/c=0.45$.	230
Cuadro D-15: Resistencia a la tracción concreto patrón $a/c=0.50$.	240
Cuadro E-1: Análisis de costos para el concreto patrón.	243
Cuadro E-2: Análisis de costos para el concreto con 0.5% de aditivo.	244
Cuadro E-3: Análisis de costos para el concreto con 1% de aditivo.	245
Cuadro E-4: Análisis de costos para el concreto con 2% de aditivo.	246
Cuadro E-5: Porcentaje de resistencia a la compresión a los 28 días y él % del costo del concreto con respecto al patrón Vs. % de aditivo añadido para $a/c=0.40$.	247
Cuadro E-6: Porcentaje de resistencia a la compresión a los 28 días y él % del costo del concreto con respecto al patrón Vs. % de aditivo añadido para $a/c=0.45$.	249
Cuadro E-7: Porcentaje de resistencia a la compresión a los 28 días y él % del costo del concreto con respecto al patrón Vs. % de aditivo añadido para $a/c=0.50$.	251

LISTA DE GRAFICOS

	Pág.
Grafico N° 1.1: Peso unitario del agregado global Vs. % de arena.	47
Grafico N° 2.1: Efecto reductor de agua en los superplastificantes de última generación con base en policarboxilatos.	53
Grafico 6.1: Variación de la consistencia para $a/c=0.40$, 0.45 y 0.50 con las diferentes dosificaciones de aditivo.	86
Grafico 6.1: Porcentaje de reducción de agua con las diferentes dosificaciones de aditivo.	87
Grafico 6.3: Comparativo del peso unitario del concreto patrón y con aditivo para las diferentes relaciones agua/cemento.	89
Grafico 6.4: Peso unitario del concreto para las diferentes relaciones agua/cemento.	90
Grafico N° 6.5: Ensayo de fraguado inicial del concreto.	92
Grafico N° 6.6: Ensayo de fraguado final del concreto.	94
Grafico N° 6.7: Porcentaje de exudación del concreto Vs. dosificación de aditivo.	96
Grafico N° 6.8: Porcentaje de fluidez del concreto Vs. dosificación de aditivo.	98
Grafico N° 6.9: Resistencia a la compresión del concreto patrón Vs. edad del concreto para $a/c=0.40$, 0.45 y 0.50 .	108
Grafico N° 6.10: Resistencia a la compresión del concreto con aditivo al 0.5% Vs. edad del concreto para $a/c=0.40$, 0.45 y 0.50 .	109
Grafico N° 6.11: Resistencia a la compresión del concreto con aditivo al 1% Vs. edad del concreto para $a/c=0.40$, 0.45 y 0.50 .	110
Grafico N° 6.12: Resistencia a la compresión del concreto con aditivo al 2% Vs. edad del concreto para $a/c=0.40$, 0.45 y 0.50 .	111
Grafico N° 6.13: Resistencia a la compresión del concreto con aditivo Vs. edad del concreto para la relación $a/c=0.40$.	112
Grafico N° 6.14: Resistencia a la compresión del concreto con aditivo Vs. edad del concreto para la relación $a/c=0.45$.	113

	Pág.
Grafico N° 6.15: Resistencia a la compresión del concreto con aditivo Vs edad del concreto para la relación $a/c=0.50$.	114
Grafico N° 6.16: Resistencia a la compresión a los 28 días Vs. dosificación del aditivo.	115
Grafico N° 6.17: Resistencia a la compresión a los 28 días Vs. Relación de a/c inicial.	116
Grafico N° 6.18: Resistencia a la tracción por compresión diametral Vs. dosificación del aditivo.	118
Grafico N° 6.19: Resistencia a la tracción por compresión diametral Tracción por compresión diametral con respecto al concreto patrón a los 28 días.	119
Grafico N° 7.1: Variación porcentual de la consistencia para la relación $a/c=0.40$.	126
Grafico N° 7.2: Variación porcentual de la consistencia para la relación $a/c=0.45$.	127
Grafico N° 7.3: Variación porcentual de la consistencia para la relación $a/c=0.50$.	129
Grafico N° 7.4: Variación porcentual del peso unitario para la relación $a/c=0.40$.	130
Grafico N° 7.5: Variación porcentual del peso unitario para la relación $a/c=0.45$.	131
Grafico N° 7.6: Variación porcentual del peso unitario para la relación $a/c=0.50$.	132
Grafico N° 7.7: Variación porcentual del tiempo de fraguado inicial para la relación $a/c=0.40$.	134
Grafico N° 7.8: Variación porcentual del tiempo de fraguado inicial para la relación $a/c=0.45$.	135
Grafico N° 7.9: Variación porcentual del tiempo de fraguado inicial para la relación $a/c=0.50$.	137
Grafico N° 7.10: Variación porcentual del tiempo de fraguado final para la relación $a/c=0.40$.	138
Grafico N° 7.11: Variación porcentual del tiempo de fraguado final para la relación $a/c=0.45$.	140

	Pág.
Grafico N° 7.12: Variación porcentual del tiempo de fraguado final para la relación $a/c=0.50$.	141
Grafico N° 7.13: Variación porcentual de la exudación del concreto para la relación $a/c=0.40$.	143
Grafico N° 7.14: Variación porcentual de la exudación del concreto para la relación $a/c=0.45$.	144
Grafico N° 7.15: Variación porcentual de la exudación del concreto para la relación $a/c=0.50$.	145
Grafico N° 7.16: Variación porcentual de la fluidez del concreto para la relación $a/c=0.40$.	147
Grafico N° 7.17: Variación porcentual de la fluidez del concreto para la relación $a/c=0.45$.	148
Grafico N° 7.18: Variación porcentual de la fluidez del concreto para la relación $a/c=0.50$.	149
Grafico N° 7.9: Variación porcentual de la resistencia a la compresión a los 28 días con respecto al concreto patrón usando aditivo para la relación $a/c=0.40$.	152
Grafico N° 7.20: Variación porcentual de la resistencia a la compresión a los 28 días con respecto al concreto patrón usando aditivo para la relación $a/c=0.45$.	154
Grafico N° 7.21: Variación porcentual de la resistencia a la compresión a los 28 días con respecto al concreto patrón usando aditivo para la relación $a/c=0.50$.	156
Grafico N° 7.22: Variación porcentual de la resistencia a la compresión con respecto a los 7, 14 y 28 días del concreto patrón usando aditivo para la relación $a/c=0.40$.	158
Grafico N° 7.23: Variación porcentual de la resistencia a la compresión con respecto a los 7, 14 y 28 días del concreto patrón usando aditivo para la relación $a/c=0.45$.	160
Grafico N° 7.24: Variación porcentual de la resistencia a la compresión con respecto a los 7, 14 y 28 días del concreto patrón usando aditivo para la relación $a/c=0.50$.	162

	Pág.
Grafico N° 7.25: Variación porcentual de la resistencia a la tracción con respecto al concreto patrón usando aditivo para la relación $a/c=0.40$.	165
Grafico N° 7.26: Variación porcentual de la resistencia a la tracción con respecto al concreto patrón usando aditivo para la relación $a/c=0.45$.	166
Grafico N° 7.27: Variación porcentual de la resistencia a la tracción con respecto al concreto patrón usando aditivo para la relación $a/c=0.50$.	167
Grafico B-2: Granulometría del agregado fino, muestra 1.	183
Grafico B-3: Granulometría del agregado fino, muestra 2.	184
Grafico B-4: Granulometría del agregado fino, muestra 3.	185
Grafico B-5: Granulometría del agregado fino promedio.	186
Grafico B-7: Granulometría del agregado grueso, muestra 1.	188
Grafico B-8: Granulometría del agregado grueso, muestra 2.	189
Grafico B-9: Granulometría del agregado grueso, muestra 3.	190
Grafico B-10: Granulometría del agregado grueso promedio.	191
Grafico B-11: Granulometría del agregado global.	193
Grafico C-1: Tiempo de fraguado concreto patrón $a/c= 0.40$.	200
Grafico C-2: Tiempo de fraguado concreto patrón $a/c= 0.45$.	201
Grafico C-3: Tiempo de fraguado concreto patrón $a/c= 0.50$.	202
Grafico C-4: Tiempo de fraguado $a/c= 0.40 + 0.5\%$ aditivo.	203
Grafico C-5: Tiempo de fraguado $a/c= 0.45 + 0.5\%$ aditivo.	204
Grafico C-6: Tiempo de fraguado $a/c= 0.50 + 0.5\%$ aditivo.	205
Grafico C-7: Tiempo de fraguado $a/c= 0.40 + 1\%$ aditivo.	206
Grafico C-8: Tiempo de fraguado $a/c= 0.45 + 1\%$ aditivo.	207
Grafico C-9: Tiempo de fraguado $a/c= 0.50 + 1\%$ aditivo.	208
Grafico C-10: Tiempo de fraguado $a/c= 0.40 + 2\%$ aditivo.	209
Grafico C-11: Tiempo de fraguado $a/c= 0.45 + 2\%$ aditivo.	210
Grafico C-12: Tiempo de fraguado $a/c= 0.50 + 2\%$ aditivo.	211
Grafico D-1: Resistencia a la compresión concreto patrón $a/c=0.40$.	226
Grafico D-2: Resistencia a la compresión concreto $a/c=0.40 + 0.5\%$ de aditivo.	227

	Pág.
Grafico D-3: Resistencia a la compresión concreto $a/c=0.40$ + 1% de aditivo.	228
Grafico D-4: Resistencia a la compresión concreto $a/c=0.40$ + 2% de aditivo.	229
Grafico D-5: Resistencia a la compresión concreto patrón $a/c=0.45$.	230
Grafico D-6: Resistencia a la compresión concreto $a/c=0.45$ + 0.5% de aditivo.	231
Grafico D-7: Resistencia a la compresión concreto $a/c=0.45$ + 1% de aditivo.	232
Grafico D-8: Resistencia a la compresión concreto $a/c=0.45$ + 2% de aditivo.	233
Grafico D-9: Resistencia a la compresión concreto patrón $a/c=0.50$.	234
Grafico D-10: Resistencia a la compresión concreto $a/c=0.50$ + 0.5% de aditivo.	235
Grafico D-11: Resistencia a la compresión concreto $a/c=0.50$ + 1% de aditivo.	236
Grafico D-12: Resistencia a la compresión concreto $a/c=0.50$ + 2% de aditivo.	237
Grafico E-1: Porcentaje de resistencia a la compresión a los 28 días y él % del costo del concreto con respecto al patrón Vs. % de aditivo añadido para $a/c=0.40$.	247
Grafico E-2: Porcentaje de resistencia a la compresión a los 28 días y él % del costo del concreto con respecto al patrón Vs. % de aditivo añadido para $a/c=0.45$.	249
Grafico E-3: Porcentaje de resistencia a la compresión a los 28 días y él % del costo del concreto con respecto al patrón Vs. % de aditivo añadido para $a/c=0.50$.	251

INTRODUCCIÓN

En estos tiempos de grandes avances tecnológicos, la actividad productiva humana está en constante pugna por alcanzar mayor eficiencia y calidad en todos los campos, la industria de la construcción es una de estas actividades, y siendo el material de mayor uso de la construcción el concreto, Es por ello que hay avances en el campo de la tecnología del concreto y por ende en el estudio de su mejoramiento. Por lo que a diario encontramos adelantos en los aditivos para el concreto normal que nos permitan modificar sus propiedades.

La utilización de aditivos no es nueva y hay indicios de uso en tiempos muy antiguos, pero es en el presente siglo en que sus avances y su uso masificado, han sido de tal magnitud que se han tenido que elaborar sus normas técnicas.

Siendo en la actualidad su uso casi indispensable en el concreto, considerándose un componente más en el diseño de mezclas del concreto.

En el Perú la utilización de ellos se ha generalizado en obras de gran envergadura, obras medianas y pequeñas. Así en las distintas zonas del país, donde debido a las condiciones climáticas y complejidades de las obras a ejecutar, ha sido necesario el uso de aditivo según el caso: ya sea para mejorar la trabajabilidad del concreto, modificar tiempos de fraguado, mejorar su resistencia a las acciones físicas (calor, heladas), a las acciones mecánicas, a las acciones químicas, etc.

Aunque las empresas que producen y distribuyen los diferentes aditivos en el país les asignan sus características y determinadas propiedades en sus hojas técnicas, es necesaria la comprobación de estas en laboratorio, así como conocer los efectos no mencionados por estas, para las condiciones propias de los materiales y diferentes climas de nuestro medio.

Dentro de este contexto los aditivos superplastificantes presentan cualidades que son necesarias en la aplicación del concreto en nuestro medio, Es por ello y alentado por el masivo interés por conocer las características de este aditivo de tercera generación, es que se decide realizar la tesis de investigación.

En la presente tesis de investigación se hace un estudio de los efectos que se producen en las propiedades del concreto fresco y endurecido por la adición del aditivo superplastificante **SikaViscocrete 3330**, la cual se realiza a través de ensayos normalizados para las diferentes relaciones agua/cemento 0.40, 0.45 y 0.50 de los diseño patrón y luego en base a estos se realizan diseños con aditivos en proporciones de 0.5%, 1% y 2% en peso del cemento respectivamente. Siendo un total de 12 diseños de mezcla, 3 diseños que corresponden al concreto patrón y 9 corresponden al diseño con aditivo.

Los diseños con aditivo se realizan con reducción de agua hasta un asentamiento dentro del rango de 3" a 4", El cemento utilizado es del Portland tipo I "Sol" producido por Cementos Lima S.A.

Los ensayos realizados en concreto fresco son: consistencia, peso unitario, tiempo de fraguado, porcentaje de exudación y porcentaje de fluidez.

Los ensayos realizados en concreto endurecido son: resistencia la compresión en las edades de 7, 14 y 28 días, resistencia a la tracción por compresión diametral a los 28 días.

El presente estudio de investigación, pretende mediante los resultados y conclusiones que se puedan obtener, llevar un aporte en la orientación para los profesionales y no profesionales que se dedican a la noble tarea de construir el país.

CAPITULO I

MATERIALES PARA LA FABRICACION DEL CONCRETO

1.1 CEMENTO PORTLAND TIPO I

1.1.1 DEFINICION

La historia del cemento es la historia del hombre y de su búsqueda de un espacio para vivir con la máxima seguridad, protección y comodidad. Desde sus inicios y hasta la actualidad, los avances técnicos han transformado a este material en un elemento indispensable para el desarrollo social y la mejora de la calidad de vida de las personas.

Desde los inicios de la humanidad, la evolución de la actividad constructiva ha estado íntimamente ligada al conocimiento y al uso de los materiales, originalmente en su estado natural, y posteriormente en un estado más elaborado. Las primeras construcciones se limitaban a simples cerramientos y cubiertas, creando zonas protegidas del exterior mediante el empleo de materiales naturales, vegetales y minerales como únicos elementos de las estructuras. Más adelante se hizo uso de minerales con características hidráulicas como el yeso y la cal conocidos por el nombre de cementos (del latín *cementum*), consiguiendo así la unión de elementos primarios.

El Cemento Portland tal como lo conocemos hoy en día, es un aglomerante hidráulico inventado en el siglo XVIII y obtenido de la molienda conjunta de clinker portland -producto procedente de la calcinación a altas temperaturas de piedra caliza, yeso y ciertas adiciones.

CEMENTO PORTLAND

El Cemento Portland es un aglomerante hidrófilo, resultante de la calcinación de rocas calizas, areniscas y arcillas, de manera de obtener un polvo muy fino que

en presencia de agua endurece adquiriendo propiedades resistentes y adherentes.

Se denomina hidrófilo porque fragua y endurece al reaccionar con el agua. A ésta reacción se le conoce como hidratación. Es una reacción química en la que se combinan el cemento y el agua para formar una masa parecida a la de la piedra; cuya velocidad de reacción es directamente proporcional a la finura del cemento e inversamente proporcional al tiempo; por lo que inicialmente es rápida y va disminuyendo con el transcurrir de los días, la reacción producida libera calor al exterior, el cual se conoce como Calor de Hidratación.

El Cemento Portland es producido en forma artificial por el hombre. Se muele rocas calizas, areniscas y arcillas en cierta composición. Luego se somete este polvo a temperaturas sobre los 1400 y 1450 °C, en hornos giratorios, produciéndose lo que se denomina el clinker.

El clinker es fabricado mediante un proceso que comienza por combinar una fuente de cal, tal como las calizas, una fuente de sílice y alúmina, como las arcillas, y una fuente de óxido de hierro, tal como el mineral de hierro. Una mezcla adecuadamente dosificada de los materiales crudos es finamente molida y luego calentada a una temperatura suficientemente alta, alrededor de los 1450°C, a fin que se produzcan las reacciones entre los componentes del cemento. El producto obtenido del horno es conocido como clinker de cemento Portland. Después de enfriado, el clinker es molido con una adición aproximada del 3.8% de sulfato de calcio (yeso) para formar el Cemento Portland.

Tipos de Cemento

Los cementos Portland se pueden clasificar como:

Cemento Portland Tipo I: Es el cemento fabricado para uso en general, es decir donde no se requiera que el cemento tenga cualidades especiales.

Cemento Portland Tipo II: Fabricado para una moderada resistencia a los sulfatos, y con un bajo calor de hidratación. Se emplea cuando se trabaja en ambientes agresivos o vaciados masivos.

Cemento Portland Tipo III: Cuando se requiera una alta resistencia inicial, produce un elevado calor de hidratación. Para uso en clima frío o en los casos que se necesita adelantar la puesta en servicio de las estructuras.

Cemento Portland Tipo IV: Cuando se necesite un bajo calor de hidratación, además de evitar dilataciones durante el fraguado.

Cemento Portland Tipo V: Este tipo se empleara en ambientes muy agresivos o cuando se requiera una alta resistencia a los sulfatos.

También se cuenta con otros tipos de cementos Portland. Dentro de esta clasificación mencionaremos a los siguientes:

Cemento Portland Tipo IS: Cemento con adición de escorias de altos hornos, entre un 25% a 70% referidos al peso total.

Cemento Portland Tipo ISM: Cuando se ha añadido menos del 25% de escorias de altos hornos, referidos al peso total.

Cemento Portland Tipo IP: Cemento en el cual, el porcentaje de puzolana adicionada, varia entre 15% y 40% del peso total.

Cemento Portland Tipo IPM: Cemento con adición de puzolana en un porcentaje menor del 15% del peso total.

El tipo de cemento empleado en la presente tesis es el **Cemento Portland Tipo I “Sol” fabricado por Cementos Lima S.A.**

1.1.2 COMPOSICION QUIMICA

1.1.2.1 Componentes Principales.

Entre los componentes principales del Cemento Portland tenemos:

LA CAL (CaO): La cal u óxido de calcio constituye un 61% a 67% del cemento. Proviene de la roca caliza. Su proporción es muy importante en las propiedades del cemento.

LA SÍLICE (SiO₂): La sílice u óxido de sílice constituye alrededor de 20% a 27% del cemento. Proviene en mayor parte de la arenisca, cuarcita, arena de cuarzo etc. Es resistente e insoluble en agua.

LA ALÚMINA (Al_2O_3): La alúmina u óxido de aluminio forma alrededor del 4% al 7% del cemento. Proviene de la arcilla. Un alto contenido de alúmina y bajo de sílice, produce un cemento de fraguado rápido y también de alta resistencia.

ÓXIDO FÉRRICO (Fe_2O_3): Se encuentra en un 2% a 4%. El color gris en el cemento se debe a este óxido, el cual actúa en la misma forma que la alúmina. Si el cemento es de color blanco este óxido no está presente.

1.1.2.2 Componentes Secundarios

Se considera como componentes secundarios a los referidos a continuación:

RESIDUO INSOLUBLE: Nos muestra que parte de la porción arcillosa no se ha combinado y no es soluble. Además de indicar el nivel de perfección que se da en el horno durante la cocción.

ANHÍDRIDO SULFÚRICO (SO_3): Presente en pequeñas cantidades; proviene del yeso que se le añade al clinker para retardar la fragua. El contenido del anhídrido sulfúrico permite realizar el cálculo del valor de calcio presente en el cemento, así como la cal combinada y también el contenido de azufre, limitándose al 1% o 3.0%.

1.1.2.3 Compuestos Principales.

Luego de la formación del clinker y molienda final, se puede considerar que los cementos Portland están formados por cuatro compuestos principales, que ocupan entre el 90% y 95% del cemento, siendo estos:

SILICATO TRICÁLCICO ($3CaO.SiO_2 \Rightarrow C_3S$): El silicato tricálcico también se conoce como Alita y define la resistencia inicial (en la primera semana) del cemento y tiene mucha incidencia en el calor de hidratación. La cantidad formada en la reacción de fraguado tiene un marcado efecto sobre la resistencia del concreto en sus primeras etapas.

SILICATO DICÁLCICO ($2CaO.SiO_2 \Rightarrow C_2S$): También conocido como Belita. Define la resistencia a largo plazo y tiene incidencia menor en el calor de hidratación. Es principalmente responsable del incremento progresivo de la resistencia, lo cual ocurre de los 14 a los 28 días y en adelante. Los cementos en los cuales la proporción formada de C_2S es alta, tienen una resistencia relativamente alta al ataque químico y también un encogimiento por secado relativamente bajo.

ALUMINATO TRICÁLCICO ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \Rightarrow \text{C}_3\text{A}$): Aisladamente no tiene trascendencia en la resistencia, pero con los silicatos condiciona el fraguado violento, actuando como catalizador, por lo que es necesario añadir yeso en el proceso (3% - 6%) para controlarlo.

FERRO-ALUMINATO TETRACÁLCICO ($4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \Rightarrow \text{C}_4\text{AF}$): También conocido como Celita. La presencia del ferro-aluminato es de poca importancia, pues no participa prácticamente sobre la resistencia mecánica u otras propiedades del cemento endurecido. Su presencia se debe a la necesidad de utilizar fundentes que contengan hierro en la fabricación del clinker. Se hidrata con relativa rapidez. Tiene pequeña trascendencia en el calor de hidratación. Su resistencia a las aguas salitrosas y agresivas en general es la más alta de todos los constituyentes.

1.1.2.4 Compuestos Secundarios.

Prácticamente constituyen un 5% a 10% del cemento Portland.

ÓXIDO DE MAGNESIO (MgO): Proviene de la piedra caliza, roca calcárea y escorias. Los cristales de Magnesio suelen estar mejor formados cuando el enfriamiento del clinker ha sido lento. La presencia de este óxido le da al cemento un color verde grisáceo. Actúa como fundente en la formación del clinker y aporta fase líquida. Según las normas NTP, los cementos Portland tipo I, no deben tener más de 5% de óxido de Magnesio; y 6% como máximo para el resto de tipos de cementos, puesto que a mayor porcentaje trae problemas expansión en la pasta hidratada y endurecida.

ÓXIDO DE SODIO Y ÓXIDO DE POTASIO (Na_2O , $\text{K}_2\text{O} \Rightarrow$ Álcalis): También se les conoce con el nombre de álcalis, se eliminan normalmente con los gases producidos en la calcinación del cemento, se encuentran presentes en el producto terminado solamente en pequeñas cantidades. Si por alguna razón se encuentra en cantidades excesivas, causaran eflorescencias y un riesgo de falla debido a la reactividad de agregados alcalinos que se manifestará con expansiones que destruirán al concreto y propiciarán la entrada de humedad.

A continuación en el Cuadro N° 1.1, se presenta el análisis químico del Cemento Portland Tipo I "SOL". Esta información fue proporcionada por el fabricante Cementos Lima.

CUADRO N° 1.1
ANÁLISIS QUÍMICO DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I "SOL" DE
CEMENTOS LIMA S.A.

COMPUESTO QUIMICO	SIMBOLO	%	LIMITES NTP 334.009
Oxido de Silicio	SiO ₂	20.11	-
Oxido de Aluminio	Al ₂ O ₃	6.08	-
Oxido de Fierro	Fe ₂ O ₃	2.9	-
Oxido de Calcio	CaO	62.94	-
Oxido de Magnesio	MgO	3.04	-
Oxido de Azufre	SO ₃	2.67	máx. 3.5%
Oxido de Potasio	K ₂ O	0.95	máx. 5.0%
Oxido de Sodio	Na ₂ O	0.28	-
Perdida por Ignición	P.i.	0.76	máx. 3.0%
TOTAL		99.71	
Cal libre		0.34	-
Álcalis Total (Na ₂ O Equiv.)		0.9	-
Residuos Insolubles	R.I:	0.67	Máx. 1.0%

Fuente: Cementos Lima

1.1.3 CARACTERISTICAS FISICAS

El conocimiento del significado de las principales propiedades físicas y mecánicas del cemento Portland será provechoso para interpretar los resultados de las pruebas con el cemento.

1.1.3.1 Peso Específico.

Norma NTP 334.005 – ASTM C-188

Para los cementos Portland, el peso específico normalmente esta comprendido entre 3.00 gr/cm³ a 3.20 gr/cm³. El cemento Portland de escorias de altos hornos puede tener pesos específicos de aproximadamente 2.90 gr/cm³.

El peso específico del cemento Portland Tipo I "Sol" es 3.11 gr/cm^3 .

1.1.3.2 Calor de Hidratación.

Norma NTP 334.064 – ASTM C-186

El calor de hidratación es el generado cuando reaccionan el cemento y el agua. Denominándose calor de hidratación a la cantidad de calor en calorías por gramo de cemento. La cantidad de calor generado depende principalmente de la composición química del cemento; el incremento de generación de calor es afectado por la finura y temperatura de curado, así como la composición química.

1.1.3.3 Tiempo de Fraguado.

Norma NTP 334.006 – ASTM C-187, 191, 266

El fraguado podemos interpretarlo como el paso del material del estado fluido al estado sólido. En el transcurrir de este tiempo se puede encontrar dos fases, el primero de Fraguado Inicial, y el segundo de Fraguado Final. Se dice que la pasta de cemento ha fraguado cuando logra una rigidez suficiente como para soportar una presión determinada de tipo arbitrario, ejercidos por agujas pertenecientes a los aparatos de Gilmore y Vicat.

Los tiempos de fraguado del cemento Portland son los siguientes:

Fraguado Inicial (hrs: min): 1:58 a 2:24.

Fraguado Final (hrs: min): 3:08 a 3:45.

1.1.3.4 Finura.

Norma NTP 334.002 – ASTM C-184

La finura del cemento afecta la rapidez de la hidratación. Al aumentar la finura del cemento aumenta la rapidez a la que se hidrata el cemento, acelerando la adquisición de resistencia; observando que el agua necesaria para obtener un concreto con un cierto revenimiento disminuye. Los efectos del aumento de finura en la resistencia se manifiestan principalmente durante los primeros 7 días.

La finura en el cemento se mide en términos de Superficie Específica, la cual esta dada por la suma de las áreas en cm^2 de los granos contenidos en un gramo de cemento.

1.1.3.5 Consistencia Normal.

Norma NTP 334.006– ASTM C-187

Es la cantidad de agua que se requiere para obtener una pasta de consistencia normal; se expresa como porcentaje en peso del cemento utilizado. El conocimiento de esta propiedad es la base para la determinación del tiempo de fraguado de los cementos.

1.1.3.6 Contenido de Aire.

Norma NTP 334.048 – ASTM C-185

Mide el porcentaje de aire atrapado en la mezcla, normalmente se realiza ensayos en morteros. Este ensayo nos da un índice indirecto de la finura del cemento y por ende del grado de molienda.

1.1.3.7 Resistencia a la Compresión.

Norma NTP 334.051– ASTM C-109

La resistencia a la compresión del cemento Portland, según lo especifican la ASTM, Normas NTP, es la obtenida en pruebas de cubos de mortero estándar. Estos cubos se hacen y curan de la manera prescrita usando una “arena estándar”.

Las resistencias a las diferentes edades son indicadores de las características del cemento para adquirir resistencia, pero no pueden usarse para predecir las resistencias del concreto con precisión a causa de las muchas variables que intervienen en las mezclas de concreto.

A continuación en el Cuadro N° 1.2, se presenta las propiedades físicas del Cemento Portland Tipo I “SOL”. Esta información fue proporcionada por el fabricante Cementos Lima.

CUADRO Nº 1.2
PROPIEDADES FÍSICAS DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I
“SOL” FABRICADA POR CEMENTOS LIMA S.A.

PROPIEDADES FISICAS	UND	VALOR DE ENSAYO	LIMITES NTP 334.009
FINEZA RETENIDA:			
Malla +100 (150 micras)	%	0.13	
Malla + 200 (75 micras)	%	1	
Malla + 325 (45 micras)	%	8.15	
SUPERFICIE ESPECIFICA:			
Blaine	cm ² /gr	3321	min. 2800
CONTENIDO DE AIRE	%	9.03	máx. 12
EXP.AUTOCLAVE	%	0.18	máx. 50
PESO ESPECIFICO	gr/ cm ³	3.11	
FRAGUADO:			
Vicat Inicial	hr:min	02:14	min. 45 min.
Vicat Final	hr:min	03:50	máx. 8 hr.
RESISTENCIA A LA COMPRESION			
03 días	Kg/ cm ²	225	min. 85
07 días	Kg/ cm ²	285	min. 196
28 días	Kg/ cm ²	358	-

Fuente: Cementos Lima

1.2 AGUA PARA EL CONCRETO
NORMA NTP 400.042 – 2001

1.2.1 CONCEPTOS GENERALES

El Agua es el elemento indispensable para la hidratación del Cemento y el desarrollo de sus propiedades, por lo tanto éste elemento debe cumplir con ciertos requisitos para llevar a cabo su función en la combinación química. Sin ocasionar problemas colaterales si tiene ciertas sustancias que pueden dañar al concreto.

El Agua de mezcla tiene tres funciones principales:

- a) Reaccionar con el Cemento para hidratarlo.

- b) Actuar como lubricante para contribuir a la trabajabilidad del conjunto.
- c) Procurar la estructura de vacíos necesaria en la pasta para que los productos de hidratación tengan espacio para desarrollarse.

Por lo tanto la cantidad de agua que interviene en la mezcla del concreto es normalmente por razones de trabajabilidad, mayor a lo necesario para la hidratación del Cemento.

El problema principal del agua reside en las impurezas y la cantidad de estas, que ocasionan reacciones químicas que alteran el comportamiento normal de la pasta de cemento.

Una regla empírica que sirve para estimar si determinada agua sirve para emplearse en la producción de concreto, consiste en establecer su uso para el consumo humano ya que si no es dañina para el hombre, entonces no dañara al concreto.

En éste sentido es interesante distinguir el agua potable en términos de los requerimientos nominales establecidos por los organismos que regulan su producción y uso, y el agua apta para consumo humano, ya que los requerimientos aludidos normalmente son mucho más exigentes de lo necesario.

El agua empleada para amasar y curar el concreto será de color claro, libre de glúcidos y de aceites, Además, no deberá contener sustancias que puedan producir efectos desfavorables sobre el fraguado, la resistencia y la durabilidad del concreto.

La norma INDECOPI 339.088 considera apta al agua para el amasado y/o curado de morteros y concretos, al agua cuyas propiedades y contenido de sustancias disueltas estén comprendidas dentro de los límites que se especifican en el Cuadro N° 1.3:

CUADRO N° 1.3
LIMITES PERMISIBLES PARA EL AGUA DE MEZCLA

DESCRIPCION	LIMITE PERMISIBLE
1.- Sólidos en suspensión	5000 ppm máximo
2.- Materia orgánica	3 ppm máximo
3.- Carbonatos y bicarbonatos alcalinos	1000 ppm máximo
4.- Sulfatos	600 ppm máximo
5.- Cloruros	1000 ppm máximo
6.- PH	Entre 5 y 8

Fuente: Norma Técnica Peruana NPT 339.088

Existe evidencia experimental que el empleo de agua con contenidos individuales de cloruros, sulfatos y carbonatos sobre las 5000 ppm, ocasionan reducción de resistencias hasta del orden del 30% con relación a concretos con Agua pura.

La materia orgánica por encima de las 1000 ppm reduce la resistencia e incorpora aire.

Los efectos perniciosos que pueden esperarse del agua de mezcla con impurezas son: retardo en el endurecimiento, reducción de la resistencia, manchas en el concreto endurecido, eflorescencias, contribución a la corrosión del acero, cambios volumétricos, etc.

Finalmente, podemos concluir en que salvo casos especiales de aguas contaminadas en exceso (residuos industriales) o que los agregados o aditivos contribuyan a incrementar notablemente las sustancias nocivas, siempre es posible usar aguas con ciertas impurezas afrontando las consecuencias ya indicadas que en la mayoría de casos son manejables.

1.3 AGREGADO FINO

NORMA NTP 400.037 - ASTM C33

1.3.1 GENERALIDADES

Es el agregado que proviene de la desintegración natural o artificial, se conoce como agregado fino, a aquel que pasa el tamiz NTP 9,51mm (malla 3/8") y queda retenido en el tamiz 75 μ m (malla N°200).

1.3.2 PROPIEDADES FISICAS

El agregado fino utilizado en la presente tesis de investigación proviene de la cantera "Trapiche" ubicada en el distrito de comas y proviene del Rio Chillón.

Los ensayos realizados al agregado fino, se efectuaron en el Laboratorio de Ensayo de Materiales No 01 de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería. A continuación se describen los diferentes ensayos y los resultados obtenidos:

1.3.2.1 PESO UNITARIO SUELTO

NORMA NTP 400.017 - ASTM C29

En este ensayo se busca determinar el peso del agregado fino que alcanza un determinado volumen unitario.

Este valor Se usa el término "peso volumétrico unitario" porque se trata del volumen ocupado por el agregado y los vacíos. Este peso se utiliza para convertir cantidades en peso a cantidades en volumen.

CUADRO N° 1.4

CALCULOS PARA LA DETERMINACION DEL PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO FINO

DESCRIPCION	MUESTRAS		
	M - 1	M - 2	M - 3
Peso de la muestra + recipiente (gr)	7661.00	7660.00	7662.00
Peso del recipiente (gr)	2765.00	2765.00	2765.00
Peso de la muestra suelta (gr)	4896.00	4895.00	4897.00
Volumen del recipiente $K= 1/10 \text{ pie}^3$ (cm ³)	2831.70	2831.70	2831.70
Peso unitario suelto (gr/cm ³)	1.73	1.73	1.73
PESO UNITARIO SUELTO (HUMEDO)	1.73 gr/cm³		

Fuente: elaboración propia

1.3.2.2 PESO UNITARIO COMPACTADO

NORMA NTP 400.017 - ASTM C29

Similar al peso unitario suelto, se busca determinar el peso del agregado fino que alcanza en llenar un recipiente de volumen unitario.

CUADRO Nº 1.5
CALCULOS PARA LA DETERMINACION DEL PESO UNITARIO
COMPACTADO DEL AGREGADO FINO

DESCRIPCION	MUESTRAS		
	M - 1	M - 2	M - 3
Peso de la muestra + recipiente (gr)	8215.00	8218.00	8221.00
Peso del recipiente (gr)	2765.00	2765.00	2765.00
Peso de la muestra suelta (gr)	5450.00	5453.00	5456.00
Volumen del recipiente $K= 1/10 \text{ pie}^3$ (cm ³)	2831.70	2831.70	2831.70
Peso Unitario Compactado	1.92	1.93	1.93
PESO UNITARIO COMPACTADO (HUMEDO)	1.93 gr/cm³		

Fuente: elaboración propia

1.3.2.3 CONTENIDO DE HUMEDAD

NORMA NTP 400.016 - ASTM C- 566

Es la cantidad de agua existente en una muestra de agregado en estado natural, se expresa en porcentaje y su valor resulta de la división del peso del agua que contiene la muestra entre el peso de la muestra secada al horno.

CUADRO Nº 1.6
CÁLCULOS PARA LA DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD
DEL AGREGADO FINO

DESCRIPCION	MUESTRAS		
	M - 1	M - 2	M - 3
Peso de la muestra húmeda (gr)	500.00	500.00	500.00
Peso de la muestra secada al horno (gr)	491.50	492.00	492.50
Contenido de agua (gr)	8.50	8.00	7.50
Contenido de humedad (%)	1.73	1.63	1.52
CONTENIDO DE HUMEDAD	1.63 %		

Fuente: elaboración propia

1.3.2.4 PESO ESPECÍFICO Y PORCENTAJE DE ABSORCION

PESO ESPECÍFICO

NORMA NTP 400.022- ASTM C-128, E-12

Se define como la relación a una temperatura estable, de la masa de un volumen unitario del material, a la masa del mismo volumen de agua destilada libre de gas.

El peso específico de un agregado es la relación de su peso al peso de un volumen igual de agua.

Peso de masa aparente.- Es la relación entre el peso de la masa del agregado y el volumen impermeable de masa del mismo.

Peso específico de masa.- Es la relación entre el peso de la masa del agregado y el volumen total (incluyendo los poros permeables e impermeables naturales del material).

Peso específico de masa saturada superficialmente seca.- Es la relación entre el peso del agregado saturado superficialmente seco y el volumen del mismo.

PORCENTAJE DE ABSORCIÓN

NORMA NTP 400.022- ASTM C-128

El porcentaje de Absorción es la cantidad de agua absorbida por el agregado después de ser sumergido 24 horas en esta, se expresa en porcentaje del peso.

El porcentaje de absorción del agregado fino está representada por el porcentaje de agua que le es necesaria para llegar a la condición de saturada superficialmente seca (condición de equilibrio).

CUADRO N° 1.7
CÁLCULO PARA LA DETERMINACION DEL PESO ESPECÍFICO Y EL
PORCENTAJE DE ABSORCION DEL AGREGADO FINO

PROCEDIMIENTO	MUESTRAS		
	M - 1	M - 2	M - 3
Peso de la arena superficialmente seca	500.00	500.00	500.00
Peso de la arena superficialmente seca + Peso del balón. + peso del agua	976.50	977.50	978.50
Peso del Balón	163.50	164.00	164.50
Peso del agua (W)	313.00	313.50	314.00
Peso de la arena secada al horno (A)	496.00	496.50	497.10
Volumen del balón (V) en ml	500.00	500.00	500.00
CÁLCULOS	RESULTADOS		
	M-1	M-2	M-3
1.- Peso específico de masa $A / (V-W)$	2.65	2.66	2.67
	Prom=	2.66	Kg/cm ³
2.- Peso específico de masa Superficialmente seco $500 / (V-W)$	2.67	2.68	2.69
	Prom=	2.68	Kg/cm ³
3.- Peso específico aparente $A / ((V-W) - (500-A))$	2.71	2.71	2.71
	Prom=	2.71	Kg/cm ³
4.- Porcentaje de absorción $(500-A)*100/A$	0.81	0.70	0.58
	Prom=	0.70	Kg/cm ³

Fuente: elaboración propia

1.3.2.5 GRANULOMETRIA

NORMA NTP 400.012 - ASTM C-136/C-33

Por definición Granulometría es la representación numérica de la distribución volumétrica de las partículas por tamaños de una muestra de agregado.

El análisis granulométrico divide la muestra en fracciones, de elementos del mismo tamaño, según la abertura de los tamices utilizados.

Los tamices estándar usados para determinar la gradación de los agregados finos son las N° 4, 8, 16, 30, 50 y 100, están basadas de acuerdo con sus perforaciones cuadriculadas; la granulometría seleccionada deberá ser preferentemente continua. El agregado fino no deberá retener más del 45% en dos tamices consecutivos cualesquiera.

Los análisis granulométricos realizados al agregado fino, se encuentran en los anexos, así como los requisitos granulométricos de este agregado, según la Norma ASTM C-33.

En el cuadro N° 1.8 se aprecia el análisis granulométrico promedio para el agregado fino (arena) utilizado en la presente Tesis.

CUADRO N° 1.8
GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO

Muestra: Agregado Fino de la cantera Trapiche

Peso: 500 gr.

Ensayo: Promedio

Huso ASTM del tipo C

N° MALLA	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% ACUMULADO QUE PASA	ASTM C-33 % QUE PASA	
					Inf.	Sup.
3/8"	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
N° 4	17.5	3.5	3.5	96.5	95.0	100.0
N° 8	76.5	15.3	18.8	81.2	80.0	100.0
N° 16	126.0	25.2	44.0	56.0	50.0	85.0
N° 30	117.5	23.5	67.5	32.5	25.0	60.0
N° 50	91.0	18.2	85.7	14.3	10.0	30.0
N° 100	43.5	8.7	94.4	5.6	2.0	10.0
FONDO	28.0	5.6	100.0	0.0		
TOTAL	500.0					

Fuente: elaboración propia

1.3.2.6 MÓDULO DE FINURA

NORMA NTP 400.012

Es un índice aproximado del tamaño medio de los agregados.

El Módulo de Finura es obtenido por la suma dividida por cien de los porcentajes retenidos acumulados de los siguientes tamices según la norma vigente: 3", 1½", 3/4", 3/8", N° 4, N° 8, N° 30, N° 50 y N° 100.

El Módulo de Finura del Agregado Fino usado en la presente tesis se calcula tomando los valores del cuadro N°1.8:

$$M.F. = \frac{3.5 + 18.8 + 44 + 67.5 + 85.7 + 94.4}{100} = 3.14$$

Módulo de Finura (M.F.) = 3.14

1.3.2.7 CANTIDAD DE MATERIAL QUE PASA LA MALLA N° 200

NORMA NTP 400.012

Consiste en determinar la cantidad de materiales finos que se puedan presentar en el agregado en forma de revestimientos superficiales o en forma de partículas sueltas, Para lo cual se somete a la muestra de agregado a un proceso de sedimentación y tamizado por la vía húmeda, la diferencia en peso seco, entre la muestra original y la muestra lavada, expresada como porcentaje determina el material fino que pasa el tamiz N°200.

CUADRO N° 1.9
CALCULO DE LA CANTIDAD DE MATERIAL QUE PASA LA
MALLA N° 200 DEL AGREGADO FINO

PROCEDIMIENTO	MUESTRAS		
	M - 1	M - 2	M - 3
Peso seco inicial	500.00	500.00	500.00
Peso seco lavado	488.00	487.00	487.50
Pérdida de peso	12.00	13.00	12.50
% que pasa la malla N° 200	2.46	2.67	2.56
	Prom. = 2.56 %		

Fuente: elaboración propia

1.4 AGREGADO GRUESO

NORMA NTP 400.037- ASTM C33

1.4.1 GENERALIDADES

Por definición agregado grueso es un conjunto de partículas de origen natural ó artificial, que es retenido en el tamiz NTP 4,76 mm (Nº4).

Debe estar conformado por partículas limpias cuyos fragmentos tengan perfil de preferencia angular o semiangular, duras, compactas, resistentes y de textura preferente rugosa, libres de escamas, polvo, limos, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas.

1.4.2 PROPIEDADES FISICAS

El agregado grueso utilizado en la presente tesis de investigación, es piedra chancada artificialmente, proviene de un deposito fluvioaluvial, ubicado a 15 kilómetros de la ciudad de Lima, Específicamente de la cantera "La Gloria" en el distrito de Ate Vitarte.

Los ensayos realizados al agregado grueso, se efectuaron en el Laboratorio de Ensayo de Materiales No 01 de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería. A continuación se describen los diferentes ensayos y los resultados obtenidos:

1.4.2.1 PESO UNITARIO

PESO UNITARIO SUELTO

NORMA NTP 400.017- ASTM C-29

En este ensayo se busca determinar el peso del agregado grueso que alcanza un determinado volumen unitario.

Este valor Se usa el término "peso volumétrico unitario" porque se trata del volumen ocupado por el agregado y los vacíos. Este peso se utiliza para convertir cantidades en peso a cantidades en volumen.

CUADRO N° 1.10
CALCULOS PARA LA DETERMINACION DEL PESO UNITARIO SUELTO DEL
AGREGADO GRUESO

DESCRIPCION	MUESTRAS		
	M - 1	M - 2	M - 3
Peso de la muestra + recipiente (gr)	30400.00	30200.00	30300.00
Peso del recipiente (gr)	11650.00	11650.00	11650.00
Peso de la muestra suelta (gr)	18750.00	18550.00	18650.00
Volumen del recipiente $K= 1/2 \text{ pie}^3$ (cm ³)	14158.00	14158.00	14158.00
Peso unitario suelto (gr/cm ³)	1.32	1.31	1.32
PESO UNITARIO SUELTO (HUMEDO)	1.32 gr/cm³		

Fuente: elaboración propia

1.4.2.2 PESO UNITARIO COMPACTADO

NORMA NTP 400.017- ASTM C-29

Se calcula de forma similar al peso unitario suelto, se busca determinar el peso del agregado grueso compactado que alcanza en llenar un recipiente de volumen unitario.

CUADRO N° 1.11
CALCULOS PARA LA DETERMINACION DEL PESO UNITARIO
COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO

DESCRIPCION	MUESTRAS		
	M - 1	M - 2	M - 3
Peso de la muestra + recipiente (gr)	33000.00	32900.00	32850.00
Peso del recipiente (gr)	11650.00	11650.00	11650.00
Peso de la muestra suelta (gr)	21350.00	21250.00	21200.00
Volumen del recipiente $K= 1/2 \text{ pie}^3$ (cm ³)	14158.00	14158.00	14158.00
Peso Unitario Compactado (gr/cm ³)	1.51	1.50	1.50
PESO UNITARIO COMPACTADO (HUMEDO)	1.50 gr/cm³		

Fuente: elaboración propia

1.4.2.3 CONTENIDO DE HUMEDAD

NORMA NTP 339.185- ASTM C566

Es la cantidad de agua existente en una muestra de agregado grueso en estado natural, se expresa en porcentaje y su valor resulta de la división del peso del agua que contiene la muestra entre el peso de la muestra secada al horno.

CUADRO Nº 1.12
CÁLCULOS PARA LA DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD
DEL AGREGADO GRUESO

DESCRIPCION	MUESTRAS		
	M - 1	M - 2	M - 3
Peso de la muestra húmeda (gr)	1000.00	1000.00	1000.00
Peso de la muestra secada al horno (gr)	996.50	996.50	996.00
Contenido de agua (gr)	3.50	3.50	4.00
Contenido de humedad (%)	0.35	0.35	0.40
CONTENIDO DE HUMEDAD	0.37 %		

Fuente: elaboración propia

1.4.2.4 PESO ESPECÍFICO Y PORCENTAJE DE ABSORCION

PESO ESPECÍFICO

NORMA NTP 400.022- ASTM C-128

Se define como la relación a una temperatura estable, de la masa de un volumen unitario del material, a la masa del mismo volumen de agua destilada libre de gas.

El peso específico de un agregado es la relación de su peso al peso de un volumen igual de agua.

Peso de masa aparente.- Es la relación entre el peso de la masa del agregado y el volumen impermeable de masa del mismo.

Peso específico de masa.- Es la relación entre el peso de la masa del agregado y el volumen total (incluyendo los poros permeables e impermeables naturales del material).

Peso específico de masa saturada superficialmente seca.- Es la relación entre el peso del agregado saturado superficialmente seco y el volumen del mismo.

PORCENTAJE DE ABSORCIÓN

NORMA NTP 400.022- ASTM C-128

El porcentaje de Absorción es la cantidad de agua absorbida por el agregado después de ser sumergido 24 horas en esta, se expresa en porcentaje del peso.

El porcentaje de absorción del agregado fino está representada por el porcentaje de agua que le es necesaria para llegar a la condición de saturada superficialmente seca (condición de equilibrio).

CUADRO N° 1.13

CÁLCULO PARA LA DETERMINACION DEL PESO ESPECÍFICO Y EL PORCENTAJE DE ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO

PROCEDIMIENTO	MUESTRAS		
	M-1	M-2	M-3
Peso de la muestra secada al horno (A)	2975.00	2974.50	2973.00
Peso de la muestra saturada con superficie seca (B)	3000.00	3000.00	3000.00
Peso de la muestra saturada de agua + peso de la canastilla	3788.00	3788.00	3787.00
Peso de la canastilla	1890.00	1890.00	1890.00
Peso de la muestra saturada de agua	1898.00	1898.00	1897.00
RESULTADOS			
DESCIPCIÓN Y CÁLCULO	MUESTRAS		
	M-1	M-2	M-3
1.- Peso específico de masa $A / (B-C)$	2.70	2.70	2.70
	Promedio= 2.70 Kg/cm ³		
2.- Peso específico de masa Superficialmente seco = $B / (B-C)$	2.72	2.72	2.72
	Promedio= 2.72 Kg/cm ³		
3.- Peso específico aparente $A / (A-C)$	2.76	2.76	2.76
	Promedio= 2.76 Kg/cm ³		
4.- Porcentaje de absorción $(B-A) * 100 / A$	0.84	0.86	0.91
	Promedio= 0.87 Kg/cm ³		

Fuente: elaboración propia

1.4.2.5 GRANULOMETRIA

NTP 400.012- ASTM C-136/C-33

Granulometría es la representación numérica de la distribución volumétrica de las partículas por tamaños de una muestra de agregado, en este caso del agregado grueso

El análisis granulométrico divide la muestra en fracciones, de elementos del mismo tamaño, según la abertura de los tamices utilizados.

Los tamices estándar usados para determinar la gradación de los agregados gruesos son las de: 4", 3½", 3", 2½", 2", 1½", 1", ¾", ½", 3/8". Están basadas de acuerdo con sus perforaciones cuadradas; La granulometría seleccionada deberá permitir obtener la máxima densidad del concreto con una adecuada trabajabilidad y consistencia en función de las condiciones de colocación de la mezcla.

Los análisis granulométricos realizados al agregado grueso, se encuentran en los anexos, así como los requisitos granulométricos de este agregado, según la Norma ASTM C-33.

En el Cuadro N° 1.14 se aprecia el análisis granulométrico promedio para el agregado grueso (piedra chancada) utilizado en la presente Tesis.

CUADRO N° 1.14 GRANULOMETRIA DEL AGREGADO GRUESO

Muestra: Agregado Grueso (piedra chancada) de la cantera "La Gloria"

Peso: 10,000 gramos

Ensayo: Promedio

ASTM C-33, Huso granulométrico para tamaños nominales de 1" a 3/8" (N° 56)

N° MALLA	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% ACUMULADO QUE PASA	HUSO 67	
					% QUE PASA	Inf.
2"	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
1"	465.00	4.65	4.65	95.35	90	100
3/4"	4928.33	49.28	53.93	46.07	40	85
1/2"	4004.67	40.05	93.98	6.02	10	40
3/8"	378.33	3.78	97.76	2.24	0	15
N° 4	212.34	2.12	99.89	0.11	0	5
FONDO	11.33	0.11	100.00	0.00	0	0
TOTAL	10000.00					

Fuente: elaboración propia

1.4.2.6 MÓDULO DE FINURA

NORMA NTP 400.012- ASTM C-33

Es un índice aproximado del tamaño medio del agregado grueso.

El Módulo de Finura es obtenido por la suma dividida por cien de los porcentajes retenidos acumulados de los siguientes tamices según la norma vigente: 1½", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100,

El Módulo de Finura del Agregado Grueso usado en la presente tesis se calcula tomando los valores del cuadro N°1.14:

$$M.F. = \frac{53.93 + 97.76 + 99.89 + 5 \times 100}{100} = 7.5$$

Módulo de Finura (M.F.) = 7.5

1.4.2.7 TAMAÑO MAXIMO Y TAMAÑO MAXIMO NOMINAL

TAMAÑO MÁXIMO

NORMA NTP 400.037

Por definición y de acuerdo a la Norma el tamaño máximo del agregado grueso es el que corresponde al menor tamiz por el que pasa la muestra de agregado grueso.

En el caso del agregado grueso de la presente tesis de investigación el Tamaño Máximo (T.M.) es: 1 ½”

TAMAÑO NOMINAL MÁXIMO

NORMA NTP 400.037

Por definición y de acuerdo a la Norma se entiende por tamaño máximo nominal al que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido.

En el caso del agregado grueso de la presente tesis de investigación el Tamaño Nominal Máximo (T.N.M.) es: 1”

**CUADRO N° 1.15
RESUMEN DE LAS PROPIEDADES FISICAS DE LOS AGREGADOS**

PROPIEDADES FISICAS	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO
Perfil y Textura Superficial	Semi-angular rugoso	Semi-redondeado rugoso
Peso Unitario Suelto	1.73 gr/cm ³	1.32 gr/cm ³
Peso Unitario Compactado	1.93 gr/cm ³	1.50 gr/cm ³
Contenido de humedad	1.63%	0.37%
Peso Específico de Masa	2.66 gr/cm ³	2.70 gr/cm ³
Peso Específico de Masa Superficialmente Seco	2.68 gr/cm ³	2.72 gr/cm ³
Peso Específico Aparente	2.71 gr/cm ³	2.76 gr/cm ³
Porcentaje de Absorción	0.70%	0.87%
Módulo de Finura	3.14	7.5
Cantidad que pasa la malla No 200	2.56%	--
Tamaño Máximo	--	1½”
Tamaño Máximo Nominal	--	1”

Fuente: elaboración propia

1.5 AGREGADO GLOBAL

NORMA NTP 400.037 - ASTM C33

Se denomina agregado global a combinación regulada y artificial del agregado fino con el agregado grueso.

Siendo los agregados los elementos mayoritarios en la composición del concreto, estos tienen directa influencia sobre la calidad del mismo. Para lo cual debemos mezclarlos buscando una adecuada distribución de partículas eficiente en cuanto a la gradación.

El agregado global debe cumplir con requisitos y husos granulométricos según normas.

1.5.1 PROPIEDADES FISICAS

Los ensayos realizados al agregado global, formado por agregado fino de la cantera "Trapiche" y agregado grueso de la cantera "La Gloria", se efectuaron en el Laboratorio de Ensayo de Materiales No 01 de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería. A continuación se describen los diferentes ensayos y los resultados obtenidos:

1.5.1.1 GRANULOMETRÍA

NORMA NTP 400.012

Granulometría del agregado global es la representación numérica de la distribución volumétrica de las partículas por tamaños de una muestra, en este caso de la mezcla del agregado fino y del agregado grueso

Esta combinación de agregados constituye en promedio el 75% de la composición del concreto. Es por ello la importancia de que cumplan ciertos requerimientos.

Es por eso que logrando una participación porcentual de cada elemento, es decir del agregado fino y grueso se logra una graduación de partículas, para ciertas propiedades del concreto.

Las diferentes combinaciones de agregados globales se evaluaron utilizando curvas teóricas y de Husos totales. Uno de ellos es el HUSO DIN 1045 para agregado global.

En el caso de la presente tesis de investigación se determino que los porcentajes de agregado fino y grueso son de 48% y 52% respectivamente.

**CUADRO N° 1.16
 GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GLOBAL**

Muestra: Agregado Global

Combinación:

48% Agregado Fino (arena de la cantera "Trapiche")

52% Agregado Grueso (piedra chancada de la cantera "La Gloria")

Ensayo: Promedio

N° Malla	% Retenido		Combinación (A. fino 48% + A. Grueso 52%)			Huso		
	Agregado Fino	Agregado Grueso	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Acumulado que pasa	% que Pasa		
						A	B	C
1 1/2"		0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1"		4.60	2.39	2.39	97.61	87.33	93.33	96.33
3/4"		49.30	25.64	28.03	71.97	74.67	86.67	92.67
1/2"		40.00	20.80	48.83	51.17	50.00	71.00	83.00
3/8"	0.00	3.80	1.98	50.80	49.20	44.00	66.50	80.00
N° 4	3.50	2.10	2.77	53.58	46.42	26.75	50.75	68.00
N° 8	15.30	0.10	7.40	60.97	39.03	17.00	40.33	57.00
N° 16	25.20		12.10	73.07	26.93	11.00	32.50	47.50
N° 30	23.50		11.28	84.35	15.65	6.50	23.00	35.25
N° 50	18.20		8.74	93.08	6.92	2.00	8.00	15.00
N° 100	8.70		4.18	97.26	2.74	1.00	4.00	7.50
FONDO	5.60	0.00	2.69	99.95	0.05			
TOTAL								

Fuente: elaboración propia

1.5.1.2. MÓDULO DE FINURA

NORMA NTP 400.012

Es un índice aproximado del tamaño medio del agregado global.

El Módulo de Finura es obtenido por la suma dividida por cien de los porcentajes retenidos acumulados de los siguientes tamices según la norma vigente: 1 1/2", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100,

El Módulo de Finura del Agregado Global usado en la presente tesis se calcula tomando los valores del Cuadro N°1.16:

$$M.F. = \frac{28.03 + 50.80 + 53.58 + 60.97 + 73.07 + 84.35 + 93.08 + 97.26}{100} = 5.41$$

Módulo de Finura (M.F.) = 5.41

1.5.1.3 PESO UNITARIO COMPACTADO

NORMA NTP 400.017

Se llama así al peso compactado que alcanza un determinado volumen unitario, en este caso, del agregado global. Este ensayo será de utilidad para los cálculos de diseño de mezcla del concreto.

La razón de determinar la combinación de agregados con el mayor Peso Unitario Compactado, se sustenta en que la combinación de máxima densidad creara un volumen con menos vacíos, por lo que el diseño con este peso unitario compactado máximo necesitara una menor cantidad de pasta de cemento cuando se conforme el concreto.

En la presente tesis de investigación se determinó el mayor Peso Unitario Compactado de varias combinaciones del agregado global.

Del Grafico N° 1.1, se observa que el máximo valor para el Peso Unitario Compactado del Agregado Global se da para la combinación: 48% de agregado fino (arena) y 52% de agregado grueso (piedra chancada).

Esta combinación aparentemente nos garantiza la máxima densidad y en consecuencia la mínima cantidad de vacíos, para comprobar esta combinación en forma definitiva se harán diseños de mezcla y ensayos de compresión a los 7 días, con porcentajes de agregados finos del: 45%, 48% y 51% respectivamente.

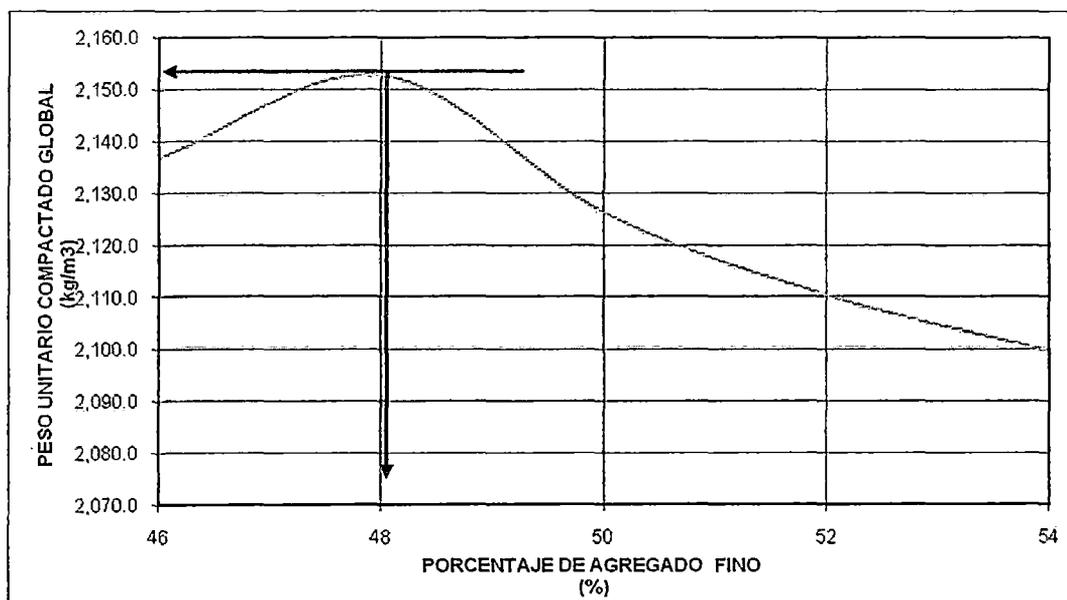
La Combinación que arroje la máxima resistencia a la compresión será tomado para los diseño de mezclas, la que es materia de análisis en el Capítulo 3 de la presente tesis de investigación.

CUADRO N° 1.17
DETERMINACION DEL PESO UNITARIO COMPACTADO
DEL AGREGADO GLOBAL

% Arena	% Piedra	Peso muestra compactada + vasija (kg)	Peso vasija (kg)	Peso Unitario Compactado (kg/m ³)
46	54	27,100.00	6,950.00	2,136.80
48	52	27,250.00	6,950.00	2,152.70
50	50	27,000.00	6,950.00	2,126.19
52	48	26,850.00	6,950.00	2,110.29
54	46	26,750.00	6,950.00	2,099.68

Fuente: elaboración propia

GRÁFICO N°1.1
PESO UNITARIO COMPACTADO DEL
AGREGADO GLOBAL Vs. % AGREGADO FINO



CAPITULO II

ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE

2.1 ANTECEDENTES

Definición

Se define aditivo a las sustancias o productos que adicionados a los componentes fundamentales del concreto o mortero, antes o durante el mezclado, permiten modificar una o más propiedades de ciertas cualidades deseadas tanto para el concreto fresco como para el endurecido.

La norma ASTM C-125 define al aditivo como “un material diferente del agua, de los agregados y del cemento hidráulico, que se emplea como componente del concreto o mortero y que se agrega a la mezcla inmediatamente antes o durante el mezclado”.

Clasificación

Los aditivos que actúan sobre los componentes del concreto en el proceso de hidratación se clasifican como aditivos químicos. Los aditivos no reactivos compuestos por partículas muy finas como los coloides, se clasifican como aditivos físicos.

Un tipo de clasificación que va de acuerdo con los tipos de materiales que constituyen a los aditivos, o según los efectos característicos que estos producen es dada por el comité 212 del ACI:

- Aditivos acelerantes
- Aditivos reductores de agua y que controlan el fraguado.
- Aditivos para inyecciones.
- Aditivos incorporadores de aire.
- Aditivos formadores de gas.
- Aditivos productores de expansión o expansivos.

- Aditivos minerales finamente molidos.
- Aditivos químicos para reducir la expansión debida a la reacción entre los agregados y los álcalis del cemento.
- Aditivos fungicidas, germicidas e insecticidas.
- Aditivos ligantes.
- Aditivos impermeables y reductores de permeabilidad.
- Aditivos floculadores.
- Aditivos colorantes.
- Aditivos inhibidores de corrosión.

Una clasificación de aditivos en función de sus efectos no es fácil debido al hecho de que corrientemente un solo aditivo modifica varias características del concreto, sino que también los diferentes productos que hay en el mercado no cumplen todas las especificaciones.

La clasificación de los aditivos de acuerdo a las especificaciones de aditivos químicos para el concreto según norma ASTM C-494 es:

- Tipo A reductor de agua.
- Tipo B retardante.
- Tipo C acelerante.
- Tipo D reductor de agua – retardante.
- Tipo E reductor de agua – acelerante.
- Tipo F super reductor de agua.
- Tipo G super reductor de agua – retardante.

En la presente tesis de investigación se ha empleado el aditivo denominado **SIKA VISCOCRETE 3330**, aditivo superplastificante de alto rango para climas frios, fabricado y distribuido por SIKA PERU S. A.

Uso de los Aditivo

Algunos de los fines más importantes por los que se utilizan los aditivos son:

- En el concreto fresco:

- Reducir el asentamiento, usados para rellenar los vacíos y otras aberturas en estructuras del concreto.

- Incrementar la trabajabilidad sin aumentar el contenido de agua, o para reducir el contenido de agua sin modificar su trabajabilidad.
- Retardar o acelerar el tiempo de fraguado inicial.
- Modificar la velocidad y/o el volumen de exudación.
- Reducir la segregación de la mezcla.
- Posibilidad de bombear mezclas a mayores distancias sin problemas de atoros.
- Introducción de micro burbujas de aire dentro de la masa de concreto, para posteriormente aumentar la impermeabilidad y durabilidad de la estructura.

- En el concreto endurecido:

- Incrementar las resistencias mecánicas del concreto (compresión, flexión, tensión, etc.)
- Incrementar la durabilidad o resistencia a condiciones severas de exposición.
- Acelerar la velocidad de desarrollo de resistencias a edades tempranas.
- Retardar o reducir el desarrollo de calor de hidratación durante el endurecimiento.
- Disminuir el flujo capilar del agua.
- Disminuir la permeabilidad de los líquidos.
- Mejorar la resistencia al impacto y a la abrasión.
- Para impedir la corrosión del acero embebidos en el concreto.
- Incrementar la adherencia entre el concreto viejo y nuevo.
- Desencofrado de estructuras en el menor tiempo del usual, y así adelantando la puesta en servicio de estas.
- Mejorar la adherencia entre el concreto y el acero de refuerzo.
- Reducir el costo unitario del concreto.

2.2 ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE

Corresponden a una nueva generación de aditivo plastificadores en base a productos melamínicos o naftalínicos, constituyendo una evolución de los

aditivos reductores de agua, en que la absorción y la capacidad de dispersión del cemento son mucho más acentuadas.

Esto se traduce en un enorme aumento de la trabajabilidad del concreto, sin modificar la cantidad de agua. El resultado es un concreto muy fluido (autocompactante), de baja tendencia a la segregación.

Pueden utilizarse también como reductores de agua, siendo posible en este caso, dado su apreciable efecto, alcanzar disminuciones en la cantidad de agua entre 20% y 30%. Ello permite obtener un fuerte incremento en las resistencias, especialmente en las primeras edades, por lo que pueden utilizarse como aceleradores de endurecimiento o aditivos para concretos de alta resistencia.

Los superplastificantes se emplean en dosis mayores que los plastificadores reductores de agua, (0.8 a 3%) y pueden ser agregados al final del amasado sin diluir previamente en el agua.

El efecto sobre la trabajabilidad del concreto se mantiene entre 30 y 60 minutos según el aditivo, característica que hace conveniente agregarlo inmediatamente antes del término del amasado y obliga a una rápida colocación.

El efecto se termina una vez transcurrido el tiempo señalado, volviendo el concreto a su docilidad inicial. Eventualmente puede agregarse una nueva dosis, remezclando el concreto con el fin de prolongar el efecto por otro periodo.

El concreto fluido obtenido con estos aditivos pueden ser colocados con gran facilidad, pues son prácticamente autocompactantes y por lo tanto se reduce el trabajo de colocación y se elimina la necesidad de vibrar salvo en zonas densamente armadas.

Cuando los aditivos fluidificantes se emplean como reductores de agua se obtiene un incremento de algunas características del concreto endurecido, especialmente su resistencia, durabilidad e impermeabilidad.

Por otra parte, debido a que no producen incorporación de aire, el efecto en las resistencias es superior al obtenido con los plastificantes-reductores de agua, especialmente en las primeras edades, lo que resulta muy conveniente para su empleo en concreto pretensado, prefabricado y obras en que se requiere desarrollo rápido de resistencias.

2.3 ADITIVO SIKA VISCOCRETE 3330

Es un aditivo Superplastificante de alto rango de tercera generación para concretos y morteros, ideal para climas fríos y/o si se necesita de altas resistencias a tempranas edades.

Sika ViscoCrete 3330 es un Polímero en solución acuosa de color marrón claro e inodoro, con una densidad 1.07 kg/l, cuya base es una solución acuosa de policarboxilato modificado, con un porcentaje de sólidos del 36% y una acidez PH 5.0.

2.3.1 MECANISMO DE ACCION

El aditivo superplastificante **SikaViscoCrete 3330** siendo de última generación, está desarrollado en base a policarboxilatos, los cuales reducen el agua a una magnitud bastante superior a los superplastificantes tradicionales, además de otorgar una mejor cohesión en la mezcla fresca y una mayor mantención de docilidad en el tiempo.

Los aditivos superplastificantes de última generación permiten reducir el agua de amasado hasta en un 30%, con lo que se obtienen concretos extremadamente fluidos, resistentes, impermeables y durables.

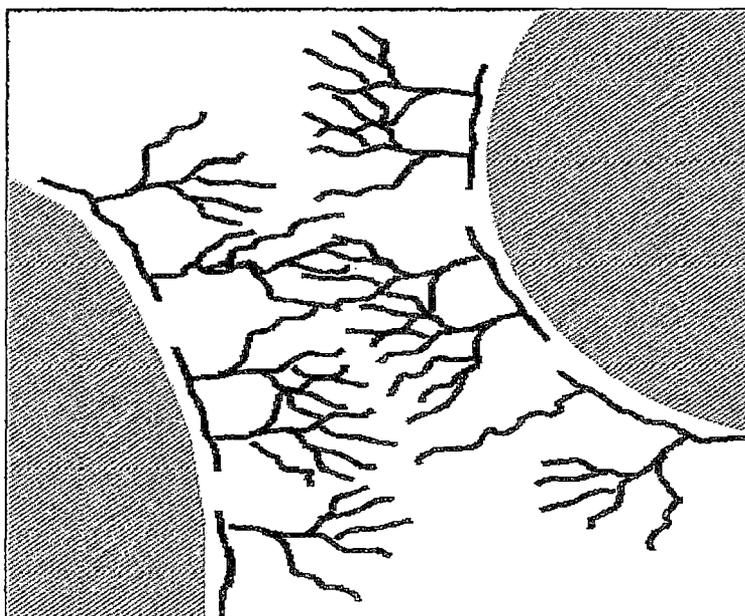
La extraordinaria capacidad de reducción de agua se produce por la absorción superficial del aditivo en los finos y por efectos de separación esférica sobre las partículas de cemento.

Las cargas eléctricas entre los granos no hidratados causan floculación de las partículas de cemento lo cual tiene un efecto negativo en la trabajabilidad e impide una pronta hidratación, con la inclusión de reductores de agua en la mezcla es posible deflocular las partículas del cemento, estas moléculas orgánicas son muy efectivas en neutralizar las cargas eléctricas en la superficies

de las partículas de cemento, por un mecanismo estérico por la acción de los policarboxilatos, el efecto reductor de agua hace que se libere el agua que de otra manera queda atrapada en los floculos de los granos de cemento. Como consecuencia se requiere de una menor cantidad de agua de amasado para una determinada trabajabilidad de la mezcla.

En el Grafico N° 2.1 se observa el efecto reductor de agua en los superplastificantes de última generación, dispersión electrostática y acción esférica producto del número y longitud de las cadenas de los compuestos.

GRÁFICO N° 2.1
EFFECTO REDUCTOR DE AGUA EN LOS SUPERPLASTIFICANTES DE
ÚLTIMA GENERACION CON BASE EN POLICARBOXILATOS



2.3.2 CAMPO DE APLICACIÓN Y VENTAJAS

Siendo este un trabajo con fines de investigación que obtendrá sus propias conclusiones, en este punto se describirán las ventajas del aditivo superplastificante **SikaViscoCrete 3330** de acuerdo a la hoja técnica (Anexo A) proporcionada por la empresa distribuidora, en donde se recomienda su aplicación para:

- Producción de concreto en obra y pre-mezclado
- Para la producción de los siguientes tipo de concreto:
 - Concreto pre-fabricado.
 - Acelera la fragua del concreto.
 - Para concretos en pavimentos tipos Fast Track, concretos de pronta puesta en servicio.
 - Concreto para climas fríos.
 - Concreto con alta reducción de agua (hasta el 30%)
 - Es adecuado para el concreto bajo agua, Sistemas Tremie.
 - Concreto de alta resistencia.
 - Concreto autocompactante.
- El alto poder reductor de agua, la excelente fluidez, el corto tiempo de fraguado con altas resistencias tempranas tienen una influencia positiva en las aplicaciones antes mencionados.

Según la Hoja Técnica gracias a la absorción superficial y el efecto de separación espacial sobre las partículas del cemento (paralelos al proceso de hidratación) se obtiene las siguientes propiedades y ventajas:

- Extrema Reducción de agua (que trae consigo una alta densidad y resistencia).
- Excelente fluidez (reduce en gran medida el esfuerzo de colocación y vibración).
- Adecuado para la producción de concreto autocompactante (no requiere vibración)
- Incrementa las altas resistencias iniciales (producción de prefabricados).
- Alta impermeabilidad.
- Menor relación agua-cemento.
- Aumenta la durabilidad del concreto
- Reduce la exudación y segregación.
- Aumenta la cohesión del concreto.
- Aumenta la adherencia entre el concreto y el acero.
- Comportamiento mejorado de contracción y deslizamiento.
- Reduce la carbonatación del concreto.

Sika ViscoCrete 3330 no contiene cloruros ni otros ingredientes que promuevan la corrosión del acero.

2.3.3 MODO DE EMPLEO

Sika ViscoCrete 3330 se agrega al agua de amasado o se echa junto con el agua a la mezcladora de concreto. Para un aprovechamiento óptimo de la alta capacidad de reducción de agua, se recomienda un mezclado cuidadoso durante 60 segundos como mínimo.

Para evitar la exudación en el concreto y lograr la consistencia deseada, el agua restante de la mezcla recién se añadirá cuando hayan transcurrido 40 segundos del tiempo de mezclado.

Para que el uso de el aditivo **Sika ViscoCrete 3330** en la fabricación de concreto se logre la más alta calidad deben cumplirse las normas estándar para la buena producción y colocación del concreto.

2.3.4 PRECAUCIONES

Durante la manipulación de este aditivo o de cualquier producto químico, se debe evitar el contacto directo con los ojos, la piel y vías respiratorias, protegiéndose adecuadamente mediante el uso de guantes de goma natural o sintética, anteojos de seguridad y ropa de trabajo.

Se debe trabajar en lugares con suficiente ventilación, remover los sólidos o lavar inmediatamente, no fumar, comer o beber durante el trabajo, lavarse las manos antes de los descansos y después del trabajo.

CAPITULO III

DISEÑO DE MEZCLAS

3.1 CONCRETO PATRON

El Diseño de Mezclas es un proceso que consiste en calcular las proporciones de los elementos que forman el concreto, con el fin de obtener los mejores resultados.

Existen diferentes métodos de Diseños de Mezcla; algunos pueden ser muy complejos como consecuencia a la existencia de múltiples variables de las que dependen los resultados de dichos métodos, aún así, se desconoce el método que ofrezca resultados perfectos, sin embargo, existe la posibilidad de seleccionar alguno según sea la ocasión.

Al buscarse la optimización de los componentes del concreto, especialmente el cemento por ser uno de los que incrementa notoriamente los costos. Es así que se busca determinar una combinación que proporcione la mayor densidad al momento de mezclarlos.

Concreto patrón es aquel que resulta de un diseño de mezclas elegido, el mismo que con sus propiedades en estado fresco y endurecido, nos servirá para hacer las comparaciones con los otros diseños a los que se les ha añadido el aditivo superplastificante en diferentes proporciones.

3.1.1 CRITERIO DE DISEÑO DE MEZCLA

En la presente tesis de investigación para el diseño de mezclas usaremos el método del Comité 211 del ACI, con la variante de la determinación de los

porcentajes de los agregados, lo cual lo haremos mediante el método de máximo peso unitario compactado.

Este método del Comité 211 del ACI, nos va a dar una primera aproximación de la dosificación de los elementos que conforman el concreto. Luego este se ajusta gradualmente hasta lograr el asentamiento deseado, en base a dosificaciones de prueba.

Debemos advertir finalmente que la etapa de diseño de mezclas de concreto antes que el fin de un proceso, representa sólo el inicio de la búsqueda de la mezcla más adecuada para el caso particular que abordemos, y ninguno método puede soslayar la prueba definitiva que supone el empleo de los diseños en condiciones reales y su optimización en obra.

La dosificación de materiales se calcula en base a un volumen que ocuparían en un metro cúbico de concreto.

El procedimiento para el diseño de mezclas según el comité 211 del ACI, es el siguiente:

1. Selección de la resistencia promedio a partir de una resistencia a la compresión y una desviación estándar.
2. Selección del tamaño máximo nominal del agregado grueso.
3. Selección del asentamiento

CUADRO N° 3.1

ASENTAMIENTO POR TIPO DE CONSISTENCIA DEL CONCRETO

Consistencia del Concreto	Asentamiento	Trabajabilidad
Seca	0 " a 2 "	Poca
Plástica	3 " a 4 "	O.K.
Húmeda	$\geq 5 "$	Fluido

Fuente: Comité 211 ACI

4. Selección de volumen unitario de agua de diseño este valor lo obtenemos del Cuadro N° 3.2

CUADRO N° 3.2
CANTIDADES APROXIMADAS DE AGUA DE MEZCLADO Y CONTENIDO
DE AIRE PARA DIFERENTES VALORES DE ASENTAMIENTO Y
TAMAÑO NOMINAL MAXIMO

ASENTAMIENTO	AGUA EN L/M3 DE CONCRETO PARA LOS TAMAÑOS NOMINALES MÁXIMOS DEL AGREGADO GRUESO Y CONSISTENCIA INDICADA							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
CONCRETOS SIN AIRE INCORPORADO								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	-
Cont. de Aire atrapado (%)	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
CONCRETOS CON AIRE INCORPORADO								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	-
Cont. total de Aire (%)	8	7	6	5	4.5	4	3.5	3

Fuente: Comité 211 ACI

5. Selección del contenido de aire, este valor lo obtenemos del Cuadro N° 3.2.
6. Selección de la relación agua/cemento.
7. Determinación del factor cemento.

$$\text{Cemento (kg)} = \frac{\text{Peso del Agua (kg)}}{\text{Relación agua/cemento}}$$

8. Determinación del contenido de agregado grueso, este valor lo obtenemos del Cuadro N° 3.3.

CUADRO Nº 3.3
VOLUMEN DEL AGREGADO GRUESO POR UNIDAD DE VOLUMEN DE
CONCRETO

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO	VOLUMEN DEL AGREGADO GRUESO, SECO Y COMPACTADO POR UNIDAD DE VOLUMEN DEL CONCRETO PARA DIFERENTES MÓDULOS DE FINURA DEL AGREGADO FINO				
	2.40	2.60	2.80	3.00	3.20
3/8"	0.50	0.46	0.46	0.44	0.42
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53	0.51
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60	0.58
1"	0.71	0.69	0.67	0.65	0.63
1 1/2"	0.75	0.73	0.71	0.69	0.67
2"	0.78	0.76	0.74	0.72	0.70
3"	0.82	0.80	0.78	0.76	0.74
6"	0.87	0.85	0.83	0.81	0.79

Fuente: Comité 211 ACI

9. Cálculo de los volúmenes absolutos del agua y cemento:

$$\text{Volumen Absoluto del Agua (m}^3\text{)} = \frac{\text{Peso del agua (kg)}}{\text{Peso específico del agua (kg/m}^3\text{)}}$$

$$\text{Volumen Absoluto del cemento (m}^3\text{)} = \frac{\text{Peso del cemento (kg)}}{\text{Peso específico del cemento (kg/m}^3\text{)}}$$

10. Obtención del volumen absoluto que ocuparán los agregados en un metro cúbico de concreto.

$$\text{Vol. Abs. Agregados} = 1 \text{ m}^3 - [\text{Vol. cemento (m}^3\text{)} - \text{Vol. agua (m}^3\text{)} - \text{Vol. aire (m}^3\text{)}]$$

11. Se calcula el volumen absoluto de los agregados fino (vf) y grueso (vg), sabiendo que:

$$\text{Vol. Abs. Agregados} = v_f + v_g \quad \dots\dots(1)$$

y también:

$$\frac{\% \text{ Agr. fino}}{100\%} = \frac{\text{P.e. (fino)} * v_f}{\text{P.e. (fino)} * v_f + \text{P.e. (grueso)} * v_g} \quad \dots\dots(2)$$

Resolviendo (1) y (2) se hallan los volúmenes de los agregados finos (v_f) y grueso (v_g).

12. Se calcula los pesos secos de los agregados:

$$\text{Peso Ag. fino(kg)} = P.e.(\text{fino}) (\text{kg/m}^3) * v_f(\text{m}^3)$$

$$\text{Peso Ag. grueso(kg)} = P.e.(\text{grueso}) (\text{kg/m}^3) * v_g(\text{m}^3)$$

13. Se calcula el aporte de agua de los agregados:

$$\text{Agua de la Arena} = \text{Peso seco Arena} * \frac{\% \text{ Cont. humedad} - \% \text{ Absorción}}{100}$$

$$\text{Agua de la Piedra} = \text{Peso seco Piedra} * \frac{\% \text{ Cont. humedad} - \% \text{ Absorción}}{100}$$

14. Corrección de la cantidad de agua:

$$\text{Agua de mezcla} = \text{Agua inicial} - (\text{Agua de la arena} + \text{agua de la piedra})$$

15. Cálculo del Peso Húmedo de los agregados:

$$\text{Peso húmedo de la arena} = \text{Peso seco arena} * (1 + \% \text{Cont. humedad arena})$$

$$\text{Peso húmedo de la piedra} = \text{Peso seco piedra} * (1 + \% \text{Cont. humedad piedra})$$

16. Finalmente tendremos el diseño de mezcla para un metro cúbico de concreto:

Cemento (Kg),

Agua (lts),

Peso Húmedo de la Piedra (Kg),

Peso Húmedo de la Arena (Kg).

DETERMINACION DE LA ÓPTIMA RELACION PORCENTUAL DEL AGREGADO FINO Y GRUESO

En el Capítulo 1, se determinó el mayor Peso Unitario Compactado de varias combinaciones del agregado global, con los datos en el Cuadro N° 1.17 y el Grafico N°1.1.

La combinación de agregados que dio el máximo valor para el Peso Unitario Compactado del Agregado Global se da para la combinación: 48% de agregado fino (arena) y 52% de agregado grueso (piedra chancada).

Luego se establece un rango mayor de compacidad en torno al máximo peso unitario compactado del agregado global, este rango está compuesto por tres combinaciones del agregado global, con porcentajes de agregados finos del: 45%, 48% y 51% respectivamente.

Con estas tres combinaciones se realizan tres diseños de mezcla con un asentamiento predeterminado, estas se realizaran con una relación agua/cemento 0.50.

En estos tres diseños se tomaran tres testigos de concreto por cada diseño, y se realizaran ensayos de compresión a los 07 días, por razones prácticas no se esperara hasta los 28 días.

Se determina que la óptima combinación de agregados es aquella que presente una mayor resistencia a la compresión a los 07 días.

PROCEDIMIENTO PARA EL DISEÑO DE MEZCLAS

Las características del cemento a utilizar en esta investigación son las siguientes:

Cemento Portland Tipo I, Marca "Sol", Peso específico: 3.15 gr/cm^3 (dato del fabricante)

Las propiedades físicas de los agregados se presentan en el Cuadro N° 3.4

CUADRO N° 3.4
PROPIEDADES FISICAS DE LOS AGREGADOS PARA DISEÑO DE MEZCLA

PROPIEDADES FISICAS	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO
Peso Específico de Masa	2.66 gr/cm ³	2.70 gr/cm ³
Contenido de humedad	1.63%	0.37%
Porcentaje de Absorción	0.70%	0.87%
Módulo de Finura	3.14	7.5
Tamaño Máximo	--	1½"
Tamaño Máximo Nominal	--	1"

Fuente: elaboración propia

- Elección de la relación agua/cemento: agua/cemento = 0.45
- Elección de la consistencia, del Cuadro 3.1 para concretos de consistencia plástica: Rango de Asentamiento entre 3"- 4"
- Elección del contenido de aire atrapado por metro cubico (m3) de concreto, del Cuadro 3.1, para un tamaño nominal máximo de 1" se obtiene un contenido de aire atrapado de 1.5%
- Estimación de la cantidad de agua de diseño por metro cubico de concreto, del Cuadro 3.2 (confeccionado por el comité 211 del ACI) con datos del tamaño nominal máximo de 1" y el asentamiento entre 3"- 4", del cuadro se obtiene 220 litros por metro cubico de concreto.
- Calculo de la cantidad de cemento en peso por m3 de concreto:
 - Agua / cemento = 0.45 = 220 / cemento
 - Cemento = 488.89 kg
- Calculo de volúmenes del cemento, agua y la suma de volúmenes del agregado fino y grueso:
 - Volumen del agua = 220 / 1000 = 0.220 m3
 - Volumen del cemento = 488.89 / 3150 = 0.155 m3

$$\text{Volumen del aire} = 1.5 / 100 = 0.015 \text{ m}^3$$

Luego el volumen que ocupan los agregados es:

$$\text{Volumen de agregados} = 1 - (0.220 + 0.155 + 0.015) = 0.61 \text{ m}^3$$

- Calculo del peso seco por m³ de concreto de los agregados fino y grueso

Resolviendo el sistema de ecuaciones:

$$\text{Volumen de agregados} = 0.61 = \text{Vol. arena} + \text{Vol. Piedra} \quad \dots (1)$$

$$\% \text{ Peso Arena} = 0.48 = \text{Peso Arena} / (\text{Peso Arena} + \text{Peso Piedra}) \quad \dots (2)$$

Tenemos: $\text{Peso Arena} = 778.59 \text{ kg}$

$$\text{Peso piedra} = 856.15 \text{ kg}$$

- Calculo de volúmenes absolutos del agregados fino y grueso:

$$\text{Vol. Arena} = 778.59 / 2660 = 0.293 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. Piedra} = 856.15 / 2700 = 0.317 \text{ m}^3$$

- Corrección de los pesos de los agregados fino y grueso por humedad natural de estos:

$$\begin{aligned} \text{Peso Arena Húmeda} &= \text{Peso Arena Seca} (1 + \text{CH.Ar}/100) \\ &= 778.59 (1 + 1.63/100) = 791.28 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Peso Piedra Húmeda} &= \text{Peso Piedra Seca} (1 + \text{CH.Pd}/100) \\ &= 856.15 (1 + 0.37/100) = 859.32 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Corrección de la cantidad de agua de diseño por humedad de los agregados:

$$\begin{aligned} \text{Corrección por Arena} &= \text{Peso Arena Seca} (\text{CH.Ar} - \text{Abs.Ar})/100 \\ &= 778.59 (1.63 - 0.7)/100 = 7.24 \text{ lt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Corrección por Piedra} &= \text{Peso Piedra Seca} (\text{CH.Pd} - \text{Abs.Pd})/100 \\ &= 856.15 (0.37 - 0.87)/100 = - 4.28 \text{ lt} \end{aligned}$$

$$\text{Corrección de agua total} = 2.96 \text{ lt}$$

$$\text{Cantidad de agua corregida} = 220.00 - 2.96 = 217.04 \text{ lt.}$$

- Para el diseño de una tanda de prueba de 48 kg, se calculara el peso proporcional de cada elemento, tomando en cuenta el peso unitario nominal del concreto.

asentamiento. Las diferentes dosificaciones de los 04 diseños de mezclas de prueba se ven en el Cuadro N° 3.5.

CUADRO N° 3.5
DISEÑOS DE MEZCLAS DE PRUEBA SEGÚN EL COMITÉ 211 DEL ACI Y EL
PORCENTAJE DE MATERIALES DEL AGREGADO GLOBAL
(48% AGREGADO FINO, 52% AGREGADO GRUESO)

DOSIFICACIÓN POR M3 DE CONCRETO						
MEZCLA	MATERIAL	DOSIFICACIÓN SECA (DS) (Kg)	DOSIFICACIÓN EN OBRA (D.O) (Kg)	DOSIFICACIÓN UNITARIA EN OBRA (DUO)	VOLUMEN ABSOLUTO (m3)	TANDA DE PRUEBA (48 Kg)
a/c: 0.45 af: 48% ag: 52% agua: 220 lt	CEMENTO	488.89	488.89	1.00	0.1552	9.96
	AGUA	220.00	217.04	0.44	0.2170	4.42
	ARENA	778.59	791.28	1.62	0.2975	16.12
	PIEDRA	856.15	859.32	1.76	0.3183	17.50
	AIRE	1.50%			0.0150	
	SUMA	2,343.63	2,356.53		1.00	48.00
ASENTAMIENTO 1/2"						
a/c: 0.45 af: 48% ag: 52% agua: 248 lt	CEMENTO	551.11	551.11	1.00	0.1750	11.41
	AGUA	248.00	245.27	0.45	0.2453	5.08
	ARENA	717.62	729.32	1.32	0.2742	15.10
	PIEDRA	789.11	792.03	1.44	0.2933	16.40
	AIRE	42.50			0.0150	
	SUMA	2,305.84	2,317.73		1.00	48.00
ASENTAMIENTO 2 1/2"						
a/c: 0.45 af: 48% ag: 52% agua: 253 lt	CEMENTO	540.00	540.00	1.00	0.1714	11.15
	AGUA	243.00	240.23	0.44	0.2402	4.96
	ARENA	728.51	740.38	1.37	0.2783	15.29
	PIEDRA	801.08	804.05	1.49	0.2978	16.60
	AIRE	42.50			0.0150	
	SUMA	2,312.59	2,324.66		1.00	48.00
ASENTAMIENTO 3"						
a/c: 0.45 af: 48% ag: 52% agua: 260 lt	CEMENTO	578.00	578.00	1.00	0.1835	12.06
	AGUA	260.00	257.37	0.45	0.2574	5.37
	ARENA	691.40	702.67	1.22	0.2642	14.66
	PIEDRA	760.28	763.09	1.32	0.2826	15.92
	AIRE				0.0150	
	SUMA	2,289.67	2,301.13		1.00	48.00
ASENTAMIENTO 3 3/4"						

Fuente: elaboración propia

Luego se usa la misma cantidad de agua de diseño 260 litros, para las otras 02 combinaciones de agregados Arena/Piedra de 0.45/0.55 y 0.51/0.49, con la

El diseño para 1 m³ de concreto es el siguiente:

Cemento = 488.89 kg

Agua = 217.04 kg

Arena = 791.28 kg

Piedra = 859.32 kg

Peso Unitario = 2,356.53 kg

El diseño de una tanda de prueba de 48 kg es el siguiente:

Cemento = $488.89 \text{ kg} \times 48 / 2,356.53 = 9.96 \text{ kg}$

Agua = $217.04 \text{ kg} \times 48 / 2,356.53 = 4.42 \text{ kg}$

Arena = $791.28 \text{ kg} \times 48 / 2,356.53 = 16.12 \text{ kg}$

Piedra = $859.32 \text{ kg} \times 48 / 2,356.53 = 17.50 \text{ kg}$

Con esta dosificación por tanda de 48 kg, se hace el mezclado del concreto obteniéndose mediante el ensayo de consistencia un asentamiento de 1/2", asentamiento que esta fuera del rango del estudio.

En base a este resultado se estima una nueva cantidad de agua de diseño, para proceder a un nuevo diseño de mezcla a fin de encontrar una mezcla con el asentamiento deseado.

Este segundo diseño se calculo con 248 litros de agua por m³ de concreto, se procedió con los cálculos en la misma forma que forma que en el primer diseño de mezcla, obteniéndose un asentamiento de 2 1/2", al igual que en el primer caso, aun estamos fuera del rango en el asentamiento.

Por lo que se procede a un tercer diseño de mezclas, esta vez con 253 litros de agua por m³ de concreto, se procedió con los cálculos y se obtuvo un asentamiento de 3", en este caso el asentamiento resultante esta al borde del asentamiento deseado, por lo que agregaremos más agua al diseño de mezclas.

En un cuarto diseño de mezclas se usa , esta vez con 260 litros de agua por m³ de concreto, se procedió con los cálculos y se obtuvo un asentamiento de 3 3/4", esta vez el asentamiento resultante esta dentro del rango de 3"- 4" de

misma relación $a/c=0.45$, obteniéndose los resultados que se aprecian en el Cuadro N° 3.6.

CUADRO N° 3.6
PROPORCIONES PARA EL DISEÑO DE MEZCLA CON RELACIÓN $a/c=0.45$
Y LAS 03 DIFERENTES COMBINACIONES DE AGREGADOS

DOSIFICACIÓN POR M3 DE CONCRETO						
MEZCLA	MATERIAL	DOSIFICACIÓN SECA (DS) (Kg)	DOSIFICACIÓN EN OBRA (D.O) (Kg)	DOSIFICACIÓN UNITARIA EN OBRA (DUO)	VOLUMEN ABSOLUTO (m3)	TANDA DE PRUEBA (48 Kg)
a/c: 0.45 af: 45% ag: 55% agua: 260 lt	CEMENTO	577.78	577.78	1.00	0.1834	12.05
	AGUA	260.00	257.99	0.45	0.2580	5.38
	ARENA	648.27	658.84	1.14	0.2477	13.74
	PIEDRA	804.24	807.22	1.40	0.2990	16.83
	AIRE				0.0150	
	SUMA	2,290.29	2,301.83		1.00	48.00
ASENTAMIENTO 3 3/4"						
a/c: 0.45 af: 48% ag: 52% agua: 260 lt	CEMENTO	578.00	578.00	1.00	0.1835	12.06
	AGUA	260.00	257.37	0.45	0.2574	5.37
	ARENA	691.40	702.67	1.22	0.2642	14.66
	PIEDRA	760.28	763.09	1.32	0.2826	15.92
	AIRE				0.0150	
	SUMA	2,289.67	2,301.13		1.00	48.00
ASENTAMIENTO 3 3/4"						
a/c: 0.45 af: 51% ag: 49% agua: 260 lt	CEMENTO	577.78	577.78	1.00	0.1834	12.06
	AGUA	260.00	256.75	0.44	0.2567	5.36
	ARENA	734.70	746.68	1.29	0.2807	15.58
	PIEDRA	716.51	719.16	1.24	0.2664	15.01
	AIRE				0.0150	
	SUMA	2,288.99	2,300.37		1.00	48.00
ASENTAMIENTO 3 3/4"						

Fuente: elaboración propia

De los tres diseños de mezcla, se toman 03 testigos de concreto por cada diseño, a fin de ensayarlos por resistencia a la compresión, a los 07 días de edad, de ellos se elegirá, el que mayor resistencia promedio a la compresión resulte.

Una vez ejecutados los ensayos, se aprecia que para la relación de agregados **Arena 48% y Piedra 52%**, se obtienen los mayores valores de resistencia a la compresión, para un asentamiento deseado entre el rango de 3" – 4".

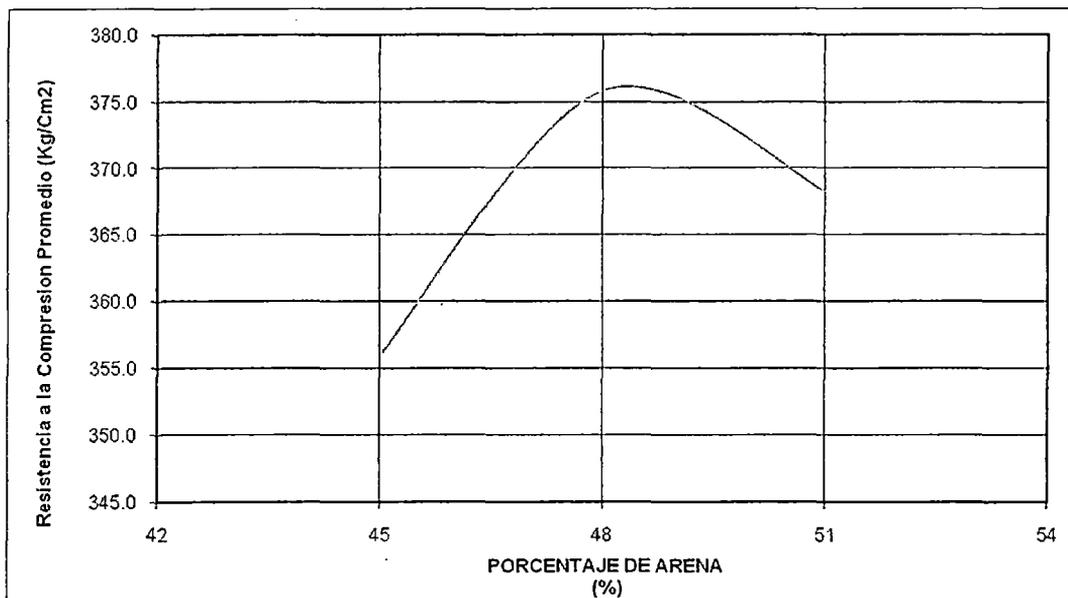
En conclusión los diseños de mezcla para el concreto Patrón se hacen con esta combinación de agregados.

CUADRO N° 3.7
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO A LOS 07
DÍAS PARA RELACION $a/c=0.45$ Y LAS DIFERENTES COMBINACIONES
DE AGREGADOS

AGREGADOS %	RELACION $N a/c$	DIAMETRO (cm)	AREA (cm ²)	FUERZA (kg)	RESISTENCIA A (kg/cm ²)	RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm ²)
af: 45% ag: 55%	0,45	15.1	179.1	63500	354.6	355.9
		15.0	176.7	63200	357.6	
		15.0	176.7	62800	355.4	
af: 48% ag: 52%	0,45	15.1	179.1	67000	374.1	375.8
		14.9	174.4	66400	380.8	
		15.0	176.7	65800	372.4	
af: 51% ag: 49%	0,45	15.1	179.1	65800	367.4	368.2
		15.2	181.5	66500	366.5	
		15.0	176.7	65500	370.7	

Fuente: elaboración propia

GRAFICO N° 3.1
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Vs. % ARENA



3.1.2 DISEÑO DE MEZCLA PARA LAS RELACIONES AGUA/CEMENTO = 0.40, 0.45 Y 0.50, PARA UN ASENTAMIENTO DE 3"– 4"

En la presente tesis de investigación se plantearon tres relaciones agua/cemento: 0.40, 0.45 y 0.50. Para ejecutar los diseños de mezclas de cada relación agua/cemento, se tomo como base el método del Comité 211 del ACI; los diseños mezclas de prueba se van ajustando, hasta lograr el asentamiento requerido, que es de 3" a 4".

La combinación de agregado fino y grueso se mantendrá constante para todos los diseños de esta investigación es 48% de agregado fino y 52% de agregado grueso.

En el Cuadro N° 3.8 se muestran las dosificaciones finales de los diseños de mezcla patrón para las tres relaciones de agua/cemento 0.40, 0.45 y 0.50, para un Asentamiento dentro del rango de 3" a 4" y las proporciones de agregados: 48% de agregado fino y 52% de agregado grueso.

CUADRO N° 3.8
DISEÑOS DE MEZCLA DEL CONCRETO PATRON PARA LAS RELACIONES
a/c=0.40, 0.45 Y 0.50

DOSIFICACIÓN POR M3 DE CONCRETO						
MEZCLA	MATERIAL	DOSIFICACIÓN SECA (DS) (Kg)	DOSIFICACIÓN EN OBRA (D.O) (Kg)	DOSIFICACIÓN UNITARIA EN OBRA (DUO)	VOLUMEN ABSOLUTO (m3)	TANDA DE PRUEBA (48 Kg)
a/c: 0.40 af: 48% ag: 52% agua: 272 lt	CEMENTO	680.00	680.00	1.00	0.2159	14.22
	AGUA	272.00	269.59	0.40	0.2696	5.64
	ARENA	634.73	645.08	0.95	0.2462	13.49
	PIEDRA	697.97	700.55	1.03	0.2595	14.65
	AIRE	1.50%			0.0150	
	SUMA	2,284.70	2,295.21	3.38	1.00	48.00
ASENTAMIENTO 3 1/2"						
a/c: 0.45 af: 48% ag: 52% agua: 260 lt	CEMENTO	578.00	578.00	1.00	0.1835	12.06
	AGUA	260.00	257.37	0.45	0.2574	5.37
	ARENA	691.40	702.67	1.22	0.2682	14.66
	PIEDRA	760.28	763.09	1.32	0.2826	15.92
	AIRE	1.50%			0.0150	
	SUMA	2,289.67	2,301.13		1.00	48.00
ASENTAMIENTO 3 3/4"						
a/c: 0.50 af: 48% ag: 52% agua: 248 lt	CEMENTO	496.00	496.00	1.00	0.1575	10.31
	AGUA	248.00	245.19	0.49	0.2452	5.10
	ARENA	739.96	752.02	1.52	0.2870	15.63
	PIEDRA	813.67	816.68	1.65	0.3025	16.97
	AIRE	1.50%			0.0150	
	SUMA	2,297.63	2,309.89		1.00	48.00
ASENTAMIENTO 3 3/4"						

Fuente: elaboración propia

3.2 CONCRETO CON ADITIVO SIKA VISCOCRETE 3330

En la presente tesis de investigación, los diseños de mezcla con aditivo se realizaron con reducción del agua de diseño, los porcentajes en que se uso el aditivo son de 0.5%, 1% y 2%, en porcentaje en peso del cemento.

Los datos para el diseño y el procedimiento son los mismos que se usaron para el concreto sin aditivo (patrón).

Para verificar los efectos del aditivo **Sika Viscocrete 3330**, sobre las propiedades de los concretos elaborados con cemento Pórtland Sol Tipo I, se

hicieron varias mezclas de prueba para las tres relaciones de agua/cemento (a/c), con un asentamiento de 3" a 4" y con dosificaciones de aditivo de 0.5%, 1% y 2%, en porcentaje en peso del cemento respectivamente.

Para poder correlacionar los diseños de mezclas con aditivo con los diseños de mezcla patrón, se usa la propiedad de la Consistencia, realizándose esta mediante el asentamiento medido con el cono de abrams, hasta obtener un asentamiento plástico dentro del rango de 3" a 4".

3.2.1 RELACIONES AGUA/CEMENTO=0.4, 0,45 Y 0.50 PARA UN ASENTAMIENTO DE 3"- 4" CON 0.5% DE ADITIVO

Siguiendo el procedimiento arriba descrito, se procedió a preparar mezclas de prueba de a/c=0.40 con aditivo al 0.5%, en cada caso se vertía menos cantidad de agua de diseño, luego se media el asentamiento, que en el primer y segundo caso daban un asentamiento fuera del rango deseado.

A la tercera mezcla de prueba se logro un asentamiento de 3 ¾" que estaba dentro del rango deseado.

Con la reducción de agua que se obtuvo experimentalmente se calculan los nuevos pesos de los demás elementos del concreto con aditivo al 0.5%, A partir de los datos, obtenemos los diseños por metro cubico del concreto, usando los factores de corrección, para cambios de peso húmedo a seco y viceversa.

El detalle de los cálculos en forma completa se presenta en los anexos a la presente tesis, así que por motivos de orden práctico se presenta los diseños finales resultantes, para cada caso.

CUADRO N° 3.9
DISEÑOS DE MEZCLA DEL CONCRETO CON 0.5% DE ADITIVO SIKA
VISCOCRETE 3330 PARA LAS RELACIONES a/c=0.40, 0.45 Y 0.50

DOSIFICACIÓN POR M3 DE CONCRETO + 0,5% ADITIVO							
MEZCLA	MATERIAL	PESO ESPECIFICO P.E. (Kg/m ³)	DOSIFICACIÓN SECA (DS) (Kg)	DOSIFICACIÓN SECA (DS) (Kg)	DOSIFICACIÓN UNITARIA SECA (DUS)	DOSIFICACIÓN EN OBRA (DO) (Kg)	TANDA DE PRUEBA (48 Kg)
a/c inicial: 0.40 a/c final: 0.34 af: 48% ag: 52% agua: 242 lt aditivo: 3.35 lt	CEMENTO	3,150.00	680.00	719.19	1.000	719.187	14.44
	AGUA	1,000.00	272.00	242.02	0.337	244.576	4.91
	ARENA	2,660.00	634.73	671.31	0.933	682.252	13.70
	PIEDRA	2,700.00	697.97	738.19	1.026	740.920	14.88
	AIRE	100.00	1.50%	0.076	0.000	0.076	0.00
	ADITIVO		0.00%	3.348	0.005	3.348	0.07
	SUMA			2,284.70	2,374.13		2,390.36
ASENTAMIENTO 3 1/4"							
a/c inicial: 0.45 a/c final: 0.36 af: 48% ag: 52% agua: 221 lt aditivo: 2.89 lt	CEMENTO	3,150.00	578.00	618.21	1.000	618.21	12.30
	AGUA	1,000.00	260.00	221.09	0.358	223.91	4.45
	ARENA	2,660.00	691.40	739.50	1.196	751.55	14.95
	PIEDRA	2,700.00	760.28	813.17	1.315	816.18	16.24
	AIRE	100.00	1.50%	0.08	0.000	0.077	0.00
	ADITIVO			2.89	0.005	2.885	0.06
	SUMA			2,289.67	2,394.94		2,412.82
ASENTAMIENTO 3 3/4"							
a/c inicial: 0.50 a/c final: 0.37 af: 48% ag: 52% agua: 195 lt aditivo: 2.53 lt	CEMENTO	3,150.00	496.00	539.36	1.000	539.36	10.58
	AGUA	1,000.00	248.00	195.43	0.362	198.49	3.89
	ARENA	2,660.00	739.96	804.64	1.492	817.76	16.05
	PIEDRA	2,700.00	813.67	884.80	1.640	888.08	17.43
	AIRE	100.00	1.50%	0.08	0.000	0.078	0.00
	ADITIVO		0.00%	2.53	0.005	2.527	0.05
	SUMA			2,297.63	2,426.83		2,446.28
ASENTAMIENTO 3 3/4"							

Fuente: elaboración propia

3.2.2 RELACIONES AGUA/CEMENTO=0.4, 0.45 Y 0.50 PARA UN ASENTAMIENTO DE 3"- 4" CON 1% DE ADITIVO

Siguiendo el mismo procedimiento anterior, pero esta vez con 1% de aditivo en peso de cemento, se obtienen los valores finales para el diseño de mezcla con aditivo al 1%, Ver Cuadro N° 3.10.

CUADRO Nº 3.10
DISEÑOS DE MEZCLA DEL CONCRETO CON 1% DE ADITIVO SIKA
VISCOCRETE 3330 PARA LAS RELACIONES a/c=0.40, 0.45 Y 0.50

DOSIFICACIÓN POR M3 DE CONCRETO + 1% ADITIVO							
MEZCLA	MATERIAL	PESO ESPECIFICO P.E. (Kg/m3)	DOSIFICACIÓN SECA (DS) (Kg)	DOSIFICACIÓN SECA (DS) (Kg)	DOSIFICACIÓN UNITARIA SECA (DUS)	DOSIFICACIÓN EN OBRA (DO) (Kg)	TANDA DE PRUEBA (48 Kg)
a/c inicial: 0.40 a/c final: 0.33 af: 48% ag: 52% agua: 237 lt aditivo: 6.71 lt	CEMENTO	3,150.00	680.00	720.58	1.000	720.576	14.45
	AGUA	1,000.00	272.00	237.42	0.329	239.982	4.81
	ARENA	2,660.00	634.73	672.61	0.933	683.570	13.71
	PIEDRA	2,700.00	697.97	739.61	1.026	742.351	14.89
	AIRE	100.00	1.50%	0.076	0.000	0.076	0.00
	ADITIVO			6.709	0.009	6.709	0.13
	SUMA			2,284.70	2,377.01		2,393.26
ASENTAMIENTO 3 1/2"							
a/c inicial: 0.45 a/c final: 0.34 af: 48% ag: 52% agua: 212 lt aditivo: 5.81 lt	CEMENTO	3,150.00	578.00	622.92	1.000	622.92	12.34
	AGUA	1,000.00	260.00	212.44	0.341	215.28	4.26
	ARENA	2,660.00	691.40	745.13	1.196	757.28	15.00
	PIEDRA	2,700.00	760.28	819.37	1.315	822.40	16.29
	AIRE	100.00	1.50%	0.08	0.000	0.077	0.00
	ADITIVO			5.81	0.009	5.814	0.12
	SUMA			2,289.67	2,405.76		2,423.77
ASENTAMIENTO 3 1/2"							
a/c inicial: 0.50 a/c final: 0.36 af: 48% ag: 52% agua: 193 lt aditivo: 5.06 lt	CEMENTO	3,150.00	496.00	539.50	1.000	539.50	10.58
	AGUA	1,000.00	248.00	192.86	0.357	195.92	3.84
	ARENA	2,660.00	739.96	804.85	1.492	817.97	16.05
	PIEDRA	2,700.00	813.67	885.03	1.640	888.30	17.43
	AIRE	100.00	1.50%	0.08	0.000	0.079	0.00
	ADITIVO			5.05	0.009	5.055	0.10
	SUMA			2,297.63	2,427.36		2,446.82
ASENTAMIENTO 3 1/2"							

Fuente: elaboración propia

3.2.3 RELACIONES AGUA/CEMENTO=0.4, 0.45 Y 0.50 PARA UN ASENTAMIENTO DE 3"- 4" CON 2% DE ADITIVO

Para relacionar los diseños de concreto con aditivo con el concreto patrón usamos la propiedad de la consistencia, es decir a través del cono de abrams buscamos un asentamiento similar al asentamiento del concreto patrón, tal como se hizo en los casos anteriores.

Pero en el caso en que el aditivo es del 2%, al tratar de hacer la medición del asentamiento con el cono de abrams, al ser muy fluida la mezcla no se puede medir, pues es demasiado fluida (asentamiento dinámico).

Por lo que en este caso se usara el índice de consistencia que nos da el porcentaje de fluidez, se obtiene a través de la mesa de sacudidas, es decir correlacionar el índice de fluidez de la mezcla patrón con asentamiento 3"-4", con el índice de fluidez de la mezcla con aditivo al 2%.

CUADRO N° 3.11
DISEÑOS DE MEZCLA DEL CONCRETO CON 2% DE ADITIVO SIKA
VISCOCRETE 3330 PARA LAS RELACIONES a/c=0.40, 0.45 Y 0.50

DOSIFICACIÓN POR M3 DE CONCRETO + 2% ADITIVO							
MEZCLA	MATERIAL	PESO ESPECIFICO P.E. (Kg/m ³)	DOSIFICACIÓN SECA (DS) (Kg)	DOSIFICACIÓN SECA (DS) (Kg)	DOSIFICACIÓN UNITARIA SECA (DUS)	DOSIFICACIÓN EN OBRA (DO) (Kg)	TANDA DE PRUEBA (48 Kg)
a/c inicial: 0.40 a/c final: 0.31 af: 48% ag: 52% agua: 224 lt aditivo: 13.54 lt	CEMENTO	3,150.00	680.00	727.07	1.000	727.070	14.50
	AGUA	1,000.00	272.00	224.23	0.308	226.806	4.52
	ARENA	2,660.00	634.73	678.67	0.933	689.731	13.76
	PIEDRA	2,700.00	697.97	746.28	1.026	749.041	14.94
	AIRE	100.00	1.50%	0.077	0.000	0.077	0.00
	ADITIVO			13.538	0.019	13.538	0.27
	SUMA		2,284.70	2,389.86		2,406.26	48.00
ASENTAMIENTO 3 1/4"							
a/c inicial: 0.45 a/c final: 0.32 af: 48% ag: 52% agua: 199 lt aditivo: 11.75 lt	CEMENTO	3,150.00	578.00	629.26	1.000	629.26	12.39
	AGUA	1,000.00	260.00	198.95	0.316	201.81	3.97
	ARENA	2,660.00	691.40	752.71	1.196	764.98	15.06
	PIEDRA	2,700.00	760.28	827.70	1.315	830.76	16.35
	AIRE	100.00	1.50%	0.08	0.000	0.078	0.00
	ADITIVO			11.75	0.019	11.747	0.23
	SUMA		2,289.67	2,420.43		2,438.63	48.00
ASENTAMIENTO 3 3/4"							
a/c inicial: 0.50 a/c final: 0.33 af: 48% ag: 52% agua: 181 lt aditivo: 10.20 lt	CEMENTO	3,150.00	496.00	544.05	1.000	544.05	10.62
	AGUA	1,000.00	248.00	181.29	0.333	184.38	3.60
	ARENA	2,660.00	739.96	811.63	1.492	824.86	16.10
	PIEDRA	2,700.00	813.67	892.49	1.640	895.79	17.48
	AIRE	100.00	1.50%	0.08	0.000	0.079	0.00
	ADITIVO			10.20	0.019	10.195	0.20
	SUMA		2,297.63	2,439.73		2,459.35	48.00
ASENTAMIENTO 3 3/4"							

Fuente: elaboración propia

En la presente tesis de investigación al referirnos a la relación agua/cemento en los diseños de mezcla en donde se incluya el aditivo **Sika Viscocrete 3330**, lo haremos de la siguiente forma: Diseño de relación agua/cemento inicial.

Esto a causa de la reducción de agua en las mezclas con aditivo, la relación de agua/cemento inicial varía obteniéndose una relación de agua/cemento final con valores menores como se puede apreciar en los Cuadros N° 3.9, 3.10 y 3.11.

Pero en la realidad se ejecutaran los diversos ensayos con la relación agua/cemento final resultante del recálculo de los pesos de los elementos tras la reducción de agua por efecto del aditivo.

CAPITULO IV

ENSAYOS EN EL CONCRETO PATRON Y DEL CONCRETO CON ADITIVO AL ESTADO FRESCO

El concreto es una estructura integrada por diversos componentes, el cemento y el agua constituyen la pasta, el aire, que se presenta en la forma de burbujas y los agregados que generalmente son de procedencia mineral. Estos últimos son los componentes que predominan (usualmente entre el 70 y el 80% del peso de concreto). Así el concreto tiene la particularidad de ser inicial y transitoriamente una mezcla plástica y cuya forma final es de un sólido resistente.

Las propiedades o características del concreto están en función del fin al cual está destinado, para ello la dosificación de los componentes debe permitir obtener un concreto con la facilidad de colocación, densidad, resistencia, durabilidad y otras propiedades que se crean necesarias para el caso particular para la cual el concreto ha sido diseñado.

Debe tenerse además en cuenta las condiciones de colocación, la experiencia del personal profesional y técnico, la interrelación entre las diversas propiedades del concreto, así como la consideración de que el concreto debe ser económico.

Los ensayos practicados al concreto en estado fresco, tanto a los diseños de concreto patrón, como a los diseños de concreto con incorporación del aditivo superplastificante **Sika Viscocrete 3330**, se ejecutaron bajo las especificaciones de la Norma Técnica Peruana, y fueron los siguientes:

- Consistencia
- Peso Unitario
- Tiempo de Fraguado
- Exudación
- Fluidez

A continuación definiremos cada una de estas propiedades, pero ya en el Capítulo 6 se incluirán y se analizarán comparativa y cualitativamente, los resultados obtenidos.

4.1 CONSISTENCIA

NORMA NTP 339.035 – ASTM C 143/C94

La consistencia es una propiedad que define la humedad de la mezcla por el grado de fluidez de la misma; entendiéndose por ello que cuanto más húmeda es la mezcla mayor será la facilidad con la que el concreto fluirá durante su colocación.

La consistencia está relacionada pero no es sinónimo de trabajabilidad. Se da el caso que una mezcla trabajable para un determinado uso puede tener una alta consistencia, esta misma que la hace difícil trabajar en otro tipo de estructuras. Por ejemplo una mezcla cuya consistencia la hace adecuada para pavimentos, no será adecuada para el vaciado de columnas o placas etc.

El ensayo del asentamiento (slump) es un método tradicional que es usado para medir la consistencia del concreto fresco. Este consiste en consolidar una muestra de concreto fresco en el cono de Abrams, que es un molde metálico troncocónico normalizado, midiendo el asiento de la mezcla luego de desmoldarlo. Se denomina asentamiento a la medida de la diferencia de altura del cono de Abrams y la masa de concreto, después de haber retirado el mismo.

El comportamiento del concreto en la prueba indica su "consistencia" o sea su capacidad para adaptarse al encofrado o molde con facilidad, manteniéndose homogéneo con un mínimo de vacíos.

El asentamiento es casi siempre la primera prueba que se realiza al concreto, mostrando utilidad para evaluar la idoneidad de las mezclas en la consolidación en diferentes tipos de estructuras. Así corresponden los menores asentamientos a las mezclas más secas y los mayores asentamientos a las más fluidas.

4.2 PESO UNITARIO.

NORMA NTP 339.046 – ASTM C 138

Peso Unitario es el peso varillado de una muestra representativa del concreto fresco por unidad de volumen, se expresa en kg/m^3 .

Este ensayo tiene por objeto determinar el grado de densidad del concreto, los factores determinantes en el valor del peso unitario son los pesos específicos de los agregados.

El peso unitario es usado para determinar o comprobar el rendimiento de las mezclas, el contenido de materiales de la mezcla, la calidad del concreto y su grado de compactación.

4.3 TIEMPO DE FRAGUADO

NORMA NTP 339.082 – ASTM C 403

Se denomina fraguado al proceso de endurecimiento que experimenta el concreto fresco. La fragua del concreto es una propiedad muy importante del concreto, y depende básicamente del contenido de aluminato tricálcico (C3A) del cemento, finura del cemento, relación a/c, temperatura y humedad del medio ambiente.

Tiempo de fraguado es el ensayo que tiene por objeto determinar el tiempo empleado por el concreto fresco, en adquirir una resistencia desde el momento en que fue mezclado.

El principio en el que se basa este ensayo es que se puede encontrar la velocidad de endurecimiento que experimenta el concreto recién preparado; para tal efecto se ha dividido el fraguado en dos períodos: fraguado inicial y fraguado final.

El fraguado inicial.- Se caracteriza por un aumento en la viscosidad y en la temperatura de la mezcla.

El fraguado final.- Se caracteriza por un endurecimiento de la mezcla como lógica consecuencia del aumento de su resistencia.

La norma establece el tiempo de fraguado del concreto con asentamiento superior a cero por medio de agujas de penetración sobre la muestra tamizada. El principio del método consiste en determinar la velocidad de endurecimiento de una muestra de concreto, y así, la fragua inicial se produce cuando la presión por penetración es de 500 lbs/pulg² y la fragua final cuando la presión por penetración alcanza las 4000 lbs/pulg².

4.4 EXUDACIÓN

NORMA NTP 339.077 – ASTM C 232

La exudación es la propiedad por la cual una parte del agua de mezcla se separa de la masa y sube hacia la superficie del concreto.

Poco después de terminada la colocación del concreto, si las condiciones ambientales no causan evaporación rápida, se puede notar la presencia de agua en la superficie del mismo. Ella ha emergido del concreto y continua haciéndolo durante un buen tiempo. Este fenómeno se conoce con el nombre de exudación.

Definimos a la exudación como el ascenso de una parte del agua de la mezcla hacia la superficie del concreto, producto de la sedimentación de sólidos en la masa plástica. La exudación empieza momentos después de que el concreto ha sido colocado y compactado en los encofrados. La exudación se da en unidades de porcentaje.

Está influenciada por la cantidad de finos en los agregados y la finura del cemento, por lo que cuanto más fino es la molienda de este y mayor sea el porcentaje de material menor que la malla N°100, la exudación será menor pues retiene el agua de mezcla.

La exudación se produce inevitablemente en el concreto, pues es una propiedad inherente a su estructura, luego la importancia es evaluarla y controlarla en cuanto a los efectos negativos que pudiera tener.

4.5 FLUIDEZ.

NORMA NTP 339.085 – ASTM C 124

La fluidez es la resistencia que opone el concreto a experimentar deformaciones. Depende de la forma, gradación y tamaño máximo del agregado en la mezcla. Asimismo depende mayormente, de la cantidad de agua en la mezcla.

El ensayo de fluidez, llamado también ensayo de escurrimiento o de la mesa de sacudidas, sirve para determinar el índice de consistencia de una mezcla de concreto a través de su grado de fluidez. Se determina el aumento del diámetro que experimenta la base inferior de un tronco de cono de masa de concreto fresco, sometido a sacudidas sucesivas. Si un concreto es fluido es porque sus partículas han segregado, esto se debe a que sus fragmentos más pesados descienden, provocando así la separación. La fluidez se expresa en unidades de porcentaje.

CAPITULO V

ENSAYOS EN EL CONCRETO PATRON Y DEL CONCRETO CON ADITIVO AL ESTADO ENDURECIDO

Las características del concreto deben ser en función del fin para el cual está destinado. Las propiedades del concreto endurecido son de gran importancia ya que refleja la forma de cómo se comporta en el futuro. Y permite verificar si reúne las condiciones para el que fue diseñado.

Comúnmente se considera la resistencia a la compresión como la propiedad más representativa, ya que además de la facilidad de su realización, la mayoría de las propiedades del concreto mejoran al incrementarse la resistencia, por esto esta propiedad se usa como índice de su calidad.

Se practican ensayos al concreto endurecido con la intención de controlar sus propiedades físicas, mecánicas, así como tener un grado de control de la calidad del mismo.

El interpretar correctamente los resultados de estos ensayos permitirá, si el caso lo requiriera, hacer los correctivos en el diseño de mezclas, que siempre esta susceptible de correcciones debido a la heterogenoidad de los materiales, las condiciones de trabajo, los resultados de resistencia a la compresión o tracción esperados, etc.

Los ensayos practicados al concreto en estado endurecido, tanto a los diseños de mezcla del concreto patrón, como a los diseños de concreto con incorporación del aditivo superplastificante **Sika Viscocrete 3330**, se ejecutaron bajo las especificaciones de la Norma Técnica Peruana, y fueron los siguientes:

- Resistencia a la compresión.
- Resistencia a la tracción por compresión diametral.

A continuación definiremos cada una de estas propiedades, pero ya en el Capítulo 6 se incluirán y se analizarán comparativa y cualitativamente, los resultados obtenidos.

5.1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.

NORMA NTP 339.034 – ASTM C39

La resistencia a la compresión es la capacidad de soportar cargas y esfuerzos, por el material sin romperse, dado a que el concreto está destinado principalmente a tomar esfuerzos a la compresión, es la medida de su resistencia a dichos esfuerzos la que se utiliza como índice de calidad.

Depende principalmente de la concentración de la pasta de cemento, que se acostumbra a expresar en términos de relación agua/ cemento en peso, la afectan además los mismos factores que influyen en las características resistentes de la pasta, como son la temperatura y el tiempo.

El valor de la resistencia a la compresión es el cociente entre la carga máxima axial y la sección media de la probeta. Los resultados típicos de resistencia a la compresión se obtienen de probetas ensayadas a los 28 días, considerando a este valor como el 100% de la resistencia a la compresión alcanzada. Pero un valor que puede ser práctico es la resistencia a la compresión alcanzada a los 7 días, que viene a estar en el orden del 60% al 70% del valor a los 28 días.

Un factor indirecto pero no por eso menos importante en la resistencia, lo constituye el curado ya que es el complemento del proceso de hidratación sin el cual no se llegan a desarrollar completamente las características resistentes del concreto.

5.2 RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL

NORMA NTP 339.084 – ASTM C 496

La Norma Peruana establece el método de ensayo de tracción indirecta de cilindros normales de concreto (probetas), se determina indirectamente la resistencia a la tracción del concreto por medio de una compresión diametral.

Este método consiste en la aplicación de la carga se hará siguiendo la generatriz del cilindro de concreto (probeta) del mismo. La resistencia a la tracción del concreto es relativamente baja, una buena aproximación es de es del 10% al 20%, del ensayo de compresión a los 28 días.

Es más complicado medir la resistencia a la tracción que la resistencia a la compresión debido a los problemas de agarre con las maquinas de pruebas.

Existen varios métodos para la prueba de tracción, el método más utilizado es la prueba de rotura o prueba brasileña.

La edad de las probetas de concreto para el ensayo de rotura para determinar la resistencia a la tracción por compresión diametral es de 28 días.

CAPITULO VI CUADROS COMPARATIVOS Y GRAFICOS

6.1 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DEL CONCRETO FRESCO

En el presente capítulo se presentan en cuadros y gráficos, los resultados obtenidos de cada uno de los ensayos realizados al concreto en estado fresco.

Los ensayos de consistencia, peso unitario, tiempo de fraguado, porcentaje de exudación y porcentaje de fluidez, se realizaron en mezclas con reducción de agua y para un asentamiento de 3" a 4", tanto para los diseños del concreto patrón como para los diseños de concreto con aditivo **Sika Viscocrete 3330**, para las relaciones agua/cemento 0.40, 0.45 y 0.50.

Los resultados presentados son los promedios que se obtuvieron en cada ensayo. Los valores considerados en este capítulo son recopilados del Anexo C - Resultados de ensayos del concreto fresco.

Los ensayos realizados al concreto en estado fresco, se ejecutaron en el Laboratorio de Ensayo de Materiales No 01 de la Facultad de Ingeniería Civil, en la Universidad Nacional de Ingeniería.

CUADRO N° 6.1

**RESUMEN DE LAS PROPIEDADES
DEL CONCRETO AL ESTADO FRESCO**

Relación a/c inicial	Mezcla	Tipo de Aditivo	Consistencia (pulg)	Peso Unitario (kg/m ³)	Tiempo de Fraguado		Exudación (%)	Fluidez (%)
					Inicial (h:m)	Final (h:m)		
0.40	Patrón	SIKA VISCOCRETE 3330	3 1/2"	2245.67	3:46	5:15	1.73	92.00
	0.5% Aditivo		3 1/4"	2246.69	2:54	4:25	1.43	102.00
	1% Aditivo		3 1/2"	2281.35	3:55	5:34	1.95	111.33
	2% Aditivo		3 1/4"	2293.58	14:16	16:22	4.40	120.67
0.45	Patrón		3 3/4"	2250.76	4:04	5:34	1.95	97.33
	0.5% Aditivo		3 3/4"	2291.54	3:12	4:40	1.53	112.67
	1% Aditivo		3 1/2"	2303.77	4:18	5:52	2.37	125.33
	2% Aditivo		3 3/4"	2321.10	15:03	18:10	4.57	138.00
0.50	Patrón		3 3/4"	2259.94	4:31	6:35	2.58	103.33
	0.5% Aditivo		3 3/4"	2274.21	3:42	5:10	2.37	118.00
	1% Aditivo		3 1/2"	2289.50	4:49	6:44	2.28	132.67
	2% Aditivo		3 3/4"	2305.81	15:16	18:41	4.23	152.67

Fuente: elaboración propia

Elementos del Concreto y aditivo usados:

Cemento Portland tipo I "SOL" de Cementos Lima.

Agregado fino – arena de la Cantera Trapiche.

Agregado grueso - piedra chancada de la Cantera La Gloria.

Aditivo: Sika Viscocrete 3330 - Superplastificante de alto rango.

Dosificaciones del aditivo: 0.5 %, 1% y 2 %

Los datos y cálculos realizados se encuentran en el Anexo C - Resultados de los ensayos del concreto fresco, que forma parte de la presente tesis de investigación.

CUADRO N° 6.2

**ENSAYO DE CONSISTENCIA DEL CONCRETO PARA LAS
RELACIONES AGUA/CEMENTO 0.40, 0.45 Y 0.50, CON LAS DIFERENTES
DOSIFICACIONES DE ADITIVO**

Relación a/c inicial	Relación a/c final	Dosificación de Aditivo	Reducción de Agua (%)	Asentamiento (pulg)	Asentamiento (cm)
0.40	0.34 0.35 0.36	Patrón		3 1/2"	8.890
		0.5% Aditivo	12.46	3 1/4"	8.255
		1 % Aditivo	14.20	3 1/2"	8.890
		2% Aditivo	19.35	3 1/4"	8.255
0.45	0.33 0.35 0.36	Patrón		3 3/4"	9.525
		0.5% Aditivo	17.51	3 3/4"	9.525
		1 % Aditivo	21.05	3 1/2"	8.890
		2% Aditivo	26.44	3 3/4"	9.525
0.50	0.31 0.32 0.33	Patrón		3 3/4"	9.525
		0.5% Aditivo	24.67	3 3/4"	9.525
		1 % Aditivo	25.66	3 1/2"	8.890
		2% Aditivo	30.40	3 3/4"	9.068

Fuente: elaboración propia

Elementos del Concreto y aditivo usado:

Cemento Portland tipo I "SOL" de Cementos Lima.

Agregado fino – arena de la Cantera Trapiche.

Agregado grueso - piedra chancada de la Cantera La Gloria.

Aditivo: Sika Viscocrete 3330 - Superplastificante de alto rango.

Dosificaciones del aditivo: 0.5 %, 1% y 2 %

GRÁFICO Nº 6.1

VARIACION DE LA CONSISTENCIA PARA LAS RELACIONES AGUA/CEMENTO INICIAL CON LAS DIFERENTES DOSIFICACIONES DE ADITIVO

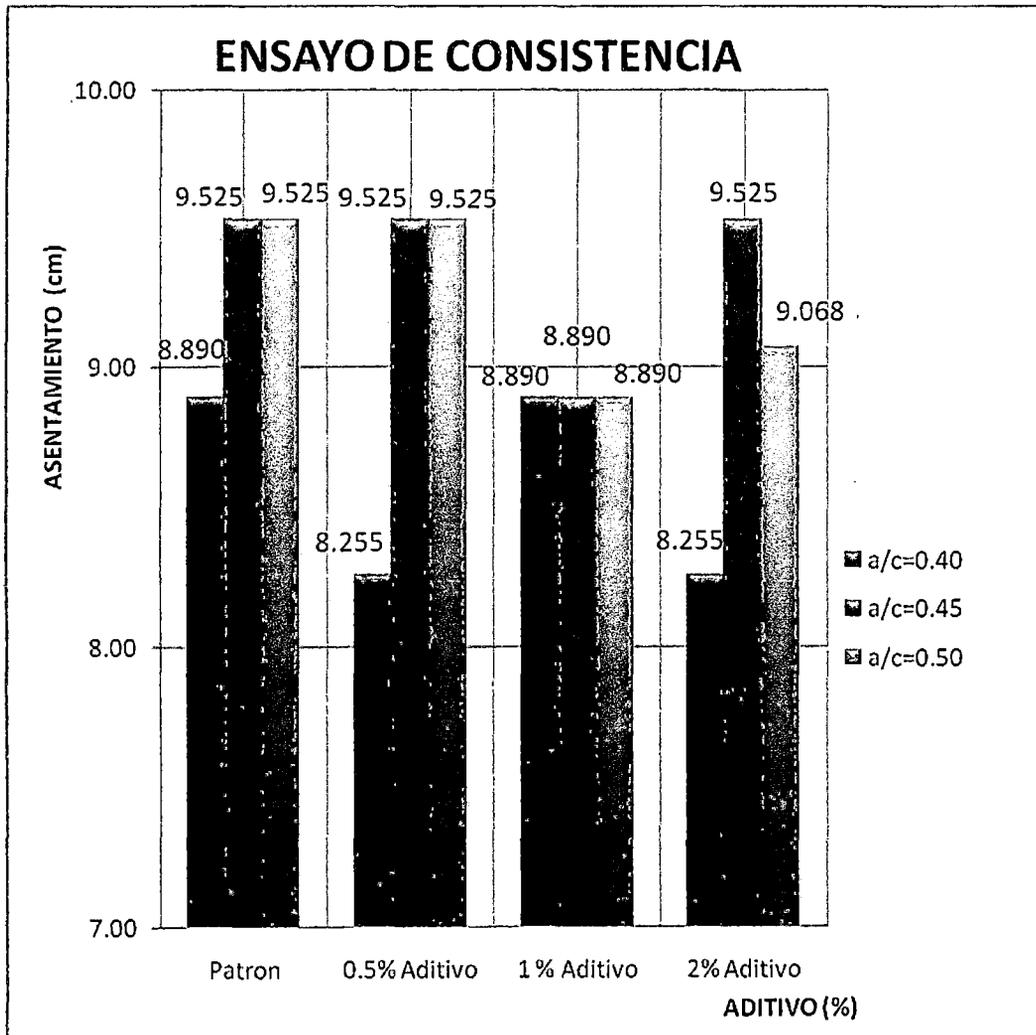
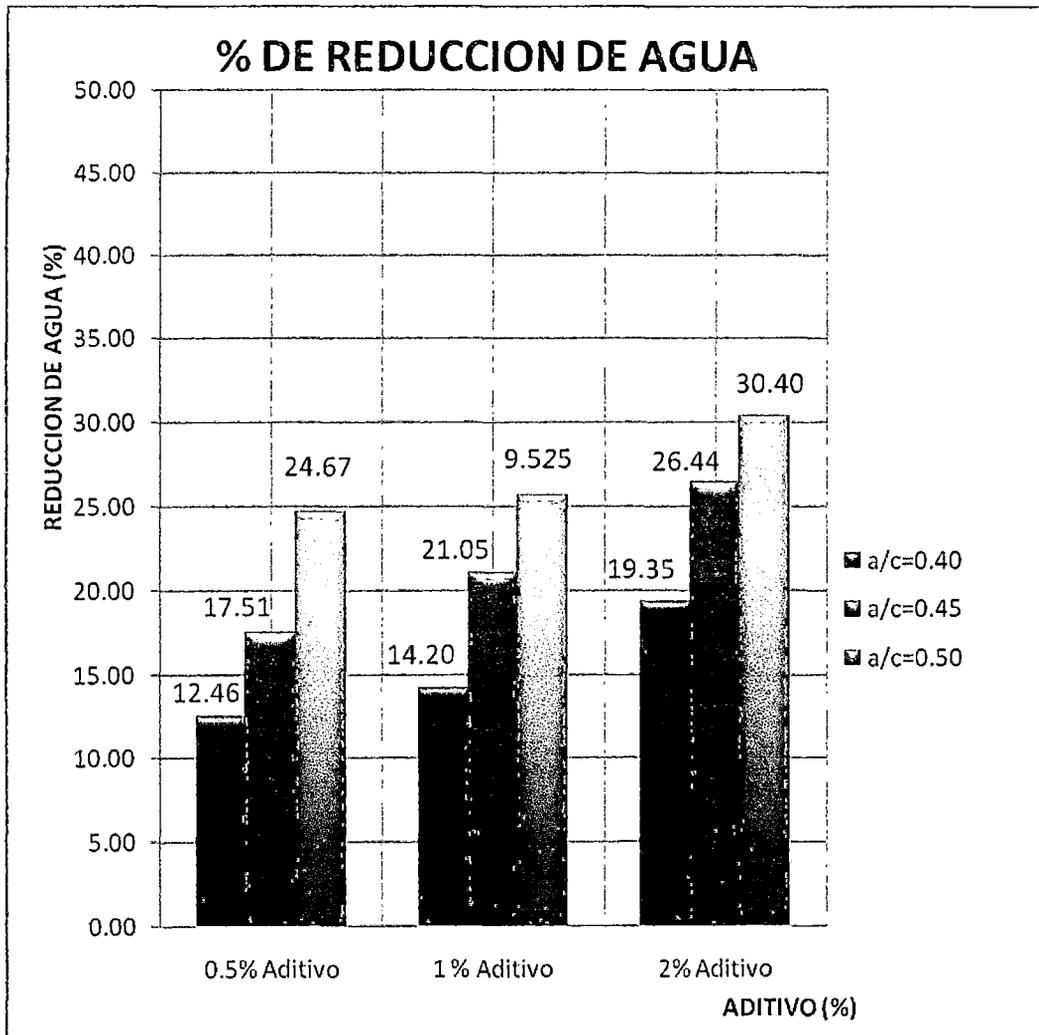


GRÁFICO Nº 6.2

PORCENTAJE DE REDUCCION DE AGUA PARA LAS RELACIONES AGUA/CEMENTO INICIAL CON LAS DIFERENTES DOSIFICACIONES DE ADITIVO



CUADRO N° 6.3

**VARIACION DEL PESO UNITARIO PARA LAS RELACIONES
AGUA/CEMENTO INICIAL CON LAS DIFERENTES
DOSIFICACIONES DE ADITIVO**

Relación a/c inicial	Mezcla	Reducción de Agua (%)	Peso Unitario (kg/m³)
0.40	Patrón	0.00	2245.67
	0.5% aditivo	12.46	2246.69
	1% aditivo	14.20	2281.35
	2% aditivo	19.35	2293.58
0.45	Patrón	0.00	2250.76
	0.5% aditivo	17.51	2291.54
	1% aditivo	21.05	2303.77
	2% aditivo	26.44	2321.10
0.50	Patrón	0.00	2259.94
	0.5% aditivo	24.67	2274.21
	1% aditivo	25.66	2289.50
	2% aditivo	30.40	2305.81

Fuente: elaboración propia

Elementos del Concreto y aditivo usados:

Cemento Portland tipo I "SOL" de Cementos Lima.

Agregado fino – arena de la Cantera Trapiche.

Agregado grueso - piedra chancada de la Cantera La Gloria.

Aditivo: Sika Viscocrete 3330 - Superplastificante de alto rango.

Dosificaciones del aditivo: 0.5 %, 1% y 2 %

GRAFICO Nº 6.3

COMPARATIVO DEL PESO UNITARIO PARA LAS RELACIONES
AGUA/CEMENTO INICIAL CON LAS DIFERENTES
DOSIFICACIONES DE ADITIVO

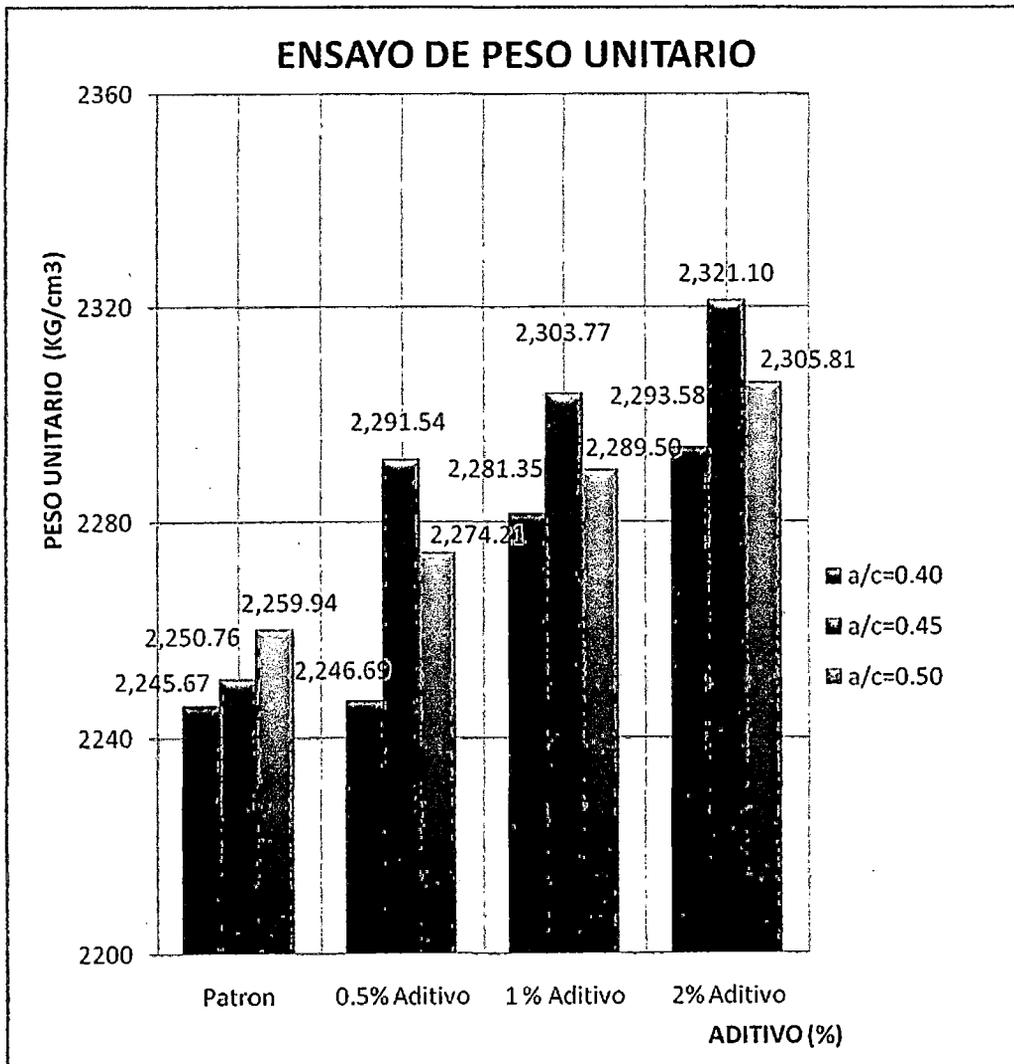
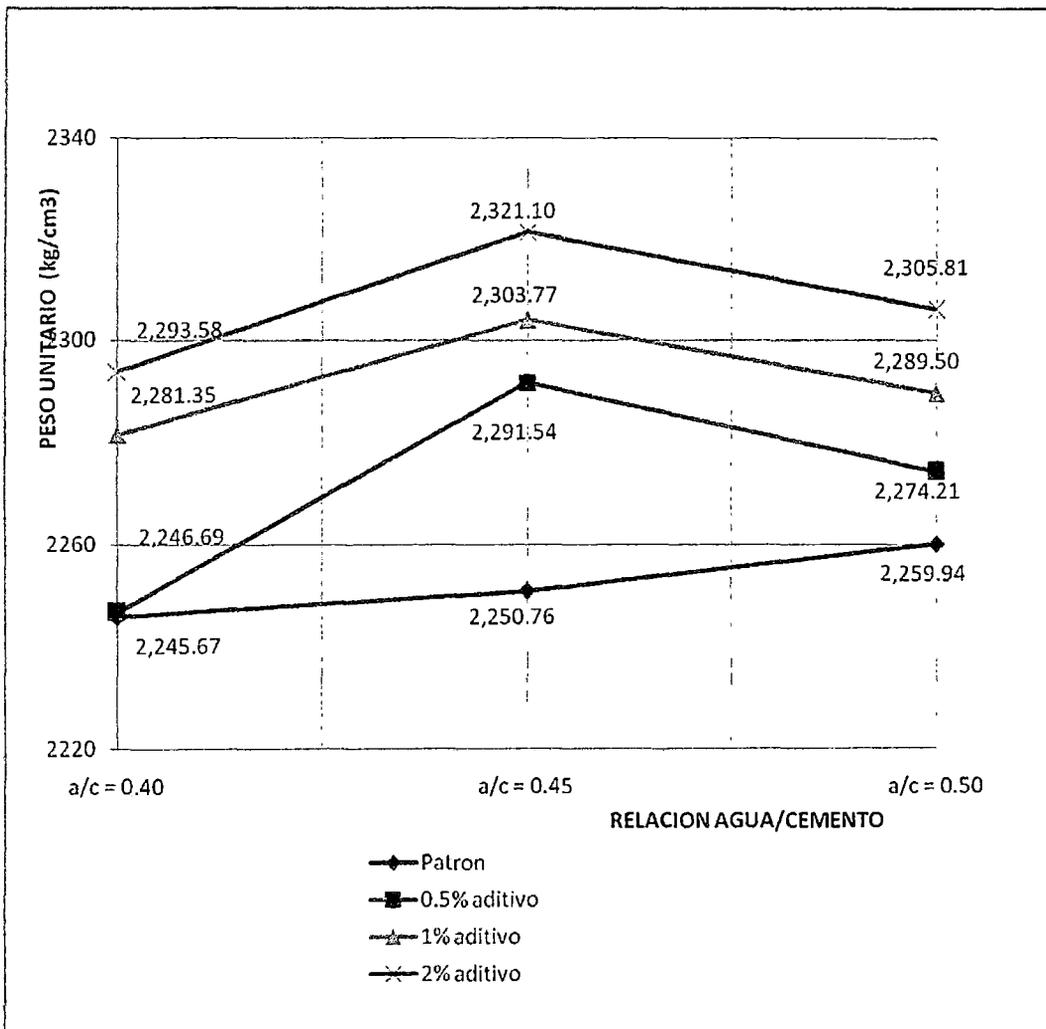


GRAFICO N° 6.4

**PESO UNITARIO PARA EL CONCRETO PATRON Y CON ADITIVO
 PARA LAS RELACIONES AGUA/CEMENTO**



CUADRO N° 6.4

ENSAYO DE FRAGUADO INICIAL DEL CONCRETO

Relación a/c inicial	TIPO DE ADITIVO	DOSIFICACION DE ADITIVO (%)	REDUCCIÓN DE AGUA (%)	FRAGUADO INICIAL (h:m)
0.40	SIKA VISCOCRETE 3330	Patrón	0.00	3:46
		0.5% aditivo	12.46	2:54
		1% aditivo	14.20	3:55
		2% aditivo	19.35	14:16
0.45		Patrón	0.00	4:04
		0.5% aditivo	17.51	3:12
		1% aditivo	21.05	4:18
		2% aditivo	26.44	15:03
0.50		Patrón	0.00	4:31
		0.5% aditivo	24.67	3:42
		1% aditivo	25.66	4:49
		2% aditivo	30.40	15:16

Fuente: elaboración propia

Elementos del Concreto y aditivo usados:

Cemento Portland tipo I "SOL" de Cementos Lima.

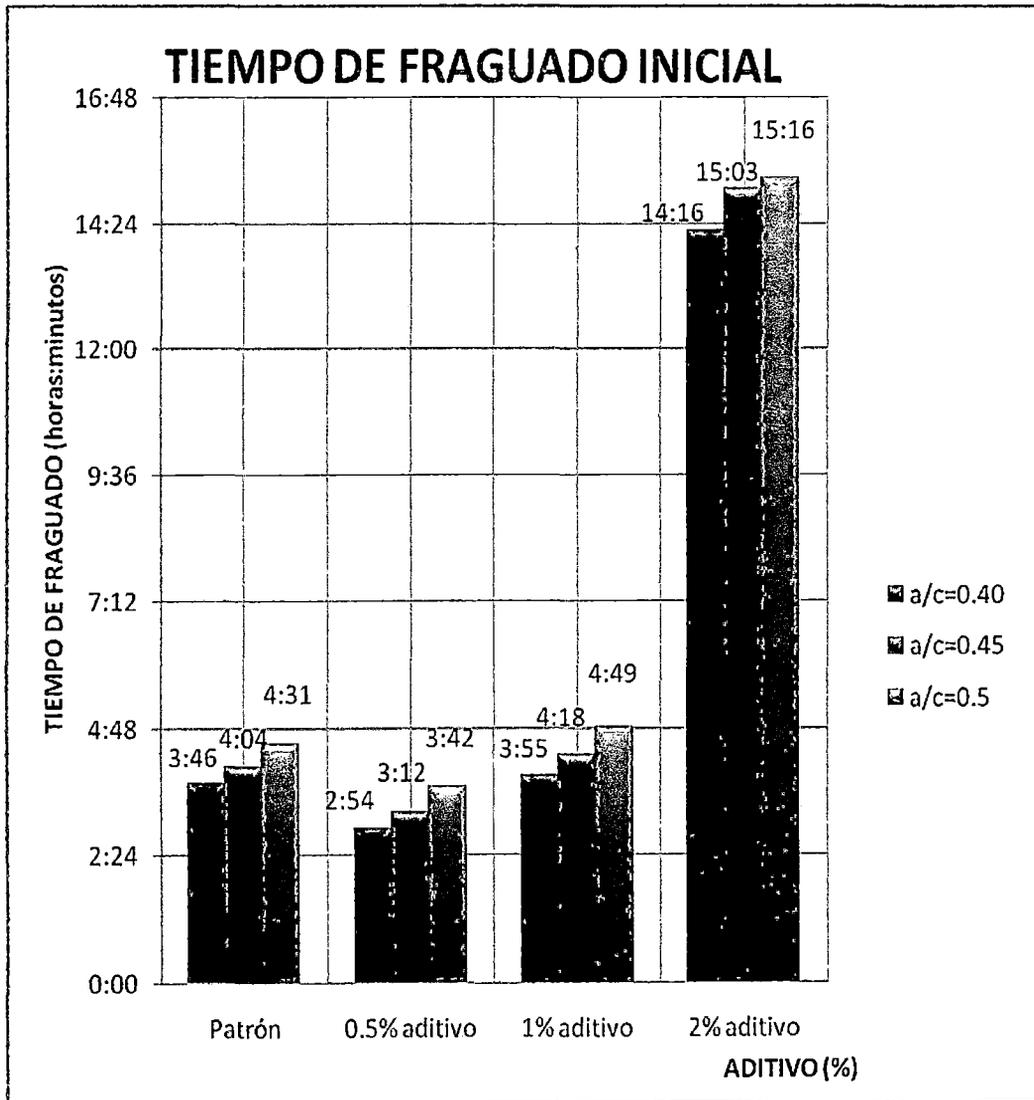
Agregado fino – arena de la Cantera Trapiche.

Agregado grueso - piedra chancada de la Cantera La Gloria.

Aditivo: Sika Viscocrete 3330 - Superplastificante de alto rango.

Dosificaciones del aditivo: 0.5 %, 1% y 2 %

GRÁFICO Nº 6.5



CUADRO N° 6.5

ENSAYO DE FRAGUADO FINAL DEL CONCRETO

Relación a/c inicial	TIPO DE ADITIVO	DOSIFICACION DE ADITIVO (%)	REDUCCIÓN DE AGUA (%)	FRAGUADO FINAL (h:m)
0.40	SIKA VISCOCRETE 3330	Patrón	0.00	5:15
		0.5% aditivo	12.46	4:25
		1% aditivo	14.20	5:34
		2% aditivo	19.35	16:22
0.45		Patrón	0.00	5:34
		0.5% aditivo	17.51	4:40
		1% aditivo	21.05	5:52
		2% aditivo	26.44	18:10
0.50		Patrón	0.00	6:35
		0.5% aditivo	24.67	5:10
		1% aditivo	25.66	6:44
		2% aditivo	30.40	18:41

Elementos del Concreto y aditivo usados:

Cemento Portland tipo I "SOL" de Cementos Lima.

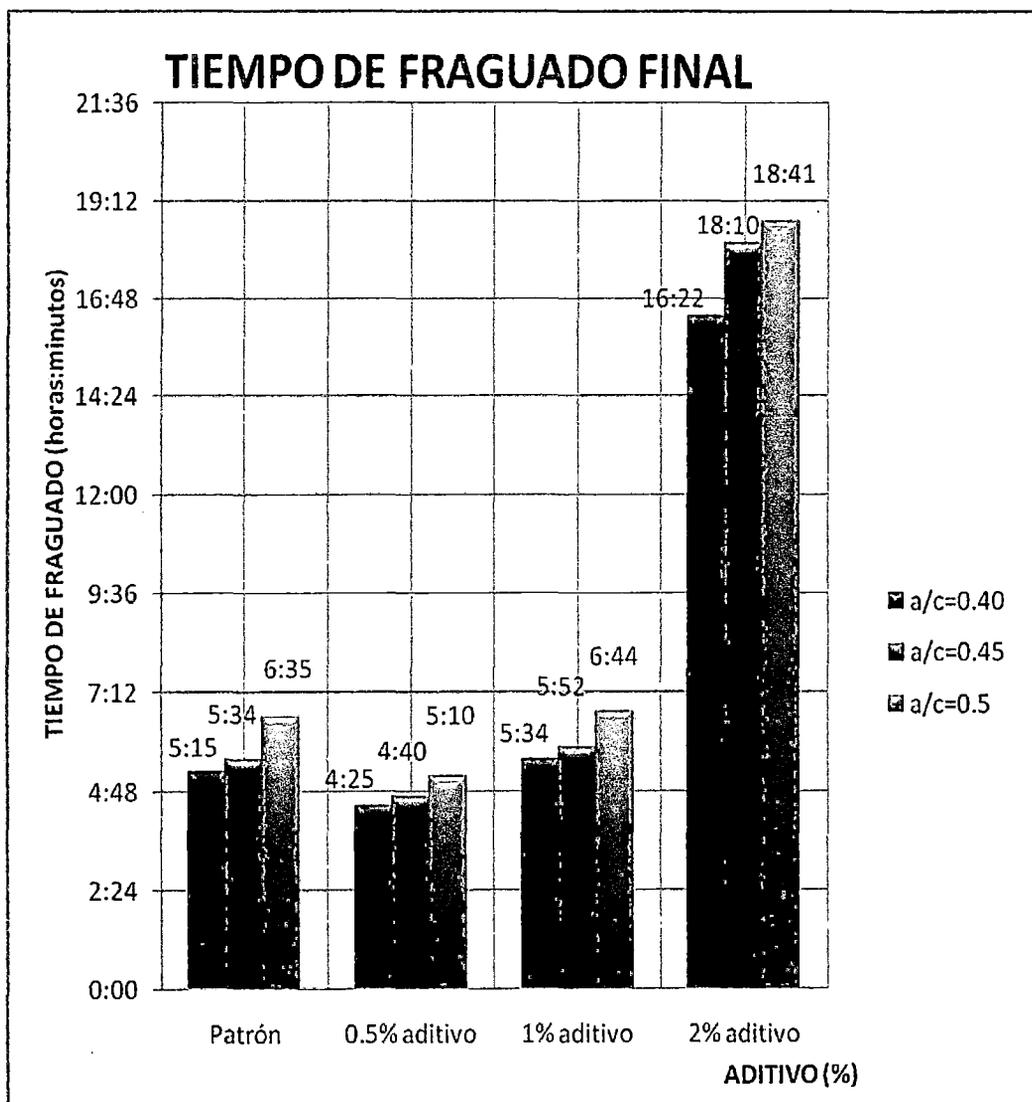
Agregado fino – arena de la Cantera Trapiche.

Agregado grueso - piedra chancada de la Cantera La Gloria.

Aditivo: Sika Viscocrete 3330 - Superplastificante de alto rango.

Dosificaciones del aditivo: 0.5 %, 1% y 2 %

GRAFICO Nº 6.6



CUADRO N° 6.6

ENSAYO DE PORCENTAJE DE EXUDACION DEL CONCRETO

Relación a/c inicial	Tipo de Aditivo	Dosificación de Aditivo (%)	Reducción de Agua (%)	Exudación (%)
0.40	SIKA VISCOCRETE 3330	Patrón	0.00	1.73
		0.5% aditivo	12.46	1.43
		1% aditivo	14.20	1.95
		2% aditivo	19.35	4.40
0.45		Patrón	0.00	1.95
		0.5% aditivo	17.51	1.53
		1% aditivo	21.05	2.37
		2% aditivo	26.44	4.57
0.50		Patrón	0.00	2.58
		0.5% aditivo	24.67	2.25
		1% aditivo	25.66	2.36
		2% aditivo	30.40	4.23

Elementos del Concreto y aditivo usados:

Cemento Portland tipo I "SOL" de Cementos Lima.

Agregado fino – arena de la Cantera Trapiche.

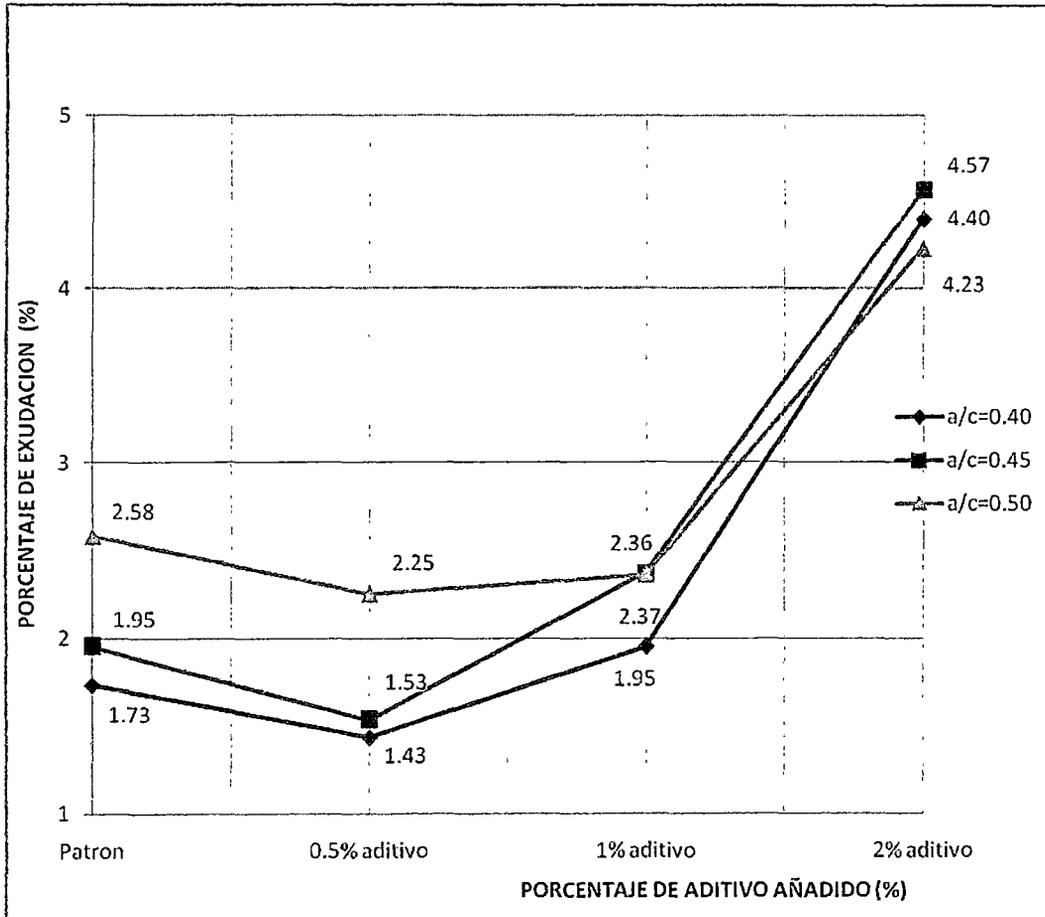
Agregado grueso - piedra chancada de la Cantera La Gloria.

Aditivo: Sika Viscocrete 3330 - Superplastificante de alto rango.

Dosificaciones del aditivo: 0.5 %, 1% y 2 %

GRAFICO N° 6.7

PORCENTAJE DE EXUDACION Vs. DOSIFICACION DE ADITIVO



CUADRO Nº 6.7

ENSAYO DE PORCENTAJE DE FLUIDEZ DEL CONCRETO

Relación a/c inicial	Tipo de Aditivo	Dosificación de Aditivo (%)	Reducción de Agua (%)	Fluidez (%)
0.40	SIKA VISCOCRETE 3330	Patrón	0.00	92.00
		0.5% aditivo	12.46	102.00
		1% aditivo	14.20	111.33
		2% aditivo	19.35	120.67
0.45		Patrón	0.00	97.33
		0.5% aditivo	17.51	112.67
		1% aditivo	21.05	125.33
		2% aditivo	26.44	138.00
0.50		Patrón	0.00	103.33
		0.5% aditivo	24.67	118.00
		1% aditivo	25.66	132.67
		2% aditivo	30.40	152.67

Elementos del Concreto y aditivo usados:

Cemento Portland tipo I "SOL" de Cementos Lima.

Agregado fino – arena de la Cantera Trapiche.

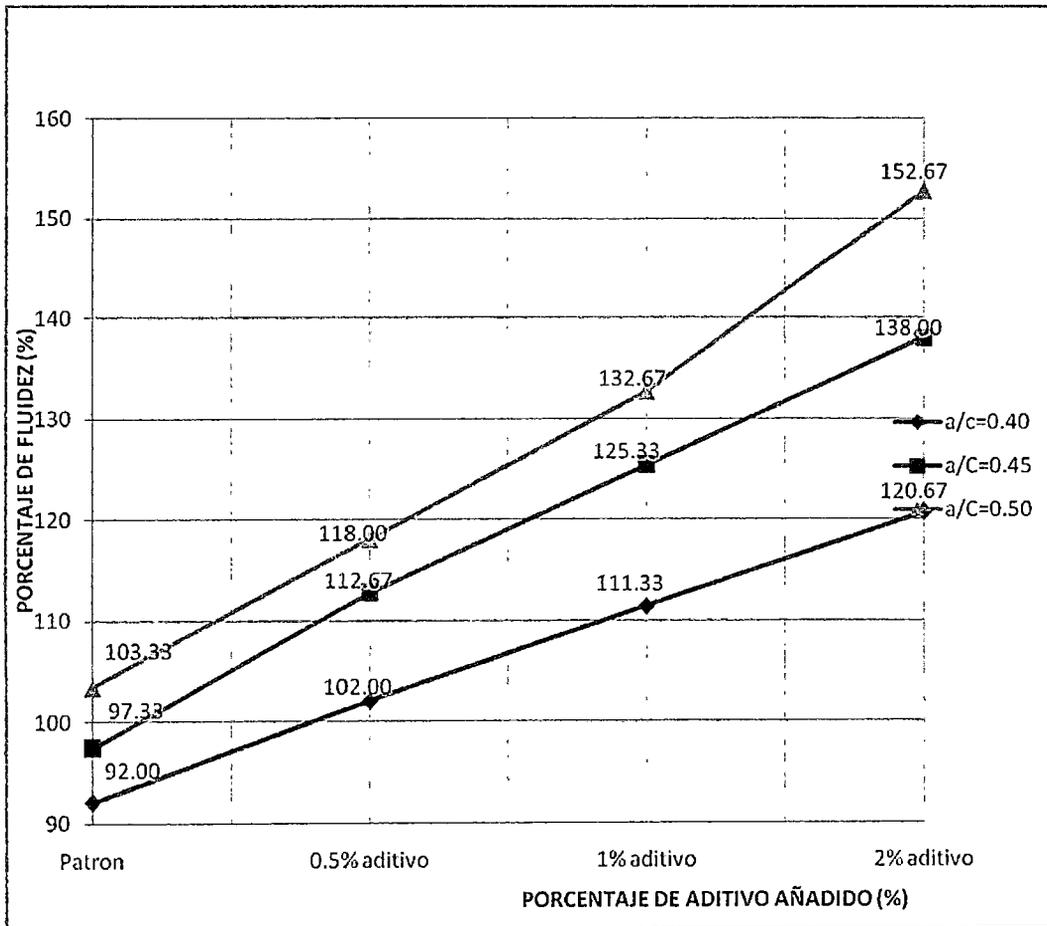
Agregado grueso - piedra chancada de la Cantera La Gloria.

Aditivo: Sika Viscocrete 3330 - Superplastificante de alto rango.

Dosificaciones del aditivo: 0.5 %, 1% y 2 %

GRAFICO N° 6.8

PORCENTAJE DE FLUIDEZ Vs. DOSIFICACION DE ADITIVO



CUADRO N° 6.8

**CUADRO COMPARATIVO DEL ENSAYO DE CONSISTENCIA CON
RESPECTO AL CONCRETO PATRON**

Relación a/c inicial	Tipo de Aditivo	Dosificación de Aditivo (%)	Reducción de Agua (%)	Asentamiento (pulg)	Variación Porcentual (%)	Incremento (%)
0.40	SIKA VISCOCRETE 3330	Patrón	0.00	3 1/2"	100.00	0.00
		0.5% aditivo	12.46	3 1/4"	92.86	-7.14
		1% aditivo	14.20	3 1/2"	100.00	0.00
		2% aditivo	19.35	3 1/4"	92.86	-7.14
0.45		Patrón	0.00	3 3/4"	100.00	0.00
		0.5% aditivo	17.51	3 3/4"	100.00	0.00
		1% aditivo	21.05	3 1/2"	93.33	-6.67
		2% aditivo	26.44	3 3/4"	100.00	0.00
0.50		Patrón	0.00	3 3/4"	100.00	0.00
		0.5% aditivo	24.67	3 3/4"	100.00	0.00
		1% aditivo	25.66	3 1/2"	93.33	-6.67
		2% aditivo	30.40	3 3/4"	100.00	0.00

CUADRO N° 6.9

**CUADRO COMPARATIVO DEL ENSAYO DE PESO UNITARIO CON
RESPECTO AL CONCRETO PATRÓN**

Relación a/c inicial	Tipo de Aditivo	Dosificación de Aditivo (%)	Reducción de Agua (%)	Peso Unitario (kg/m ³)	Variación Porcentual (%)	Incremento (%)
0.40	SIKA VISCOCRETE 3330	Patrón	0.00	2245.67	100.00	0.00
		0.5% aditivo	12.46	2246.69	100.05	0.05
		1% aditivo	14.20	2281.35	101.59	1.59
		2% aditivo	19.35	2293.58	102.13	2.13
0.45		Patrón	0.00	2250.76	100.00	0.00
		0.5% aditivo	17.51	2291.54	101.81	1.81
		1% aditivo	21.05	2303.77	102.36	2.36
		2% aditivo	26.44	2321.10	103.13	3.13
0.50		Patrón	0.00	2259.94	100.00	0.00
		0.5% aditivo	24.67	2274.21	100.63	0.63
		1% aditivo	25.66	2289.50	101.31	1.31
		2% aditivo	30.40	2305.81	102.03	2.03

CUADRO N° 6.10

**CUADRO COMPARATIVO DEL ENSAYO DEL FRAGUADO INICIAL
 CON RESPECTO AL CONCRETO PATRÓN**

Relación a/c inicial	Tipo de Aditivo	Dosificación de Aditivo (%)	Reducción de Agua (%)	Fraguado Inicial (h:m)	Variación Porcentual (%)	Incremento (%)
0.40	SIKA VISCOCRETE 3330	Patrón	0.00	3:46	100.00	0.00
		0.5% aditivo	12.46	2:54	77.00	-23.00
		1% aditivo	14.20	3:55	104.00	4.00
		2% aditivo	19.35	14:16	378.80	278.80
0.45		Patrón	0.00	4:04	100.00	0.00
		0.5% aditivo	17.51	3:12	83.80	-21.30
		1% aditivo	21.05	4:18	105.40	5.70
		2% aditivo	26.44	15:03	326.30	270.10
0.50		Patrón	0.00	4:31	100.00	0.00
		0.5% aditivo	24.67	3:42	78.50	-18.10
		1% aditivo	25.66	4:49	102.30	6.60
		2% aditivo	30.40	15:16	283.80	238.00

CUADRO N° 6.11

**CUADRO COMPARATIVO DEL ENSAYO DEL FRAGUADO FINAL CON
RESPECTO AL CONCRETO PATRÓN**

Relación a/c inicial	Tipo de Aditivo	Dosificación de Aditivo (%)	Reducción de Agua (%)	Fraguado Final (h:m)	Variación Porcentual (%)	Incremento (%)
0.40	SIKA VISCOCRETE 3330	Patrón	0.00	5:15	100.00	0.00
		0.5% aditivo	12.46	4:25	84.10	-15.90
		1% aditivo	14.20	5:34	106.00	6.00
		2% aditivo	19.35	16:22	311.70	211.70
0.45		Patrón	0.00	5:34	100.00	0.00
		0.5% aditivo	17.51	4:40	83.80	-16.20
		1% aditivo	21.05	5:52	105.40	5.40
		2% aditivo	26.44	18:10	326.30	226.30
0.50		Patrón	0.00	6:35	100.00	0.00
		0.5% aditivo	24.67	5:10	78.50	-21.50
		1% aditivo	25.66	6:44	102.30	2.30
		2% aditivo	30.40	18:41	283.80	183.80

CUADRO N° 6.12

CUADRO COMPARATIVO DEL ENSAYO DE EXUDACIÓN CON
 RESPECTO AL CONCRETO PATRÓN

Relación a/c inicial	Tipo de Aditivo	Dosificación de Aditivo (%)	Reducción de Agua (%)	Exudación (%)	Variación Porcentual (%)	Incremento (%)	
0.40	SIKA VISCOCRETE 3330	Patrón	0.00	1.73	100.00	0.00	
		0.5% aditivo	12.46	1.43	82.65	-17.35	
		1% aditivo	14.20	1.95	112.52	12.52	
		2% aditivo	19.35	4.40	254.08	154.08	
0.45		Patrón	0.00	1.95	1.95	100.00	0.00
		0.5% aditivo	17.51	1.53	1.53	78.28	-21.72
		1% aditivo	21.05	2.37	2.37	121.25	21.25
		2% aditivo	26.44	4.57	4.57	234.01	134.01
0.50		Patrón	0.00	0.00	2.58	100.00	0.00
		0.5% aditivo	24.67	24.67	2.37	91.85	-8.15
		1% aditivo	25.66	25.66	2.28	88.39	-11.61
		2% aditivo	30.40	30.40	4.23	164.27	64.27

CUADRO N° 6.13

**CUADRO COMPARATIVO DEL ENSAYO DE FLUIDEZ CON
RESPECTO AL CONCRETO PATRÓN**

Relación a/c inicial	Tipo de Aditivo	Dosificación de Aditivo (%)	Reducción de Agua (%)	Fluidez (%)	Variación Porcentual (%)	Incremento (%)
0.40	SIKA VISCOCRETE 3330	Patrón	0.00	92.00	100.00	0.00
		0.5% aditivo	12.46	102.00	110.87	10.87
		1% aditivo	14.20	111.33	121.01	21.01
		2% aditivo	19.35	120.67	131.16	31.16
0.45		Patrón	0.00	97.33	100.00	0.00
		0.5% aditivo	17.51	112.67	115.75	15.75
		1% aditivo	21.05	125.33	128.77	28.77
		2% aditivo	26.44	138.00	141.78	41.78
0.50		Patrón	0.00	103.33	100.00	0.00
		0.5% aditivo	24.67	118.00	114.19	14.19
		1% aditivo	25.66	132.67	128.39	28.39
		2% aditivo	30.40	152.67	147.74	47.74

6.2 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DEL CONCRETO ENDURECIDO

Presentamos los cuadros y gráficos de los resultados obtenidos de los ensayos realizados con el concreto endurecido. Todos estos se realizaron manteniendo un asentamiento de 3" a 4", reduciendo la cantidad de agua en los diseños en donde se utilizo el aditivo **Sika Viscocrete 3330**. Estos resultados son los promedios que se obtuvieron en cada ensayo. Los valores considerados en este capitulo son recopilados del Anexo D – Resultados de los ensayos del concreto endurecido.

Los ensayos realizados al concreto en estado endurecido, se realizaron en el Laboratorio de Ensayo de Materiales No 01 de la Facultad de Ingeniería Civil, en la Universidad Nacional de Ingeniería.

CUADRO Nº 6.14

**RESUMEN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO AL ESTADO
 ENDURECIDO**

Relación a/c inicial	MEZCLA	ADITIVO	ESFUERZO A LA COMPRESION (kg/cm ²)			TRACCION (kg/cm ²)
			EDAD (días)			EDAD (días)
			7	14	28	28
0.40	PATRÓN	SIKA VISCOCRETE 3330	426.71	480.34	507.00	42.68
	0.5 % Aditivo		478.33	556.71	631.82	46.75
	1 % Aditivo		537.85	601.67	685.26	51.68
	2 % Aditivo		570.36	631.16	703.97	55.75
0.45	PATRÓN		403.00	432.68	476.51	41.32
	0.5 % Aditivo		449.42	521.65	587.84	45.52
	1 % Aditivo		517.54	574.73	637.90	52.39
	2 % Aditivo		523.40	591.66	643.17	54.27
0.50	PATRÓN		386.49	413.75	446.94	38.21
	0.5 % Aditivo		423.95	504.60	548.35	42.35
	1 % Aditivo		476.59	538.67	614.07	42.73
	2 % Aditivo		492.93	555.15	632.99	47.90

Fuente: elaboración propia

Elementos del Concreto y aditivo usado:

Cemento Portland tipo I "SOL" de Cementos Lima.

Agregado fino – arena de la Cantera Trapiche.

Agregado grueso - piedra chancada de la Cantera La Gloria.

Aditivo: Sika Viscocrete 3330 - Superplastificante de alto rango.

Dosificaciones del aditivo: 0.5 %, 1% y 2 %

Los datos y cálculos realizados se encuentran en el Anexo D (Resultado de los ensayos del concreto endurecido), que forma parte de la presente tesis de investigación.

CUADRO N° 6.15

**RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE LA RESISTENCIA A LA
COMPRESIÓN DEL CONCRETO A DIFERENTES EDADES**

Relacion a/c inicial	MEZCLA	ADITIVO	DOSIFICACIÓN DE ADITIVO (%)	ESFUERZO A LA COMPRESION (KG/CM2)		
				EDAD (días)		
				7	14	28
0.40	PATRÓN	S I K A	0%	426.71	480.34	507.00
	PATRON + 0.5 % Aditivo		0.5%	478.33	556.71	631.82
	PATRON + 1 % Aditivo		1%	537.85	601.67	685.26
	PATRON + 2 % Aditivo		2%	570.36	631.16	703.97
0.45	PATRÓN	V I S C O C R E T E	0%	403.00	432.68	476.51
	PATRON + 0.5 % Aditivo		0.5%	449.42	521.65	587.84
	PATRON + 1 % Aditivo		1%	517.54	574.73	637.90
	PATRON + 2 % Aditivo		2%	523.40	591.66	643.17
0.50	PATRÓN	V I S C O C R E T E	0%	386.49	413.75	446.94
	PATRON + 0.5 % Aditivo		0.5%	423.95	504.60	548.35
	PATRON + 1 % Aditivo		1%	476.59	538.67	614.07
	PATRON + 2 % Aditivo		2%	492.93	555.15	632.99

Fuente: elaboración propia

Cemento Portland tipo I "SOL" de Cementos Lima.

Agregado fino – arena de la Cantera Trapiche.

Agregado grueso - piedra chancada de la Cantera La Gloria.

Aditivo: Sika Viscocrete 3330 - Superplastificante de alto rango.

Dosificaciones del aditivo: 0.5 %, 1% y 2 %

Los datos y cálculos realizados se encuentran en el Anexo D (Resultado de los ensayos del concreto endurecido), que forma parte de la presente tesis de investigación.

GRÁFICO N° 6.9

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO PATRÓN Vs. EDAD DEL CONCRETO PARA RELACIONES $a/c=0.40, 0.45$ Y 0.50

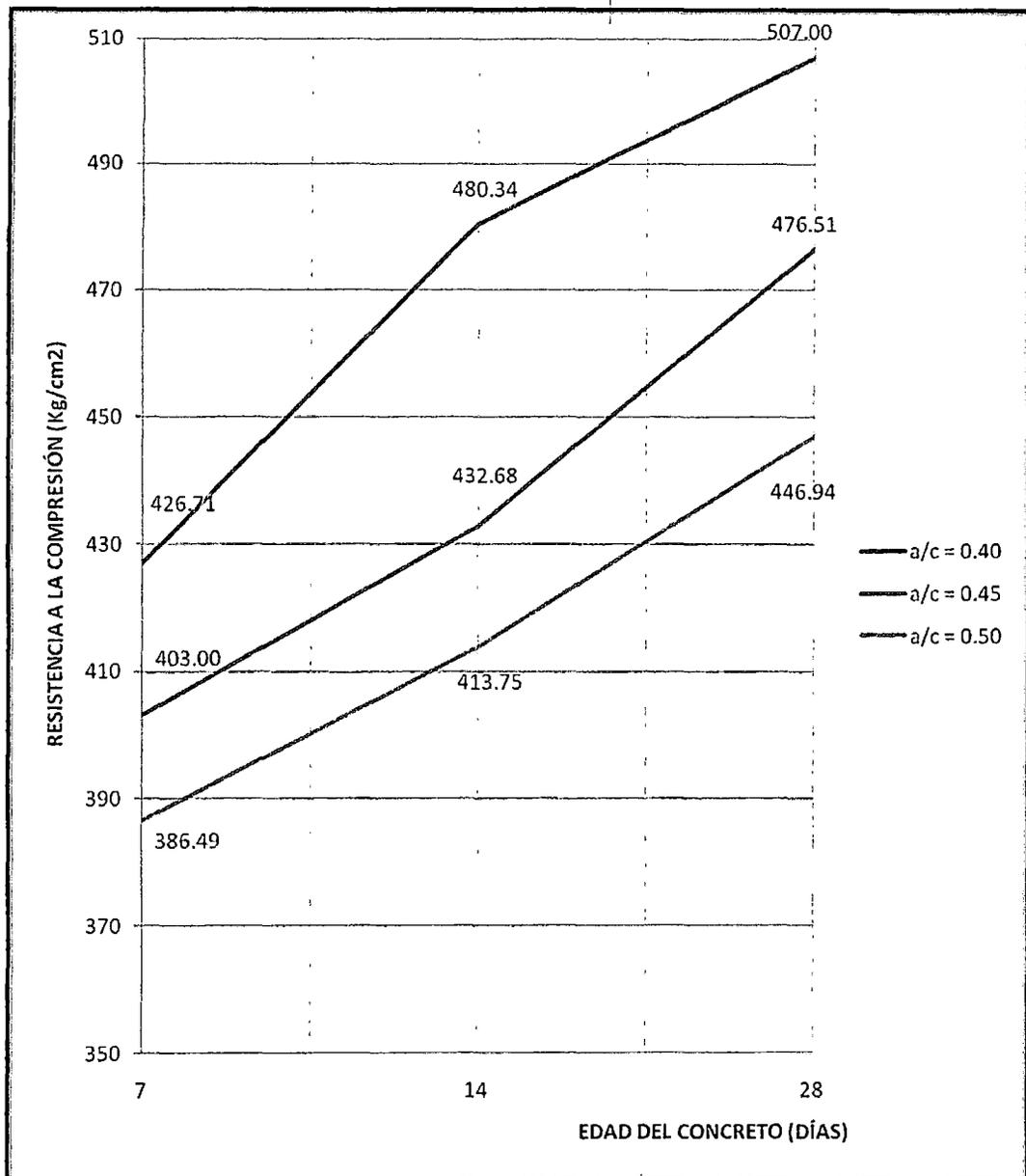


GRÁFICO Nº 6.10

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON ADITIVO AL 0.5 % Vs. EDAD PARA RELACIONES $a/c=0.40, 0.45$ Y 0.50 INICIALES

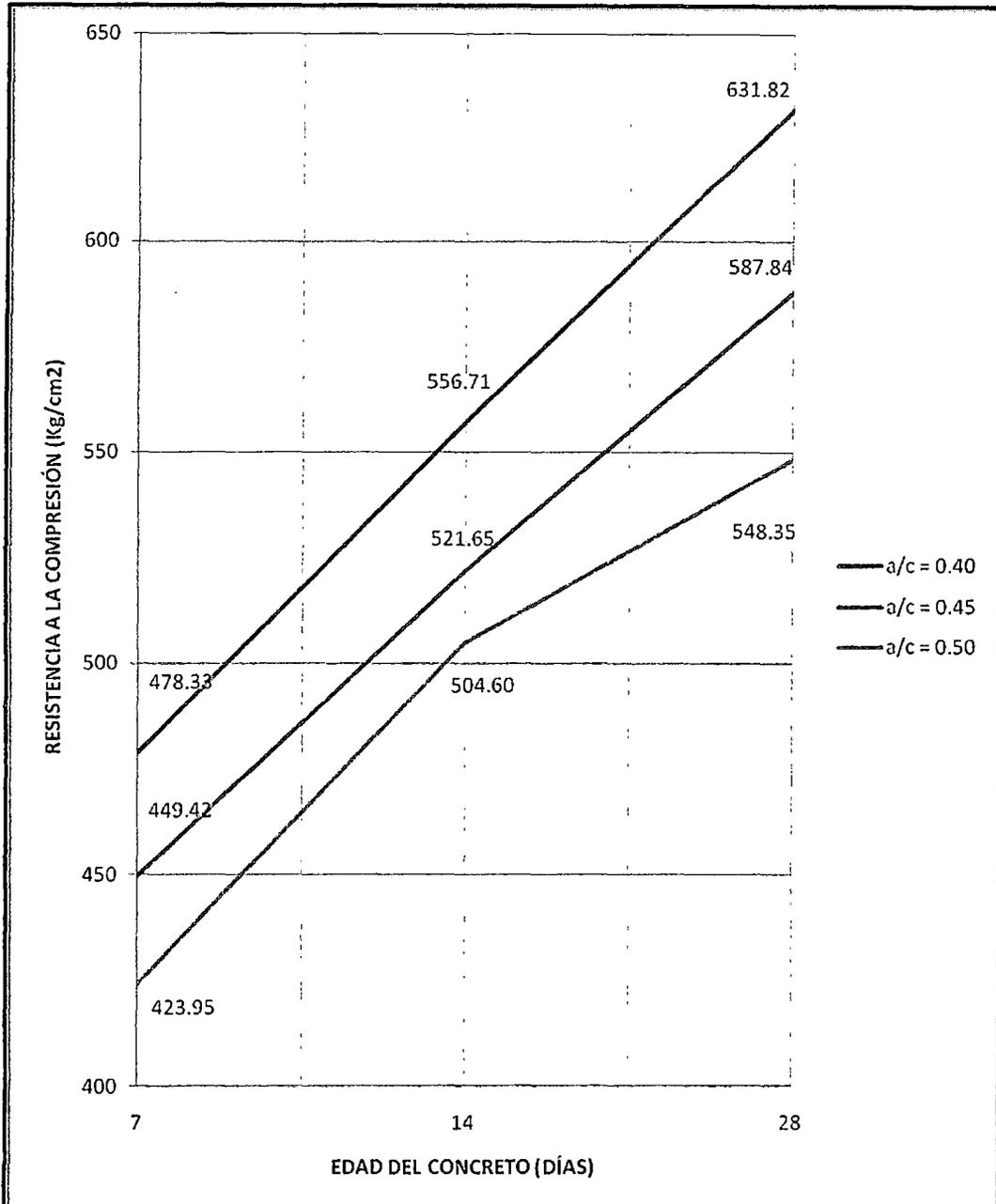


GRÁFICO Nº 6.11

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON ADITIVO AL 1 % Vs. EDAD PARA RELACIONES $a/c=0.40, 0.45$ Y 0.50 INICIALES

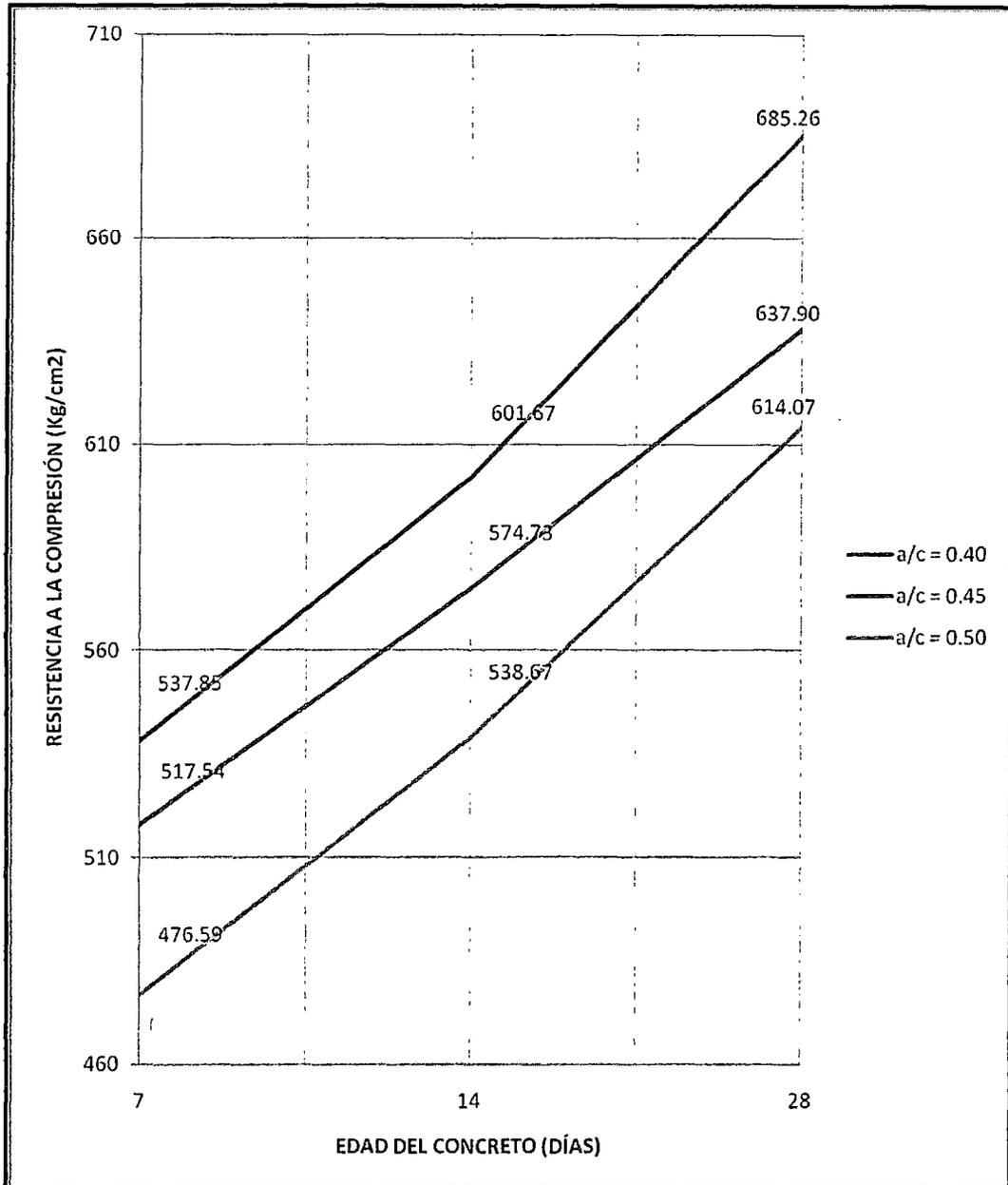


GRÁFICO Nº 6.12

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON ADITIVO AL 2 % Vs. EDAD PARA RELACIONES $a/c=0.40, 0.45$ Y 0.50 INICIALES

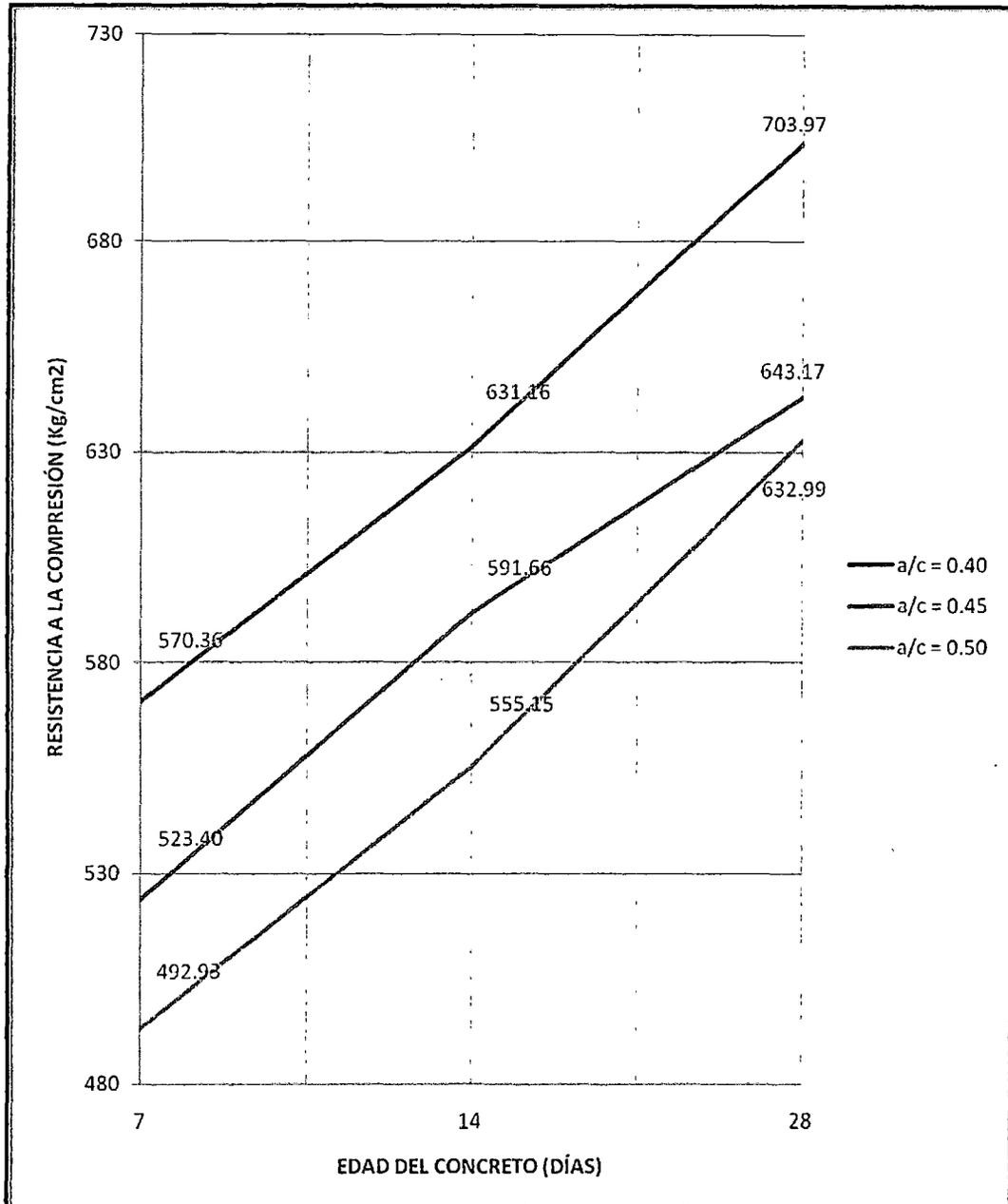


GRÁFICO N° 6.13

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON ADITIVO Vs. EDAD DEL CONCRETO RELACION $a/c=0.40$

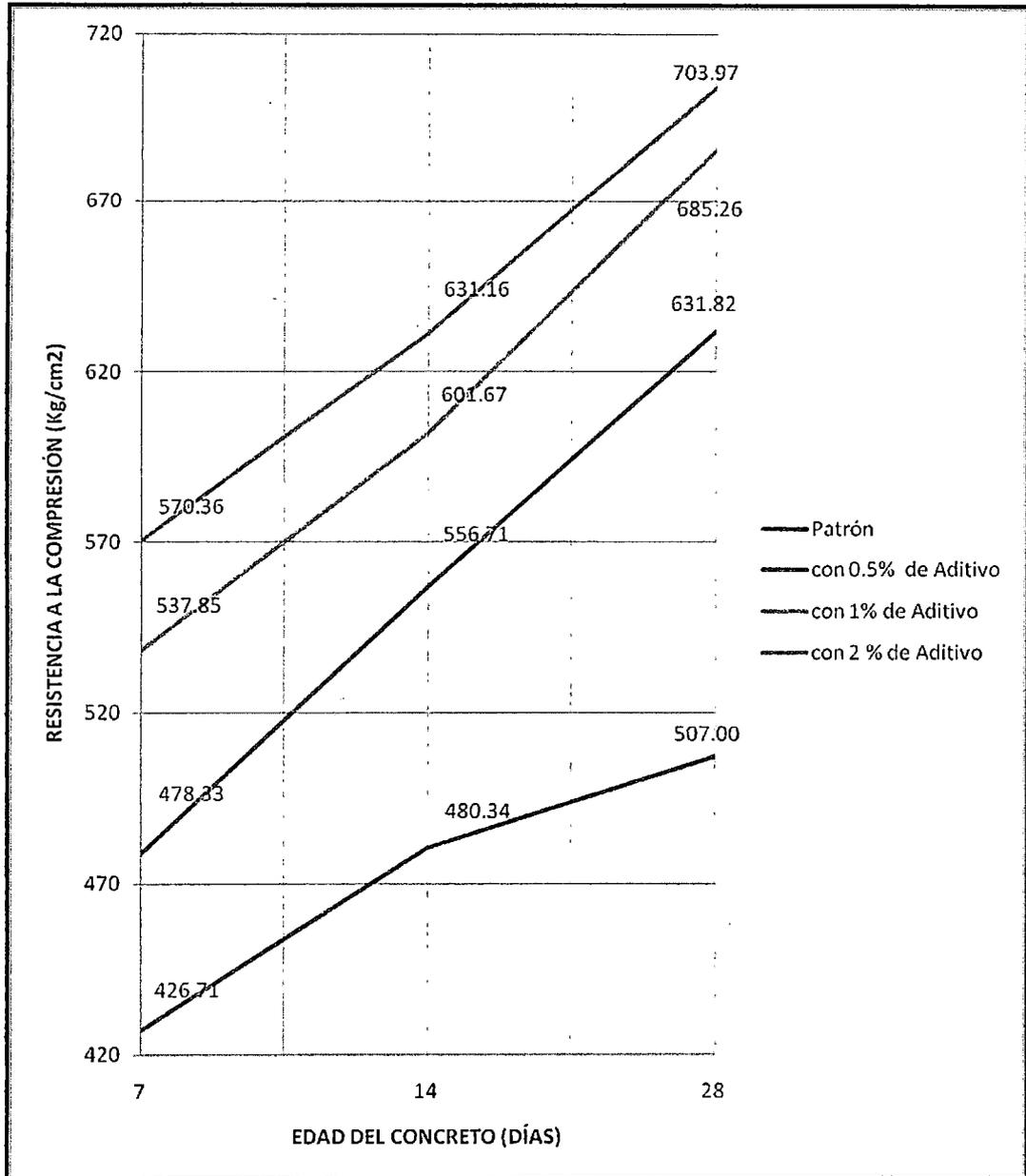


GRÁFICO Nº 6.14

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON ADITIVO Vs. EDAD DEL CONCRETO RELACION $a/c=0.45$

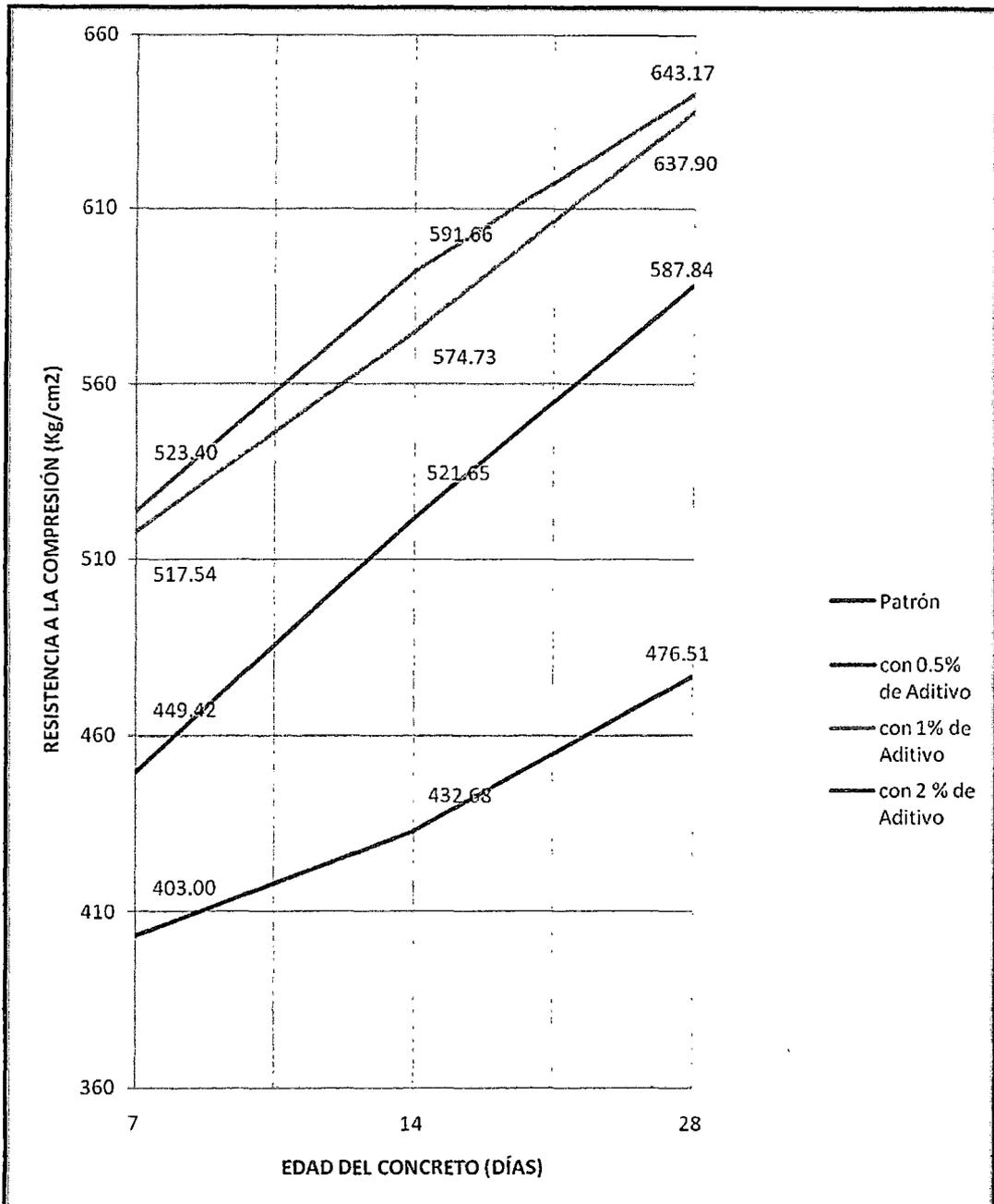


GRÁFICO Nº 6.15

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON ADITIVO Vs. EDAD DEL CONCRETO RELACION $a/c=0.50$

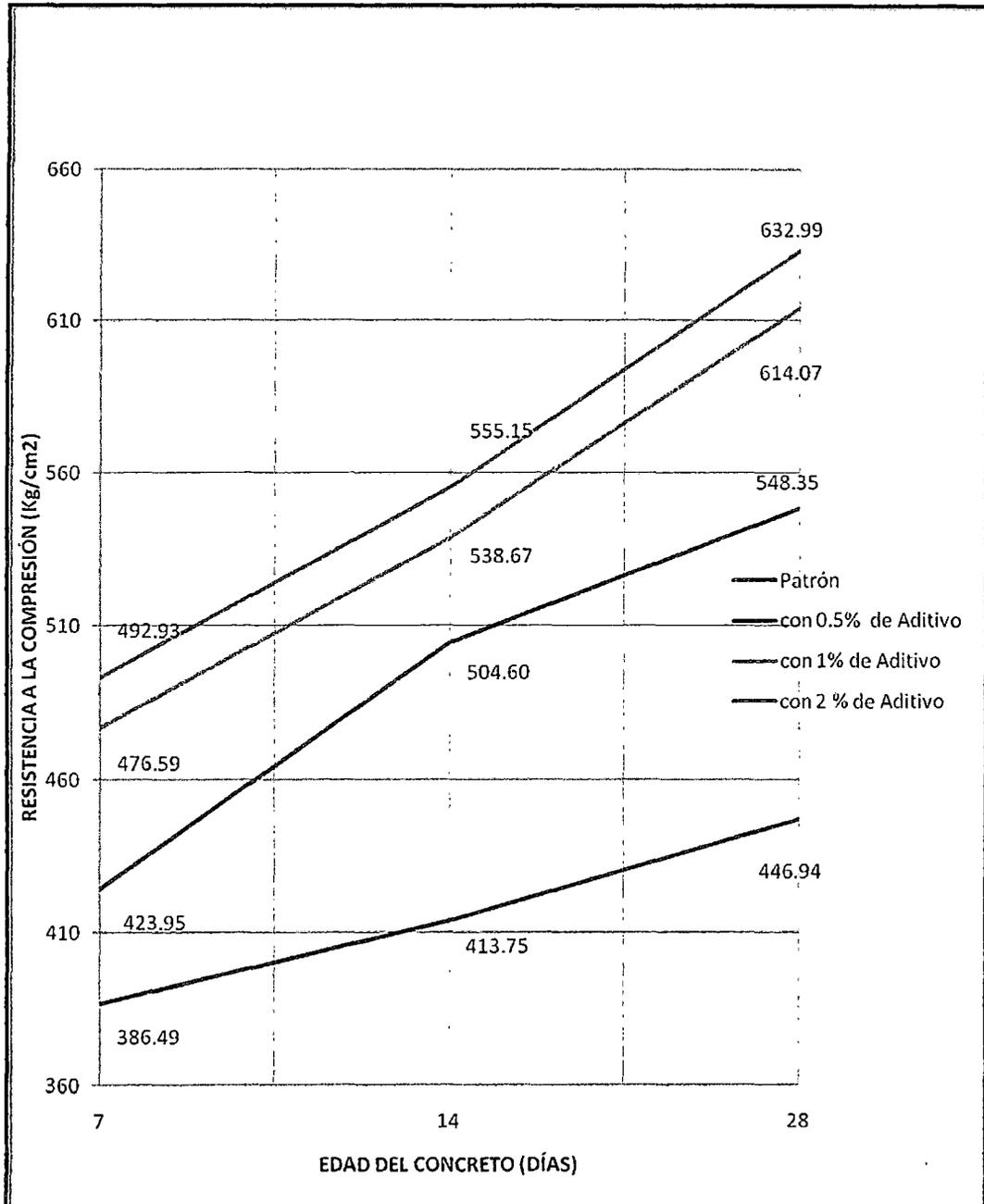


GRÁFICO N° 6.16

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DIAS
VS. DOSIFICACION DEL ADITIVO

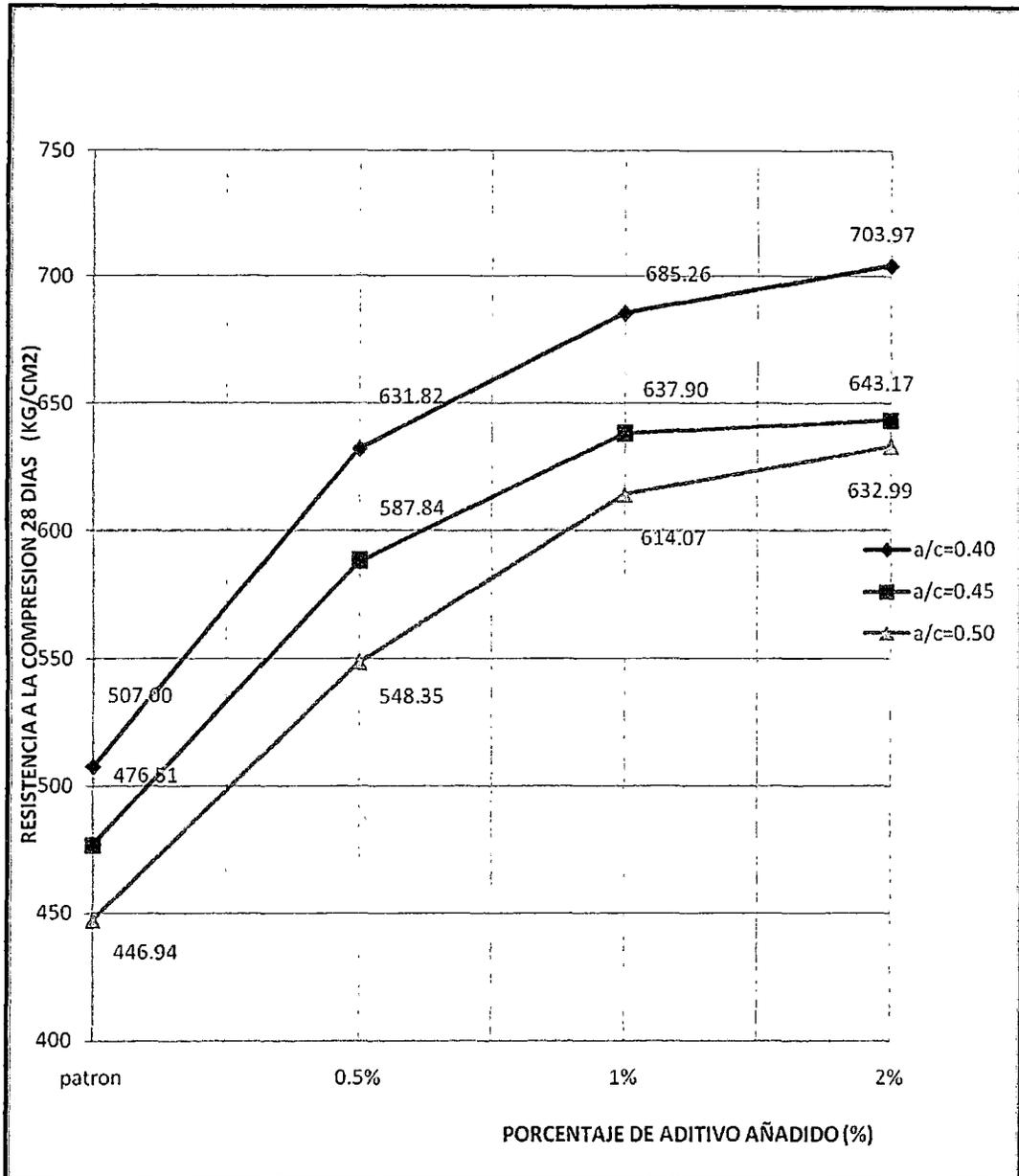
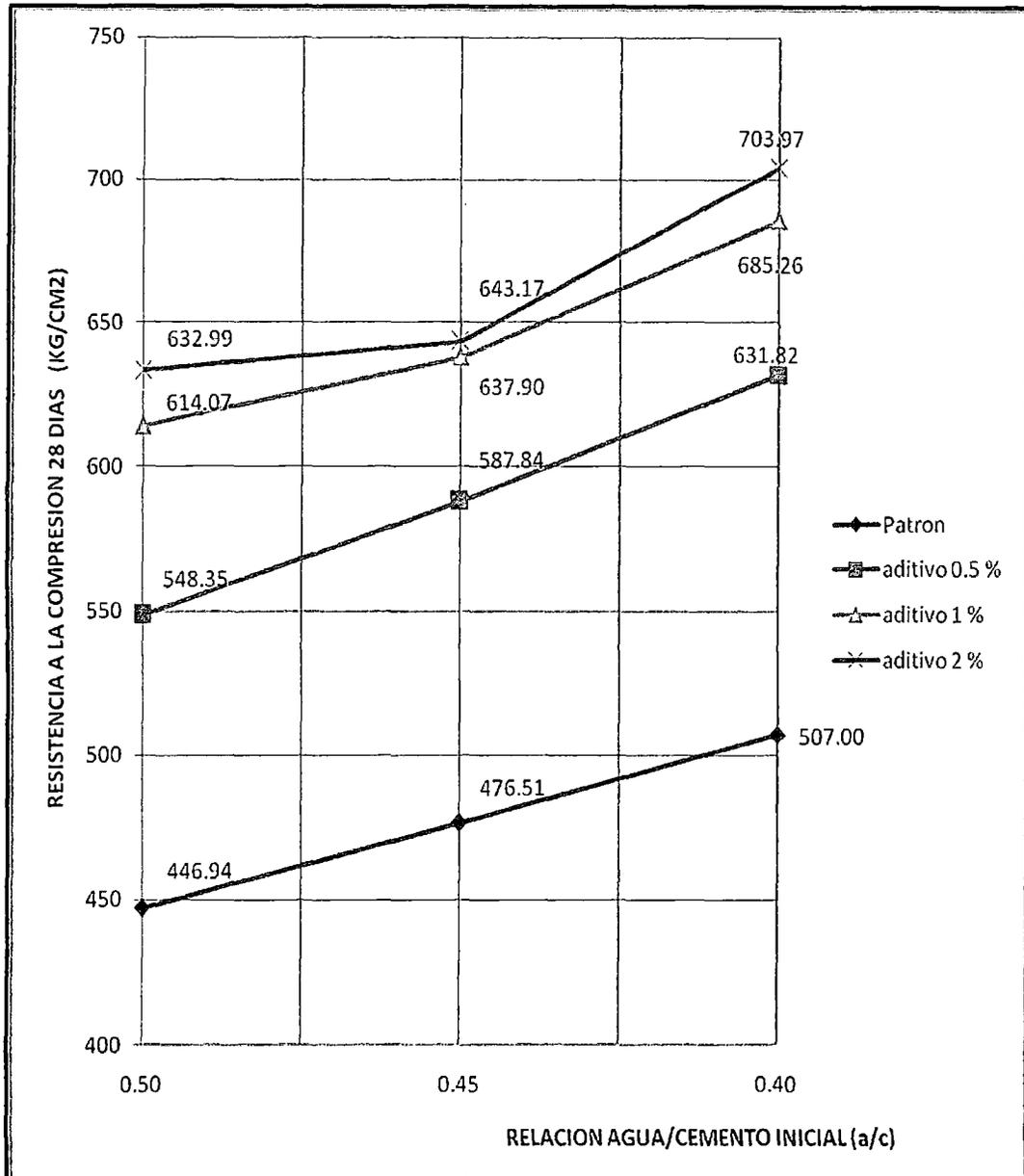


GRÁFICO Nº 6.17

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DIAS
VS. RELACION a/c INICIAL



CUADRO N° 6.16

RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL DEL CONCRETO

Relación a/c inicial	MEZCLA	ADITIVO	DOSIFICACIÓN	TRACCION (KG/CM ²)
			DE ADITIVO (%)	EDAD (días) 28
0.40	PATRÓN	SIKA VISCOCRETE 3330	0%	42.68
	PATRON + 0.5 % Aditivo		0.5%	46.75
	PATRON + 1 % Aditivo		1%	51.68
	PATRON + 2 % Aditivo		2%	55.75
0.45	PATRÓN		0%	41.32
	PATRON + 0.5 % Aditivo		0.5%	45.52
	PATRON + 1 % Aditivo		1%	52.39
	PATRON + 2 % Aditivo		2%	54.27
0.50	PATRÓN		0%	38.21
	PATRON + 0.5 % Aditivo		0.5%	42.35
	PATRON + 1 % Aditivo		1%	42.73
	PATRON + 2 % Aditivo		2%	47.90

Fuente: elaboración propia

Cemento Portland tipo I "SOL" de Cementos Lima.

Agregado fino – arena de la Cantera Trapiche.

Agregado grueso - piedra chancada de la Cantera La Gloria.

Aditivo: Sika Viscocrete 3330 - Superplastificante de alto rango.

Dosificaciones del aditivo: 0.5 %, 1% y 2 %

Los datos y cálculos realizados se encuentran en el Anexo D (Resultado de los ensayos del concreto endurecido), que forma parte de la presente tesis de investigación.

GRÁFICO Nº 6.18

RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL Vs. DOSIFICACION DEL ADITIVO

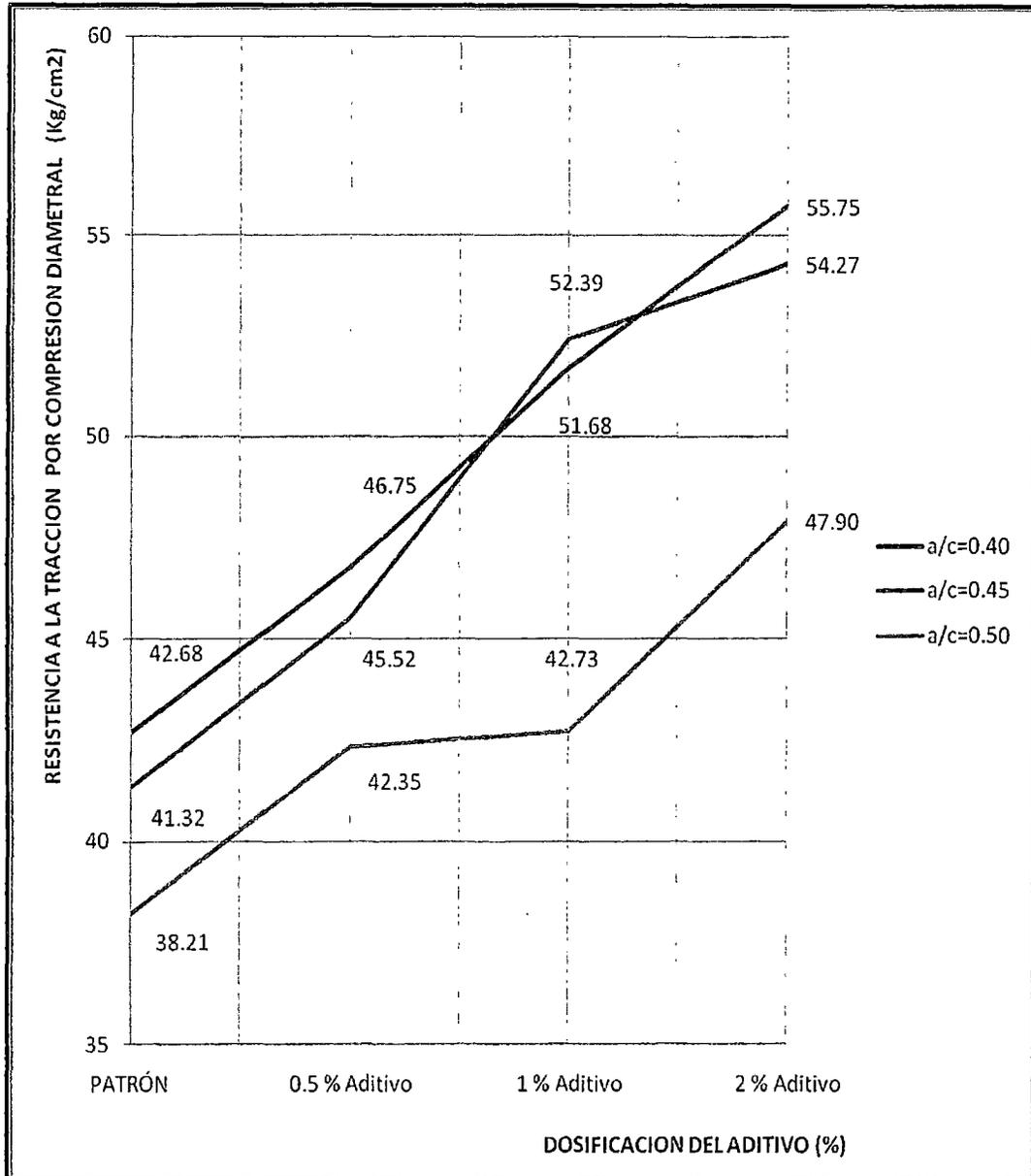
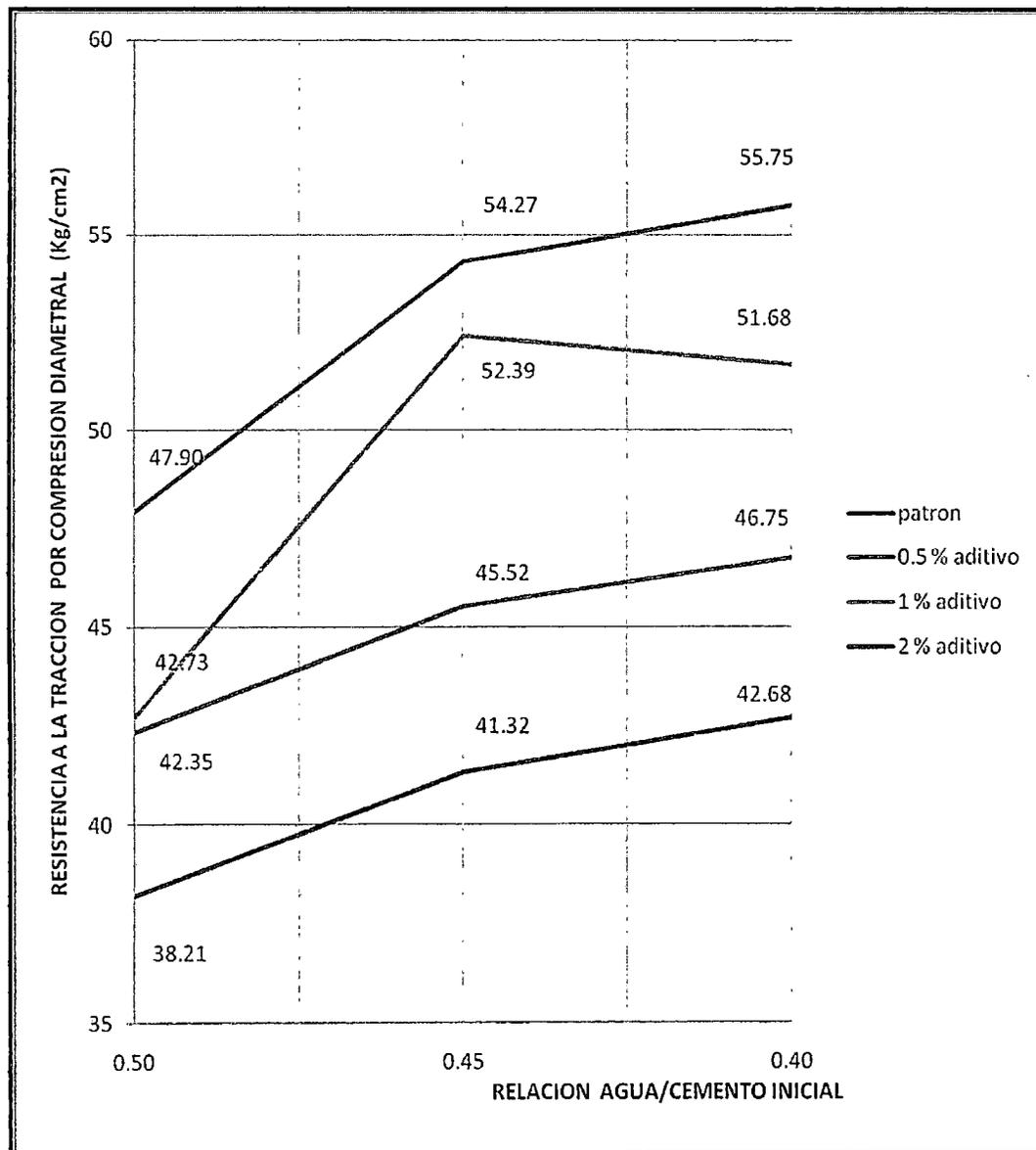


GRÁFICO Nº 6.19

RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN
 DIAMETRAL Vs. RELACION a/c INICIAL



CUADRO Nº 6.17

CUADRO COMPARATIVO DEL PORCENTAJE DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON RESPECTO AL CONCRETO PATRÓN A LOS 7, 14 Y 28 DÍAS

Relación a/c inicial	ADITIVO	DOSIFICACIÓN DE ADITIVO (%)	PORCENTAJE EXPRESADO CON RESPECTO AL CONCRETO PATRÓN (%)		
			EDAD (días)		
			7	14	28
0.40	SIKA VISCOCRETE 3330	0%	100.00	100.00	100.00
		0.5%	112.10	115.90	124.62
		1%	126.05	125.26	135.16
		2%	133.66	131.40	138.85
0.45		0%	100.00	100.00	100.00
		0.5%	111.52	120.56	123.36
		1%	128.42	132.83	133.87
		2%	129.87	136.74	134.97
0.50		0%	100.00	100.00	100.00
		0.5%	109.69	121.96	122.69
		1%	123.31	130.19	137.39
		2%	127.54	134.17	141.63

Fuente: elaboración propia

CUADRO Nº 6.18

**CUADRO COMPARATIVO DEL PORCENTAJE DE LA RESISTENCIA
A LA COMPRESIÓN CON RESPECTO AL CONCRETO PATRÓN
A LA EDAD DE 28 DÍAS**

Relación a/c inicial	ADITIVO	DOSIFICACIÓN DE ADITIVO (%)	PORCENTAJE EXPRESADO CON RESPECTO AL CONCRETO PATRÓN (%)		
			EDAD (días)		
			7	14	28
0.40	SIKA VISCOCRETE 3330	0%	84.16	94.74	100.00
		0.5%	94.35	109.80	124.62
		1%	106.08	118.67	135.16
		2%	112.50	124.49	138.85
0.45		0%	84.57	90.80	100.00
		0.5%	94.31	109.47	123.36
		1%	108.61	120.61	133.87
		2%	109.84	124.16	134.97
0.50		0%	86.48	92.57	100.00
		0.5%	94.86	112.90	122.69
		1%	106.63	120.52	137.39
		2%	110.29	124.21	141.63

Fuente: elaboración propia

CUADRO N° 6.19

CUADRO COMPARATIVO DEL PORCENTAJE DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON RESPECTO AL CONCRETO PATRÓN Y CON ADITIVO A LOS 28 DÍAS

Relación a/c inicial	ADITIVO	DOSIFICACIÓN DE ADITIVO (%)	PORCENTAJE EXPRESADO CON RESPECTO AL CONCRETO A LOS 28 DIAS (%)		
			EDAD (días)		
			7	14	28
0.40	SIKA VISCOCRETE 3330	0%	84.16	94.74	100.00
		0.5%	75.71	88.11	100.00
		1%	78.49	87.80	100.00
		2%	81.02	89.66	100.00
0.45		0%	84.57	90.80	100.00
		0.5%	76.45	88.74	100.00
		1%	81.13	90.10	100.00
		2%	81.38	91.99	100.00
0.50		0%	86.48	92.57	100.00
		0.5%	77.31	92.02	100.00
		1%	77.61	87.72	100.00
		2%	77.87	87.70	100.00

Fuente: elaboración propia

CUADRO N° 6.20

CUADRO COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL CON RESPECTO AL CONCRETO PATRÓN A LOS 28 DÍAS

Relación a/c inicial	ADITIVO	DOSIFICACIÓN	TRACCIÓN (KG/CM ²)	PORCENTAJE EXPRESADO CON RESPECTO AL CONCRETO PATRÓN (%)	INCREMENTO (%)
		DE ADITIVO (%)	EDAD (días)	EDAD (días)	
			28	28	
0.40	SIKA VISCOCRETE 3330	0%	42.68	100.00	0%
		0.5%	46.75	109.52	9.5%
		1%	51.68	121.08	21.1%
		2%	55.75	130.61	30.6%
0.45		0%	41.32	100.00	0%
		0.5%	45.52	110.17	10.2%
		1%	52.39	126.81	26.8%
		2%	54.27	131.34	31.3%
0.50		0%	38.21	100.00	0%
		0.5%	42.35	110.84	10.8%
		1%	42.73	111.83	11.8%
		2%	47.90	125.38	25.4%

Fuente: elaboración propia

CAPITULO VII

ANALISIS COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS

En este capítulo se analizan y comparan los resultados obtenidos en la presente tesis de investigación. Cabe recordar que la totalidad de los ensayos de laboratorio, tanto al concreto en estado fresco, como en el estado endurecido, fueron realizados en concordancia con las Normas Técnicas Peruanas (NTP).

El cemento utilizado en la tesis de investigación, es el Cemento Portland Tipo I, "Sol" producida por Cementos Lima S.A., que tiene propiedades físicas y químicas que cumplen con las normas NTP y ASTM C-150.

El agregado fino empleado, tiene una textura semi angular rugoso, provino de la cantera "Trapiche" del Rio Chillón ubicada en el distrito de Comas, y presenta una granulometría concordante con la norma NTP 400.012.

Los resultados obtenidos en los ensayos al agregado fino son: peso específico de masa de 2.57 gr/cm^3 , Porcentaje de Absorción de 0.70%, Peso Unitario Suelto de 1.73 gr/cm^3 , Peso Unitario Compactado de 1.93 gr/cm^3 , Contenido de Humedad de 1.63%, modulo de finura de 3.14 y cantidad que pasa la malla No 200 de 2.56%.

El agregado grueso, tiene una textura angular rugoso, provino de la cantera "La Gloria" ubicada en el distrito de Vitarte, y presenta una granulometría concordante con la norma NTP 400.012.

Los resultados obtenidos en los ensayos al agregado grueso son: peso específico de masa de 2.70 gr/cm^3 , Porcentaje de Absorción de 0.87%, Peso Unitario Suelto de 1.32 gr/cm^3 , Peso Unitario Compactado de 1.50 gr/cm^3 y Contenido de Humedad de 0.37%.

Para el diseño de mezclas usamos el método del agregado global, los agregados una vez mezclados deben tener una gradación de partículas uniforme, debiendo estar entre los límites propuestos por curva teórica de usos totales Huso Din 1045 para agregados globales.

Por el método del peso unitario compactado se determino la combinación optima de los agregados Cuadro N°1.17, y luego del ensayo a la compresión a los 7 días que se aprecia en el Grafico N°1.1, se decide que los porcentajes para el agregado global es de 48% para el agregado fino y 52% para el agregado grueso.

La granulometría de la combinación del agregado fino y grueso se observa en el Cuadro N°1.16, donde predomina el agregado grueso en los tamices de 3/4" y 1/2", así mismo se determino que el módulo de finura del agregado global para la combinación óptima de agregados es de 5.41.

La inclusión del aditivo superplastificante de alto rango y de tercera generación, denominado **Sika Viscocrete 3330**, fabricado por Sika Perú S.A., en la mezcla ha permitido reducir la cantidad de agua para las relaciones agua/cemento= 0.40, 0.45 y 0.50.

Para correlacionar los diseños de concreto con aditivo respecto a los diseños de concreto patrón, se utilizo el ensayo de consistencia, reduciéndose la cantidad de agua de las mezclas con aditivo, hasta obtener un asentamiento dentro del rango de 3" a 4".

Por causa de la reducción de agua en las mezclas con aditivo, la relación de agua/cemento inicial varía obteniéndose una relación de agua/cemento final con valores menores de agua/cemento, como se puede ver en los Cuadros N° 3.9, 3.10 y 3.11.

En la presente tesis de investigación se ejecutaran los diversos ensayos, tanto al estado fresco como al estado endurecido con la relación agua/cemento final, que es la resultante del recálculo de los pesos de los elementos tras la reducción de agua por efecto del aditivo.

Por practicidad y a efectos de evitar confusiones se mantendrán las relaciones agua/cemento iniciales en todos los enunciados de la presente tesis de investigación.

7.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS AL ESTADO FRESCO

Se evalúa el comportamiento del concreto fresco observando, comparando y analizando las características y sus propiedades.

A continuación se analizara cada ensayo al concreto fresco, la consistencia, el peso unitario, el tiempo de fraguado inicial y final, el porcentaje de exudación y el porcentaje de fluidez.

Los resultados son tomados del Capítulo VI. Los cálculos que se realizaron en las diferentes propiedades al concreto en estado fresco, los encontramos en el Anexo C - Resultados de los ensayos del concreto fresco de la presente tesis de investigación.

7.1.1 CONSISTENCIA DEL CONCRETO FRESCO

Mediante este ensayo se verifica la trabajabilidad de las diferentes mezclas de concreto. Se busca siempre obtener un concreto trabajable con la intención de usar estos diseños en obras de carácter general, por eso se busco asentamientos de 3" a 4".

Para los diseños con la inclusión del aditivo superplastificante **Sika Viscocrete 3330**, se redujo la cantidad de agua de mezclado hasta obtener el asentamiento nombrado en el párrafo anterior.

Se trabajo las 03 relaciones iniciales de $a/c=0.40$, 0.45 y 0.50 , como consecuencia de la reducción de agua en las mezclas con aditivo, las relaciones a/c variaron, sin embargo las comparaciones se hacen considerando la denominación de a/c inicial, los resultados aparecen en los Cuadros N° 6.2, 6.8 y en los Gráficos N° 6.1, 6.2 del Capítulo VI de la presente tesis de investigación.

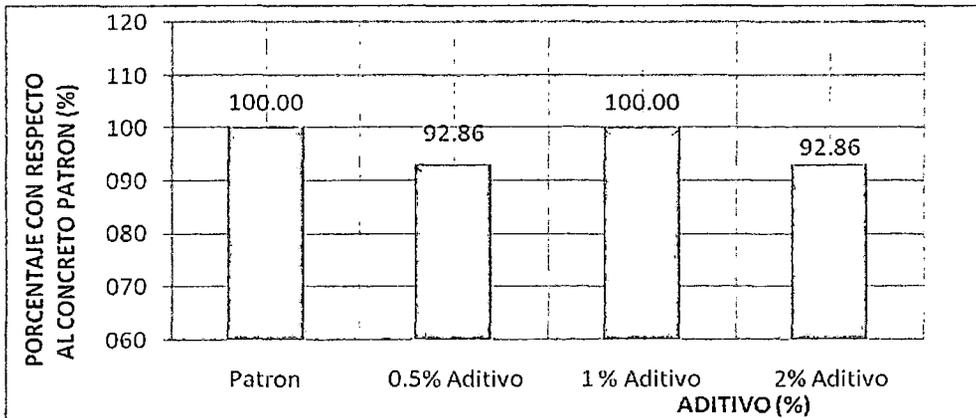
7.1.1.1 PARA LA RELACION a/c = 0.40

CUADRO N° 7.1
VARIACION PORCENTUAL DE LA CONSISTENCIA PARA a/c=0.40

Relación a/c inicial	Dosificación de Aditivo	Reducción de Agua (%)	Asentamiento (pulg)	Porcentaje con respecto al Patrón (%)	Variación Porcentual (%)
0.40	Patrón	0.00	3 1/2"	100.00	0.00
	0.5% Aditivo	12.46	3 1/4"	92.86	-7.14
	1 % Aditivo	14.20	3 1/2"	100.00	0.00
	2% Aditivo	19.35	3 1/4"	92.86	-7.14

Fuente: elaboración propia

GRÁFICO N° 7.1



Del Cuadro N° 7.1 y del Gráfico N° 7.1 se aprecia:

Del Concreto Patrón:

- Se obtuvo un asentamiento de 3 1/2" que tomamos como el 100.00%.

Del Concreto Patrón + 0.5% Aditivo:

- Se redujo el agua en 12.46% y se obtuvo un asentamiento de 3 1/4" que representa el 92.86% con respecto al concreto patrón, bajando el 7.14%.

Del Concreto Patrón + 1% Aditivo:

- Se redujo el agua en 14.20% y se obtuvo un asentamiento de 3 1/2" que representa el 100.00% con respecto al concreto patrón.

Del Concreto Patrón + 2% Aditivo:

- Se redujo el agua en 19.35% y se obtuvo un asentamiento de 3 1/4" que representa el 92.86% con respecto al concreto patrón, bajando el 7.14%.

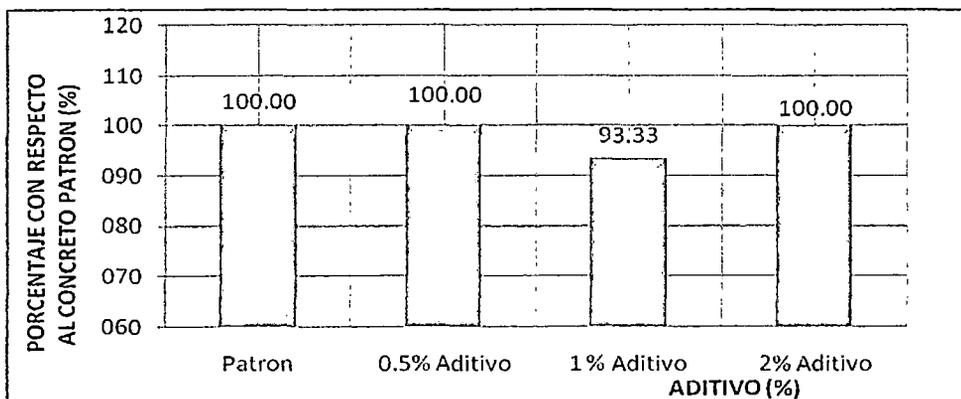
7.1.1.2 PARA LA RELACION a/c = 0.45

CUADRO N° 7.2
VARIACION PORCENTUAL DE LA CONSISTENCIA PARA a/c=0.45

Relación a/c inicial	Dosificación de Aditivo	Reducción de Agua (%)	Asentamiento (pulg)	Porcentaje con respecto al Patrón (%)	Variación Porcentual (%)
0.45	Patrón	0.00	3 3/4"	100.00	0.00
	0.5% Aditivo	17.51	3 3/4"	100.00	0.00
	1 % Aditivo	21.05	3 1/2"	93.33	-6.67
	2% Aditivo	26.44	3 3/4"	100.00	0.00

Fuente: elaboración propia

GRÁFICO N° 7.2



Del Cuadro N° 7.2 y del Gráfico N° 7.2 se aprecia:

Del Concreto Patrón:

- Se obtuvo un asentamiento de 3 3/4" " que tomamos como el 100.00%.

Del Concreto Patrón + 0.5% Aditivo:

- Se redujo el agua en 17.51% y se obtuvo un asentamiento de 3 3/4" " que representa el 100.00% con respecto al concreto patrón.

Del Concreto Patrón + 1% Aditivo:

- Se redujo el agua en 21.05% y se obtuvo un asentamiento de 3 1/2" que representa el 93.33% con respecto al concreto patrón, bajando el 6.67%.

Del Concreto Patrón + 2% Aditivo:

- Se redujo el agua en 26.44% y se obtuvo un asentamiento de 3 3/4" " que representa el 100.00% con respecto al concreto patrón.

7.1.1.3 PARA LA RELACION a/c = 0.50

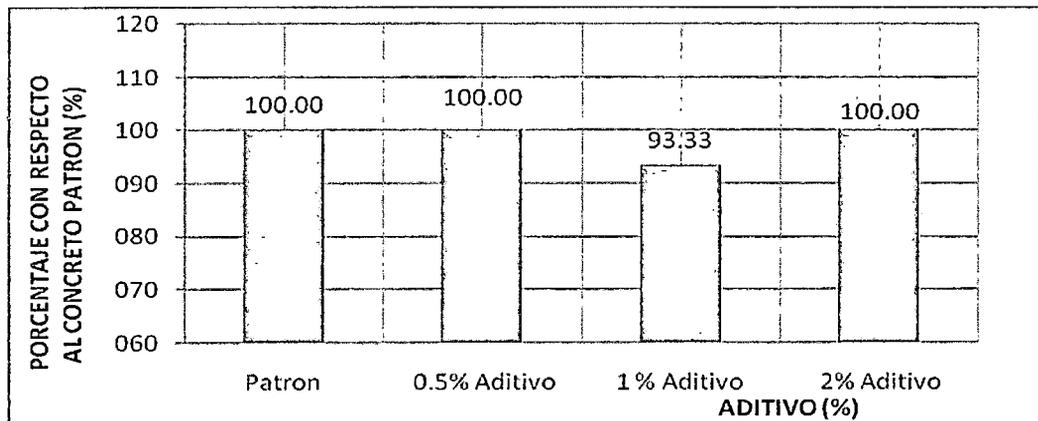
CUADRO N° 7.3

VARIACION PORCENTUAL DE LA CONSISTENCIA PARA a/c=0.50

Relación a/c inicial	Dosificación de Aditivo	Reducción de Agua (%)	Asentamiento (pulg)	Porcentaje con respecto al Patrón (%)	Variación Porcentual (%)
0.50	Patrón	0.00	3 3/4"	100.00	0.00
	0.5% Aditivo	24.67	3 3/4"	100.00	0.00
	1 % Aditivo	25.66	3 1/2"	93.33	-6.67
	2% Aditivo	30.40	3 3/4"	100.00	0.00

Fuente: elaboración propia

GRÁFICO N° 7.3



Del Cuadro N° 7.3 y del Gráfico N° 7.3 se aprecia:

Del Concreto Patrón:

- Se obtuvo un asentamiento de 3 3/4" " que tomamos como el 100.00%.

Del Concreto Patrón + 0.5% Aditivo:

- Se redujo el agua en 26.47% y se obtuvo un asentamiento de 3 3/4" " que representa el 100.00% con respecto al concreto patrón.

Del Concreto Patrón + 1% Aditivo:

- Se redujo el agua en 25.66% y se obtuvo un asentamiento de 3 1/2" " que representa el 93.33% con respecto al concreto patrón, bajando el 6.67%.

Del Concreto Patrón + 2% Aditivo:

- Se redujo el agua en 30.40% y se obtuvo un asentamiento de 3 3/4" " que representa el 100.00% con respecto al concreto patrón.

De los cuadros y gráficos anteriores podemos concluir que la inclusión en la mezcla del aditivo superplastificante **Sika Viscocrete 3330** en sus diferentes proporciones, permite reducciones del agua de mezcla de hasta un 30.4%, para un asentamiento del 3" a 4", y le da al concreto fresco una buena trabajabilidad.

7.1.2 PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO

Con la ejecución del ensayo de peso unitario obtenemos el peso compactado del concreto fresco que ocupa un volumen unitario, su importancia radica en que nos permite determinar la cantidad de los elementos de la mezcla y su rendimiento.

Los resultados se pueden ver en los Cuadros N° 6.3, 6.9 y los Gráficos N° 6.3, 6.4 del Capítulo VI de la presente tesis de investigación.

7.1.2.1 PARA LA RELACION $a/c = 0.40$

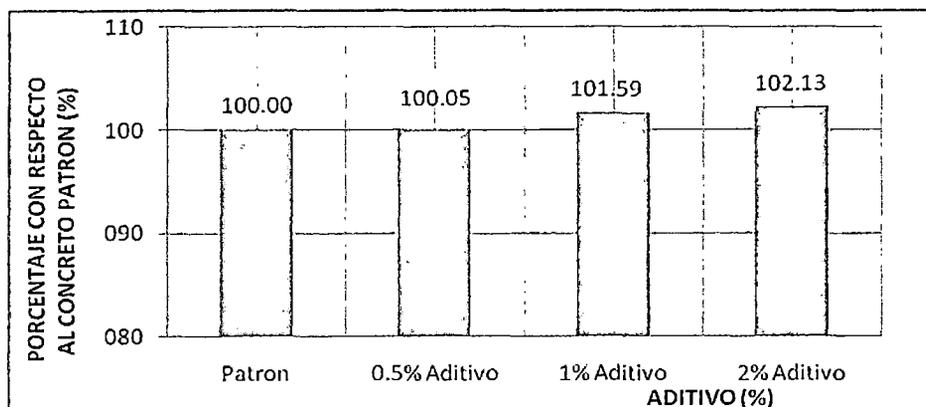
CUADRO N° 7.4

VARIACION PORCENTUAL DEL PESO UNITARIO PARA $a/c=0.40$

Relación a/c inicial	Mezcla	Peso Unitario (kg/m ³)	Porcentaje con respecto al Patrón (%)	Variación Porcentual (%)
$a/c = 0.40$	Patrón	2,245.67	100.00	0.00
	0.5% Aditivo	2,246.69	100.05	0.05
	1% Aditivo	2,281.35	101.59	1.59
	2% Aditivo	2,293.58	102.13	2.13

Fuente: elaboración propia

GRÁFICO N° 7.4



Del Cuadro N° 7.4 y del Gráfico N° 7.4 se aprecia:

Del Concreto Patrón:

- El concreto patrón tiene un peso unitario de 2,245.67 Kg/m³, será asumido como el 100%.

Del Concreto Patrón + 0.5% Aditivo:

- Se obtuvo un peso unitario de 2,246.69 Kg/m³, aumentando 1.02 Kg/m³ que representa un incremento del 0.5%.

Del Concreto Patrón + 1% Aditivo:

- Se obtuvo un peso unitario de 2,281.35 Kg/m³, aumentando 35.68 Kg/m³ que representa un incremento del 1.59%.

Del Concreto Patrón + 2% Aditivo:

- Se obtuvo un peso unitario de 2,293.58 Kg/m³, aumentando 47.91 Kg/m³ que representa un incremento del 2.13%.

7.1.2.2 PARA LA RELACION a/c = 0.45

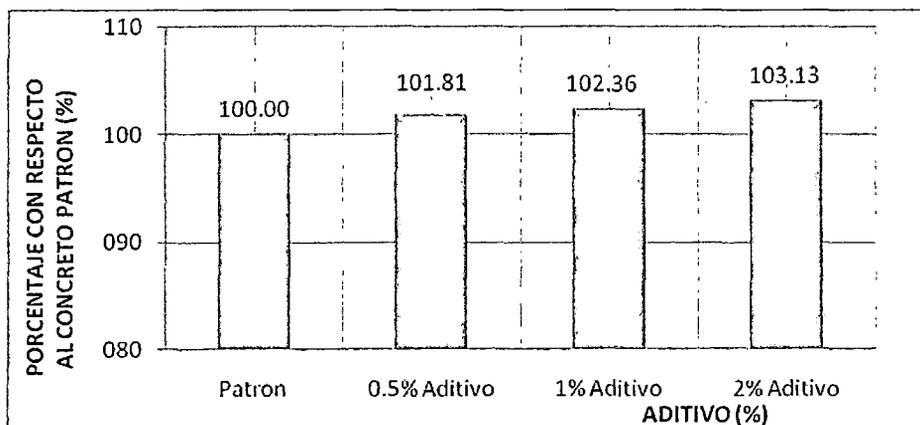
CUADRO N° 7.5

VARIACION PORCENTUAL DEL PESO UNITARIO PARA a/c=0.45

Relación a/c inicial	Mezcla	Peso Unitario (kg/m ³)	Porcentaje con respecto al Patrón (%)	Variación Porcentual (%)
a/c = 0.45	Patrón	2,250.76	100.00	0.00
	0.5% Aditivo	2,291.54	101.81	1.81
	1% Aditivo	2,303.77	102.36	2.36
	2% Aditivo	2,321.10	103.13	3.13

Fuente: elaboración propia

GRÁFICO N° 7.5



Del Cuadro N° 7.5 y del Gráfico N° 7.5 se aprecia:

Del Concreto Patrón:

- El concreto patrón tiene un peso unitario de 2,250.76 Kg/m³, será asumido como el 100%.

Del Concreto Patrón + 0.5% Aditivo:

- Se obtuvo un peso unitario de 2,291.54 Kg/m³, aumentando 40.78 Kg/m³ que representa un incremento del 1.81%.

Del Concreto Patrón + 1% Aditivo:

- Se obtuvo un peso unitario de 2,303.77 Kg/m³, aumentando 53.01 Kg/m³ que representa un incremento del 2.36%.

Del Concreto Patrón + 2% Aditivo:

- Se obtuvo un peso unitario de 2,321.10 Kg/m³, aumentando 70.34 Kg/m³ que representa un incremento del 3.13%.

7.1.2.3 PARA LA RELACION a/c = 0.50

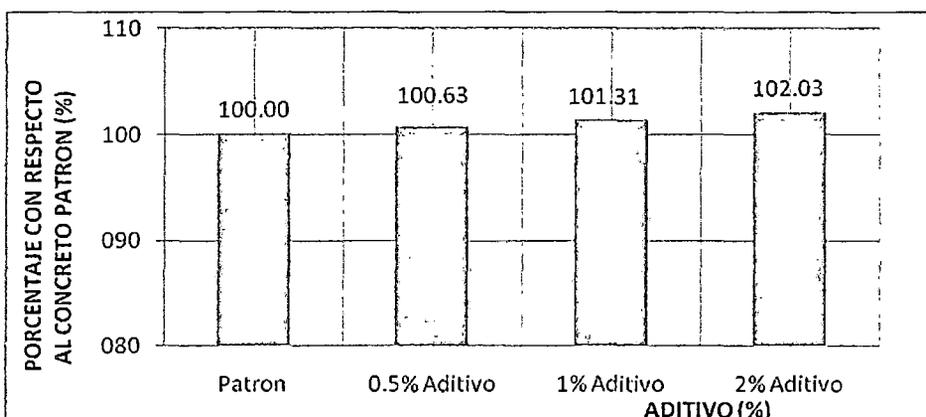
CUADRO N° 7.6

VARIACION PORCENTUAL DEL PESO UNITARIO PARA a/c=0.50

Relación a/c inicial	Mezcla	Peso Unitario (kg/m ³)	Porcentaje con respecto al Patrón (%)	Variación Porcentual (%)
a/c = 0.50	Patrón	2,259.94	100.00	0.00
	0.5% Aditivo	2,274.21	100.63	0.63
	1% Aditivo	2,289.50	101.31	1.31
	2% Aditivo	2,305.81	102.03	2.03

Fuente: elaboración propia

GRÁFICO N° 7.6



Del Cuadro N° 7.6 y del Gráfico N° 7.6 se aprecia:

Del Concreto Patrón:

- El concreto patrón tiene un peso unitario de 2,259.54 Kg/m³, será asumido como el 100%.

Del Concreto Patrón + 0.5% Aditivo:

- Se obtuvo un peso unitario de 2,274.21 Kg/m³, aumentando 14.67 Kg/m³ que representa un incremento del 0.63%.

Del Concreto Patrón + 1% Aditivo:

- Se obtuvo un peso unitario de 2,289.50 Kg/m³, aumentando 29.96 Kg/m³ que representa un incremento del 1.31%.

Del Concreto Patrón + 2% Aditivo:

- Se obtuvo un peso unitario de 2,305.81 Kg/m³, aumentando 46.21 Kg/m³ que representa un incremento del 2.03%.

De todos los resultados obtenidos, en el estudio del peso unitario compactado del concreto fresco podemos señalar, que la adición del aditivo superplastificante **Sika Viscocrete 3330**, produce el aumento del peso unitario, y este se incrementa en función al aumento del aditivo incorporado.

El aumento del peso unitario se da a pesar de que conforme se aumente mayor dosificación de aditivo, la reducción del agua es mayor, esto sucede por que el espacio que era ocupado por el agua, pasa a ser ocupado por materiales de mayor peso específico como el cemento y los agregados.

7.1.3 TIEMPO DE FRAGUADO

7.1.3.1 TIEMPO DE FRAGUADO INICIAL DEL CONCRETO FRESCO

El objetivo del ensayo de Tiempo de Fraguado es determinar los tiempos de fraguado del concreto fresco, en el caso del fraguado inicial este se da por definición en cuanto el concreto alcanza una resistencia inicial de 500 lb/pulg² (35 Kg/cm²) del ensayo efectuado.

Los resultados de los ensayos se encuentran a detalle en los Cuadros N° 6.4, 6.10 y en el Gráfico N° 6.5 del Capítulo VI de la presente tesis de investigación.

7.1.3.1.1 PARA LA RELACIÓN a/c = 0.40

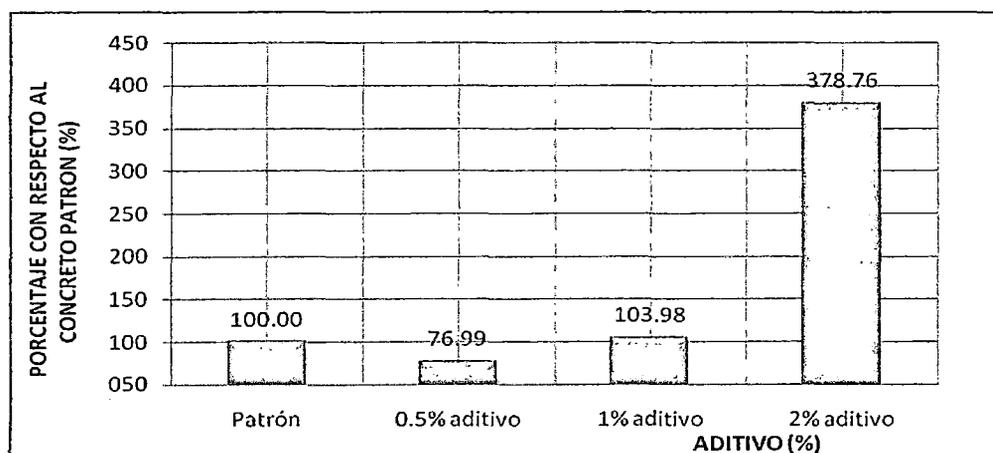
CUADRO N° 7.7

VARIACION PORCENTUAL TIEMPO DE FRAGUA INICIAL PARA a/c=0.40

Relación a/c inicial	Dosificación De aditivo (%)	Fraguado Inicial (h:m)	Porcentaje con respecto al Patrón (%)	Variación Porcentual (%)
0.40	Patrón	3:46	100.00	0.00
	0.5% aditivo	2:54	76.99	-23.01
	1% aditivo	3:55	103.98	3.98
	2% aditivo	14:16	378.76	278.76

Fuente: elaboración propia

GRÁFICO N° 7.7



Del Cuadro N° 7.7 y del Gráfico N° 7.7 se aprecia:

Del Concreto Patrón:

- Para el concreto patrón se obtuvo un tiempo de fraguado inicial de 3h 46m, será asumido como el 100%.

Del Concreto Patrón + 0.5% Aditivo:

- Se obtuvo un tiempo de fraguado inicial de 2h 54m, disminuyendo en 52m, que representa una reducción del 23.10%.

Del Concreto Patrón + 1% Aditivo:

- Se obtuvo un tiempo de fraguado inicial de 3h 55m, aumentando 9m que representa un incremento del 3.98%.

Del Concreto Patrón + 2% Aditivo:

- Se obtuvo un tiempo de fraguado inicial de 14h 16m, aumentando 10h 30m que representa un incremento del 278.76%.

7.1.3.1.2 PARA LA RELACIÓN a/c = 0.45

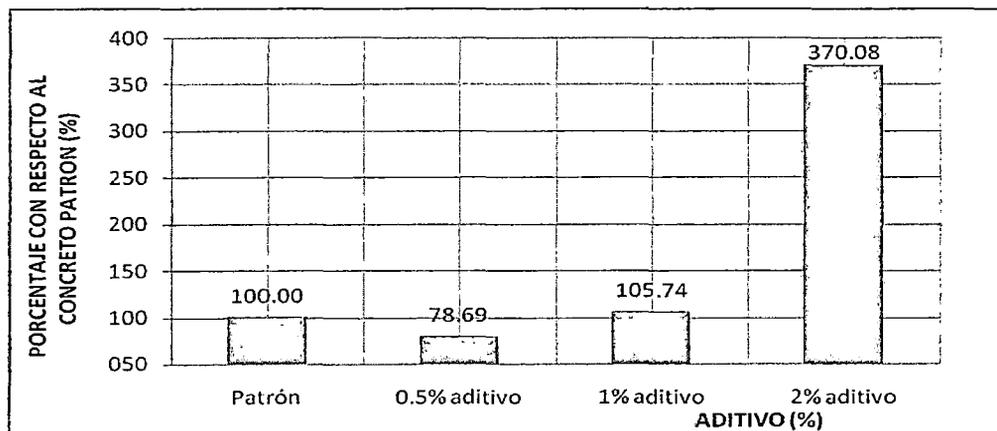
CUADRO N° 7.8

VARIACION PORCENTUAL TIEMPO DE FRAGUA INICIAL PARA a/c=0.45

Relación a/c inicial	Dosificación De aditivo (%)	Fraguado Inicial (h:m)	Porcentaje con respecto al Patrón (%)	Variación Porcentual (%)
0.45	Patrón	4:04	100.00	0.00
	0.5% aditivo	3:12	78.69	-21.31
	1% aditivo	4:18	105.74	5.74
	2% aditivo	15:03	370.08	270.08

Fuente: elaboración propia

GRÁFICO N° 7.8



Del Cuadro N° 7.8 y del Gráfico N° 7.8 se aprecia:

Del Concreto Patrón:

- Para el concreto patrón se obtuvo un tiempo de fraguado inicial de 4h 4m, será asumido como el 100%.

Del Concreto Patrón + 0.5% Aditivo:

- Se obtuvo un tiempo de fraguado inicial de 3h 12m, disminuyendo en 52m, que representa una reducción del 21.31%.

•

Del Concreto Patrón + 1% Aditivo:

- Se obtuvo un tiempo de fraguado inicial de 4h 18m, aumentando 14m que representa un incremento del 5.74%.

Del Concreto Patrón + 2% Aditivo:

- Se obtuvo un tiempo de fraguado inicial de 15h 03m, aumentando 10h 59m que representa un incremento del 270.08%.

7.1.3.1.3 PARA LA RELACIÓN a/c = 0.50

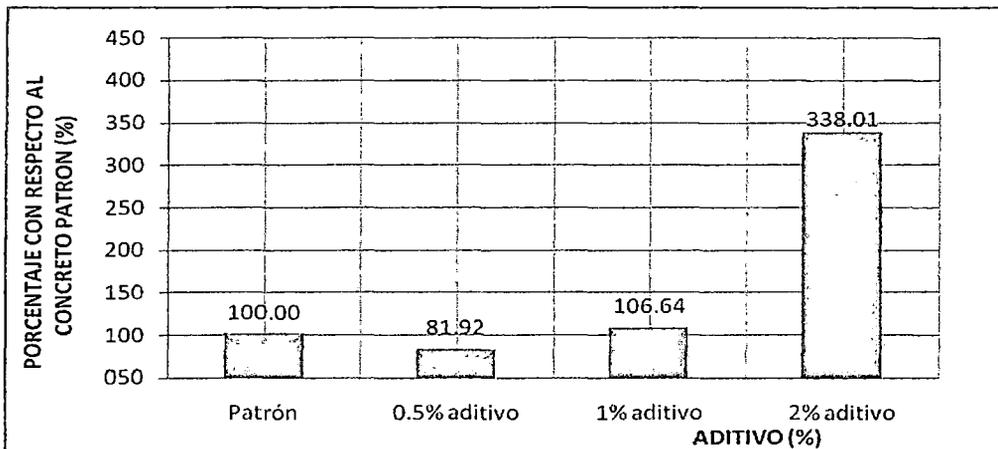
CUADRO N° 7.9

VARIACION PORCENTUAL TIEMPO DE FRAGUA INICIAL PARA a/c=0.50

Relación a/c inicial	Dosificación De aditivo (%)	Fraguado Inicial (h:m)	Porcentaje con respecto al Patrón (%)	Variación Porcentual (%)
0.50	Patrón	4:31	100.00	0.00
	0.5% aditivo	3:42	81.92	-18.08
	1% aditivo	4:49	106.64	6.64
	2% aditivo	15:16	338.01	238.01

Fuente: elaboración propia

GRÁFICO N° 7.9



Del Cuadro N° 7.9 y del Gráfico N° 7.9 se aprecia:

Del Concreto Patrón:

- Para el concreto patrón se obtuvo un tiempo de fraguado inicial de

4h 31m, será asumido como el 100%.

Del Concreto Patrón + 0.5% Aditivo:

- Se obtuvo un tiempo de fraguado inicial de 3h 42m, disminuyendo en 49m, que representa una reducción del 18.08%.

Del Concreto Patrón + 1% Aditivo:

- Se obtuvo un tiempo de fraguado inicial de 4h 49m, aumentando 18m que representa un incremento del 6.64%.

Del Concreto Patrón + 2% Aditivo:

- Se obtuvo un tiempo de fraguado inicial de 15h 16m, aumentando 10h 45m que representa un incremento del 238.01%.

El tiempo de fraguado inicial se acelera cuando se incluye en la mezcla el aditivo superplastificante **Sika Viscocrete 3330** en una dosificación al 0.5%, y se retarda la fragua inicial con dosificaciones mayores de aditivo, con relación al concreto patrón, llegándose a picos altos de retardo de la fragua inicial al utilizar el aditivo al 2%, Los gráficos de fraguado inicial muestran el aceleramiento y el retardo del tiempo de fraguado con respecto al patrón, donde se ve que se acelera hasta en un 23.01% para la dosificación 0.5% con $a/c=0.40$ y se retarda hasta en un 278.76% para una dosificación del 2% de aditivo para la relación $a/c=0.40$.

7.1.3.2 TIEMPO DE FRAGUADO FINAL DE CONCRETO FRESCO

El objetivo del ensayo de Tiempo de Fraguado es determinar los tiempos de fraguado del concreto fresco, en el caso del fraguado final este se da, por definición en cuanto el concreto alcanza una resistencia de 4000 lb/pulg² (250 Kg/cm²) del ensayo efectuado.

Los resultados de los ensayos se encuentran a detalle en los Cuadros N° 6.5, 6.11 y el Gráfico N° 6.6 del Capítulo VI de la presente tesis de investigación.

7.1.3.2.1 PARA LA RELACIÓN $a/c = 0.40$

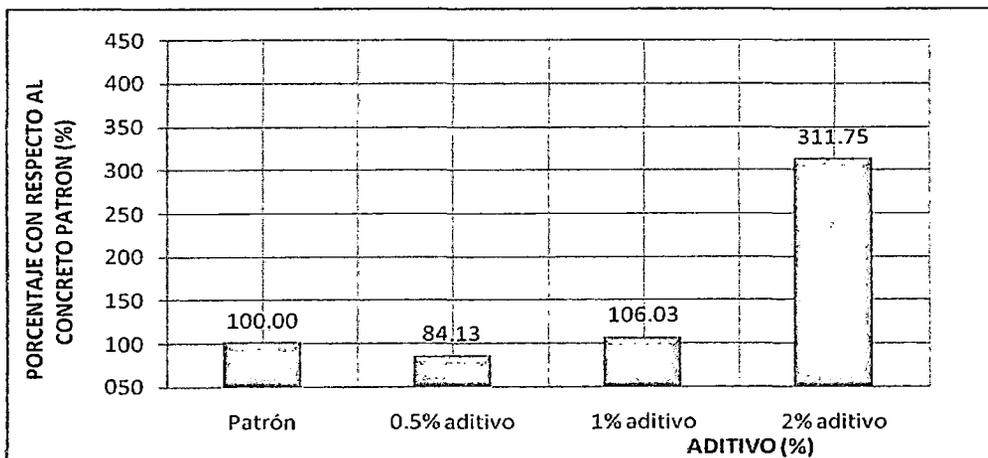
CUADRO N° 7.10

VARIACION PORCENTUAL DEL TIEMPO DE FRAGUA FINAL PARA $a/c=0.40$

Relación a/c inicial	Dosificación De aditivo (%)	Fraguado Final (h:m)	Porcentaje con respecto al Patrón (%)	Variación Porcentual (%)
0.40	Patrón	5:15	100.00	0.00
	0.5% aditivo	4:25	84.13	-15.87
	1% aditivo	5:34	106.03	6.03
	2% aditivo	16:22	311.75	211.75

Fuente: elaboración propia

GRAFICO N° 7.10



Del Cuadro N° 7.10 y del Gráfico N° 7.10 se aprecia:

Del Concreto Patrón:

- Para el concreto patrón se obtuvo un tiempo de fraguado final de 5h 15m, será asumido como el 100%.

Del Concreto Patrón + 0.5% Aditivo:

- Se obtuvo un tiempo de fraguado final de 4h 25m, disminuyendo en 50m, que representa una reducción del 15.87%.

Del Concreto Patrón + 1% Aditivo:

- Se obtuvo un tiempo de fraguado final de 5h 34m, aumentando 19m que representa un incremento del 6.03%.

Del Concreto Patrón + 2% Aditivo:

- Se obtuvo un tiempo de fraguado final de 16h 22m, aumentando 11h 7m que representa un incremento del 211.75%.

7.1.3.2.2 PARA LA RELACIÓN a/c = 0.45

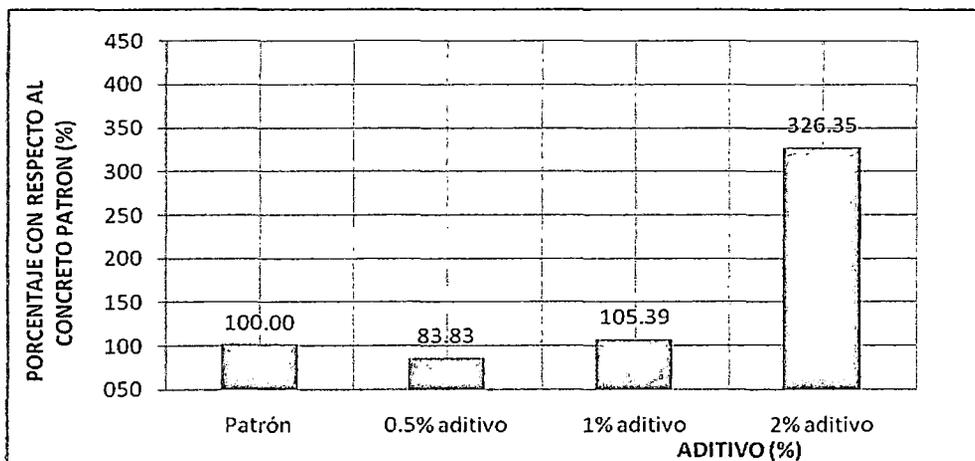
CUADRO N° 7.11

VARIACION PORCENTUAL DEL TIEMPO DE FRAGUA FINAL PARA a/c=0.45

Relación a/c inicial	Dosificación De aditivo (%)	Fraguado Final (h:m)	Porcentaje con respecto al Patrón (%)	Variación Porcentual (%)
0.45	Patrón	5:34	100.00	0.00
	0.5% aditivo	4:40	83.83	-16.17
	1% aditivo	5:52	105.39	5.39
	2% aditivo	18:10	326.35	226.35

Fuente: elaboración propia

GRÁFICO N° 7.11



Del Cuadro N° 7.11 y del Gráfico N° 7.11 se aprecia:

Del Concreto Patrón:

- Para el concreto patrón se obtuvo un tiempo de fraguado final de 5h 34m, será asumido como el 100%.

Del Concreto Patrón + 0.5% Aditivo:

- Se obtuvo un tiempo de fraguado final de 4h 40m, disminuyendo en 54m, que representa una reducción del 16.17%.

Del Concreto Patrón + 1% Aditivo:

- Se obtuvo un tiempo de fraguado final de 5h 52m, aumentando 18m que representa un incremento del 5.39%.

Del Concreto Patrón + 2% Aditivo:

- Se obtuvo un tiempo de fraguado final de 18h 10m, aumentando 12h 36m que representa un incremento del 226.35%.

7.1.3.2.3 PARA LA RELACIÓN a/c = 0.50

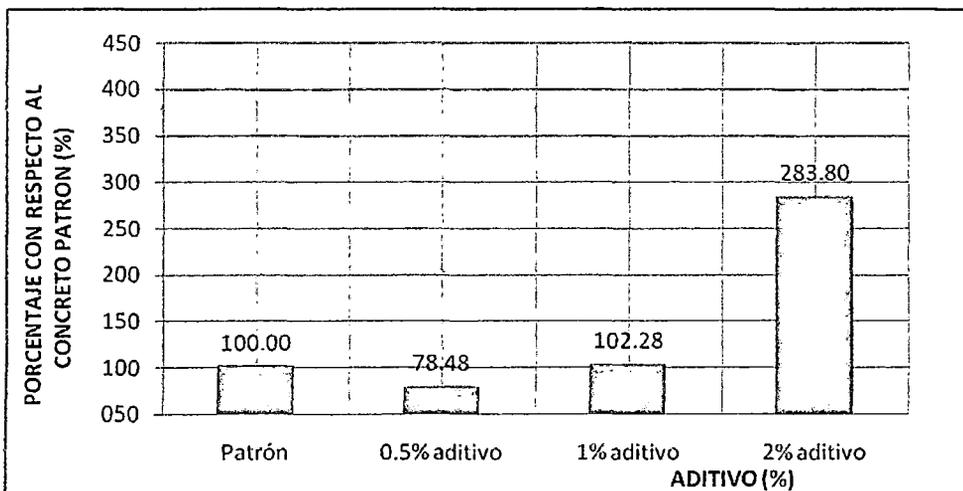
CUADRO Nº 7.12

VARIACION PORCENTUAL DEL TIEMPO DE FRAGUA FINAL PARA a/c=0.50

Relación a/c inicial	Dosificación De aditivo (%)	Fraguado Final (h:m)	Porcentaje con respecto al Patrón (%)	Variación Porcentual (%)
0.50	Patrón	6:35	100.00	0.00
	0.5% aditivo	5:10	78.48	-21.52
	1% aditivo	6:44	102.28	2.28
	2% aditivo	18:41	283.80	183.80

Fuente: elaboración propia

GRÁFICO Nº 7.12



Del Cuadro Nº 7.12 y del Gráfico Nº 7.12 se aprecia:

Del Concreto Patrón:

- Para el concreto patrón se obtuvo un tiempo de fraguado final de 6h 35m, será asumido como el 100%.

Del Concreto Patrón + 0.5% Aditivo:

- Se obtuvo un tiempo de fraguado final de 5h 10m, disminuyendo en 1h 25m, que representa una reducción del 21.52%.

Del Concreto Patrón + 1% Aditivo:

- Se obtuvo un tiempo de fraguado final de 6h 44m, aumentando 9m que representa un incremento del 2.28%.

Del Concreto Patrón + 2% Aditivo:

- Se obtuvo un tiempo de fraguado final de 18h 41m, aumentando 12h 6m que representa un incremento del 183.80%.

El tiempo de fraguado final se acelera cuando se incluye en la mezcla el aditivo superplastificante **Sika Viscocrete 3330** en una dosificación del 0.5%, y se retarda la fragua final con dosificaciones mayores de aditivo, con relación al concreto patrón. Los gráficos de fraguado final muestran el aceleramiento y el retardo del tiempo de fraguado con respecto al patrón, donde se ve que se acelera hasta en un 21.52% para la dosificación 0.5% con $a/c=0.50$ y se retarda hasta en un 226.35% para una dosificación del 2% de aditivo para la relación $a/c=0.45$.

7.1.4 EXUDACIÓN DEL CONCRETO FRESCO

La ejecución de este ensayo nos permite obtener valores para evaluar el grado de retención del agua de amasado, midiendo el agua que fluye a la superficie del envase a causa de la sedimentación de sólidos en la masa plástica de la mezcla.

Los resultados de los ensayos de exudación a los diferentes diseños de mezcla se aprecian en los Cuadros N° 6.7, 6.12 y el Gráfico N° 6.8 del capítulo VI de la presente tesis de investigación.

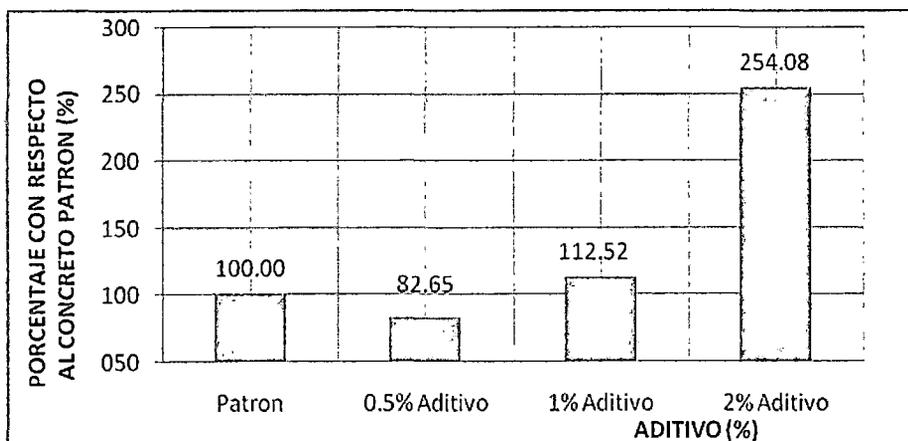
7.1.4.1 PARA LA RELACIÓN $a/c = 0.40$

CUADRO N° 7.13
PORCENTUAL DE LA EXUDACION DEL CONCRETO PARA $a/c=0.40$

Relación a/c inicial	Mezcla	Exudación (%)	Porcentaje con respecto al Patrón (%)	Variación Porcentual (%)
0.40	Patrón	1.73	100.00	0.00
	0.5% Aditivo	1.43	82.65	-17.35
	1% Aditivo	1.95	112.52	12.52
	2% Aditivo	4.40	254.08	154.08

Fuente: elaboración propia

GRÁFICO N° 7.13



Del Cuadro N° 7.13 y del Gráfico N° 7.13 se aprecia:

Del Concreto Patrón:

- Para el concreto patrón se obtuvo un porcentaje de exudación de 1.13%, valor que será asumido como el 100%.

Del Concreto Patrón + 0.5% Aditivo:

- Se obtuvo un porcentaje de exudación de 1.43%, disminuyendo 0.30%, que representa una reducción del 17.35%.

Del Concreto Patrón + 1% Aditivo:

- Se obtuvo un porcentaje de exudación de 1.95%, aumentando 0.22%, que representa un incremento del 12.52%.

Del Concreto Patrón + 2% Aditivo:

- Se obtuvo un porcentaje de exudación de 4.40%, aumentando 2.67%, que representa un incremento del 154.08%.

7.1.4.2 PARA RELACIÓN a/c = 0.45

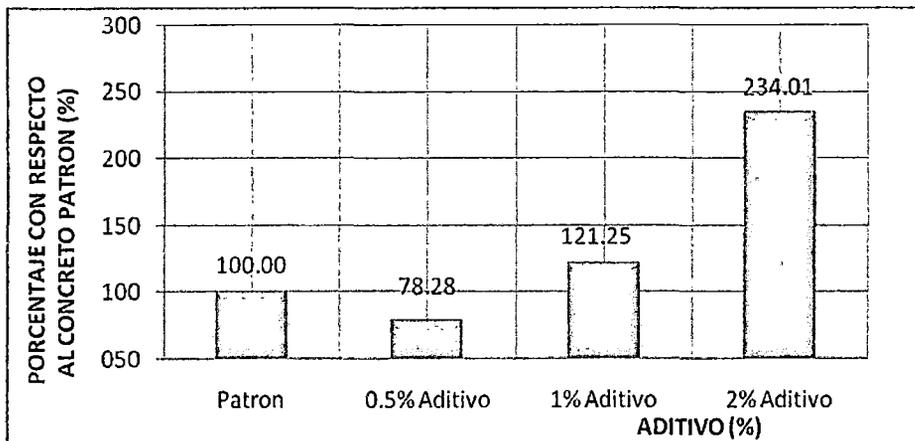
CUADRO N° 7.14

VARIACION PORCENTUAL DE LA EXUDACION PARA a/c=0.45

Relación a/c inicial	Mezcla	Exudación (%)	Porcentaje con respecto al Patrón (%)	Variación Porcentual (%)
0.40	Patrón	1.73	100.00	0.00
	0.5% Aditivo	1.43	82.65	-17.35
	1% Aditivo	1.95	112.52	12.52
	2% Aditivo	4.40	254.08	154.08

Fuente: elaboración propia

GRÁFICO N° 7.14



Del Cuadro N° 7.14 y del Gráfico N° 7.14 se aprecia:

Del Concreto Patrón:

- Para el concreto patrón se obtuvo un porcentaje de exudación de 1.95%, valor que será asumido como el 100%.

Del Concreto Patrón + 0.5% Aditivo:

- Se obtuvo un porcentaje de exudación de 1.53%, disminuyendo 0.43%, que representa una reducción del 21.72%.

Del Concreto Patrón + 1% Aditivo:

- Se obtuvo un porcentaje de exudación de 2.37%, aumentando 0.42%, que representa un incremento del 21.25%.

Del Concreto Patrón + 2% Aditivo:

- Se obtuvo un porcentaje de exudación de 4.57%, aumentando 2.62%, que representa un incremento del 134.01%.

7.1.4.3 PARA LA RELACIÓN a/c = 0.50

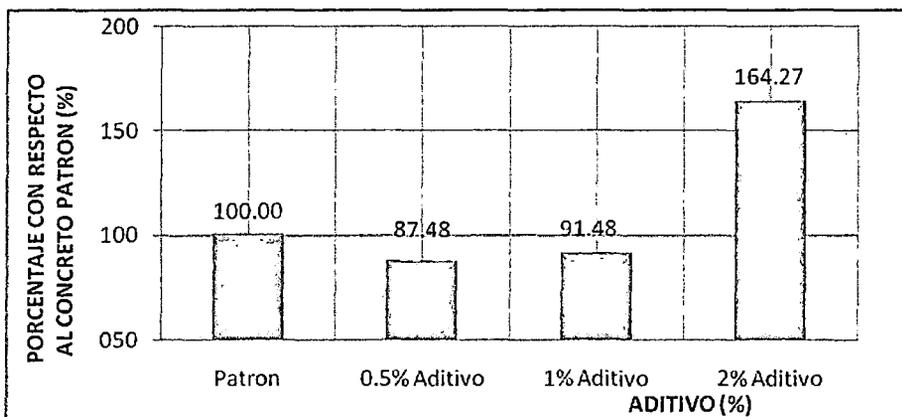
CUADRO Nº 7.15

VARIACION PORCENTUAL DE LA EXUDACION PARA a/c=0.50

Relación a/c inicial	Mezcla	Exudación (%)	Porcentaje con respecto al Patrón (%)	Variación Porcentual (%)
0.50	Patrón	2.58	100.00	0.00
	0.5% Aditivo	2.25	87.48	-12.52
	1% Aditivo	2.36	91.48	-8.52
	2% Aditivo	4.23	164.27	64.27

Fuente: elaboración propia

GRÁFICO Nº 7.15



Del Cuadro Nº 7.15 y del Gráfico Nº 7.15 se aprecia:

Del Concreto Patrón:

- Para el concreto patrón se obtuvo un porcentaje de exudación de 2.58%, valor que será asumido como el 100%.

Del Concreto Patrón + 0.5% Aditivo:

- Se obtuvo un porcentaje de exudación de 2.25%, disminuyendo 0.33%, que representa una reducción del 12.52%.

Del Concreto Patrón + 1% Aditivo:

- Se obtuvo un porcentaje de exudación de 2.36%, disminuyendo 0.22%, que representa una reducción del 8.52%.

•Del Concreto Patrón + 2% Aditivo:

- Se obtuvo un porcentaje de exudación de 4.23%, aumentando 1.65%, que representa un incremento del 64.27%.

De los cuadros y gráficos podemos ver que el porcentaje de exudación con la aplicación del aditivo superplastificante **Sika Viscocrete 3330**, disminuye en la dosificación de 0.5%, pero aumenta cuando se agrega una dosificación mayor de aditivo.

Teniéndose una disminución del porcentaje de exudación de hasta 21.72% en la relación $a/c=0.45$ con la aplicación de 0.5% de aditivo, y un aumento de hasta un 134.01% para la relación $a/c=0.45$ con la aplicación de 2% de aditivo.

7.1.5 FLUIDEZ DEL CONCRETO FRESCO

Se realiza este ensayo para poder determinar la fluidez de la mezcla de concreto, índice que nos da una idea clara de la trabajabilidad del concreto para sus diferentes usos.

Los resultados de los ensayos del porcentaje de fluidez se aprecian en los Cuadros N° 6.7, 6.13 y en el Gráfico N° 6.8 del Capítulo VI de la presente tesis de investigación.

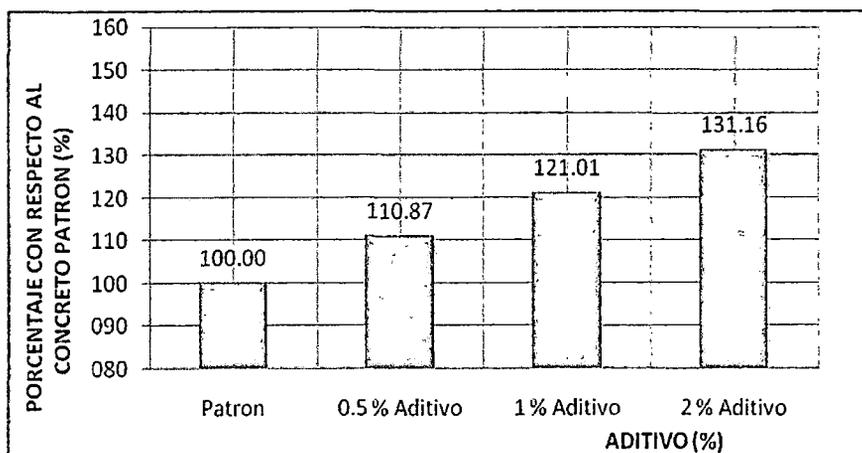
7.1.5.1 PARA LA RELACIÓN a/c = 0.40

CUADRO N° 7.16
VARIACION PORCENTUAL DEL % DE FLUIDEZ PARA a/c=0.40

Relación a/c inicial	Mezcla	Fluidez (%)	Porcentaje con respecto al Patrón (%)	Variación Porcentual (%)
0.40	Patrón	92.00	100.00	0.00
	0.5% aditivo	102.00	110.87	10.87
	1% aditivo	111.33	121.01	21.01
	2% aditivo	120.67	131.16	31.16

Fuente: elaboración propia

GRÁFICO N° 7.16



Del Cuadro N° 7.16 y del Gráfico N° 7.16 se aprecia:

Del Concreto Patrón:

- Para el concreto patrón se obtuvo un porcentaje de fluidez de 92.00%, valor que será asumido como el 100%.

Del Concreto Patrón + 0.5% Aditivo:

- Se obtuvo un porcentaje de fluidez de 102.00%, aumentando en 10.00%, que representa un incremento del 10.87%.

Del Concreto Patrón + 1% Aditivo:

- Se obtuvo un porcentaje de exudación de 111.33%, aumentando 19.33%, que representa un incremento del 21.01%.

Del Concreto Patrón + 2% Aditivo:

- Se obtuvo un porcentaje de exudación de 120.67%, aumentando 28.67%, que representa un incremento del 31.16%.

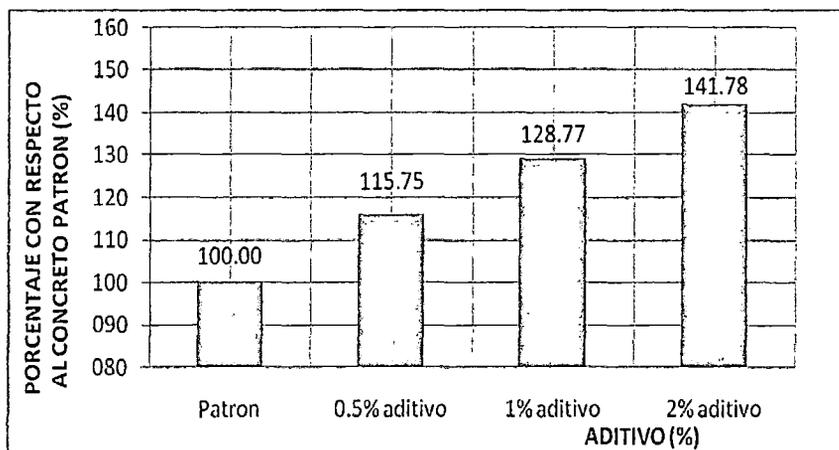
7.1.5.2 PARA LA RELACIÓN a/c = 0.45

CUADRO N° 7.17
VARIACION PORCENTUAL DEL % DE FLUIDEZ PARA a/c=0.45

Relación a/c inicial	Mezcla	Fluidez (%)	Porcentaje con respecto al Patrón (%)	Variación Porcentual (%)
0.45	Patrón	97.33	100.00	0.00
	0.5% aditivo	112.67	115.75	15.75
	1% aditivo	125.33	128.77	28.77
	2% aditivo	138.00	141.78	41.78

Fuente: elaboración propia

GRÁFICO N° 7.17



Del Cuadro N° 7.17 y del Gráfico N° 7.17 se aprecia:

Del Concreto Patrón:

- Para el concreto patrón se obtuvo un porcentaje de fluidez de 97.33%, valor que será asumido como el 100%.

Del Concreto Patrón + 0.5% Aditivo:

- Se obtuvo un porcentaje de fluidez de 112.67%, aumentando en 15.34%, que representa un incremento del 15.75%.

Del Concreto Patrón + 1% Aditivo:

- Se obtuvo un porcentaje de exudación de 125.33%, aumentando 28.00%, que representa un incremento del 28.77%.

Del Concreto Patrón + 2% Aditivo:

- Se obtuvo un porcentaje de exudación de 138.00%, aumentando 40.67%, que representa un incremento del 41.78%.

7.1.5.3 PARA LA RELACIÓN a/c = 0.50

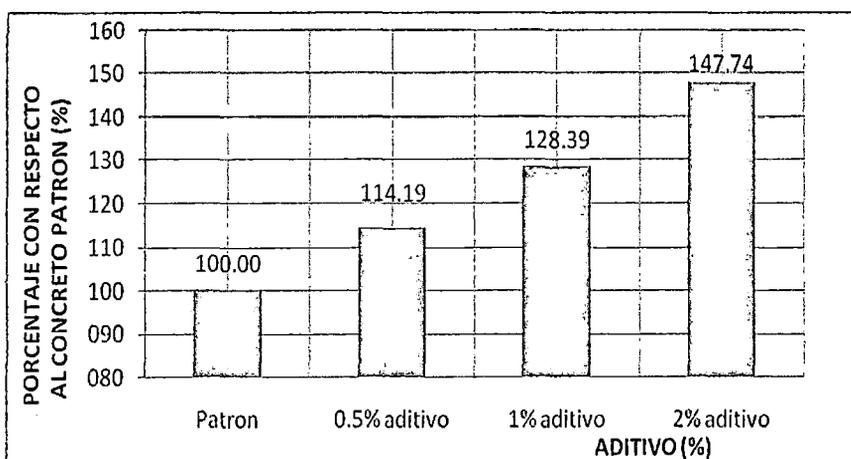
CUADRO N° 7.18

VARIACION PORCENTUAL DEL % DE FLUIDEZ PARA a/c=0.50

Relación a/c inicial	Mezcla	Fluidez (%)	Porcentaje con respecto al Patrón (%)	Variación Porcentual (%)
0.45	Patrón	103.33	100.00	0.00
	0.5% aditivo	118.00	114.19	14.19
	1% aditivo	132.67	128.39	28.39
	2% aditivo	152.67	147.74	47.74

Fuente: elaboración propia

GRÁFICO N° 7.18



Del Cuadro N° 7.18 y del Gráfico N° 7.18 se aprecia:

Del Concreto Patrón:

- Para el concreto patrón se obtuvo un porcentaje de fluidez de 103.30%, valor que será asumido como el 100%.

Del Concreto Patrón + 0.5% Aditivo:

- Se obtuvo un porcentaje de fluidez de 118.00%, aumentando en 14.70%, que representa un incremento del 14.19%.

Del Concreto Patrón + 1% Aditivo:

- Se obtuvo un porcentaje de exudación de 132.67%, aumentando 29.37%, que representa un incremento del 28.37%.

Del Concreto Patrón + 2% Aditivo:

- Se obtuvo un porcentaje de exudación de 152.67.00%, aumentando 49.37%, que representa un incremento del 47.74%.

De los cuadros y gráficos podemos ver que el porcentaje de fluidez aumenta en el concreto patrón a medida que aumenta la relación a/c, con respecto al concreto con aditivo superplastificante **Sika Viscocrete 3330**, el porcentaje de fluidez aumenta conforme la dosificación del aditivo sea mayor.

Teniéndose que el mayor aumento del porcentaje de fluidez es 47.74%, en la relación a/c=0.50 con la aplicación de 2% de aditivo, y tenemos un aumento del porcentaje de fluidez de 10.87%, para la relación a/c=0.40 con una dosificación de aditivo 0.5%.

7.2 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS AL ESTADO ENDURECIDO

Se analizan los valores promedio de los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio al concreto endurecido. Los resultados nos permiten establecer un grado de control sobre las propiedades físicas, mecánicas y la calidad del concreto endurecido. Se estudio la Resistencia a la Compresión y la Resistencia a la Tracción por Compresión Diametral.

Los diferentes resultados se encuentran detallados en el capítulo 6 y las hojas de cálculo que se realizaron al concreto en estado endurecido se presentan en el Anexo C-Resultado de los ensayos al concreto fresco.

7.2.1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Debe ser la propiedad mecánica más importante, pues nos permite medir la resistencia a la compresión del concreto.

Por los diversos estudios que hay sobre el tema, se sabe que la Resistencia a la Compresión depende también de la relación agua/cemento, de los agregados, granulometría, perfil, textura superficial, dureza y tamaño máximo del agregado, el empleo de aditivo en este caso y el curado.

Como se sabe se ejecutaron ensayos para tres relaciones agua/cemento 0.40, 0.45 y 0.50, los resultados se pueden ver en el Cuadro N° 6.15 y los Gráficos 6.9, 6.10, 6.11, 6.12, 6.13, 6.14, 6.15, 6.16 y 6.17 del Capítulo VI de la presente tesis de investigación.

7.2.1.1 DISEÑO DEL CONCRETO PATRON PARA LAS RELACIONES AGUA CEMENTO 0.4, 0.45 Y 0.50

Del cuadro N° 6.15 y los Gráficos N° 6.16, 6.17 del Capítulo VI, se observa que para los 28 días se obtiene los siguientes valores para la resistencia a la compresión:

- Para la relación $a/c=0.40$,
Se tiene una resistencia a la compresión de 507.00 Kg/cm^2
- Para la relación $a/c=0.45$,
Se tiene una resistencia a la compresión de 476.51 Kg/cm^2

- Para la relación $a/c=0.50$,

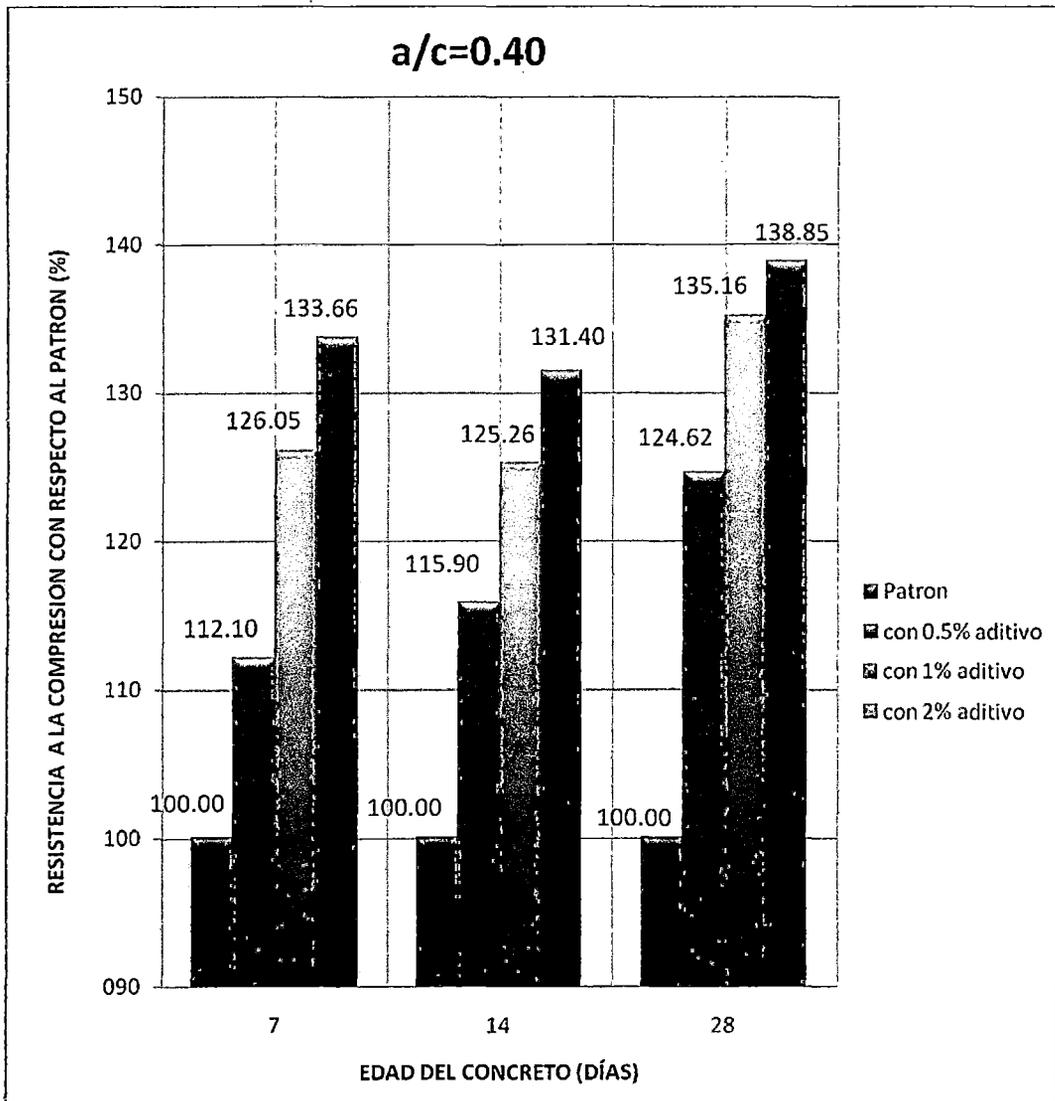
Se tiene una resistencia a la compresión de 446.94 Kg/cm^2

Por lo que se concluye que la resistencia a la compresión del concreto patrón aumenta conforme disminuye la relación agua/cemento.

7.2.1.2 VARIACIÓN PORCENTUAL DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS, CON RESPECTO AL CONCRETO PATRÓN, UTILIZANDO EL ADITIVO SIKA VISCOCRTE 3330

PARA LA RELACION $a/c = 0.40$

GRÁFICO N° 7.19



Del cuadro N° 6.15 del Capítulo VI y del Gráfico N° 7.19 se observa que para la relación agua cemento $a/c=0.40$ se obtienen las siguientes comparaciones:

Del Concreto Patrón + 0.5% Aditivo:

- A los 7 días se obtuvo el 94.35% del concreto patrón. Resultando menor en 5.65% con respecto al patrón.
- A los 14 días se obtuvo el 109.80% del concreto patrón. Resultando mayor en 9.80% con respecto al patrón.
- A los 28 días se obtuvo el 124.62% del concreto patrón. Resultando mayor en 24.62% con respecto al patrón.

Del Concreto Patrón + 1% Aditivo:

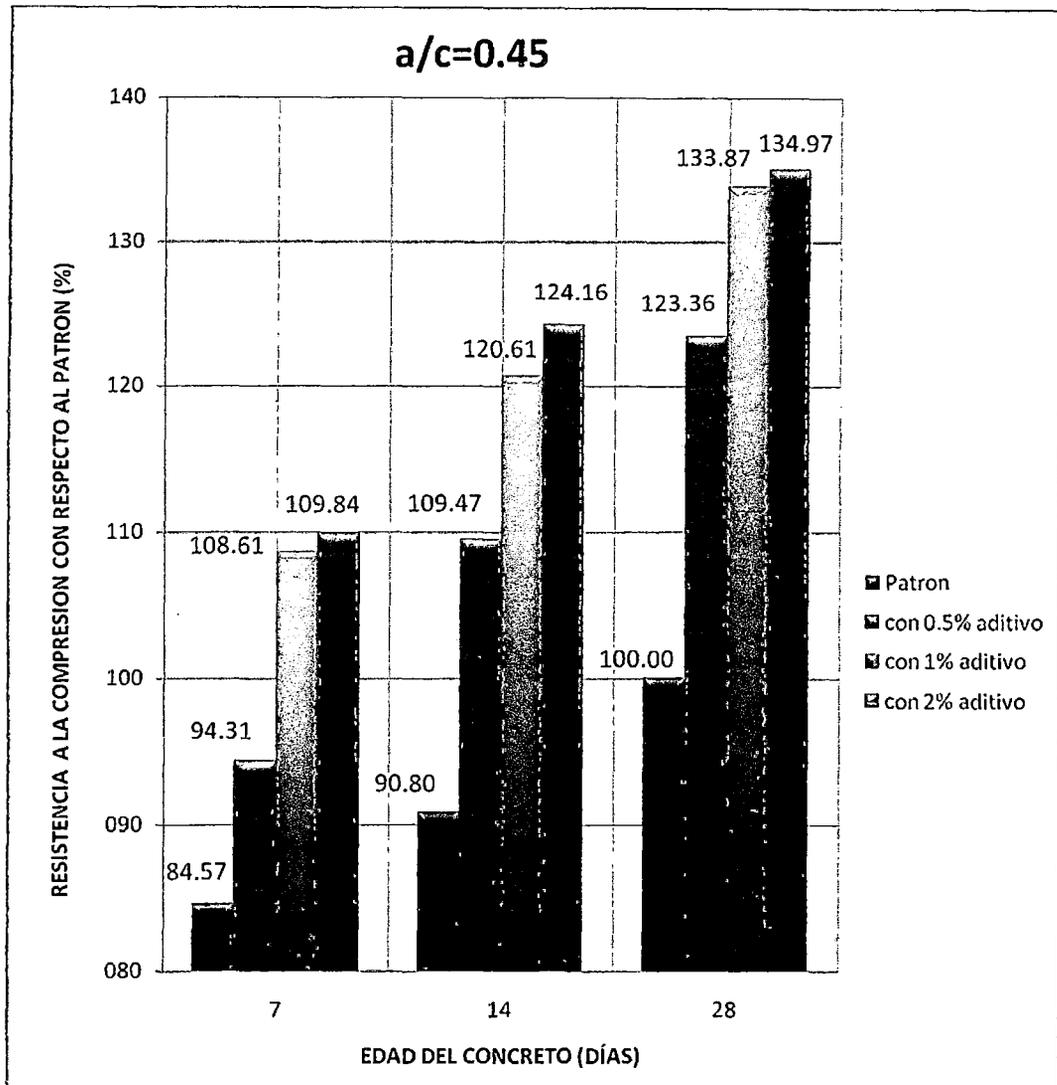
- A los 7 días se obtuvo el 106.08% del concreto patrón. Resultando mayor en 6.08% con respecto al patrón.
- A los 14 días se obtuvo el 118.67% del concreto patrón. Resultando mayor en 18.67% con respecto al patrón.
- A los 28 días se obtuvo el 135.16% del concreto patrón. Resultando mayor en 35.16% con respecto al patrón.

Del Concreto Patrón + 2% Aditivo:

- A los 7 días se obtuvo el 112.50% del concreto patrón. Resultando mayor en 12.50% con respecto al patrón.
- A los 14 días se obtuvo el 124.49% del concreto patrón. Resultando mayor en 24.49% con respecto al patrón.
- A los 28 días se obtuvo el 138.85% del concreto patrón. Resultando mayor en 38.85% con respecto al patrón.

PARA LA RELACION $a/c = 0.45$

GRÁFICO N° 7.20



Del cuadro N° 6.15 del Capítulo VI y del Gráfico N° 7.20 se observa que para la relación agua cemento $a/c=0.45$ se obtienen las siguientes comparaciones:

Del Concreto Patrón + 0.5% Aditivo:

- A los 7 días se obtuvo el 94.31% del concreto patrón. Resultando menor en 5.69% con respecto al patrón.
- A los 14 días se obtuvo el 109.47% del concreto patrón. Resultando mayor en 9.47% con respecto al patrón.

- A los 28 días se obtuvo el 123.36% del concreto patrón. Resultando mayor en 23.36% con respecto al patrón.

Del Concreto Patrón + 1% Aditivo:

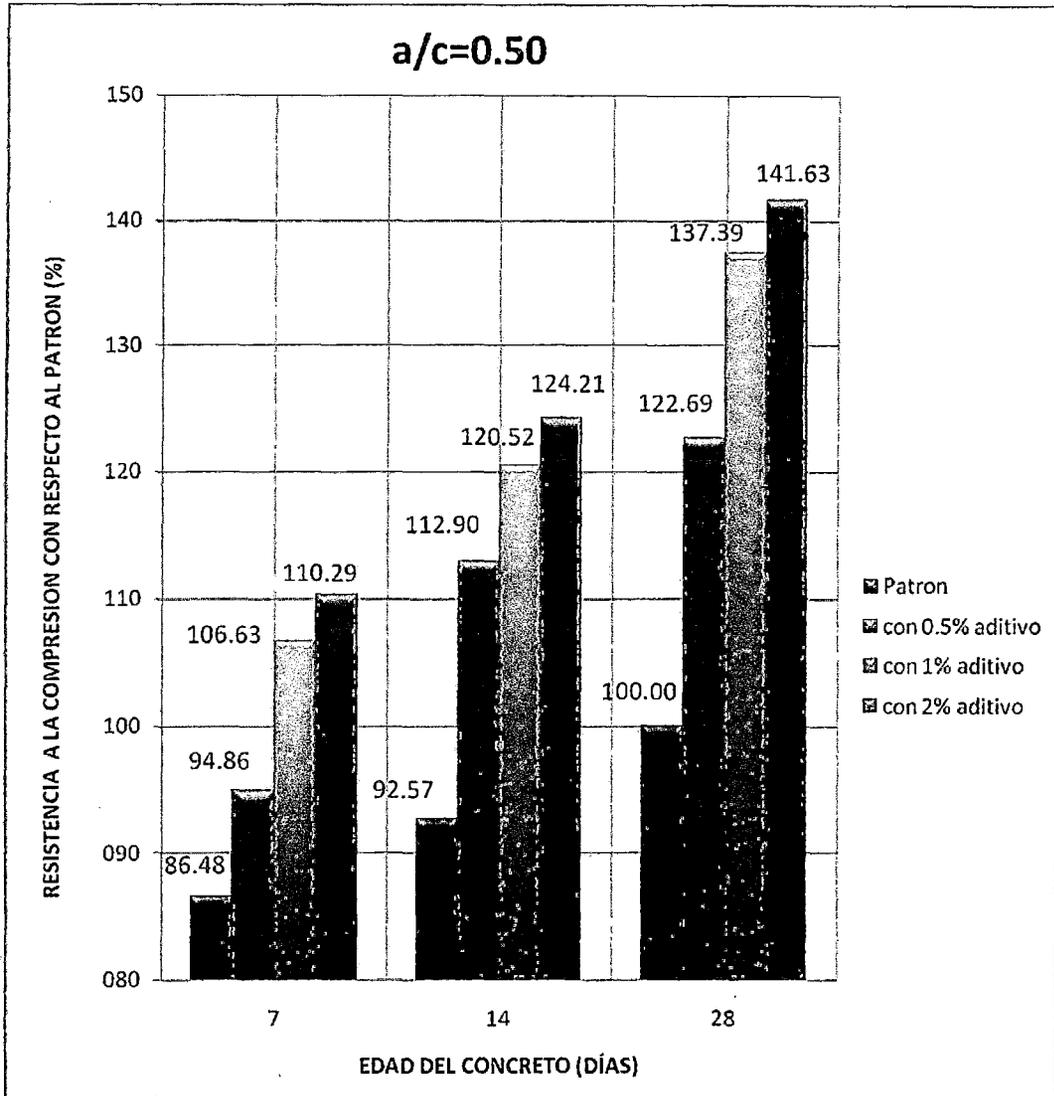
- A los 7 días se obtuvo el 108.61% del concreto patrón. Resultando mayor en 8.61% con respecto al patrón.
- A los 14 días se obtuvo el 120.61% del concreto patrón. Resultando mayor en 20.61% con respecto al patrón.
- A los 28 días se obtuvo el 133.87% del concreto patrón. Resultando mayor en 33.87% con respecto al patrón.

Del Concreto Patrón + 2% Aditivo:

- A los 7 días se obtuvo el 109.84% del concreto patrón. Resultando mayor en 9.84% con respecto al patrón.
- A los 14 días se obtuvo el 124.16% del concreto patrón. Resultando mayor en 24.16% con respecto al patrón.
- A los 28 días se obtuvo el 134.97% del concreto patrón. Resultando mayor en 34.97% con respecto al patrón.

PARA LA RELACION $a/c = 0.50$

GRÁFICO N° 7.21



Del cuadro N° 6:15 del Capítulo VI y del Gráfico N° 7.21 se observa que para la relación agua cemento $a/c=0.50$ se obtienen las siguientes comparaciones:

Del Concreto Patrón + 0.5% Aditivo:

- A los 7 días se obtuvo el 94.86% del concreto patrón. Resultando menor en 5.14% con respecto al patrón.
- A los 14 días se obtuvo el 112.90% del concreto patrón. Resultando mayor en 12.90% con respecto al patrón.

- A los 28 días se obtuvo el 122.69% del concreto patrón. Resultando mayor en 22.69% con respecto al patrón.

Del Concreto Patrón + 1% Aditivo:

- A los 7 días se obtuvo el 106.63% del concreto patrón. Resultando mayor en 6.63% con respecto al patrón.
- A los 14 días se obtuvo el 120.52% del concreto patrón. Resultando mayor en 20.52% con respecto al patrón.
- A los 28 días se obtuvo el 137.39% del concreto patrón. Resultando mayor en 33.87% con respecto al patrón.

Del Concreto Patrón + 2% Aditivo:

- A los 7 días se obtuvo el 110.29% del concreto patrón. Resultando mayor en 10.29% con respecto al patrón.
- A los 14 días se obtuvo el 124.21% del concreto patrón. Resultando mayor en 24.21% con respecto al patrón.
- A los 28 días se obtuvo el 141.63% del concreto patrón. Resultando mayor en 41.63% con respecto al patrón.

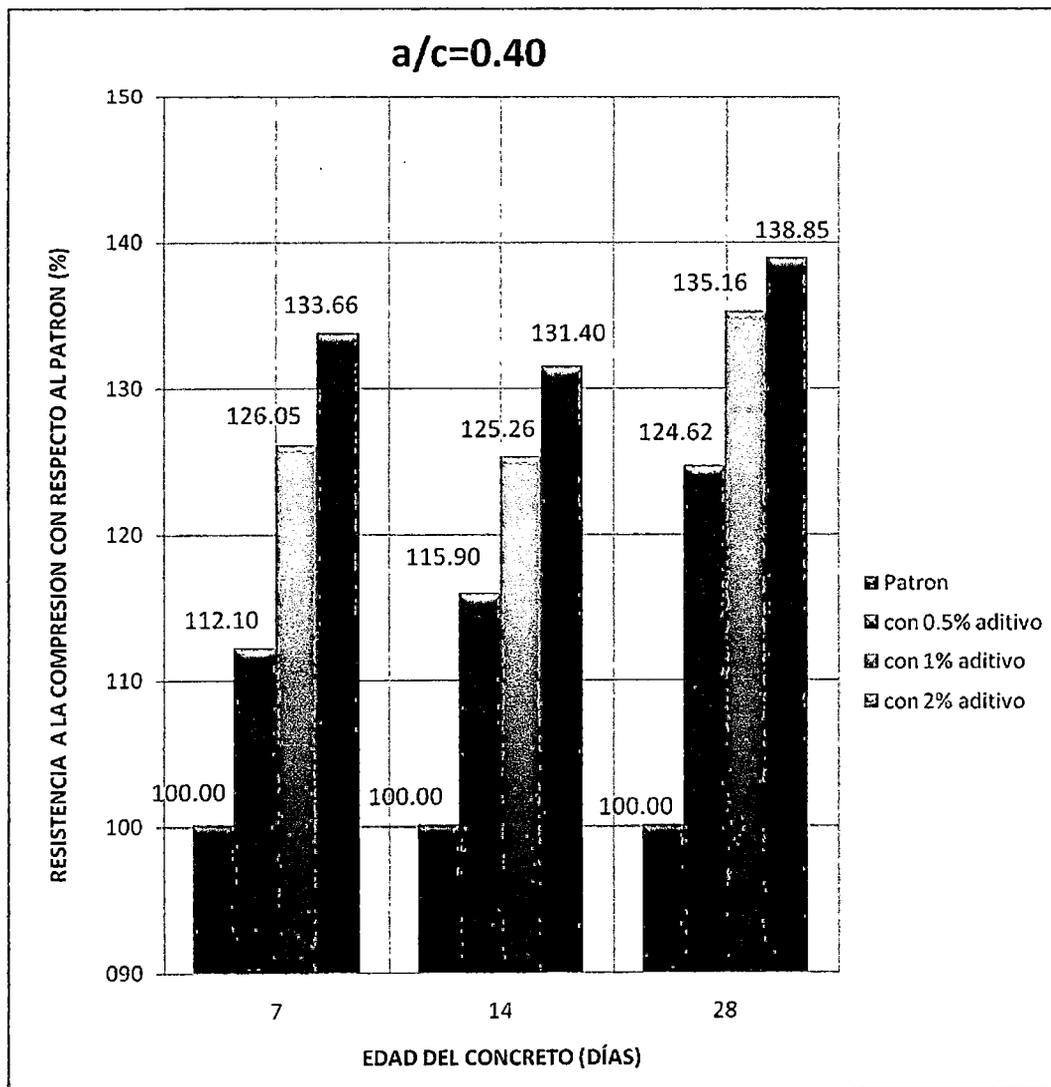
De los Gráficos N° 7.19, 7.20 y 7.21 para las tres relaciones agua/cemento del concreto con aditivo, se observa que la resistencia a la compresión aumenta progresivamente desde los 7 hasta los 28 días.

También vemos como es posible obtener concretos que tengan resistencia a la compresión mayores a las del concreto patrón, esto a medida que se incrementa la cantidad de aditivo desde 0.5% hasta 2% respectivamente, lo que en la práctica nos permite tener una serie de alternativas de elección de diseños, según la resistencia a la compresión que se requiera, por ejemplo eligiendo una mayor relación agua cemento (menos cemento) con una mayor cantidad de aditivo, o en elegir una menor relación agua cemento (mas cemento) con una cantidad menor de aditivo.

7.2.1.3 VARIACIÓN PORCENTUAL DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON RESPECTO A LOS 7, 14 Y 28 DÍAS DEL CONCRETO PATRÓN, UTILIZANDO ADITIVO

PARA LA RELACION $a/c = 0.40$

GRÁFICO N° 7.22



Del cuadro N° 6.15 del Capítulo VI y del Gráfico N° 7.22 se observa que para la relación agua cemento $a/c=0.40$ se obtienen las siguientes comparaciones:

Del Concreto Patrón + 0.5% Aditivo:

- A los 7 días se obtuvo el 112.10% del concreto patrón. Resultando mayor en 12.10% con respecto al patrón.
- A los 14 días se obtuvo el 126.05% del concreto patrón. Resultando mayor en 26.05% con respecto al patrón.
- A los 28 días se obtuvo el 133.66% del concreto patrón. Resultando mayor en 33.66% con respecto al patrón.

Del Concreto Patrón + 1% Aditivo:

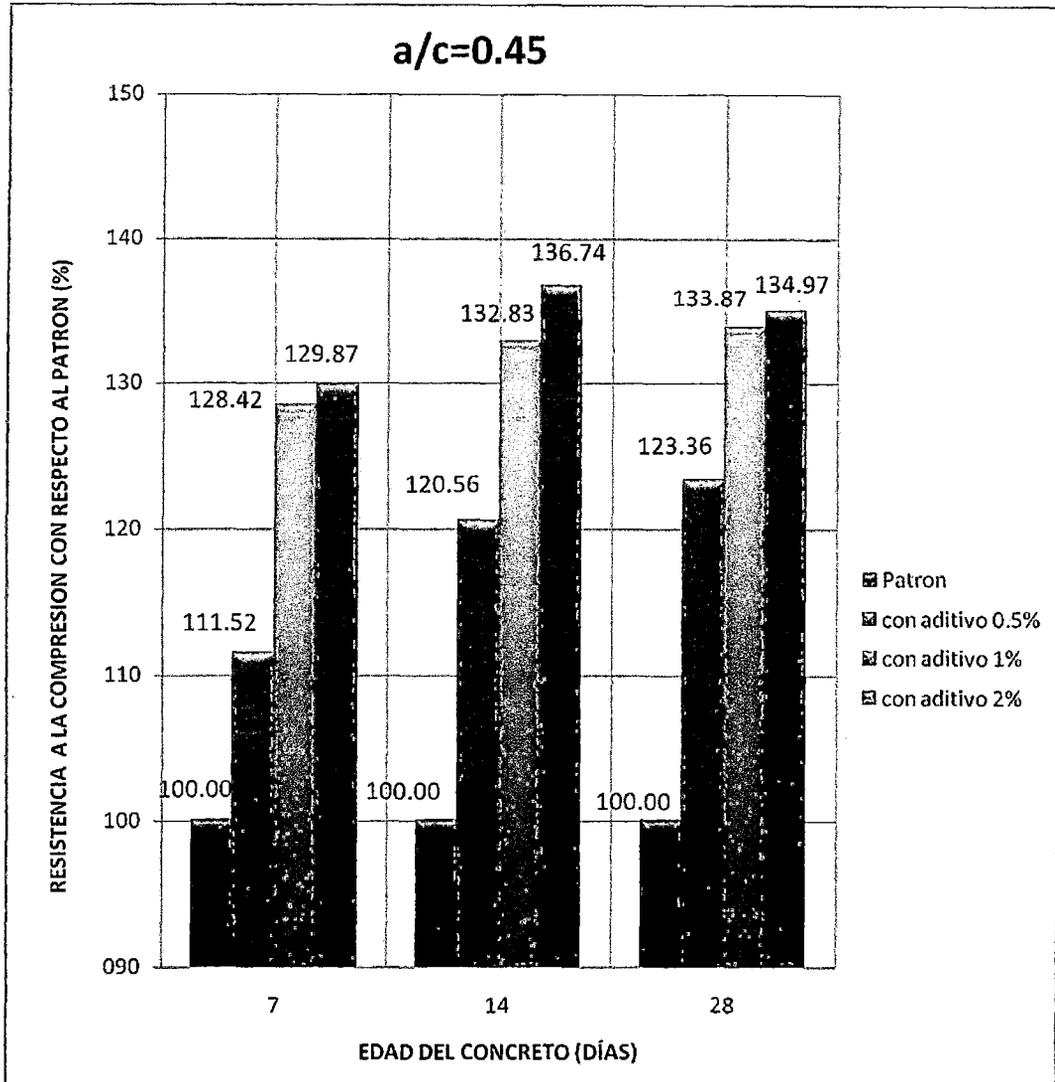
- A los 7 días se obtuvo el 115.90% del concreto patrón. Resultando mayor en 15.90% con respecto al patrón.
- A los 14 días se obtuvo el 125.26% del concreto patrón. Resultando mayor en 25.26% con respecto al patrón.
- A los 28 días se obtuvo el 131.40% del concreto patrón. Resultando mayor en 31.40% con respecto al patrón.

Del Concreto Patrón + 2% Aditivo:

- A los 7 días se obtuvo el 124.62% del concreto patrón. Resultando mayor en 24.62% con respecto al patrón.
- A los 14 días se obtuvo el 135.16% del concreto patrón. Resultando mayor en 35.16% con respecto al patrón.
- A los 28 días se obtuvo el 138.85% del concreto patrón. Resultando mayor en 38.85% con respecto al patrón.

PARA LA RELACION $a/c = 0.45$

GRÁFICO N° 7.23



Del cuadro N° 6.15 del Capítulo VI y del Gráfico N° 7.23 se observa que para la relación agua cemento $a/c=0.45$ se obtienen las siguientes comparaciones:

Del Concreto Patrón + 0.5% Aditivo:

- A los 7 días se obtuvo el 111.52% del concreto patrón. Resultando mayor en 11.52% con respecto al patrón.
- A los 14 días se obtuvo el 128.42% del concreto patrón. Resultando mayor en 28.42% con respecto al patrón.

- A los 28 días se obtuvo el 129.87% del concreto patrón. Resultando mayor en 29.87% con respecto al patrón.

Del Concreto Patrón + 1% Aditivo:

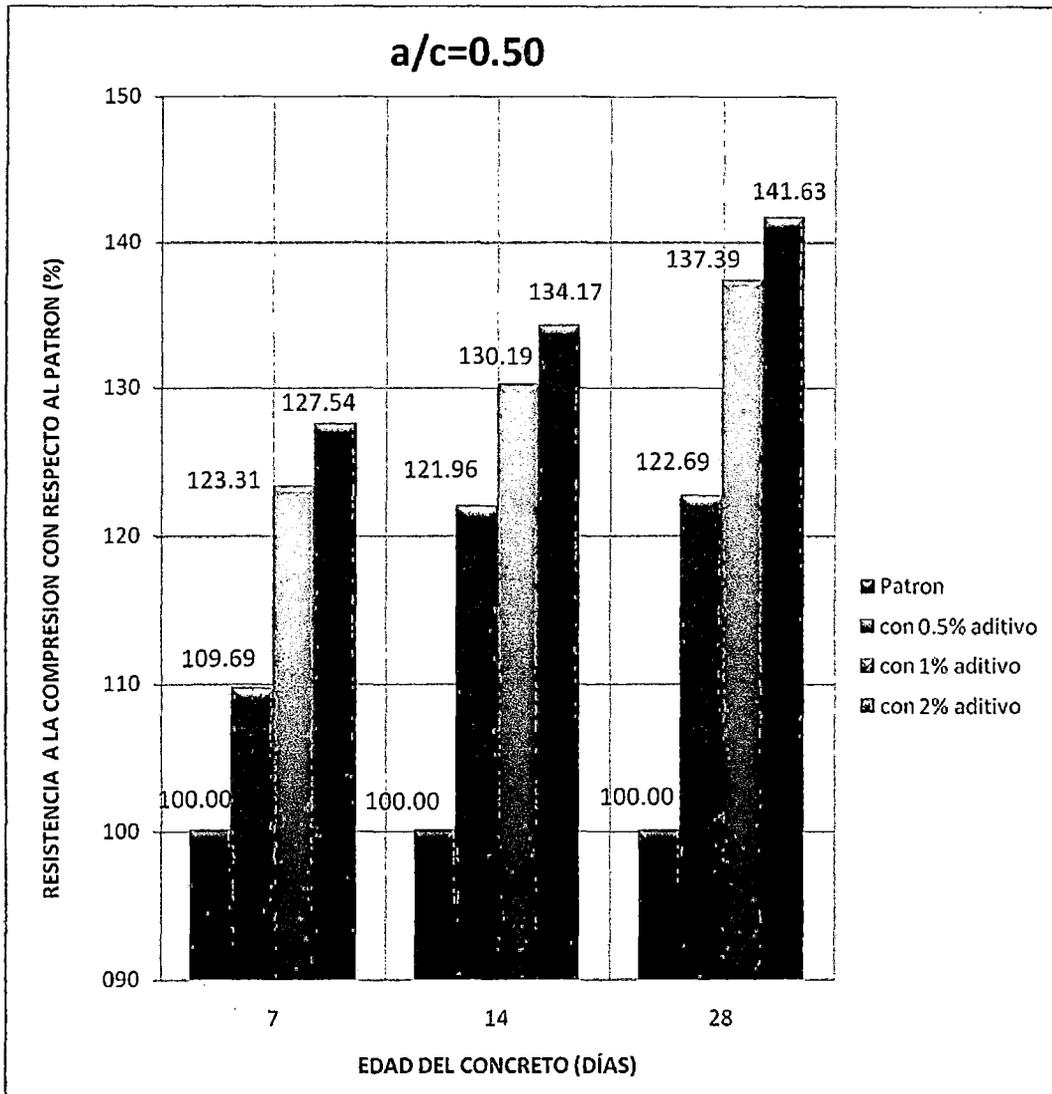
- A los 7 días se obtuvo el 120.56% del concreto patrón. Resultando mayor en 20.56% con respecto al patrón.
- A los 14 días se obtuvo el 132.83% del concreto patrón. Resultando mayor en 32.83% con respecto al patrón.
- A los 28 días se obtuvo el 136.74% del concreto patrón. Resultando mayor en 36.74% con respecto al patrón.

Del Concreto Patrón + 2% Aditivo:

- A los 7 días se obtuvo el 123.36% del concreto patrón. Resultando mayor en 23.36% con respecto al patrón.
- A los 14 días se obtuvo el 133.87% del concreto patrón. Resultando mayor en 33.87% con respecto al patrón.
- A los 28 días se obtuvo el 134.97% del concreto patrón. Resultando mayor en 34.97% con respecto al patrón.

PARA LA RELACION $a/c = 0.50$

GRÁFICO N° 7.24



Del cuadro N° 6.15 del Capítulo VI y del Gráfico N° 7.24 se observa que para la relación agua cemento $a/c=0.50$ se obtienen las siguientes comparaciones:

Del Concreto Patrón + 0.5% Aditivo:

- A los 7 días se obtuvo el 109.69% del concreto patrón. Resultando mayor en 9.69% con respecto al patrón.
- A los 14 días se obtuvo el 123.31% del concreto patrón. Resultando mayor en 23.31% con respecto al patrón.

- A los 28 días se obtuvo el 127.54% del concreto patrón. Resultando mayor en 27.54% con respecto al patrón.

Del Concreto Patrón + 1% Aditivo:

- A los 7 días se obtuvo el 121.96% del concreto patrón. Resultando mayor en 21.96% con respecto al patrón.
- A los 14 días se obtuvo el 130.19% del concreto patrón. Resultando mayor en 30.19% con respecto al patrón.
- A los 28 días se obtuvo el 134.17% del concreto patrón. Resultando mayor en 34.17% con respecto al patrón.

Del Concreto Patrón + 2% Aditivo:

- A los 7 días se obtuvo el 122.69% del concreto patrón. Resultando mayor en 22.69% con respecto al patrón.
- A los 14 días se obtuvo el 137.39% del concreto patrón. Resultando mayor en 37.39% con respecto al patrón.
- A los 28 días se obtuvo el 141.63% del concreto patrón. Resultando mayor en 41.63% con respecto al patrón.

Un aspecto concluyente de la presente tesis de investigación es que a mayores cantidades de aditivo se obtienen mayores valores para la resistencia a la compresión

Teniéndose que para la relación $a/c = 0.50$ con 2% de aditivo, se ha llegado a un incremento en la resistencia a la compresión de hasta 41.63% con respecto al patrón, a una edad de 28 días.

7.2.2 RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL

El objetivo que se persigue con este ensayo es poder determinar cuál es el valor que alcanza la Resistencia a la Tracción a los 28 días de edad.

Se practicaron ensayos de laboratorio para tres relaciones agua/cemento cemento 0.40, 0.45 y 0.50, los resultados se pueden ver en el cuadro N° 6.16 del capítulo VI de la presente tesis de investigación.

7.2.2.1 DISEÑO DE LOS CONCRETOS PATRONES

Del Cuadro N° 6.16 del Capítulo VI, se observa que para los 28 días se obtiene los siguientes valores para la resistencia a la tracción por compresión diametral:

- Para la relación $a/c=0.40$,
Se tiene una resistencia a la Tracción de 42.68 Kg/cm^2
- Para la relación $a/c=0.45$,
Se tiene una resistencia a la Tracción de 41.32 Kg/cm^2
- Para la relación $a/c=0.50$,
Se tiene una resistencia a la Tracción de 38.21 Kg/cm^2

Por lo que se concluye que la resistencia a la Tracción por compresión diametral del concreto patrón aumenta conforme disminuye la relación agua/cemento.

7.2.2.2 VARIACIÓN PORCENTUAL DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL CON RESPECTO AL CONCRETO PATRÓN UTILIZANDO ADITIVO

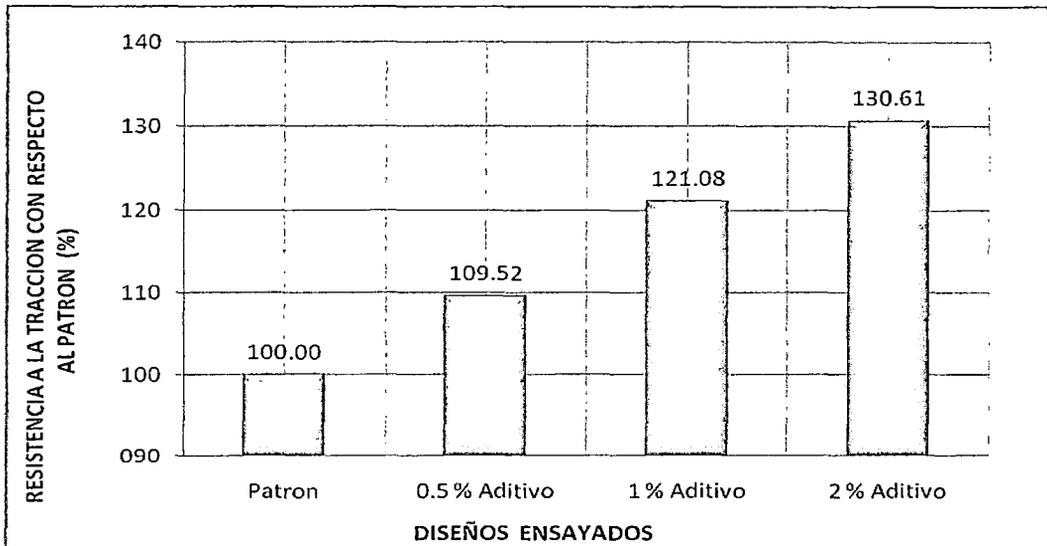
PARA LA RELACION $a/c = 0.40$

CUADRO N° 7.19
VARIACION PORCENTUAL DE LA RESISTENCIA A LA TRACCION
PARA $a/c=0.40$

Relación a/c inicial	MEZCLA	TRACCION (KG/CM2)	PORCENTAJE EXPRESADO CON RESPECTO AL CONCRETO PATRÓN (%)	INCREMENTO (%)
0.40	PATRÓN	42.68	100.00	0%
	PATRÓN + 0.5 % Aditivo	46.75	109.52	9.5%
	PATRÓN + 1 % Aditivo	51.68	121.08	21.1%
	PATRÓN + 2 % Aditivo	55.75	130.61	30.6%

Fuente: elaboración propia

GRÁFICO N° 7.25



Del Cuadro N° 7.19 y el Gráfico N° 7.25, se observan los siguientes valores:

Del Concreto Patrón + 0.5% Aditivo:

- A los 28 días se obtuvo el 109.52% del concreto patrón. Resultando mayor en 9.52% con respecto al patrón.

Del Concreto Patrón + 1% Aditivo:

- A los 28 días se obtuvo el 121.08% del concreto patrón. Resultando mayor en 21.08% con respecto al patrón.

Del Concreto Patrón + 2% Aditivo:

- A los 28 días se obtuvo el 130.61% del concreto patrón. Resultando mayor en 30.61% con respecto al patrón.

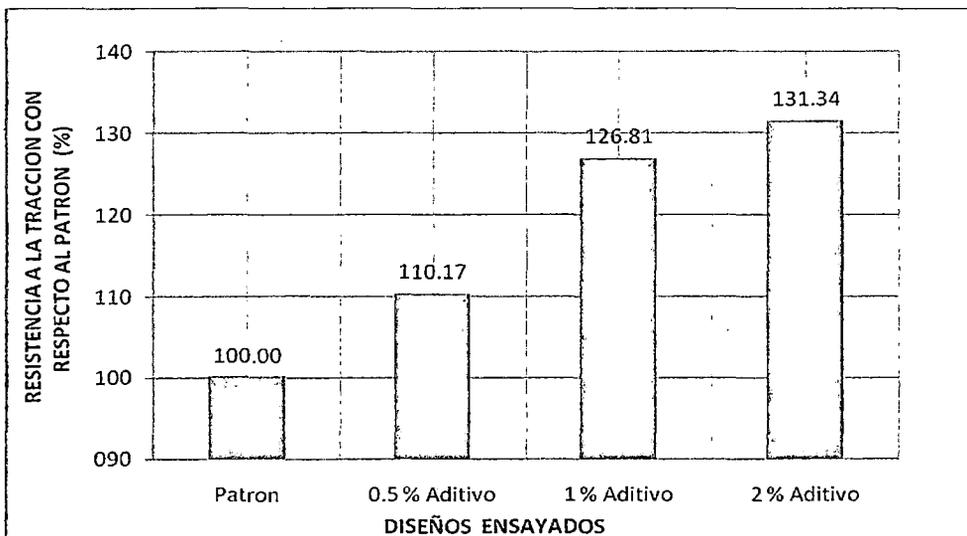
PARA LA RELACION a/c = 0.45

CUADRO N° 7.20
VARIACION PORCENTUAL DE LA RESISTENCIA A LA TRACCION
PARA a/c=0.45

Relación a/c inicial	MEZCLA	TRACCION (KG/CM2)	PORCENTAJE EXPRESADO CON RESPECTO AL CONCRETO PATRÓN (%)	INCREMENTO (%)
0.45	PATRÓN	41.32	100.00	0%
	PATRÓN + 0.5 % Aditivo	45.52	110.17	10.2%
	PATRÓN + 1 % Aditivo	52.39	126.81	26.8%
	PATRÓN + 2 % Aditivo	54.27	131.34	31.3%

Fuente: elaboración propia

GRÁFICO N° 7.26



Del Cuadro N° 7.20 y el Gráfico N° 7.26, se observan los siguientes valores:

Del Concreto Patrón + 0.5% Aditivo:

- A los 28 días se obtuvo el 110.17% del concreto patrón. Resultando mayor en 10.17% con respecto al patrón.

Del Concreto Patrón + 1% Aditivo:

- A los 28 días se obtuvo el 126.81% del concreto patrón. Resultando mayor en 26.81% con respecto al patrón.

Del Concreto Patrón + 2% Aditivo:

- A los 28 días se obtuvo el 131.34% del concreto patrón. Resultando mayor en 31.34% con respecto al patrón.

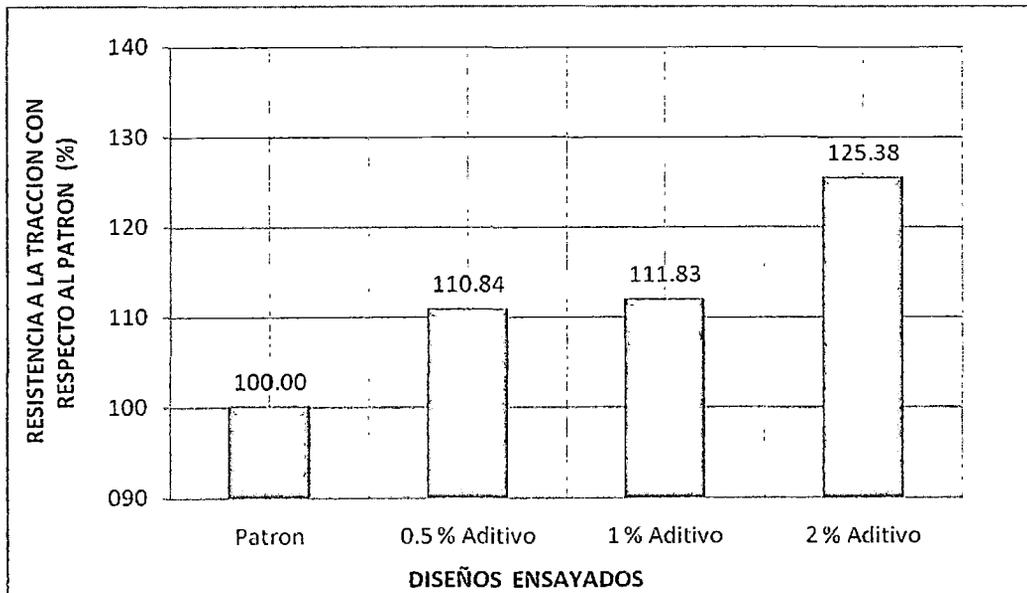
PARA LA RELACION a/c = 0.50

CUADRO N° 7.21
VARIACION PORCENTUAL DE LA RESISTENCIA A LA TRACCION
PARA a/c=0.50

Relación a/c inicial	MEZCLA	TRACCION (KG/CM2)	PORCENTAJE EXPRESADO CON RESPECTO AL CONCRETO PATRÓN (%)	INCREMENTO (%)
0.50	PATRÓN	38.21	100.00	0%
	PATRÓN + 0.5 % Aditivo	42.35	110.84	10.8%
	PATRÓN + 1 % Aditivo	42.73	111.83	11.8%
	PATRÓN + 2 % Aditivo	47.90	125.38	25.4%

Fuente: elaboración propia

GRÁFICO N° 7.27



Del Cuadro N° 7.21 y el Gráfico N° 7.27, se observan los siguientes valores:

Del Concreto Patrón + 0.5% Aditivo:

- A los 28 días se obtuvo el 110.84% del concreto patrón. Resultando mayor en 10.84% con respecto al patrón.

Del Concreto Patrón + 1% Aditivo:

- A los 28 días se obtuvo el 111.83% del concreto patrón. Resultando mayor en 11.83% con respecto al patrón.

Del Concreto Patrón + 2% Aditivo:

- A los 28 días se obtuvo el 125.38% del concreto patrón. Resultando mayor en 25.38% con respecto al patrón.

De los Cuadros N° 7.10, 7.20, 7.21 y los Gráficos N° 7.25, 7.26, 7.27 se aprecia que para una misma relación agua/cemento del diseño patrón, conforme aumenta la cantidad de aditivo se incrementa el valor de la resistencia a la tracción por compresión diametral.

Se observa que el mayor incremento porcentual de la resistencia a la tracción por compresión diametral es de 31.34% y se da para la relación $a/c = 0.45$ y una dosificación de 1% de aditivo.

CONCLUSIONES

La tesis “**Estudio de las propiedades del concreto y la variabilidad de su resistencia usando aditivo Superplastificante y cemento Portland tipo I**”, se desarrolló mediante el estudio de las propiedades de los agregados y el comportamiento del concreto en las condiciones ambientales de la ciudad de Lima.

Los materiales empleados fueron:

- Cemento Pórtland Tipo I “Sol”, producido por Cementos Lima S.A.
- Agregado fino de la cantera “Trapiche” del río Chillón.
- Agregado grueso de la cantera “La Gloria” ubicado en el distrito de Ate.
- Aditivo **Sika Viscocrete 3330** producido por SIKA Perú S.A.

Los diferentes ensayos practicados al concreto, fue realizado en el Laboratorio de Ensayo de Materiales No 01 de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería, ejecutándose con el concreto tanto en el estado fresco, como en el estado endurecido para las relaciones agua/cemento: 0.40, 0.45 y 0.50, respectivamente.

Los porcentajes de agregado fino y grueso utilizados son 48% y 52% respectivamente, y para efectos de diseño se considero un porcentaje de aire atrapado de 1.5% del volumen del concreto.

Los diseños de mezcla del concreto con aditivo **Sika Viscocrete 3330** fueron realizados teniendo como base los concretos patrón para las relaciones agua/cemento mencionadas, y se utilizo aditivo en porcentajes de 0.5%, 1% y 2% del peso del cemento respectivamente, realizándose mezclas con reducción de agua.

Se correlaciono los diseños de concreto con aditivo respecto a los diseños de concreto patrón, por medio de su consistencia, reduciéndose la cantidad de agua

de las mezclas con aditivo, hasta obtener un asentamiento dentro del rango de 3" a 4".

Por causa de la reducción de agua en las mezclas con aditivo, la relación de agua/cemento inicial varía obteniéndose una relación de agua/cemento final con valores menores de agua/cemento, como se puede ver en los Cuadros N° 3.9, 3.10 y 3.11.

Se practicaron los diversos ensayos, tanto al estado fresco como al estado endurecido con la relación agua/cemento final, que es la resultante del recálculo de los pesos de los elementos tras la reducción de agua por efecto del aditivo.

Por practicidad y a efectos de evitar confusiones se ha mantenido la denominación de las relaciones agua/cemento iniciales en todos los enunciados de la presente tesis de investigación, aun cuando los diversos ensayos se practicaron con las relaciones agua/cemento finales.

Las conclusiones de la presente tesis de investigación que se presentan a continuación, son validas cuando se usa el aditivo **Sika Viscocrete 3330** con reducción de agua y para los diseños estudiados.

1. El concreto con aditivo **Sika Viscocrete 3330**, aumenta su consistencia, por lo que mejora su trabajabilidad y plasticidad, para todas las relaciones a/c.
2. El concreto con aditivo **Sika Viscocrete 3330**, provoca una gran reducción en la cantidad de agua de diseño, a mayor dosificación de aditivo mayor es la reducción de agua, llegándose a reducir hasta un 30% de agua de mezcla, para la dosificación de aditivo 2% con la relación a/c=0.50, manteniendo el rango de asentamiento entre 3" a 4".
3. El concreto con aditivo **Sika Viscocrete 3330** aumenta ligeramente su peso unitario compactado, a mayor cantidad de aditivo mayor es el peso unitario, llegando a aumentar hasta un 3% con respecto al concreto patrón, con la dosificación de aditivo 2% para la relación a/c=0.45.

4. El concreto con aditivo **Sika Viscocrete 3330**, produce aceleración en el tiempo de fraguado inicial, cuando se usa una dosificación del 0.5% de aditivo, llegando a acelerar la fragua inicial hasta en un 23%, para la relación a/c: 0.40.
5. El concreto con aditivo **Sika Viscocrete 3330**, produce retardo en el tiempo del fraguado inicial, cuando se usa dosificaciones de 1% y 2% de aditivo, llegando a retardar la fragua inicial hasta en un 279%, para la relación a/c: 0.40 con 2% de aditivo.
6. El concreto con aditivo **Sika Viscocrete 3330**, produce la aceleración del tiempo de fraguado final, cuando se usa una dosificación del 0.5% de aditivo, llegando a acelerar la fragua final hasta 22%, para la relación a/c: 0.50.
7. El concreto con aditivo **Sika Viscocrete 3330**, produce retardo en el tiempo del fraguado final, cuando se usa en dosificaciones de 1% y 2% de aditivo, llegando a retardar la fragua final hasta en un 226%, para la relación a/c: 0.45 con 2% de aditivo.
8. El concreto con aditivo **Sika Viscocrete 3330**, produce una variación en el porcentaje de exudación, las variaciones son de tendencia variable, decreciendo con aditivo al 0.5%, y aumentando en la medida que se utiliza mayor cantidad de aditivo.
9. El concreto con el aditivo **Sika Viscocrete 3330**, aumenta su porcentaje de fluidez, a mayor dosificación de aditivo se obtiene mayor fluidez para todas las relaciones de a/c.
10. El concreto con la inclusión del aditivo **Sika Viscocrete 3330**, incrementa la resistencia a la compresión del concreto endurecido, a mayor porcentaje de aditivo produce mayores resistencias en todas las edades del concreto.
11. El concreto con aditivo **Sika Viscocrete 3330**, incrementa la resistencia a la compresión a los 7 días, con respecto al concreto patrón en 22% en promedio, y hasta un 33% a los 28 días, para todas las relaciones a/c.

12. La resistencia a la tracción por compresión diametral del concreto con aditivo **Sika Viscocrete 3330**, aumenta con respecto al concreto patrón, a mayor porcentaje de aditivo se produce mayores resistencias a la tracción a los 28 días, llegando hasta un 29% en promedio para todas las relaciones a/c, cuando se utiliza una dosificación del 2% de aditivo.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda el uso del aditivo **Sika Viscocrete 3330**, para aumentar la resistencia a la compresión, sobre todo a una edad temprana en mezclas con reducción de agua.

Se ha visto que con la aplicación del aditivo, se alcanzan mayores resistencias a los 7 días, que el concreto patrón a los 28 días, lo que puede ser aprovechado en acortar los tiempos de desencofrado y puesta en servicio de estructuras a edades más tempranas que las previstas.

2. Se recomienda utilizar el aditivo **Sika Viscocrete 3330**, como un acelerante de fragua, para una dosificación de aditivo del 0.5%, permitiendo su uso bajo condiciones de bajas temperaturas (climas fríos).

3. Respecto a los concretos en donde se utilizo el aditivo en estudio, en forma conjunta se lograron:

Mayor resistencia a la compresión.

Mayor resistencia a la tracción.

Excelente trabajabilidad.

Reducción de agua en todas las relaciones a/c.

Aceleración del tiempo de fraguado con 0.5% de aditivo.

Baja exudación.

Por estas ventajas obtenidas, se recomienda emplear el presente aditivo superplastificante.

4. Se recomienda tener cuidado en la manipulación de este y otros aditivos en general, siguiendo fielmente las instrucciones de uso y de cuidados en su manipulación y aplicación, usando siempre los implementos de seguridad como guantes y mascara protectora, así mismo utilizar implementos de medición adecuados para una dosificación precisa.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

- **Ari Queque, Ismael**
"Estudio de Propiedades del concreto fresco y endurecido, de mediana a alta resistencia con aditivo Superplastificante y retardador de fraguado, con cemento portland tipo I", Tesis de grado FIC-UNI - 2002
Facultad de Ingeniería Civil. UNI – Lima – Perú

- **Cerrón Poma, Roberto Teodoro**
"Estudio de los efectos producidos en las propiedades del concreto fresco y endurecido, por la aplicación de un aditivo Superplastificante, utilizando cemento portland tipo I", Tesis de grado FIC-UNI - 1999
Facultad de Ingeniería Civil. UNI – Lima – Perú

- **Moreyra Vizcarra, Yubal**
"Características del concreto de alta resistencia con aditivo Superplastificante y cemento portland tipo I", Tesis de grado FIC-UNI - 2000
Facultad de Ingeniería Civil. UNI – Lima - Perú

- **Palomares Carmona, Jaime**
"Estudio de las características del concreto fresco y endurecido, utilizando aditivo reductor de agua de alto rango- Superplastificante y cemento portland tipo I", Tesis de grado FIC-UNI - 2009
Facultad de Ingeniería Civil. UNI – Lima – Perú

- **Pasquel Carvajal, Enrique**
"Tópicos de tecnología del concreto en el Perú"
Colegio de Ingenieros del Perú – Lima - Perú
Segunda edición Lima – Perú 2003

- **Riva López, Enrique**
"Naturaleza y materiales del concreto"
ACI Capitulo Peruano, Lima – Perú 2000

- **Riva López, Enrique**
"Diseño de mezclas"
Colegio de Ingenieros del Perú
Segunda edición Lima – Perú 2007

- **Tesillo Ayala, Alberto**
"Estudio de las Propiedades del concreto en estado fresco y endurecido con cemento portland tipo I y utilizando un aditivo plastificante", Tesis de grado FIC-UNI - 2004
Facultad de Ingeniería Civil. UNI – Lima - Perú

- **Normas Técnicas peruanas NTP 339.034**
- **Normas Técnicas peruanas NTP 339.035**
- **Normas Técnicas peruanas NTP 339.082**
- **Normas Técnicas peruanas NTP 400.017**

ANEXOS

ANEXO A

HOJA TECNICA DEL ADITIVO SIKA VISCOCRETE 3330

ANEXO B

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS

CUADRO B-1

**REQUERIMIENTOS GRANULOMETRICOS DEL AGREGADO FINO
 NTP 400.012 – ASTM C-33**

TAMIZ		PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA			
MALLA	ABERTURA (mm)	LIMITES TOTALES	CURVA C	CURVA M	CURVA F
3/8"	9.51	100	100	100	100
No 4	4.76	89 - 100	95 - 100	89 - 100	89 - 100
No 8	2.38	65 - 100	80 - 100	65 - 100	80 - 100
No 16	1.19	45 - 100	50 - 85	45 - 100	70 - 100
No 30	0.595	25 - 100	25 - 60	25 - 80	55 - 100
No 50	0.297	5 - 70	10 - 30	5 - 48	5 - 70
No 100	0.149	0 - 12	2 - 10*	0 - 12*	0 - 12*

CUADRO B-2

Muestra: Agregado Fino de la cantera Trapiche
 Peso: 500 gr.

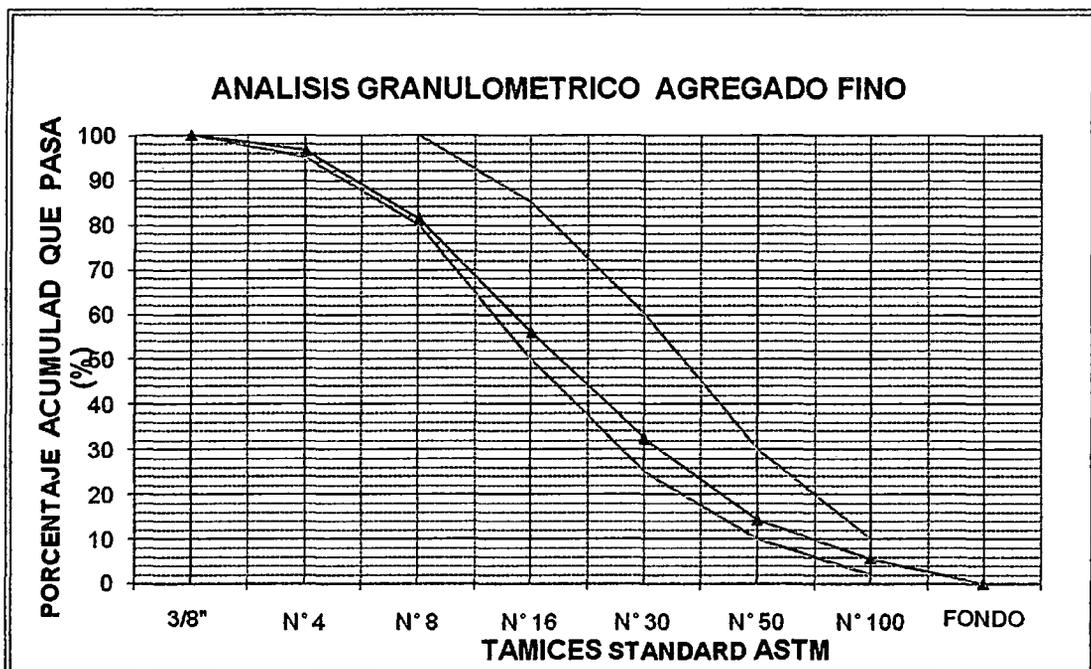
Ensayo: Muestra 01

Huso ASTM del tipo C

N° MALLA	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% ACUMULADO QUE PASA	ASTM C-33 % QUE PASA	
					Inf.	Sup.
3/8"	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
N° 4	17.0	3.4	3.4	96.6	95.0	100.0
N° 8	76.0	15.2	18.6	81.4	80.0	100.0
N° 16	127.0	25.4	44.0	56.0	50.0	85.0
N° 30	118.0	23.6	67.6	32.4	25.0	60.0
N° 50	91.0	18.2	85.8	14.2	10.0	30.0
N° 100	43.0	8.6	94.4	5.6	2.0	10.0
FONDO	28.0	5.6	100.0	0.0		
TOTAL	500.0					

MODULO DE FINURA	3.14
---------------------	------

GRAFICO B-2



CUADRO B-3

Muestra: Agregado Fino de la cantera Trapiche
 Peso: 500 gr.

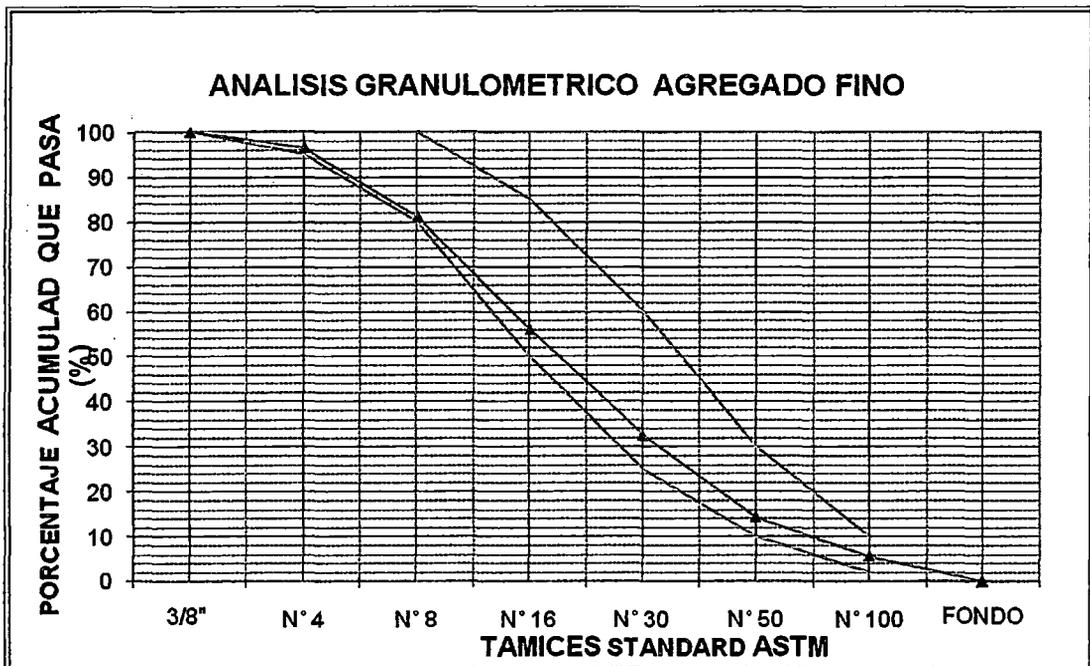
Ensayo: Muestra 02

Huso ASTM del tipo C

N° MALLA	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% ACUMULADO QUE PASA	ASTM C-33 % QUE PASA	
					Inf.	Sup.
3/8"	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
N° 4	17.5	3.5	3.5	96.5	95.0	100.0
N° 8	76.5	15.3	18.8	81.2	80.0	100.0
N° 16	126.0	25.2	44.0	56.0	50.0	85.0
N° 30	117.5	23.5	67.5	32.5	25.0	60.0
N° 50	91.0	18.2	85.7	14.3	10.0	30.0
N° 100	43.5	8.7	94.4	5.6	2.0	10.0
FONDO	28.0	5.6	100.0	0.0		
TOTAL	500.0					

MODULO DE FINURA	3.14
------------------	------

GRAFICO B-3



CUADRO B-4

Muestra: Agregado Fino de la cantera Trapiche
Peso: 500 gr.

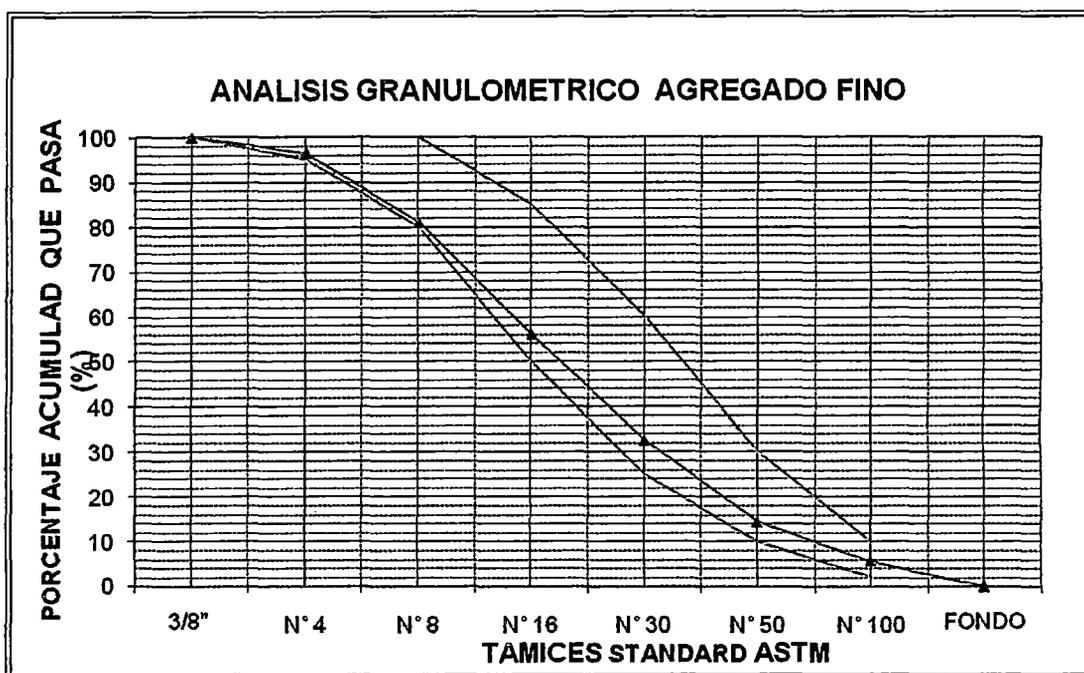
Ensayo: Muestra 03

Huso ASTM del tipo C

N° MALLA	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% ACUMULADO QUE PASA	ASTM C-33 % QUE PASA	
					Inf.	Sup.
3/8"	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
N° 4	18.0	3.6	3.6	96.4	95.0	100.0
N° 8	77.0	15.4	19.0	81.0	80.0	100.0
N° 16	125.0	25.0	44.0	56.0	50.0	85.0
N° 30	117.0	23.4	67.4	32.6	25.0	60.0
N° 50	91.0	18.2	85.6	14.4	10.0	30.0
N° 100	44.0	8.8	94.4	5.6	2.0	10.0
FONDO	28.0	5.6	100.0	0.0		
TOTAL	500.0					

MODULO DE FINURA	3.14
---------------------	------

GRAFICO B-4



CUADRO B-5

Muestra: Agregado Fino de la cantera Trapiche
 Peso: 500 gr.

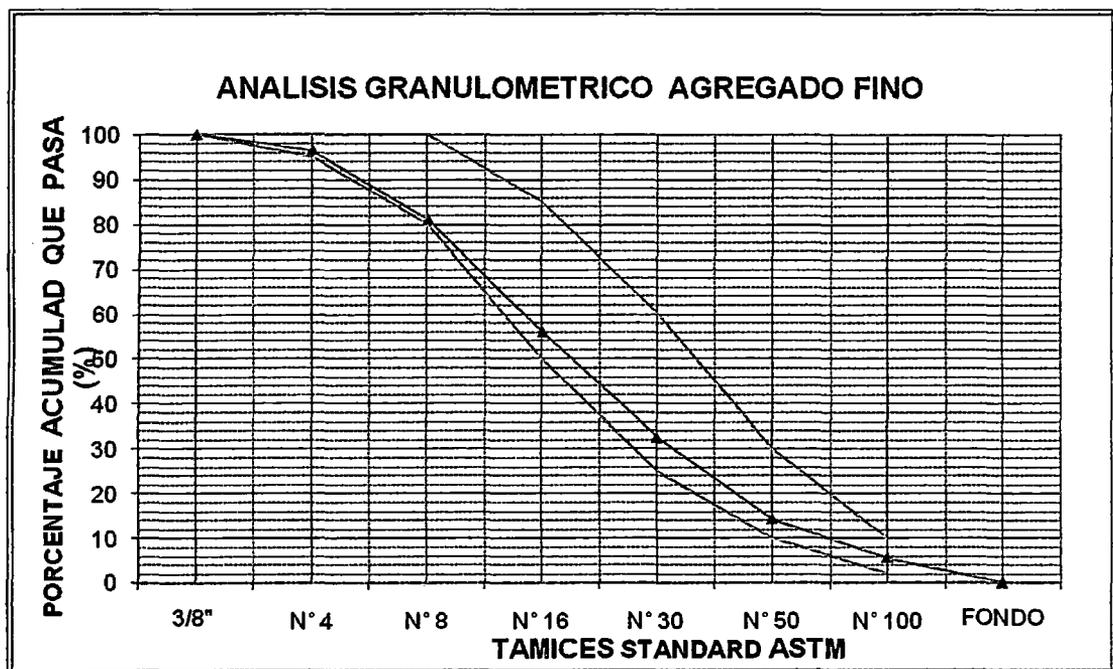
Ensayo: Promedio de las 03 muestras

Huso ASTM del tipo C

N° MALLA	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% ACUMULADO QUE PASA	ASTM C-33 % QUE PASA	
					Inf.	Sup.
3/8"	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
N° 4	17.5	3.5	3.5	96.5	95.0	100.0
N° 8	76.5	15.3	18.8	81.2	80.0	100.0
N° 16	126.0	25.2	44.0	56.0	50.0	85.0
N° 30	117.5	23.5	67.5	32.5	25.0	60.0
N° 50	91.0	18.2	85.7	14.3	10.0	30.0
N° 100	43.5	8.7	94.4	5.6	2.0	10.0
FONDO	28.0	5.6	100.0	0.0		
TOTAL	500.0					

MODULO DE FINURA	3.14
------------------	------

GRAFICO B-5



CUADRO B-6

**REQUERIMIENTOS GRANULOMETRICOS DEL AGREGADO GRUESO
NTP 400.012 – ASTM C-33**

HUSO	TAMAÑO NOMINAL DEL AGREGADO	PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS						
		50mm 2"	37.5mm 1 1/2"	25.5mm 1"	19mm 3/4"	12.5mm 1/2"	9.5mm 3/8"	4.75mm N° 4
1	90 mm a 37.5 mm (3 1/2" A 1 1/2")							
2	63 mm a 37.5 mm (2 1/2" a 1 1/2")							
3	50 mm a 25 mm (2" a 1")	90 - 100	35 - 70	0 - 15		0 - 5		
357	50 mm a 4.75 mm (2" a N° 4)	95 - 100		35 - 70		10 a 30		0 - 5
4	37.5 mm a 19 mm (1 1/2" a 3/4")	100	90 - 100	20 - 55	0 - 15		0 - 5	
467	37.5 mm a 4.75 mm (1 1/2" a N° 4)	100	95 - 100		35 - 70		10 a 30	0 - 5
5	25 mm a 12.5 mm (1" a 1/2")		100	90 - 100	20 - 55	0 - 10	0 - 5	
56	25 mm a 9.5 mm (1" a 3/8")*		100	90 - 100	40 - 85	10 a 40	0 - 15	0 - 5
57	25 mm a 4.75 mm (1" a N° 4)		100	95 - 100		25 - 60		0 - 10
6	19 mm a 9.5 mm (3/4" a 3/8")			100	90 - 100	20 - 55	0 - 15	0 - 5
67	19 mm a 4.75 mm (3/4" a N° 4)			100	90 - 100		20 - 55	0 - 10
7	12.5 mm a 4.75 mm (1/2" a N° 4)				100	90 - 100	40 - 70	0 - 15

CUADRO B-7

Muestra: Agregado Grueso de la cantera La Gloria

Peso: 10,000 gr.

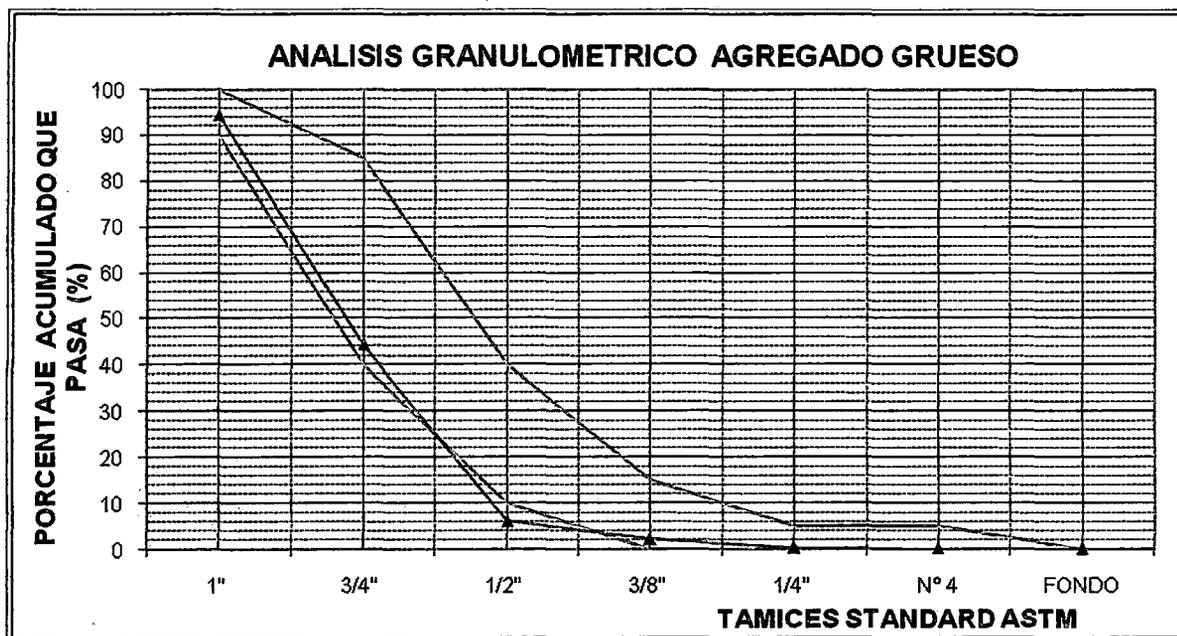
Ensayo: Muestra 01

ASTM C-33, Huso granulométrico para tamaños nominales de 1" a 3/8" (N° 56)

N° MALLA	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% ACUMULADO QUE PASA	HUSO 67 % QUE PASA	
					Inf.	Sup.
1 1/2"	0.00	0.0	0.0	100.0	100.0	100
1"	557.00	5.6	5.6	94.4	90.0	100
3/4"	5,012.00	50.1	55.7	44.3	40.0	85
1/2"	3,822.00	38.2	93.9	6.1	10.0	40
3/8"	388.00	3.9	97.8	2.2	0.0	15
1/4"	186.00	1.9	99.7	0.3	0.0	5
N° 4	23.00	0.2	99.9	0.1	0.0	5
FONDO	12.00	0.1	100.0	0.0	0.0	0
TOTAL	10000.00					

MODULO DE FINURA	7.5
------------------	-----

GRAFICO B-7



CUADRO B-8

Muestra: Agregado Grueso de la cantera La Gloria
Peso: 10,000 gr.

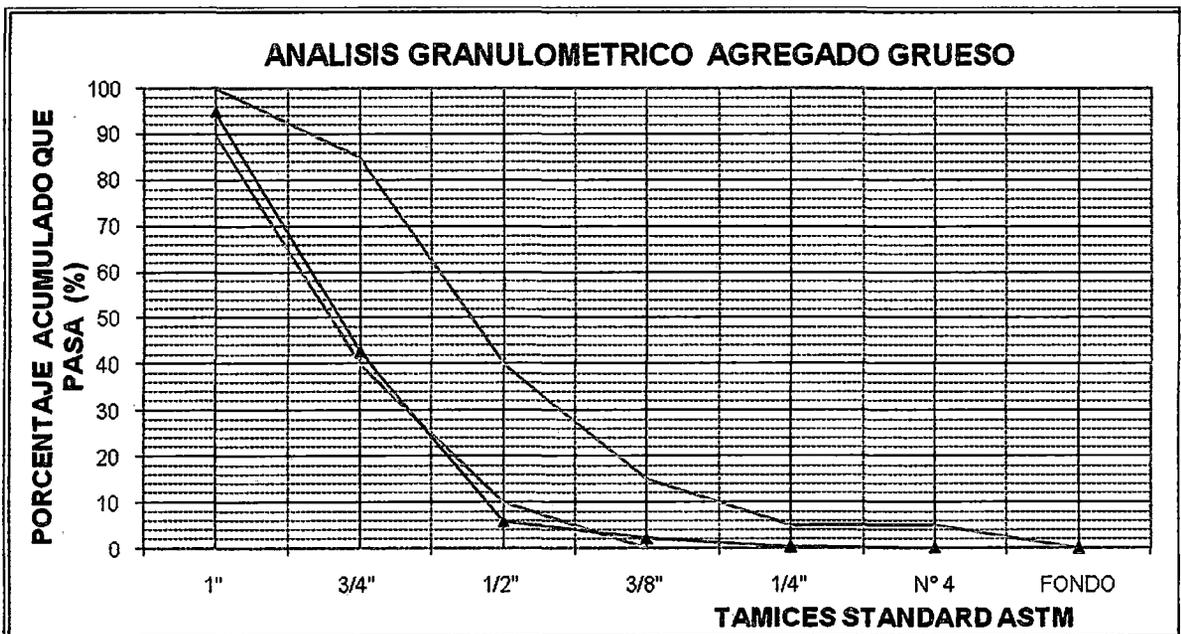
Ensayo: Muestra 02

ASTM C-33, Huso granulométrico para tamaños nominales de 1" a 3/8" (N° 56)

N° MALLA	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% ACUMULADO QUE PASA	HUSO 67 % QUE PASA	
					Inf.	Sup.
1 1/2"	0.00	0.0	0.0	100.0	100.0	100
1"	522.00	5.2	5.2	94.8	90.0	100
3/4"	5,198.00	52.0	57.2	42.8	40.0	85
1/2"	3,696.00	37.0	94.2	5.8	10.0	40
3/8"	359.00	3.6	97.8	2.2	0.0	15
1/4"	188.00	1.9	99.7	0.3	0.0	5
N° 4	24.00	0.2	99.9	0.1	0.0	5
FONDO	13.00	0.1	100.0	0.0	0.0	0
TOTAL	10000.00					

MODULO DE FINURA	7.5
------------------	-----

GRAFICO B-8



CUADRO B-9

Muestra: Agregado Grueso de la cantera La Gloria
 Peso: 10,000 gr.

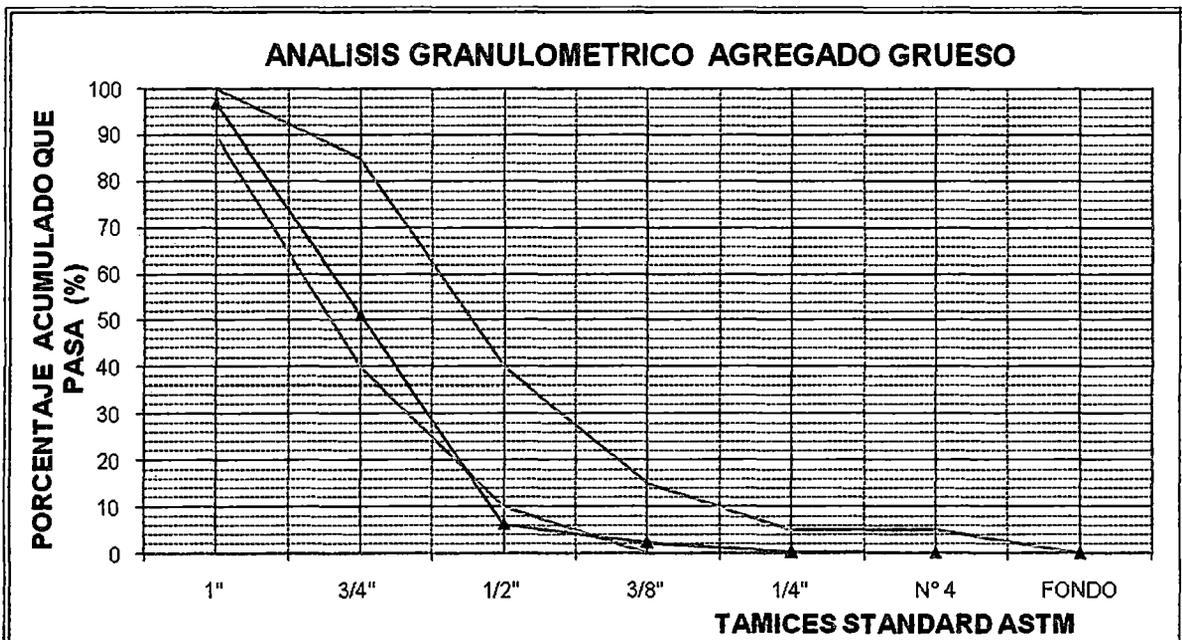
Ensayo: Muestra 03

ASTM C-33, Huso granulométrico para tamaños nominales de 1" a 3/8" (Nº 56)

Nº MALLA	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% ACUMULADO QUE PASA	HUSO 67 % QUE PASA	
					Inf.	Sup.
1 1/2"	0.00	0.0	0.0	100.0	100.0	100
1"	316.00	3.2	3.2	96.8	90.0	100
3/4"	4,575.00	45.7	48.9	51.1	40.0	85
1/2"	4,496.00	44.9	93.8	6.2	10.0	40
3/8"	388.00	3.9	97.7	2.3	0.0	15
1/4"	199.00	2.0	99.7	0.3	0.0	5
Nº 4	17.00	0.2	99.9	0.1	0.0	5
FONDO	12.00	0.1	100.0	0.0	0.0	0
TOTAL	10003.00					

MODULO DE FINURA	7.5
------------------	-----

GRAFICO B-9



CUADRO B-10

Muestra: Agregado Grueso de la cantera La Gloria

Peso: 10,000 gr.

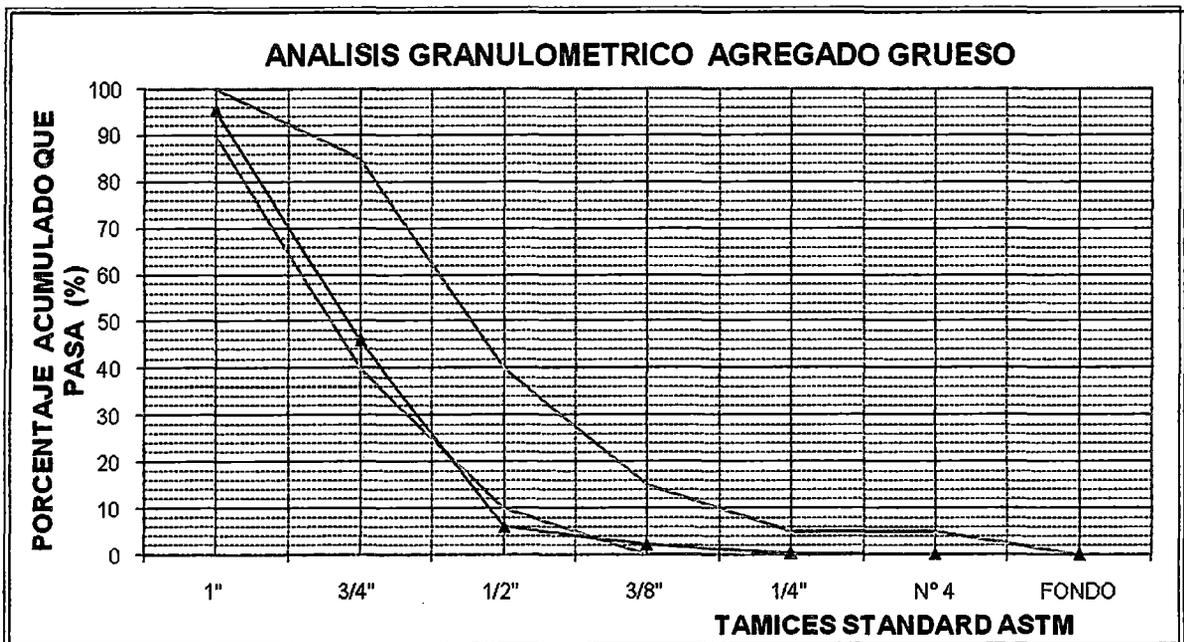
Ensayo: Promedio de las 03 muestras

ASTM C-33, Huso granulométrico para tamaños nominales de 1" a 3/8" (Nº 56)

Nº MALLA	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% ACUMULADO QUE PASA	HUSO 67 % QUE PASA	
					Inf.	Sup.
1 1/2"	0.00	0.0	0.0	100.0	100.0	100
1"	465.00	4.7	4.7	95.3	90.0	100
3/4"	4,928.33	49.3	54.0	46.0	40.0	85
1/2"	4,004.67	40.0	94.0	6.0	10.0	40
3/8"	378.33	3.8	97.8	2.2	0.0	15
1/4"	188.00	1.9	99.7	0.3	0.0	5
Nº 4	24.34	0.2	99.9	0.1	0.0	5
FONDO	11.33	0.1	100.0	0.0	0.0	0
TOTAL	10000.00					

MODULO DE FINURA	7.5	T.M. = 1 1/2"	T.M.N. = 1"
------------------	-----	---------------	-------------

GRAFICO B-10



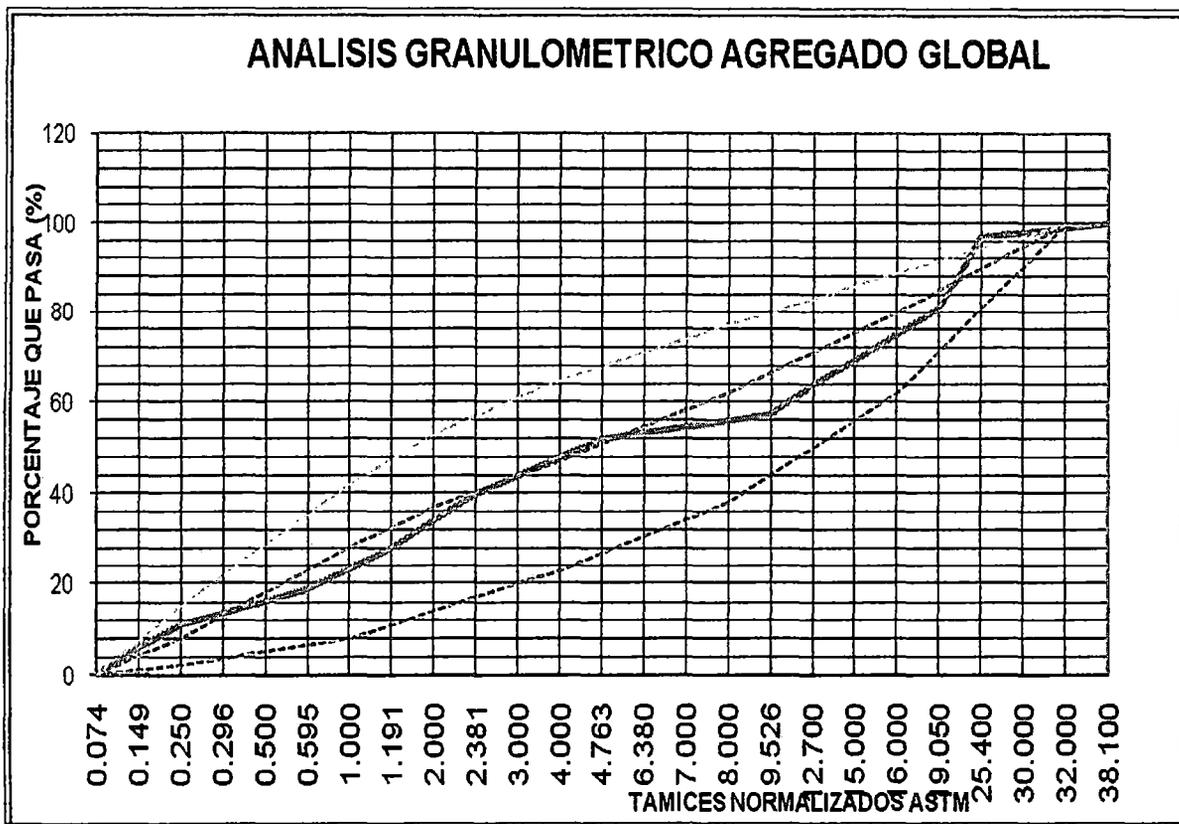
CUADRO B-11

GRANULOMETRIA DEL AGREGADO GLOBAL

Muestra: Agregado Fino de la cantera Trapiche
Agregado Grueso de la cantera La Gloria
Combinación: 48% agregado fino – 52% agregado grueso
Ensayo: Promedio

N° Malla	% Retenido		Combinación (A. fino 48% + A. Grueso 52%)			Huso		
	Agregado Fino	Agregado Grueso	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Acumulado que pasa	% que Pasa		
						A	B	C
1 1/2"		0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1"		4.60	2.39	2.39	97.61	87.33	93.33	96.33
3/4"		49.30	25.64	28.03	71.97	74.67	86.67	92.67
1/2"		40.00	20.80	48.83	51.17	50.00	71.00	83.00
3/8"	0.00	3.80	1.98	50.80	49.20	44.00	66.50	80.00
N° 4	3.50	2.10	2.77	53.58	46.42	26.75	50.75	68.00
N° 8	15.30	0.10	7.40	60.97	39.03	17.00	40.33	57.00
N° 16	25.20		12.10	73.07	26.93	11.00	32.50	47.50
N° 30	23.50		11.28	84.35	15.65	6.50	23.00	35.25
N° 50	18.20		8.74	93.08	6.92	2.00	8.00	15.00
N° 100	8.70		4.18	97.26	2.74	1.00	4.00	7.50
FONDO	5.60	0.00	2.69	99.95	0.05			
MODULO DE FINURA				5.41				

GRAFICO B-11



ANEXO C

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DEL CONCRETO FRESCO

CUADRO C-1

**ENSAYO DE CONSISTENCIA
CONCRETO PATRON**

Diseño	Material	Dosificación Seca x M3 (Kg)	Tanda de Ensayo (Kg)	Reducción de Agua (%)	Asentamiento (pulg)
Patrón a/c: 0.40	CEMENTO	680.00	14.22	0.00	3 1/2"
	AGUA	272.00	5.64		
	ARENA	634.73	13.49		
	PIEDRA	697.97	14.65		
	AIRE	0.0015	0.0000		
	SUMA	2,284.70	48.00		

Diseño	Material	Dosificación Seca x M3 (Kg)	Tanda de Ensayo (Kg)	Reducción de Agua (%)	Asentamiento (pulg)
Patrón a/c: 0.45	CEMENTO	578.00	12.06	0.00	3 3/4"
	AGUA	260.00	5.37		
	ARENA	691.40	14.66		
	PIEDRA	760.28	15.92		
	AIRE	0.0015	0.0000		
	SUMA	2,289.68	48.00		

Diseño	Material	Dosificación Seca x M3 (Kg)	Tanda de Ensayo (Kg)	Reducción de Agua (%)	Asentamiento (pulg)
Patrón a/c: 0.50	CEMENTO	496.00	10.31	0.00	3 3/4"
	AGUA	248.00	5.10		
	ARENA	739.96	15.63		
	PIEDRA	813.67	16.97		
	AIRE	0.0015	0.0000		
	SUMA	2,297.63	48.00		

CUADRO C-2

**ENSAYO DE CONSISTENCIA
CONCRETO PATRON + 0.5% DE ADITIVO**

Diseño	Material	Dosificación Seca x M3 (Kg)	Tanda de Ensayo (Kg)	Reducción de Agua (%)	Asentamiento (pulg)
Patrón + 0.5% aditivo a/c inicial: 0.40	CEMENTO	719.19	14.44	12.46	3 1/4"
	AGUA	244.58	4.91		
	ARENA	682.25	13.70		
	PIEDRA	740.92	14.88		
	AIRE	0.076	0.00		
	ADITIVO	3.35	0.07		
	SUMA	2,390.36	48.00		

Diseño	Material	Dosificación Seca x M3 (Kg)	Tanda de Ensayo (Kg)	Reducción de Agua (%)	Asentamiento (pulg)
Patrón + 0.5% aditivo a/c inicial: 0.45	CEMENTO	618.21	12.30	17.51	3 3/4"
	AGUA	223.91	4.45		
	ARENA	751.55	14.95		
	PIEDRA	816.18	16.24		
	AIRE	0.077	0.00		
	ADITIVO	2.89	0.06		
	SUMA	2,412.82	48.00		

Diseño	Material	Dosificación Seca x M3 (Kg)	Tanda de Ensayo (Kg)	Reducción de Agua (%)	Asentamiento (pulg)
Patrón + 0.5% aditivo a/c inicial: 0.50	CEMENTO	539.36	10.58	24.67	3 3/4"
	AGUA	198.49	3.89		
	ARENA	817.76	16.05		
	PIEDRA	888.08	17.43		
	AIRE	0.078	0.00		
	ADITIVO	2.53	0.05		
	SUMA	2,446.28	48.00		

CUADRO C-3

**ENSAYO DE CONSISTENCIA
CONCRETO PATRON + 1% DE ADITIVO**

Diseño	Material	Dosificación Seca x M3 (Kg)	Tanda de Ensayo (Kg)	Reducción de Agua (%)	Asentamiento (pulg)
Patrón + 1 % aditivo a/c inicial: 0.40	CEMENTO	720.58	14.45	14.20	3 1/2"
	AGUA	239.98	4.81		
	ARENA	683.57	13.71		
	PIEDRA	742.35	14.89		
	AIRE	0.076	0.00		
	ADITIVO	6.71	0.13		
	SUMA	2,393.26	48.00		

Diseño	Material	Dosificación Seca x M3 (Kg)	Tanda de Ensayo (Kg)	Reducción de Agua (%)	Asentamiento (pulg)
Patrón + 1 % aditivo a/c inicial: 0.45	CEMENTO	622.92	12.34	21.05	3 1/2"
	AGUA	215.28	4.26		
	ARENA	757.28	15.00		
	PIEDRA	822.40	16.29		
	AIRE	0.077	0.00		
	ADITIVO	5.81	0.12		
	SUMA	2,423.77	48.00		

Diseño	Material	Dosificación Seca x M3 (Kg)	Tanda de Ensayo (Kg)	Reducción de Agua (%)	Asentamiento (pulg)
Patrón + 1 % aditivo a/c inicial: 0.50	CEMENTO	539.50	10.58	25.66	3 1/2"
	AGUA	195.92	3.84		
	ARENA	817.97	16.05		
	PIEDRA	888.30	17.43		
	AIRE	0.079	0.00		
	ADITIVO	5.05	0.10		
	SUMA	2,446.82	48.00		

CUADRO C-4

**ENSAYO DE CONSISTENCIA
CONCRETO PATRON + 2% DE ADITIVO**

Diseño	Material	Dosificación Seca x M3 (Kg)	Tanda de Ensayo (Kg)	Reducción de Agua (%)	Asentamiento (pulg)
Patrón + 2 % aditivo a/c inicial: 0.40	CEMENTO	727.07	14.50	19.35	3 1/4"
	AGUA	226.81	4.52		
	ARENA	689.73	13.76		
	PIEDRA	749.04	14.94		
	AIRE	0.077	0.00		
	ADITIVO	13.54	0.27		
	SUMA	2,406.26	48.00		

Diseño	Material	Dosificación Seca x M3 (Kg)	Tanda de Ensayo (Kg)	Reducción de Agua (%)	Asentamiento (pulg)
Patrón + 2 % aditivo a/c inicial: 0.45	CEMENTO	629.26	12.39	26.44	3 3/4"
	AGUA	201.81	3.97		
	ARENA	764.98	15.06		
	PIEDRA	830.76	16.35		
	AIRE	0.078	0.00		
	ADITIVO	11.75	0.23		
	SUMA	2,438.64	48.00		

Diseño	Material	Dosificación Seca x M3 (Kg)	Tanda de Ensayo (Kg)	Reducción de Agua (%)	Asentamiento (pulg)
Patrón + 2 % aditivo a/c inicial: 0.50	CEMENTO	544.05	10.62	30.40	3 3/4"
	AGUA	184.38	3.60		
	ARENA	824.86	16.10		
	PIEDRA	895.79	17.48		
	AIRE	0.079	0.00		
	ADITIVO	10.20	0.20		
	SUMA	2,459.35	48.00		

CUADRO C-5
ENSAYO DE PESO UNITARIO DEL CONCRETO

Relación a/c inicial	Mezcla	Peso del Recipiente (kg)	Peso del Concreto + Recipiente (kg)	Peso del Concreto (kg)	Peso Unitario (kg/m ³)
0.4	Patrón	7.41	29.44	22.03	2245.67
	0.5% aditivo	7.41	29.45	22.04	2246.69
	1% aditivo	7.41	29.79	22.38	2281.35
	2% aditivo	7.41	29.91	22.50	2293.58

Relación a/c inicial	Mezcla	Peso del Recipiente (kg)	Peso del Concreto + Recipiente (kg)	Peso del Concreto (kg)	Peso Unitario (kg/m ³)
0.45	Patrón	7.41	29.49	22.08	2250.76
	0.5% aditivo	7.41	29.89	22.48	2291.54
	1% aditivo	7.41	30.01	22.60	2303.77
	2% aditivo	7.41	30.18	22.77	2321.10

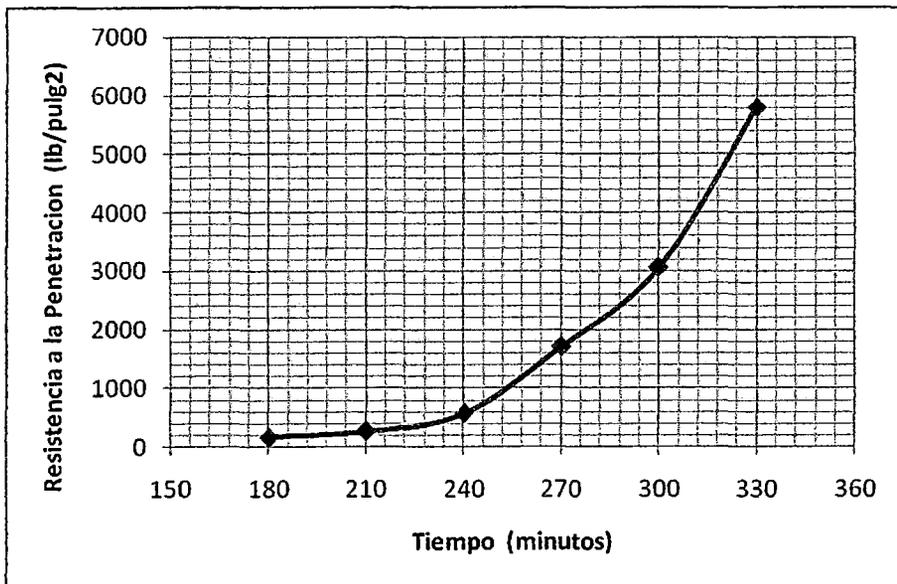
Relación a/c inicial	Mezcla	Peso del Recipiente (kg)	Peso del Concreto + Recipiente (kg)	Peso del Concreto (kg)	Peso Unitario (kg/m ³)
0.50	Patrón	7.41	29.58	22.17	2259.94
	0.5% aditivo	7.41	29.72	22.31	2274.21
	1% aditivo	7.41	29.87	22.46	2289.50
	2% aditivo	7.41	30.03	22.62	2305.81

CUADRO C-6

**ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO
CONCRETO PATRON
A/C=0.40**

Mezcla	Tiempo transcurrido (hor:min)	Tiempo acumulado (min)	Diámetro aguja (pulg)	Fuerza Aplicada (lb)	Resistencia Penetración (lb/pulg ²)
Patrón a/c = 0.40	09:00				
	12:00	180	1 1/8"	150	150.91
	12:30	210	13/16"	130	250.72
LEM-FIC-UNI 10-may-11 temp=20 °C	13:00	240	9/16"	140	563.38
	13:30	270	5/16"	130	1694.92
	14:00	300	4/16"	150	3054.99
	14:30	330	3/16"	160	5797.10

GRAFICO C-1



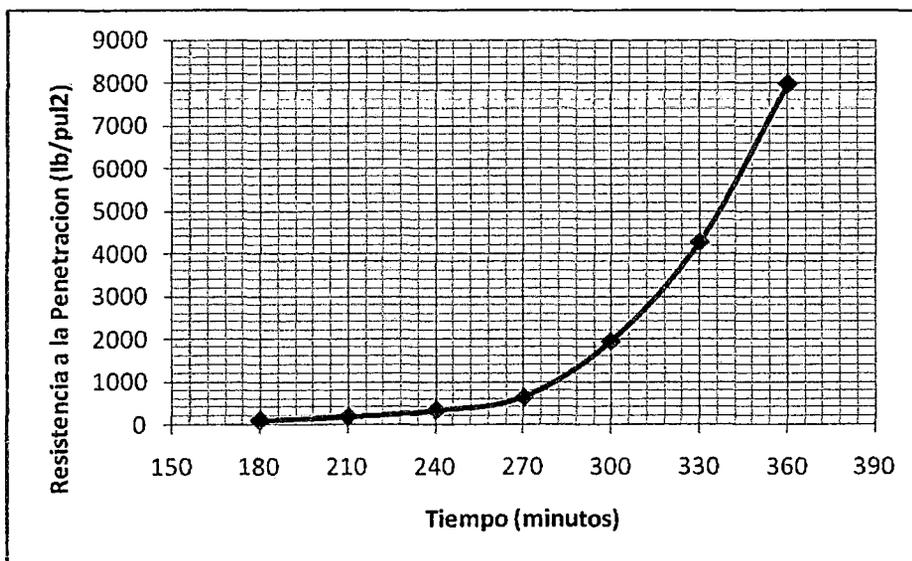
FRAGUA INICIAL (h:m) 3:46	FRAGUA FINAL (h:m) 5:15
-------------------------------------	-----------------------------------

CUADRO C-7

**ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO
CONCRETO PATRON
A/C=0.45**

Mezcla	Tiempo transcurrido (hor:min)	Tiempo acumulado (min)	Diámetro aguja (pulg)	Fuerza Aplicada (lb)	Resistencia Penetración (lb/pulg ²)
Patrón a/c = 0.45	09:22				
	12:22	180	1 1/8"	80	80.48
	12:52	210	1 1/8"	180	181.09
	13:22	240	13/16"	170	327.87
LEM-FIC-UNI 10-may-11 temp=20 °C	13:52	270	9/16"	160	643.86
	14:22	300	5/16"	150	1955.67
	14:52	330	4/16"	210	4276.99
	15:22	360	3/16"	220	7971.01

GRAFICO C-2



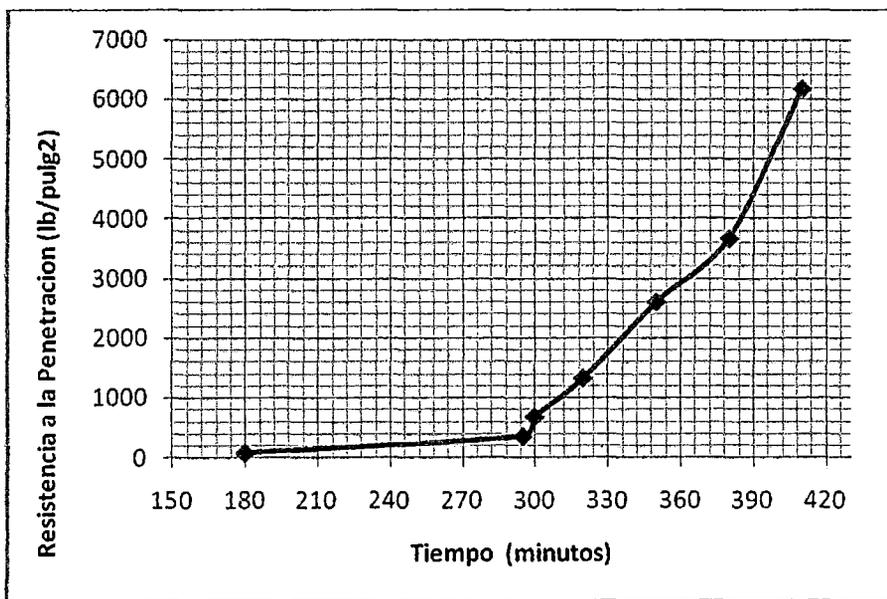
FRAGUA INICIAL (h:m) 4:04	FRAGUA FINAL (h:m) 5:34
-------------------------------------	-----------------------------------

CUADRO C- 8

**ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO
 CONCRETO PATRON
 A/C=0.50**

Mezcla	Tiempo transcurrido (hor:min)	Tiempo acumulado (min)	Diámetro aguja (pulg)	Fuerza Aplicada (lb)	Resistencia Penetración (lb/pulg ²)
Patrón a/c = 0.50	09:40				
	12:40	180	1 1/8"	70	70.42
	14:35	295	1 1/8"	350	352.11
LEM-FIC-UNI 12-may-11 temp=21 °C	14:40	300	13/16"	350	675.02
	15:00	320	9/16"	330	1327.97
	15:30	350	5/16"	200	2607.56
	16:00	380	4/16"	180	3665.99
	16:30	410	3/16"	170	6159.42

GRAFICO C-3



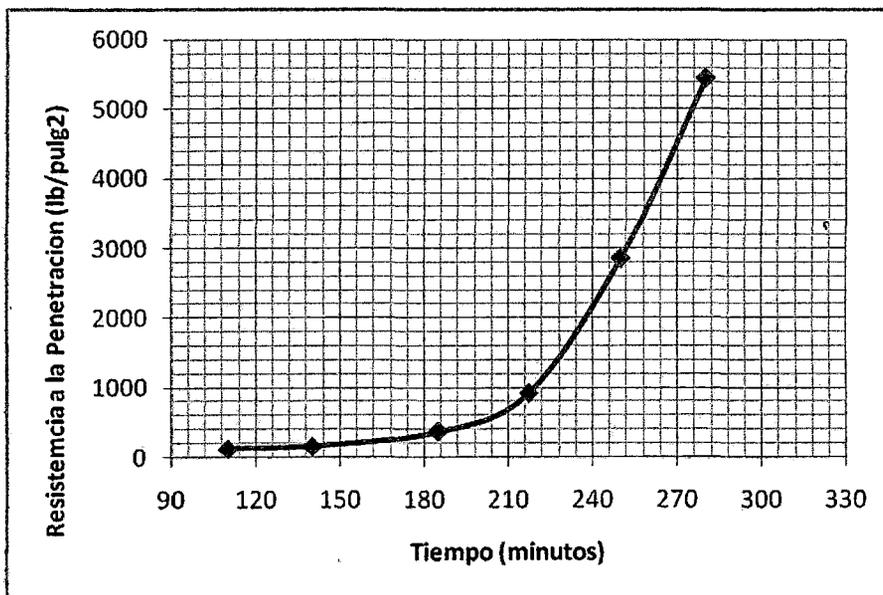
FRAGUA INICIAL (h:m) 4:31	FRAGUA FINAL (h:m) 6:35
-------------------------------------	-----------------------------------

CUADRO C- 9

**ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO
 CONCRETO PATRON
 A/C=0.40 + 0.5 % DE ADITIVO**

Mezcla	Tiempo transcurrido (hor:min)	Tiempo acumulado (min)	Diámetro aguja (pulg)	Fuerza Aplicada (lb)	Resistencia Penetración (lb/pulg ²)
a/c inicial	10:25				
0.40	12:15	110	1 1/8"	120	120.72
+ 5% aditivo	12:45	140	13/16"	80	154.29
	13:30	185	9/16"	90	362.17
LEM-FIC-UNI	14:02	217	5/16"	70	912.65
21-jun-11	14:35	250	4/16"	140	2851.32
temp=18 °C	15:05	280	3/16"	150	5434.78

GRAFICO C-4

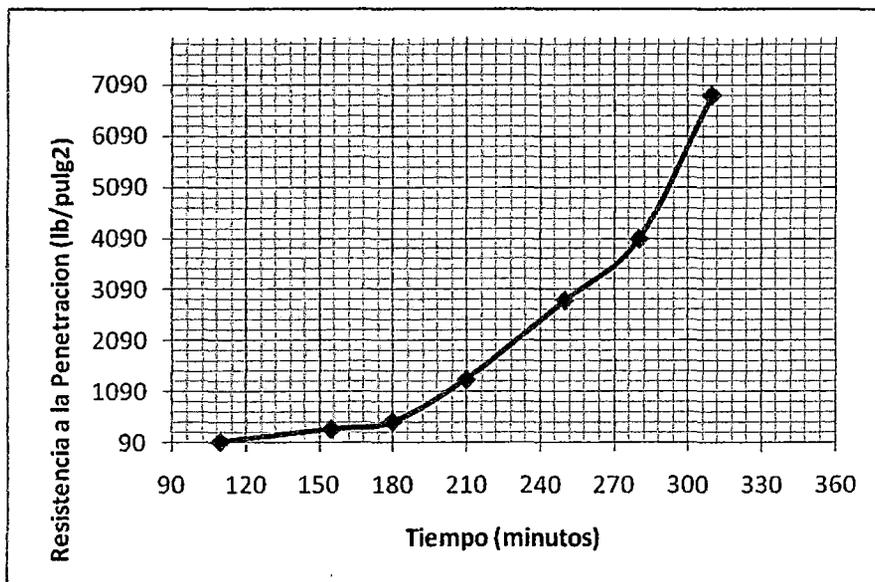


FRAGUA INICIAL (h:m) 2:54	FRAGUA FINAL (h:m) 4:25
-------------------------------------	-----------------------------------

CUADRO C- 10
ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO
CONCRETO PATRON
A/C=0.45 + 0.5 % DE ADITIVO

Mezcla	Tiempo transcurrido (hor:min)	Tiempo acumulado (min)	Diámetro aguja (pulg)	Fuerza Aplicada (lb)	Resistencia Penetración (lb/pulg ²)
a/c inicial	10:40				
0.45	12:30	110	1 1/8"	110	110.66
+ 5% aditivo	13:15	155	1 1/8"	350	352.11
	13:40	180	13/16"	260	501.45
LEM-FIC-UNI	14:10	210	9/16"	330	1327.97
21-jun-11	14:50	250	5/16"	220	2868.32
temp=18 °C	15:20	280	4/16"	200	4073.32
	15:50	310	3/16"	190	6884.06

GRAFICO C-5



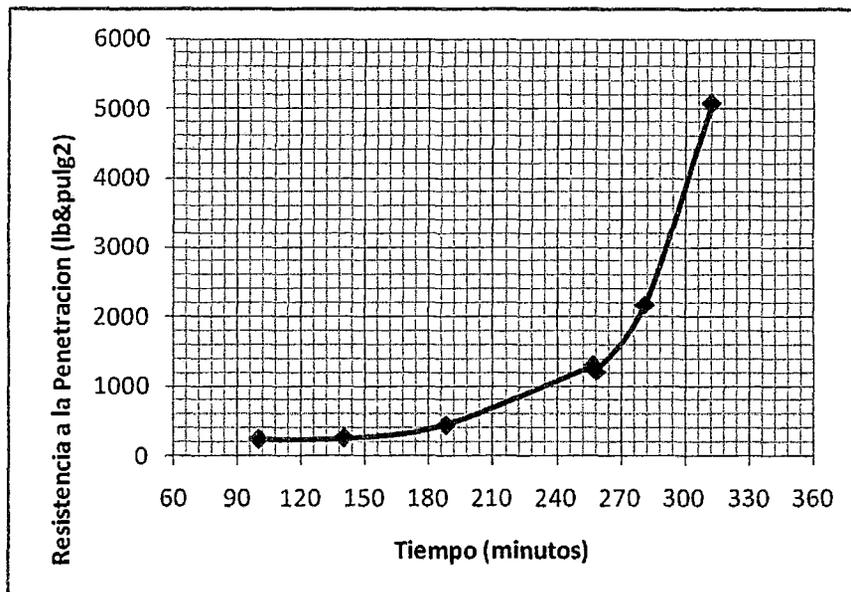
FRAGUA INICIAL (h:m) 3:12	FRAGUA FINAL (h:m) 4:40
--	--

CUADRO C- 11

**ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO
 CONCRETO PATRON
 A/C=0.50 + 0.5 % DE ADITIVO**

Mezcla	Tiempo transcurrido (hor:min)	Tiempo acumulado (min)	Diámetro aguja (pulg)	Fuerza Aplicada (lb)	Resistencia Penetración (lb/pulg ²)
a/c inicial	09:35				
0.50	11:05	100	1 1/8"	230	231.39
+ 5% aditivo	11:45	140	13/16"	130	250.72
	12:33	188	9/16"	110	442.66
LEM-FIC-UNI	13:42	257	5/16"	100	1303.78
24-jun-11	13:43	258	4/16"	60	1222.00
temp=18 °C	14:06	281	3/16"	60	2173.91
	14:37	312	3/16"	140	5072.46

GRAFICO C-6



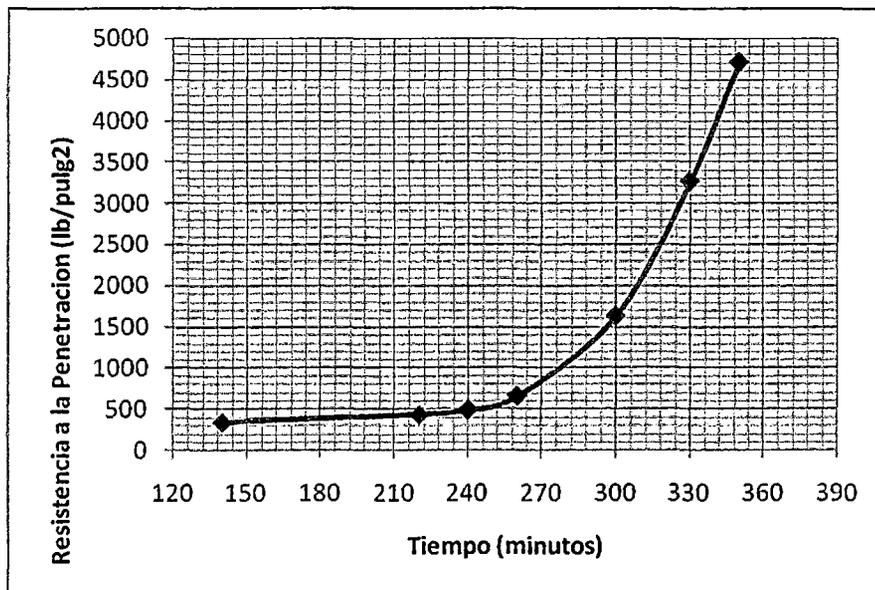
FRAGUA INICIAL (h:m) 3:42	FRAGUA FINAL (h:m) 5:10
-------------------------------------	-----------------------------------

CUADRO C-12

**ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO
CONCRETO PATRON
A/C=0.40 + 1 % DE ADITIVO**

Mezcla	Tiempo transcurrido (hor:min)	Tiempo acumulado (min)	Diámetro aguja (pulg)	Fuerza Aplicada (lb)	Resistencia Penetración (lb/pulg ²)
a/c inicial	11:15				
0.40 +	13:35	140	1 1/8"	330	331.99
1 % aditivo	14:55	220	13/16"	220	424.30
	15:15	240	9/16"	120	482.90
LEM-FIC-UNI	15:35	260	5/16"	50	651.89
24-jun-11	16:15	300	4/16"	80	1629.33
temp=18 °C	16:45	330	3/16"	90	3260.87
	17:05	350	3/16"	130	4710.14

GRAFICO C-7



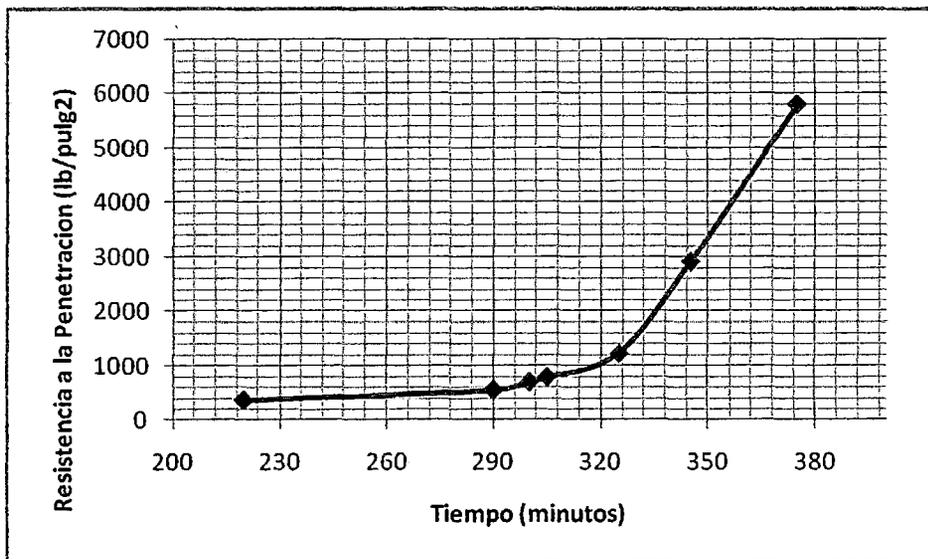
FRAGUA INICIAL (h:m) 3:55	FRAGUA FINAL (h:m) 5:34
-------------------------------------	-----------------------------------

CUADRO C- 13

**ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO
CONCRETO PATRON
A/C=0.45 + 1 % DE ADITIVO**

Mezcla	Tiempo transcurrido (hor:min)	Tiempo acumulado (min)	Diámetro aguja (pulg)	Fuerza Aplicada (lb)	Resistencia Penetración (lb/pulg ²)
a/c inicial	11:00				
0.45 +	14:40	220	1 1/8"	350	352.11
1 % aditivo	15:50	290	13/16"	280	540.02
	16:00	300	9/16"	170	684.10
LEM-FIC-UNI	16:05	305	5/16"	60	782.27
22-jun-11	16:30	325	4/16"	60	1222.00
temp=18 °C	16:50	345	3/16"	80	2898.55
	17:25	375	3/16"	160	5797.10

GRAFICO C-8



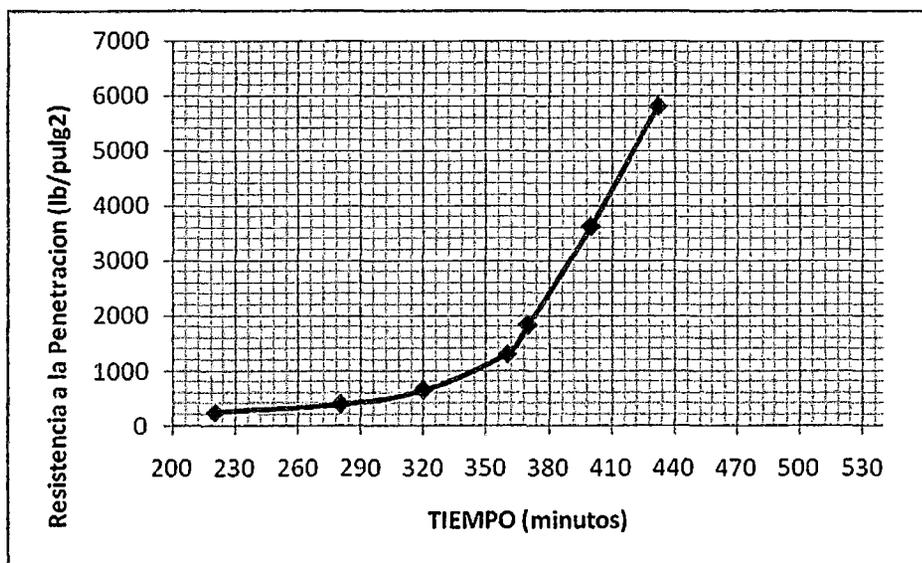
FRAGUA INICIAL (r:m) 4:18	FRAGUA FINAL (h:m) 5:52
-------------------------------------	-----------------------------------

CUADRO C-14

**ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO
CONCRETO PATRON
A/C=0.50 + 1 % DE ADITIVO**

Mezcla	Tiempo transcurrido (hor:min)	Tiempo acumulado (min)	Diámetro aguja (pulg)	Fuerza Aplicada (lb)	Resistencia Penetración (lb/pulg ²)
a/c inicial	09:25				
0.50 +	13:05	220	1 1/8"	240	241.45
1 % aditivo	14:05	280	13/16"	200	385.73
	14:45	320	9/16"	160	643.86
LEM-FIC-UNI	15:25	360	5/16"	100	1303.78
22-jun-11	15:35	370	4/16"	90	1832.99
temp=18 °C	16:05	400	3/16"	100	3623.19
	16:37	432	3/16"	160	5797.10

GRAFICO C-9



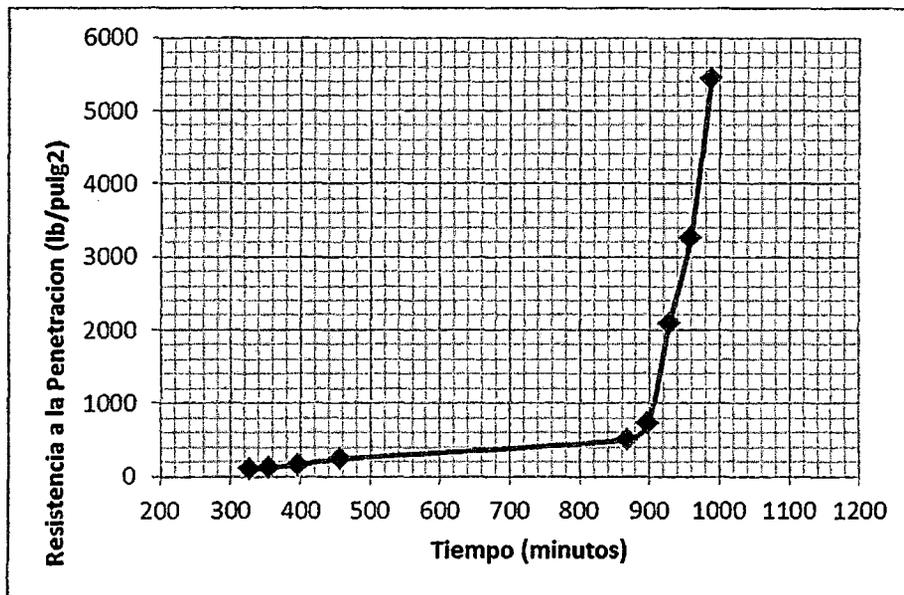
FRAGUA INICIAL (h:m) 4:49	FRAGUA FINAL (h:m) 6:44
-------------------------------------	-----------------------------------

CUADRO C-15

**ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO
CONCRETO PATRON
A/C=0.40 + 2 % DE ADITIVO**

Mezcla	Tiempo transcurrido (hor:min)	Tiempo acumulado (min)	Diámetro aguja (pulg)	Fuerza Aplicada (lb)	Resistencia Penetración (lb/pulg ²)
a/c inicial	09:00				
0.40 +	13:14	253	1 1/8"	60	60.36
2% aditivo	14:26	326	1 1/8"	90	90.54
LEM-FIC-UNI	14:54	354	13/16"	60	115.72
temp=21 °C	15:36	396	13/16"	80	154.29
11-nov-11	16:36	456	13/16"	120	231.44
12-nov-11	09:25	865	13/16"	260	501.45
	09:55	895	9/16"	180	724.35
	10:25	925	5/16"	160	2086.05
	10:55	955	4/16"	160	3258.66
	11:25	985	3/16"	150	5434.78

GRAFICO C-10



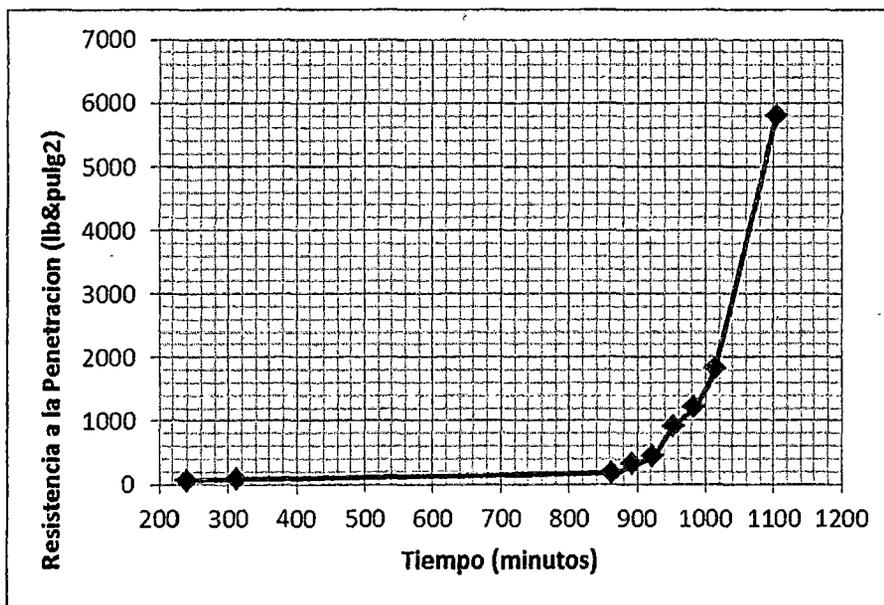
FRAGUA INICIAL (h:m) 14:16	FRAGUA FINAL (h:m) 16:22
---	---

CUADRO C- 16

**ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO
CONCRETO PATRON
A/C=0.45 + 2 % DE ADITIVO**

Mezcla	Tiempo transcurrido (hor:min)	Tiempo acumulado (min)	Diámetro aguja (pulg)	Fuerza Aplicada (lb)	Resistencia Penetración (lb/pulg ²)
a/c inic =0.45 + 2% aditivo 11-nov-11	09:15				
	13:15	240	1 1/8"	50	50.30
	14:27	312	1 1/8"	70	70.42
LEM-FIC-UNI temp=21 °C 12-nov-11	09:26	851	1 1/8"	180	181.09
	09:56	881	13/16"	160	308.58
	10:26	911	9/16"	110	442.66
	10:56	941	5/16"	70	912.65
	11:26	971	4/16"	60	1222.00
	11:56	1001	4/16"	90	1832.99
	13:26	1091	3/16"	160	5797.10

GRAFICO C-11



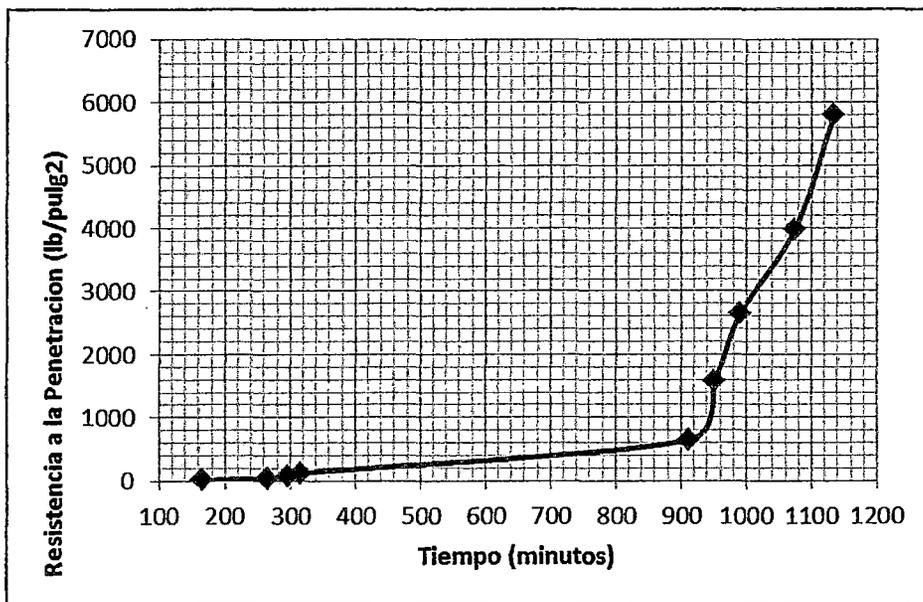
FRAGUA INICIAL (h:m) 15:03	FRAGUA FINAL (h:m) 18:10
---	---

CUADRO C-17

**ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO
 CONCRETO PATRON
 A/C=0.50 + 2 % DE ADITIVO**

Mezcla	Tiempo transcurrido (hor:min)	Tiempo acumulado (min)	Diámetro aguja (pulg)	Fuerza Aplicada (lb)	Resistencia Penetración (lb/pulg ²)
a/c inicial	11:14				
0.40 +	14:00	166	1 1/8"	10	10.06
2% aditivo	15:40	266	1 1/8"	40	40.24
02-dic-11	16:10	296	13/16"	40	77.15
	16:30	316	9/16"	30	120.72
LEM-FIC-UNI	08:11	852	9/16"	160	643.86
temp=21 °C	08:51	892	5/16"	120	1564.54
03-dic-11	09:30	931	4/16"	130	2647.66
	10:54	1015	3/16"	110	3985.51
	11:53	1074	3/16"	160	5797.10

GRAFICO C-12



FRAGUA INICIAL (h:m) 15:16	FRAGUA FINAL (h:m) 18:41
--------------------------------------	------------------------------------

CUADRO C-18
ENSAYO DE EXUDACION
CONCRETO PATRON CON $a/c=0.40$

Mezcla	Tiempo Real (hr:min)	Volumen Exudación (cm ³)	Volumen Exudación Acumulada (cm ³)
Patrón $a/c=0.40$ LEM-FIC-UNI 10-may-11 temp=20 °C	09:07	0.0	0.0
	09:17	0.5	0.5
	09:27	3.0	3.5
	09:37	4.0	7.5
	09:47	5.0	12.5
	10:17	8.0	20.5
	10:47	6.0	26.5
	11:17	6.3	32.8
	11:47	7.0	39.8
	12:17	0.5	40.3
	12:47	0.0	40.3
	13:17	0.0	40.3
	13:47	0.0	40.3
	14:17	0.0	40.3

Relación a/c	Dosificación de Aditivo	Peso de agua en Tanda 48 kg (kg)	Peso de muestra del concreto (kg)	Peso del agua de muestra (kg)	Volumen de Exudación Acumulado (cm ³)	Exudación (%)
0.40	Patrón	5.64	19.83	2.33	40.30	1.73

CUADRO C-19

**ENSAYO DE EXUDACION
CONCRETO PATRON CON $a/c=0.45$**

Mezcla	Tiempo Real (hr:min)	Volumen Exudación (cm3)	Volumen Exudación Acumulada (cm3)
Patrón $a/c = 0.45$ LEM-FIC-UNI 10-may-11 temp=20 °C	09:51	0.0	0.0
	10:01	7.0	7.0
	10:11	5.0	12.0
	10:21	7.5	19.5
	10:31	7.5	27.0
	11:01	18.0	45.0
	11:31	16.0	61.0
	12:01	2.0	63.0
	12:31	0.0	63.0
	13:01	0.0	63.0
	13:31	0.0	63.0
	14:01	0.0	63.0
	14:31	0.0	63.0

Relación a/c	Dosificación de Aditivo	Peso de agua en Tanda 48 kg (kg)	Peso de muestra del concreto (kg)	Peso del agua de muestra (kg)	Volumen de Exudación Acumulado (cm3)	Exudación (%)
0.45	Patrón	5.37	28.84	3.23	63.00	1.95

CUADRO C-20
ENSAYO DE EXUDACION
CONCRETO PATRON CON $a/c=0.50$

Mezcla	Tiempo Real (hr:min)	Volumen Exudación (cm3)	Volumen Exudación Acumulada (cm3)
Patrón $a/c = 0.50$ LEM-FIC-UNI 06-abr-11 temp=22 °C	10:07	0.0	0.0
	10:17	2.5	2.5
	10:27	8.0	10.5
	10:37	10.0	20.5
	10:47	11.5	32.0
	11:17	11.0	43.0
	11:47	7.5	50.5
	12:17	1.5	52.0
	12:47	2.5	54.5
	13:17	1.5	56.0
	13:47	0.5	56.5
	14:17	0.1	56.6
	14:47	0.0	56.6

Relación a/c	Dosificación de Aditivo	Peso de agua en Tanda 48 kg (kg)	Peso de muestra del concreto (kg)	Peso del agua de muestra (kg)	Volumen de Exudación Acumulado (cm3)	Exudación (%)
0.50	Patrón	5.10	20.68	2.20	56.60	2.58

CUADRO C-21
ENSAYO DE EXUDACION
CONCRETO CON $a/c=0.40 + 0.5\%$ DE ADITIVO

Mezcla	Tiempo Real (hr:min)	Volumen Exudación (cm3)	Volumen Exudación Acumulada (cm3)
a/c inicial 0.40 + 0.5% Aditivo LEM-FIC-UNI 24-jun-11 temp=18 °C	09:40	0.0	0.0
	09:50	0.0	0.0
	10:05	0.0	0.0
	10:15	1.0	1.0
	10:25	0.5	1.5
	10:35	1.5	3.0
	10:45	1.9	4.9
	10:55	2.8	7.7
	11:40	10.5	18.2
	12:05	0.5	18.7
	12:10	7.0	25.7
	01:50	1.5	27.2
	02:30	2.5	29.7
	03:06	0.4	30.1
	03:42	0.6	30.7
	04:18	0.5	31.2
	05:05	0.1	31.3
05:45	0.0	31.3	

Relación a/c inicial	Dosificación de Aditivo	Peso de agua en Tanda 48 kg (kg)	Peso de muestra del concreto (kg)	Peso del agua de muestra (kg)	Volumen de Exudación Acumulado (cm3)	Exudación (%)
0.40	0.5% Aditivo	4.91	21.40	2.19	31.30	1.43

CUADRO C-22

**ENSAYO DE EXUDACION
CONCRETO CON a/c=0.45 + 0.5% DE ADITIVO**

Mezcla	Tiempo Real (hr:min)	Volumen Exudación (cm3)	Volumen Exudación Acumulada (cm3)
a/c inicial 0.45 + 0.5% Aditivo LEM-FIC-UNI 24-jun-11 temp=18 °C	10:05	0.0	0.0
	10:15	1.0	1.0
	10:25	1.5	2.5
	10:35	1.0	3.5
	10:45	0.5	4.0
	10:55	0.6	4.6
	11:40	7.5	12.1
	12:05	5.0	17.1
	01:12	7.0	24.1
	01:50	5.2	29.3
	02:35	6.5	35.8
	03:07	4.1	39.9
	03:43	2.2	42.1
	04:20	1.4	43.5
	05:05	0.2	43.7
	05:35	0.1	43.8
	06:01	0.0	43.8

Relación a/c inicial	Dosificación de Aditivo	Peso de agua en Tanda 48 kg (kg)	Peso de muestra del concreto (kg)	Peso del agua de muestra (kg)	Volumen de Exudación Acumulado (cm3)	Exudación (%)
0.45	0.5% Aditivo	4.45	30.91	2.87	43.80	1.53

CUADRO C-23

**ENSAYO DE EXUDACION
CONCRETO CON a/c=0.50 + 0.5% DE ADITIVO**

Mezcla	Tiempo Real (hr:min)	Volumen Exudación (cm ³)	Volumen Exudación Acumulada (cm ³)
a/c inicial 0.50 + 0.5% Aditivo LEM-FIC-UNI 27-jun-11 temp=19 °C	11:15	0.0	0.0
	11:25	3.2	3.2
	11:35	4.1	7.3
	11:45	5.0	12.3
	11:55	5.5	17.8
	12:05	4.0	21.8
	12:35	3.8	25.6
	01:05	3.0	28.6
	01:35	2.3	30.9
	02:05	2.0	32.9
	02:35	2.0	34.9
	03:05	1.5	36.4
	03:35	2.0	38.4
	04:05	1.0	39.4
	04:35	0.5	39.9
	05:05	0.1	40.0
	05:15	0.0	40.0

Relación a/c inicial	Dosificación de Aditivo	Peso de agua en Tanda 48 kg (kg)	Peso de muestra del concreto (kg)	Peso del agua de muestra (kg)	Volumen de Exudación Acumulado (cm ³)	Exudación (%)
0.50	0.5% Aditivo	3.89	21.90	1.78	40.00	2.25

CUADRO C-24

**ENSAYO DE EXUDACION
CONCRETO CON a/c=0.40 + 1% DE ADITIVO**

Mezcla	Tiempo Real (hr:min)	Volumen Exudación (cm3)	Volumen Exudación Acumulada (cm3)
a/c inicial 0.40 + 1% Aditivo LEM-FIC-UNI 06-abr-11 temp=22 °C	10:40	0.0	0.0
	10:50	2.0	2.0
	11:00	1.5	3.5
	11:10	1.0	4.5
	11:20	1.0	5.5
	11:50	2.5	8.0
	12:20	5.5	13.5
	12:50	9.3	22.8
	01:20	9.0	31.8
	02:30	8.0	39.8
	03:25	8.2	48.0
	03:55	5.0	53.0
	04:15	3.5	56.5
	04:45	2.0	58.5
	05:15	1.0	59.5
	05:25	0.2	59.7
	05:45	0.1	59.8
06:00	0.0	59.8	

Relación a/c inicial	Dosificación de Aditivo	Peso de agua en Tanda 48 kg (kg)	Peso de muestra del concreto (kg)	Peso del agua de muestra (kg)	Volumen de Exudación Acumulado (cm3)	Exudación (%)
0.40	1% Aditivo	4.81	30.66	3.07	59.80	1.95

CUADRO C-25

**ENSAYO DE EXUDACION
CONCRETO CON $a/c=0.45 + 1\%$ DE ADITIVO**

Mezcla	Tiempo Real (hr:min)	Volumen Exudación (cm ³)	Volumen Exudación Acumulada (cm ³)
a/c inicial 0.45 + 1% Aditivo LEM-FIC-UNI 07-abr-11 temp=21 °C	11:07	0.0	0.0
	11:17	2.0	2.0
	11:27	0.5	2.5
	11:37	0.0	2.5
	11:47	0.0	2.5
	12:17	0.0	2.5
	12:47	6.5	9.0
	01:17	8.5	17.5
	01:47	7.5	25.0
	02:24	5.4	30.4
	02:47	6.5	36.9
	03:35	5.5	42.4
	03:47	1.0	43.4
	04:17	1.0	44.4
	04:37	1.0	45.4
	04:57	0.2	45.6
	05:10	0.0	45.6
	05:40	0.0	45.6

Relación a/c inicial	Dosificación de Aditivo	Peso de agua en Tanda 48 kg (kg)	Peso de muestra del concreto (kg)	Peso del agua de muestra (kg)	Volumen de Exudación Acumulado (cm ³)	Exudación (%)
0.45	1% Aditivo	4.26	21.70	1.93	45.60	2.37

CUADRO C-26

**ENSAYO DE EXUDACION
CONCRETO CON a/c=0.50 + 1% DE ADITIVO**

Mezcla	Tiempo Real (hr:min)	Volumen Exudación (cm ³)	Volumen Exudación Acumulada (cm ³)
a/c inicial 0.50 + 1% Aditivo LEM-FIC-UNI 07-abr-11 temp=21 °C	11:30	0.0	0.0
	11:45	2.5	2.5
	11:55	0.0	2.5
	12:05	0.0	2.5
	12:15	0.0	2.5
	12:45	0.0	2.5
	01:15	5.0	7.5
	01:45	9.5	17.0
	02:24	7.0	24.0
	02:45	5.5	29.5
	03:35	10.5	40.0
	03:45	5.5	45.5
	04:15	4.5	50.0
	04:35	4.0	54.0
	04:58	3.5	57.5
	05:10	1.0	58.5
	05:30	0.5	59.0
05:49	0.1	59.1	

Relación a/c inicial	Dosificación de Aditivo	Peso de agua en Tanda 48 kg (kg)	Peso de muestra del concreto (kg)	Peso del agua de Muestra (kg)	Volumen de Exudación Acumulado (cm ³)	Exudación (%)
0.50	1% Aditivo	3.84	31.35	2.51	59.10	2.36

CUADRO C-27

**ENSAYO DE EXUDACION
CONCRETO CON a/c=0.40 + 2% DE ADITIVO**

Mezcla	Tiempo Real (hr:min)	Volumen Exudación (cm ³)	Volumen Exudación Acumulada (cm ³)
a/c inicial 0.40 + 2% Aditivo LEM-FIC-UNI 27-jun-11 temp=19 °C	10:12	0.0	0.0
	10:22	0.0	0.0
	10:32	12.5	12.5
	10:42	26.2	38.7
	10:52	15.0	53.7
	11:02	25.5	79.2
	11:32	12.0	91.2
	12:02	9.0	100.2
	12:32	7.5	107.7
	01:02	2.0	109.7
	01:32	4.8	114.5
	02:02	5.0	119.5
	02:32	2.5	122.0
	03:45	2.5	124.5
	04:15	2.0	126.5
	05:20	1.0	127.5
	05:55	0.1	127.6

Relación a/c Inicial	Dosificación de Aditivo	Peso de agua en Tanda 48 kg (kg)	Peso de muestra del concreto (kg)	Peso del agua de muestra (kg)	Volumen de Exudación Acumulado (cm ³)	Exudación (%)
0.40	2% Aditivo	4.52	30.83	2.90	127.60	4.40

CUADRO C-28

**ENSAYO DE EXUDACION
CONCRETO CON a/c=0.45 + 2% DE ADITIVO**

Mezcla	Tiempo Real (hr:min)	Volumen Exudación (cm ³)	Volumen Exudación Acumulada (cm ³)
a/c inicial 0.45 + 2% Aditivo LEM-FIC-UNI 22-jun-11 temp=18 °C	09:47	0.0	0.0
	09:57	8.0	8.0
	10:07	16.0	24.0
	10:17	10.0	34.0
	10:32	12.0	46.0
	10:59	12.5	58.5
	01:40	8.5	67.0
	02:10	6.0	73.0
	02:40	5.0	78.0
	03:50	2.5	80.5
	04:28	1.0	81.5
	05:08	0.8	82.3
	05:55	0.2	82.5
06:01	0.0	82.5	

Relación a/c inicial	Dosificación de Aditivo	Peso de agua en Tanda 48 kg (kg)	Peso de muestra del concreto (kg)	Peso del agua de muestra (kg)	Volumen de Exudación Acumulado (cm ³)	Exudación (%)
0.45	2% Aditivo	3.97	21.83	1.81	82.50	4.57

CUADRO C-29

**ENSAYO DE EXUDACION
CONCRETO CON $a/c=0.50 + 2\%$ DE ADITIVO**

Mezcla	Tiempo Real (hr:min)	Volumen Exudación (cm ³)	Volumen Exudación Acumulada (cm ³)
a/c inicial 0.50 + 2% Aditivo LEM-FIC-UNI 22-jun-11 temp=18 °C	10:22	0.0	0.0
	10:32	22.5	22.5
	10:42	17.0	39.5
	10:52	15.5	55.0
	11:02	13.5	68.5
	01:45	17.0	85.5
	02:15	4.0	89.5
	02:45	3.0	92.5
	03:55	3.5	96.0
	04:35	1.5	97.5
	05:10	1.0	98.5
	05:25	1.0	99.5
	05:45	0.4	99.9
	05:55	0.1	100.0
	06:10	0.0	100.0

Relación a/c inicial	Dosificación de Aditivo	Peso de agua en Tanda 48 kg (kg)	Peso de muestra del concreto (kg)	Peso del agua de muestra (kg)	Volumen de Exudación Acumulado (cm ³)	Exudación (%)
0.50	2% Aditivo	3.60	31.51	2.36	100.00	4.23

CUADRO C-30

**ENSAYO DE FLUIDEZ DEL CONCRETO PARA LAS DIFERENTES
RELACIONES a/c Y DOSIFICACIONES DE ADITIVO**

Relación a/c inicial	Mezcla	MEDIDAS EN MESA DE SACUDIDAS DIAMETRO (cm)						Diámetro Promedio (cm)	% de Fluidéz (D-25)/25x100 (%)
		D1	D2	D3	D4	D5	D6		
0.40	Patrón	47	49	47	48	49	48	48.00	92.00
	0.5% aditivo	49	49	50	51	52	52	50.50	102.00
	1% aditivo	50	51	53	54	54	55	52.83	111.33
	2% aditivo	53	55	55	57	56	55	55.17	120.67

Relación a/c inicial	Mezcla	MEDIDAS EN MESA DE SACUDIDAS DIAMETRO (cm)						Diámetro Promedio (cm)	% de Fluidéz (D-25)/25x100 (%)
		D1	D2	D3	D4	D5	D6		
0.45	Patrón	50	49	48	49	50	50	49.33	97.33
	0.5% aditivo	52	53	53	53	54	54	53.17	112.67
	1% aditivo	55	56	53	56	58	60	56.33	125.33
	2% aditivo	61	59	60	59	59	59	59.50	138.00

Relación a/c inicial	Mezcla	MEDIDAS EN MESA DE SACUDIDAS DIAMETRO (cm)						Diámetro Promedio (cm)	% de Fluidéz (D-25)/25x100 (%)
		D1	D2	D3	D4	D5	D6		
0.50	Patrón	50	51	52	50	51	51	50.83	103.33
	0.5% aditivo	55	53	54	52	57	56	54.50	118.00
	1% aditivo	56	57	60	58	59	59	58.17	132.67
	2% aditivo	60	60	63	64	66	66	63.17	152.67

ANEXO D

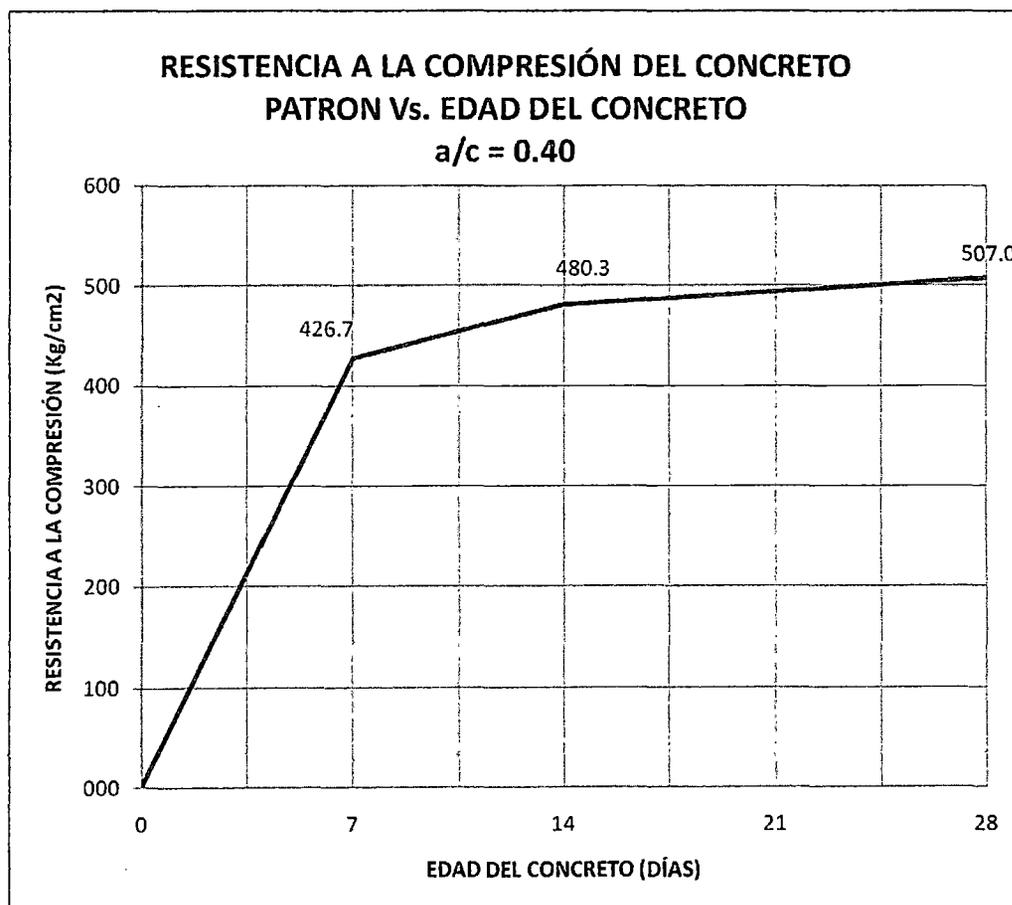
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DEL CONCRETO ENDURECIDO

CUADRO D-1

**RESISTENCIA A LA COMPRESION
 CONCRETO PATRON A/C=0.40**

EDAD (días)	RELACION a/c	DIAMETRO (cm)	AREA (cm ²)	CARGA (kg)	f'c (kg/cm ²)	f'c PROMEDIO (kg/cm ²)
7	0.40	15.0	176.7	77,000	435.7	426.7
		15.1	179.1	74,400	415.5	
		15.0	176.7	75,800	428.9	
14	0.40	15.1	179.1	86,200	481.4	480.3
		15.2	181.5	87,000	479.4	
		15.1	179.1	86,000	480.2	
28	0.40	15.0	176.7	89,400	505.9	507.0
		14.9	174.4	87,600	502.4	
		14.9	174.4	89,400	512.7	

GRAFICO D-1

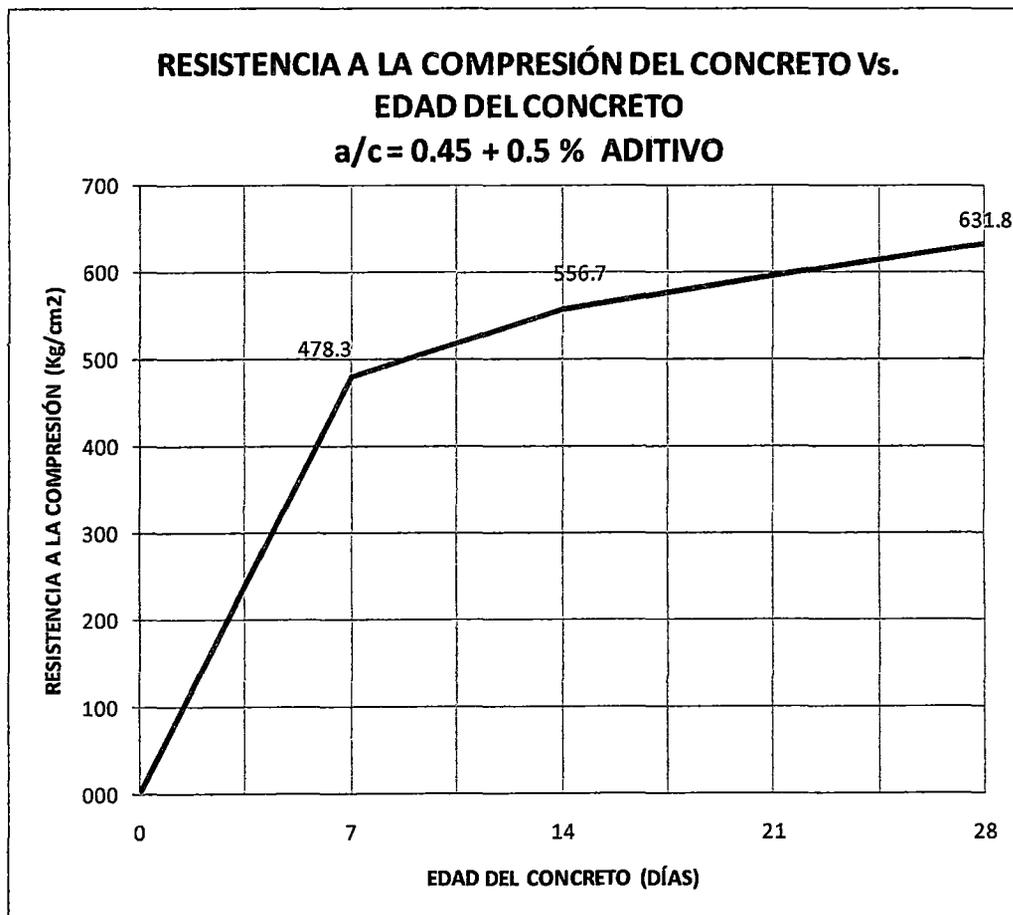


CUADRO D-2

**RESISTENCIA A LA COMPRESION
 CONCRETO A/C=0.40 + 0.5 % ADITIVO**

EDAD (días)	RELACION a/c	DIAMETRO (cm)	AREA (cm ²)	CARGA (kg)	f _c (kg/cm ²)	f _c PROMEDIO (kg/cm ²)
7	0.40 + 0.5% aditivo	15.1	179.1	81800	457	478.3
		14.9	174.4	82000	470	
		15.0	176.7	89760	508	
14	0.40 + 0.5% aditivo	15.1	179.1	99440	555	556.7
		14.9	174.4	97900	561	
		15.0	176.7	97790	553	
28	0.40 + 0.5% aditivo	15.1	179.1	107800	602	631.8
		14.9	174.4	114400	656	
		15.0	176.7	112640	637	

GRAFICO D-2

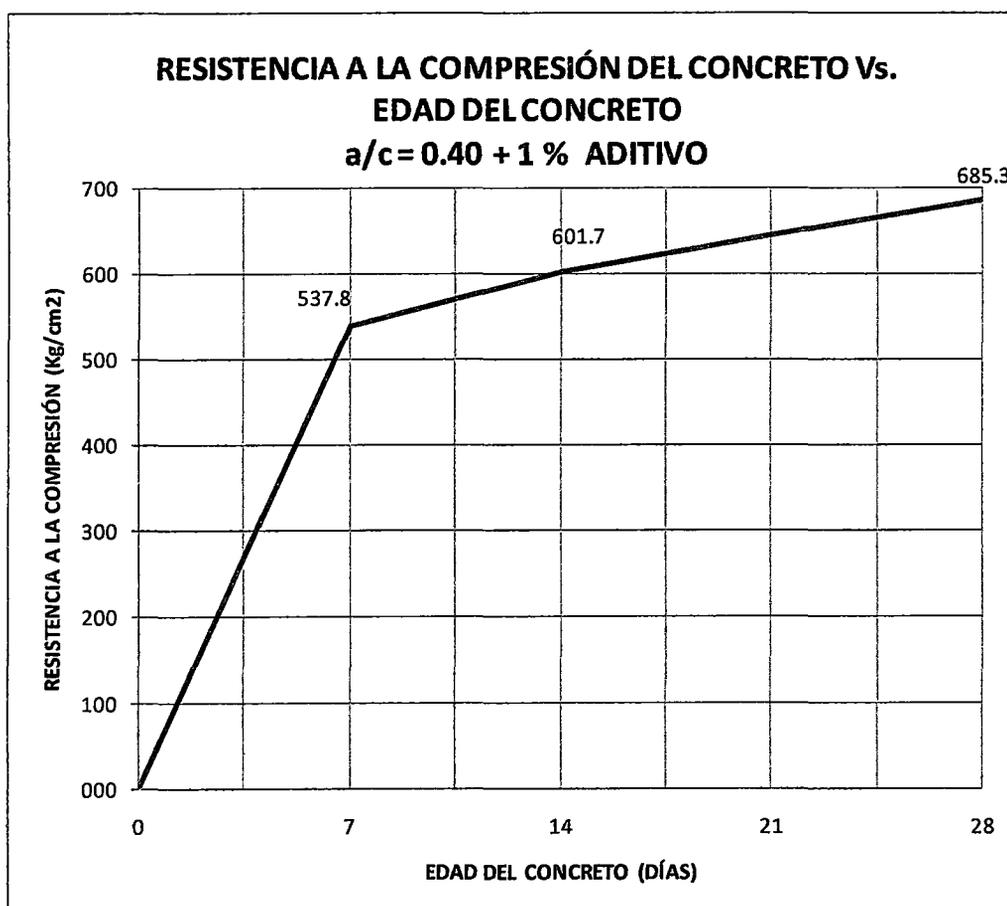


CUADRO D-3

**RESISTENCIA A LA COMPRESION
 CONCRETO A/C=0.40 + 1 % ADITIVO**

EDAD (dias)	RELACION a/c	DIAMETRO (cm)	AREA (cm ²)	CARGA (kg)	f'c (kg/cm ²)	f'c PROMEDIO (kg/cm ²)
7	0.40 + 1% aditivo	15.0	176.7	96,200	544.4	537.8
		15.2	181.5	98,000	540.1	
		15.0	176.7	93,500	529.1	
14	0.40 + 1% aditivo	14.9	174.4	106,200	609.1	601.7
		14.9	174.4	107,100	614.2	
		15.0	176.7	102,800	581.7	
28	0.40 + 1% aditivo	15.2	181.5	126,000	694.4	685.3
		15.1	179.1	120,200	671.2	
		15.1	179.1	123,600	690.2	

GRAFICO D-3

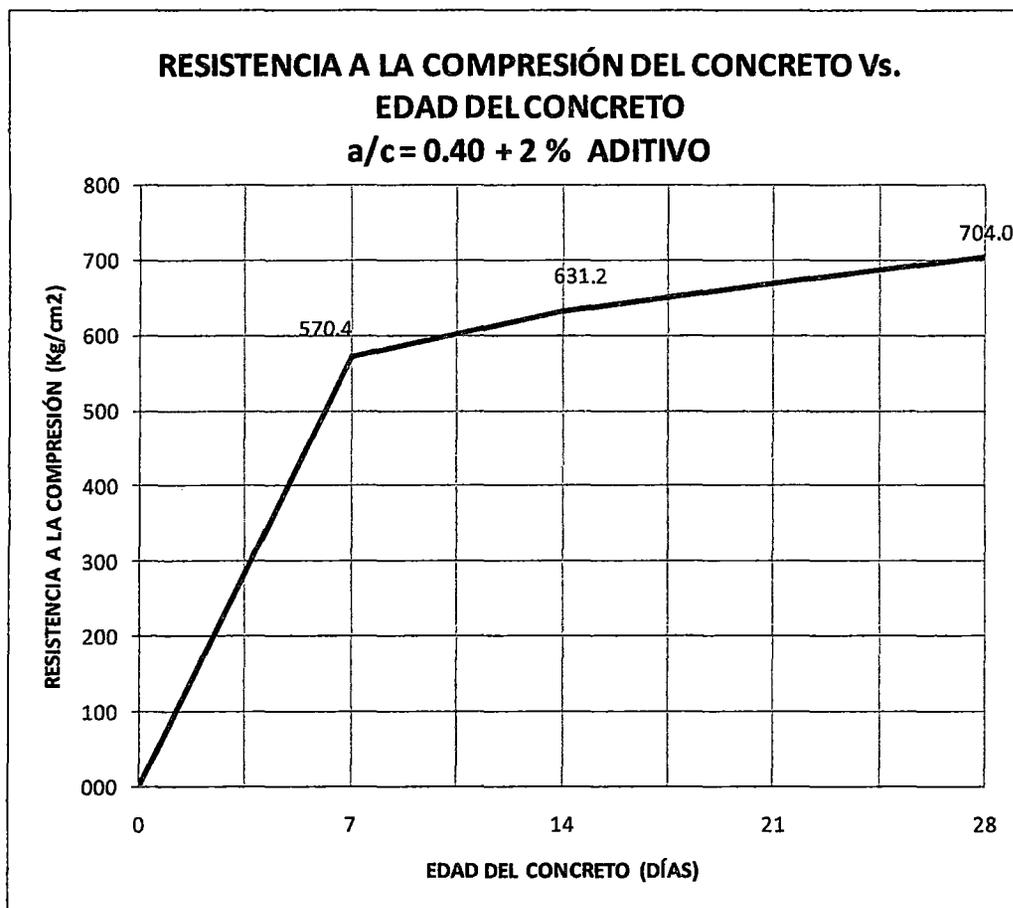


CUADRO D-4

**RESISTENCIA A LA COMPRESION
CONCRETO A/C=0.40 + 2 % ADITIVO**

EDAD (dias)	RELACION a/c	DIAMETRO (cm)	AREA (cm ²)	CARGA (kg)	f'c (kg/cm ²)	f'c PROMEDIO (kg/cm ²)
7	0.40 + 2 % aditivo	15.0	176.7	98,000	554.6	570.4
		14.9	174.4	102,000	585.0	
		15.0	176.7	101,000	571.5	
14	0.40 + 2 % aditivo	15.1	179.1	114,200	637.7	631.2
		15.1	179.1	112,600	628.8	
		15.0	176.7	110,800	627.0	
28	0.40 + 2 % aditivo	15.1	179.1	127,200	710.3	704.0
		15.1	179.1	129,600	723.7	
		15.1	179.1	121,400	677.9	

GRAFICO D-4

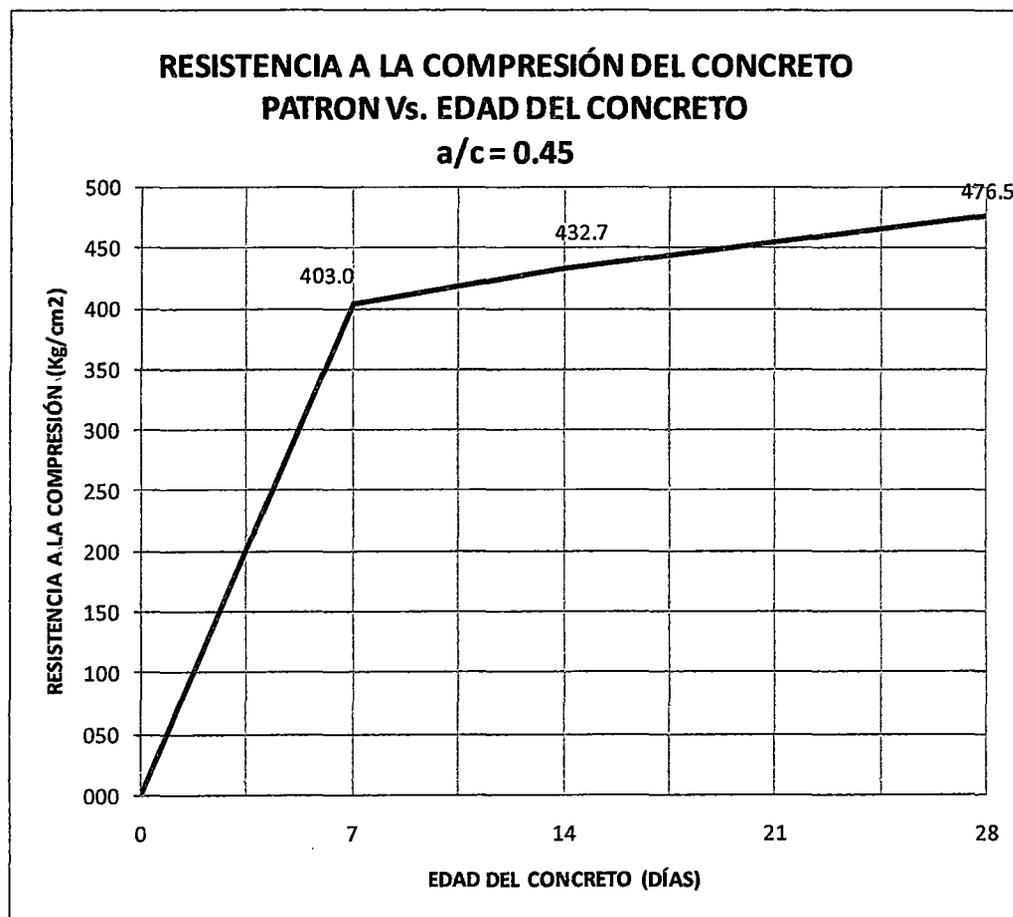


CUADRO D-5

**RESISTENCIA A LA COMPRESION
 CONCRETO PATRON A/C=0.45**

EDAD (días)	RELACION a/c	DIAMETRO (cm)	AREA (cm ²)	CARGA (kg)	f'c (kg/cm ²)	f'c PROMEDIO (kg/cm ²)
7	0.45	15.1	179.1	69,400	387.5	403.0
		14.9	174.4	71,800	411.8	
		15.0	176.7	72,400	409.7	
14	0.45	15.1	179.1	78,300	437.2	432.7
		15.2	181.5	80,200	442.0	
		15.2	181.5	76,000	418.8	
28	0.45	15.1	179.1	84,800	473.5	476.5
		15.1	179.1	86,000	480.2	
		15.1	179.1	85,200	475.8	

GRAFICO D-5

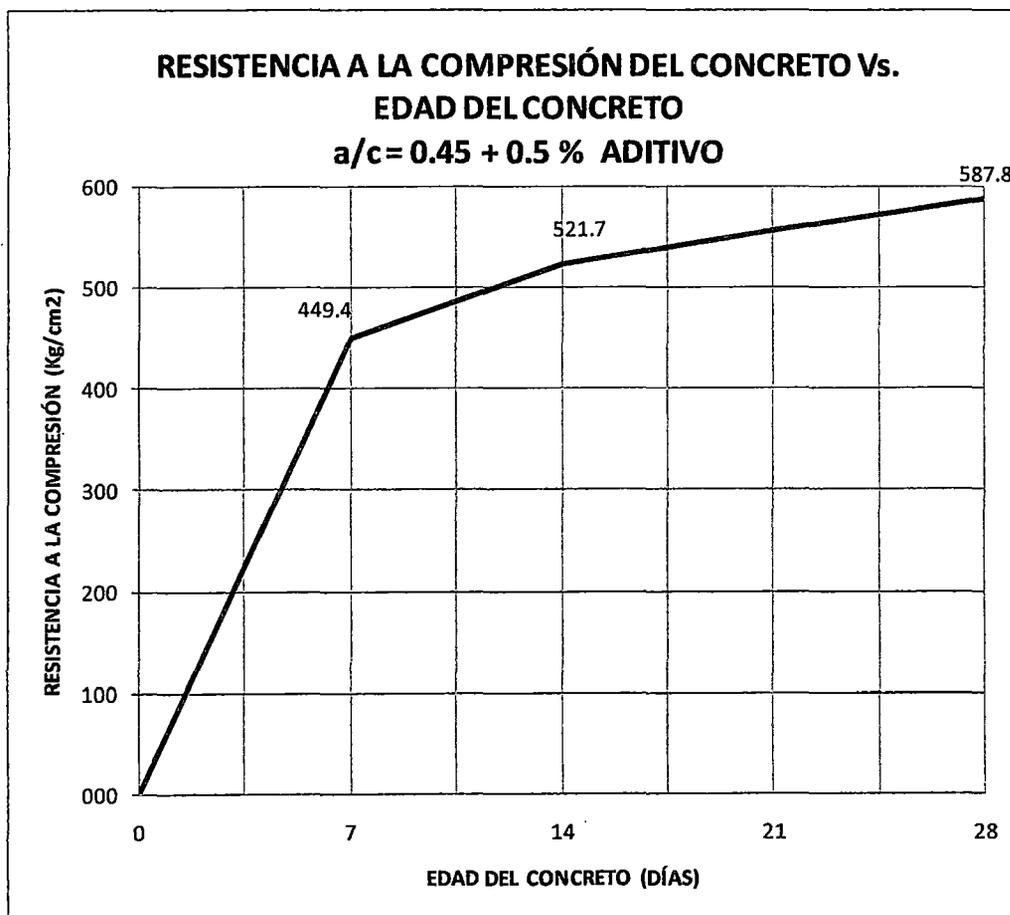


CUADRO D-6

**RESISTENCIA A LA COMPRESION
 CONCRETO A/C=0.45 + 0.5 % ADITIVO**

EDAD (días)	RELACION a/c	DIAMETRO (cm)	AREA (cm ²)	CARGA (kg)	f _c (kg/cm ²)	f _c PROMEDIO (kg/cm ²)
7	0.45 + 0.5% aditivo	15.1	179.1	78,200	436.7	449.4
		14.9	174.4	79,900	458.2	
		14.9	174.4	79,050	453.4	
14	0.45 + 0.5% aditivo	15.1	179.1	94,620	528.4	521.7
		15.2	181.5	93,670	516.2	
		15.0	176.7	91,960	520.4	
28	0.45 + 0.5% aditivo	15.2	181.5	108,400	597.4	587.8
		15.2	181.5	106,200	585.3	
		15.3	183.9	106,800	580.9	

GRAFICO D-6

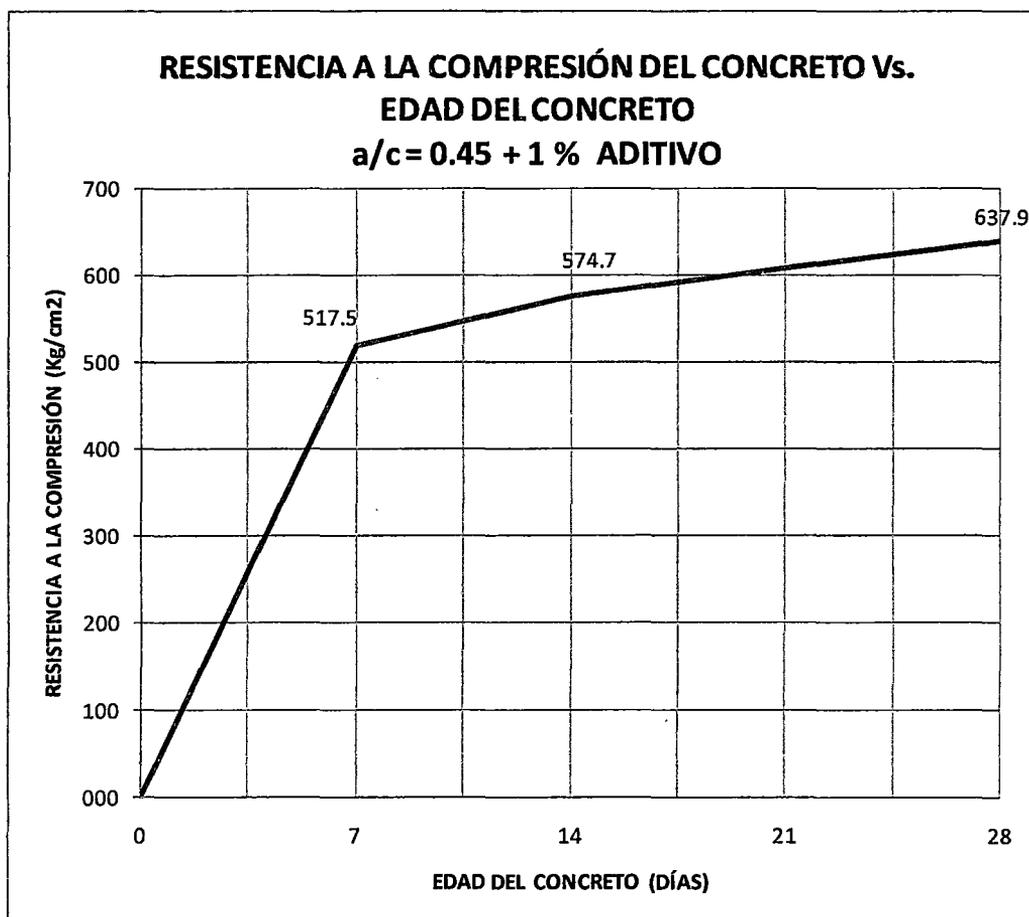


CUADRO D-7

**RESISTENCIA A LA COMPRESION
 CONCRETO A/C=0.45 + 1 % ADITIVO**

EDAD (dias)	RELACION a/c	DIAMETRO (cm)	AREA (cm ²)	CARGA (kg)	f _c (kg/cm ²)	f _c PROMEDIO (kg/cm ²)
7	0.45 + 1 % aditivo	15.1	179.1	91000	508.2	517.5
		15.1	179.1	93000	519.3	
		15.0	176.7	92800	525.1	
14	0.45 + 1 % aditivo	15.1	179.1	99200	553.9	574.7
		15.0	176.7	102000	577.2	
		15.0	176.7	104800	593.0	
28	0.45 + 1 % aditivo	15.2	181.5	113200	623.8	637.9
		14.9	174.4	114400	656.1	
		15.0	176.7	112000	633.8	

GRAFICO D-7

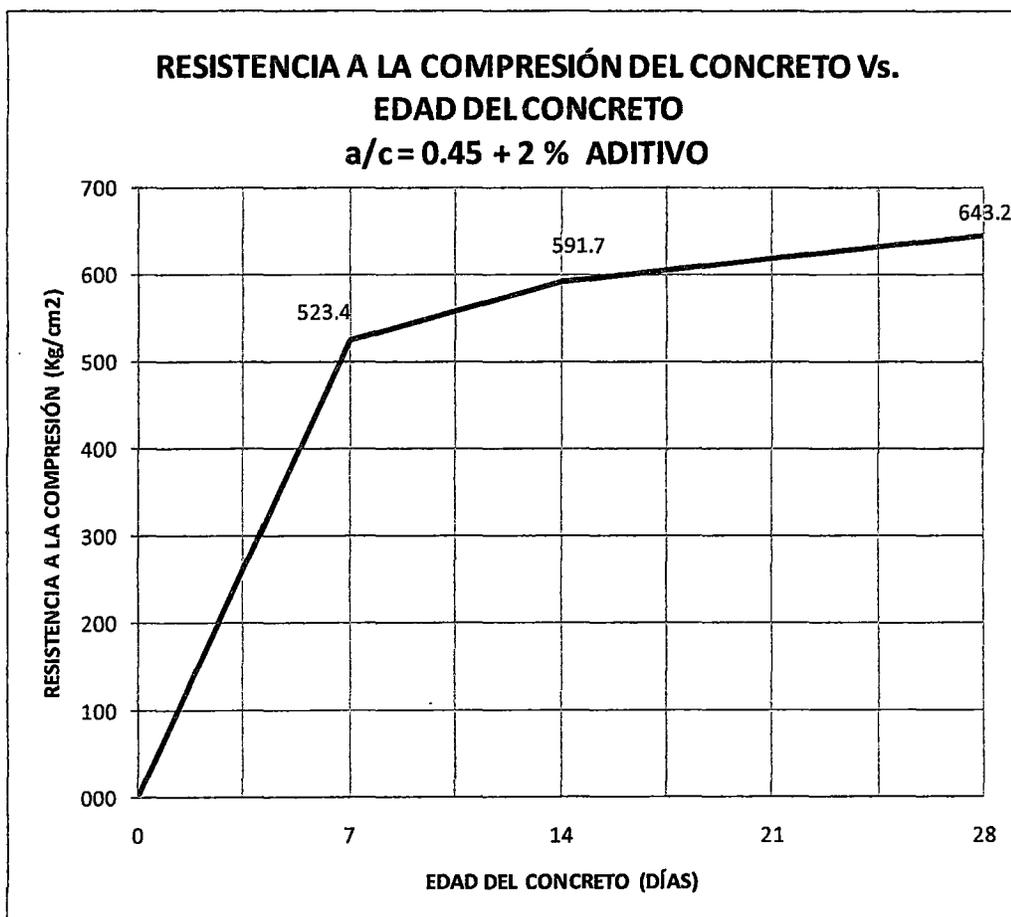


CUADRO D-8

**RESISTENCIA A LA COMPRESION
CONCRETO A/C=0.45 + 2 % ADITIVO**

EDAD (días)	RELACION a/c	DIAMETRO (cm)	AREA (cm ²)	CARGA (kg)	f'c (kg/cm ²)	f'c PROMEDIO (kg/cm ²)
7	0.45 + 2 % aditivo	14.9	174.4	104,000	596.4	523.4
		14.9	174.4	88,000	504.7	
		15.1	179.1	84,000	469.1	
14	0.45 + 2 % aditivo	15.2	181.5	105,000	578.6	591.7
		14.9	174.4	103,400	593.0	
		14.9	174.4	105,200	603.3	
28	0.45 + 2 % aditivo	15.2	181.5	115,800	638.2	643.2
		15.0	176.7	113,200	640.6	
		15.0	176.7	115,000	650.8	

GRAFICO D-8

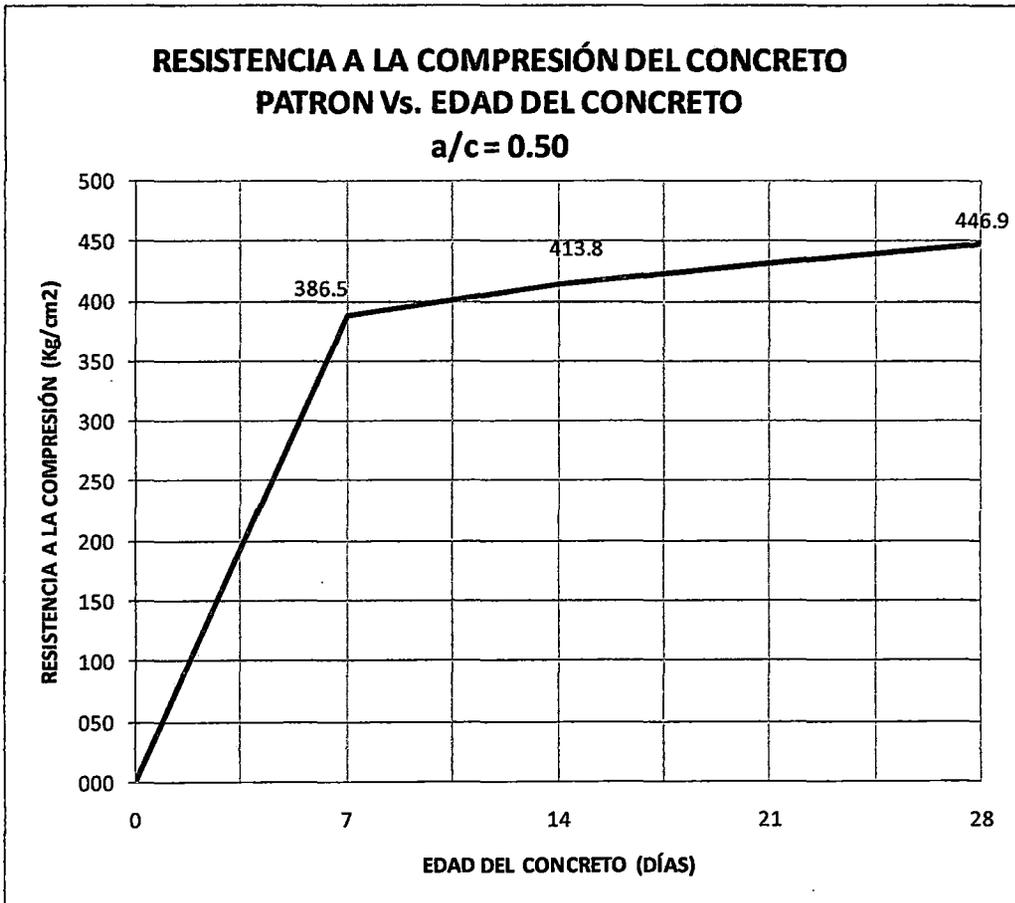


CUADRO D-9

**RESISTENCIA A LA COMPRESION
 CONCRETO PATRON A/C=0.50**

EDAD (días)	RELACION a/c	DIAMETRO (cm)	AREA (cm ²)	CARGA (kg)	f _c (kg/cm ²)	f _c PROMEDIO (kg/cm ²)
7	0.45	15.0	176.7	68,800	389.3	386.5
		15.1	179.1	68,400	382.0	
		15.0	176.7	68,600	388.2	
14	0.45	15.1	179.1	76,000	424.4	413.8
		15.1	179.1	64,200	358.5	
		15.0	176.7	81,000	458.4	
28	0.45	14.9	174.4	70,000	401.5	446.9
		15.0	176.7	88,000	498.0	
		15.0	176.7	78,000	441.4	

GRAFICO D-9

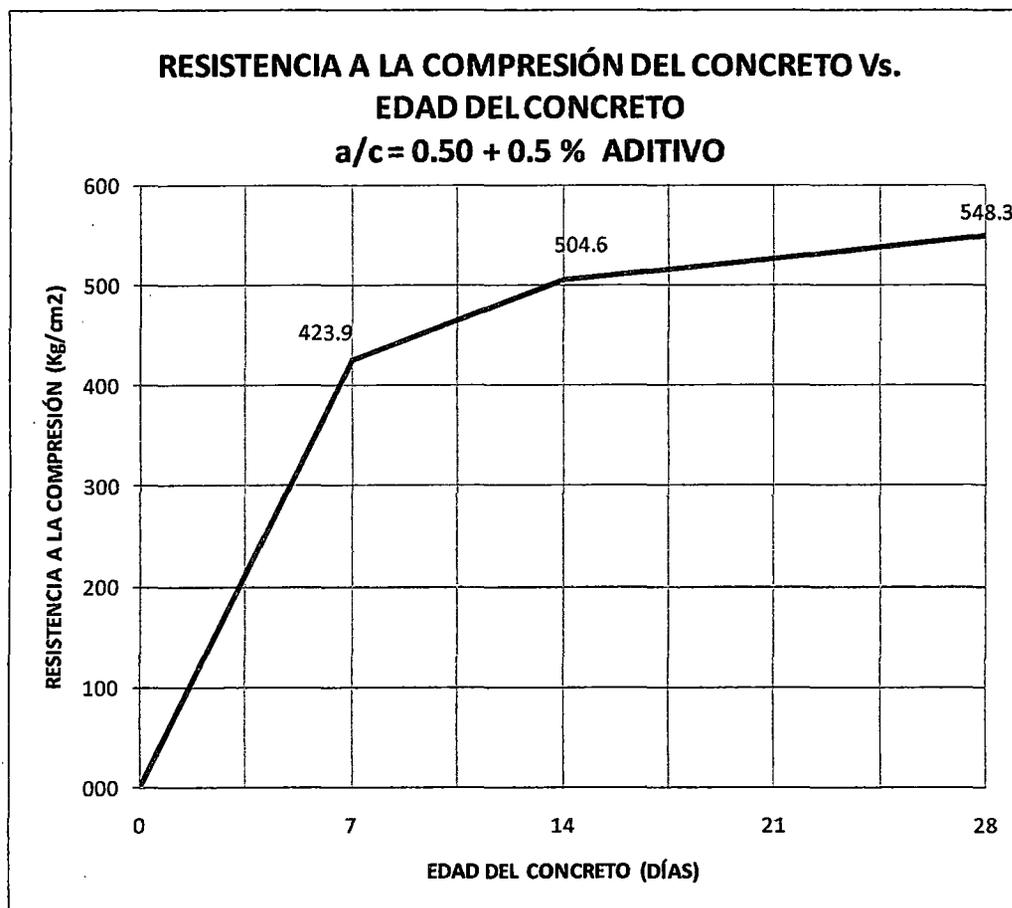


CUADRO D-10

**RESISTENCIA A LA COMPRESION
CONCRETO A/C=0.50 + 0.5 % ADITIVO**

EDAD (días)	RELACION a/c	DIAMETRO (cm)	AREA (cm ²)	CARGA (kg)	f'c (kg/cm ²)	f'c PROMEDIO (kg/cm ²)
7	0.50 + 0.5% aditivo	15.1	179.1	77800	434.4	423.9
		15.2	181.5	77200	425.4	
		15.0	176.7	72800	412.0	
14	0.50 + 0.5% aditivo	15.1	179.1	90200	503.7	504.6
		15.0	176.7	89600	507.0	
		15.0	176.7	88900	503.1	
28	0.50 + 0.5% aditivo	15.0	176.7	98000	554.6	548.3
		14.9	174.4	96800	555.2	
		15.0	176.7	94600	535.3	

GRAFICO D-10

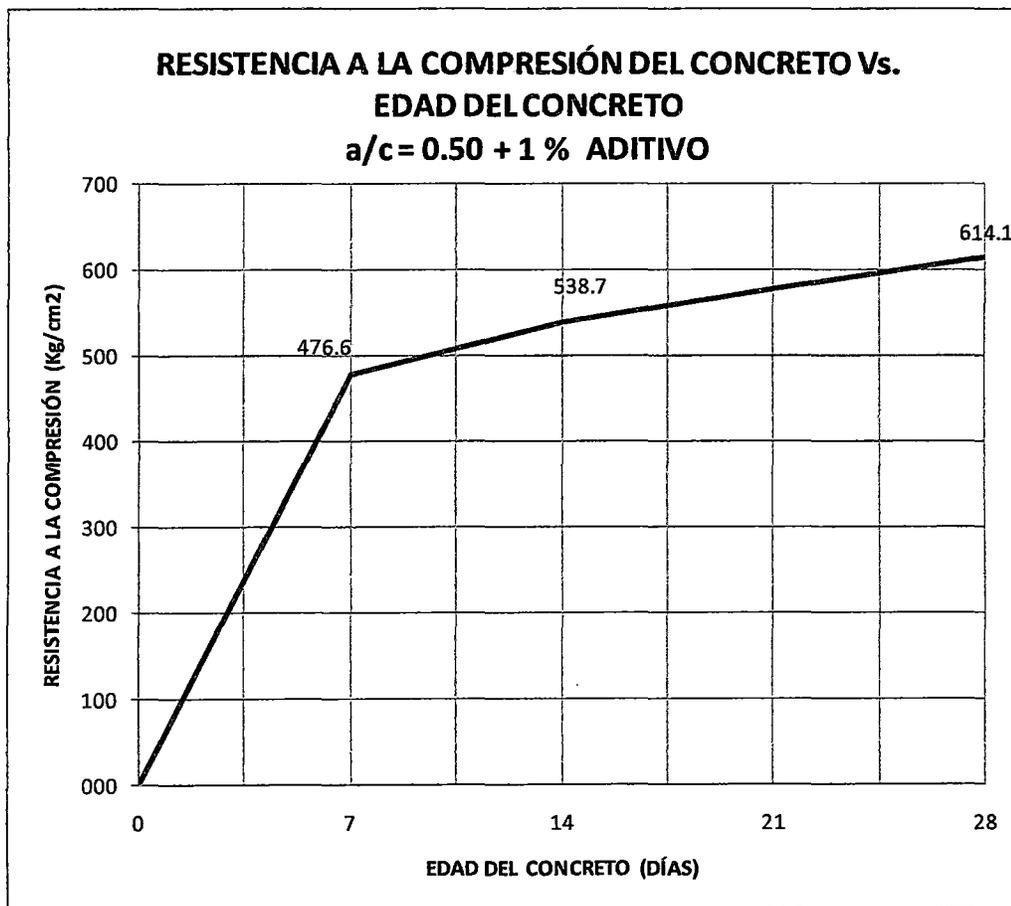


CUADRO D-11

**RESISTENCIA A LA COMPRESION
 CONCRETO A/C=0.50 + 1 % ADITIVO**

EDAD (días)	RELACION a/c	DIAMETRO (cm)	AREA (cm ²)	CARGA (kg)	f _c (kg/cm ²)	f _c PROMEDIO (kg/cm ²)
7.00	0.50 + 1 % aditivo	15.10	179.08	86400.00	482.47	476.6
		15.00	176.72	84200.00	476.47	
		15.00	176.72	83200.00	470.81	
14.00	0.50 + 1 % aditivo	15.10	179.08	104000.00	580.75	538.7
		15.20	181.46	92000.00	507.00	
		15.10	179.08	94600.00	528.26	
28.00	0.50 + 1 % aditivo	15.10	179.08	106100.00	592.48	614.1
		15.10	179.08	109800.00	613.14	
		14.90	174.37	111000.00	636.59	

GRAFICO D-11

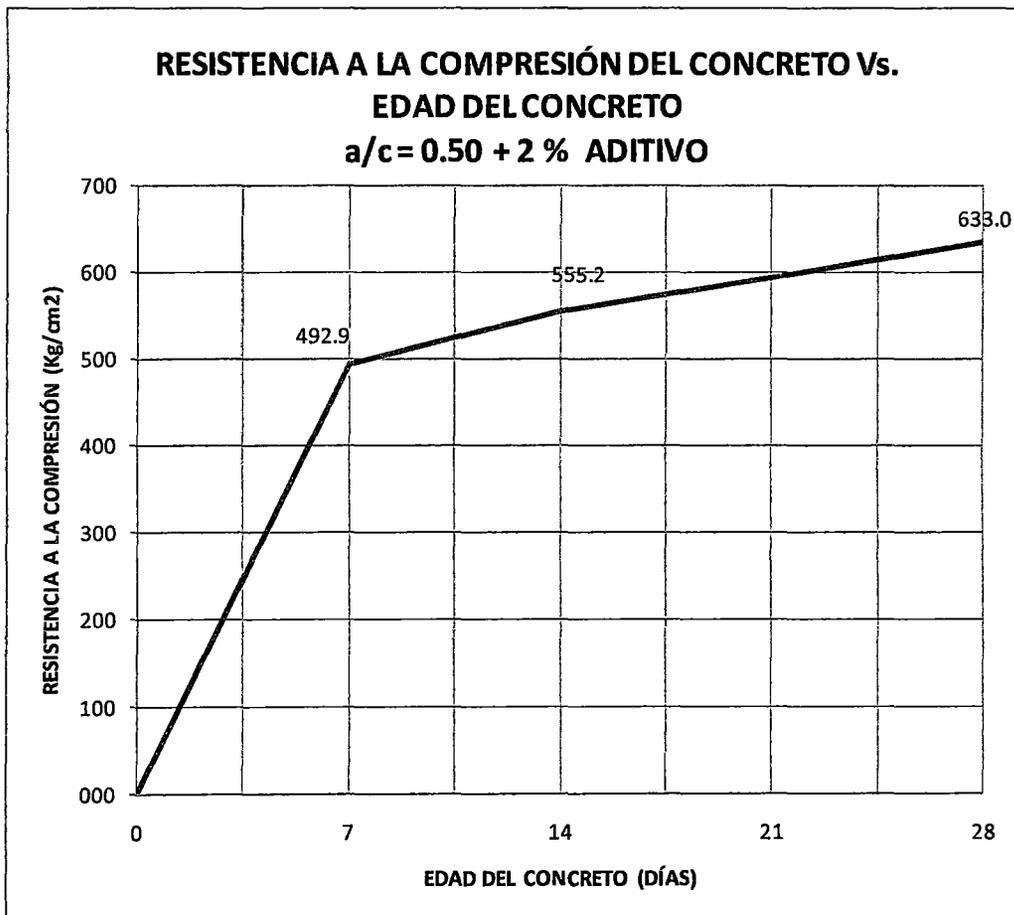


CUADRO D-12

**RESISTENCIA A LA COMPRESION
 CONCRETO A/C=0.50 + 2 % ADITIVO**

EDAD (días)	RELACION a/c	DIAMETRO (cm)	AREA (cm ²)	CARGA (kg)	f'c (kg/cm ²)	f'c PROMEDIO (kg/cm ²)
7.00	0.50 + 2 % aditivo	14.90	174.37	87,000	498.95	492.9
		15.20	181.46	86,400	476.14	
		15.20	181.46	91,400	503.70	
14.00	0.50 + 2 % aditivo	14.90	174.37	98,000	562.03	555.2
		14.90	174.37	96,200	551.71	
		14.90	174.37	96,200	551.71	
28.00	0.50 + 2 % aditivo	15.10	179.08	108,000	603.09	633.0
		15.00	176.72	111,000	628.13	
		15.00	176.72	118,000	667.74	

GRAFICO D-12



CUADRO D-13

RESISTENCIA A LA TRACCION POR COMPRESION DIAMETRAL
CONCRETO A/C=0.40

ADITIVO (%)	RELACION a/c inicial	DIAMETRO (cm)	LONGITUD (cm)	CARGA (kg)	T (kg/cm ²)	T PROMEDIO (kg/cm ²)
PATRON	0.40	15.1	30.0	29,000	40.8	42.7
		15.0	30.0	31,500	44.6	
		15.0	30.0	30,200	42.7	
0.50%	0.40	14.9	30.0	34,000	48.4	46.7
		15.1	30.0	33,500	47.1	
		14.8	30.0	31,200	44.7	
1%	0.40	15.0	30.0	37,000	52.3	51.7
		14.9	30.0	36,600	52.1	
		14.9	30.0	35,500	50.6	
2%	0.40	15.1	30.0	42,000	59.0	55.7
		15.1	30.0	39,200	55.1	
		15.1	30.0	37,800	53.1	

CUADRO D-14

RESISTENCIA A LA TRACCION POR COMPRESION DIAMETRAL
CONCRETO A/C=0.45

ADITIVO (%)	RELACION a/c inicial	DIAMETRO (cm)	LONGITUD (cm)	CARGA (kg)	T (kg/cm ²)	T PROMEDIO (kg/cm ²)
PATRON	0.45	15.0	30.0	29,800	42.2	41.3
		15.1	30.0	27,800	39.1	
		15.0	30.0	30,200	42.7	
0.50%	0.45	15.1	30.0	33,200	46.7	45.5
		15.2	30.0	34,400	48.0	
		15.1	30.0	29,800	41.9	
1%	0.45	15.1	30.0	40,200	56.5	52.4
		15.0	30.0	36,800	52.1	
		15.1	30.0	34,600	48.6	
2%	0.45	15.1	30.0	37,500	52.7	54.3
		15.2	30.0	39,400	55.0	
		15.1	30.0	39,200	55.1	

CUADRO D-15

**RESISTENCIA A LA TRACCION POR COMPRESION DIAMETRAL
CONCRETO A/C=0.50**

ADITIVO (%)	RELACION a/c inicial	DIAMETRO (cm)	LONGITUD (cm)	CARGA (kg)	T (kg/cm ²)	T PROMEDIO (kg/cm ²)
PATRON	0.50	15.1	30.0	27,200	38.2	38.2
		15.0	30.0	27,600	39.0	
		15.0	30.0	26,400	37.3	
0.50%	0.50	15.1	30.0	31,200	43.8	42.3
		15.2	30.0	30,600	42.7	
		15.1	30.0	28,800	40.5	
1%	0.50	15.0	30.0	30,200	42.7	42.7
		14.9	30.0	27,600	39.3	
		14.9	30.0	32,400	46.1	
2%	0.50	15.0	30.0	35,200	49.8	47.9
		15.0	30.0	34,200	48.4	
		15.1	30.0	32,400	45.5	

ANEXO E

ANALISIS DE COSTOS

ANALISIS DE COSTOS

En este anexo se presentan los análisis de costos de los diseños del concreto patrón y con aditivo de las diferentes relaciones a/c, se ha trabajado un análisis de costos sencillo, en donde se consideran solamente los costos de los materiales, sin considerar el transporte u otros, cabe mencionar que el verdadero costo del concreto depende de muchos factores como son la ubicación, el acceso, el clima, la distancia existente etc.

El objetivo de realizar este análisis, es tener un costo aproximado del concreto patrón para compararlo con el concreto con las diferentes dosificaciones del aditivo **Sika Viscocrete 3330**, en las tres relaciones a/c estudiadas en la presente tesis de investigación.

En este caso usamos los precios de los diferentes materiales y el aditivo para fabricar concreto en Lima Metropolitana.

CUADRO E-1

ANALISIS DE COSTOS PARA EL CONCRETO PATRON

MATERIAL	DOSIFICACION EN OBRA (Kg)	DOSIFICACION EN OBRA (m3)	UND	PRECIO UNITARIO S/.	PRECIO PARCIAL S/.	PRECIO POR M3 S/.
CEMENTO	680.00	16.00	Bolsa	17.20	275.20	314.73
AGUA	269.59	0.27	m3	5.50	1.48	
ARENA	645.08	0.37	m3	38.00	14.17	
PIEDRA	700.55	0.53	m3	45.00	23.88	
ADITIVO	0.00	0.00	lt	16.52	0.00	
CEMENTO	578.00	13.60	Bolsa	17.20	233.92	276.78
AGUA	257.37	0.26	m3	5.50	1.42	
ARENA	702.67	0.41	m3	38.00	15.43	
PIEDRA	763.09	0.58	m3	45.00	26.01	
ADITIVO	0.00	0.00	lt	16.52	0.00	
CEMENTO	496.00	11.67	Bolsa	17.20	200.73	246.44
AGUA	245.19	0.25	m3	5.50	1.35	
ARENA	752.02	0.43	m3	38.00	16.52	
PIEDRA	816.68	0.62	m3	45.00	27.84	
ADITIVO	0.00	0.00	lt	16.52	0.00	

CUADRO E-2

ANALISIS DE COSTOS PARA EL CONCRETO CON 0.5% DE ADITIVO

MATERIAL	DOSIFICACION EN OBRA (Kg)	DOSIFICACION EN OBRA (m3)	UND	PRECIO UNITARIO S/.	PRECIO PARCIAL S/.	PRECIO POR M3 S/.
CEMENTO	719.19	16.92	Bolsa	17.20	291.06	387.96
AGUA	244.58	0.24	m3	5.50	1.35	
ARENA	682.25	0.39	m3	38.00	14.99	
PIEDRA	740.92	0.56	m3	45.00	25.26	
ADITIVO	3.35	3.35	lt	16.52	55.31	
CEMENTO	618.21	14.55	Bolsa	17.20	250.19	343.42
AGUA	223.91	0.22	m3	5.50	1.23	
ARENA	751.55	0.43	m3	38.00	16.51	
PIEDRA	816.18	0.62	m3	45.00	27.82	
ADITIVO	2.89	2.89	lt	16.52	47.66	
CEMENTO	539.36	12.69	Bolsa	17.20	218.28	309.36
AGUA	198.49	0.20	m3	5.50	1.09	
ARENA	817.76	0.47	m3	38.00	17.96	
PIEDRA	888.08	0.67	m3	45.00	30.28	
ADITIVO	2.53	2.53	lt	16.52	41.75	

CUADRO E-3

ANALISIS DE COSTOS PARA EL CONCRETO CON 1% DE ADITIVO

MATERIAL	DOSIFICACION EN OBRA (Kg)	DOSIFICACION EN OBRA (m3)	UND	PRECIO UNITARIO S/.	PRECIO PARCIAL S/.	PRECIO POR M3 S/.
CEMENTO	720.58	16.95	Bolsa	17.20	291.62	444.10
AGUA	239.98	0.24	m3	5.50	1.32	
ARENA	683.57	0.40	m3	38.00	15.01	
PIEDRA	742.35	0.56	m3	45.00	25.31	
ADITIVO	6.71	6.71	lt	16.52	110.83	
CEMENTO	622.92	14.66	Bolsa	17.20	252.10	394.00
AGUA	215.28	0.22	m3	5.50	1.18	
ARENA	757.28	0.44	m3	38.00	16.63	
PIEDRA	822.40	0.62	m3	45.00	28.04	
ADITIVO	5.81	5.81	lt	16.52	96.05	
CEMENTO	539.50	12.69	Bolsa	17.20	218.34	351.17
AGUA	195.92	0.20	m3	5.50	1.08	
ARENA	817.97	0.47	m3	38.00	17.97	
PIEDRA	888.30	0.67	m3	45.00	30.28	
ADITIVO	5.06	5.06	lt	16.52	83.51	

CUADRO E-4

ANALISIS DE COSTOS PARA EL CONCRETO CON 2% DE ADITIVO

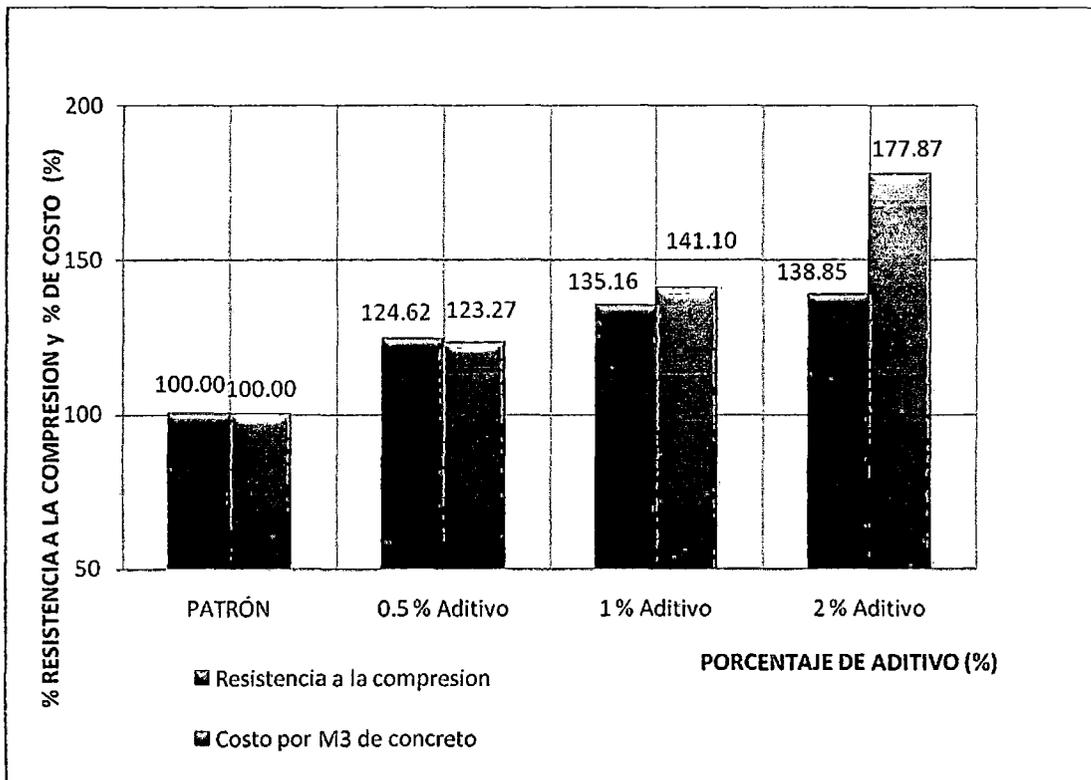
MATERIAL	DOSIFICACION EN OBRA (Kg)	DOSIFICACION EN OBRA (m3)	UND	PRECIO UNITARIO S/.	PRECIO PARCIAL S/.	PRECIO POR M3 S/.
CEMENTO	727.07	17.11	Bolsa	17.20	294.25	559.83
AGUA	226.81	0.23	m3	5.50	1.25	
ARENA	689.73	0.40	m3	38.00	15.15	
PIEDRA	749.04	0.57	m3	45.00	25.54	
ADITIVO	13.54	13.54	lt	16.52	223.65	
CEMENTO	629.26	14.81	Bolsa	17.20	254.67	494.96
AGUA	201.81	0.20	m3	5.50	1.11	
ARENA	764.98	0.44	m3	38.00	16.80	
PIEDRA	830.76	0.63	m3	45.00	28.32	
ADITIVO	11.75	11.75	lt	16.52	194.06	
CEMENTO	544.05	12.80	Bolsa	17.20	220.18	438.27
AGUA	184.38	0.18	m3	5.50	1.01	
ARENA	824.86	0.48	m3	38.00	18.12	
PIEDRA	895.79	0.68	m3	45.00	30.54	
ADITIVO	10.20	10.20	lt	16.52	168.42	

CUADRO E-5

PORCENTAJE DE RESISTENCIA A LA COMPRESION A LOS 28 DIAS Y EL % DEL COSTO DEL CONCRETO CON RESPECTO AL PATRON Vs. % DE ADITIVO AÑADIDO PARA $a/c=0.40$

A/C	MEZCLA	Resistencia a la Compresión 28 días (kg/cm3)	% de la Resistencia respecto al patrón (%)	Costo por M3 de concreto (S/.)	% del Costo con respecto al patrón (%)
0.40	PATRÓN	507.00	100.00	314.73	100.00
	0.5 % Aditivo	631.82	124.62	387.96	123.27
	1 % Aditivo	685.26	135.16	444.10	141.10
	2 % Aditivo	703.97	138.85	559.83	177.87

GRAFICO E-1



Del cuadro D-4 y del Gráfico D-4 se aprecia:

Del Concreto Patrón:

- Tomamos el costo del concreto patrón y la resistencia a la compresión a los 28 días como el 100.00%.

Del Concreto Patrón + 0.5% Aditivo:

- Se obtiene que el costo del concreto se incrementa en 23.27% cuando la resistencia a la compresión se incrementa 24.62%.

Del Concreto Patrón + 1% Aditivo:

- Se obtiene que el costo del concreto se incrementa en 41.10% cuando la resistencia a la compresión se incrementa 35.16%.

Del Concreto Patrón + 2% Aditivo:

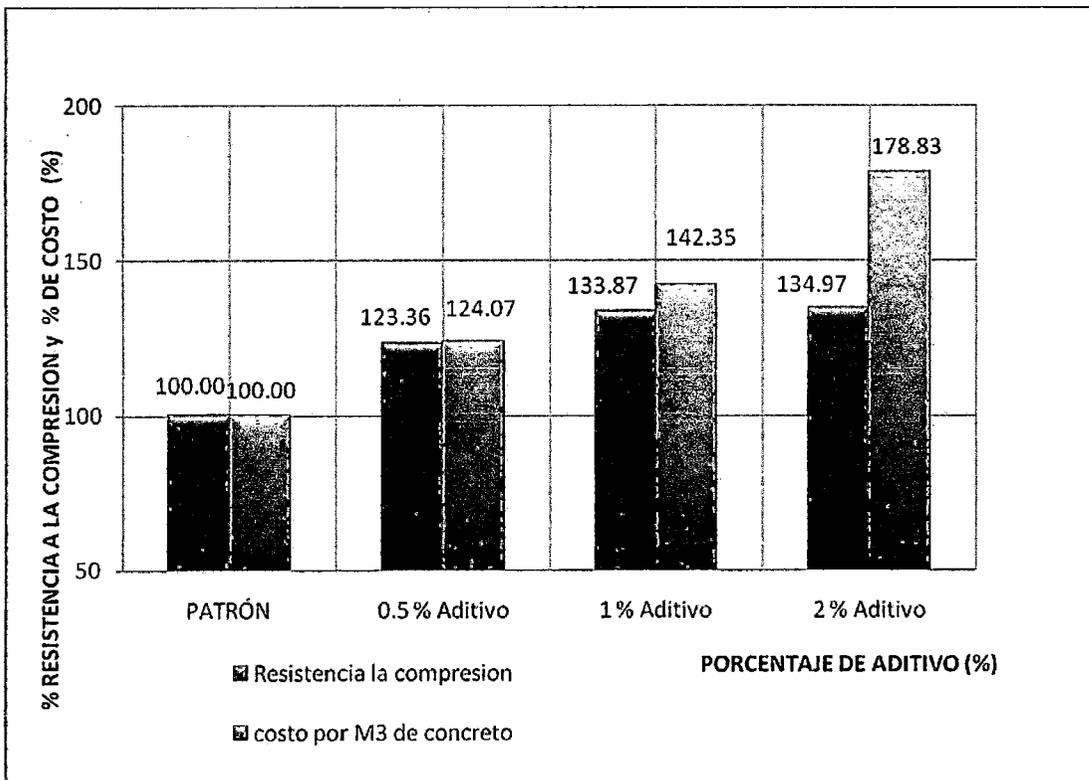
- Se obtiene que el costo del concreto se incrementa en 77.87% cuando la resistencia a la compresión se incrementa 38.85%.

CUADRO E-6

PORCENTAJE DE RESISTENCIA A LA COMPRESION A LOS 28 DIAS Y EL % DEL COSTO DEL CONCRETO CON RESPECTO AL PATRON Vs. % DE ADITIVO AÑADIDO PARA $a/c=0.45$

A/C	MEZCLA	Resistencia a la Compresión 28 días (kg/cm3)	% de la Resistencia respecto al patrón (%)	Costo por M3 de concreto (S/.)	% del Costo con respecto al patrón (%)
0.45	PATRÓN	476.51	100.00	276.78	100.00
	0.5 % Aditivo	587.84	123.36	343.42	124.07
	1 % Aditivo	637.90	133.87	394.00	142.35
	2 % Aditivo	643.17	134.97	494.96	178.83

GRAFICO E-2



Del cuadro D-5 y del Gráfico D-5 se aprecia:

Del Concreto Patrón:

- Tomamos el costo del concreto patrón y la resistencia a la compresión a los 28 días como el 100.00%.

Del Concreto Patrón + 0.5% Aditivo:

- Se obtiene que el costo del concreto se incrementa en 24.07% cuando la resistencia a la compresión se incrementa 23.36%.

Del Concreto Patrón + 1% Aditivo:

- Se obtiene que el costo del concreto se incrementa en 42.35% cuando la resistencia a la compresión se incrementa 33.87%.

Del Concreto Patrón + 2% Aditivo:

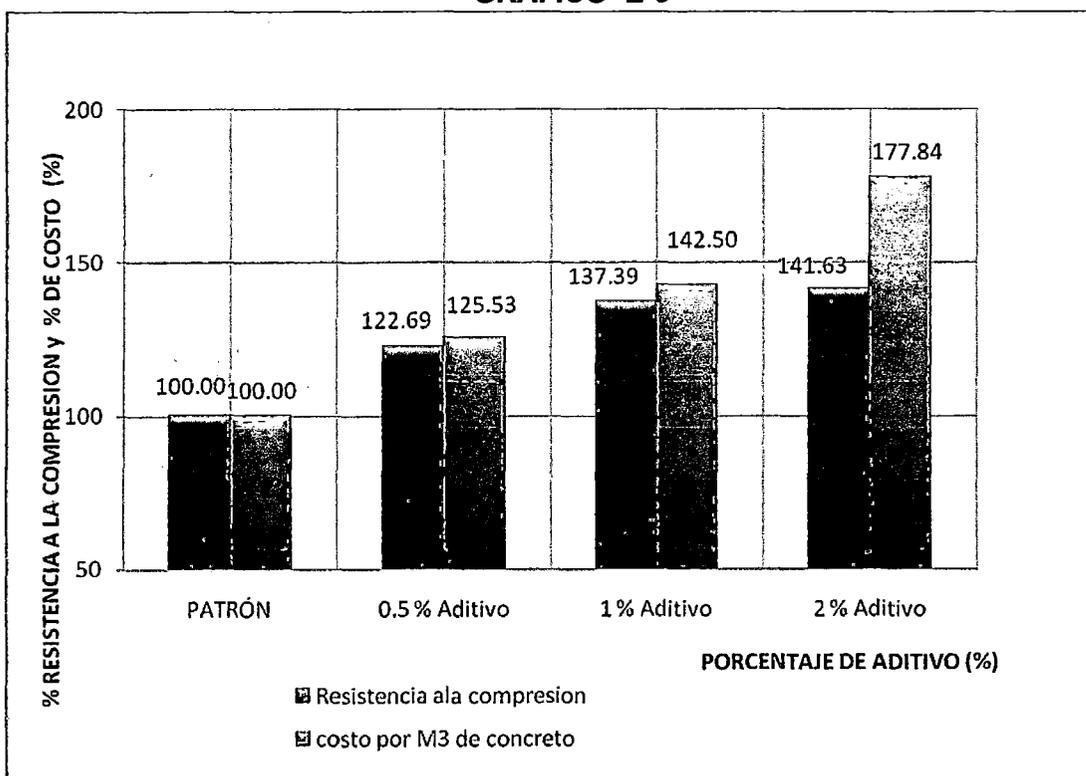
- Se obtiene que el costo del concreto se incrementa en 78.83% cuando la resistencia a la compresión se incrementa 34.97%.

CUADRO E-7

PORCENTAJE DE RESISTENCIA A LA COMPRESION A LOS 28 DIAS Y EL % DEL COSTO DEL CONCRETO CON RESPECTO AL PATRON Vs. % DE ADITIVO AÑADIDO PARA $a/c=0.50$

A/C	MEZCLA	Resistencia a la Compresión 28 días (kg/cm ³)	% de la Resistencia respecto al patrón (%)	Costo por M3 de concreto (S/.)	% del Costo con respecto al patrón (%)
0.50	PATRÓN	446.94	100.00	246.44	100.00
	0.5 % Aditivo	548.35	122.69	309.36	125.53
	1 % Aditivo	614.07	137.39	351.17	142.50
	2 % Aditivo	632.99	141.63	438.27	177.84

GRAFICO E-3



Del cuadro D-6 y del Gráfico D-6 se aprecia:

Del Concreto Patrón:

- Tomamos el costo del concreto patrón y la resistencia a la compresión a los 28 días como el 100.00%.

Del Concreto Patrón + 0.5% Aditivo:

- Se obtiene que el costo del concreto se incrementa en 25.53% cuando la resistencia a la compresión se incrementa 22.69%.

Del Concreto Patrón + 1% Aditivo:

- Se obtiene que el costo del concreto se incrementa en 42.50% cuando la resistencia a la compresión se incrementa 37.39%.

Del Concreto Patrón + 2% Aditivo:

- Se obtiene que el costo del concreto se incrementa en 77.84% cuando la resistencia a la compresión se incrementa 41.63%.

Del análisis de costos podemos decir que los precios de los concretos con aditivos en todos los casos aumentan con respecto al concreto patrón.

En cuanto a la variación de costos por M3 de concreto, tenemos que estos costos varían en promedio entre el 23% al 78%, mientras que las resistencias a la compresión varían entre el 24% al 41%.

ANEXO F

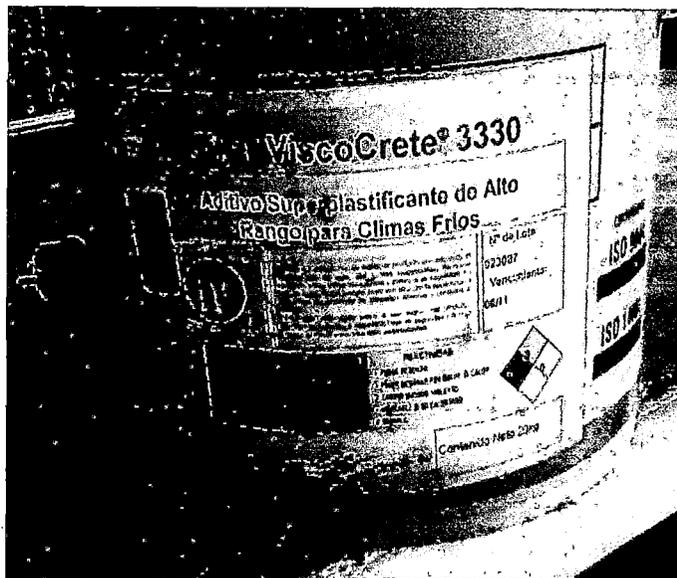
PANEL FOTOGRAFICO



**ENSAYO DE GRANULOMETRIA DEL AGREGADO GRUESO
SEGÚN LA NORMA NTP 400.012 - ASTM C-136/C-33**



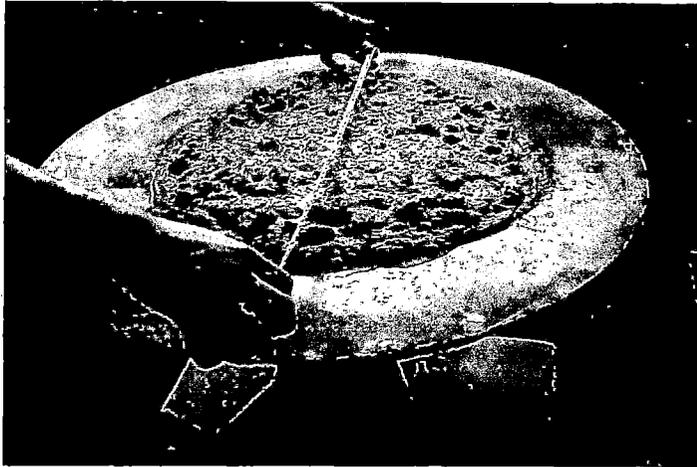
**ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO
SEGÚN LA NORMA NTP 400.016 - ASTM C-566**



**ENVASE DEL ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE SIKA VISCOCRETE 3330,
USADO EN LA INVESTIGACION DE LA TESIS**



**ENSAYO DE CONSISTENCIA DEL CONCRETO FRESCO SEGÚN LA
NORMA NTP 339.035 - ASTM C-143/C94**



**ENSAYO DE FLUIDEZ DEL CONCRETO FRESCO
SEGÚN LA NORMA NTP 339.085 - ASTM C-124**



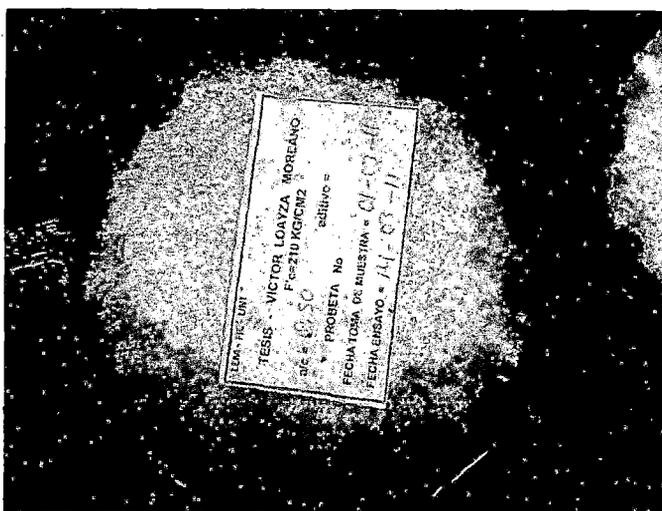
**ENSAYO DEL TIEMPO DE FRAGUADO DEL CONCRETO
FRESCO SEGÚN LA NORMA NTP 339.082 - ASTM C-403**



**ENSAYO DE EXUDACION DEL CONCRETO FRESCO
SEGÚN LA NORMA NTP 339.077 - ASTM C-232**



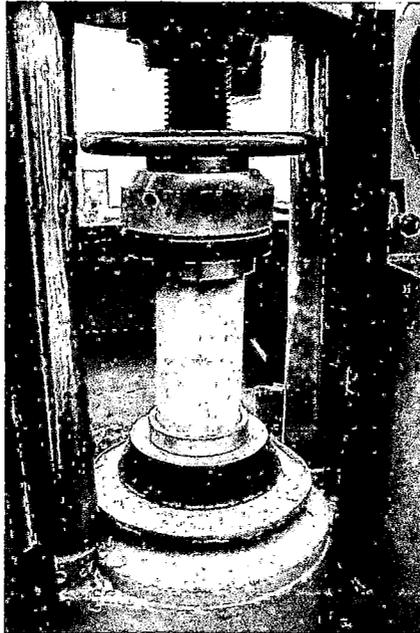
PREPARACION DE TESTIGOS DE CONCRETO



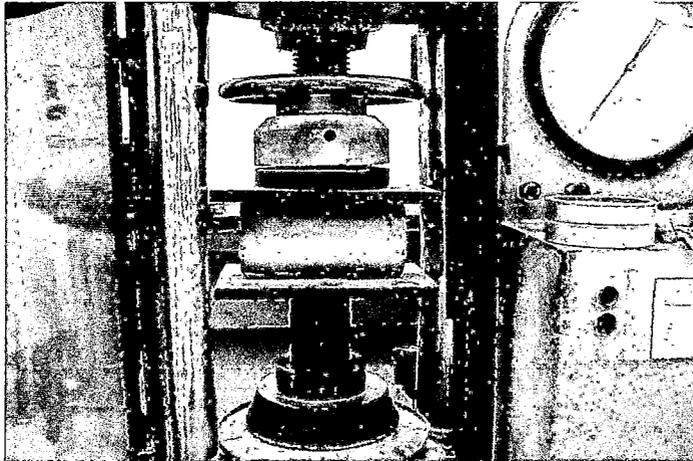
IDENTIFICACION DE LOS TESTIGOS DE CONCRETO



PROCESO DE CURADO DE LOS TESTIGOS DE CONCRETO



**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION SEGÚN
NORMA NTP 339.034 – ASTM C 39**



**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TARCCION POPR COMPRESION
DIAMETRAL SEGÚN NORMA NTP 339.084 – ASTM C 496**



TESISTA EN LA MAQUINA DE ENSAYO TINIUS OLSEN DEL LEM FIC UNI