



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
CIVIL**

TESIS

**COMPARACIÓN DEL CONCRETO FAST TRACK Y
EL CONCRETO CONVENCIONAL PARA EL
DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS**

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

Autoras

Bach. Deza Guzmán, Evelyn Yvett

Bach. Yovera Capuñay, Teresa Carolina

Pimentel - 2016

TESIS

**COMPARACIÓN DEL CONCRETO FAST TRACK Y EL
CONCRETO CONVENCIONAL PARA EL DISEÑO DE
PAVIMENTOS RÍGIDOS**

Aprobación de la tesis

Msc. Ing. Zuloaga Cachay, José Fortunato
Asesor metodólogo

Ing. Ruiz Saavedra, Nepton David
Asesor especialista

Msc. Ing. Coronado Zuloeta, Omar
Presidente del jurado de tesis

Ing. Marín Bardales, Noé Humberto
Secretario del jurado de tesis

Ing. Ruiz Saavedra, Nepton David
Vocal del jurado de tesis

DEDICATORIA

Se lo dedico primeramente a mi Señor, mi Dios todo poderoso por haberme guiado y dado su fortaleza en todo momento y no haberme dejado caer. De igual forma se lo dedico a mis padres que han sabido formarme con valores, y buenas actitudes, lo cual me ha ayudado a seguir adelante con mis metas y anhelos en toda mi carrera universitaria.

Evelyn Deza G.

A Jehová, mi Dios, mi fortaleza,
por darme sabiduría, fuerza y
acompañarme día a día.

A mis abuelos, José y Teresa, por su amor incondicional, por enseñarme que con esfuerzo se llega alcanzar las metas trazadas, además que desde el cielo me siguen guiando.

A mi padre y familia, por su paciencia y ayuda en todo momento.

Teresa Yovera C.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Señor de Sipán, por brindarnos todo lo necesario para desarrollar nuestras capacidades en nuestra profesión y hacer posible realizar esta tesis.

A todos los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, por inculcar el amor a nuestra carrera y la responsabilidad con que se debe ejercer esta.

A nuestro asesor, el Ing. Nepton Ruiz, por guiarnos día a día a mejorar nuestra tesis

A nuestro asesor metodológico, José Fortunato Zuloaga Cachay, por procurar que nuestra tesis tenga la forma ordenada y precisa con los objetivos que persigue.

A nuestros compañeros y amigos quienes colaboraron con nosotros de una u otra forma para hacer posible esta investigación.

Las Autoras

ÍNDICE

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE.....	v
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvi
ÍNDICE DE FOTOS.....	xxii
RESUMEN.....	xxiii
ABSTRACT	xxiv
INTRODUCCIÓN	xxv
CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	
1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.....	27
1.1.1. A Nivel Internacional:	27
1.1.2. A Nivel Nacional:	30
1.1.3. A Nivel Local:.....	32
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	33
1.3. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	33
1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	34
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	34
1.6. OBJETIVOS	34
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	37
2.1.1. A Nivel Internacional:	37
2.1.2. A Nivel Nacional:	40
2.2. ESTADO DEL ARTE	40
2.3. BASES TEÓRICAS CIENTÍFICAS	41
2.3.1. Teoría de Pavimentos Rígidos.....	41
2.3.2. Concreto Convencional.....	43
2.3.3. Concreto Fast Track	55
2.3.4. Aditivos	60
2.4. DEFINICIÓN DE LA TERMINOLOGÍA	66
2.4.1. Diseño de Mezcla del Concreto	66
2.4.2. Concreto Convencional.....	66
2.4.3. Concreto Fast Track.....	66

2.4.4. Cemento	67
2.4.5. Agregados.....	67
2.4.6. Aditivos	67
2.4.7. Relación Agua – Cemento.....	67
2.4.8. Resistencia a la Flexión del Concreto.....	67
2.4.9. Resistencia de la Compresión del Concreto	68
2.4.10. Contracción Plástica	68
2.4.11. Aire incorporado	68
2.4.12. Temperatura.....	68
2.4.13. Peso Unitario	68
2.4.14. Asentamiento.....	69

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	71
3.1.1. Tipo de Investigación:	71
3.1.2. Diseño de la Investigación:.....	71
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	72
3.2.1. Población	72
3.2.2. Muestra.....	72
3.3. HIPÓTESIS.....	76
3.4. VARIABLES	76
3.4.1. Variables Dependientes	76
3.4.2. Variables Independientes.....	76
3.5. OPERACIONALIZACIÓN	77
3.5.1. Métodos, Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos 79	
3.5.1.1. Métodos de Investigación.....	79
3.5.1.2. Técnicas de Recolección de Información.....	79
3.5.1.3. Descripción de los Instrumentos Utilizados.....	80
3.5.2. Procedimiento para la Recolección de Datos.....	80
3.5.2.1. Diagrama de Flujo de Procesos	80
3.5.2.2. Descripción de los Procesos.....	81
3.5.2.3. Plan de Análisis Estadístico de Datos	115
3.5.2.4. Criterios Éticos.....	115
3.5.2.5. Criterios de Rigor Científico	118

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS

4.1. RESULTADOS EN TABLAS Y FIGURAS:.....	120
---	-----

4.2. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS	203
4.3. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	219
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
5.1. CONCLUSIONES:	225
5.2. RECOMENDACIONES:.....	226
REFERENCIAS	227
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tipos de Cemento.....	44
Tabla 2: Granulometría para el agregado fino para pavimentos	46
Tabla 3: Requisitos del agregado fino para pavimentos.....	46
Tabla 4: Granulometría del agregado grueso para concreto Portland.....	49
Tabla 5: Requisitos del agregado grueso para pavimentos	51
Tabla 6: Características del Concreto Fast Track.....	56
Tabla 7: Diseño de investigación.....	71
Tabla 8: Número de probetas a realizar con el tiempo de fraguado del concreto convencional de un f'c de 280,300 Y 350 kg/cm².....	72
Tabla 9: Número de viguetas a realizar con el tiempo de fraguado del concreto convencional de un f'c de 280,300 Y 350 kg/cm².....	72
Tabla 10: Número de probetas a realizar con el tiempo de fraguado del concreto con 1% de aditivo superplastificante (SP) VISCOCRETE 3330 + 1%, 0.8% y 0.4% de aditivo acelerante (AC) SIKA RAPID 1 de un f'c de 280,300 Y 350 kg/cm².....	73
Tabla 11: Número de probetas a realizar con el tiempo de fraguado del concreto con 0.8% de aditivo superplastificante (SP) VISCOCRETE 3330 + 1%, 0.8% y 0.4% de aditivo acelerante (AC) SIKA RAPID 1 de un f'c de 280,300 Y 350 kg/cm²	73
Tabla 12: Número de probetas a realizar con el tiempo de fraguado del concreto con 0.4% de aditivo superplastificante (SP) VISCOCRETE 3330 + 1%, 0.8% y 0.4% de aditivo acelerante (AC) SIKA RAPID 1 de un f'c de 280,300 Y 350 kg/cm².....	74
Tabla 13: Número de viguetas a realizar con el tiempo de fraguado del concreto con 1% de aditivo superplastificante (SP) VISCOCRETE 3330 + 1%, 0.8% y 0.4% de aditivo	

acelerante (AC) SIKA RAPID 1 de un $f'c$ de 280,300 Y	
350 kg/cm².....	74
Tabla 14: Número de viguetas a realizar con el tiempo de	
fraguado del concreto con 0.8% de aditivo superplastificante	
(SP) VISCOCRETE 3330 + 1%, 0.8% y 0.4% de aditivo	
acelerante (AC) SIKA RAPID 1 de un $f'c$ de 280,300 Y	
350 kg/cm².....	75
Tabla 15: Número de viguetas a realizar con el tiempo de	
fraguado del concreto con 0.4% de aditivo superplastificante	
(SP) VISCOCRETE 3330 + 1%, 0.8% y 0.4% de aditivo	
acelerante (AC) SIKA RAPID 1 de un $f'c$ de 280,300 Y	
350 kg/cm².....	75
Tabla 16: Operacionalización de variables.....	77
Tabla 17: Diagrama de Procesos	80
Tabla 18: Tolerancia Permisible por Edad de Ensayo	106
Tabla 19: Relación longitud- diámetro del espécimen de concreto	108
Tabla 20: Relación agua/cemento- concreto convencional - $F'c=280$	
Kg/cm²	120
Tabla 21: Relación agua/cemento - concreto Fast Track -1%SP -	
$F'c=280$ Kg/cm².....	121
Tabla 22: Relación agua/cemento - concreto Fast Track -0.8%SP -	
$F'c=280$ Kg/cm².....	122
Tabla 23: Relación agua/cemento - concreto Fast Track -0.4%SP -	
$F'c=280$ Kg/cm².....	123
Tabla 24: Relación agua/cemento - concreto convencional -	
$F'c=300$ Kg/cm².....	124
Tabla 25: Relación agua/cemento - concreto Fast Track -1%SP -	
$F'c=300$ Kg/cm².....	125
Tabla 26: Relación agua/cemento - concreto Fast Track - 0.8%SP -	
$F'c=300$ Kg/cm².....	126
Tabla 27: Relación agua/cemento - concreto Fast Track - 0.4%SP -	
$F'c=300$ Kg/cm².....	127
Tabla 28: Relación agua/cemento - concreto convencional -	
$F'c=350$ Kg/cm².....	128

Tabla 29: Relación agua/cemento - concreto Fast Track - 1%SP -	
F´c=350 Kg/cm2.....	129
Tabla 30: Relación agua/cemento - concreto Fast Track - 0.8%SP -	
F´c=350 Kg/cm2.....	130
Tabla 31: Relación agua - cemento - concreto Fast Track - 0.4%SP -	
F´c=350 Kg/cm2.....	131
Tabla 32: Temperatura - F´c=280 Kg/cm2.....	133
Tabla 33: Temperatura - F´c=300 Kg/cm2.....	134
Tabla 34: Temperatura - F´c=350 Kg/cm2.....	134
Tabla 35: Resultados de la resistencia a la compresión del concreto convencional- F´c=280 Kg/cm2	139
Tabla 36 Resultados de la resistencia a la compresión del concreto Fast Track - F´c=280 Kg/cm2 - 1%SP+1%AC:.....	139
Tabla 37: Resultados de la resistencia a la compresión del concreto Fast Track - F´c=280 Kg/cm2 - 1%SP+0.8%AC	139
Tabla 38: Resultados de la resistencia a la compresión del concreto Fast Track - F´c=280 Kg/cm2 - 1%SP+0.4%AC	140
Tabla 39: Resultados de la resistencia a la compresión del concreto Fast Track - F´c=280 Kg/cm2 - 0.8%SP+1%AC	140
Tabla 40: Resultados de la resistencia a la compresión del concreto Fast Track - F´c=280 Kg/cm2 - 0.8%SP+0.8%AC	140
Tabla 41: Resultados de la resistencia a la compresión del concreto Fast Track - F´c=280 Kg/cm2 - 0.8%SP+0.4%AC	141
Tabla 42: Resultados de la resistencia a la compresión del concreto Fast Track - F´c=280 Kg/cm2 - 0.4%SP+1%AC	141
Tabla 43: Resultados de la resistencia a la compresión del concreto Fast Track - F´c=280 Kg/cm2 - 0.4%SP+0.8%AC	141
Tabla 44: Resultados de la resistencia a la compresión del concreto Fast Track- F´c=280 Kg/cm2 - 0.4%SP+0.4%AC	142
Tabla 45: Resultados de la resistencia a la compresión del concreto convencional - F´c=300 Kg/cm2	149
Tabla 46: Resultados de la resistencia a la compresión del concreto Fast Track- F´c=300 Kg/cm2 - 1%SP+1%AC	149

Tabla 47: Resultados de la resistencia a la compresión del concreto	
Fast Track- $F'c=300$ Kg/cm ² - 1%SP+0.8%AC	150
Tabla 48: Resultados de la resistencia a la compresión del concreto	
Fast Track- $F'c=300$ Kg/cm ² - 1%SP+0.4%AC	150
Tabla 49: Resultados de la resistencia a la compresión del concreto	
Fast Track- $F'c=300$ Kg/cm ² - 0.8%SP+1%AC	150
Tabla 50: Resultados de la resistencia a la compresión del concreto	
Fast Track- $F'c=300$ Kg/cm ² - 0.8%SP+0.8%AC	151
Tabla 51: Resultados de la resistencia a la compresión del concreto	
Fast Track- $F'c=300$ Kg/cm ² - 0.8%SP+0.4%AC	151
Tabla 52: Resultados de la resistencia a la compresión del concreto	
Fast Track- $F'c=300$ Kg/cm ² - 0.4%SP+1%AC	151
Tabla 53: Resultados de la resistencia a la compresión del concreto	
Fast Track- $F'c=300$ Kg/cm ² - 0.4%SP+0.8%AC	152
Tabla 54: Resultados de la resistencia a la compresión del concreto	
Fast Track- $F'c=300$ Kg/cm ² - 0.4%SP+0.4%AC	152
Tabla 55: Resultados de la resistencia a la compresión del concreto	
convencional - $F'c=350$ Kg/cm ²	160
Tabla 56: Resultados de la resistencia a la compresión del concreto	
Fast Track- $F'c=350$ Kg/cm ² - 1%SP+1%AC	160
Tabla 57: Resultados de la resistencia a la compresión del concreto	
Fast Track- $F'c=350$ Kg/cm ² - 1%SP+0.8%AC	160
Tabla 58: Resultados de la resistencia a la compresión del concreto	
Fast Track- $F'c=350$ Kg/cm ² - 1%SP+0.8%AC	161
Tabla 59: Resultados de la resistencia a la compresión del concreto	
Fast Track- $F'c=350$ Kg/cm ² - 0.8%SP+1%AC	161
Tabla 60: Resultados de la resistencia a la compresión del concreto	
Fast Track- $F'c=350$ Kg/cm ² - 0.8%SP+0.8%AC	161
Tabla 61: Resultados de la resistencia a la compresión del concreto	
Fast Track- $F'c=350$ Kg/cm ² - 0.8%SP+0.4%AC	162
Tabla 62: Resultados de la resistencia a la compresión del concreto	
Fast Track- $F'c=350$ Kg/cm ² - 0.4%SP+1%AC	162
Tabla 63: Resultados de la resistencia a la compresión del concreto	
Fast Track- $F'c=350$ Kg/cm ² - 0.4%SP+0.8%AC	162

Tabla 64: Resultados de la resistencia a la compresión del concreto	
Fast Track- $F'c=350 \text{ Kg/cm}^2 - 0.4\%SP+0.4\%AC$	163
Tabla 65: Resultados de la resistencia a la flexión del concreto	
convencional – $Mr=50.32 \text{ Kg/cm}^2 (F'c=280 \text{ Kg/cm}^2)$	170
Tabla 66: Resultados de la resistencia a la flexión del concreto Fast	
Track- $Mr=50.32 \text{ Kg/cm}^2 (F'c=280 \text{ Kg/cm}^2) - 1\%SP+$	
1%AC	170
Tabla 67: Resultados de la resistencia a la flexión del concreto Fast	
Track- $Mr=50.32 \text{ Kg/cm}^2 (F'c=280 \text{ Kg/cm}^2) - 1\%SP+$	
0.8%AC	171
Tabla 68: Resultados de la resistencia a la flexión del concreto Fast	
Track- $Mr=50.32 \text{ Kg/cm}^2 (F'c=280 \text{ Kg/cm}^2) - 1\%SP+$	
0.4%AC	171
Tabla 69: Resultados de la resistencia a la flexión del concreto Fast	
Track- $Mr=50.32 \text{ Kg/cm}^2 (F'c=280 \text{ Kg/cm}^2) - 0.8\%SP+$	
1%AC	171
Tabla 70: Resultados de la resistencia a la flexión del concreto Fast	
Track- $Mr=50.32 \text{ Kg/cm}^2 (F'c=280 \text{ Kg/cm}^2) - 0.8\%SP+$	
0.8%AC	172
Tabla 71: Resultados de la resistencia a la flexión del concreto Fast	
Track- $Mr=50.32 \text{ Kg/cm}^2 (F'c=280 \text{ Kg/cm}^2) - 0.8\%SP+$	
0.4%AC	172
Tabla 72: Resultados de la resistencia a la flexión del concreto Fast	
Track- $Mr=50.32 \text{ Kg/cm}^2 (F'c=280 \text{ Kg/cm}^2) - 0.4\%SP+$	
1%AC	172
Tabla 73: Resultados de la resistencia a la flexión del concreto Fast	
Track- $Mr=50.32 \text{ Kg/cm}^2 (F'c=280 \text{ Kg/cm}^2) - 0.4\%SP+$	
0.8%AC	173
Tabla 74: Resultados de la resistencia a la flexión del concreto Fast	
Track- $Mr=50.32 \text{ Kg/cm}^2 (F'c=280 \text{ Kg/cm}^2) - 0.4\%SP+$	
0.4%AC	173
Tabla 75: Resultados de la resistencia a la flexión del concreto	
convencional – $Mr=55.80 \text{ Kg/cm}^2 (F'c=300 \text{ Kg/cm}^2)$	180

Tabla 76: Resultados de la resistencia a la flexión del concreto Fast Track- $M_r=55.80 \text{ Kg/cm}^2$ ($F'_c=300 \text{ Kg/cm}^2$)- 1%SP+ 1%AC.....	180
Tabla 77: Resultados de la resistencia a la flexión del concreto Fast Track- $M_r=55.80 \text{ Kg/cm}^2$ ($F'_c=300 \text{ Kg/cm}^2$)- 1%SP+ 0.8%AC.....	181
Tabla 78: Resultados de la resistencia a la flexión del concreto Fast Track- $M_r=55.80 \text{ Kg/cm}^2$ ($F'_c=300 \text{ Kg/cm}^2$)- 1%SP+ 0.4%AC.....	181
Tabla 79: Resultados de la resistencia a la flexión del concreto Fast Track- $M_r=55.80 \text{ Kg/cm}^2$ ($F'_c=300 \text{ Kg/cm}^2$)- 0.8%SP+ 1%AC.....	181
Tabla 80: Resultados de la resistencia a la flexión del concreto Fast Track- $M_r=55.80 \text{ Kg/cm}^2$ ($F'_c=300 \text{ Kg/cm}^2$)- 0.8%SP+ 0.8%AC.....	182
Tabla 81: Resultados de la resistencia a la flexión del concreto Fast Track- $M_r=55.80 \text{ Kg/cm}^2$ ($F'_c=300 \text{ Kg/cm}^2$)- 0.8%SP+ 0.4%AC.....	182
Tabla 82: Resultados de la resistencia a la flexión del concreto Fast Track- $M_r=55.80 \text{ Kg/cm}^2$ ($F'_c=300 \text{ Kg/cm}^2$)- 0.4%SP+ 1%AC.....	182
Tabla 83: Resultados de la resistencia a la flexión del concreto Fast Track- $M_r=55.80 \text{ Kg/cm}^2$ ($F'_c=300 \text{ Kg/cm}^2$)- 0.4%SP+ 0.8%AC.....	183
Tabla 84: Resultados de la resistencia a la flexión del concreto Fast Track- $M_r=55.80 \text{ Kg/cm}^2$ ($F'_c=300 \text{ Kg/cm}^2$)- 0.4%SP+ 0.4%AC.....	183
Tabla 85: Resultados de la resistencia a la flexión del concreto convencional - $M_r=57.82 \text{ Kg/cm}^2$ ($F'_c=350 \text{ Kg/cm}^2$)	190
Tabla 86: Resultados de la resistencia a la flexión del concreto Fast Track- $M_r=57.82 \text{ Kg/cm}^2$ ($F'_c=350 \text{ Kg/cm}^2$) - 1%SP+ 1%AC.....	190

Tabla 87: Resultados de la resistencia a la flexión del concreto Fast Track- $M_r=57.82$ Kg/cm² ($F'_c=350$ Kg/cm²) - 1%SP+ 0.8%AC.....	191
Tabla 88: Resultados de la resistencia a la flexión del concreto Fast Track- $M_r=57.82$ Kg/cm² ($F'_c=350$ Kg/cm²) - 1%SP+ 0.4%AC.....	191
Tabla 89: Resultados de la resistencia a la flexión del concreto Fast Track- $M_r=57.82$ Kg/cm² ($F'_c=350$ Kg/cm²) - 0.8%SP+ 1%AC.....	191
Tabla 90: Resultados de la resistencia a la flexión del concreto Fast Track- $M_r=57.82$ Kg/cm² ($F'_c=350$ Kg/cm²) - 0.8%SP+ 0.8%AC.....	192
Tabla 91: Resultados de la resistencia a la flexión del concreto Fast Track- $M_r=57.82$ Kg/cm² ($F'_c=350$ Kg/cm²) - 0.8%SP+ 0.4%AC.....	192
Tabla 92: Resultados de la resistencia a la flexión del concreto Fast Track- $M_r=57.82$ Kg/cm² ($F'_c=350$ Kg/cm²) - 0.4%SP+ 1%AC.....	192
Tabla 93: Resultados de la resistencia a la flexión del concreto Fast Track- $M_r=57.82$ Kg/cm² ($F'_c=350$ Kg/cm²) - 0.4%SP+ 0.8%AC.....	193
Tabla 94: Resultados de la resistencia a la flexión del concreto Fast Track- $M_r=57.82$ Kg/cm² ($F'_c=350$ Kg/cm²) - 0.4%SP+0.4%AC.....	193
Tabla 95: Contracción plástica – concreto Fast Track - $F'_c=280$ kg/cm² – 1%SP+1%AC.....	202
Tabla 96: Contracción plástica – concreto Fast Track - $F'_c=300$ kg/cm² – 1%SP+1%AC.....	202
Tabla 97: Contracción plástica – concreto Fast Track - $F'_c=350$ kg/cm² – 1%SP+1%AC.....	203
Tabla 98: Resistencia a la compresión $F'_c =280$ kg/cm² – Prueba de hipótesis	204
Tabla 99: Resistencia a la Flexión $F'_c =280$ kg/cm² – Prueba de hipótesis	206

Tabla 100: Resistencia a la compresión $F'c = 300 \text{ kg/cm}^2$ – Prueba de hipótesis	209
Tabla 101: Resistencia a la Flexión $F'c = 300 \text{ kg/cm}^2$ – Prueba de hipótesis	211
Tabla 102: Resistencia a la compresión $F'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ – Prueba de hipótesis	214
Tabla 103: Resistencia a la Flexión $F'c = 350 \text{ kg/cm}^2$- Prueba de hipótesis	216

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Tipos de Cementos	45
Figura 2: Máquina a Flexión	110
Figura 3: Aire incorporado - $F'c=280 \text{ Kg/cm}^2$	132
Figura 4: Aire incorporado - $F'c=300 \text{ Kg/cm}^2$	132
Figura 5: Aire incorporado - $F'c=350 \text{ Kg/cm}^2$	133
Figura 6: Peso unitario- $F'c=280 \text{ Kg/cm}^2$	135
Figura 7: Peso unitario- $F'c=300 \text{ Kg/cm}^2$	135
Figura 8: Peso unitario- $F'c=350 \text{ Kg/cm}^2$	136
Figura 9: Asentamiento- $F'c=280 \text{ Kg/cm}^2$	137
Figura 10: Asentamiento- $F'c=300 \text{ Kg/cm}^2$	137
Figura 11: Asentamiento- $F'c=350 \text{ Kg/cm}^2$	138
Figura 12: Resistencia a la compresión - $F'c=280 \text{ Kg/cm}^2$	142
Figura 13: Porcentaje de variación - $F'c=280 \text{ Kg/cm}^2$	143
Figura 14: Resistencia a la compresión vs tiempo de curado – concreto convencional- $F'c=280 \text{ Kg/cm}^2$	144
Figura 15: Resistencia a la compresión vs tiempo de curado – concreto Fast Track - $F'c=280 \text{ Kg/cm}^2$ - 1%SP+1%AC	144
Figura 16: Resistencia a la compresión vs tiempo de curado – concreto Fast Track - $F'c=280 \text{ Kg/cm}^2$ - 1%SP+0.8%AC	145
Figura 17: Resistencia a la compresión vs tiempo de curado – concreto Fast Track - $F'c=280 \text{ Kg/cm}^2$ - 1%SP+0.4%AC	145
Figura 18: Resistencia a la compresión vs tiempo de curado – concreto Fast Track - $F'c=280 \text{ Kg/cm}^2$ – 0.8%SP+1%AC	146
Figura 19: Resistencia a la compresión vs tiempo de curado – concreto Fast Track - $F'c=280 \text{ Kg/cm}^2$ – 0.8%SP+0.8%AC	146
Figura 20: Resistencia a la compresión vs tiempo de curado – concreto Fast Track - $F'c=280 \text{ Kg/cm}^2$ – 0.8%SP+0.4%AC	147
Figura 21: Resistencia a la compresión vs tiempo de curado – concreto Fast Track - $F'c=280 \text{ Kg/cm}^2$ – 0.4%SP+1%AC	147
Figura 22: Resistencia a la compresión vs tiempo de curado – concreto Fast Track - $F'c=280 \text{ Kg/cm}^2$ – 0.4%SP+0.8%AC	148
Figura 23: Resistencia a la compresión vs tiempo de curado – concreto Fast Track - $F'c=280 \text{ Kg/cm}^2$ – 0.4%SP+0.4%AC	148

Figura 24: Resistencia a la compresión $F'c=300$ Kg/cm²	153
Figura 25: Porcentaje de variación $F'c=300$ Kg/cm²	153
Figura 26: Resistencia a la compresión vs tiempo de curado – concreto convencional - $F'c=300$ Kg/cm²	154
Figura 27: Resistencia a la compresión vs tiempo de curado – concreto Fast Track - $F'c=300$ Kg/cm² – 1%SP+1%AC	155
Figura 28: Resistencia a la compresión vs tiempo de curado – concreto Fast Track - $F'c=300$ Kg/cm² – 1%SP+0.8%AC	155
Figura 29: Resistencia a la compresión vs tiempo de curado – concreto Fast Track - $F'c=300$ Kg/cm² – 1%SP+0.4%AC	156
Figura 30: Resistencia a la compresión vs tiempo de curado – concreto Fast Track - $F'c=300$ Kg/cm² – 0.8%SP+1%AC	156
Figura 31: Resistencia a la compresión vs tiempo de curado – concreto Fast Track - $F'c=300$ Kg/cm² – 0.8%SP+0.8%AC	157
Figura 32: Resistencia a la compresión vs tiempo de curado – concreto Fast Track - $F'c=300$ Kg/cm² – 0.8%SP+0.4%AC	157
Figura 33: Resistencia a la compresión vs tiempo de curado – concreto Fast Track - $F'c=300$ Kg/cm² – 0.4%SP+1%AC	158
Figura 34: Resistencia a la compresión vs tiempo de curado – concreto Fast Track - $F'c=300$ Kg/cm² – 0.4%SP+0.8%AC	158
Figura 35: Resistencia a la compresión vs tiempo de curado – concreto Fast Track - $F'c=300$ Kg/cm² – 0.4%SP+0.4%AC	159
Figura 36: Resistencia a la compresión $F'c=350$ Kg/cm²	163
Figura 37: Porcentaje de variación $F'c=350$ Kg/cm²	164
Figura 38: Resistencia a la compresión vs tiempo de curado – concreto convencional - $F'c=350$ Kg/cm²	165
Figura 39: Resistencia a la compresión vs tiempo de curado – concreto Fast Track - $F'c=350$ Kg/cm² – 1%SP+1%AC	165
Figura 40: Resistencia a la compresión vs tiempo de curado – concreto Fast Track - $F'c=350$ Kg/cm² – 1%SP+0.8%AC	166
Figura 41: Resistencia a la compresión vs tiempo de curado – concreto Fast Track - $F'c=350$ Kg/cm² – 1%SP+0.4%AC	166
Figura 42: Resistencia a la compresión vs tiempo de curado – concreto Fast Track - $F'c=350$ Kg/cm² – 0.8%SP+1%AC	167

Figura 43: Resistencia a la compresión vs tiempo de curado –	
concreto Fast Track - $F'c=350 \text{ Kg/cm}^2 - 0.8\%SP+0.8\%AC$	167
Figura 44: Resistencia a la compresión vs tiempo de curado –	
concreto Fast Track - $F'c=350 \text{ Kg/cm}^2 - 0.8\%SP+0.4\%AC$	168
Figura 45: Resistencia a la compresión vs tiempo de curado –	
concreto Fast Track - $F'c=350 \text{ Kg/cm}^2 - 0.4\%SP+1\%AC$	168
Figura 46: Resistencia a la compresión vs tiempo de curado –	
concreto Fast Track - $F'c=350 \text{ Kg/cm}^2 - 0.4\%SP+0.8\%AC$	169
Figura 47: Resistencia a la compresión vs tiempo de curado –	
concreto Fast Track - $F'c=350 \text{ Kg/cm}^2 - 0.4\%SP+0.4\%AC$	169
Figura 48: Resistencia a la flexión - $M_r=50.32 \text{ Kg/cm}^2$	
($F'c=280 \text{ Kg/cm}^2$)	174
Figura 49: Resistencia a la flexión vs tiempo de curado – concreto	
convencional - $M_r=50.32 \text{ Kg/cm}^2$ ($F'c=280 \text{ Kg/cm}^2$)	175
Figura 50: Resistencia a la flexión vs tiempo de curado – concreto	
Fast Track - $M_r=50.32 \text{ Kg/cm}^2$ ($F'c=280 \text{ Kg/cm}^2$)-	
$1\%SP+1\%AC$	175
Figura 51: Resistencia a la flexión vs tiempo de curado – concreto	
Fast Track - $M_r=50.32 \text{ Kg/cm}^2$ ($F'c=280 \text{ Kg/cm}^2$)-	
$1\%SP+0.8\%AC$	176
Figura 52: Resistencia a la flexión vs tiempo de curado – concreto	
Fast Track - $M_r=50.32 \text{ Kg/cm}^2$ ($F'c=280 \text{ Kg/cm}^2$)-	
$1\%SP+0.4\%AC$	176
Figura 53: Resistencia a la flexión vs tiempo de curado – concreto	
Fast Track - $M_r=50.32 \text{ Kg/cm}^2$ ($F'c=280 \text{ Kg/cm}^2$)-	
$0.8\%SP+1\%AC$	177
Figura 54: Resistencia a la flexión vs tiempo de curado – concreto	
Fast Track - $M_r=50.32 \text{ Kg/cm}^2$ ($F'c=280 \text{ Kg/cm}^2$)-	
$0.8\%SP+0.8\%AC$	177
Figura 55: Resistencia a la flexión vs tiempo de curado – concreto	
Fast Track - $M_r=50.32 \text{ Kg/cm}^2$ ($F'c=280 \text{ Kg/cm}^2$)-	
$0.8\%SP+0.4\%AC$	178

Figura 56: Resistencia a la flexión vs tiempo de curado – concreto	
Fast Track - Mr=50.32 Kg/cm ² (F'c=280 Kg/cm ²)-	
0.4%SP+1%AC	178
Figura 57: Resistencia a la flexión vs tiempo de curado – concreto	
Fast Track - Mr=50.32 Kg/cm ² (F'c=280 Kg/cm ²)-	
0.4%SP+0.8%AC	179
Figura 58: Resistencia a la flexión vs tiempo de curado – concreto	
Fast Track - Mr=50.32 Kg/cm ² (F'c=280 Kg/cm ²)-	
0.4%SP+0.4%AC	179
Figura 59: Resistencia a la flexión Mr=55.80 Kg/cm² (F'c=300 Kg/cm²) ...	184
Figura 60: Resistencia a la flexión vs tiempo de curado – concreto	
convencional - Mr=55.80 Kg/cm ² (F'c=300 Kg/cm ²)	185
Figura 61: Resistencia a la flexión vs tiempo de curado – concreto	
Fast Track - Mr=55.80 Kg/cm ² (F'c=300 Kg/cm ²)-	
1%SP+1%AC	185
Figura 62: Resistencia a la flexión vs tiempo de curado – concreto	
Fast Track - Mr=55.80 Kg/cm ² (F'c=300 Kg/cm ²)-	
1%SP+0.8%AC	186
Figura 63: Resistencia a la flexión vs tiempo de curado – concreto	
Fast Track - Mr=55.80 Kg/cm ² (F'c=300 Kg/cm ²)-	
1%SP+0.4%AC	186
Figura 64: Resistencia a la flexión vs tiempo de curado – concreto	
Fast Track - Mr=55.80 Kg/cm ² (F'c=300 Kg/cm ²)-	
0.8%SP+1%AC	187
Figura 65: Resistencia a la flexión vs tiempo de curado – concreto	
Fast Track - Mr=55.80 Kg/cm ² (F'c=300 Kg/cm ²)-	
0.8%SP+0.8%AC	187
Figura 66: Resistencia a la flexión vs tiempo de curado – concreto	
Fast Track - Mr=55.80 Kg/cm ² (F'c=300 Kg/cm ²)-	
0.8%SP+0.4%AC	188
Figura 67: Resistencia a la flexión vs tiempo de curado – concreto	
Fast Track - Mr=55.80 Kg/cm ² (F'c=300 Kg/cm ²)-	
0.4%SP+1%AC	188

Figura 68: Resistencia a la flexión vs tiempo de curado – concreto	
Fast Track - Mr=55.80 Kg/cm² (F´c=300 Kg/cm²)-	
0.4%SP+0.8%AC	189
Figura 69: Resistencia a la flexión vs tiempo de curado – concreto	
Fast Track - Mr=55.80 Kg/cm² (F´c=300 Kg/cm²)-	
0.4%SP+0.4%AC	189
Figura 70: Resistencia a la flexión - Mr=57.82 Kg/cm² (F´c=350 Kg/cm²) .	194
Figura 71: Resistencia a la flexión vs tiempo de curado – concreto	
convencional - Mr=57.82 Kg/cm² (F´c=350 Kg/cm²)	195
Figura 72: Resistencia a la flexión vs tiempo de curado – concreto	
Fast Track - Mr=57.82 Kg/cm² (F´c=350 Kg/cm²) -	
1%SP+1%AC	195
Figura 73: Resistencia a la flexión vs tiempo de curado – concreto	
Fast Track - Mr=57.82 Kg/cm² (F´c=350 Kg/cm²) -	
1%SP+0.8%AC	196
Figura 74: Resistencia a la flexión vs tiempo de curado – concreto	
Fast Track - Mr=57.82 Kg/cm² (F´c=350 Kg/cm²) -	
1%SP+0.4%AC	196
Figura 75: Resistencia a la flexión vs tiempo de curado – concreto	
Fast Track - Mr=57.82 Kg/cm² (F´c=350 Kg/cm²) –	
0.8%SP+1%AC	197
Figura 76: Resistencia a la flexión vs tiempo de curado – concreto	
Fast Track - Mr=57.82 Kg/cm² (F´c=350 Kg/cm²) –	
0.8%SP+0.8%AC	197
Figura 77: Resistencia a la flexión vs tiempo de curado – concreto	
Fast Track - Mr=57.82 Kg/cm² (F´c=350 Kg/cm²) –	
0.8%SP+0.4%AC	198
Figura 78: Resistencia a la flexión vs tiempo de curado – concreto	
Fast Track - Mr=57.82 Kg/cm² (F´c=350 Kg/cm²) –	
0.4%SP+1%AC	198
Figura 79: Resistencia a la flexión vs tiempo de curado – concreto	
Fast Track - Mr=57.82 Kg/cm² (F´c=350 Kg/cm²) –	
0.4%SP+0.8%AC	199

Figura 80: Resistencia a la flexión vs tiempo de curado – concreto

Fast Track - $M_r=57.82 \text{ Kg/cm}^2$ ($F'_c=350 \text{ Kg/cm}^2$) –

0.4%SP+0.4%AC199

Figura 81: Costo de fabricación - $F'_c=280 \text{ kg/cm}^2$200

Figura 82: Costo de fabricación - $F'_c=300 \text{ kg/cm}^2$201

Figura 83: Costo de fabricación - $F'_c=350 \text{ kg/cm}^2$201

ÍNDICE DE FOTOS

Foto 1: Tamizado del agregado grueso (piedra).....	234
Foto 2: Tamizado del agregado fino (arena).	234
Foto 3: Peso unitario compactado del agregado grueso (piedra).	235
Foto 4: Peso unitario compactado del agregado fino (arena).....	235
Foto 5: Peso unitario suelto del agregado grueso (piedra).	236
Foto 6: Peso unitario suelto del agregado fino (arena).	236
Foto 7: Secado del agregado fino (arena) después de haber remojado 24 horas.....	237
Foto 8: Agregado fino (arena) superficialmente seco	237
Foto 9: Agregado fino (arena) superficialmente seco en la fiola, se empieza a mover para sacar las burbujas de aire.....	238
Foto 10: Realizando el peso del agregado grueso (piedra) sumergido en con un canastilla en agua	238
Foto 11: Elaboración del concreto.....	239
Foto 12: Asentamiento (Slump)	239
Foto 13: Peso unitario	240
Foto 14: Contenido de aire	240
Foto 15: Aditivos utilizados.....	241
Foto 16: Elaboración de probetas.....	241
Foto 17: Probetas elaboradas	242
Foto 18: Moldes de vigas a utilizar	242
Foto 19: Elaboración de vigas.....	243
Foto 20: Curado de probetas	243
Foto 21: Curado de probetas y vigas.....	244
Foto 22: Rotura de probetas	244
Foto 23: Muestras ensayadas	245
Foto 24: Rotura de vigas	245
Foto 25: Muestras ensayadas	246
Foto 26: Losas elaboradas	246

RESUMEN

El proyecto de tesis “Comparación del Concreto Fast Track y el Concreto Convencional para el Diseño de Pavimentos Rígidos”, que tiene como finalidad dar a conocer el estudio de propiedades mecánicas del concreto Fast Track, del cual dentro ello está su resistencia máxima obtenida a las 24 horas.

Dada la problemática de hoy en día fue motivo que dio origen de esta investigación ya que se observa de los pavimentos rígidos de nuestro departamento de Lambayeque y del Perú al momento de su ejecución su demora en puesta de servicio es hasta que alcance su resistencia a la cual ya pueda ser transitable, además que con el transcurrir del tiempo han experimentado daños de agrietamiento del cual generan insatisfacción en los usuarios que transitan a diario por las principales avenidas.

Esta investigación se orientó a utilizar la adición de dos aditivos como el superplastificante y acelerante como componente principal dentro del concreto convencional, del cual lo convierte en concreto Fast Track. La adición de estos dos aditivos hace que las propiedades mecánicas del concreto mejoren. Durante la realización de los ensayos se trabajó con porcentajes de 1%SP+1%AC, 1%SP+0.8%AC, 1%SP+0.4%AC, 0.8%SP+1%AC, 0.8%SP+0.8%AC, 0.8%SP+0.4%AC, 0.4%SP+1%AC, 0.4%SP+0.8%AC y 0.4%SP+0.4%AC, en relación al peso del cemento, de la cual los ensayos del concreto fresco se obtuvo mejores resultados, así como también las resistencias a la flexión y compresión a 1, 3, 7, 14 y 28 días.

En base a los datos obtenidos en los ensayos se comprobó que el concreto Fast Track por la adición de los aditivos superplastificante y acelerante mejora las propiedades mecánicas del concreto convencional.

PALABRAS CLAVES:

Propiedades mecánicas, concreto convencional, aditivo superplastificante, aditivo acelerante, concreto Fast Track.

ABSTRACT

The thesis project "Comparison of Fast Track Concrete and Conventional Concrete for the Design of Rigid Pavements", whose purpose is to present the study of mechanical properties of concrete Fast Track, which is the maximum strength obtained at the same time. 24 hours.

Given the problems of today was the reason that gave rise to this investigation since it is observed of the rigid pavements of our department of Lambayeque and Peru at the time of its execution its delay in putting of service is until it reaches its resistance to the Which can already be passable, in addition that over the course of time have experienced cracking damages which generate dissatisfaction in the users who travel daily through the main avenues.

This research was aimed at using the addition of two additives as the super plasticizer and accelerator as the main component within conventional concrete, which makes it concrete Fast Track. The addition of these two additives makes the mechanical properties of the concrete improve. During the tests, we worked with percentages of 1% SP + 1% AC, 1% SP + 0.8% AC, 1% SP + 0.4% AC, 0.8% SP + 1% AC, 0.8% SP + 0.8% AC , 0.8% SP + 0.4% AC, 0.4% SP + 1% AC, 0.4% SP + 0.8% AC and 0.4% SP + 0.4% AC, relative to the cement weight, from which the fresh concrete tests were obtained Better results, as well as the resistance to flexion and compression at 1, 3, 7, 14 and 28 days.

Based on the data obtained in the tests it was verified that the Fast Track concrete by the addition of super plasticizer and accelerating additives improves the mechanical properties of conventional concrete.

KEYWORDS:

Mechanical properties conventional concrete, super plasticizer additive, accelerant additive, concrete Fast Track.

INTRODUCCIÓN

Las exigencias y las necesidades en la actualidad, han procurado que las técnicas en la construcción de caminos cumplan con las demandas de los usuarios. Hoy en día en el extranjero el concreto para pavimentos rígidos se ha buscado ir mejorando día a día, tal sea el caso que se le agregada aditivos para su mejora.

Ante la necesidad de mejorar el concreto para pavimentos rígidos en el Perú y las escasas investigaciones que se realiza, la siguiente investigación trata que al agregar aditivos al concreto convencional, para convertirlo en concreto Fast Track, mejoraron las propiedades tanto en concreto fresco como en concreto endurecido, estos aditivos se adicionaron en dosificaciones con respecto al peso del cemento de cada diseño que se realizó, aunque al realizar un análisis de costo del concreto Fast Track es muy elevado con respecto al concreto convencional, pero en una obra el tiempo es dinero, y por lo que el concreto Fast Track alcanza resistencias a las 24 horas, esto sería un gran beneficio.

En el capítulo I se hizo referencia a la situación problemática a nivel internacional, nacional y local, además se formuló el problema y los objetivos que busca la tesis.

En el capítulo II se trató sobre el marco teórico de la tesis, aquí se presentó todas las bases teóricas –científicas que se requieren para hacer un análisis de las propiedades del concreto ya sea en fresco o endurecido.

El capítulo III habló sobre el marco metodológico, el tipo y diseño de la investigación que realizamos y se planteó la hipótesis.

En los capítulos IV se centró en el análisis e interpretación de los resultados que se obtuvieron una vez realizados los ensayos en laboratorio.

Finalmente en el capítulo V se plasmaron las conclusiones y recomendaciones de acuerdo a los objetivos que fueron planteados en el inicio de la investigación.

CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

1.1.1. A Nivel Internacional:

En Ecuador:

Los múltiples problemas y patologías (fisuras, desprendimientos, sellos de juntas desprendidos, falta de textura, entre otros) que se han presentado en la capa de rodadura de los pavimentos rígidos de la ciudad, en algunos casos de forma muy prematura, entonces se busca alternativas en el proceso constructivo que disminuyan o eliminen estos efectos, contribuyendo a mantener la vida útil de la estructura para la cual fue diseñado. En general se realizó un análisis del diseño del pavimento rígido que en la actualidad se está especificando en las vías de la ciudad de Ambato y un diseño de hormigón de Alta Resistencia (Fast Track) propuesto, para los dos casos utilizamos agregados propios de la zona . (Salinas, 2015)

Se detalla el diseño de hormigón para pavimento rígido $f'c = 35$ MPa y el diseño del hormigón de alta resistencia propuesto para un $f'c = 70$ MPa, los mismos que son sometidos a varios ensayos para comparar su comportamiento. Entre los ensayos realizados tenemos: compresión simple, flexión, tracción indirecta método brasilero y abrasión (Salinas, 2015).

En España:

Las carreteras viales se encuentran en una gran mayoría en un estado pésimo, es frecuente encontrar fisuras longitudinales, transversales baches, descascaramiento, etc., que dificultan el tránsito vehicular (CEMLA, 2012).

Estas fallas que afectan al tránsito vehicular y a la incomodidad de las personas se producen por múltiples factores como ser: el resultado de un mal diseño del paquete estructural, de la mala calidad de los materiales, de errores constructivos, de un deficiente sistema de drenaje en caso de precipitaciones pluviales, del efecto de solicitaciones externas como carga

vehicular y agentes climáticos, entre otros. Pero el principal problema consiste en que no se lleva a cabo un mantenimiento adecuado ni se toma en cuenta el plan de vida de la vía, es decir, no se evalúa el comportamiento del pavimento con el paso del tiempo y sólo se interviene cuando el deterioro del pavimento es grave . (CEMLA, 2012)

Lo ideal es detectar y evaluar los daños de los pavimentos con la suficiente anticipación, de manera que las reparaciones resultantes correspondan a trabajos de conservación o reparación menor, y no de reconstrucción. De esta forma, se ahorra dinero y recursos, ya que el costo por reparar un pavimento es mucho más elevado que el costo por mantenimiento” (CEMLA, 2012).

Se puede apreciar de mejor manera el resultado de las calificaciones encontradas, según las calificaciones otorgadas el 65% el estado de la carretera se encuentra en un estado muy bueno, seguido de un 20% bueno y excelente de un 15%., también se puede observar que de 476 losas que fueron estudiadas, 248 presentaron daños baja consideración, entre las cuales las grietas transversales y longitudinales, que presenta un 61,69% de afectación, seguido desconchamiento o mapa de grietas con un 24,19%, losa dividida con el 6,05%, sello de junta 4,84% y por ultimo grieta de esquina el 3,23% .(CEMLA, 2012)

En Chile:

La técnica de Rápida Habilitación al tránsito (Fast-Track) nace de la necesidad de reparar pavimentos o cambiar losas en menores tiempos constructivos debido a los altos flujos vehiculares. La clave de esta técnica se encuentra en la programación y logística que se le da al proyecto, además de los tipos de materiales componentes con los que se confecciona el hormigón de alta resistencia inicial” (Sánchez, 2007).

Finalmente se deja de manifiesto que la utilización de esta técnica y programación permite restaurar pavimentos en zonas urbanas con altos coeficientes de densidad poblacional, por ende, con un gran tránsito

vehicular en donde las molestias y congestiones vehiculares se reducen al mínimo . (Sánchez, 2007)

Los caminos pavimentados se ven sometidos desde su puesta en servicio y a lo largo de toda su vida útil, a diversos procesos de deterioro y fallas tales como ahuellamiento, grietas e incluso baches (Burgos, 2014).

Es por esto, y dada la necesidad de optimizar los recursos que se emplean en el diseño, ejecución y conservación de los mismos, por parte de la Dirección de Vialidad del Ministerio de Obras Públicas, se pretende realizar un análisis comparativo entre el pavimento flexible y el rígido, con el objetivo de definir criterios que permitan saber cuál de los dos tiene un mejor comportamiento funcional y económico, para las diferentes rutas interurbanas de nuestra región, esperando incrementar su servicio y reduciendo los costes de rehabilitación en un futuro. (Burgos, 2014)

Se debe considerar que una carretera o ruta es una vía de dominio y uso público, proyectada y construida fundamentalmente para la circulación de vehículos livianos y pesados. La importancia de las carreteras radica en que son la columna vertebral del transporte, y su construcción y mantenimiento se pueden volverse estratégicos. (Burgos, 2014)

Sin embargo, a pesar de su gran importancia, el diseño y la construcción de carreteras requiere de grandes inversiones, por lo que, para su construcción, son obras que deben ser analizadas cuidadosamente a fin de lograr estructuras que sean técnicamente realizables, funcionales y económicamente factibles . (Burgos, 2014)

1.1.2. A Nivel Nacional:

En Huancayo:

Las carreteras y vías urbanas son un factor muy importante en el desarrollo socio-económico de las regiones y países, a su vez el transporte es un elemento de gran influencia en la economía de las zonas urbanas y rurales, y la serviciabilidad de las carreteras contribuye al desarrollo socio-económico de los sectores de la población, por ello es necesario de una adecuada planificación en los proyectos viales para que puedan garantizar y facilitar el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes . (Camposano & García, 2012)

Dicha serviciabilidad es función directa del estado superficial y estructura del pavimento. Por ello es de gran importancia para la región, que se cuente con una red vial eficiente, que permita la comunicación entre sus diferentes núcleos urbanos y rurales. (Camposano & García, 2012).

El diseño y la ejecución de un pavimento no es suficiente para garantizar la calidad de vida de este, siendo muchas veces olvidado por los gobiernos locales y regionales, el mantenimiento y rehabilitación de un pavimento debe ser rutinario para la prolongación de su vida útil, para ello es necesario realizar un diagnóstico vial constante. Es por ello que basado en la teoría de evaluación de pavimentos, se realizó la investigación sobre el método PCI y su aplicación en el diagnóstico de la vía en estudio, el cual se basa en la inspección visual por unidades de muestreo del pavimento . (Camposano & García, 2012)

Se evaluaron el 100% de la vía del Ingreso a la ciudad hasta la plaza principal del distrito de Chupaca. Estos resultados nos dan un total de 1663 fallas en todo el recorrido de la vía, y la falla que se presenta en mayor cantidad son las Grietas longitudinales y transversales con un número de 657 en total. (Camposano & García, 2012).

En Piura:

El problema del deterioro de la infraestructura vial en la ciudad de Piura y las consecuencias que este ha provocado son tan notorias que no se puede dejar pasar más tiempo, y debemos hacer notar que estamos dispuestos a aportar ideas para mejorar esta situación de la cual padecemos ya más de 15 años . (Castro, 2003)

Más del 60% de las pistas en la ciudad de Piura se encuentran deterioradas. El 90% de las calles rehabilitadas por la Municipalidad de Piura han presentado deterioros en menos de cinco meses de haberse efectuado la rehabilitación. (Castro, 2003).

En Lima:

En los últimos años, las municipalidades y las empresas de servicios públicos de la ciudad de Lima- Metropolitana, han procedido a efectuar reparaciones de las vías en plazos dilatados, que varían entre dos semanas y dos meses. Sin cuidado de la calidad, originando congestión de tránsito y daño económico tanto a los propietarios de los vehículos como de los comercios y viviendas del entorno.

Otro problema, importante es que cada vez se hace más difícil circular por la ciudad; esto debido a la saturación del parque automotor y sobre todo a las continuas obras de reparación, rehabilitación y mantenimiento de vías. (Toledo, 2010).

Es por ello que se hace necesario mejorar la tecnología en la construcción, reparación y mantenimiento de pavimentos, para llegar a minimizar los costos y periodos de ejecución, para luego hacerlos más factibles, mejorando la calidad de vida de los ciudadanos . (Toledo, 2010)

Sin embargo, éstos se desgastan en periodos muy cortos, lo que conlleva a realizar continuos trabajos de reparación y mantenimiento. Pero haciendo un enfoque a largo plazo nos damos cuenta que, al elegir este sistema de pavimentos, se evitarían trabajos de mantenimiento y/o reconstrucción de vías. (Toledo, 2010).

Se tiene la percepción que los costos de los pavimentos flexibles son menores que los de pavimentos rígidos, especialmente los costos de construcción iniciales; mientras que los costos de mantenimiento son mayores comparados con los de un pavimento rígido. La realidad es que los costos dependen de las características del proyecto, período de diseño, y condiciones del mercado. Inclusive a nivel de costo inicial, hay épocas en que el asfalto ha subido sustancialmente de precio que la diferencia en costo con los pavimentos rígidos de concreto puede ser no significativa” (Chang, 2015).

Otro mito es que los pavimentos rígidos de concreto no pueden entrar en servicio hasta después de 7 o 14 días por temas de fraguado y curado, la realidad es que existe el concreto tipo Fast Track o de fraguado rápido que permiten que el pavimento entre en servicio a las 24 horas . (Chang, 2015)

1.1.3. A Nivel Local:

En Lambayeque:

En la región de Lambayeque el aumento continuo de la población, su concentración progresiva en grandes centros urbanos y el desarrollo industrial ocasionan, día a día, incrementan el transporte de vehículos los cuales ocasionan problemas en los pavimentos rígidos y flexibles ya que algunos no están diseñados para que puedan soportar tal cantidad de vehículos

El pavimento urbano de la ciudad de Chiclayo es una de las infraestructuras más utilizadas por la sociedad para desarrollar sus actividades económicas, sociales, culturales, etc. es por esto que el estado de conservación de los mismos es un fiel reflejo del nivel de desarrollo alcanzado por los pueblos. (Borja, 2011).

Es una investigación que sigue su curso, pero no se puede seguir esperando que las autoridades ediles tomen cartas en el asunto. Es

lamentable que una vía de alta transitabilidad esté malograda y refleje una mala imagen. (Diario La República, 2013).

Los integrantes de la Comisión de Infraestructura del CIP CDL, efectuaron una inspección técnica, a la obra de pavimentación rígida de la avenida Pedro Ruiz Gallo, que ejecuta el Consorcio Transatlántico, por el importe de S/. 8'359,002.75 -plazo de ejecución de 180 días calendario-, por la modalidad de Suma Alzada, para lo cual hicieron un recorrido y evaluación a las cuadras 6 y 7 de dicha avenida . (Colegio de Ingenieros del Perú, 2014)

En mérito a ella, se pudo constatar que 82 (51.25%) paños de losas de concreto, de un total de 160 (100%) paños, han acusado fallas en su estructura. De dicho resultado, solo 06 paños han sido removidos y sustituidos con concreto nuevo, pero sin mejorar las condiciones de los materiales de la sub rasante: capa base y sub base (Colegio de Ingenieros del Perú, 2014).

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuáles son las diferencias mecánicas entre el Concreto Fast Track y el Concreto Convencional para la carpeta de rodadura de pavimentos rígidos?

1.3. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El alcance de esta investigación abarcó hasta el desarrollo y la Interpretación de los ensayos que se realizaron en el laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos para la carpeta de rodadura de pavimentos rígidos de la comparación del concreto Fast Track y el concreto convencional.

1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Técnica: Porque ayuda a conocer nuevas tendencias en el campo de la construcción de pavimentos rígidos, ya que la utilización de concreto Fast Track nos permite obtener resistencias en la cual este pueda ponerse en servicio a las 24 horas o menos.

Social: Porque esta investigación ayuda a minimizar los periodos de ejecución, para luego hacerlos más factibles.

Económico: Porque procura una reducción en los costos a largo plazo en su mantenimiento y/o reparación de vías.

Ambiental: Contribuye con el impacto ambiental con respecto al polvo, ruido de las maquinas, el dióxido de carbono que botan las maquinas ya que la construcción de los pavimentos se hace en menos tiempo.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación tuvo como limitaciones:

El manejo apropiado de los equipos de laboratorio en el momento de realizar los ensayos prácticos.

1.6. OBJETIVOS

Objetivo General:

Comparar el concreto Fast Track y el concreto Convencional para ver sus diferencias mecánicas para la carpeta de rodadura de pavimentos rígidos.

Objetivo Específicos:

Evaluar la relación agua/cemento del concreto Fast Track y el concreto convencional.

Evaluar el contenido de aire incorporado, temperatura, peso unitario y asentamiento en el concreto fresco Convencional y el concreto fresco Fast Track.

Evaluar la resistencia a la compresión, resistencia a la flexión en el concreto endurecido Fast Track y el concreto endurecido Convencional.

Evaluar los costos de fabricación del concreto Fast Track y el concreto convencional.

Realizar la evaluación tentativa del proceso de curado y su contracción plástica.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. A Nivel Internacional:

Estados Unidos:

Instituto del Cemento Portland Argentino [ICPA] (2001). En el artículo **“IMPORTANTE OBRA EN UN AEROPUERTO DE WISCONSIN”** de la Revista Cemento N° 2 (EE.UU.), habla de:

Una obra de reconstrucción en el aeropuerto regional de Dane Country en Madison, Wisconsin, el trabajo que duró quince días fue concluido siete horas antes del plazo establecido, debido a la utilización, de la técnica del hormigón Fast Track que es aquella que permite habilitar al tránsito pocas horas después de construido el pavimento de hormigón . (Instituto del Cemento Portland Argentino [ICPA], 2001)

El proyecto de 3,5 millones de dólares incluye la reconstrucción de los tramos norte y sur, de la pista 18/36 y dos calles de carreteo de conexión. Normalmente, la construcción de esta obra debió tomar 90 días. El estudio de este proyecto tuvo como condición mantener su clausura el mínimo tiempo posible para reducir los inconvenientes a los servicios aéreos. Un período de clausura de 90 días hubiera significado una pérdida estimada de ingresos para el aeropuerto de 1,8 millones de dólares debido a la cancelación y demoras en los vuelos. (ICPA, 2001).

Por todo esto, se especificó el hormigón Fast Track para acelerar la construcción de los dos tramos de la pista y una parte de las pistas de carreteo de conexión. Cada uno de esos tramos tenía una longitud de 305 metros y un ancho de 45 metros. (ICPA, 2001).

Los tramos aludidos de pista originales tenían 20 años de antigüedad y los 305 metros de su longitud estaban construidos por una capa de 10 cm de material asfáltico, con una muy baja capacidad portante que no resistía la acción del tránsito aéreo y que, por lo tanto, hubo que remover . (ICPA, 2001)

Para el hormigonado Fast Track de la pista se utilizó una pavimentadora de moldes deslizantes GOMACO – GP 3000 de 7,60m de ancho. La obra comprendió la ejecución de casi 30000 m² de hormigón Fast Track que incluyó 8360 m² de 28 cm de espesor y 21300 m² de 40 cm de espesor, según fuera zona crítica o no. (ICPA, 2001)

El hormigón tuvo un asentamiento que osciló entre 13 y 25 mm y era provisto con camiones volcadores y agitadores. Se utilizó un cemento de alta resistencia inicial, a los efectos de lograr la resistencia especificada mucho más rápidamente que con un hormigón elaborado con cemento normal. El proyecto especificaba que el hormigón Fast Track debería alcanzar una resistencia mínima a compresión de 240 kg/cm² en 12 horas, antes de ser librado al tráfico. La resistencia a flexión requerida en obra era de 45 kg/cm² a los 28 días. (ICPA, 2001)

Knutson y Riley (2000). En el artículo **“PAVIMENTO DE HORMIGÓN FAST TRACK ABRE LA PUERTA AL FUTURO DE LA INDUSTRIA”** publicado por la Asociación Americana de Pavimentos de Hormigón en Illinois (EE.UU.) en el 2000, tuvo como objetivo “la reparación de la carretera de Iowa y su puesta en servicio en menos de 24 horas” (Knutson & Riley, 2000)

La llave para el éxito de Fast Track fue el desarrollo económico de mezclas de concreto que pueden proporcionar altas resistencias a una relativa temprana edad 24 horas o menos. Aunque este tipo de construcción es bastante rutinario para gente de la industria, sino que no habían intentado antes en aplicaciones de pavimentación. (Knutson & Riley, 2000)

Chile:

Sánchez (2007). En el proyecto **“TÉCNICA DE RÁPIDA HABILITACIÓN AL TRÁNSITO EN PAVIMENTOS RÍGIDOS FAST TRACK”** elaborado en la Universidad Austral de Chile, año 2007, expuso un completo análisis del concreto Fast Track, donde:

Luego de un estudio minucioso, logística, una correcta elaboración de la mezcla y un estricto sistema de control de desarrollo de actividades, que permita obtenerse en la obra los valores necesarios para realizar el adecuado curado, corte y sellado de juntas en los tiempos necesarios para lograr habilitar el pavimento e impedir así importantes congestionamientos de tránsito sin afectar la durabilidad del mismo. Desde un punto de vista económico la técnica acá descrita presenta un sin número de opciones a la hora de enfrentar un proceso de pavimentación o de reparación pavimentadora, por un lado nos encontramos con que el hormigón Fast - Track es más costoso que el hormigón para pavimentos tradicionales y que alcanza hasta un 33% de mayor inversión en el proyecto, pero por el otro lado sabemos que la técnica nos proporcionará (siguiendo todos los procesos adecuadamente) una disminución de faenas y de apertura al tráfico hasta en un tercio o un cuarto de los tiempos que involucran todo el proceso, además de proporcionarnos un hormigón con mejores propiedades finales de resistencia tanto a la compresión como a la flexotracción . (Sánchez, 2007)

Se establecen los requisitos para los agregados (grueso y fino), los materiales cementicios, los aditivos, el diseño de la mezcla y la aprobación del Hormigón. (Sánchez, 2007)

Generalmente se requieren los siguientes atributos para el Hormigón empleado en pavimentos Fast-Track. (Sánchez, 2007)

- Resistencia a la flexión mínima para los pavimentos tradicionales es a los 28 días de 4 MPa ó 40 kg/cm² (600 psi) (o una resistencia a la compresión a los 28 días de 30 MPa ó 306 kg/cm² (4.400 psi) para pavimentos. (Sánchez, 2007)
- En un pavimento Fast- Track la resistencia a la compresión mínima a las 24 horas debe ser del orden de los 230 kgf/cm² (23MPa) y al flexo tracción 25 kgf/cm² (2.5 MPa). (Sánchez, 2007)

2.1.2. A Nivel Nacional:

Lima:

Huaycho (2005). En el proyecto “**DISEÑO DEL CONCRETO FAST TRACK EN PAVIMENTOS**” elaborado en la Universidad Nacional de Ingeniería (Perú), año 2005, habla que el concreto Fast Track es un concreto de alta resistencia inicial que se aplica principalmente en pavimentos, especialmente en zonas urbanas y comerciales para reparaciones de tramos significativos, de manera de no impedir el tránsito más de 24 horas. También es empleado en la pavimentación de carreteras donde existe similar requerimiento y en aeropuertos. (Huaycho, 2005)

Éste concreto se caracteriza principalmente por la aplicación de dos tipos de aditivos: los aceleradores de resistencia y los plastificantes reductores de agua. En los ensayos al concreto patrón se le añadió el primer aditivo en dosis de 0.40%, 0.80% y 1.20% (dosis respecto del peso de cemento). (Huaycho, 2005)

Se ensayó a la compresión a las 24 horas y se tuvo que la dosificación de 1.20% era la de mejor resultado, con una compresión de 317 Kg/cm². Análogamente se realizó el ensayo con el segundo aditivo con dosificaciones de 0.50%, 1.75% y 3% (dosis respecto al cemento). La mejor dosificación obtenida fue de 3% con un valor de 241 Kg/cm². (Huaycho, 2005)

2.2. ESTADO DEL ARTE

Dentro de los diseños de pavimentos más actuales que se viene utilizando son:

“**Primer experiencia en Argentina con recubrimientos delgados (WHITETOPPING) de hormigón de habilitación temprana (FAST TRACK)**”, se trata de una técnica más reciente que habla de los recubrimientos ultra delgados, más si se trata de hormigones de habilitación temprana.

Este sistema incluye la corrección de las principales deformaciones en el asfalto y la colocación del hormigón que se construye directamente sobre la superficie asfáltica ya tratada. (Dalimier, Saade, & Fernández, 2013)

El desarrollo simultáneo de hormigones de habilitación temprana (Fast-Track) permite sumar las ventajas de la puesta en servicio de los recubrimientos a pocas horas de haber concluido la ejecución propiamente dicha, con lo que se consigue un Ultra-Thin-White-Topping-Fast-Track (UTWFT) o recubrimiento ultra delgado de habilitación temprana . (Dalimier et al., 2013)

2.3. BASES TEÓRICAS CIENTÍFICAS

2.3.1. Teoría de Pavimentos Rígidos

El diseño de pavimentos ha evolucionado con el tiempo, desde una perspectiva artística y netamente empírica hasta ser considerado toda una ciencia. Antes de 1920, los espesores de las capas que conforman los pavimentos se basaron netamente en la experiencia, es decir, la misma estructura era utilizada sin discriminar la clase de vía, el tipo de suelo o el tránsito esperado. (Becerra, 2012)

Con el tiempo, las entidades administradoras de caminos y la industria de los materiales de construcción, desarrollaron métodos de diseño de pavimentos intentando sustentar un comportamiento adecuado del mismo, teniendo en cuenta la inversión de dinero que significa construir y mantener un camino . (Becerra, 2012)

A continuación, se presentan los principales hitos en la historia mundial de los pavimentos de concreto (Becerra, 2012):

- En el año 1824, Joseph Apsdin patenta en Inglaterra el proceso de calcinación de ceniza arcillosa para la producción de cemento que, al hidratarse con agua, tenía las mismas características de resistencia

que la piedra de la isla de Pórtland, marcando el inicio de la tecnología del concreto. (Becerra, 2012)

- Los primeros intentos por construir pavimentos de concreto se dieron en 1865, en la ciudad de Inverness (Escocia). Por ese tiempo se tenían algunos conceptos relacionados a la tecnología del concreto. (Becerra, 2012)
- Los siguientes intentos por construir pavimentos de concreto se dieron en Edimburgo (Escocia) entre 1872 y 1886. (Becerra, 2012)
- En América, el pavimento de concreto más antiguo es el de Court Ave. Bellfountain, en Ohio, Estados Unidos, cuya construcción data del año 1891. Este pavimento existe hasta la actualidad, aunque a partir del año 2000 admite sólo tránsito peatonal. (Becerra, 2012)
- Los métodos racionales de diseño empezaron a concebirse después de los primeros intentos por construir pavimentos. Estas teorías se formularon asumiendo que existe un pleno contacto entre subbase y la carpeta de rodadura de concreto. (Becerra, 2012)
- Goldbeck en 1919, desarrolló una ecuación simple para el diseño de pavimentos de concreto asumiendo que la carpeta de rodadura se comportaba como una viga en voladizo con una carga concentrada en la esquina. Premisa utilizada en el Bates Road Test. (Becerra, 2012)
- Westergaard en 1926, plantea la primera teoría relacionada al comportamiento estructural de los pavimentos de concreto, como consecuencia de lo expresado por Hertz respecto a los esfuerzos en losas suspendidas. Es sin duda el estudio teórico más extenso e importante, que inició en 1926 y terminó en 1948. Relaciona el cálculo de esfuerzos y deflexiones en los pavimentos de concreto, los estudios consideraron las temperaturas en la losa, así como tres posiciones de carga en una losa alargada: aplicada cerca de la esquina, aplicada cerca de la junta, pero a una distancia considerable de la esquina y aplicada en el interior del paño a una distancia considerable de toda junta y esquina. El análisis asume de manera simplificada que la presión de reacción entre las subrasante y la carpeta de rodadura en cualquier punto es proporcional a la deflexión

en ese punto, independientemente de las deflexiones en otros puntos. También asumió que el contacto entre la subrasante y la carpeta de rodadura se da a plenitud. (Becerra, 2012)

- Pickett en 1951, comparó la carga crítica en la esquina obtenida en los estudios de Westergaard con mediciones realizadas en el campo, encontrando que las estimaciones realizadas en las aproximaciones teóricas del esfuerzo cuando se tenía la carga crítica aplicada en la esquina de la losa eran siempre muy pequeñas. Pickett asumió que parte de la losa no está totalmente apoyada sobre el suelo, para lo que desarrolló fórmulas semi empíricas que concordaban con los resultados de los experimentos en campo. Lamentablemente, debido a la complejidad de las fórmulas y al estado de arte de la tecnología, no se le prestó mayor atención. (Becerra, 2012)
- Entre los años 1958 y 1960 se llevó a cabo el AASHO Road Test en Ottawa, Illinois (USA). El AASHO Road Test definió la ecuación empírica fundamental que guiaría las metodologías de diseño AASHTO hasta el suplemento de 1998. Nótese que esta metodología se basa en el concepto de pérdida de serviciabilidad del pavimento por el paso de los vehículos y el tiempo. (Becerra, 2012)
- Con el ingreso de los procesadores, se realizaron soluciones numéricas que asumen que no existe pleno contacto entre la subrasante y la carpeta de rodadura, como son los métodos de los elementos discretos y el de los elementos finitos. (Becerra, 2012)
- Aunque los estudios de Westergaard contribuyeron en gran medida al desarrollo de los métodos de diseño, nunca dejó de reconocer que los resultados teóricos debían ser revisados comparándolos con resultados en campo del comportamiento del pavimento. (Becerra, 2012)

2.3.2. Concreto Convencional

Estará conformado por una mezcla homogénea de cemento, agua, agregado fino y grueso (Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú [MTC], 2013).

2.3.2.1. Cemento

El cemento utilizado será Portland, de marca aprobada oficialmente. (MTC, 2013).

Los cementos Portland resultan de la molienda conjunta de clínker más un porcentaje de yeso para regular el fraguado. Sus características dependen de la composición potencial del clínker. Así, por ejemplo, si el clínker tiene un alto contenido de C₃S, el cemento será de resistencias iniciales altas y tendrá un mayor calor de hidratación. (Cementos BIO BIO, 2015)

Por el contrario, si tiene un alto contenido de C₂S, tendrá buenas resistencias a largo plazo y bajo calor de hidratación. En cuanto a la resistencia a los sulfatos, ésta será inversa al contenido de C₃A. Por este motivo, la norma norteamericana ASTM C-150 clasifica los cementos Portland en cinco tipos. (Cementos BIO BIO, 2015)

Tabla 1:

Tipos de Cemento

Cemento Portland Norma ASTM C-150	
Tipo I	Cemento Portland común, apto para toda obra que no requiere cementos con requisitos especiales
Tipo II	Cemento Portland de moderado calor de hidratación y moderada resistencia a los sulfatos, con un contenido máximo de 8% de C ₃ A.
Tipo III	Cemento Portland de alta resistencia inicial
Tipo IV	Cemento Portland de bajo calor de hidratación, con contenidos máximos de 35% de C ₃ S y 7% de C ₃ A
Tipo V	Cemento Portland resistencia a los sulfatos, con un contenido máximo de 5% de C ₃ A y la suma de C ₄ AF+2C ₃ AM, menor o igual al 20%

Fuente: Cementos BIO BIO



Fuente: Cementos Pacasmayo

2.3.2.2. Agua

El agua deberá ser limpia y estará libre de materia álcalis y otras sustancias deletéreas. (MTC, 2013)

Su pH, medido según norma NTP 339.073, deberá estar comprendido entre 5,5 y 8,0 y el contenido de sulfatos, expresado como $SO_4 =$ y determinado según norma NTP 339.074, no podrá ser superior a 3.000 ppm, determinado según la norma NTP 339.072 . (MTC, 2013)

“En general, se considera adecuada el agua potable y ella se podrá emplear sin necesidad de realizar ensayos de calificación antes indicados” (MTC, 2013).

2.3.2.3. Agregado Fino

“Se considera como tal, a la fracción que pasa el tamiz de 4.75 mm (Nº. 4). Provenirá de arenas naturales o de la trituración de rocas, gravas, escorias siderúrgicas u otro producto que resulte adecuado, de acuerdo al Proyecto” (MTC, 2013).

“El agregado fino deberá satisfacer el requisito granulométrico señalado en la Tabla Nº 01” (MTC, 2013). “Además de ello, la gradación

escogida para el diseño de la mezcla no podrá presentar más del 45% de material retenido entre dos tamices consecutivos y su módulo de finura se deberá encontrar entre 2,3 y 3,1” (MTC, 2013). “Siempre que el módulo de finura varíe en más de dos décimas respecto del obtenido con la gradación escogida para definir la Fórmula de Trabajo, se deberá ajustar el diseño de la mezcla” (MTC, 2013).

Tabla 2:

Granulometría para el agregado fino para pavimentos

Tamiz		Porcentaje que pasa
Normal	Alternativo	
9.5 mm	3/8"	100
4.75 mm	N°4	95 - 100
2.36 mm	N°8	80 - 100
1.18 mm	N°16	50 - 85
600 µm	N°30	25 - 60
300 µm	N°50	10 - 30
150 µm	N°100	2 - 10

Fuente: Manual de Carreteras EG-2013

“El agregado fino deberá cumplir, además, los requisitos de calidad indicados en la Tabla N°02” (MTC, 2013).

Si el agregado fino no cumple el requisito indicado en la Tabla N°02 para el contenido de materia orgánica, este se podrá aceptar, si al ser ensayado en relación con el efecto de las impurezas orgánicas sobre la resistencia del mortero, se obtiene una resistencia relativa a 7 días no menor de 95%, calculada de acuerdo con el procedimiento descrito en la norma NTP 400.013 (ASTM C 87) . (MTC, 2013)

Tabla 3:

Requisitos del agregado fino para pavimentos

Ensayo		Norma MTC	Norma NTP	Requisito
Durabilidad				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, % máximo $\geq 3\ 000$ msnm	Sulfato de sodio	MTC E 207	NTP 400.016	10
	Sulfato de magnesio	MTC E 209	NTP 400.016	15
Limpieza				
Índice de plasticidad, % máximo		MTC E 111	NTP 339.129	No plástico
Equivalente de arena, %mínimo	$f'c \leq 21$ MPa (210 kg/cm ²)	MTC E 114	NTP 339.146	65
	$f'c > 21$ MPa (210 kg/cm ²)	MTC E 114	NTP 339.146	75
Terrones de arcilla y partículas deleznable, % máximo		MTC E 212	NTP 400.015	3
Carbón y lignito, % máximo		MTC E 211	NTP 400.023	0,5
Material que pasa el tamiz de 75 μ m (N.º 200), % máximo		MTC E 202	NTP 400.018	3
Contenido de materia orgánica				
Color más oscuro permisible		MTC E 213	NTP 400.024	Igual a muestra patrón
Características químicas				
Contenido de sulfatos, expresado como SO ₄ , = % máximo.		-	NTP 400.042	1.2
Contenido de cloruros, expresado como Cl ⁻ , % máximo.		-	NTP 400.042	0.1
Absorción				
Absorción de agua, % máximo		MTC E 205	NTP 400.022	4

Fuente: Manual de Carreteras EG-2013

2.3.2.4. Agregado Grueso

Se considera como tal, la porción del agregado retenida en el tamiz de 4.75 mm (Nº. 4). Dicho agregado deberá proceder fundamentalmente de la trituración de roca o de grava o por una combinación de ambas; sus fragmentos deberán ser limpios, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, alargadas, blandas o desintegrables. Estará exento de polvo, tierra, terrones de arcilla u otras sustancias objetables que puedan afectar la calidad de la mezcla (MTC, 2013).

Permitirá la utilización de agregado grueso proveniente de escorias de alto horno. Su gradación se deberá ajustar a alguna de las señaladas en la Tabla N°03. Siempre que el tamaño máximo nominal sea mayor de 25 mm (1”), el agregado grueso se deberá suministrar en las dos fracciones que indica la Tabla N°03. La curva granulométrica obtenida al mezclar los agregados grueso y fino en el diseño y construcción del concreto, deberá ser continua y asemejarse a las teóricas obtenidas al aplicar las fórmulas de Fuller o Bolomey (MTC, 2013).

El tamaño máximo nominal del agregado no deberá superar un tercio del espesor de diseño del pavimento. El agregado grueso deberá cumplir, además, los requisitos de calidad señalados en la Tabla N°04. Siempre que se requiera la mezcla de dos o más agregados gruesos para obtener la granulometría de diseño, los requisitos indicados en la Tabla N°05 para dureza, durabilidad y contenido de sulfatos deberán ser satisfechos de manera independiente por cada uno de ellos. (MTC, 2013)

Tabla 4:

Granulometría del agregado grueso para concreto Portland

HUSO	Tamaño Nominal (tamices con aberturas cuadrada)	% Porcentaje que pasa													
		100 mm (4 plg)	90 mm (3 ½ plg)	75 mm (3 plg)	63 mm (2½ plg)	50 mm (2 plg)	37,5 mm (1½ plg)	25,0 mm (1 plg)	19,0 mm (¾ plg)	12,5 mm (½ plg)	9,5 mm (3/8 plg)	4,75 mm (N° 4)	2,36 mm (N° 8)	1,18 mm (N° 16)	300 µm (N° 50)
1	90 a 37,5 mm (3 ½ a 1½ plg)	100	90 a 100		25 a 60		0 a 15		0 a 5						
2	63 a 37,5 mm (2½– 1½ plg)			100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5						
3	50 a 25 mm (2 a 1 plg)				100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5					
357	50 a 4,75 mm (2 plg a N° 4)				100	95 a 100		35 a 70		10 a 30	0 a 5				
4	37,5 a 19,0 mm (1½ a ¾ plg)					100	90 a 100	20 a 55	0 a 15						
467	37,5 a 4,75 mm (1½ plg a N° 4)					100	95 a 100		35 a 70		10 a 30				
5	25 a 12,5 mm (1 a ½ plg)						100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5				

56	25 a 9,5 mm (1 a 3/8 plg)						100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5				
57	25 a 4,75 mm (1 plg a N° 4)						100	95 a 100		25 a 60		0 a 10	0 a 5			
6	19 a 9,5 mm (3/4 plg a 3/8 plg)							100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5				
67	19 a 4,75 mm (3/4 plg a N° 4)							100	90 a 100		20 a 55	0 a 10	0 a 5			
7	12,5 a 4,75 mm (1/2 plg a N° 4)								100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5			
8	9,5 a 2,36 mm (3/8 plg a N° 8)									100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5		
89	9,5 a 1,18 mm (3/8 plg a N° 16)									100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5	
9A	4,75 a 1,18 mm (N° 4 a N° 16)										100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5	

Fuente: Manual de Carreteras EG 2013

Tabla 5:

Requisitos del agregado grueso para pavimentos

Ensayo		Norma MTC	Norma NTP	Requisito
Dureza				
Desgaste en la máquina de Los Ángeles		MTC E 207	NTP 400.019 NTP 400.020	40
Durabilidad				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, % máximo \geq 3 000 msnm.	- Sulfato de sodio	MTC E 209	NTP 400.016	12
	- Sulfato de magnesio	MTC E 209	NTP 400.016	18
Limpieza				
Terrones de arcilla y partículas deleznable, % máximo		MTC E 212	NTP 400.015	3
Carbón y lignito, % máximo		MTC E 211	NTP 400.023	0.5
Geometría de las partículas				
Partículas fracturadas mecánicamente (una cara), % mínimo		MTC E 210	D – 5821 (*)	60
Partículas chatas y alargadas (relación 5:1) , % máximo		-	NTP 400.040	15
Características químicas				
Contenido de sulfatos, expresado como $SO_4^{=}$, % máximo.		-	NTP 400.042	1.0
Contenido de cloruros, expresado como Cl^- , % máximo.		-	NTP 400.042	0.1

Fuente: Manual de Carreteras EG-2013

2.3.2.5. Relación Agua/Cementante (A/C)

La calidad del concreto ya endurecido es directamente afectada por la relación agua / cementante. Cuando cantidades innecesarias de agua son utilizadas en la mezcla de concreto, éstas diluyen la pasta de cemento empobreciendo la mezcla. El cemento es hidratado por el agua de hidratación.

Agua adicional es empleada para hacer más trabajable la mezcla en detrimento de propiedades como permeabilidad y resistencia. (Becerra, 2012)

Las ventajas de la disminución de agua (y disminución de la a/c) son (Becerra, 2012):

- a) Aumento de la resistencia a compresión ($f'c$) y flexión (M_r) (Becerra, 2012).
- b) Disminución de la permeabilidad (Becerra, 2012).
- c) Aumento de la resistencia a factores ambientales (Becerra, 2012).
- d) Mejor unión concreto – acero (Becerra, 2012).
- e) Reducción de la contracción, factor importante cuando se trata de mezclas que van a tener una gran superficie expuesta como es el caso de los pavimentos (Becerra, 2012).
- f) Menores cambios volumétricos por humedad y temperatura (Becerra, 2012).
- g) Reduce el problema de alabeo en las losas” (Becerra, 2012).

“En conclusión, cuanta menor agua se usa, mejor característica tiene la mezcla de concreto. Para el caso específico de concreto para pavimentos se recomienda no utilizar mezclas con relaciones agua / cementante mayores a 0.5 (Becerra, 2012).

2.3.2.6. Concreto en Estado Fresco

1. Mezclado:

Se debe tener cuidado para lograr que la mezcla de la pasta con los agregados se logre de una manera eficiente, es decir, lograr una mezcla homogénea. Para ello, la secuencia de mezclado de los insumos desempeña un rol protagónico. (Becerra, 2012)

También es necesario contar con equipos que puedan lograr esta característica en la mezcla. La norma ASTM C 94 sugiere una secuencia de mezclado, tiempos mínimos de batido y certificaciones que los equipos mezcladores deben garantizar (Becerra, 2012).

El concreto recién mezclado debe ser plástico y capaz de ser moldeado. En la mezcla, los agregados son envueltos por la pasta y mantenidos en suspensión (Becerra, 2012).

No deben segregarse durante su transporte ni vaciado, y cuando el concreto endurece debe formar una mezcla que sea lo más uniforme posible. “Este punto debe garantizarse especialmente para mezclas destinadas a pavimentos de concreto, recordando que se utilizarán agregados del máximo tamaño posible, y que, por ello, son más propensos a la segregación. (Becerra, 2012)

2. Trabajabilidad.

Es la facilidad de colocación, consolidación y acabado del concreto en estado fresco. (Becerra, 2012)

Diferentes estructuras requieren diferente trabajabilidad. En el caso de mezclas para pavimentos que serán colocados con métodos tradicionales como reglas vibratorias con encofrados fijos, se debe trabajar con asentamientos entre 3 y 4 pulgadas. Las mezclas destinadas para pavimentos colocados con pavimentadoras de encofrado deslizante requieren un asentamiento mucho menor, alrededor de 1 pulgada (Becerra, 2012).

Los factores que intervienen en la trabajabilidad de la mezcla son (Becerra, 2012):

- a) El método de transporte (Becerra, 2012).
- b) Los materiales cementantes (Becerra, 2012).
- c) Consistencia (Becerra, 2012).
- d) Tamaño, forma y textura de los agregados (Becerra, 2012).
- e) Aire incluido (Becerra, 2012).
- f) Temperatura del concreto y del aire (Becerra, 2012).

Según ASTM C 94 la tolerancia de asentamientos para concretos entre 3 y 4 pulgadas es de +/- 1 pulgada. Sin embargo, esta tolerancia no aplicaría para concretos destinados a pavimentadoras de encofrado deslizante, siendo el revenimiento de carácter referencial (Becerra, 2012).

2.3.2.7. EL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO

1. Crecimiento de resistencia en el tiempo:

El concreto aumenta su resistencia con el tiempo. Esto se debe a que (Becerra, 2012):

- a) Existe cemento aún por hidratar (Becerra, 2012).
- b) El concreto aún conserva humedad (Becerra, 2012).
- c) La temperatura del concreto se mantenga favorable (Becerra, 2012).
- d) Exista espacio para la formación de los productos de la hidratación (Becerra, 2012).

En efecto, cuando la temperatura del concreto baja por debajo de cero grados centígrados y la humedad relativa es menor a 80% el proceso de hidratación del cemento se detiene (Becerra, 2012).

Por ello, para asegurar que el crecimiento de la resistencia del concreto aumente a edades tempranas, es necesario mantenerlo húmedo, es decir: curarlo. Los concretos que se encuentran en ambientes cerrados donde no hay acceso a la humedad, mantienen por lo general su resistencia después de ser curados. (Becerra, 2012)

2. Resistencia:

La resistencia a compresión ($f'c$) es la resistencia a 28 días a cara axial lograda en especímenes de concreto. Se pueden emplear otras edades como mecanismos de control de la ganancia de resistencia, siendo por ejemplo a 7 días la que representa aproximadamente el 70% de la resistencia a 28 días. (Becerra, 2012)

La resistencia a flexión o módulo de ruptura (M_r) es uno de los parámetros más significativos empleados para el diseño de pavimentos y losas industriales. (Becerra, 2012)

Las diversas metodologías de diseño de pavimentos rígidos se refieren al M_r como parámetro principal de diseño. (Becerra, 2012)

Este método de ensayo se usa para determinar la resistencia a la flexión de especímenes preparados y curados con las NTP 339.033 ó NTP 339.183. Los resultados se calculan y reportan como el módulo de rotura” (Becerra, 2012). “La resistencia que se determina variara si existen diferencias en el tamaño del espécimen, su preparación, condiciones de humedad, o si viga ha sido moldeada o cortada al tamaño requerido. (Becerra, 2012)

3. Fisuración o Agrietamiento:

Las principales causas de la fisuración en el concreto para pavimentos son (Becerra, 2012):

- a) Las tensiones por la aplicación de las cargas vehiculares, recordemos que existen zonas críticas: borde exterior en el centro de la losa, y borde exterior cercano a la junta (Becerra, 2012).
- b) Las tensiones resultantes de la contracción por secado del concreto, así como por los cambios volumétricos en las losas (Becerra, 2012).

Para controlar la fisuración de un pavimento se requiere por lo tanto un sistema eficiente de juntas y un diseño de mezcla que contenga el menor contenido de cemento para la resistencia especificada (Becerra, 2012).

2.3.3. Concreto Fast Track

Es un hormigón inicialmente desarrollado en EE.UU., debido a la necesidad de mantener habilitado el tránsito de las principales avenidas rutas y autopistas. Se han desarrollado técnicas de trabajo que permitan la reparación y/o decapado de un pavimento en un tiempo mínimo. (Sánchez, 2007)

Este hormigón requiere de altas resistencias iniciales de tal manera que minimice los tiempos de curado, aserrado, sellado y habilitación. Las condiciones climáticas son fundamentales para estudiar una dosificación que cumpla con estos requerimientos. (Garnica & Sánchez, 2009)

Esta técnica, llamada como el pavimento de Fast Track, parece haberse desarrollado de la necesidad de encargar un pavimento bastante

rápido, sin la espera del concreto convencional para establecerse y endurecerse en su ciclo normal de 28 días. (ICJ, 1992)

Concreto diseñado especialmente para permitir una fácil colocación y excelente desarrollo de resistencias mecánicas iniciales, permitiendo habilitar el pavimento después de 24 horas de su colocación. (CEMEX, 2014)

2.3.3.1. Características del Concreto Fast Track

Los asentamientos (en el cono de Abrams) que se emplean son los típicos para los equipos disponibles, y puede citarse un entorno entre 8 y 12 cm. (Garnica & Sánchez, 2009).

Típicamente, son hormigones de buena resistencia, con contenidos unitarios de cemento relativamente elevados (360 – 450 Kg. /m³). El tipo de cemento que se puede utilizar es el cemento de alta resistencia inicial, con relación agua/cemento baja, inferior a 0.42 (Garnica & Sánchez, 2009).

En el caso de requerirse habilitación temprana, es conveniente apelar a incrementos en la madurez y no provocar aumentos excesivos en el contenido de cemento para no inducir excesivas contracciones que pudieran afectar la adherencia (Garnica & Sánchez, 2009).

Tabla 6:

Características del Concreto Fast Track

	UNIDAD	CARACTERÍSTICAS	TOLERANCIA
Código		P-050-Y-W-28-18-1-3-530	
Norma		P	
Resistencias de especificación a la flexión (XXX)	kg/cm ²	50	
Tamaño máximo de la grava (y)*	pulgada (milímetro)	4= 1 1/2 (38,1) 5= 1 (25,4) 2= 3/4 (19)	

Edad de especificación inicial	horas	24	
Edad de especificación final	días	28	
inicial (24 horas) flexión	%	>= 70 % Módulo de rotura	
final (28 días) flexión	%	>= 100 % Módulo de rotura	
Asentamiento de diseño antes de adicionado el acelerante	cm	15 a 16,25	
Asentamiento de diseño después de adicionado el acelerante	cm	18,0	± 2.5
Variante		304	
Tiempo de manejabilidad luego de dosificado el acelerante	horas	Clima frío: 1.5 Clima cálido: 1.0	± 0.5
Tiempos de fraguado	horas	Inicial Clima frío= 5 Clima cálido= 3 Final Clima frío=7 Clima cálido= 5	± 1.5
Densidad	kg/m ³	2200 a 2550	
Contenido de aire	%	2	

Fuente: **CEMEX**

2.3.3.2. Curado del Concreto Fast Track

Luego de ejecutarse el acabado de la superficie, y con el fin de controlar las pérdidas de humedad y permitir que se produzcan las reacciones de hidratación, el aumento de la resistencia y el desarrollo de la adherencia, se debe realizar un proceso de curado del hormigón . (Osorio, 2011)

Normalmente se utiliza un buen producto que proteja la superficie del hormigón. Dicho producto debe ser aplicado cuidadosamente a fin de no dejar ningún sector descubierto. Para la colocación de hormigón Fast Track en ambientes con bajas temperaturas debe completarse el curado colocando cobertores aislantes que retengan el calor de la hidratación con el fin de acelerar el desarrollo de la resistencia. Los cortes de las juntas a las distancias establecidas en el proyecto deben hacerse tan pronto como la consistencia del hormigón permita llevarlos a cabo sin que produzcan desprendimientos en las aristas. (Osorio, 2011)

El curado del concreto Fast Track se hará con membranas de curado, mayormente son aditivos o ya sea con mantas térmicas. (Osorio, 2011)

2.3.3.3. Beneficios de Concreto Fast Track

- a) Cuenta con un estricto control de calidad de las materias primas (CEMEX, 2014).
- b) Es realizado bajo un proceso de producción monitoreado con la más moderna tecnología (CEMEX, 2014).
- c) La estructura de pavimento en concreto hidráulico tiene una vida útil promedio de 30 años, superando la vida útil de cualquier estructura de pavimento asfáltico (CEMEX, 2014).
- d) Reparaciones de vías y apertura al tráfico en menor tiempo (CEMEX, 2014).
- e) Durabilidad debida a la baja relación agua/cemento (CEMEX, 2014).

2.3.3.4. Usos y Aplicaciones

- a) Reparaciones o construcción de pavimentos que se pueden habilitar para su uso después de 24 horas (CEMEX, 2014).
- b) Construcción y reparación de avenidas importantes en zonas de alto tránsito Reparación de losas en instalaciones de servicios (líneas de gas, fibra óptica, agua, etc.) (CEMEX, 2014).
- c) Construcción y reparación de plataformas aéreas (CEMEX, 2014).

2.3.3.5. Sugerencias en la Construcción

La pavimentación utilizando hormigón Fast Track requiere planificar la secuencia de construcción, pues el margen de error admisible es mucho menor que el del hormigón convencional. Se acostumbra efectuar vaciados de prueba como entrenamiento de los trabajadores para que se familiaricen con las características de este producto. (Osorio, 2011)

Una de las condiciones más importantes para conseguir buenos resultados es contar con una empresa productora de hormigón que tenga la capacidad de suministrar en forma regular los volúmenes previstos para el avance de la obra. (Osorio, 2011)

Mantener un suministro de hormigón de entre 50 y 60 m³ /hora permite otorgar mejores condiciones a los trabajos complementarios como la compactación, la consolidación del hormigón y el corte de juntas de contracción. Los equipos y materiales para el aserrado y sellado de las juntas de los hormigones Fast Track son los convencionales que se utilizan en un pavimento de hormigón (Osorio, 2011)

En el aserrado de juntas de contracción no rigen los plazos generalmente aceptados en pavimentos tradicionales. El lapso requerido para efectuar la operación de aserrado depende del proceso de endurecimiento de la calidad de cemento y de las condicionales ambientales en el momento de la colocación. (Osorio, 2011)

El sellado de las juntas en el hormigón Fast Track se efectúa más rápidamente que en los pavimentos convencionales dado que la ganancia de resistencia inicial es mayor. Además, por la menor relación agua/material cementante se reduce la humedad de las paredes laterales de la junta, lo cual es requisito de algunos productos de sellado. (Osorio, 2011)

2.3.3.6. Precauciones

- a) Se debe asegurar la adecuada incorporación de aditivo acelerante en la mixer por parte del agente de servicio antes de ser utilizado. Para cumplimiento de la especificación, el aditivo acelerante debe ser incorporado máximo a los 15 minutos siguientes de la llegada de la mezcladora a la obra. (CEMEX, 2014)
- b) La apertura al tráfico a las 24 horas con la resistencia de diseño debe ser validada con el diseñador. (CEMEX, 2014)
- c) Medición de las resistencias iniciales con el Método de la Madurez del concreto. (CEMEX, 2014)
- d) El concreto que haya empezado el proceso de fraguado no debe vibrarse, mezclarse, ni utilizarse en caso de demoras en obra. (CEMEX, 2014)
- e) El curado de las muestras debe iniciarse antes de que transcurran 30 minutos después de retirados los moldes. Éstas deben permanecer completamente sumergidas y se deben ensayar. (CEMEX, 2014)
- f) El criterio de aceptación y rechazo del producto en la obra es el asentamiento, por lo tanto, se debe medir para cada viaje, dentro de los 15 minutos siguientes de la llegada de la mixer a la obra. El asentamiento debe medirse antes y después de ser aplicado el aditivo acelerante. (CEMEX, 2014)
- g) Se debe cumplir con las normas, prácticas y recomendaciones existentes para los procedimientos de colocación, vibrado, manejo, curado, protección y control del concreto en obra. (CEMEX, 2014)
- h) Cualquier adición de agua, cemento u otro aditivo en obra alterará su diseño. (CEMEX, 2014)

2.3.4. Aditivos

Son materiales orgánicos e inorgánicos que se añaden a la mezcla modificando en forma dirigida algunas características del proceso de hidratación, el tiempo de su endurecimiento y la estructura interna del concreto. (Becerra, 2012)

Existen numerosas clasificaciones de aditivos, sin embargo, una de las más usadas corresponde a la norma ASTM C 494. Esta norma cuya versión se remonta a 1962 establece hoy en día, los siguientes tipos de aditivos. (Sika, 2015):

- a) Tipo A – Reductores de agua (Plastificantes). (Sika, 2015)
- b) Tipo B – Retardantes. (Sika, 2015)
- c) Tipo C – Acelerantes. (Sika, 2015)
- d) Tipo D – Reductores de agua con Retardantes. (Sika, 2015)
- e) Tipo E – Reductores de agua con Acelerantes (Sika, 2015)
- f) Tipo F – Reductores de agua de alto rango o Superplastificantes. (Sika, 2015)
- g) Tipo G – Reductores de agua de alto poder y Retardantes. (Sika, 2015).

2.3.4.1. Plastificantes / Plastificantes Retardantes (Tipo A Y D)

Un plastificante hace que el concreto se vuelva más “líquido”, fluya más rápido. Lo logra recubriendo las partículas de cemento y provocando una repulsión entre estas. (Sika, 2015)

Una mayor fluidez del concreto permite entonces disminuir la cantidad de agua del mismo, modificando por tanto sus propiedades, aumentando su resistencia en estado endurecido. (Sika, 2015)

Si en vez de eliminar agua se elimina simultáneamente agua y cemento, conservando la misma calidad del concreto (misma proporción de agua y cemento), se puede mantener la resistencia y fluidez con un menor contenido de agua y cemento. El costo del plastificante es, en general, más bajo que el del agua y cemento que permite ahorrar, es allí donde se logra un concreto optimizado. (Sika, 2015)

Los plastificantes (reductores de agua) permiten la fabricación de concretos a un menor costo y con un mejor desempeño. (Sika, 2015)

2.3.4.2. Superplastificantes / Superplastificantes con Retardo (Tipo F Y G)

Los superplastificantes se emplean cuando la capacidad de los plastificantes ha llegado a su máximo, especialmente eficientes para concretos con alto asentamiento, Slump o trabajabilidad (6" a mayores); concretos de altas resistencias que implica alto contenido de material cementante. (Sika, 2015)

2.3.4.3. Retardantes (Tipo B)

Al igual que los plastificantes puros los aditivos exclusivamente Retardantes son más bien poco usados en la construcción. (Sika, 2015)

Sin embargo, en algunos casos si se requiere tiempos de transporte extremadamente largos, si la temperatura ambiente o del concreto son muy elevadas o si se trata de disminuir el calor de hidratación del concreto (como es el caso de concretos masivos), el uso de retardantes aislados o dosificados de manera individual permite una mayor versatilidad al momento de regular los tiempos de fraguado . (Sika, 2015)

El uso combinado de un plastificante o superplastificante y un retardante de fraguado permite cambiar el ritmo de hidratación. (Sika, 2015)

2.3.4.4. Acelerantes (Tipo C Y E)

Alteran la tasa de hidratación incrementando el número de hidratos que nacen a una edad determinada dando un efecto general de aceleramiento del proceso. De esta forma un acelerante es adicionado al concreto, mortero o pasta de cemento con los siguientes propósitos. (Sika, 2015):

Disminuir los tiempos de fraguado y/o incrementar las resistencias a edades tempranas. (Sika, 2015)

En el primer caso la acción de los acelerante se concentra en estado fresco mientras que en segundo caso en estado endurecido. (Sika, 2015)

2.3.5. Normatividad Empleada

2.3.5.1. Agregado Fino Y Grueso

- **Análisis granulométrico del agregado fino y grueso.**

El ensayo se realizó en base a la norma ASTM C 136, norma NTP 400.012 y la norma MTC E 204. Mediante este método se obtiene la granulometría de los agregados al ser tamizados por las mallas normalizadas. (INDECOPI, 2001)

El objetivo del ensayo es el de trazar la curva granulométrica, y a partir de ello determinar el Tamaño Máximo Nominal para el caso del agregado grueso y el Módulo de Fineza para el caso del agregado fino. (INDECOPI, 2001).

El Tamaño Máximo nominal (TM), se entiende como la abertura del menor tamiz de la serie usada que comienza a retener. Generalmente, es el tamiz que retiene el 15% o menos. (INDECOPI, 2001)

El módulo de finura (MF) se entiende como la suma de los porcentajes retenidos desde la malla #4 a la #100, dividido entre 100. (INDECOPI, 2001)

Ecuación 1: Módulo de finura

$$\text{Módulo de finura} = M.F. = \frac{\sum \% \text{ retenido acumulado}}{100}$$

- **Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso.**

El ensayo se realizó en base a la norma ASTM C 127, norma NTP 400.021 y la norma MTC E 206.

Esta norma describe el procedimiento que debe seguirse para la determinación de los pesos específicos aparente y nominal, así como la absorción, después de 24 horas de sumergidos en agua, de los agregados con tamaño igual o mayor a 4.75 mm (tamiz N°4) . (Castañeda & Moujir, 2014)

- **Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino.**

El ensayo se realizó en base a la norma ASTM C 128, norma NTP 400.022 y la norma MTC E 205.

Esta norma describe el procedimiento que debe seguirse para la determinación del peso específico aparente y real a 23/23°C (73.4/73.4 °F) así como la absorción después de 24 horas de sumergidos en agua, de los agregados con tamaño inferior a 4.75 mm (tamiz N° 4) . (Castañeda & Moujir, 2014)

- **Ensayo de contenido de humedad evaporable del agregado fino y grueso mediante secado.**

Este método de ensayo se realizó en base a la norma ASTM C 535 y norma NTP 339.185.

Cubre la determinación del porcentaje de humedad evaporable en una muestra de agregado por secado, ya sea la humedad superficial y la humedad en los poros del agregado. Algunos agregados pueden contener agua que esta químicamente combinada con los minerales del agregado. Dicha cantidad de agua no es evaporable y no está incluida en el porcentaje determinado por este método. (Castañeda & Moujir, 2014)

Las partículas del agregado grueso especialmente aquellas que son más grandes que 50 mm (2 pulg.) pueden requerir grandes periodos de tiempo para que la humedad que se encuentre dentro del agregado, salga a la superficie del mismo. (Castañeda & Moujir, 2014)

- **Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado (NORMA NTP 400.17)**

Este método de ensayo se realizó en base a la norma NTP 400.17.

Este método de ensayo cubre la determinación del peso unitario suelto o compactado y el cálculo de vacíos en el agregado fino, grueso o en una mezcla de ambos, basados en la misma determinación. Este método se

aplica a agregados de tamaño máximo nominal de 150 mm. (INDECOPI, 2008)

2.3.5.2. Concreto Fresco

- **Ensayo del contenido de aire atrapado (NTP 339.083 ó ASTM C 231).**

Esta prueba determina la cantidad de aire que puede contener el hormigón recién mezclado excluyendo cualquier cantidad de aire que puedan contener las partículas de los agregados. Por esta razón este ensayo es aplicable para concretos con agregados relativamente densos y que requieran la determinación del factor de corrección del agregado. (Valarezo, 2008)

- **Ensayo de la determinación de la temperatura (NTP 339.184 ó ASTM C 1064).**

Este método de prueba permite medir la temperatura de mezclas de hormigón recién mezclado, dosificado con cemento portland. (Valarezo, 2008)

Puede usarse para verificar que el hormigón satisfaga requerimientos específicos de temperatura. (Valarezo, 2008)

- **Ensayo del asentamiento del concreto fresco con el cono de Abrams (NTP 339.035 ó ASTM C 143).**

El método cubre la determinación del asentamiento del hormigón tanto en el laboratorio como en el campo. Consiste en colocar una muestra de hormigón recién mezclado (se compacta por varillado) dentro de un molde en forma de cono truncado. El molde se levanta, y se deja que el hormigón se desplome. Se mide la distancia vertical al centro desplazado y se registra el valor del asentamiento del hormigón. (Valarezo, 2008)

2.3.5.3. Concreto Endurecido

- **Hormigón (Concreto). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión de l concreto, en muestras cilíndricas. (NTP 339.034)**

El método consiste en aplicar una carga de compresión axial a los cilindros moldeados o extracciones diamantinas a una velocidad normalizada

en un rango prescrito mientras ocurre la falla” (INDECOPI, 2008). “La resistencia a la compresión de la probeta es calculada por división de la carga máxima alcanzada durante el ensayo, entre el área de la sección recta de la probeta. (INDECOPI, 2008)

- **Concreto. Método de ensayo para determinación la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo. (NTP 339.078)**

Este método de ensayo consiste en aplicar una carga en los tercios de la luz de la viga hasta que ocurra la falla. El módulo de rotura se calculará, según la ubicación de la falla: dentro del tercio medio o a una distancia de éste no mayor del 5 % de la luz libre. (INDECOPI, 2008)

2.4. DEFINICIÓN DE LA TERMINOLOGÍA

2.4.1. Diseño de Mezcla del Concreto

El diseño de mezcla es la dosificación ideal que debe haber entre los componentes del concreto para crear un concreto con la resistencia y durabilidad deseada (MTC, 2013).

2.4.2. Concreto Convencional

El concreto es un material compuesto por un aglomerante al que se añade agregado, agua y aditivos específicos que inicialmente denota una estructura plástica y moldeable y que posteriormente adquiere una consistencia rígida. (MTC, 2013)

2.4.3. Concreto Fast Track

El concreto Fast Track es un concreto diseñado para obtener altas resistencias iniciales que se aplica principalmente en pavimentos, que no impida el tránsito más de 24 horas. (CEMEX, 2014)

2.4.4. Cemento

El cemento es un conglomerante formado a partir de una mezcla de caliza y arcilla calcinadas y posteriormente molidas, que tiene la propiedad de endurecerse al contacto con el agua. (Cementos BIO BIO, 2015)

2.4.5. Agregados

Los agregados son la fase discontinua del concreto y son materiales que están embebidos en la pasta y que ocupan aproximadamente el 75% del volumen de la unidad cúbica de concreto. (MTC, 2013).

2.4.6. Aditivos

Los aditivos son componentes de naturaleza orgánica (resinas) o inorgánica, cuya inclusión tiene como objeto modificar las propiedades físicas de los materiales conglomerados en estado fresco. (Sika, 2015)

2.4.7. Relación Agua – Cemento

La relación agua / cemento constituye un parámetro importante de la composición del concreto. Tiene influencia sobre la resistencia, la durabilidad y la retracción del concreto. (Becerra, 2012)

2.4.8. Resistencia a la Flexión del Concreto

La resistencia a la flexión es una medida de la resistencia a la falla por momento de una viga o losa de concreto no reforzado. Se mide mediante la aplicación de cargas a vigas de concreto de 6 x 6 pulgadas (150 x 150 mm) de sección transversal y con luz de como mínimo tres veces el espesor. (Becerra, 2012)

2.4.9. Resistencia de la Compresión del Concreto

La resistencia a compresión se puede definir como la medida máxima de la resistencia a carga axial de especímenes de concreto. (Becerra, 2012)

2.4.10. Contracción Plástica

Las grietas (fisuras) por contracción (retracción) plástica se forman en la superficie del concreto fresco inmediatamente después de su vaciado (vertido, colado) y mientras permanece en estado plástico. Estas grietas aparecen fundamentalmente en las superficies horizontales. (IMCYC, 2011)

Las grietas por contracción plástica son causadas por una rápida pérdida de agua de la superficie del concreto antes de que éste haya fraguado. La condición crítica existe cuando la tasa o velocidad de evaporación de la humedad superficial excede la tasa en el cual el agua de exudación (sangrado) que sube puede reemplazarla. (IMCYC, 2011)

2.4.11. Aire incorporado

La cantidad de aire que puede contener el hormigón recién mezclado excluyendo cualquier cantidad de aire que puedan contener las partículas de los agregados. (Valarezo, 2008)

2.4.12. Temperatura

Medir la temperatura de mezclas de hormigón recién mezclado, dosificado con cemento portland. (Valarezo, 2008)

2.4.13. Peso Unitario

Según la Norma ASTM 138-63, que consiste en determinar el volumen del concreto producido, con el fin de verificar la correcta dosificación

y rendimiento de los materiales. Es una base para determinar el rendimiento de la mezcla, el contenido de cemento, así como el contenido de aire (Lao, 2007).

2.4.14. Asentamiento

El método de determinación empleado, es el ensayo del Cono de Abrams o Slump (ASTM C -143) que define la consistencia de la mezcla por el asentamiento, medido en pulgadas o centímetros, de una masa de concreto que previamente ha sido colocada y compactada en un molde metálico de dimensiones definidas y sección tronco cónica . (Lao, 2007)

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. Tipo de Investigación:

De acuerdo al fin, el presente proyecto se clasificó como una Investigación Cuantitativa, porque se realizó una recolección y análisis de datos con lo que se contestó a las preguntas de la investigación y se probó la hipótesis. También este proyecto es tecnológico, tal como lo define Carrasco (2009) ya que se orientó a descubrir que técnicas son más eficaces o apropiadas para operar, es decir producir cambios o conservar los progresos alcanzados. (Carrasco, 2009)

3.1.2. Diseño de la Investigación:

El diseño de la investigación que se utilizó es el Cuasi-Experimental, porque se realizaron ensayos de los materiales en el laboratorio para comprobar cuál de los dos concretos es el mejor para la construcción de pavimentos rígidos.

Tabla 7:

Diseño de investigación



Fuente: Elaboración Propia

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. Población

La población que se utilizó es la de mezclas de concreto.

3.2.2. Muestra

Las muestras son probetas y viguetas de acuerdo al tiempo de curado que son un total de 1050.

a) Concreto Convencional:

Concreto patrón con un $f'c$ de 280,300 Y 350 kg/cm²

El total de probetas son 45 y el total de viguetas son 60.

Tabla 8:

Número de probetas a realizar con el tiempo de fraguado del concreto convencional de un $f'c$ de 280,300 Y 350 kg/cm²

PORCENTAJE DE ADITIVOS (%)	TIEMPO DE FRAGUADO				
	1 día	3 días	7 días	14 días	28 días
0.00	3	3	3	3	3

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 9:

Número de viguetas a realizar con el tiempo de fraguado del concreto convencional de un $f'c$ de 280,300 Y 350 kg/cm²

PORCENTAJE DE ADITIVOS (%)	TIEMPO DE FRAGUADO				
	1 día	3 días	7 días	14 días	28 días
0.00	4	4	4	4	4

Fuente: Elaboración Propia

b) Concreto Fast Track:

El total de probetas son 405 y el total de viguetas son 540, con variación de dosificación.

Tabla 10:

Número de probetas a realizar con el tiempo de fraguado del concreto con 1% de aditivo superplastificante (SP) VISCOCRETE 3330 + 1%, 0.8% y 0.4% de aditivo acelerante (AC) SIKA RAPID 1 de un f^c de 280,300 Y 350 kg/cm^2

PORCENTAJE DE ADITIVOS (%)	TIEMPO DE FRAGUADO				
	1 día	3 días	7 días	14 días	28 días
1 SP + 1 AC	3	3	3	3	3
1 SP + 0.8 AC	3	3	3	3	3
1 SP + 0.4 AC	3	3	3	3	3

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 11:

Número de probetas a realizar con el tiempo de fraguado del concreto con 0.8% de aditivo superplastificante (SP) VISCOCRETE 3330 + 1%, 0.8% y 0.4% de aditivo acelerante (AC) SIKA RAPID 1 de un f^c de 280,300 Y 350 kg/cm^2

PORCENTAJE DE ADITIVOS (%)	TIEMPO DE FRAGUADO				
	1 día	3 días	7 días	14 días	28 días
0.8 SP + 1 AC	3	3	3	3	3
0.8 SP + 0.8 AC	3	3	3	3	3
0.8 SP + 0.4 AC	3	3	3	3	3

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 12:

Número de probetas a realizar con el tiempo de fraguado del concreto con 0.4% de aditivo superplastificante (SP) VISCOCRETE 3330 + 1%, 0.8% y 0.4% de aditivo acelerante (AC) SIKA RAPID 1 de un $f'c$ de 280,300 Y 350 kg/cm^2

PORCENTAJE DE ADITIVOS (%)	TIEMPO DE FRAGUADO				
	1 día	3 días	7 días	14 días	28 días
0.4 SP + 1 AC	3	3	3	3	3
0.4 SP + 0.8 AC	3	3	3	3	3
0.4 SP + 0.4 AC	3	3	3	3	3

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 13:

Número de viguetas a realizar con el tiempo de fraguado del concreto con 1% de aditivo superplastificante (SP) VISCOCRETE 3330 + 1%, 0.8% y 0.4% de aditivo acelerante (AC) SIKA RAPID 1 de un $f'c$ de 280,300 Y 350 kg/cm^2

PORCENTAJE DE ADITIVOS (%)	TIEMPO DE FRAGUADO				
	1 día	3 días	7 días	14 días	28 días
1 SP + 1 AC	4	4	4	4	4
1 SP + 0.8 AC	4	4	4	4	4
1 SP + 0.4 AC	4	4	4	4	4

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 14:

Número de viguetas a realizar con el tiempo de fraguado del concreto con 0.8% de aditivo superplastificante (SP) VISCOCRETE 3330 + 1%, 0.8% y 0.4% de aditivo acelerante (AC) SIKA RAPID 1 de un $f'c$ de 280,300 Y 350 kg/cm^2

PORCENTAJE DE ADITIVOS (%)	TIEMPO DE FRAGUADO				
	1 día	3 días	7 días	14 días	28 días
0.8 SP + 1 AC	4	4	4	4	4
0.8 SP + 0.8 AC	4	4	4	4	4
0.8 SP + 0.4 AC	4	4	4	4	4

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 15:

Número de viguetas a realizar con el tiempo de fraguado del concreto con 0.4% de aditivo superplastificante (SP) VISCOCRETE 3330 + 1%, 0.8% y 0.4% de aditivo acelerante (AC) SIKA RAPID 1 de un $f'c$ de 280,300 Y 350 kg/cm^2

PORCENTAJE DE ADITIVOS (%)	TIEMPO DE FRAGUADO				
	1 día	3 días	7 días	14 días	28 días
0.4 SP + 1 AC	4	4	4	4	4
0.4 SP + 0.8 AC	4	4	4	4	4
0.4 SP + 0.4 AC	4	4	4	4	4

Fuente: Elaboración Propia

Las muestras para nuestro curado fueron 6 losas de 0.50m x 0.50m x 0.075 m de concreto Fast Track, de la cual 3 losas serán curadas y 3 losas no serán curadas para así poder comprobar su contracción plástica.

3.3. HIPÓTESIS

Las propiedades mecánicas del concreto Fast Track son mejores que las del concreto convencional.

3.4. VARIABLES

3.4.1. Variables Dependientes

Concreto Fast Track.

a) Concreto Fast Track:

“El concreto Fast Track es un concreto diseñado para obtener altas resistencias iniciales que se aplica principalmente en pavimentos, que no impida el tránsito más de 24 horas” (CEMEX, 2014).

3.4.2. Variables Independientes

Adición de Aditivos Superplastificantes y Aditivos Acelerante

a) Aditivos Superplastificantes VISCOCRETE 3330:

Los superplastificantes se emplean cuando la capacidad de los plastificantes ha llegado a su máximo, especialmente eficientes para concretos con alto asentamiento, Slump o trabajabilidad (6" a mayores); concretos de altas resistencias que implica alto contenido de material cementante. (Sika, 2015)

b) Aditivos Acelerante SIKA RAPID 1:

Alteran la tasa de hidratación incrementando el número de hidratos que nacen a una edad determinada dando un efecto general de aceleramiento del proceso. De esta forma un acelerante es adicionado al concreto, mortero o pasta de cemento con los siguientes propósitos. (Sika, 2015):

Disminuir los tiempos de fraguado y/o incrementar las resistencias a edades tempranas (Sika, 2015).

3.5. OPERACIONALIZACIÓN

Tabla 16:

Operacionalización de variables

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	TÉCNICA DE RECOLECCION DE INFORMACION	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN	INSTRUMENTO DE RECOLECCION DE INFORMACION
DEPENDIENTE					
Concreto Fast Track	Estructura	Cemento	Observación		Guía de Observación y Guía de Documentos
		Agregado Grueso	Observación	Ensayos Varios	Guía de Observación y Guía de Documentos
		Agregado Fino	Observación	Ensayos Varios	Guía de Observación y Guía de Documentos
	Propiedades	Aire Incorporado	Observación	Olla Washington	Guía de Observación y Guía de Documentos
		Temperatura	Observación	Termómetro	Guía de Observación y Guía de Documentos
		Asentamiento	Observación	Cono de Abrams	Guía de Observación y Guía de Documentos
		Resistencia a la Compresión	Observación	Máquina de Compresión Axial	Guía de Observación y Guía de Documentos

		Resistencia a la Flexión	Observación	Máquina de Compresión Axial	Guía de Observación y Guía de Documentos
		Relación agua/cemento	Observación	Ensayos varios	Guía de Observación y Guía de Documentos
		Costos de Fabricación	Observación	Excel	Guía de Observación y Guía de Documentos
		Curado	Observación	Aditivos	Guía de Observación y Guía de Documentos
		Contracción Plástica	Observación	Fisurómetro	Guía de Observación y Guía de Documentos
INDEPENDIENTE					
Aditivos	Superplastificantes VISCOCRETE 3330	Reductores de Agua	Observación	Ensayos Varios	Guía de Observación y Guía de Documentos
	Acelerante SIKA RAPID 1	Aceleradores de Resistencia	Observación	Ensayos Varios	Guía de Observación y Guía de Documentos

Fuente: Elaboración Propia

3.5.1. Métodos, Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos

3.5.1.1. Métodos de Investigación

Deductivo: Se refiere cuando se infiere algo observado a partir de una ley general, en nuestro proyecto se obtendrán conclusiones de las premisas generales que rigen el diseño de mezclas de concreto. Según Hernández, Fernández y Baptista indica que debido a que analizan las relaciones entre una o más variables independientes y una o más dependientes, así como los efectos causales de las primeras sobre las segundas, son estudios explicativos (que obviamente determinan correlaciones). (Hernández, Fernández, & Baptista, 2006)

Se trata de diseños que se fundamentan en el enfoque cuantitativo y en el paradigma deductivo. Se basan en hipótesis preestablecidas, miden variables y su aplicación debe sujetarse al diseño preconcebido; al desarrollarse, el investigador está centrado en la validez, el rigor y el control de la situación de investigación. (Hernández et al., 2006)

Analítico: En la investigación se empleó este método ya que iniciamos con la identificación de cada uno de las componentes que caracterizan a la mezcla de concreto y de esta forma estableceremos una relación causa – efecto entre los elementos que serán objeto de investigación (aditivo acelerante y superplastificantes – concreto).

Sintético: También se usó el método de síntesis ya que en la investigación se procederá de lo simple a lo complejo, de la causa a los efectos, de la parte al todo, de los principios a las consecuencias.

3.5.1.2. Técnicas de Recolección de Información

Observación: Esta técnica se usó para obtener los datos cuantitativos, características, comportamiento y diversos factores que presentó el objeto de estudio de nuestra investigación.

3.5.1.3. Descripción de los Instrumentos Utilizados

Guía de Observación: Se utilizó como guía de observación, los formatos requeridos para completar los datos según cada ensayo que se realizará en el laboratorio, se observaran los fenómenos y se procedió a hacer las anotaciones correspondientes.

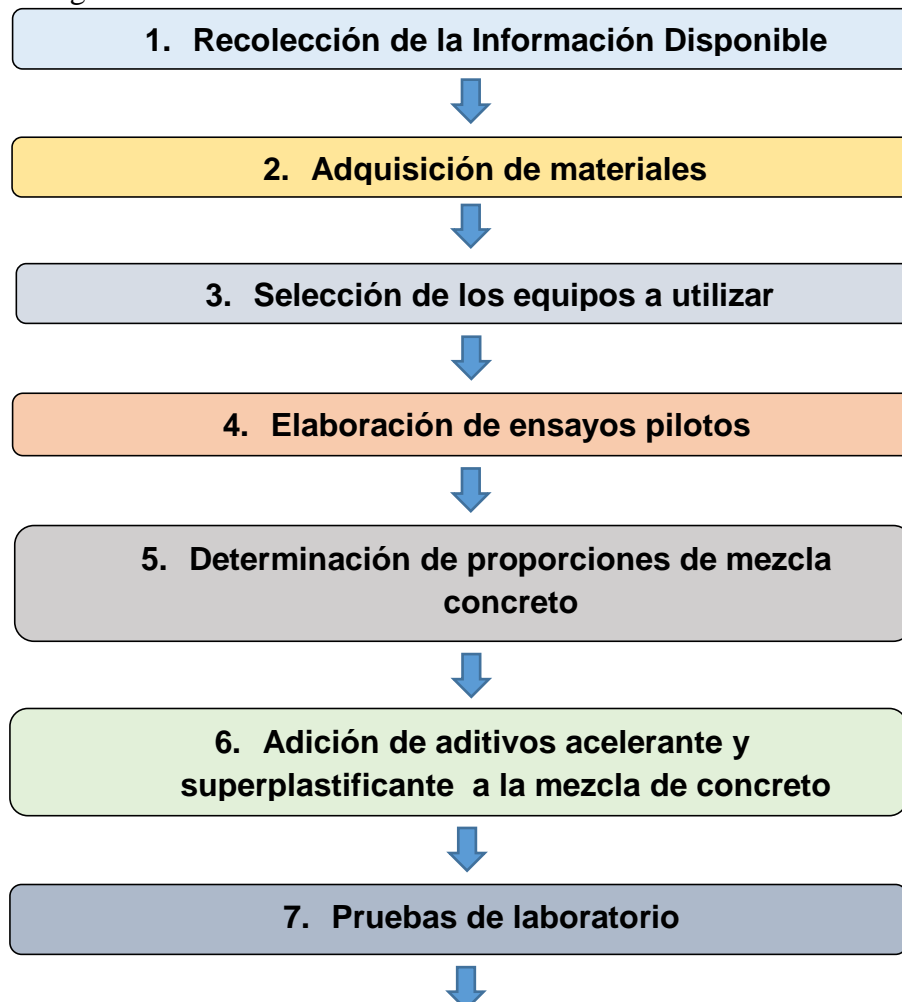
Guía de Documentos: Se utilizó como guía de documentos, la normatividad del MTC la cual establece en sus artículos los métodos adecuados para el desarrollo de los ensayos de laboratorio.

3.5.2. Procedimiento para la Recolección de Datos

3.5.2.1. Diagrama de Flujo de Procesos

Tabla 17:

Diagrama de Procesos



8. Análisis y sistematización de resultados

Fuente: Elaboración Propia

3.5.2.2. Descripción de los Procesos

1. Recolección de Información disponible.

Se recolectó la información de una serie de ensayos de laboratorio tanto para los agregados empleados, como para la mezcla de concreto propiamente dicha, que garanticen el cumplimiento de los parámetros establecidos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

La información de los ensayos se obtuvo utilizando la siguiente norma: EG-2013, MTC.

2. Adquisición de Materiales

Los materiales necesarios para el desarrollo del presente trabajo, se obtuvieron de la siguiente manera:

El cemento que se utilizó es el Pacasmayo Tipo MS ANTISALITRE que se obtendrá de la ferretería “Ferronorte”.

Los Agregados grueso y fino también se obtuvieron de la cantera “La Victoria”.

Y por último los aditivos acelerante y aditivo superplastificante de SIKA se obtuvo en lima en la misma distribuidora de la empresa y el aditivo para el curado se obtuvo en “MAVECO”.

3. Selección de los equipos a utilizar

Los equipos que se emplearan dependerán de los ensayos, según serán los requerimientos que se dispondrán del equipo para que cumpla con las características solicitadas, los cuales brindaran los resultados indicados por la norma.

4. Elaboración de Ensayo Piloto

Los ensayos pilotos fueron una serie de ensayos los cuales se describen a continuación:

A. Análisis Granulométrico por Tamizado

a) Objetivo

La clasificación de las partículas mayores que 75um (retenido en el tamiz N°200) se efectuará por tamizado

b) Principio Teórico

Determinar cuantitativamente de la distribución de tamaños de partículas de suelo, mediante los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta el de 74 mm (N° 200)

c) Equipo

- Tamices de malla cuadrada, del 75 mm (3") hasta el 0,075 mm (N°200).
- Dos balanzas.
- Estufa, capaz de mantener temperaturas uniformes.
- Envases, adecuados para el manejo y secado de las muestras.

d) Procedimiento

Muestra: Se preparará una muestra para el ensayo la cual estará constituida por dos fracciones: una retenida sobre el tamiz de 4,760 mm (N° 4) y otra que pasa dicho tamiz. Ambas fracciones se ensayarán por separado

LA FRACCIÓN RETENIDA EN EL TAMIZ DE 4,760 mm (N° 4). se determinará utilizando una serie de tamices tales como 75 mm (3"), 50 mm (2"), 38,1 mm (1½"), 25,4 mm (1"), 19,0 mm (¾"), 9,5 mm (3 /8"), 4.7 mm (N° 4)

El tamizado consiste en mover el tamiz de un lado a otro y recorriendo circunferencias de forma que la muestra se mantenga en movimiento sobre la malla

LA FRACCIÓN FINA se hará por tamizado y/o según las características de la muestra y según la información requerida. La fracción de tamaño mayor que el tamiz de 0,074 mm (N° 200) se analizará por tamizado en seco lavando la muestra previamente sobre el tamiz de 0,074 mm (N° 200)

e) Resultados

Los resultados se presentarán en forma tabulada, o en forma gráfica, debe obtenerse estos valores según norma: 25.0 a 19.0 mm (1" a 3/4"); 19.0 a 9.5 mm (3/4" a 3/8 "); 9.5 a 4.75 mm (3/8" a No. 4); 4.75 a 2.36 mm (No. 4 a No. 8); Y pasa 2.36 mm (No. 8)

f) Normatividad del ensayo

Este ensayo está basado en las normas, N.T.P. 400.012 y ASTM C136

B. Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso

a) Objetivo

La determinación de los pesos específicos aparente y nominal, así como la absorción.

b) Principio Teórico

Peso específico aparente y nominal. En estos materiales, se define el peso específico aparente como la relación entre el peso al aire del sólido y el peso de agua correspondiente a su volumen aparente, y peso específico nominal a la relación entre el peso al aire del sólido y el peso de agua correspondiente a su volumen nominal . (Castañeda & Moujir, 2014)

c) Equipo

- Balanzas, con capacidad igual o superior a 5000 g (Castañeda & Moujir, 2014).

- Canastillas metálicas (Castañeda & Moujir, 2014).
- Dispositivo de suspensión, Se utilizará cualquier dispositivo que permita suspender las canastillas de la balanza, una vez sumergida. (Castañeda & Moujir, 2014)

d) Procedimiento

El procedimiento para la muestra, Se comienza por mezclar completamente los agregados, cuarteándolos, hasta obtener aproximadamente la cantidad mínima necesaria para el ensayo, después de eliminar el material inferior a 4.75 mm. (Armijo, 2010).

Procedimiento: La muestra se lava inicialmente con agua hasta eliminar completamente el polvo u otras sustancias extrañas adheridas a la superficie de las partículas se secan en una estufa. Una vez fría se pesa, repitiendo el secado hasta lograr peso constante. Después del período de inmersión, se saca la muestra del agua y se secan las partículas rodándolas sobre un pifio absorbente de gran tamaño, hasta que se elimine el agua superficial visible, se determina el peso de la muestra en el estado de saturada con superficie seca. Luego, se coloca la muestra en el interior de la canastilla metálica y se determina su peso sumergida en el agua, a la temperatura entre 21° y 25 °C y un peso unitario de $0.997 \pm 0.002 \text{ g/cm}^3$. Se seca entonces la muestra en horno a 100° - 110 °C, se enfría al aire a la temperatura ambiente durante 1 a 3 horas y se determina su peso seco hasta peso constante. (Armijo, 2010)

e) Resultados

Se calculan los pesos específicos aparente, saturado con superficie seca y nominal así como la absorción, por medio de las expresiones mostradas más adelante en el ítem de Formula (Armijo, 2010). Debe presentar una Absorción máxima 1%.

f) Normatividad del ensayo

Este ensayo está basado en las normas, N.T.P. 400.021 y ASTM C-127.

C. Peso Específico y Absorción del Agregado Fino

a) Objetivo

La determinación del peso específico aparente y real así como la absorción después de 24 horas de sumergidos en agua, de los agregados con tamaño inferior a 4.75 mm (tamiz No. 4) (Maila, 2013).

b) Principio Teórico

Peso específico aparente y nominal. En estos materiales, se define el peso específico aparente como la relación entre el peso al aire del sólido y el peso de agua correspondiente a su volumen aparente, y peso específico nominal a la relación entre el peso al aire del sólido y el peso de agua correspondiente a su volumen nominal . (Castañeda & Moujir, 2014)

c) Equipo

- Balanzas, con capacidad igual o superior a 5000 g (Castañeda & Moujir, 2014).
- Matraz aforado o picnómetro (Castañeda & Moujir, 2014).
- Molde cónico (Castañeda & Moujir, 2014).
- Varilla para apisonado, metálica, recta (Castañeda & Moujir, 2014).

d) Procedimiento

El procedimiento para la muestra, Se comienza homogeneizar completamente la muestra y eliminar el material de tamaño superior a 4.75 mm (tamiz No. 4), se selecciona, por cuarteo, una cantidad aproximada de 1 Kg (Armijo, 2010).

Procedimiento:

La muestra se seca al horno a una temperatura de 100 -110°C, se enfría luego al aire a la temperatura ambiente durante 1 a 3 horas, vez fría se pesa, repitiendo el secado hasta lograr peso constante y luego se cubre la muestra completamente con agua durante 24 horas . (Castañeda & Moujir, 2014)

Después del período de inmersión, se decanta cuidadosamente el agua para evitar la pérdida de finos y se extiende la muestra sobre una bandeja, comenzando la operación de desecar la superficie de las partículas, dirigiendo sobre ella una corriente moderada de aire caliente, mientras se agita continuamente para que la desecación sea uniforme, y continuando el secado hasta que las partículas puedan fluir libremente. Cuando se empiece a observar visualmente que se está aproximando el agregado a esta condición, se sujeta firmemente el molde cónico con su diámetro mayor apoyado sobre una superficie plana no absorbente, echando en su interior a través de un embudo y sin apelmazar, una cantidad de muestra suficiente, que se apisona ligeramente con 25 golpes de la varilla, levantando a continuación, con cuidado, verticalmente el molde . (Maila, 2013)

Inmediatamente, se introducen en el picnómetro previamente tarado, 500.0 g del agregado fino (Castañeda & Moujir, 2014).

Se saca el agregado fino del matraz y se deseca en el horno a 100 - 110 °C, hasta peso constante; se enfría al aire a temperatura ambiente durante 1 a 1-½ horas y se determina finalmente su peso seco (Armijo, 2010).

e) Resultados

Se calculan los pesos específicos aparente, saturado con superficie seca y nominal así como la absorción, por medio de las expresiones mostradas más adelante en el ítem de Fórmula (Armijo, 2010). Debe presentar una absorción máxima de 0.5%.

f) Normatividad del ensayo

Este ensayo está basado en las normas, N.T.P. 400.022 y ASTM C-128.

D. Peso Unitario Suelto y Compactado

a) Objetivo

Determinar el peso unitario suelto o compactado y el porcentaje de los vacíos de los agregados, ya sean finos, gruesos o una mezcla de ambos. (Castañeda & Moujir, 2014)

b) Principio Teórico

Se denomina PUS cuando para determinarla se coloca el material seco suavemente en el recipiente hasta el punto de derrame y a continuación se nivela a ras una carilla. (Castañeda & Moujir, 2014)

El concepto PUS es importante cuando se trata de manejo, transporte y almacenamiento de los agregados debido a que estos se hacen en estado suelto. (Castañeda & Moujir, 2014)

c) Equipo

- Balanzas.
- Varilla compactadora.
- Recipientes de medida, metálicos, cilíndricos.
- Varilla para apisonado, metálica, recta.

d) Procedimiento

El procedimiento para la muestra, El agregado debe colocarse en el recipiente, en tres capas de igual volumen aproximadamente, hasta colmarlo. Cada una de las capas se empareja con la mano y se apisona con 25 golpes de varilla, distribuidos uniformemente en cada capa, utilizando el extremo semiesférico de la varilla. (Castañeda & Moujir, 2014)

Al apisonar la primera capa, debe evitarse que la varilla golpee el fondo del recipiente. Al apisonar las capas superiores, se aplica la fuerza necesaria para que la varilla solamente atravesase la respectiva capa. Una vez colmado el recipiente, se enrasa la superficie con la varilla, usándola como

regla, y se determina el peso del recipiente lleno, en kg (lb). (Castañeda & Moujir, 2014)

e) Resultados

Peso unitario de los agregados, o sea el cociente entre el peso de las muestras dentro del recipiente y el volumen de éste en kg (lb). (Castañeda & Moujir, 2014)

% Vacíos en los agregados compactados por apisonado. (Castañeda & Moujir, 2014).

% Vacíos en los agregados compactados por vibrado. (Castañeda & Moujir, 2014).

Vacíos en los agregados sueltos, llenados a paladas (Castañeda & Moujir, 2014).

f) Normatividad del ensayo

Este ensayo está basado en las normas, N.T.P. 400.017.

E. Contenido de humedad evaporable del agregado fino y grueso mediante secado

a) Alcance

Este método de ensayo cubre la determinación del porcentaje de humedad evaporable en una muestra de agregado por secado, ya sea la humedad superficial y la humedad en los poros del agregado. Algunos agregados pueden contener agua que esta químicamente combinada con los minerales del agregado. (Chaluiza, 212)

Dicha cantidad de agua no es evaporable y no está incluida en el porcentaje determinado por este método. Las partículas del agregado grueso especialmente aquellas que son más grandes que 50 mm (2 pulg.) pueden

requerir grandes periodos de tiempo para que la humedad que se encuentre dentro del agregado, salga a la superficie del mismo (Chaluiza, 212).

b) Equipo

- **Balanza.** - Con una precisión, legibilidad y sensibilidad dentro del 0.1% de la carga de ensayo en cualquier punto dentro del rango de uso. Dentro de cualquier intervalo igual al 10% de la capacidad de la balanza o escala usada para determinar la masa, la indicación de carga deberá aproximadamente estar dentro del 0.1% de la diferencia de masas. (Valarezo, 2008)
- **Recipiente para muestra.** - Que no sea afectado por el calor, y de suficiente volumen para contener la muestra y de tal forma que la profundidad de la muestra no exceda 1/5 de la dimensión lateral más pequeña. (Valarezo, 2008)
- **Fuente de calor.** - Un horno ventilado capaz de mantener la temperatura circundante a la muestra en $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ($230 \pm 9^{\circ}\text{F}$). Donde una regulación estrecha no sea requerida, otras fuentes convenientes de calor pueden usarse, tal como una placa eléctrica o a gas, lámparas de calor eléctricas o un horno de microondas ventilado. (Valarezo, 2008)
- **Agitador.** - Una cuchara metálica o espátula de tamaño conveniente. (Valarezo, 2008)

c) Procedimiento

- Determinar la masa de la muestra con aproximación al 0.1% (Valarezo, 2008).
- Secar completamente la muestra en el recipiente mediante la fuente de calor seleccionada, preocupándose de cuidar cualquier pérdida de partículas. Una calefacción muy rápida puede causar que algunas partículas exploten, resultando en una pérdida de las mismas. Usar un horno de temperatura controlada si el calor excesivo altera el carácter del agregado, o cuando medidas más precisas son requeridas, si se utiliza otra fuente de calor, revuelva la muestra durante el secado para acelerar el proceso y evitar

sobrecalentamientos localizados. Cuando se use un horno microondas, el revolver la muestra es opcional. (Valarezo, 2008)

- Precaución: Cuando se use un horno microondas ocasionalmente están presentes minerales en los agregados que pueden causar que el material se sobrecaliente y explote, si esto ocurre puede dañarse el horno de microondas. (Valarezo, 2008)
- Cuando se usa una placa caliente, el secado puede ser facilitado por el siguiente procedimiento. Añada suficiente alcohol desnaturalizado para cubrir la muestra húmeda. Remover y dejar suspendido el material hasta asentarse. Encienda el alcohol sobrante y déjelo consumirse durante el secado sobre la placa caliente. (Valarezo, 2008)
- La muestra está totalmente seca cuando el calor adicional causa, o podría causar, una pérdida adicional menor del 0.1% en masa. (Valarezo, 2008)
- Determinar la masa de la muestra seca con aproximación del 0.1% luego de haberse enfriado lo suficiente para no dañar la balanza. (Valarezo, 2008)

d) Normatividad del ensayo

Este ensayo está basado en las normas, N.T.P. 339.185 y ASTM C 535.

5. Determinación de proporciones de mezcla concreto

El concreto que se utilizó fue de 280, 300 y 350 kg/cm² el cual se hizo sus diseños de mezcla respectivamente para encontrar sus proporciones.

6. Adición de aditivos acelerante y superplastificante a la mezcla de concreto

Los aditivos se adicionarán en porcentajes de 1.00, 0.80 y 0.40 % del peso del cemento.

7. Pruebas de laboratorio

Los ensayos del concreto convencional y Fast Track en su estado fresco y endurecido serán los siguientes:

- **Ensayo del contenido de aire atrapado**

a) Alcance

Esta prueba determina la cantidad de aire que puede contener el hormigón recién mezclado excluyendo cualquier cantidad de aire que puedan contener las partículas de los agregados. Por esta razón este ensayo es aplicable para concretos con agregados relativamente densos y que requieran la determinación del factor de corrección del agregado (Cedeño, 2011).

b) Equipo

Medidor de aire. - Existen aparatos satisfactorios de dos diseños básicos de operación que trabajan con el principio de la ley de Boyle. Se hará referencia de medidores de tipo A y B (Cedeño, 2011).

Medidor tipo A.- La principal operación de este medidor de aire consiste en introducir agua hasta una determinada altura por encima de la muestra de concreto de volumen conocido y la aplicación de una determinada presión de aire sobre el agua. La determinación consiste en la reducción en el volumen del aire en la muestra de concreto por la observación del nivel de agua más bajo que la presión aplicada. (Cedeño, 2011)

Medidor tipo B.- La operación principal de este medidor consiste en igualar el volumen de aire y la presión conocida en una cámara con el volumen desconocido de aire de la muestra de concreto. Un medidor de aire que consiste en un recipiente de forma cilíndrica y una sección superior que lo cubre. El recipiente debe ser de metal u otro material no reactivo al cemento, debe tener un diámetro de 0.75 a 1.25 veces la altura y una capacidad por lo menos de 0.20 ft³ (5.7L). La forma en que trabaja este medidor consiste en igualar un volumen conocido de aire a una presión conocida en una cámara de aire hermética con el volumen de aire desconocido de la muestra de

hormigón. La aguja en el medidor de presión se calibra en términos de porcentajes de aire de presión en la cual se igualan ambas presiones. Se han usado satisfactoriamente presiones operacionales de 7.5 a 30.0 psi (51 a 207 kPa). (Cedeño, 2011)

Varilla. - Debe ser redonda, de acero de 5/8” (16 mm) de diámetro y no menor a 16” (400 mm) de longitud, teniendo el extremo redondeado o semiesférico con diámetro de 5/8 (16mm). (Cedeño, 2011)

Placa para remover exceso de hormigón. - Rectangular y plana de metal o al menos 1/4” (6 mm) de espesor, de vidrio o acrílico de al menos 1/2” (12 mm) de espesor con una longitud y ancho de al menos 2” (50 mm). (Cedeño, 2011)

Mazo. - Con cabeza de goma, de peso aproximadamente 1.25 ± 0.50 lb (600 ± 200 g.) para usarse con recipientes de 0.5 ft³ (14 L) o menores. Para recipientes más grandes que 0,5 ft³ un mazo que pese aproximadamente 2.25 ± 0.50 lb (1000 ± 200 g). (Cedeño, 2011)

c) Procedimiento

- A. Seleccionar una muestra representativa (Mosquera, 2015).
- B. Humedecer el interior del tazón y colocarlo en una superficie plana nivelada y firme (Mosquera, 2015).
- C. Llenar el recipiente con tres capas de igual volumen, sobrellenando ligeramente la última capa (Mosquera, 2015).
- D. Compactar cada capa con 25 penetraciones de la punta semiesférica de la varilla, distribuyendo uniformemente las penetraciones en toda la sección (Mosquera, 2015).
- E. Compactar la capa inferior en todo su espesor, sin impactar en el fondo del recipiente con la varilla (Mosquera, 2015).
- F. Compactar la segunda y tercera capa penetrando 1 pulgada (25 mm) de la capa anterior (Mosquera, 2015).
- G. Golpear firmemente los lados del tazón de 10 a 15 veces con el mazo, después de compactar cada capa. Para evitar que las burbujas de aire queden atrapadas en el interior de la muestra (Mosquera, 2015).

- H. Enrasar el hormigón utilizando la regla enrasadora apoyada sobre el borde superior del molde; y luego limpie el exceso de muestra del borde del recipiente (Mosquera, 2015).
- I. Limpiar y humedecer el interior de la cubierta antes de acoplarla con las mordazas a la base; las mordazas se sujetan dos a la vez y en cruz (Mosquera, 2015).
- J. Abrir ambas llaves de purga (Mosquera, 2015).
- K. Cerrar la válvula principal de aire entre la cámara y el tazón y abrir ambas llaves de purga a través de la cubierta (Mosquera, 2015).
- L. Inyectar agua a través de una de las llaves de purga hasta que se salga por la otra (Mosquera, 2015).
- M. Continuar inyectando agua por la llave de purga, mientras mueve y golpea el medidor para asegurar que todo el aire es expulsado (Mosquera, 2015).
- N. Cerrar la válvula de escape de aire y bombear aire dentro de la cámara hasta que el manómetro este en la línea de presión inicial (Mosquera, 2015).
- O. Esperar unos segundos para que el aire comprimido llegue a una temperatura normal y se estabilice la lectura de presión (Mosquera, 2015).
- P. Ajustar el manómetro en la línea de presión inicial por bombeo o deje escapar aire si es necesario dando ligeros golpes con la mano (Mosquera, 2015).
- Q. Cerrar ambas llaves de purga (Mosquera, 2015).
- R. Abrir la válvula principal entre la cámara de aire y el tazón (Mosquera, 2015).
- S. Dar pequeños golpes en los lados del tazón con el mazo (Mosquera, 2015).
- T. Leer el porcentaje de aire, golpeando con la mano ligeramente el manómetro para estabilizar la lectura (Mosquera, 2015).
- U. Cerrar la válvula de aire principal y abrir las llaves de purga para descargar la presión, antes de remover la cubierta (Mosquera, 2015).
- V. Calcular correctamente el contenido de aire (Mosquera, 2015).

d) Normatividad del ensayo

Este ensayo está basado en las normas, N.T.P. 339.083 y ASTM C 231.

- Ensayo de la determinación de la temperatura

a) Alcance

Este método de prueba permite medir la temperatura de mezclas de hormigón recién mezclado, dosificado con cemento portland. (Velasteguí & Frías, 2012)

Puede usarse para verificar que el hormigón satisfaga requerimientos específicos de temperatura. (Velasteguí & Frías, 2012)

b) Equipo

Recipiente. - Debe estar elaborado de un material no absorbente y debe tener dimensiones tales que permitan un recubrimiento de al menos 3 pulgadas (75 mm) de hormigón en todas las direcciones alrededor del sensor medidor de temperatura. La cantidad de hormigón que debe cubrir, tiene que ser mínimo tres veces el tamaño máximo del agregado grueso. (Velasteguí & Frías, 2012)

Medidor de temperatura. - Debe de ser calibrado para medir la temperatura del hormigón recién mezclado con una variación de $\pm 1^{\circ}\text{F}$ ($\pm 0.5^{\circ}\text{C}$), dentro de un rango entre 30°F a 120°F (0°C a 50°C). El dispositivo que mide la temperatura (sensor) requerirá la inmersión de 3 pulgadas (75 mm) o más en el hormigón, durante la operación. (Velasteguí & Frías, 2012)

Calibración del medidor de temperatura. - El aparato medidor de temperatura debe calibrarse anualmente o cuando se tenga duda de su grado de exactitud. (Velasteguí & Frías, 2012)

c) Procedimiento

A. Obtener una muestra de hormigón dentro de un contenedor no absorbente, de tamaño suficiente para proveer un mínimo de 3 pulg.

(75 mm) de hormigón alrededor del sensor de temperatura en todas las direcciones (Velasquí & Frías, 2012).

- B. Utilizar un termómetro con una exactitud de $\pm 1^\circ F$ (± 0.5 °C), e intervalo de temperatura de 30°F a 120 °F (0 o a 50 °C) (Velasquí & Frías, 2012).
- C. Colocar el termómetro dentro de la muestra cubriendo el sensor con un mínimo de 3 pulg. (75 mm) en todas las direcciones. Cierre desde la izquierda presionando con delicadeza el concreto alrededor del medidor de temperatura en la superficie del concreto para así prevenir que la temperatura ambiente afecte la lectura en el instrumento (Velasquí & Frías, 2012).
- D. Tomar la lectura de temperatura después de un tiempo mínimo de 2 minutos o hasta que la lectura se estabilice, luego lea y registre. (Velasquí & Frías, 2012).
- E. Completar la medición de la temperatura dentro de 5 minutos siguientes a la obtención de la muestra compuesta. Excepto para concretos que contiene un tamaño máximo nominal de agregado mayor a 3 pulgadas (75 mm). (Velasquí & Frías, 2012).
- F. Registrar la temperatura con una precisión de 1°F. (Velasquí & Frías, 2012).

d) Normatividad del ensayo

Este ensayo está basado en las normas, N.T.P. 339.184 y ASTM C 1064.

- Ensayo del peso unitario

a) Alcance

Este método de prueba cubre la determinación de la densidad del hormigón fresco y señala las fórmulas para calcular el rendimiento, contenido de cemento, y contenido de aire del hormigón fresco. (Mejía & Pachacama, 2014)

“Rendimiento es definido como el volumen del concreto producido por una mezcla de materiales de características conocidas” (Mejía & Pachacama, 2014).

b) Equipo

Balanza. - Con una exactitud de 0.1 lb. (45g) o dentro del 0.3% de la carga de prueba. (Mejía & Pachacama, 2014)

Varilla. - Tiene que ser recta, de acero, 5/8 pulgada (16 mm) de diámetro y aproximadamente 24 pulgadas (600 mm) de longitud, el final de la barra termina en una punta redondeada hemisférica cuyo diámetro es de 5/8 pulgada. (Mejía & Pachacama, 2014)

Vibrador interior. - Los vibradores interiores pueden ser rígidos o flexibles, preferentemente impulsado por motores eléctricos. La frecuencia de vibración debe ser de 7000 vibraciones por minuto o más mientras se lo usa. El diámetro externo o la dimensión lateral del elemento vibrante será por lo menos 0.75 pulgadas (19mm) y no mayor que 1.50 pulgadas (38 mm). La longitud del elemento será por lo menos 24 pulgadas (600 mm). (Mejía & Pachacama, 2014).

Recipiente. - Debe ser cilíndrico, de acero u otro metal. La capacidad mínima del recipiente se determinará de acuerdo al tamaño nominal máximo del agregado. Todas las medidas, excepto las medidas de los recipientes, medidores de aire, los cuales son utilizados en los ensayos ASTM C 138 deben estar en conformidad a los requerimientos del método de ensayo ASTM C 29. Cuando las mediciones de los recipientes u medidores de aire son utilizados, estas deben cumplir con los requerimientos del método de prueba ASTM C 231. (Mejía & Pachacama, 2014).

Placa para enrasado. - Una placa rectangular llana de metal, de por lo menos ¼ pulgada (6mm) de espesor o una placa de acrílico de espesor de por lo menos ½ pulgada (12 mm), con una longitud y anchura de por lo menos 2 pulgadas (50 mm) más que el diámetro del recipiente. Los bordes de la placa

serán rectos y lisos dentro de una tolerancia de 1/16 pulgadas (2mm). (Mejía & Pachacama, 2014)

Mazo de goma. - Con una masa de 1.25 ± 0.50 lb. (600 ± 200 g) para el uso con los moldes de 0.5 ft^3 (14 L) o más pequeños, y un mazo con una masa de 2.25 ± 0.50 lb. (1000 ± 200 g) para usar con los moldes más grandes que 0.5 ft^3 . (Mejía & Pachacama, 2014)

c) Procedimiento

- Establecida la selección del método de consolidación del concreto en el ensayo de revenimiento, a menos que el ensayo tenga especificaciones bajo las cuales se lo debe realizar. El método de consolidación puede ser de varillado y vibración interna. Se varilla concretos con un revenimiento mayor a 3 pulg. (75 mm). Varillar o vibrar concretos con un revenimiento de 1 a 3 pulg. (25 mm a 75 mm.). Consolidar concretos con un revenimiento menor a 1 pulg. (25 mm) por vibración. Determinar la masa del recipiente de medición vacío (lb. ó kg.).
 - A. Colocar el hormigón dentro del recipiente, en tres capas de aproximadamente igual volumen (compactación por varillado) (Mejía & Pachacama, 2014).
 - B. Compactar cada capa penetrando 25 veces con la varilla en recipientes de 0.5 ft^3 (14 L) o menores y 50 veces para recipientes de 1 ft^3 (28 L) (Mejía & Pachacama, 2014).
 - C. Compactar la capa inferior en todo su espesor, sin impactar en el fondo del recipiente (Mejía & Pachacama, 2014).
 - D. Compactar la segunda y tercera capa en todo su espesor, penetrando 1 pulg. (25mm) en la capa anterior. Llenar la tercera capa manteniendo un exceso aproximado de 3 mm (1/8 pulg.) (Mejía & Pachacama, 2014).
 - E. Distribuya las penetraciones uniformemente en toda la sección transversal del recipiente, en cada una de las tres capas (Mejía & Pachacama, 2014).

- F. Golpear firmemente de 10 a 15 veces los lados del recipiente con el mazo, cada una de las tres capas, para así llenar los vacíos y eliminar las burbujas de aire que podrían quedar atrapadas en el concreto (Mejía & Pachacama, 2014).
- G. Vibración interna. - Llenar y vibrar el recipiente en dos capas de aproximadamente igual volumen. Colocar todo el concreto de cada capa en el interior del molde antes de comenzar a vibrar la capa, en vibración de la primera capa se debe evitar tocar el interior o los bordes del molde. En la compactación de la segunda capa el vibrador debe penetrar la capa anterior en aproximadamente 1 pulg. (25 mm.). La duración de la vibración depende de la trabajabilidad del concreto y de la efectividad del vibrador (Mejía & Pachacama, 2014).
- H. Retire cualquier exceso de hormigón empleando una llana o cuchara, o agregar una pequeña cantidad de hormigón, para corregir alguna deficiencia después de compactar la última capa (Mejía & Pachacama, 2014).
- I. Después de la consolidación enrasar el hormigón con una placa de enrase para obtener una superficie lisa. El enrase se realizará mejor presionando la enrasadora contra la superficie del concreto del recipiente y se debe cubrir dos terceras partes de la superficie y luego enrasar nuevamente toda la superficie superior del recipiente (Mejía & Pachacama, 2014).
- J. Limpiar todo el exceso de hormigón en la parte exterior del recipiente y determinar la masa de concreto del recipiente lleno, en kg. (Mejía & Pachacama, 2014).
- K. Calcular la masa neta (lb. ó kg.) (Mejía & Pachacama, 2014).
- L. Calcule la densidad del hormigón (lb./ft³ ó kg/m³) (Mejía & Pachacama, 2014).
- M. Registrar el resultado de la prueba adecuadamente (Mejía & Pachacama, 2014).

d) Normatividad del ensayo

Este ensayo está basado en las normas, N.T.P. 339.046 y ASTM C 138.

- **Ensayo del asentamiento del concreto fresco con el cono de abrams**

a) Alcance

El método cubre la determinación del asentamiento del hormigón tanto en el laboratorio como en el campo. Consiste en colocar una muestra de hormigón recién mezclado (se compacta por varillado) dentro de un molde en forma de cono truncado. El molde se levanta, y se deja que el hormigón se desplome. Se mide la distancia vertical al centro desplazado y se registra el valor del asentamiento del hormigón (Velasteguí & Frías, 2012).

b) Equipo

Molde. - El molde será metálico, resistente al ataque de la pasta de cemento, con un espesor no menor que 0.060 pulgadas (1.5 mm), y si se forma con el proceso de repujado en ningún punto del molde el espesor será menor de 0.045 pulgadas (1.15 mm) de grosor. (Velasteguí & Frías, 2012)

El molde deberá tener la forma de la superficie lateral de un cono truncado con una base de 8 pulgadas (200 mm) de diámetro y la parte superior de 4 pulgadas (100 mm) de diámetro, con una altura de 12 pulgadas (300 mm) . (Velasteguí & Frías, 2012)

Las dimensiones del diámetro y altura deberán tener una tolerancia de $\pm 1/8$ (3 mm) con respecto a las dimensiones especificadas” (Velasteguí & Frías, 2012). “El interior del molde deberá ser relativamente liso y libre de cualquier protuberancia. El molde no deberá presentar abolladuras, deformaciones o restos de concreto en su interior. (Velasteguí & Frías, 2012)

Varilla. - Deberá ser una barra recta de acero de sección circular de 5/8” (16 mm) de diámetro y aproximadamente 24 pulgadas (600 mm) de largo,

con el extremo de apisonamiento redondeado en forma semiesférica con un diámetro de 5/8 pulgadas (16 mm). (Velasteguí & Frías, 2012)

Instrumento de medida. - Es una regla de metal rígida, la cual esta graduada con incrementos de 0.25 pulgadas (5 mm.) o menor. El largo de la regla debe de ser por lo menos de 12 pulgadas (200 mm.) (Velasteguí & Frías, 2012).

c) Procedimiento

- A. Humedecer el molde y el piso o placa base, ejecutar sobre una superficie rígida no absorbente (Velasteguí & Frías, 2012).
- B. Apoyar firmemente el molde sobre la base colocando y presionando con los dos pies los estribos del molde. Por ningún motivo debe moverse los pies durante el llenado del molde (Velasteguí & Frías, 2012).
- C. Llenar el molde en tres capas de igual volumen, la primera capa a una profundidad de 70 mm. (2 5/8 pulgadas) la segunda hasta de 160 mm. (6 1/8 pulgadas) y la tercera hasta el borde superior del molde (Velasteguí & Frías, 2012).
- D. Compactar cada capa en toda su profundidad con 25 penetraciones de la varilla, distribuyendo las penetraciones en toda la superficie de cada capa (Velasteguí & Frías, 2012).
- E. Compactar la segunda y tercera capa penetrando la capa anterior 25 mm. (1 pulgada) y varillar desde cerca del perímetro y continuar progresivamente en forma espiral hacia el centro del molde (Velasteguí & Frías, 2012).
- F. Cuando compacte la última capa, mantener un excedente de hormigón sobre el molde antes de comenzar el varillado, si el concreto es insuficiente detener el varillado y colocar una cantidad representativa para mantener un exceso de concreto sobre el molde todo el tiempo. (Velasteguí & Frías, 2012)
- G. Enrasar el hormigón rodando la varilla de compactación sobre el borde superior del molde (Velasteguí & Frías, 2012).

- H. Continuar manteniendo el molde firme y remover el hormigón alrededor del área circundante de la base del molde para prevenir la interferencia en el momento del asentamiento del concreto (Velasquí & Frías, 2012).
- I. Levantar el molde por encima de las 12 pulgadas (300 mm) de un solo movimiento sin giros. En un tiempo de 5 ± 2 segundos (Velasquí & Frías, 2012).
- J. Medir con una precisión de $\frac{1}{4}$ de pulgada (5 mm) el revenimiento, desde la parte superior del molde hasta el centro desplazado de la superficie original del espécimen. Si al levantar el cono se produce una falla por corte, es necesario descartar la prueba y realizar el ensayo con una nueva porción de mezcla, si la falla se repite, es posible que el hormigón no tenga la plasticidad necesaria o sea cohesiva para aplicar este ensayo de revenimiento. (Velasquí & Frías, 2012)
- K. Ejecute la prueba, desde su inicio hasta el final sin interrupciones en no más de 2.5 minutos (Velasquí & Frías, 2012).

d) Normatividad del ensayo

Este ensayo está basado en las normas, N.T.P. 339.035 y ASTM C 143.

- **Hormigón (Concreto). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. (NTP 339.034)**

El método consiste en aplicar una carga de compresión axial a los cilindros moldeados o extracciones diamantinas a una velocidad normalizada en un rango prescrito mientras ocurre la falla. La resistencia a la compresión de la probeta es calculada por división de la carga máxima alcanzada durante el ensayo, entre el área de la sección recta de la probeta. (Patazca & Tafur, 2013).

Significado y Uso

Se deberá tener cuidado en la interpretación del significado de las determinaciones de resistencias a la compresión por este método de ensayo considerando que los valores obtenidos dependerán del tamaño y forma de la probeta, tanda, proceso de mezclado, método de muestreo, moldeo y elaboración, edad, temperatura y condiciones de humedad durante el curado.

Los resultados de este método de ensayo son usados como una referencia para el control de calidad del concreto, proporciones, mezclado y operaciones de colocación; determinación del cumplimiento con las especificaciones; control para la evaluación de la efectividad de los aditivos; y usos similares . (Millán, 2013)

El personal que ensaya los cilindros de concreto deberá cumplir los requisitos técnicos requeridos, incluyendo un examen de desarrollo del ensayo evaluado por un examinador independiente.

Aparatos

Máquina de ensayo: La máquina de ensayo será de capacidad conveniente suficiente y capaz de proveer una velocidad de carga continuamente y sin detenimiento.

La verificación de la calibración de las máquinas de ensayo de conformidad con la ASTM E 4, excepto que el rango de verificación de la carga será como lo indicado. La verificación requerida será bajo las siguientes condiciones:

1. Al menos anualmente, pero no debe exceder los 13 meses.
2. Sobre una instalación original o inmediatamente después de una reubicación.
3. Inmediatamente después de reparaciones o ajustes que afectan la operación del sistema de aplicación de fuerzas o los valores mostrados sobre el sistema de indicación de carga, excepto por ajuste de cero que es compensado por los bloques de ensayo o la probeta o

ambos, o Cuando haya razón para dudar de la aproximación de las cargas indicadas.

Diseño

El diseño de la máquina deberá incluir los siguientes factores:

1. La máquina deberá ser operada por energía (no manual) y aplicar la carga continua sin intermitencia ni detenimiento. Si tiene una sola velocidad de carga, deberá estar provisto con un medio suplementario para cargar a una velocidad conveniente para su verificación.
2. El espacio previsto para las probetas de ensayo será bastante grande para acomodar, en posición idónea, un dispositivo elástico de calibración suficiente capacidad para cubrir el rango potencial de cargas de la máquina de ensayo y que cumpla con los requisitos de la ASTM E 74.

Exactitud

La exactitud de la máquina de ensayo será de conformidad con las siguientes provisiones:

- A. El porcentaje de error para las cargas dentro del rango de uso propuesto de la máquina de ensayo no excederá $\pm 1,0$ % de la carga indicada (Millán, 2013).
- B. La exactitud de la máquina de ensayo será verificada por aplicación de 5 ensayos de carga en 4 incrementos aproximadamente iguales en orden ascendente. La diferencia entre cualquiera de 2 cargas de ensayo sucesivas no excederá un tercio de la diferencia entre las cargas de ensayo máxima y mínima (Millán, 2013).
- C. El reporte sobre la verificación de una máquina de ensayo, indicara dentro que rango se obtienen requisitos de las especificaciones preferentemente una aceptación o rechazo. En ningún caso el rango de cargas sobre el mecanismo de indicación de carga de la máquina

de ensayo o cargas, dentro la porción de rango debajo del 1.0% de su capacidad máxima (Millán, 2013).

La máquina de ensayo será equipada con dos bloques de acero con caras resistentes, una de las cuales se asentará sobre una rótula, que le permita acomodarse a la superficie superior de la probeta y el otro sobre un sólido bloque en el que se asienta la misma . (Valencia & Ibarra, 2013)

Las caras de los bloques tendrán una dimensión mínima de al menos 3 % mayor que el diámetro de las probetas a ser ensayadas.

El centrado final debe ser hecho con referencia al bloque esférico superior. Cuando el bloque inferior es usado para el centrado de la probeta, el centro del círculo concéntrico, el centro del bloque deberá estar directamente debajo del centro de la rótula superior. Las provisiones serán hechas sobre la placa de la máquina para asegurar esta posición.

El bloque de base de rotura tendrá al menos un espesor de 25 mm cuando está nueva, y al menos 22,5 mm de espesor cuando está usada.

Las superficies del soporte y la porción esférica serán mantenidas limpias y lubricadas con un aceite de motor convencional, no con una de tipo grasa. Luego del contacto de la probeta y la aplicación de una pequeña carga inicial, no deberá producirse la inclinación adicional del bloque de asiento esférico.

Probetas

Las probetas no serán ensayadas si cualquier diámetro individual de un cilindro difiere de cualquier otro diámetro del mismo cilindro por más del 2 %.

Antes del ensayo, ninguna base de las probetas de ensayo se apartará de la perpendicularidad a los ejes por más de 0, 5° (aproximadamente equivalente a 1 en 100 mm). Las bases de compresión de las probetas que no sean planas dentro los 0,050 mm, serán cortadas o

cepilladas para cumplir la tolerancia indicada, o capeadas de conformidad con la NTP 339.037 o cuando se la permita, la NTP 339.216.

El diámetro usado para el cálculo del área de la sección recta de la probeta de ensayo será determinado con aproximación de 0,25 mm por el promedio de 2 diámetros medidos en ángulo recto uno del otro y cerca de la altura media de la probeta.

El número de cilindros individuales medidos para la determinación del diámetro promedio será de uno por cada diez probetas o tres probetas por día, el que sea mayor. Si todos los cilindros son hechos de un lote de moldes re-usables o de uso simple, que consistentemente producen cilindros con diámetros promedio dentro el rango de 0,5 mm.

Cuando el diámetro promedio no está en el rango anteriormente descrito o cuando los cilindros no son hechos de un simple lote de moldes, cada cilindro de ensayo deberá ser medido y el valor usado en calcular la unidad de resistencia a la compresión de cada probeta.

Cuando los diámetros son medidos a frecuencias reducidas, las áreas de la sección recta de todos los cilindros ensayados en el mismo día serán computados del promedio de los diámetros de tres o más cilindros representativos del grupo ensayados ese día.

Si el cliente que solicita los servicios de ensayo requiere mediciones de densidad de las probetas, determinar la masa de las mismas antes del capeado. Retirar cualquier humedad superficial con una toalla y medir la masa del cilindro usando una balanza con aproximación de 0,3 % de la masa que se está midiendo. Medir la longitud de la probeta con aproximación a 1 mm en tres espacios separados equidistantemente alrededor de la circunferencia. Evaluar la longitud promedio y registrarlo con aproximación de 1 mm. Alternativamente determinar la densidad del cilindro por peso del mismo en el aire y también sumergido en el agua a $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ y hallar el volumen de conformidad (Millán, 2013).

Cuando la determinación de densidad no es requerida y la relación de longitud a diámetro es menor que 1,8 o mayor que 2,2; medir la longitud de la probeta con aproximación de 0,05 D (Millán, 2013).

Procedimiento

Los ensayos a compresión de probetas del curado húmedo serán hechos tan pronto como sea práctico luego de retirarlos del almacenaje de humedad.

Los cilindros serán protegidos de pérdida de humedad por cualquier método conveniente durante el periodo entre el retiro del almacenaje de humedad y el ensayo. Los cilindros serán ensayados en condición húmedos.

Todos los cilindros de ensayo para una determinada edad de ensayo serán fracturados dentro el tiempo permisible de tolerancias prescritas como sigue:

Tabla 18:

Tolerancia Permisible por Edad de Ensayo

Edad de ensayo	Tolerancia permisible
24 h	± 0,5 h ó 2,1 %
3 d	± 2 h ó 2,8 %
7 d	± 6 h ó 3,6 %
28 d	± 20 h ó 3,0 %
90 d	± 48 h ó 2,2%

Fuente: INDECOPI

Colocación

Colocar el bloque de rotura inferior, sobre el cabezal de la máquina de ensayo. El bloque de rotura superior directamente bajo la rótula del cabezal. Limpiar las caras de contacto de los bloques superior e inferior y las de la probeta de ensayo y colocar el cilindro sobre el bloque inferior de rotura. Cuidadosamente alinear los ejes de la probeta con el centro de empuje de la rótula del bloque asentado.

Verificación del cero y asiento del bloque:

Antes de ensayar la probeta, verificar que el indicador de carga este en cero, ajustar el indicador. Como el bloque asentado sobre la rótula es aplicado sobre la probeta, rotar su porción móvil cuidadosamente con la mano a fin de que el asiento sea uniforme.

Velocidad de carga

Aplicar la carga continuamente y sin detenimiento.

- A. La carga será aplicada a una velocidad de movimiento correspondiendo a una velocidad de esfuerzo sobre la probeta de $0,25 \pm 0,05$ MPa/s. La velocidad de movimiento diseñada será mantenida al menos durante la mitad final de la fase de carga anticipada.
- B. Durante la aplicación de la 1ra. mitad de la fase de la carga anticipada, una alta velocidad de carga será permitida. La alta velocidad de carga será aplicada de manera controlada.
- C. No hacer ajustes en la velocidad de movimiento cuando la carga final está siendo aplicada y la velocidad de esfuerzo decrece debido a la fractura del espécimen.

Cálculos

Calcular la resistencia a la compresión del espécimen por dividir la carga máxima alcanzada por el espécimen durante el ensayo entre el área promedio de la sección recta determinada y expresar el resultado con aproximación a 0,1 MPa. Si la relación de la longitud del espécimen al diámetro es 1,75 o menor, corregir el resultado obtenido por un apropiado factor de corrección mostrado en la siguiente tabla:

Tabla 19:

Relación longitud- diámetro del espécimen de concreto

L/D	1,75	1,50	1,25	1,00
Factor	0,98	0,96	0,93	0,87

Fuente: INDECOPI

Use la interpolación para determinar los factores es de corrección para los valores L/D indicados en la tabla.

Cuando sea requerido, calcular la densidad del espécimen con aproximación de 10 kg/m³ como sigue:

Ecuación 2: Cálculo de la densidad del espécimen

$$Densidad = W/V$$

Dónde:

- W Masa del espécimen, kg y
- V Volumen del espécimen determinado del diámetro promedio y longitud promedio o del peso del cilindro en el aire y sumergido en el agua, m³

Cuando el volumen del cilindro es determinado del peso sumergido, calcular el volumen como sigue:

Ecuación 3: Cálculo del volumen del espécimen

$$Volumen = W - W_s/D_a$$

Dónde:

- W_s Masa aparente del espécimen sumergido, kg
- D_a Densidad del agua a 23 °C = 997,5 kg/m³

- **Concreto. Método de ensayo para determinación la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo. (NTP 339.078)**

Este método de ensayo consiste en aplicar una carga en los tercios de la luz de la viga hasta que ocurra la falla. El módulo de rotura se calculará, según la ubicación de la falla: dentro del tercio medio o a una distancia de éste no mayor del 5 % de la luz libre. (Patazca & Tafur, 2013)

Significado y Uso

Este método de ensayo se usa para determinar la resistencia a la flexión de especímenes preparados y curados con las NTP 339.033 ó NTP 339.183. Los resultados se calculan y reportan como el módulo de rotura. La resistencia que se determina variara si existen diferencias en el tamaño del espécimen, su preparación, condiciones de humedad, o si viga ha sido moldeada o cortada al tamaño requerido. (Mendoza et al., 2012)

Aparatos

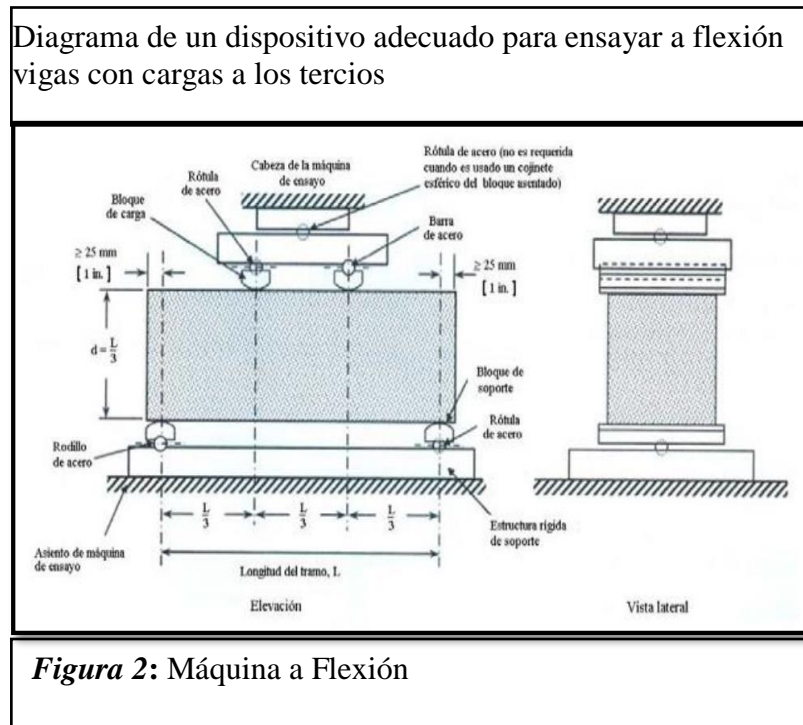
Máquina de Ensayo

La máquina de ensayo debe cumplir los requisitos de las secciones sobre la base de la verificación, correcciones, e intervalo de tiempo entre verificaciones, según ASTM E 4. No están permitidas las máquinas de ensayo manuales que funcionan con bombas que no aplican una carga continua en una sola carrera del pistón. Son permitidas las motobombas o bombas manuales de desplazamiento positivo, con volumen suficiente para completar el ensayo en una sola carrera del pistón sin necesidad de reabastecimientos

Deberá ser capaz de aplicar cargas a una velocidad uniforme, sin golpes ni interrupciones.

El método de ensayo de cargas a los tercios se utilizará en los ensayos de flexión del concreto empleando placas de apoyo que aseguren que las fuerzas aplicadas a la viga serán perpendiculares a la cara de la

probeta y aplicarse sin excentricidad. Un diagrama de un aparato que cumple este propósito se muestra en la Figura



Fuente: INDECOPI

Todos los aparatos para hacer ensayos de flexión en el concreto deben ser capaces de mantener constante la longitud del tramo especificado y las distancias entre placas de carga dentro de $\pm 1,0$ mm.

La relación de la distancia horizontal entre el punto de aplicación de la carga y el punto de aplicación de la reacción más cercana a la profundidad de la viga deberá ser de $1,0 \pm 0,03$

El aparato será capaz de mantener constante la distancia entre apoyos y la distancia entre placas de carga, con aproximación de 2,0 mm.

La carga deberá aplicarse perpendicularmente a la cara superior de la viga de manera tal que se evite toda excentricidad.

La dirección de las reacciones deberá ser paralela a la dirección de la carga aplicada mientras se realice la prueba.

La carga debe ser incrementada gradualmente y sin impacto.

La relación entre la distancia desde el punto de aplicación de la carga a su reacción más cercana y la altura de la viga no debe ser menor que la unidad.

Si un aparato similar al ilustrado se utiliza: las placas de carga y de apoyo no tendrán más de 65 mm de alto, medido desde el centro o eje del pivote, y deberá extenderse completamente a través o más allá del ancho total de la muestra. Cada superficie de apoyo en contacto con la viga no se apartará de un plano por más de 0,05 mm, tendrá forma cilíndrica y su eje deberá coincidir con el del rodillo o con el centro de la rótula esférica, según sea el caso. El ángulo al centro definido por la superficie curva de cada placa deberá tener por lo menos de 45°. Las placas de carga y de apoyo deberán mantenerse en posición vertical y en contacto con el rodillo o rótula esférica por medio de tomillos con resortes que los mantengan en contacto. La placa de soporte superior y la esfera en el punto central pueden omitirse cuando se utiliza un cojinete esférico de bloque asentado, se utilizan una varilla y una bola como pivotes para las superficies de las cargas de placas superiores

Ensayo

Los especímenes de ensayo deberán estar conforme a todos los requerimientos de los métodos de ensayo de la NTP 339.033, NTP 339.059 ó NTP 339.183 aplicable a la viga a ensayar. La viga tendrá una luz libre entre apoyos equivalente a tres veces su altura con una tolerancia del 2 %. Las caras laterales de la viga formarán ángulos rectos con las caras superior e inferior de la misma. Todas las superficies deberán ser lisas y libres de asperezas, porosidad (cangrejas) o marcas de identificación no apropiadas.

El laboratorista que lleve a cabo los ensayos de las vigas de concreto para los ensayos de aceptación, deberá cumplir con la ASTM C 1077, para técnico de laboratorio de concreto, incluyendo esta Norma Técnica Peruana como una prueba relevante.

Procedimiento

La prueba de flexión se realizará tan pronto como sea posible, luego de retirar la viga de la cámara de curado. Las vigas con superficie seca arrojan resultados menores en mediciones del módulo de rotura.

Cuando se usan vigas moldeadas, se gira sobre uno de los lados con respecto a la posición de moldeo y se centra sobre las placas de apoyo. Cuando se usan vigas cortadas, se posiciona ésta para que la tensión corresponda a la superficie superior o al inferior de la misma, tal como se hizo el corte inicialmente.

Se centra el sistema de aplicación de carga en relación con la fuerza aplicada. Se colocan los bloques a los cuales se aplicará la carga en contacto con la superficie de la muestra en los tercios de la luz de la viga y aplicar una carga entre 3 % y 6% de la carga de rotura estimada. Usando medidores de espesores tipo láminas de 0,10 mm y 0,40 mm, determinar si algún espacio existente entre la muestra y el bloque de carga o los de soporte, es mayor o menor que cada uno de los medidores de espesor en una longitud de 25 mm o más. Si no se obtiene un contacto completo entre la viga y los bloques de aplicación de la carga, será necesario refrentar, lijar o poner una cuña de cuero. Las tiras de cuero serán de un espesor uniforme de 6 mm y tendrán un ancho comprendido entre 25 mm a 50 mm, y deberán extenderse a todo el ancho de la viga. Los espacios de más de 0,40 mm deben ser eliminados solamente mediante refrentado o esmerilado

El lijado de las superficies laterales debe ser mínimo, debido a que esta acción puede cambiar las características físicas de las muestras. El refrentado se hará en conformidad con las secciones aplicables de la NTP 339.037

Se aplica la carga al espécimen de forma continua y sin impactos. La carga se aplica a una velocidad constante hasta el punto de ruptura.

Aplicar la carga a una velocidad que incremente constantemente la resistencia de la fibra extrema, entre 0,9 MPa/min y 1,2 MPa/min, hasta producir la rotura de la viga.

Ecuación 4: Cálculo de la relación de carga

$$r = \frac{Sbd^2}{L}$$

En donde:

- r: es la relación de carga, en N/min
- S: tasa de incremento de la tensión máxima en la cara de tracción, en MPa/min.
- b: ancho promedio de la viga según su disposición para el ensayo, mm
- altura promedio de la viga, según su disposición para el ensayo, mm
- L: longitud del tramo, en mm

Medición de las muestras luego de las pruebas

Para determinar las dimensiones de la sección transversal de la muestra para su aplicación en el cálculo del módulo de ruptura, tomar las mediciones a través de una de las caras fracturadas después de la prueba. El ancho y profundidad se miden en la muestra conforme se dispuso para el ensayo. Para cada dimensión, tomar una medición en cada borde y una en el centro de la sección transversal.

Tomar tres medidas a lo largo de cada dimensión (una en cada extremo y al centro), para determinar el ancho promedio, altura promedio y ubicación de la línea de fractura de la viga en la sección de falla. Tomar todas las medidas con una precisión de 1 mm. Si la fractura ocurre en una sección de refrentado, se incluye la medida del espesor de la capa

Cálculos

Si la falla ocurre dentro del tercio medio de la luz, el módulo de rotura se calculará mediante la siguiente fórmula:

Ecuación 5: Módulo de rotura dentro del tercio medio de la luz

$$M_r = \frac{PL}{bh^2}$$

En donde:

- M_r : Es el módulo de rotura, en MPa.
- P : Es la carga máxima de rotura indicada por la máquina de ensayo, en N
- L : Es la luz libre entre apoyos, en mm
- b : Es el ancho promedio de la viga en la sección de falla, en mm
- h : Es la altura promedio de la viga en la sección de falla, en mm.

NOTA: El peso de la viga no está incluido en los cálculos antes detallados

Si la falla ocurre fuera del tercio medio y a una distancia de éste no mayor del 5 % de la luz libre, el módulo de rotura se calculará mediante la siguiente fórmula:

Ecuación 6: Módulo de rotura fuera del tercio medio de la luz

$$M_r = \frac{3Pa}{bh^2}$$

En donde:

- a : Es la distancia promedio entre la línea de falla y el apoyo más cercano, medida a lo largo de la línea central de la superficie inferior de la viga, en mm.

Si la falla ocurre fuera del tercio medio y a una distancia de éste mayor del 5 % de la luz libre, se rechaza el ensayo.

8. Análisis y sistematización de resultados

Los resultados serán analizados y sistematizados a través del programa de Excel, en el cual haremos curvas, gráficas, entre otros.

3.5.2.3. Plan de Análisis Estadístico de Datos

El plan estadístico de la actual investigación, se usará el programa SPSS y Excel, en el cual se basará en hacer curvas, gráficas, entre otros, con los resultados obtenidos de cada ensayo por variación de contenido de aditivo superplastificantes y aditivo acelerante, hasta alcanzar resultados que cumplan con los parámetros establecidos.

3.5.2.4. Criterios Éticos

3.5.2.4.1. Ética de la recolección de datos:

Corresponde a la realización de recolección de datos con veracidad, no se falsificará ningún dato o resultado, ya que esta información podrá ser usada en el futuro por otros investigadores y se desea dejar un buen precedente con información actualizada y veraz para la orientación y base de trabajos afines en el futuro

3.5.2.4.2. Ética de la publicación

La presente investigación ha sido realizada con el fin de aportar nuevos conocimientos en la rama de pavimentos rígidos, por lo cual si se usa posteriormente como referencias a temas similares, se debe realizar el debido reconocimiento a los autores, el hacer esto es un fin de justicia y lucha contra el plagio.

3.5.2.4.3. Ética de la aplicación

Los beneficios futuros que se puedan obtener a través de esta investigación deben estar acorde con el código ético de la profesión, ya que es importante reconocer las ventajas y desventajas que se pueden originar y de qué forma estas contribuyen o afectan a la sociedad.

3.5.2.4.4. Código ético de la profesión

Se tendrá como base al código ético del Ingeniero Civil, elaborado por el Colegio de Ingenieros del Perú (CIP) en el cual se establece todas las sanciones que serán aplicadas a las faltas al comportamiento preceptuado por el Código

Por ello esta investigación quedara sujeta a dicho código

Capítulo III

Sub Capítulo I

De la relación con la sociedad

Artículo 99.- Los ingenieros cuidarán que los recursos humanos, económicos, naturales y materiales, sean racional y adecuadamente utilizados, evitando su abuso o dispendio, respetarán y harán respetar las disposiciones legales que garanticen la preservación del medio ambiente

Artículo 100.- Los ingenieros ejecutarán todos los actos inherentes a la profesión de acuerdo a las reglas técnicas y científicas procediendo con diligencia; autorizarán planos, documentos o trabajos solo cuando tengan la convicción de que son idóneos y seguros, de acuerdo a las normas de Ingeniería

Artículo 103.- Los ingenieros están obligados a cuidar el territorio de trabajo de la ingeniería peruana y fomentar el desarrollo tecnológico del Perú

Sub Capítulo II

De la relación con el público

Artículo 106.- Los ingenieros, al explicar su trabajo, méritos o emitir opiniones sobre temas de ingeniería, actuarán con seriedad y convicción, cuidando de no crear conflictos de intereses, esforzándose por ampliar el

conocimiento del público a cerca de la ingeniería y de los servicios que presta a la sociedad

Artículo 107.- Los ingenieros no participarán en la difusión de conceptos falsos, injustos o exagerados acerca de la ingeniería en la actividad pública o privada, de proyectos, productos, métodos o procedimientos relativos a la ingeniería

Sub Capítulo III

De la competencia y perfeccionamiento del profesional

Artículo 109.- Los ingenieros realizarán trabajos de ingeniería solamente cuando cuenten con estudios o experiencia en el campo específico de la ingeniería de que se trata

Artículo 110.- Los ingenieros podrán aceptar trabajos que requieran estudios o experiencias ajenos a los suyos, siempre que sus servicios se limiten a aquellos aspectos para los cuales están calificados, debiendo los demás ser realizados por asociados, consultores o empleados calificados

Artículo 111.- Los ingenieros autorizarán planos, documentos o trabajos sólo cuando hayan sido elaborados por ellos, o ejecutados bajo su control

Sub Capítulo IV

De la promoción y publicidad

Artículo 115.- Los ingenieros podrán hacer promoción de sus servicios profesionales sólo cuando ella no contenga lenguaje jactancioso o engañoso o en cualquier forma denigrante de la profesión

En la promoción que realicen los ingenieros se abstendrán de garantizar resultados que por razones técnicas, económicas o sociales sean de imposible o dudoso cumplimiento

3.5.2.5. Criterios de Rigor Científico

1.- Generalidades

Mediante la asesoría constante de nuestro asesor hemos obtenido respuestas, que nos permitirán dar validez externa después de haber sido cotejadas con otras fuentes teóricas

2.- Fiabilidad

Todos los estudios a realizar en dicho proyecto, son confiables en la medida en la que nuestra población es real, además se cuenta con los equipos bien calibrados para recolección de datos lo que nos da la seguridad en la veracidad de los resultados

3.- Replicabilidad

El diseño de nuestro proyecto en estudio está supeditado a diversos factores que van a contribuir con los resultados a obtener:

Factores económicos: Elevados costos para su elaboración

Factores tecnológicos: Si se cuenta con los equipos adecuados para los ensayos en el Laboratorio de Suelos y Pavimentos

Dicha investigación está supeditada a repetición, pero tomando en cuenta el objetivo general.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1. RESULTADOS EN TABLAS Y FIGURAS:

A continuación se describieron los resultados de los ensayos realizados de acuerdo a cada uno de nuestros objetivos específicos:

4.1.1. Descripción 01:

RELACIÓN AGUA /CEMENTO

Tabla 20:

Relación agua/cemento- concreto convencional - $f'c=280 \text{ Kg/cm}^2$

	$f'cr$	=	$f'c$	+	84	
RESISTENCIA A LA COMPRESION PROMEDIO	$f'cr$	=	280	+	84	
	$f'cr$	=	364		Kg/cm^2	
DETERMINAR LA RELACION AGUA-CEMENTO	400	_____			0.43	
	364	_____			x	
	350	_____			0.48	
	X	=	0.466			
	Entonces su relacion de a/c				=	0.466

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 20, se calculó la relación agua-cemento del concreto convencional de un $f'c=280 \text{ Kg/cm}^2$, con un valor de 0.466 con el cual se elaboró la mezcla para poder trabajar los ensayos de los objetivos siguientes.

Tabla 21:

Relación agua/cemento - concreto Fast Track -1%SP - $f'c=280 \text{ Kg/cm}^2$

SUPERPLASTIFICANTE:		SIKA VISCROCRETE 3330 (0.4%,0.8% Y 1%)			
1%	=	40%			
AGUA DE DISEÑO:	258	100%			
	X	40%			
AGUA A REDUCIR:	X=	103.27	L		
AGUA NUEVA:	A=	154.90	L		
	R(A/C)=	0.466			
CEMENTO NUEVO:	C=	332.40	Kg/m³		
AF-DISEÑO:	AF=	706	706	Y	
AG-DISEÑO:	AG=	827	827	Z	
TOTAL		1534	1534	100	%
			Y=	46.06	%
			Z=	53.94	%
FALTA DE AGREGADO:	1858.47	100.00	%		
	Y	46.06	%		
AF-NUEVO:	Y=	855.92	Kg/m³		
AG-NUEVO:	Z=	1002.55	Kg/m³		
NUEVA DOSIFICACION	1%				
	CEMENTO	332.4	Kg/m ³		
	AGUA	154.90	L		
	AGREGADO FINO	855.92	Kg/m ³		
	AGREGADO GRUESO	1002.55	Kg/m ³		
		<u>2345.8</u>			

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 21, se calculó la misma relación agua- cemento del concreto convencional $f'c=280 \text{ Kg/cm}^2$, que es de 0.466, para el concreto Fast Track con dosificación de 1%SP el cual redujo el 40%de agua; se trabajó con esta misma relación con fines de tener una comparación con el concreto convencional.

Tabla 22:

Relación agua/cemento - concreto Fast Track -0.8%SP - $f'c=280 \text{ Kg/cm}^2$

SUPERPLASTIFICANTE:		SIKA VISCROCRETE 3330 (0.4%,0.8% Y 1%)			
0.8%	=	32%			
AGUA DE DISEÑO:	258	100%			
	X	32%			
AGUA A REDUCIR:	X=	82.61	L		
AGUA NUEVA:	A=	175.55	L		
	R(A/C)=	0.466			
CEMENTO NUEVO	C=	376.72	Kg/m ³		
AF- DISEÑO:	AF=	706	706	Y	
AG-DISEÑO:	AG=	827	827	Z	
TOTAL		1534	1534	100	%
			Y=	46.06	%
			Z=	53.94	%
FALTA DE AGREGADO:	1793.50	100.00	%		
	Y	46.06	%		
AF-NUEVO	Y=	826.00	Kg/m ³		
AG-NUEVO	Z=	967.50	Kg/m ³		
NUEVA DOSIFICACION	0.8%				
	CEMENTO	376.7	Kg/m ³		
	AGUA	175.55	L		
	AGREGADO FINO	826.00	Kg/m ³		
	AGREGADO GRUESO	967.50	Kg/m ³		
		2345.8			

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 22, se calculó la misma relación agua- cemento del concreto convencional un $f'c=280 \text{ Kg/cm}^2$, que es de 0.466, para el concreto Fast Track con dosificación de 0.8%SP el cual redujo el 32% de agua, se trabajó con esta misma relación con fines de tener una comparación con el concreto convencional.

Tabla 23:

Relación agua/cemento - concreto Fast Track -0.4%SP - $f'c=280 \text{ Kg/cm}^2$

SUPERPLASTIFICANTE:		SIKA VISCROCRETE 3330 (0.4%,0.8% Y 1%)			
0.4%	=	16%			
AGUA DE DISEÑO:	258	100%			
	X	16%			
AGUA A REDUCIR:	X=	41.31	L		
AGUA NUEVA:	A=	216.86	L		
	R(A/C)=	0.466			
CEMENTO NUEVO	C=	465.36	Kg/m ³		
AF- DISEÑO:	AF=	706	706	Y	
AG-DISEÑO:	AG=	827	827	Z	
TOTAL		1534	1534	100	%
			Y=	46.06	%
			Z=	53.94	%
FALTA DE AGREGADO:		1663.55	100.00	%	
		Y	46.06	%	
AF-NUEVO	Y=	766.15	Kg/m ³		
AG-NUEVO	Z=	897.40	Kg/m ³		
NUEVA DOSIFICACION		0.4%			
	CEMENTO	465.4	Kg/m ³		
	AGUA	216.86	L		
	AGREGADO FINO	766.15	Kg/m ³		
	AGREGADO GRUESO	897.40	Kg/m ³		
		2345.8			

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 23, se calculó la misma relación agua- cemento del concreto convencional un $f'c=280 \text{ Kg/cm}^2$, que es de 0.466, para el concreto Fast Track con dosificación de 0.4%SP el cual redujo el 16%de agua, se trabajó con esta misma relación con fines de tener una comparación con el concreto convencional.

Tabla 24:

Relación agua/cemento - concreto convencional - $f'c=300 \text{ Kg/cm}^2$

	$f'cr$	=	$f'c$	+	84	
RESISTENCIA A LA COMPRESION PROMEDIO	$f'cr$	=	300	+	84	
	$f'cr$	=	384		Kg/cm^2	
DETERMINAR LA RELACION AGUA-CEMENTO	400	—————			0.43	
	384	—————			x	
	350	—————			0.48	
	X	=	0.446			
	Entonces su relacion de a/c				=	0.446

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 24, se calculó la relación agua-cemento del concreto convencional de un $f'c=300 \text{ Kg/cm}^2$, con un valor de 0.466, con el cual se elaboró la mezcla para poder trabajar los ensayos de los objetivos siguientes.

Tabla 25:

Relación agua/cemento - concreto Fast Track -1%SP - $F'c=300 \text{ Kg/cm}^2$

SUPERPLASTIFICANTE:		SIKA VISCROCRETE 3330 (0.4%,0.8% Y 1%)			
1%	=	40%			
AGUA DE DISEÑO:	259	100%			
	X	40%			
AGUA A REDUCIR:	X=	103.68	L		
AGUA NUEVA:	A=	155.52	L		
	R(A/C)=	0.446			
CEMENTO NUEVO:	C=	348.70	Kg/m³		
AF-DISEÑO:	AF=	710	710	Y	
AG-DISEÑO:	AG=	843	843	Z	
TOTAL		1553	1553	100	%
			Y=	45.72	%
			Z=	54.28	%
FALTA DE AGREGADO:	1888.88	100.00	%		
	Y	45.72	%		
AF-NUEVO:	Y=	863.68	Kg/m³		
AG-NUEVO:	Z=	1025.20	Kg/m³		
NUEVA DOSIFICACION	1%				
CEMENTO		348.7	Kg/m ³		
AGUA		155.52	L		
AGREGADO FINO		863.68	Kg/m ³		
AGREGADO GRUESO		1025.20	Kg/m ³		
		<u>2393.1</u>			

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 25, se calculó la misma relación agua- cemento del concreto convencional un $f'c=300 \text{ Kg/cm}^2$, que es de 0446, para el concreto Fast Track con dosificación de 1%SP el cual redujo el 40%de agua, se trabajó con esta misma relación con fines de tener una comparación con el concreto convencional.

Tabla 26:

Relación agua/cemento - concreto Fast Track - 0.8% SP - $f'c=300 \text{ Kg/cm}^2$

SUPERPLASTIFICANTE:		SIKA VISCROCRETE 3330 (0.4%,0.8% Y 1%)			
0.8%	=	32%			
AGUA DE DISEÑO:	259	100%			
	X	32%			
AGUA A REDUCIR:	X=	82.94	L		
AGUA NUEVA:	A=	176.26	L		
	R(A/C)=	0.446			
CEMENTO NUEVO	C=	395.19	Kg/m ³		
AF- DISEÑO:	AF=	710	710	Y	
AG-DISEÑO:	AG=	843	843	Z	
TOTAL		1553	1553	100	%
			Y=	45.72	%
			Z=	54.28	%
FALTA DE AGREGADO:	1821.65	100.00	%		
	Y	45.72	%		
AF-NUEVO	Y=	832.94	Kg/m ³		
AG-NUEVO	Z=	988.71	Kg/m ³		
NUEVA DOSIFICACION	0.8%				
	CEMENTO	395.2	Kg/m ³		
	AGUA	176.26	L		
	AGREGADO FINO	832.94	Kg/m ³		
	AGREGADO GRUESO	988.71	Kg/m ³		
		2393.1			

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 26, se calculó la misma relación agua- cemento del concreto convencional un $f'c=300 \text{ Kg/cm}^2$, que es de 0.446, para el concreto Fast Track con dosificación de 0.8%SP el cual redujo el 32%de agua, se trabajó con esta misma relación con fines de tener una comparación con el concreto convencional.

Tabla 27:

Relación agua/cemento - concreto Fast Track - 0.4%SP - $f'c=300 \text{ Kg/cm}^2$

SUPERPLASTIFICANTE:		SIKA VISCROCRETE 3330 (0.4%,0.8% Y 1%)			
0.4%	=	16%			
AGUA DE DISEÑO:	259	100%			
	X	16%			
AGUA A REDUCIR:	X=	41.47	L		
AGUA NUEVA:	A=	217.73	L/m ³		
	R(A/C)=	0.446			
CEMENTO NUEVO	C=	488.18	Kg/m ³		
AF- DISEÑO:	AF=	710	710	Y	
AG-DISEÑO:	AG=	843	843	Z	
TOTAL		1553	1553	100	%
			Y=	45.72	%
			Z=	54.28	%
FALTA DE AGREGADO:		1687.19	100.00	%	
		Y	45.72	%	
AF-NUEVO	Y=	771.46	Kg/m ³		
AG-NUEVO	Z=	915.73	Kg/m ³		
NUEVA DOSIFICACION		0.4%			
	CEMENTO	488.2	Kg/m ³		
	AGUA	217.73	L/m ³		
	AGREGADO FINO	771.46	Kg/m ³		
	AGREGADO GRUESO	915.73	Kg/m ³		
		2393.1			

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 27, se calculó la misma relación agua- cemento del concreto convencional un $f'c=300 \text{ Kg/cm}^2$, que es de 0.446, para el concreto Fast Track con dosificación de 0.4%SP el cual redujo el 16%de agua, se trabajó con esta misma relación con fines de tener una comparación con el concreto convencional.

Tabla 28:

Relación agua/cemento - concreto convencional - $f'c=350 \text{ Kg/cm}^2$

	$f'cr$	=	$f'c$	+	84	
RESISTENCIA A LA COMPRESION PROMEDIO	$f'cr$	=	350	+	84	
	$f'cr$	=	434		Kg/cm^2	
DETERMINAR LA RELACION AGUA-CEMENTO	450	_____			0.38	
	434	_____			x	
	400	_____			0.43	
	X	=	0.396			
	Entonces su relacion de a/c				=	0.396

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 28, se calculó la relación agua-cemento del concreto convencional de un $f'c=350 \text{ Kg/cm}^2$, con un valor de 0.396, con el cual se elaboró la mezcla para poder trabajar los ensayos de los objetivos siguientes.

Tabla 29:

Relación agua/cemento - concreto Fast Track - 1%SP - $f'c=350 \text{ Kg/cm}^2$

SUPERPLASTIFICANTE:		SIKA VISCROCRETE 3330 (0.4%,0.8% Y 1%)			
1%	=	40%			
AGUA DE DISEÑO:	254	100%			
	X	40%			
AGUA A REDUCIR:	X=	101.77	L		
AGUA NUEVA:	A=	152.66	L		
	R(A/C)=	0.396			
CEMENTO NUEVO:	C=	385.50	Kg/m ³		
AF-DISEÑO:	AF=	661	659	Y	
AG-DISEÑO:	AG=	841	827	Z	
TOTAL		1503	1503	100	%
			Y=	43.86	%
			Z=	55.04	%
FALTA DE AGREGADO:	1861.42	100.00	%		
	Y	43.86	%		
AF-NUEVO:	Y=	816.34	Kg/m ³		
AG-NUEVO:	Z=	1045.07	Kg/m ³		
NUEVA DOSIFICACION	1%				
	CEMENTO	385.5	Kg/m ³		
	AGUA	152.66	L		
	AGREGADO FINO	816.34	Kg/m ³		
	AGREGADO GRUESO	1045.07	Kg/m ³		
		2399.6			

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 29, se calculó la misma relación agua- cemento del concreto convencional un $f'c=350 \text{ Kg/cm}^2$, que es de 0.396, para el concreto Fast Track con dosificación de 1%SP el cual redujo el 40%de agua, se trabajó con esta misma relación con fines de tener una comparación con el concreto convencional.

Tabla 30:

Relación agua/cemento - concreto Fast Track - 0.8%SP - $f'c=350 \text{ Kg/cm}^2$

SUPERPLASTIFICANTE:		SIKA VISCROCRETE 3330 (0.4%,0.8% Y 1%)			
0.8%	=	32%			
AGUA DE DISEÑO:	254	100%			
	X	32%			
AGUA A REDUCIR:	X=	81.42	L		
AGUA NUEVA:	A=	173.01	L		
	R(A/C)=	0.396			
CEMENTO NUEVO	C=	436.90	Kg/m ³		
AF- DISEÑO:	AF=	661	659	Y	
AG-DISEÑO:	AG=	841	827	Z	
TOTAL		1503	1503	100	%
			Y=	43.86	%
			Z=	55.04	%
FALTA DE AGREGADO:	1789.66	100.00	%		
	Y	43.86	%		
AF-NUEVO	Y=	784.87	Kg/m ³		
AG-NUEVO	Z=	1004.79	Kg/m ³		
NUEVA DOSIFICACION	0.8%				
CEMENTO	436.9	Kg/m ³			
AGUA	173.01	L			
AGREGADO FINO	784.87	Kg/m ³			
AGREGADO GRUESO	1004.79	Kg/m ³			
	2399.6				

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 30, se calculó la misma relación agua- cemento del concreto convencional un $f'c=350 \text{ Kg/cm}^2$, que es de 0.396, para el concreto Fast Track con dosificación de 0.8%SP el cual redujo el 32%de agua, se trabajó con esta misma relación con fines de tener una comparación con el concreto convencional.

Tabla 31:

Relación agua - cemento - concreto Fast Track - 0.4%SP - $f'c=350 \text{ Kg/cm}^2$

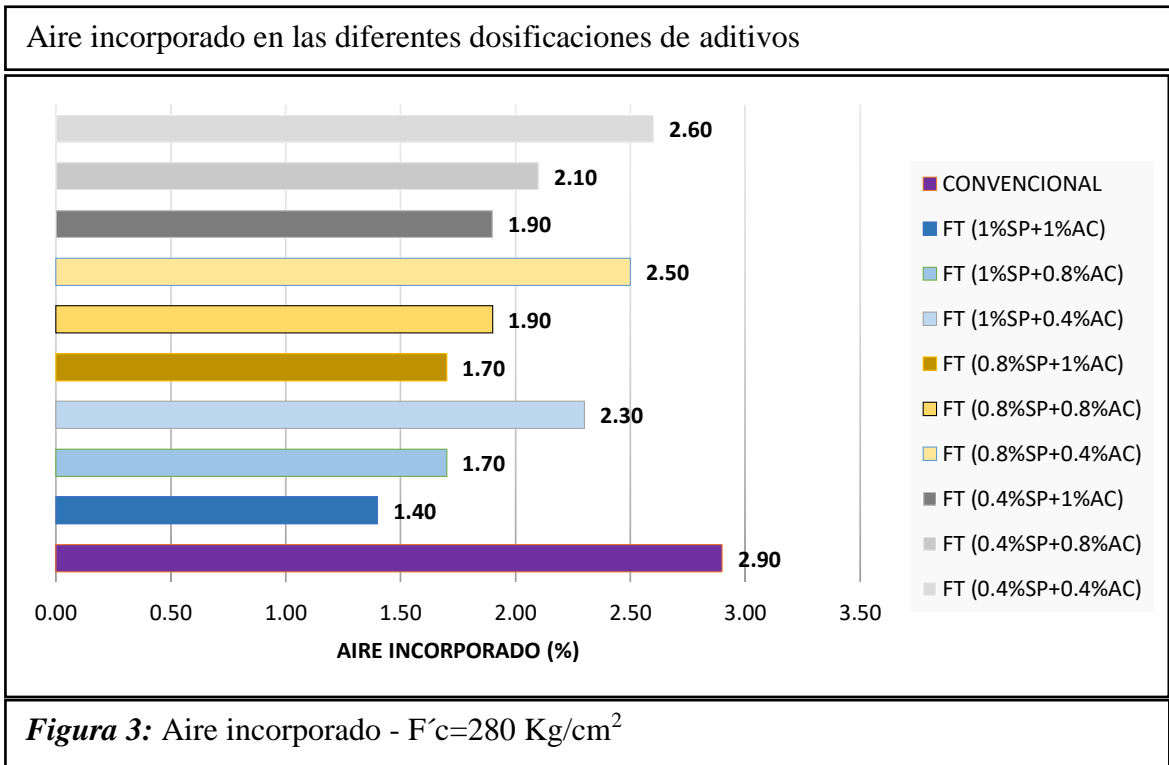
SUPERPLASTIFICANTE:		SIKA VISCROCRETE 3330 (0.4%,0.8% Y 1%)			
0.4%	=	16%			
AGUA DE DISEÑO:	254	100%			
	X	16%			
AGUA A REDUCIR:	X=	40.71	L		
AGUA NUEVA:	A=	213.72	L/m³		
	R(A/C)=	0.396			
CEMENTO NUEVO	C=	539.70	Kg/m³		
AF- DISEÑO:	AF=	661	659	Y	
AG-DISEÑO:	AG=	841	827	Z	
TOTAL		1503	1503	100	%
			Y=	43.86	%
			Z=	55.04	%
FALTA DE AGREGADO:		1646.15	100.00	%	
		Y	43.86	%	
AF-NUEVO	Y=	721.94	Kg/m³		
AG-NUEVO	Z=	924.22	Kg/m³		
NUEVA DOSIFICACION		0.4%			
CEMENTO		539.7	Kg/m ³		
AGUA		213.72	L/m ³		
AGREGADO FINO		721.94	Kg/m ³		
AGREGADO GRUESO		924.22	Kg/m ³		
		<u>2399.6</u>			

Fuente: Elaboración Propia

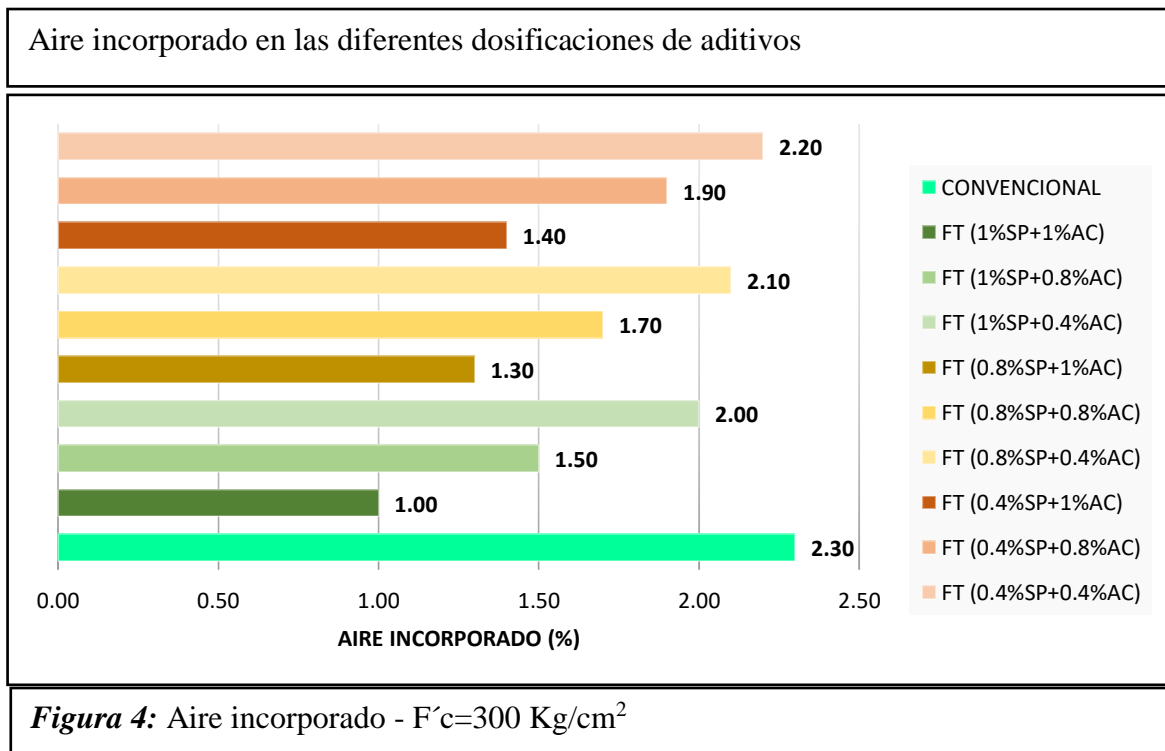
En la tabla 31, se calculó la misma relación agua- cemento del concreto convencional un $f'c=350 \text{ Kg/cm}^2$, que es de 0.396, para el concreto Fast Track con dosificación de 0.4%SP el cual redujo el 16% de agua, se trabajó con esta misma relación con fines de tener una comparación con el concreto convencional.

4.1.2. Descripción 02:

CONCRETO FRESCO



Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

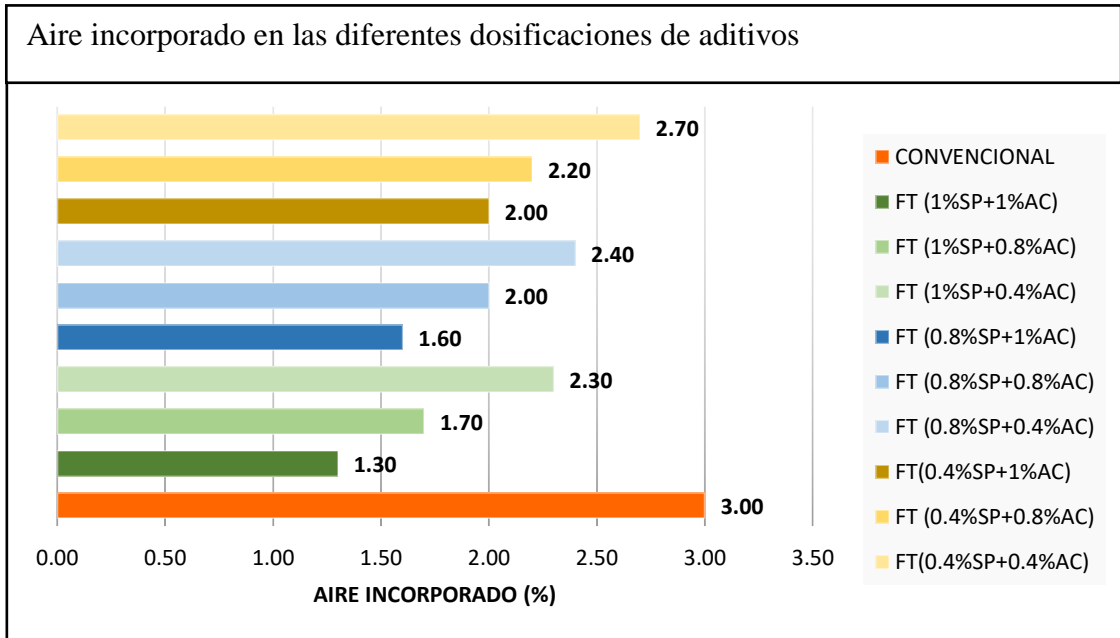


Figura 5: Aire incorporado - $f'c=350 \text{ Kg/cm}^2$

Fuente: Elaboración Propia

En las figuras 3, 4 y 5, se observó que el concreto convencional de $f'c= 280, 300$ y 350 Kg/cm^2 , con aire incorporado de 2.90% , 2.30% y 3.00% respectivamente, contiene mayor aire incorporado, que cuando se le agrega aditivos, por lo que también se evaluó que el aire disminuye cuando la dosificación de aditivos es mayor.

Tabla 32:

Temperatura - $f'c=280 \text{ Kg/cm}^2$

DISEÑO DE RESISTENCIA ($f'c$)	DOSIFICACIÓN	TEMPERATURA(°C)
280 Kg/cm^2	CONVENCIONAL	26.00
	FT (1%SP+1%AC)	28.00
	FT (1%SP+0.8%AC)	32.00
	FT (1%SP+0.4%AC)	27.00
	FT (0.8%SP+1%AC)	28.00
	FT (0.8%SP+0.8%AC)	28.00
	FT (0.8%SP+0.4%AC)	30.00
	FT (0.4%SP+1%AC)	27.00
	FT (0.4%SP+0.8%AC)	28.00
	FT (0.4%SP+0.4%AC)	27.00

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 33:

Temperatura - $f'c=300 \text{ Kg/cm}^2$

DISEÑO DE RESISTENCIA ($f'c$)	DOSIFICACIÓN	TEMPERATURA ($^{\circ}\text{C}$)
300 Kg/cm^2	CONVENCIONAL	20.00
	FT (1%SP+1%AC)	27.00
	FT (1%SP+0.8%AC)	30.00
	FT (1%SP+0.4%AC)	28.00
	FT (0.8%SP+1%AC)	27.00
	FT (0.8%SP+0.8%AC)	27.00
	FT (0.8%SP+0.4%AC)	28.00
	FT (0.4%SP+1%AC)	27.00
	FT (0.4%SP+0.8%AC)	26.00
	FT (0.4%SP+0.4%AC)	29.00

Fuente: Elaboración Propia

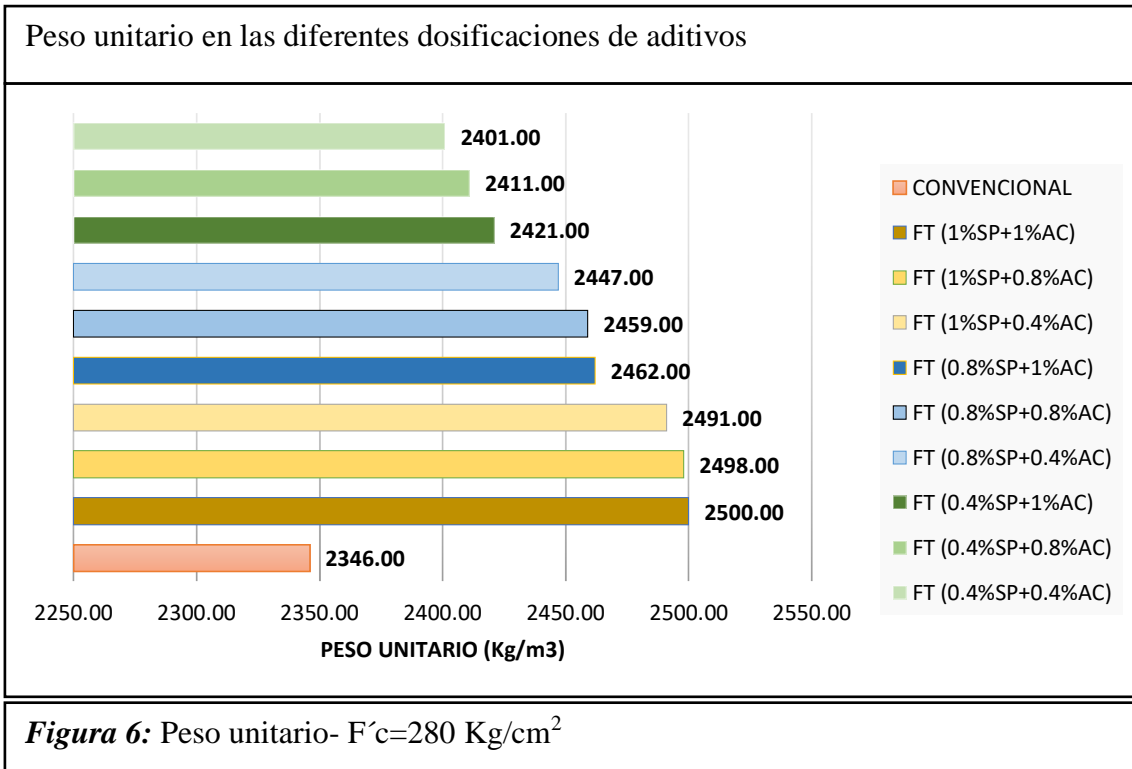
Tabla 34:

Temperatura - $f'c=350 \text{ Kg/cm}^2$

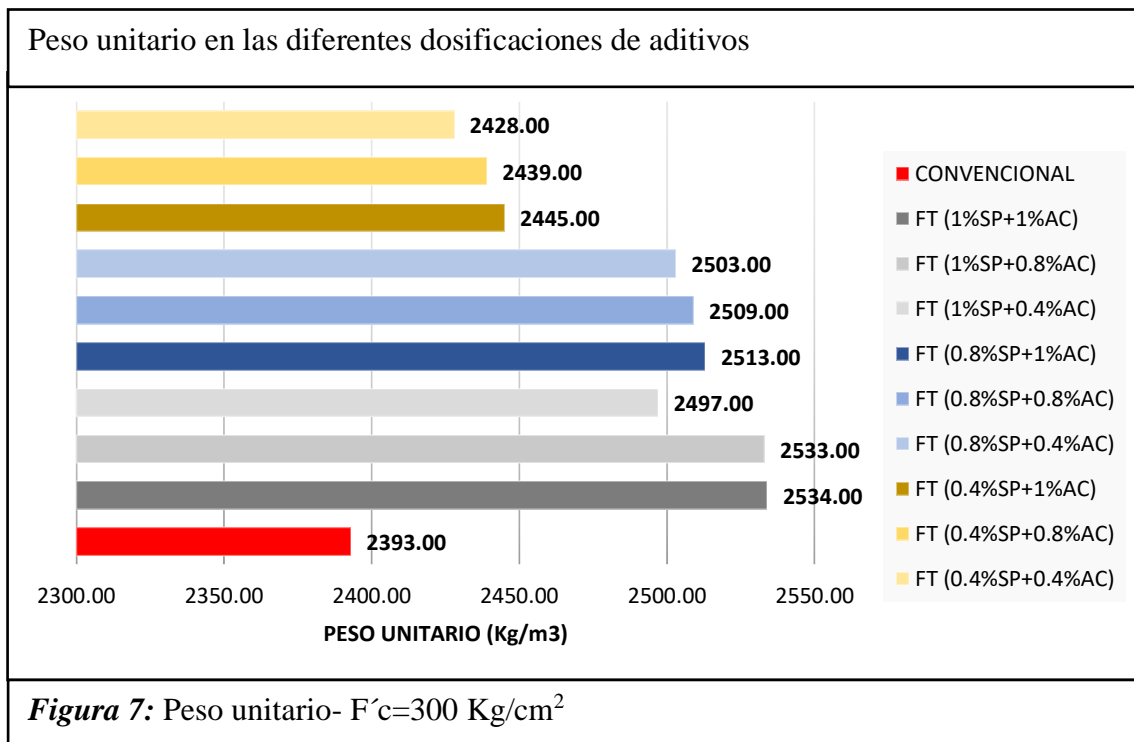
DISEÑO DE RESISTENCIA ($f'c$)	DOSIFICACIÓN	TEMPERATURA ($^{\circ}\text{C}$)
350 Kg/cm^2	CONVENCIONAL	27.00
	FT (1%SP+1%AC)	28.00
	FT (1%SP+0.8%AC)	28.00
	FT (1%SP+0.4%AC)	31.00
	FT (0.8%SP+1%AC)	28.00
	FT (0.8%SP+0.8%AC)	30.00
	FT (0.8%SP+0.4%AC)	29.00
	FT(0.4%SP+1%AC)	26.00
	FT (0.4%SP+0.8%AC)	29.00
	FT(0.4%SP+0.4%AC)	27.00

Fuente: Elaboración Propia

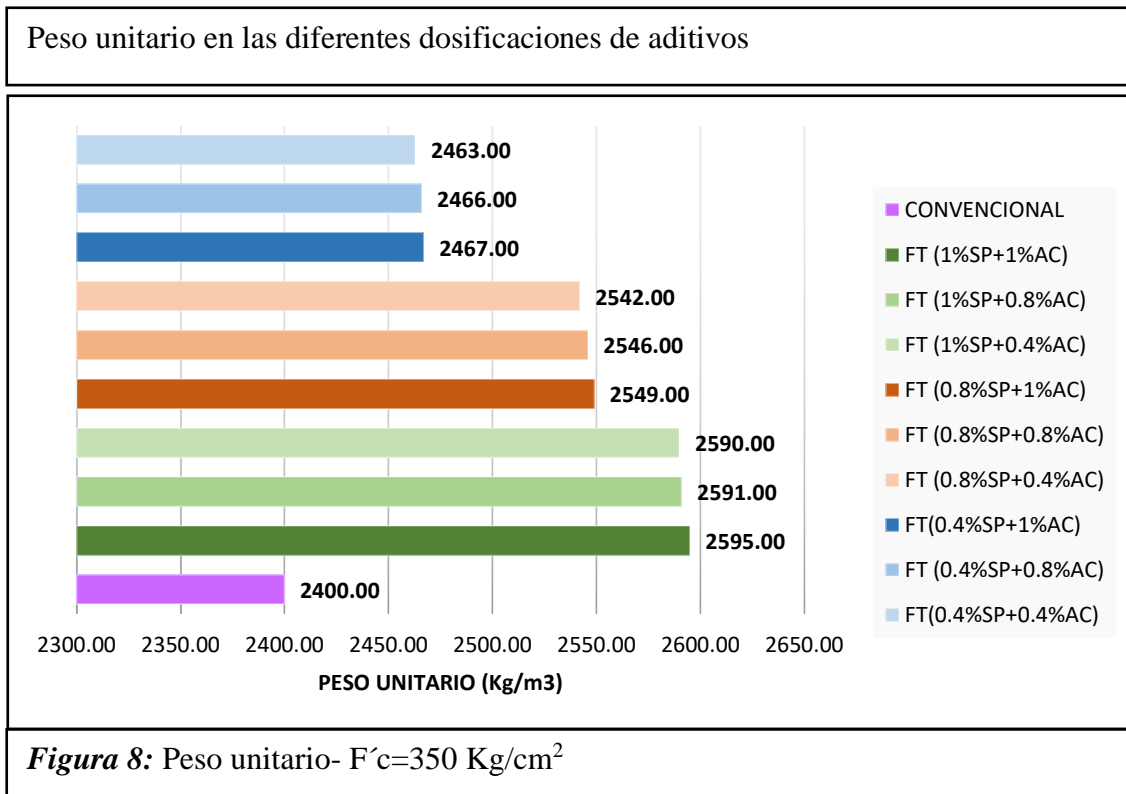
En las tablas 32, 33 y 34 se observa los datos de temperatura que obtuvimos del concreto convencional y el concreto Fast Track (en sus diferentes dosificaciones de aditivos), el cual no hicimos una comparación porque esta se obtiene de acuerdo a la temperatura de cada uno de sus componentes, y no necesariamente de la temperatura ambiente.



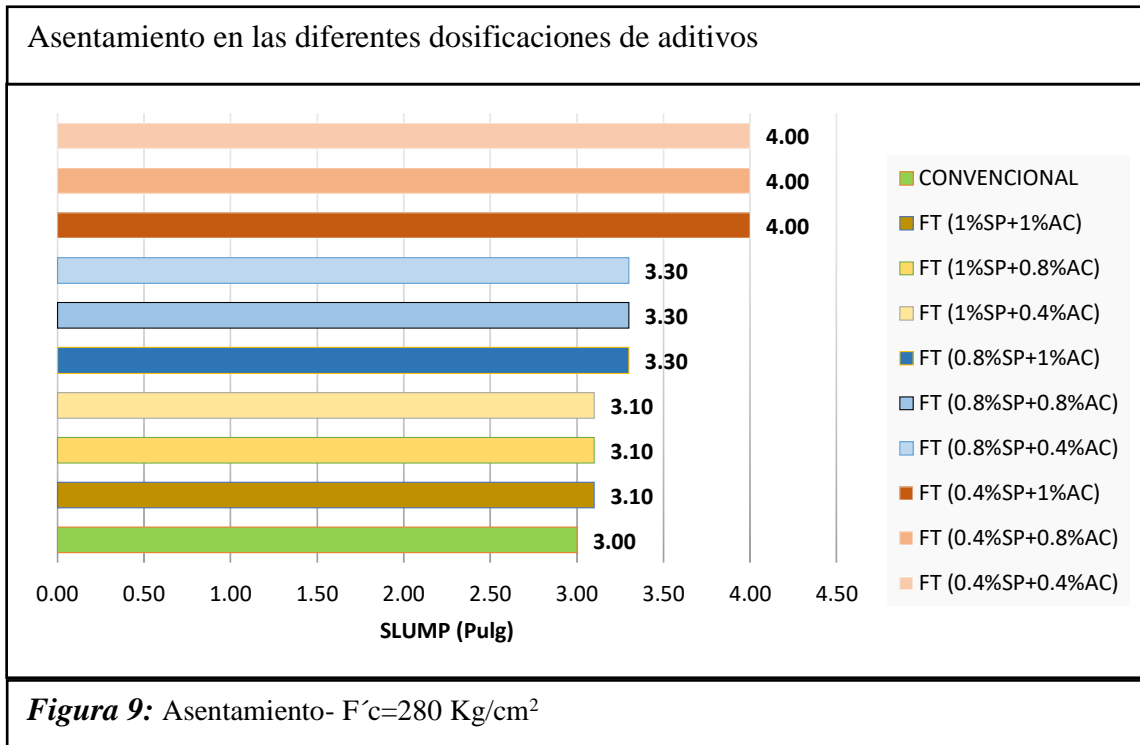
Fuente: Elaboración Propia



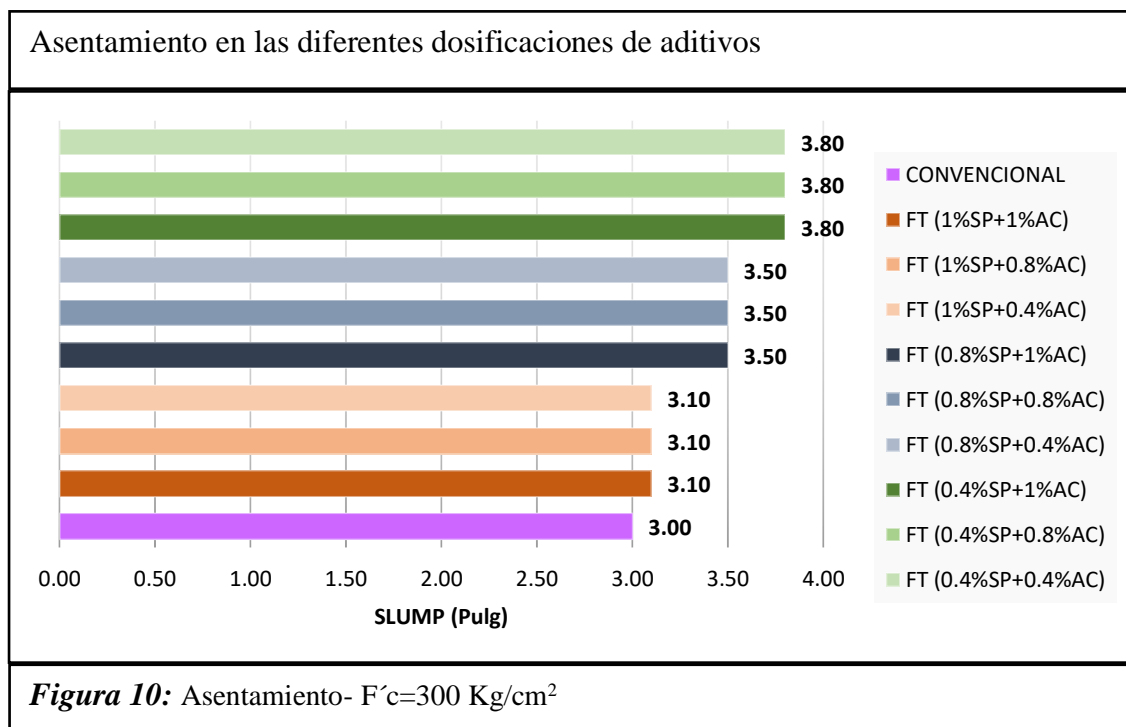
Fuente: Elaboración Propia

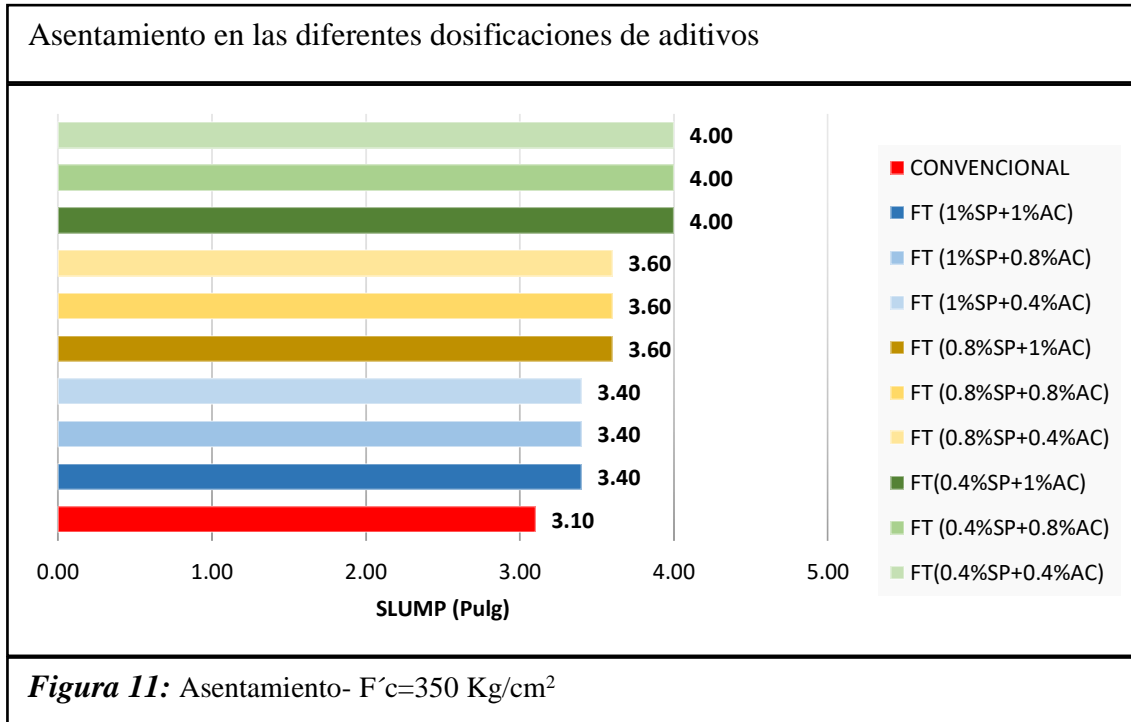


En las figuras 6, 7 y 8, se observó que el peso unitario del concreto convencional de resistencia $f'c= 280, 300$ y 350 Kg/cm^2 con valores de 2346, 2393 y 2400 Kg/cm^3 respectivamente, es menor que del concreto Fast Track (en sus diferentes dosificaciones de aditivos), donde también se observó que el peso del que contiene menor cantidad de aditivos en este caso $0.4\%SP+0.4\%AC$ con pesos de 2401, 2428 y 2463 kg/cm^3 por cada diseño disminuye, con respecto al de mayor cantidad de aditivos en este caso $1\%SP+1\%AC$ con pesos de 2500, 2534 y 2595 Kg/m^3



Fuente: **Elaboración Propia**





Fuente: Elaboración Propia

En las figuras 9, 10 y 11, se observó el asentamiento del concreto convencional y el concreto Fast Track (en sus diferentes dosificaciones de aditivos), donde todos los concretos están en el rango de 3” a 4”, según la norma técnica peruana, para que sea un concreto de consistencia plástica esto quiere decir que tenga una trabajabilidad adecuada. También se observó que cuando disminuye la cantidad de aditivos especialmente el superplastificante, mayor será su asentamiento.

4.1.3. Descripción 03:

CONCRETO ENDURECIDO

Tabla 35:

Resultados de la resistencia a la compresión del concreto convencional- $F'c=280$ Kg/cm²

DESCRIPCIÓN	Edad (días)	F'c Promedio (Kg/cm2)	F'c Diseño (Kg/cm2)	%
CC - Curado	1	63.61	280.00	22.72
CC - Curado	3	169.37	280.00	60.49
CC - Curado	7	202.91	280.00	72.47
CC - Curado	14	263.44	280.00	94.09
CC - Curado	28	319.53	280.00	114.12

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 36:

Resultados de la resistencia a la compresión del concreto Fast Track - $F'c=280$ Kg/cm² - 1%SP+1%AC

DESCRIPCIÓN	Edad (días)	F'c Promedio (Kg/cm2)	F'c Diseño (Kg/cm2)	%
CFT - Curado	1	244.70	280.00	87.39
CFT - Curado	3	284.22	280.00	101.51
CFT - Curado	7	326.43	280.00	116.58
CFT - Curado	14	363.87	280.00	129.95
CFT - Curado	28	396.47	280.00	141.59

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 37:

Resultados de la resistencia a la compresión del concreto Fast Track - $F'c=280$ Kg/cm² - 1%SP+0.8%AC

DESCRIPCIÓN	Edad (días)	F'c Promedio (Kg/cm2)	F'c Diseño (Kg/cm2)	%
CFT - Curado	1	238.57	280.00	85.20
CFT - Curado	3	259.56	280.00	92.70
CFT - Curado	7	302.68	280.00	108.10
CFT - Curado	14	344.49	280.00	123.03
CFT - Curado	28	381.01	280.00	136.08

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 38:

Resultados de la resistencia a la compresión del concreto Fast Track - $F'c=280$
Kg/cm² - 1%SP+0.4%AC

DESCRIPCIÓN	Edad (días)	F'c Promedio (Kg/cm2)	F'c Diseño (Kg/cm2)	%
CFT - Curado	1	229.78	280.00	82.06
CFT - Curado	3	252.11	280.00	90.04
CFT - Curado	7	292.47	280.00	104.45
CFT - Curado	14	335.75	280.00	119.91
CFT - Curado	28	377.76	280.00	134.91

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 39:

Resultados de la resistencia a la compresión del concreto Fast Track - $F'c=280$
Kg/cm² - 0.8%SP+1%AC

DESCRIPCIÓN	Edad (días)	F'c Promedio (Kg/cm2)	F'c Diseño (Kg/cm2)	%
CFT - Curado	1	237.11	280.00	84.68
CFT - Curado	3	272.23	280.00	97.23
CFT - Curado	7	311.91	280.00	111.40
CFT - Curado	14	344.10	280.00	122.89
CFT - Curado	28	381.77	280.00	136.34

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 40:

Resultados de la resistencia a la compresión del concreto Fast Track - $F'c=280$
Kg/cm² - 0.8%SP+0.8%AC

DESCRIPCIÓN	Edad (días)	F'c Promedio (Kg/cm2)	F'c Diseño (Kg/cm2)	%
CFT - Curado	1	232.85	280.00	83.16
CFT - Curado	3	260.74	280.00	93.12
CFT - Curado	7	274.71	280.00	98.11
CFT - Curado	14	304.95	280.00	108.91
CFT - Curado	28	358.98	280.00	128.21

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 41:

Resultados de la resistencia a la compresión del concreto Fast Track - $F'c=280$
Kg/cm² - 0.8%SP+0.4%AC

DESCRIPCIÓN	Edad (días)	F'c Promedio (Kg/cm2)	F'c Diseño (Kg/cm2)	%
CFT - Curado	1	229.74	280.00	82.05
CFT - Curado	3	245.72	280.00	87.76
CFT - Curado	7	274.71	280.00	98.11
CFT - Curado	14	297.36	280.00	106.20
CFT - Curado	28	333.82	280.00	119.22

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 42:

Resultados de la resistencia a la compresión del concreto Fast Track - $F'c=280$
Kg/cm² - 0.4%SP+1%AC

DESCRIPCIÓN	Edad (días)	F'c Promedio (Kg/cm2)	F'c Diseño (Kg/cm2)	%
CFT - Curado	1	227.46	280.00	81.24
CFT - Curado	3	261.05	280.00	93.23
CFT - Curado	7	301.60	280.00	107.71
CFT - Curado	14	336.79	280.00	120.28
CFT - Curado	28	359.04	280.00	128.23

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 43:

Resultados de la resistencia a la compresión del concreto Fast Track - $F'c=280$
Kg/cm² - 0.4%SP+0.8%AC

DESCRIPCIÓN	Edad (días)	F'c Promedio (Kg/cm2)	F'c Diseño (Kg/cm2)	%
CFT - Curado	1	225.10	280.00	80.39
CFT - Curado	3	244.85	280.00	87.45
CFT - Curado	7	286.56	280.00	102.34
CFT - Curado	14	320.95	280.00	114.63
CFT - Curado	28	349.79	280.00	124.92

Fuente: Elaboración Propia

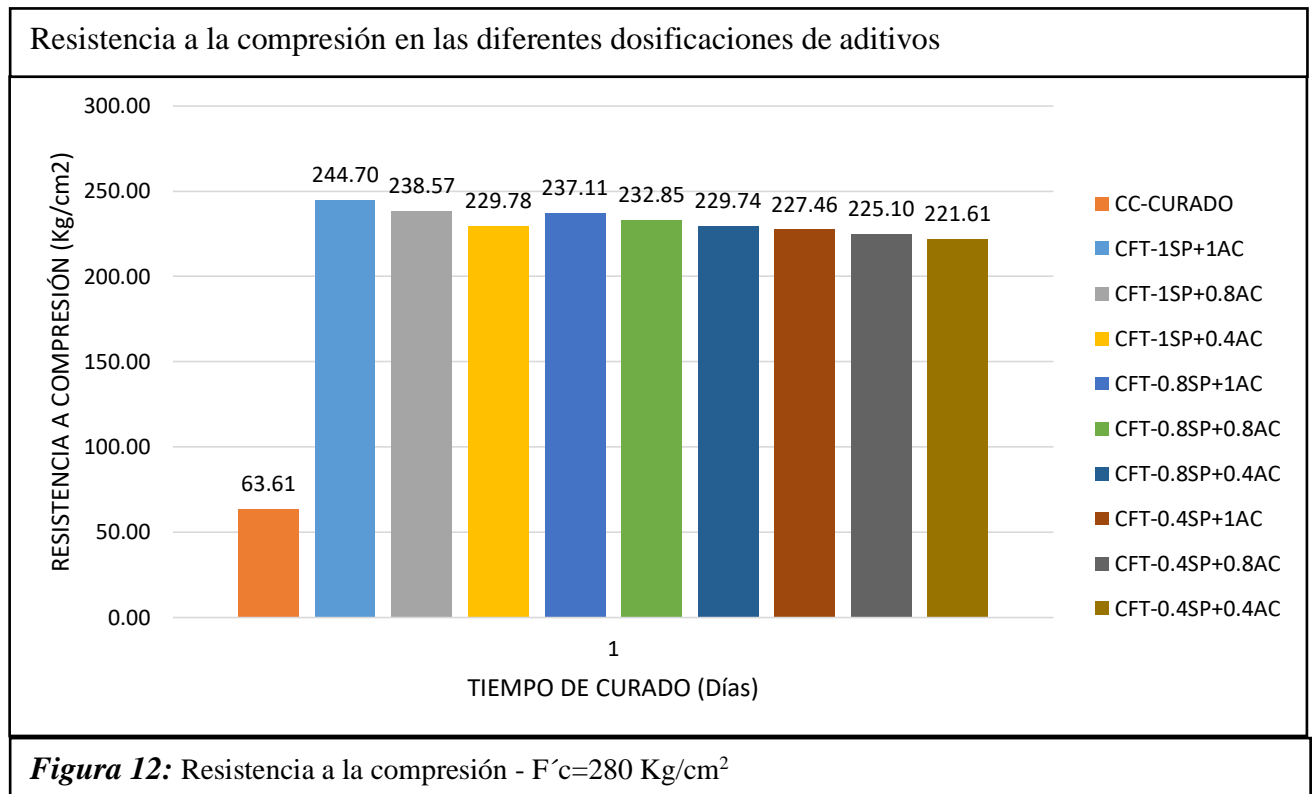
Tabla 44:

Resultados de la resistencia a la compresión del concreto Fast Track- $F'c=280$ Kg/cm² - 0.4%SP+0.4%AC

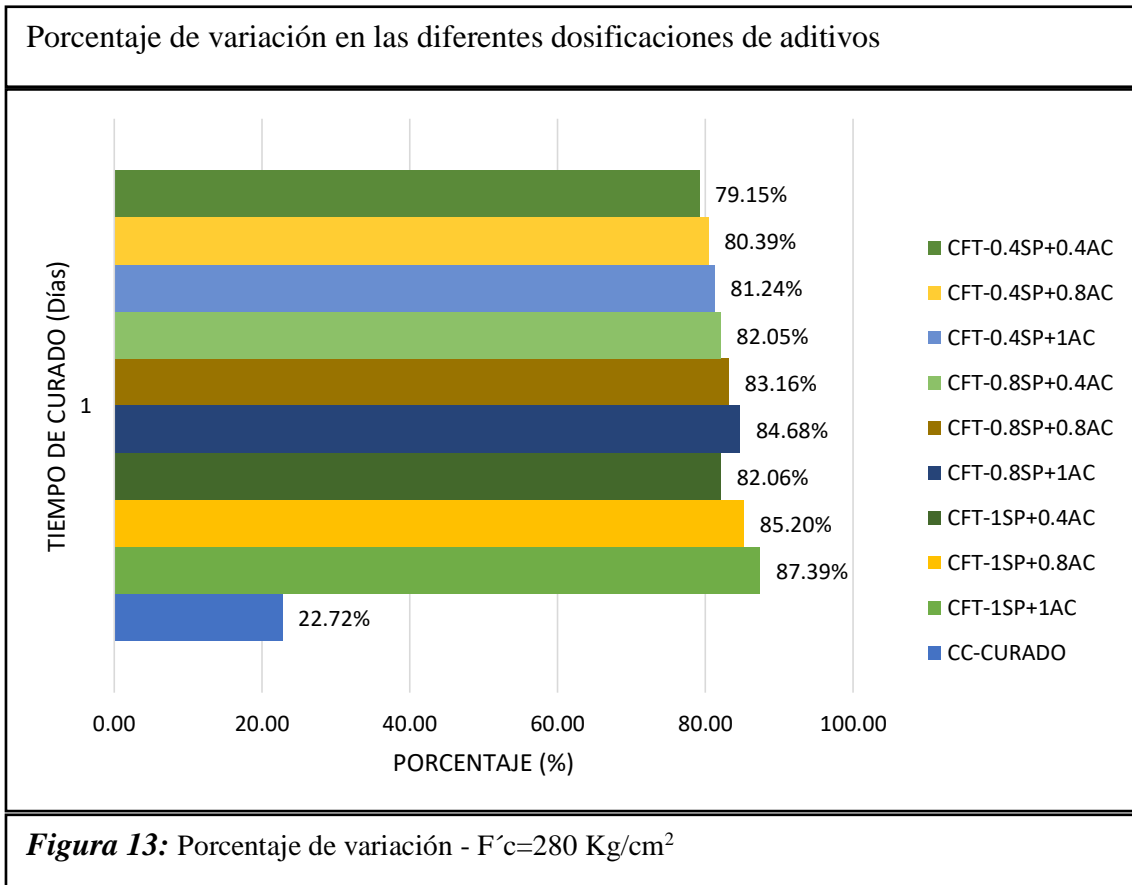
DESCRIPCIÓN	Edad (días)	F'c Promedio (Kg/cm2)	F'c Diseño (Kg/cm2)	%
CFT - Curado	1	221.61	280.00	79.15
CFT - Curado	3	236.39	280.00	84.42
CFT - Curado	7	256.03	280.00	91.44
CFT - Curado	14	294.74	280.00	105.27
CFT - Curado	28	326.19	280.00	116.50

Fuente: Elaboración Propia

Para la presente investigación se planteó una resistencia de diseño de $f'c=280$ Kg/cm², de la cual se elaboró el concreto convencional, y así también el concreto Fast Track (en sus diferentes dosificaciones), para obtener la resistencia a la compresión en 1, 3, 7, 14 y 28 días de edad; los resultados se muestran en las tablas 35, 36, 37, 38, 39 40, 41, 42, 43 y 44.

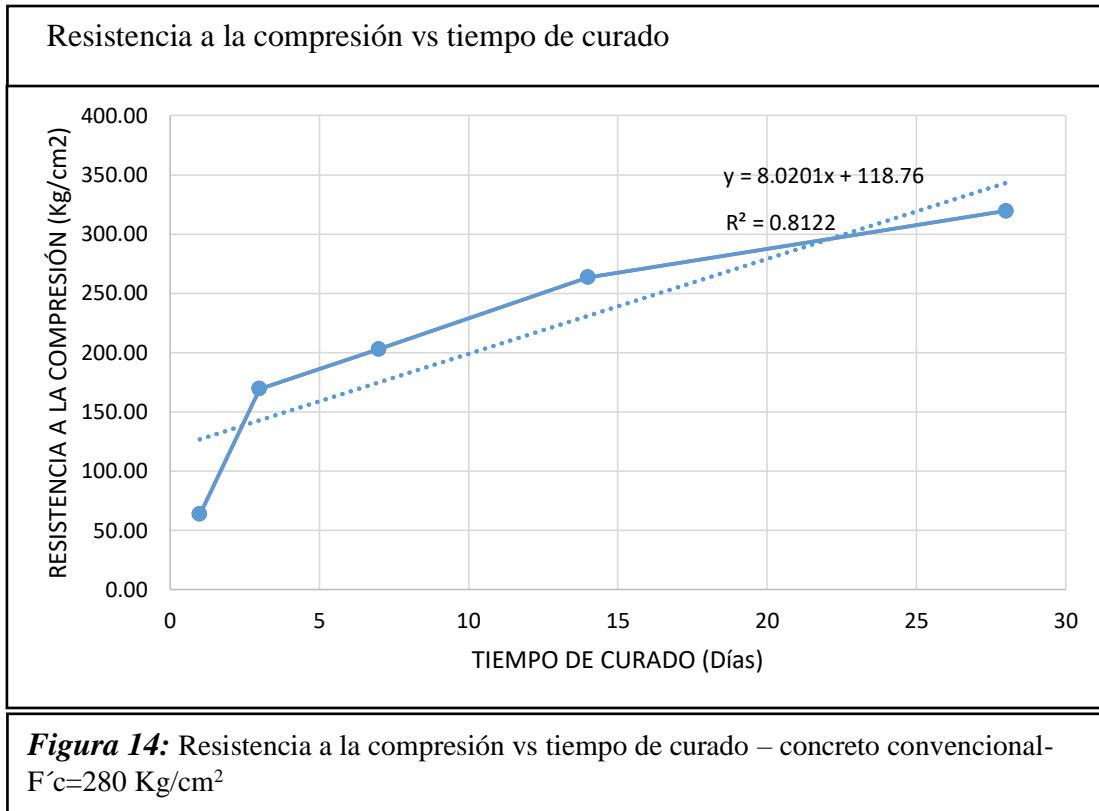


Fuente: Elaboración Propia

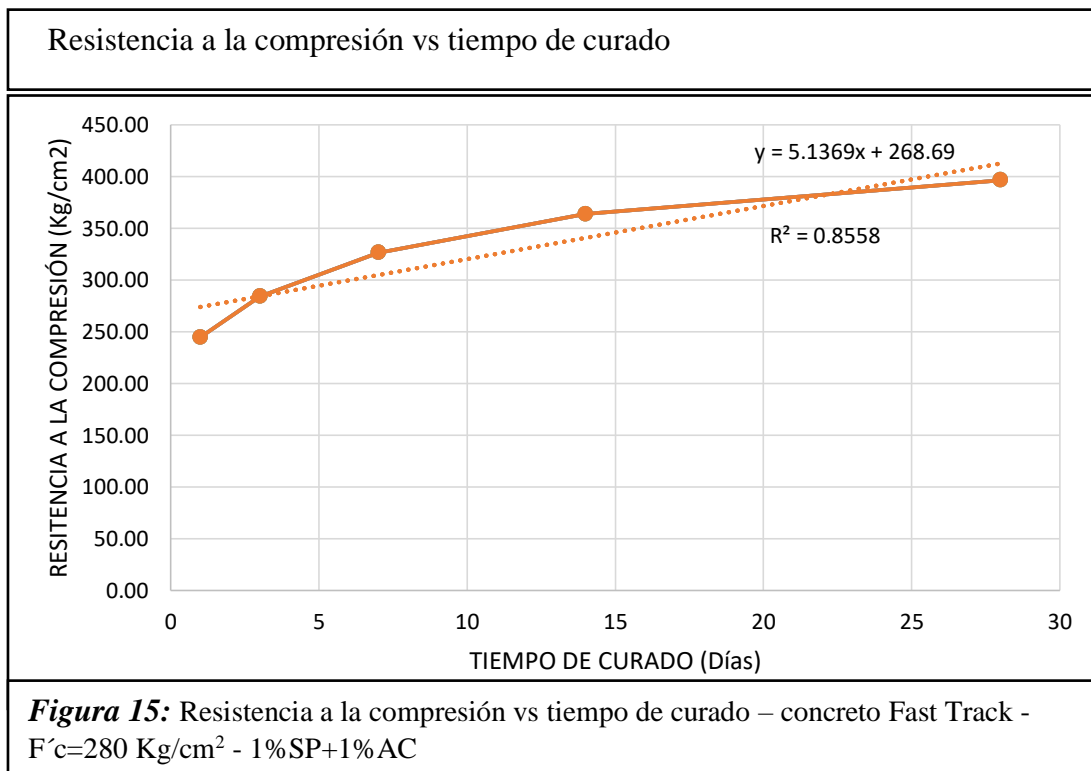


Fuente: Elaboración Propia

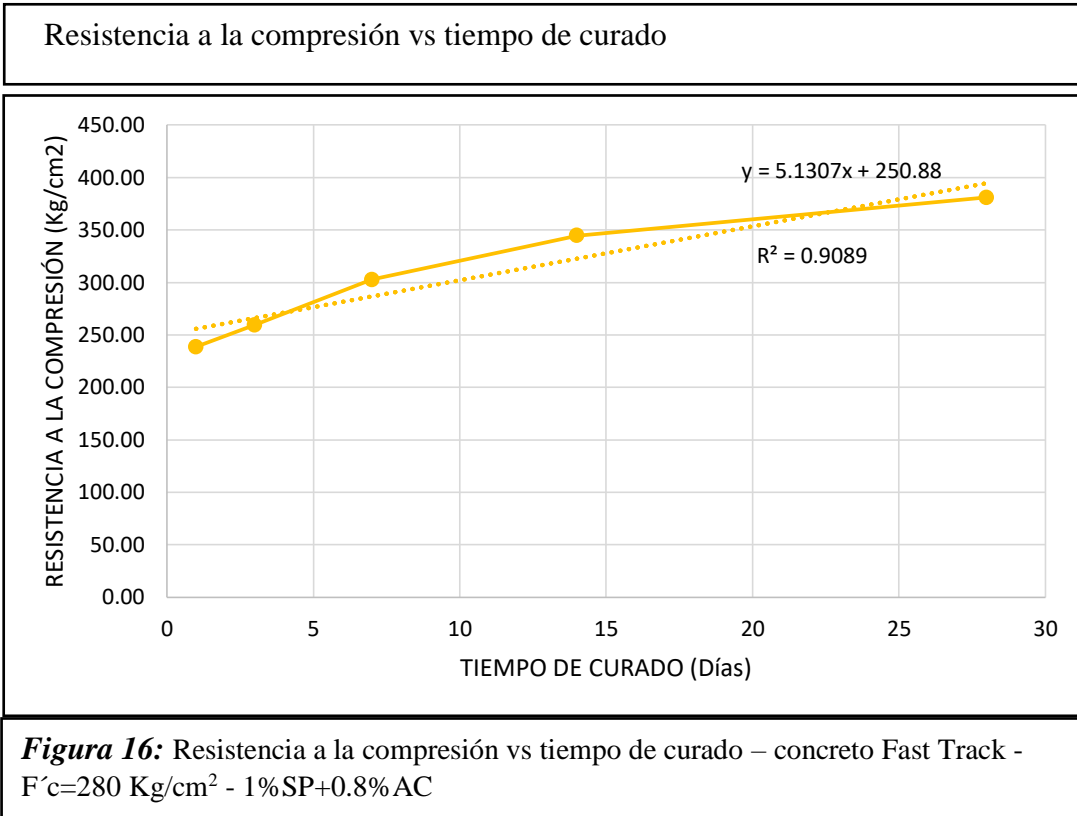
El concreto Fast Track es un concreto que alcanza una máxima resistencia a la compresión a un día de edad, por lo que se comparó los resultados de un día con una resistencia de diseño $f'c=280 \text{ Kg/cm}^2$, esta comparación lo podemos observar en la figura 12, donde se evaluó que el concreto convencional su resistencia a la compresión a un día de edad es muy baja con respecto al del concreto Fast Track (en sus diferentes dosificaciones), y en porcentajes de variación con respecto al $f'c$ de diseño, estos se pueden observar en la figura 13.



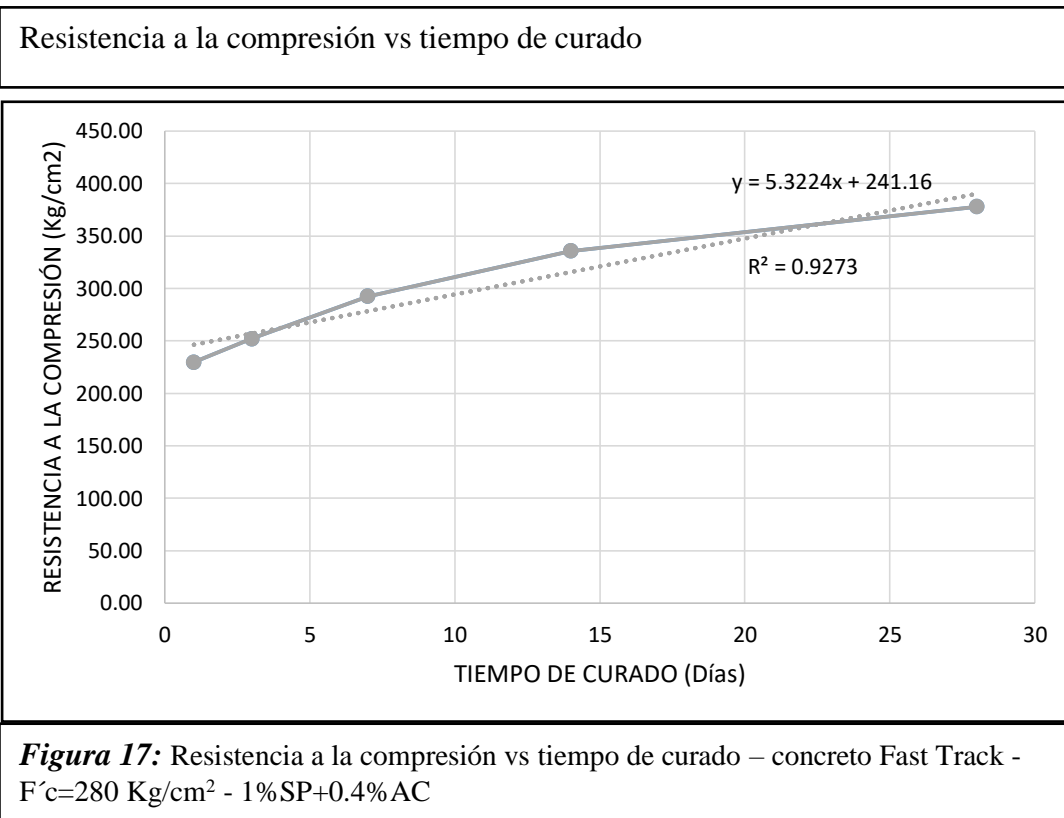
Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

Resistencia a la compresión vs tiempo de curado

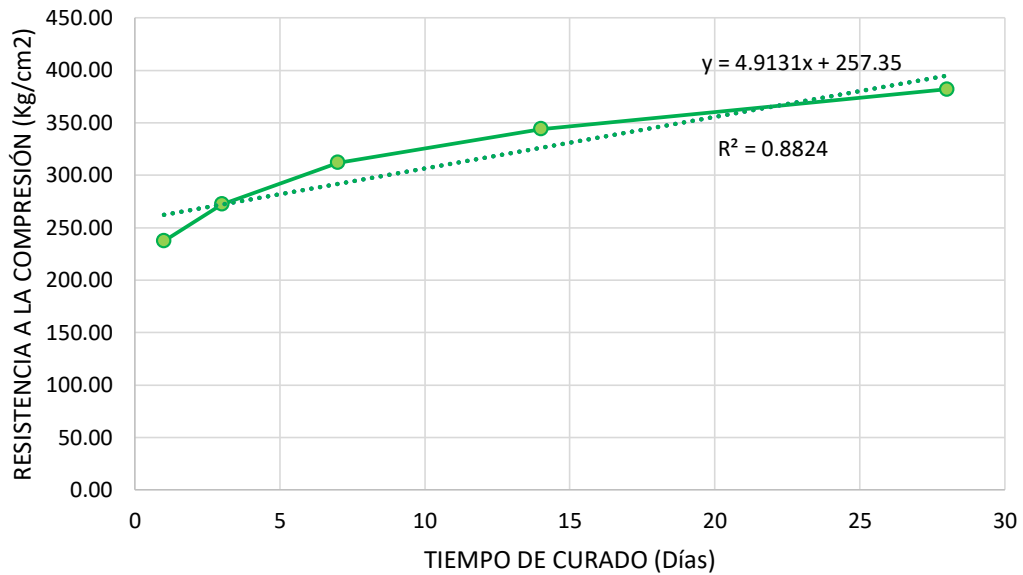


Figura 18: Resistencia a la compresión vs tiempo de curado – concreto Fast Track - $F'c=280 \text{ Kg/cm}^2 - 0.8\% \text{ SP}+1\% \text{ AC}$

Fuente: Elaboración Propia

Resistencia a la compresión vs tiempo de curado

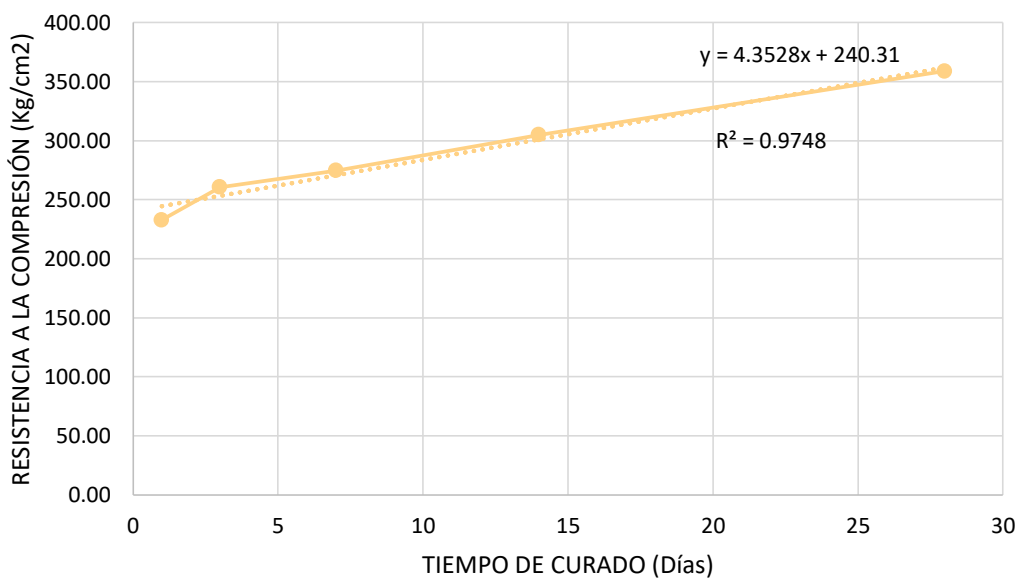


Figura 19: Resistencia a la compresión vs tiempo de curado – concreto Fast Track - $F'c=280 \text{ Kg/cm}^2 - 0.8\% \text{ SP}+0.8\% \text{ AC}$

Fuente: Elaboración Propia

Resistencia a la compresión vs tiempo de curado

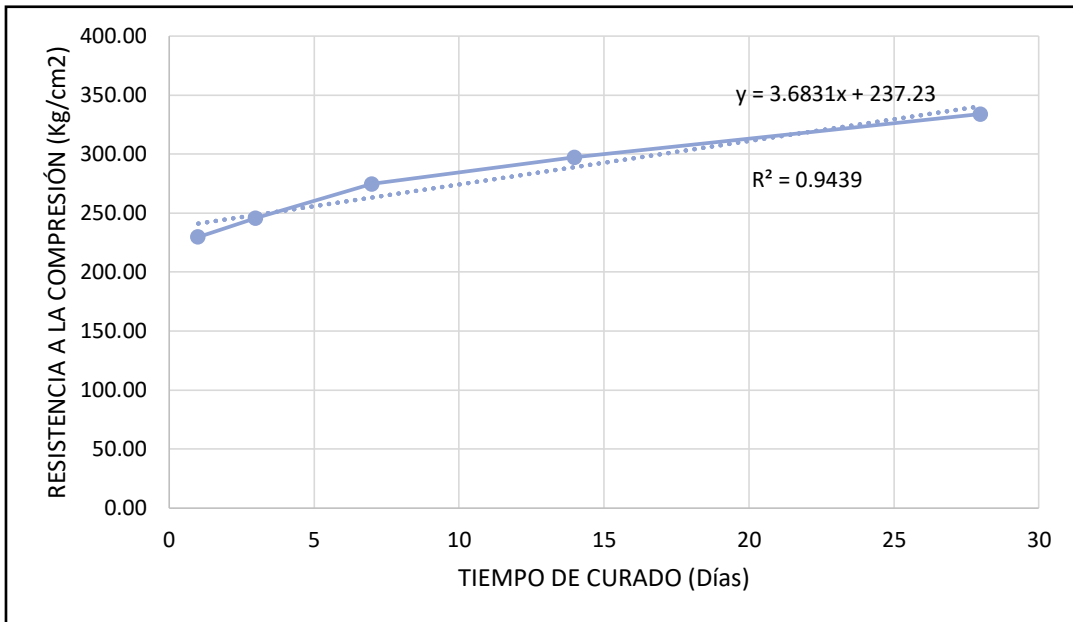


Figura 20: Resistencia a la compresión vs tiempo de curado – concreto Fast Track - $F'c=280 \text{ Kg/cm}^2 - 0.8\% \text{ SP} + 0.4\% \text{ AC}$

Fuente: Elaboración Propia

Resistencia a la compresión vs tiempo de curado

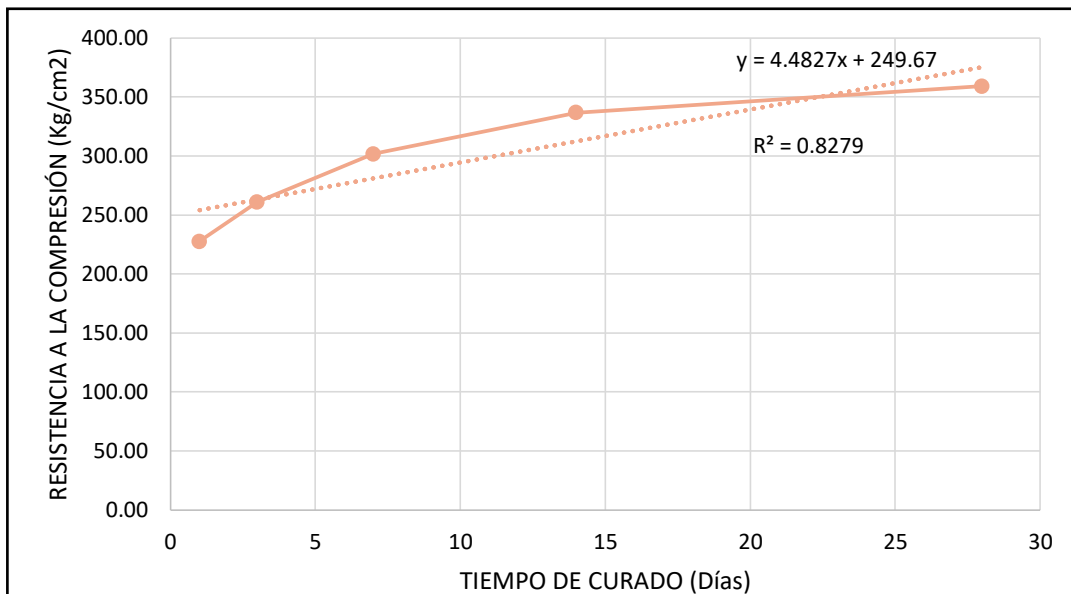


Figura 21: Resistencia a la compresión vs tiempo de curado – concreto Fast Track - $F'c=280 \text{ Kg/cm}^2 - 0.4\% \text{ SP} + 1\% \text{ AC}$

Fuente: Elaboración Propia

Resistencia a la compresión vs tiempo de curado

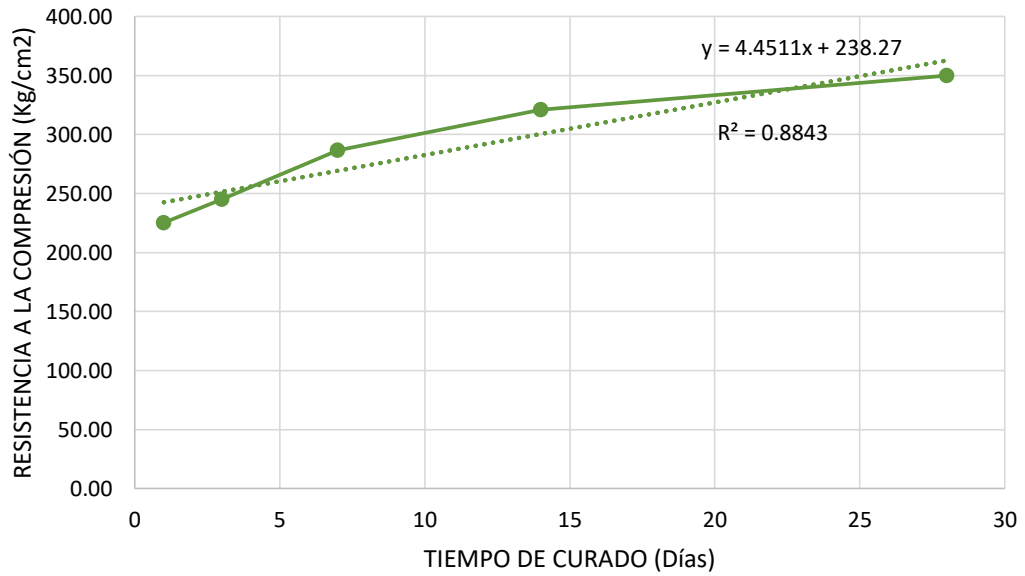


Figura 22: Resistencia a la compresión vs tiempo de curado – concreto Fast Track - $F'c=280 \text{ Kg/cm}^2 - 0.4\% \text{ SP} + 0.8\% \text{ AC}$

Fuente: Elaboración Propia

Resistencia a la compresión vs tiempo de curado

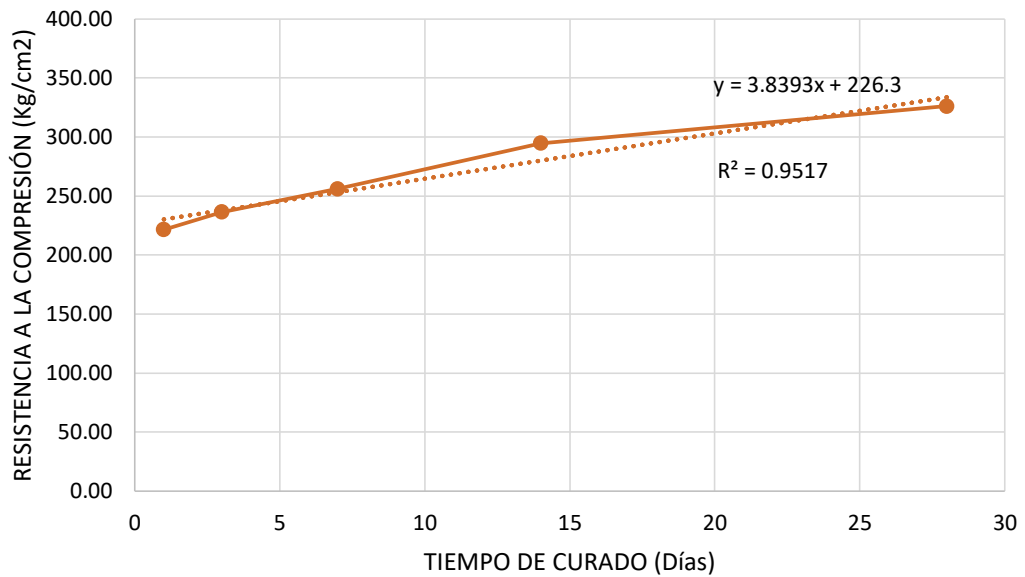


Figura 23: Resistencia a la compresión vs tiempo de curado – concreto Fast Track - $F'c=280 \text{ Kg/cm}^2 - 0.4\% \text{ SP} + 0.4\% \text{ AC}$

Fuente: Elaboración Propia

Las figuras 14, 15, 16 17, 18, 19, 20, 21, 22 y 23, se analizó como la resistencia a la compresión va aumentando de acuerdo al tiempo de curado ya sea del concreto convencional y el concreto Fast Track de resistencia de diseño $f'c=280 \text{ Kg/cm}^2$, del cual de las curvas que se obtuvieron de estos datos se generó una ecuación lineal.

Tabla 45:

Resultados de la resistencia a la compresión del concreto convencional - $F'c=300 \text{ Kg/cm}^2$

DESCRIPCIÓN	Edad (días)	F'c Promedio (Kg/cm ²)	F'c Diseño (Kg/cm ²)	%
CC - Curado	1	77.16	300.00	25.72
CC - Curado	3	176.81	300.00	58.94
CC - Curado	7	227.16	300.00	75.72
CC - Curado	14	289.39	300.00	96.46
CC - Curado	28	373.79	300.00	124.60

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 46:

Resultados de la resistencia a la compresión del concreto Fast Track- $F'c=300 \text{ Kg/cm}^2$ - 1%SP+1%AC

DESCRIPCIÓN	Edad (días)	F'c Promedio (Kg/cm ²)	F'c Diseño (Kg/cm ²)	%
CFT - Curado	1	265.35	300.00	88.45
CFT - Curado	3	283.88	300.00	94.63
CFT - Curado	7	321.64	300.00	107.21
CFT - Curado	14	355.64	300.00	118.55
CFT - Curado	28	401.92	300.00	133.97

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 47:

Resultados de la resistencia a la compresión del concreto Fast Track- $F'c=300 \text{ Kg/cm}^2$
- 1%SP+0.8% AC

DESCRIPCIÓN	Edad (días)	F'c Promedio (Kg/cm ²)	F'c Diseño (Kg/cm ²)	%
CFT - Curado	1	262.22	300.00	87.41
CFT - Curado	3	279.09	300.00	93.03
CFT - Curado	7	315.60	300.00	105.20
CFT - Curado	14	343.41	300.00	114.47
CFT - Curado	28	382.17	300.00	127.39

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 48:

Resultados de la resistencia a la compresión del concreto Fast Track- $F'c=300 \text{ Kg/cm}^2$
- 1%SP+0.4% AC

DESCRIPCIÓN	Edad (días)	F'c Promedio (Kg/cm ²)	F'c Diseño (Kg/cm ²)	%
CFT - Curado	1	244.14	300.00	81.38
CFT - Curado	3	257.73	300.00	85.91
CFT - Curado	7	287.11	300.00	95.70
CFT - Curado	14	317.29	300.00	105.76
CFT - Curado	28	349.26	300.00	116.42

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 49:

Resultados de la resistencia a la compresión del concreto Fast Track- $F'c=300 \text{ Kg/cm}^2$
- 0.8%SP+1% AC

DESCRIPCIÓN	Edad (días)	F'c Promedio (Kg/cm ²)	F'c Diseño (Kg/cm ²)	%
CFT - Curado	1	249.91	300.00	83.30
CFT - Curado	3	258.26	300.00	86.09
CFT - Curado	7	296.69	300.00	98.90
CFT - Curado	14	324.56	300.00	108.19
CFT - Curado	28	358.32	300.00	119.44

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 50:

Resultados de la resistencia a la compresión del concreto Fast Track- $F'c=300 \text{ Kg/cm}^2$
- 0.8%SP+0.8% AC

DESCRIPCIÓN	Edad (días)	F'c Promedio (Kg/cm ²)	F'c Diseño (Kg/cm ²)	%
CFT - Curado	1	238.90	300.00	79.63
CFT - Curado	3	249.47	300.00	83.16
CFT - Curado	7	277.25	300.00	92.42
CFT - Curado	14	305.46	300.00	101.82
CFT - Curado	28	339.75	300.00	113.25

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 51:

Resultados de la resistencia a la compresión del concreto Fast Track- $F'c=300 \text{ Kg/cm}^2$
- 0.8%SP+0.4% AC

DESCRIPCIÓN	Edad (días)	F'c Promedio (Kg/cm ²)	F'c Diseño (Kg/cm ²)	%
CFT - Curado	1	235.22	300.00	78.41
CFT - Curado	3	246.47	300.00	82.16
CFT - Curado	7	277.25	300.00	92.42
CFT - Curado	14	281.10	300.00	93.70
CFT - Curado	28	310.44	300.00	103.48

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 52:

Resultados de la resistencia a la compresión del concreto Fast Track- $F'c=300 \text{ Kg/cm}^2$
- 0.4%SP+1% AC

DESCRIPCIÓN	Edad (días)	F'c Promedio (Kg/cm ²)	F'c Diseño (Kg/cm ²)	%
CFT - Curado	1	243.25	300.00	81.08
CFT - Curado	3	276.82	300.00	92.27
CFT - Curado	7	297.11	300.00	99.04
CFT - Curado	14	322.05	300.00	107.35
CFT - Curado	28	345.59	300.00	115.20

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 53:

Resultados de la resistencia a la compresión del concreto Fast Track- $F'c=300 \text{ Kg/cm}^2$
- 0.4%SP+0.8% AC

DESCRIPCIÓN	Edad (días)	F'c Promedio (Kg/cm ²)	F'c Diseño (Kg/cm ²)	%
CFT - Curado	1	231.10	300.00	77.03
CFT - Curado	3	301.78	300.00	100.59
CFT - Curado	7	321.59	300.00	107.20
CFT - Curado	14	326.25	300.00	108.75
CFT - Curado	28	336.44	300.00	112.15

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 54:

Resultados de la resistencia a la compresión del concreto Fast Track- $F'c=300 \text{ Kg/cm}^2$
- 0.4%SP+0.4% AC

DESCRIPCIÓN	Edad (días)	F'c Promedio (Kg/cm ²)	F'c Diseño (Kg/cm ²)	%
CFT - Curado	1	218.59	300.00	72.86
CFT - Curado	3	233.09	300.00	77.70
CFT - Curado	7	253.45	300.00	84.48
CFT - Curado	14	272.30	300.00	90.77
CFT - Curado	28	305.05	300.00	101.68

Fuente: Elaboración Propia

Para la presente investigación se planteó una resistencia de diseño de $f'c=300 \text{ Kg/cm}^2$, de la cual se elaboró el concreto convencional, y así también el concreto Fast Track (en sus diferentes dosificaciones), para obtener la resistencia a la compresión en 1, 3, 7, 14 y 28 días de edad; los resultados se muestran en las tablas 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 43 y 54

Resistencia a la compresión

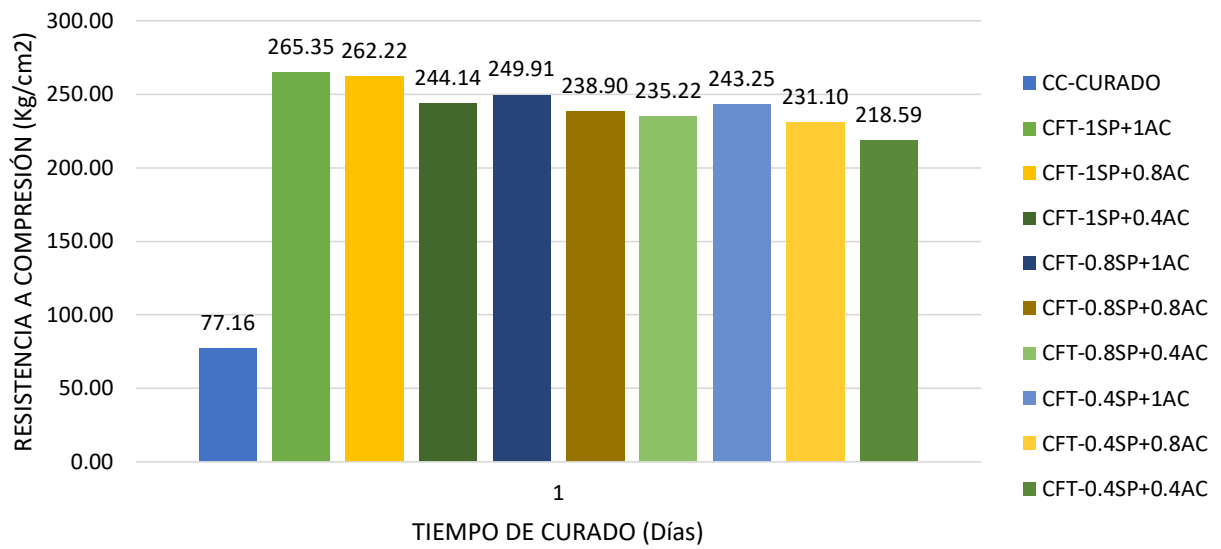


Figura 24: Resistencia a la compresión $F'c=300 \text{ Kg/cm}^2$

Fuente: Elaboración Propia

Porcentaje de variación

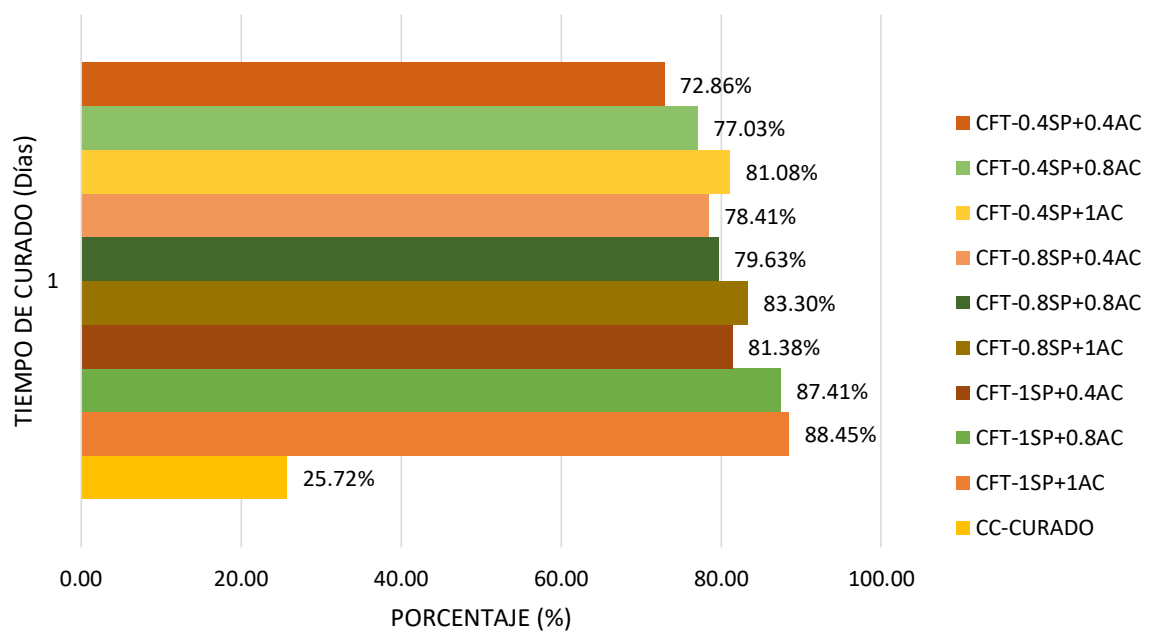
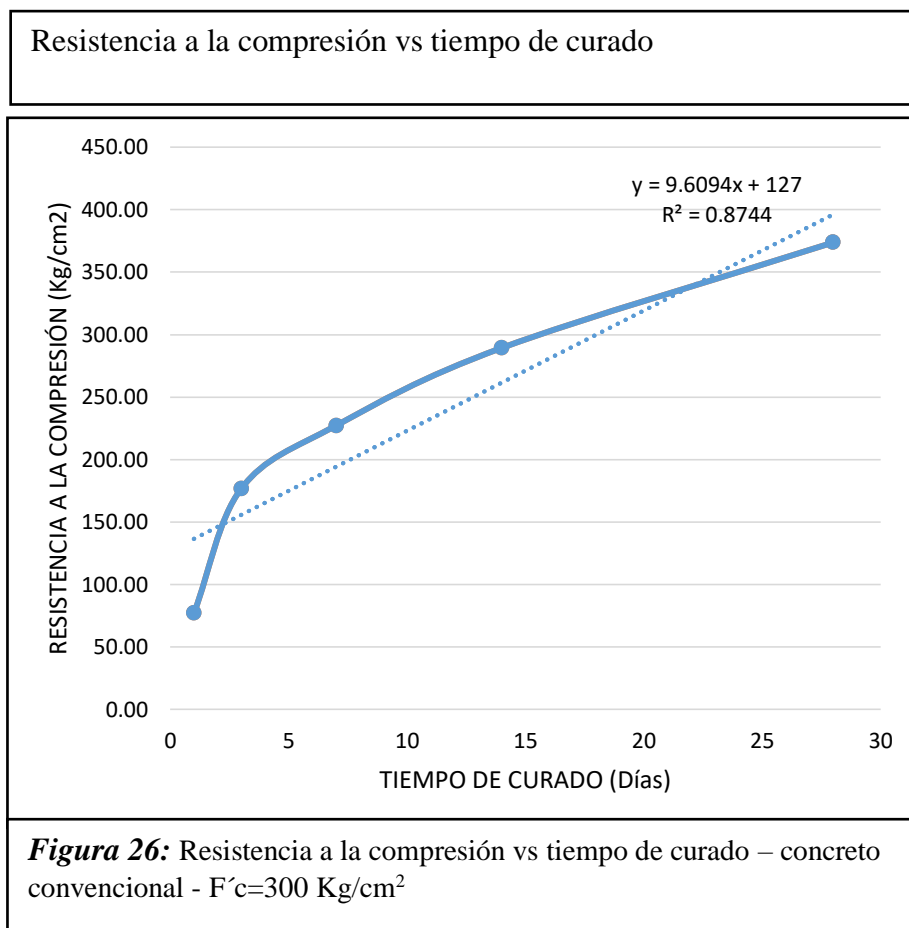


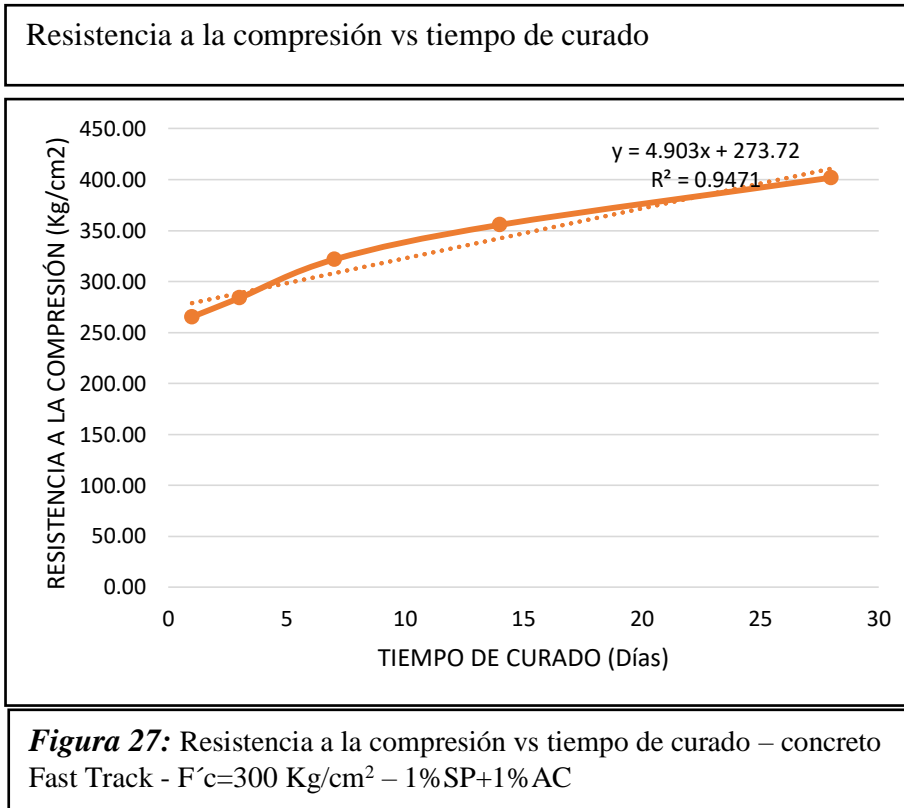
Figura 25: Porcentaje de variación $F'c=300 \text{ Kg/cm}^2$

Fuente: Elaboración Propia

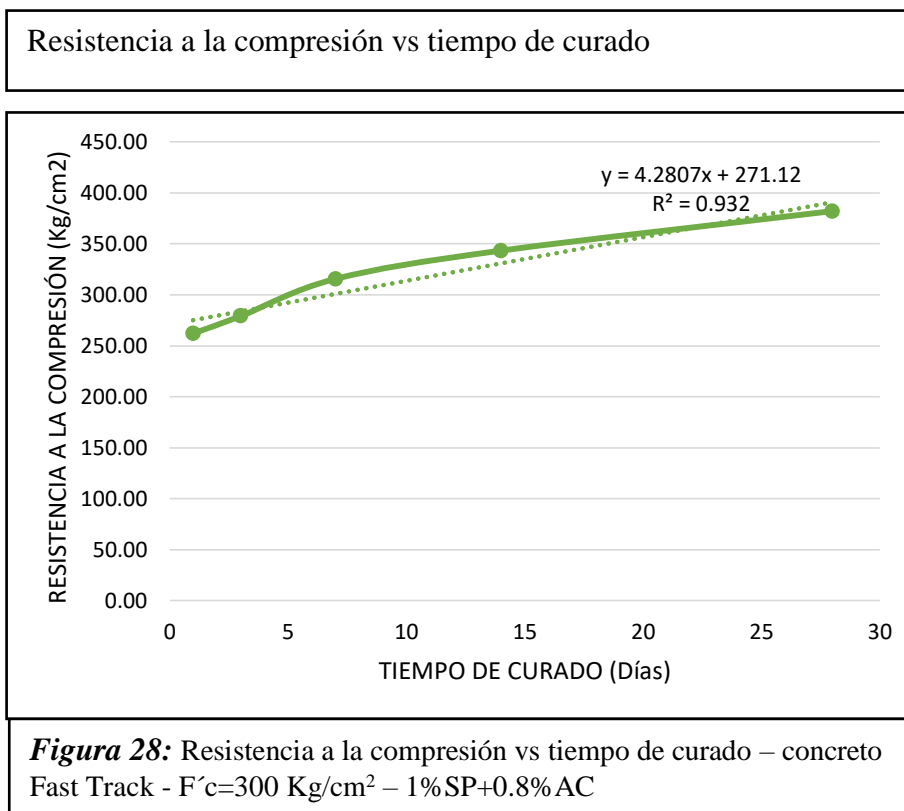
El concreto Fast Track es un concreto que alcanza una máxima resistencia a compresión a un día de edad, por lo que se comparó los resultados de un día con una resistencia de diseño $f'c=300 \text{ Kg/cm}^2$, esta comparación lo podemos observar en la figura 24, donde se evaluó que el concreto convencional su resistencia a la compresión a un día de edad es muy baja con respecto al del concreto Fast Track (en sus diferentes dosificaciones), y en porcentajes de variación con respecto al $f'c$ de diseño, estos se pueden observar en la figura 25.



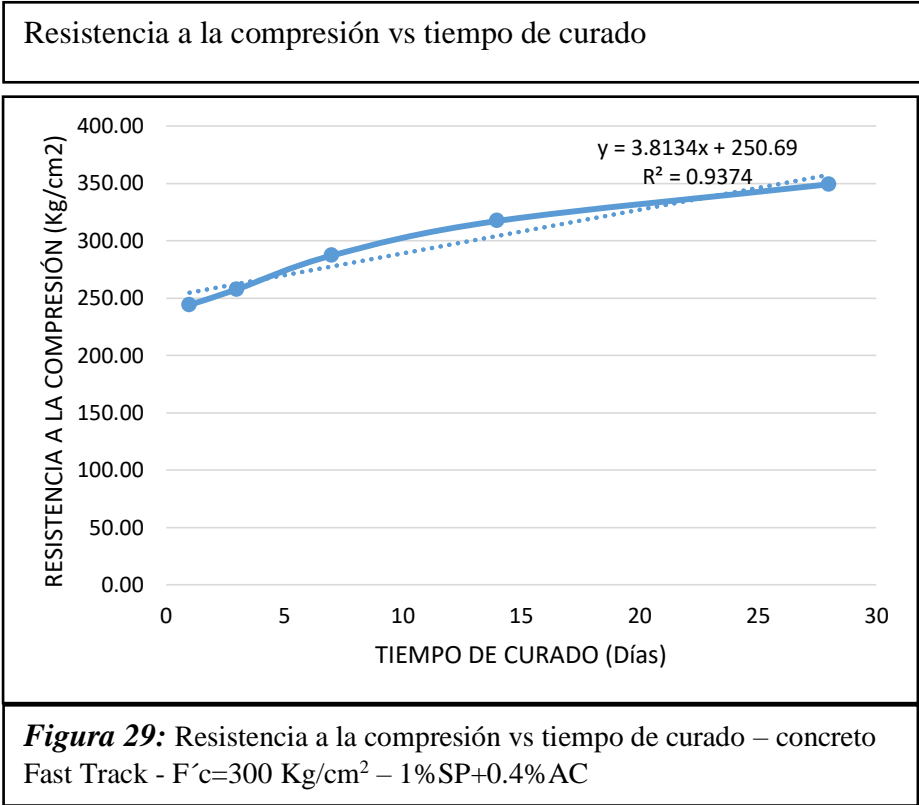
Fuente: Elaboración Propia



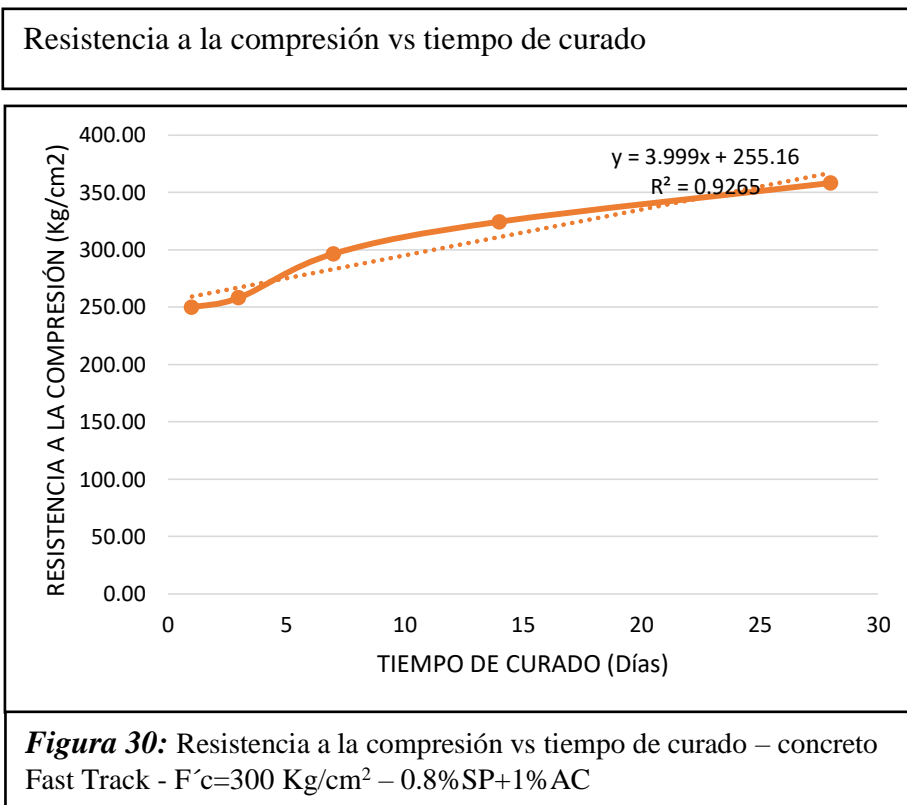
Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

Resistencia a la compresión vs tiempo de curado

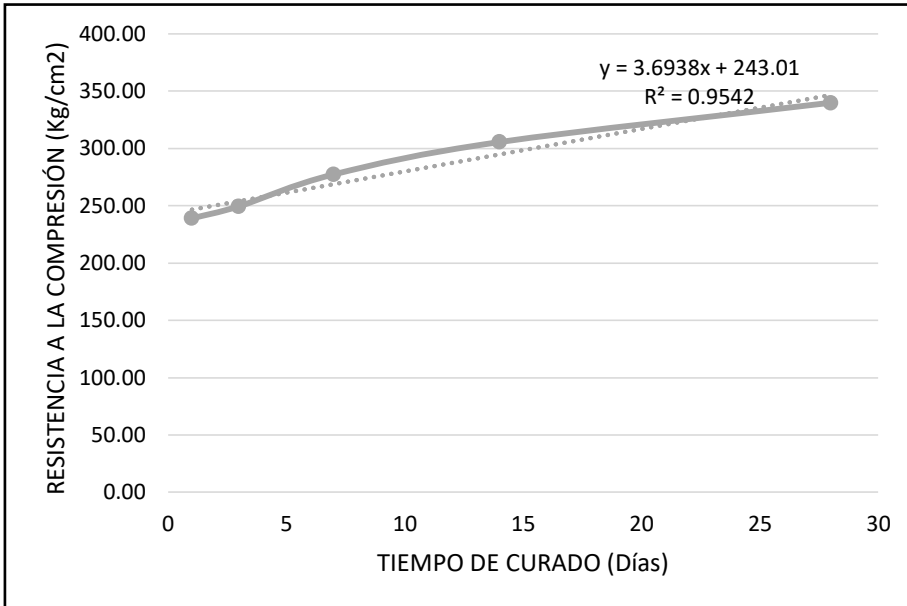


Figura 31: Resistencia a la compresión vs tiempo de curado – concreto Fast Track - $F'c=300 \text{ Kg/cm}^2 - 0.8\% \text{ SP} + 0.8\% \text{ AC}$

Fuente: Elaboración Propia

Resistencia a la compresión vs tiempo de curado

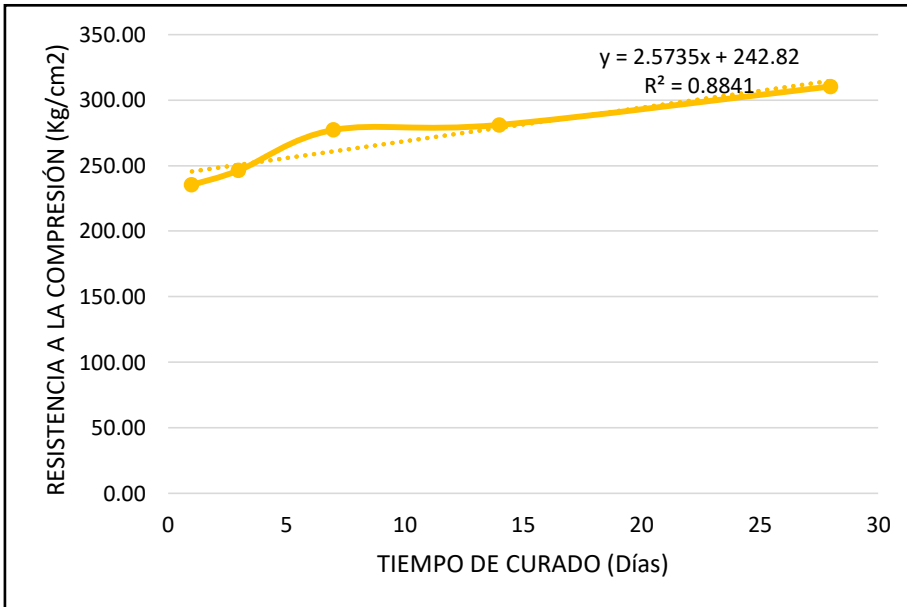


Figura 32: Resistencia a la compresión vs tiempo de curado – concreto Fast Track - $F'c=300 \text{ Kg/cm}^2 - 0.8\% \text{ SP} + 0.4\% \text{ AC}$

Fuente: Elaboración Propia

Resistencia a la compresión vs tiempo de curado

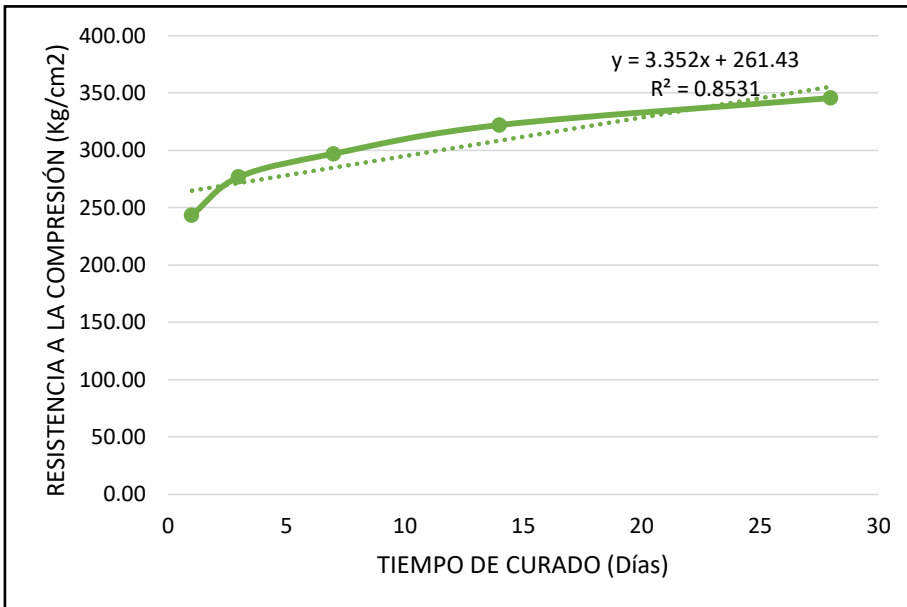


Figura 33: Resistencia a la compresión vs tiempo de curado – concreto Fast Track - $F'c=300 \text{ Kg/cm}^2 - 0.4\% \text{ SP}+1\% \text{ AC}$

Fuente: Elaboración Propia

Resistencia a la compresión vs tiempo de curado

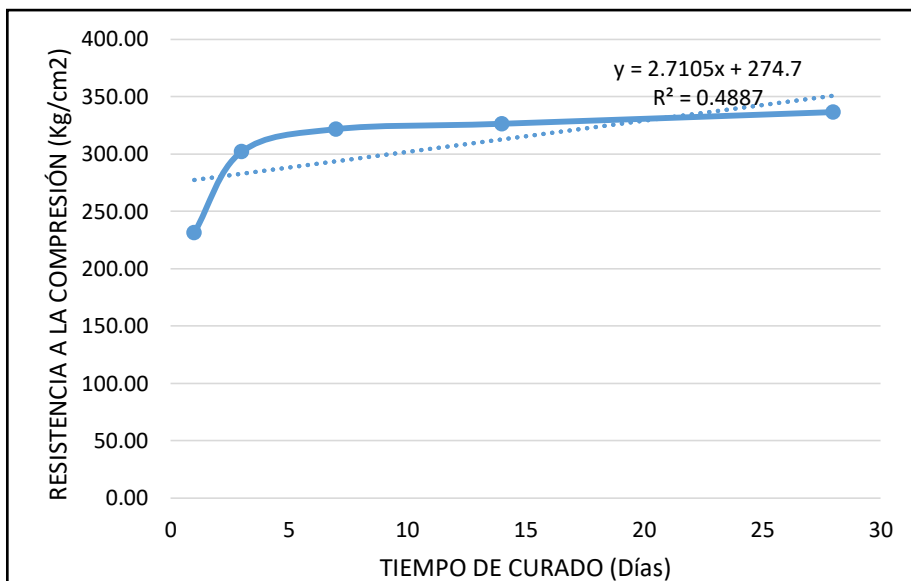


Figura 34: Resistencia a la compresión vs tiempo de curado – concreto Fast Track - $F'c=300 \text{ Kg/cm}^2 - 0.4\% \text{ SP}+0.8\% \text{ AC}$

Fuente: Elaboración Propia

Resistencia a la compresión vs tiempo de curado

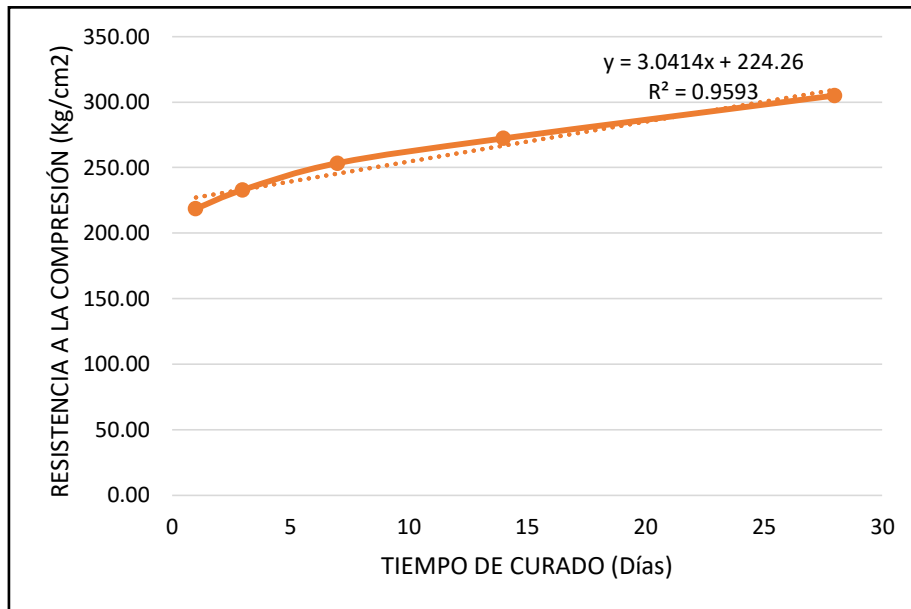


Figura 35: Resistencia a la compresión vs tiempo de curado – concreto Fast Track - $f'c=300 \text{ Kg/cm}^2$ – 0.4%SP+0.4%AC

Fuente: Elaboración Propia

Las figuras 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33 y 34, se analizó como la resistencia a la compresión va aumentando de acuerdo al tiempo de curado ya sea del concreto convencional y el concreto Fast Track de resistencia de diseño $f'c=300 \text{ Kg/cm}^2$, del cual de las curvas que se obtuvieron de estos datos se generó una ecuación lineal.

Tabla 55:

Resultados de la resistencia a la compresión del concreto convencional - $F'c=350$ Kg/cm²

DESCRIPCIÓN	Edad (días)	F'c Promedio (Kg/cm2)	F'c Diseño (Kg/cm2)	%
CC - Curado	1	82.10	350.00	23.46
CC - Curado	3	189.49	350.00	54.14
CC - Curado	7	252.82	350.00	72.23
CC - Curado	14	292.86	350.00	83.67
CC - Curado	28	393.70	350.00	112.49

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 56:

Resultados de la resistencia a la compresión del concreto Fast Track- $F'c=350$ Kg/cm² - 1%SP+1%AC

DESCRIPCIÓN	Edad (días)	F'c Promedio (Kg/cm2)	F'c Diseño (Kg/cm2)	%
CFT - Curado	1	294.56	350.00	84.16
CFT - Curado	3	315.58	350.00	90.17
CFT - Curado	7	338.20	350.00	96.63
CFT - Curado	14	362.50	350.00	103.57
CFT - Curado	28	409.69	350.00	117.06

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 57:

Resultados de la resistencia a la compresión del concreto Fast Track- $F'c=350$ Kg/cm² - 1%SP+0.8%AC

DESCRIPCIÓN	Edad (días)	F'c Promedio (Kg/cm2)	F'c Diseño (Kg/cm2)	%
CFT - Curado	1	287.82	350.00	82.23
CFT - Curado	3	309.38	350.00	88.39
CFT - Curado	7	319.85	350.00	91.39
CFT - Curado	14	357.60	350.00	102.17
CFT - Curado	28	408.35	350.00	116.67

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 58:

Resultados de la resistencia a la compresión del concreto Fast Track- $F'c=350 \text{ Kg/cm}^2$
- 1%SP+0.4% AC

DESCRIPCIÓN	Edad (días)	F'c Promedio (Kg/cm ²)	F'c Diseño (Kg/cm ²)	%
CFT - Curado	1	283.38	350.00	80.97
CFT - Curado	3	297.31	350.00	84.95
CFT - Curado	7	321.02	350.00	91.72
CFT - Curado	14	346.13	350.00	98.89
CFT - Curado	28	373.94	350.00	106.84

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 59:

Resultados de la resistencia a la compresión del concreto Fast Track- $F'c=350 \text{ Kg/cm}^2$
- 0.8%SP+1% AC

DESCRIPCIÓN	Edad (días)	F'c Promedio (Kg/cm ²)	F'c Diseño (Kg/cm ²)	%
CFT - Curado	1	282.10	350.00	80.80
CFT - Curado	3	319.29	350.00	91.23
CFT - Curado	7	341.21	350.00	97.49
CFT - Curado	14	399.40	350.00	114.11
CFT - Curado	28	435.21	350.00	124.35

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 60:

Resultados de la resistencia a la compresión del concreto Fast Track- $F'c=350 \text{ Kg/cm}^2$
- 0.8%SP+0.8% AC

DESCRIPCIÓN	Edad (días)	F'c Promedio (Kg/cm ²)	F'c Diseño (Kg/cm ²)	%
CFT - Curado	1	278.95	350.00	79.70
CFT - Curado	3	308.01	350.00	88.00
CFT - Curado	7	332.23	350.00	94.92
CFT - Curado	14	347.78	350.00	99.37
CFT - Curado	28	382.33	350.00	109.24

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 61:

Resultados de la resistencia a la compresión del concreto Fast Track- $F'c=350 \text{ Kg/cm}^2$
- 0.8%SP+0.4% AC

DESCRIPCIÓN	Edad (días)	F'c Promedio (Kg/cm ²)	F'c Diseño (Kg/cm ²)	%
CFT - Curado	1	272.69	350.00	77.91
CFT - Curado	3	311.35	350.00	88.96
CFT - Curado	7	332.23	350.00	94.92
CFT - Curado	14	356.92	350.00	101.98
CFT - Curado	28	372.65	350.00	106.47

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 62:

Resultados de la resistencia a la compresión del concreto Fast Track- $F'c=350 \text{ Kg/cm}^2$
- 0.4%SP+1% AC

DESCRIPCIÓN	Edad (días)	F'c Promedio (Kg/cm ²)	F'c Diseño (Kg/cm ²)	%
CFT - Curado	1	265.40	350.00	75.83
CFT - Curado	3	283.30	350.00	80.94
CFT - Curado	7	307.98	350.00	87.99
CFT - Curado	14	334.46	350.00	95.56
CFT - Curado	28	375.10	350.00	107.17

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 63:

Resultados de la resistencia a la compresión del concreto Fast Track- $F'c=350 \text{ Kg/cm}^2$
- 0.4%SP+0.8% AC

DESCRIPCIÓN	Edad (días)	F'c Promedio (Kg/cm ²)	F'c Diseño (Kg/cm ²)	%
CFT - Curado	1	255.70	350.00	73.06
CFT - Curado	3	272.97	350.00	77.99
CFT - Curado	7	307.80	350.00	87.94
CFT - Curado	14	342.99	350.00	98.00
CFT - Curado	28	370.05	350.00	105.73

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 64:

Resultados de la resistencia a la compresión del concreto Fast Track - $F'c=350 \text{ Kg/cm}^2$ - 0.4%SP+0.4% AC

DESCRIPCIÓN	Edad (días)	F'c Promedio (Kg/cm ²)	F'c Diseño (Kg/cm ²)	%
CFT - Curado	1	248.35	350.00	70.96
CFT - Curado	3	272.99	350.00	78.00
CFT - Curado	7	289.01	350.00	82.57
CFT - Curado	14	326.99	350.00	93.42
CFT - Curado	28	359.83	350.00	102.81

Fuente: Elaboración Propia

Para la presente investigación se planteó una resistencia de diseño de $f'c=350 \text{ Kg/cm}^2$, de la cual se elaboró el concreto convencional, y así también el concreto Fast Track (en sus diferentes dosificaciones), para obtener la resistencia a la compresión en 1, 3, 7, 14 y 28 días de edad; los resultados se muestran en las tablas 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63 y 64.

Resistencia a la compresión

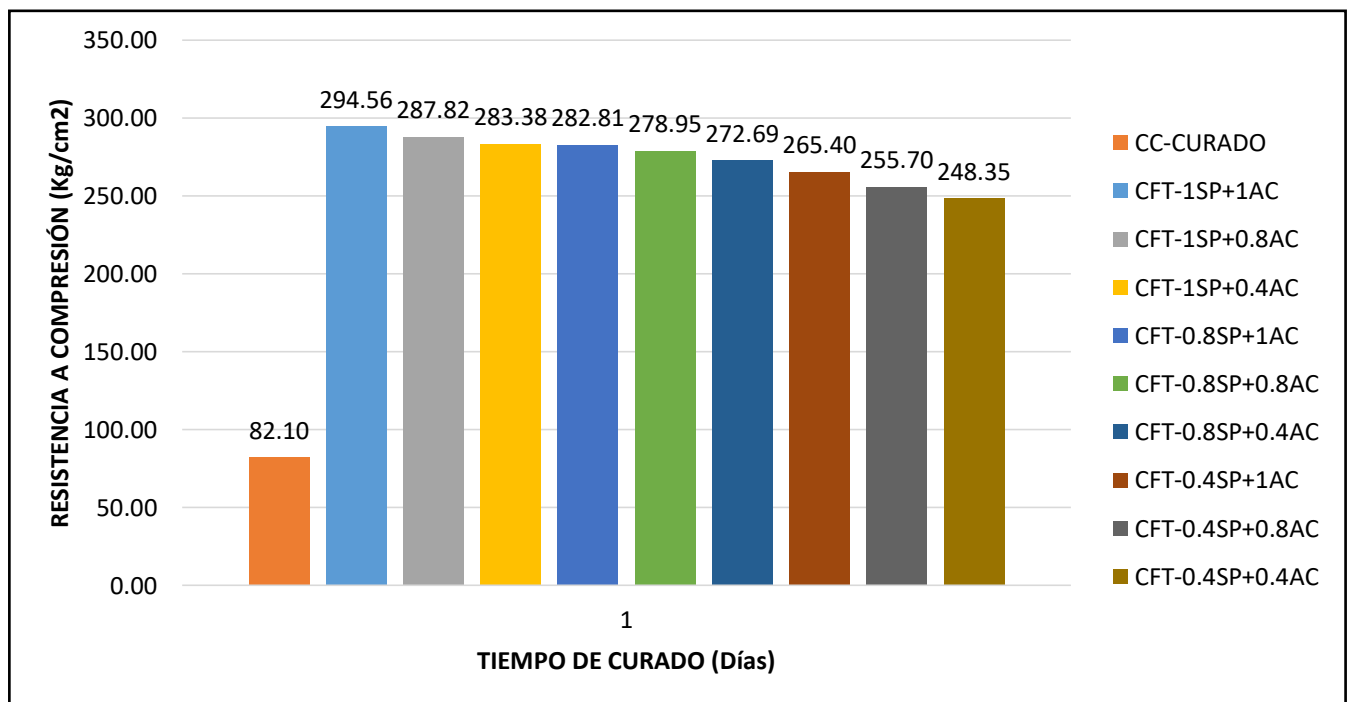
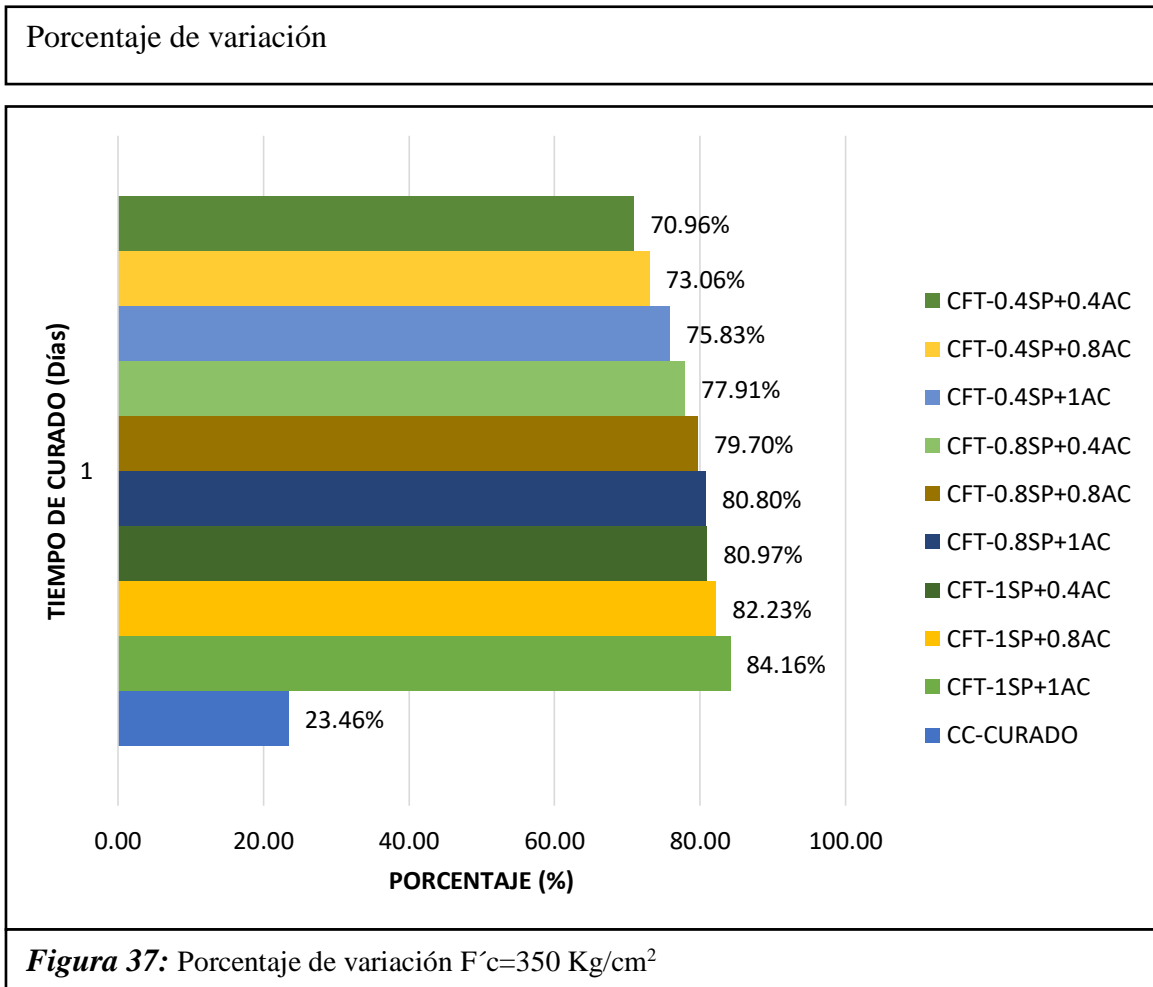


Figura 36: Resistencia a la compresión $F'c=350 \text{ Kg/cm}^2$

Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

El concreto Fast Track es un concreto que alcanza una máxima resistencia a compresión a un día de edad, por lo que se comparó los resultados de un día con una resistencia de diseño $f'c=350 \text{ Kg/cm}^2$, esta comparación lo podemos observar en la figura 36, donde se evaluó que el concreto convencional su resistencia a la compresión a un día de edad es muy baja con respecto a la del concreto Fast Track (en sus diferentes dosificaciones), y en porcentajes de variación con respecto al $f'c$ de diseño, estos se pueden observar en la figura 37.

Resistencia a la compresión vs tiempo de curado

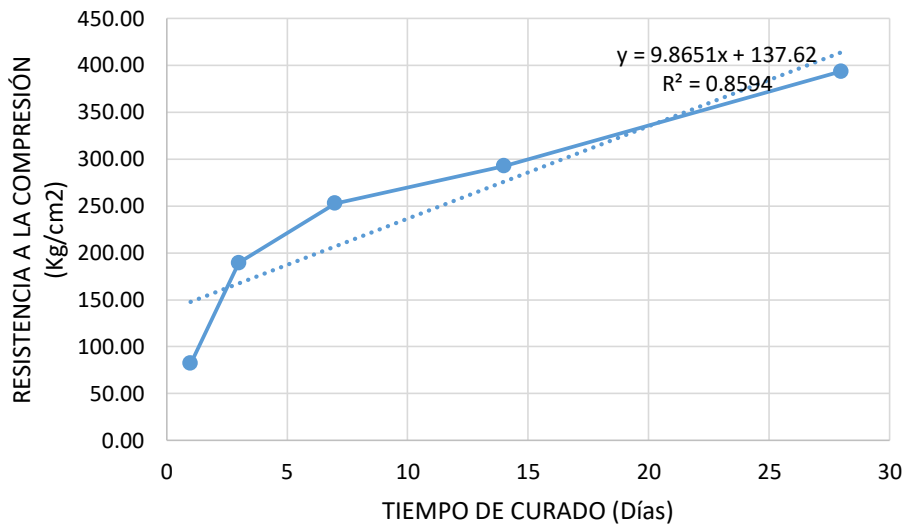


Figura 38: Resistencia a la compresión vs tiempo de curado – concreto convencional - $F'c=350 \text{ Kg/cm}^2$

Fuente: Elaboración Propia

Resistencia a la compresión vs tiempo de curado

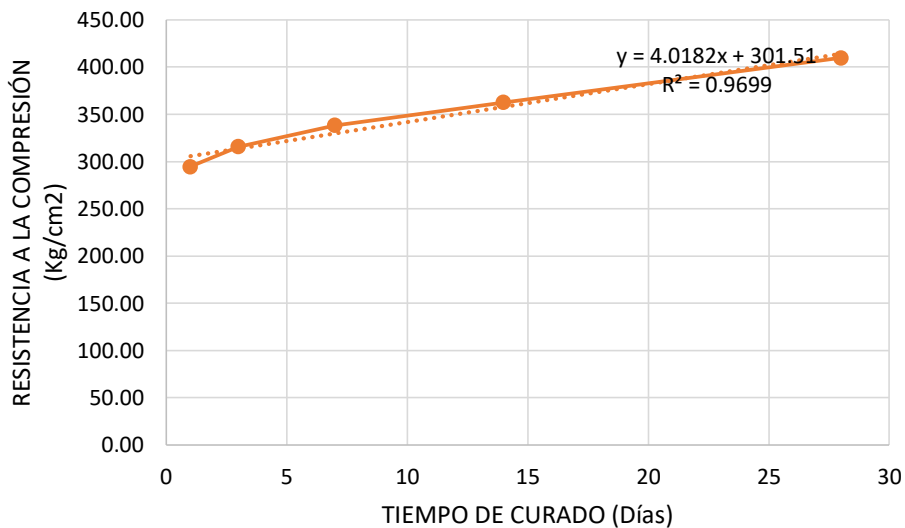


Figura 39: Resistencia a la compresión vs tiempo de curado – concreto Fast Track - $F'c=350 \text{ Kg/cm}^2 - 1\% \text{ SP} + 1\% \text{ AC}$

Fuente: Elaboración Propia

Resistencia a la compresión vs tiempo de curado

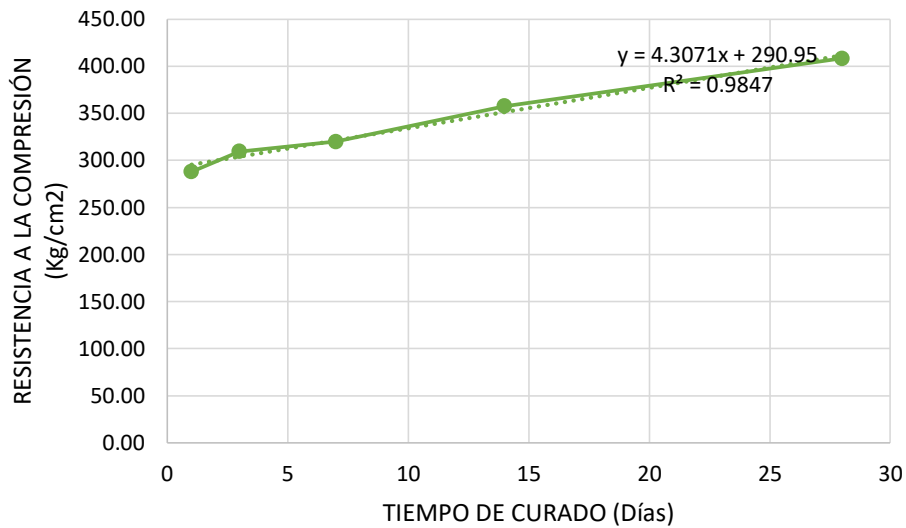


Figura 40: Resistencia a la compresión vs tiempo de curado – concreto Fast Track - $F'c=350 \text{ Kg/cm}^2 - 1\% \text{ SP} + 0.8\% \text{ AC}$

Fuente: Elaboración Propia

Resistencia a la compresión vs tiempo de curado

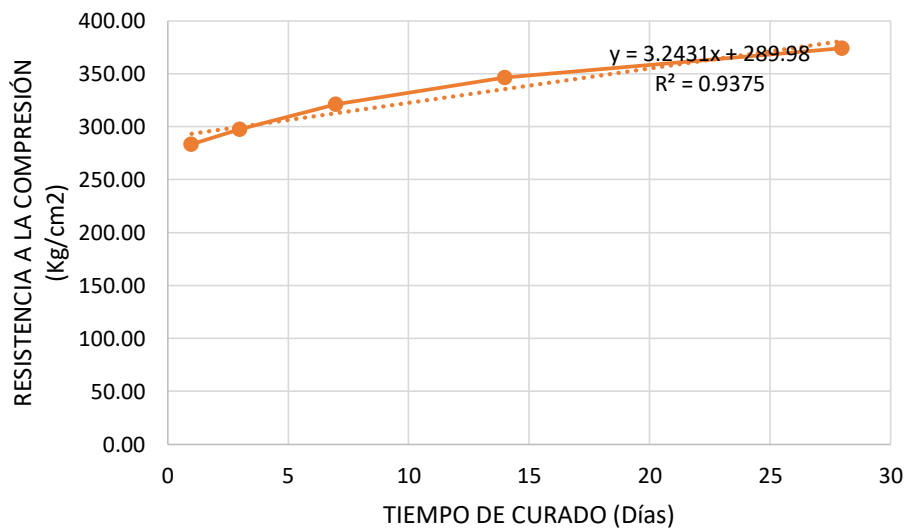


Figura 41: Resistencia a la compresión vs tiempo de curado – concreto Fast Track - $F'c=350 \text{ Kg/cm}^2 - 1\% \text{ SP} + 0.4\% \text{ AC}$

Fuente: Elaboración Propia

Resistencia a la compresión vs tiempo de curado

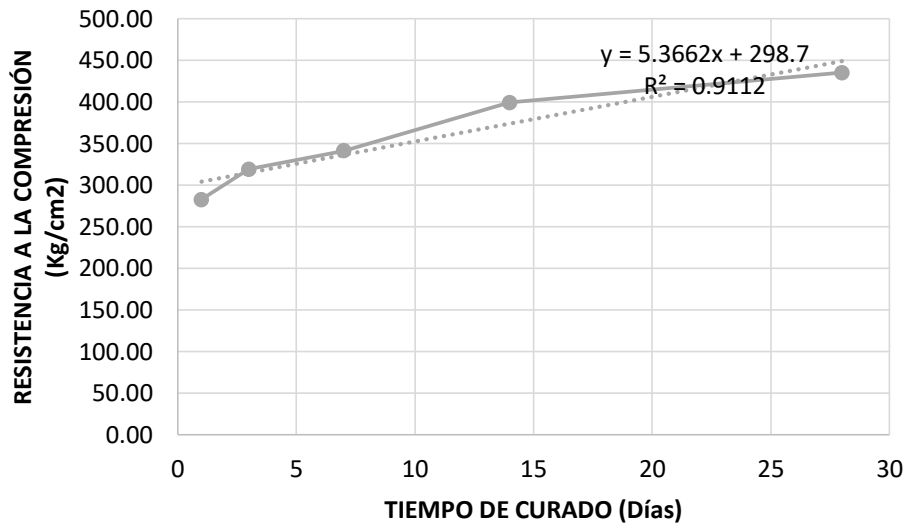


Figura 42: Resistencia a la compresión vs tiempo de curado – concreto Fast Track - $F'c=350 \text{ Kg/cm}^2 - 0.8\% \text{ SP} + 1\% \text{ AC}$

Fuente: Elaboración Propia

Resistencia a la compresión vs tiempo de curado

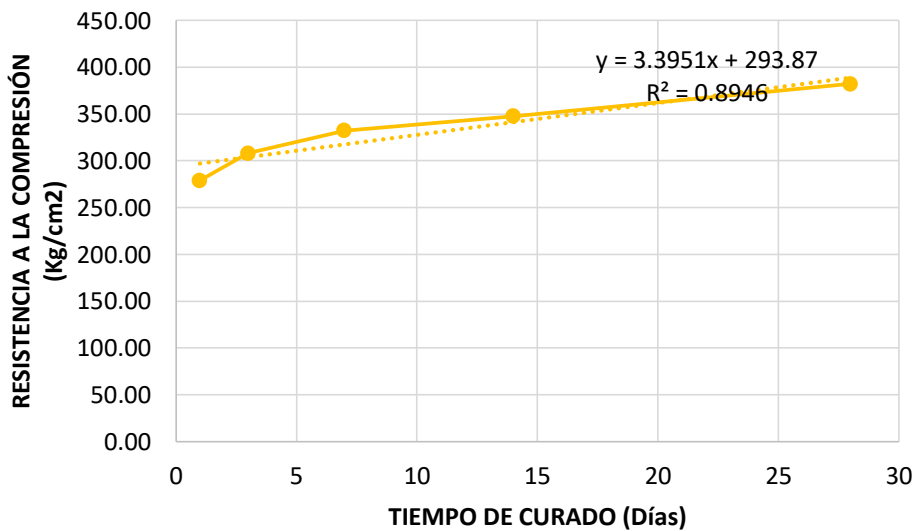


Figura 43: Resistencia a la compresión vs tiempo de curado – concreto Fast Track - $F'c=350 \text{ Kg/cm}^2 - 0.8\% \text{ SP} + 0.8\% \text{ AC}$

Fuente: Elaboración Propia

Resistencia a la compresión vs tiempo de curado

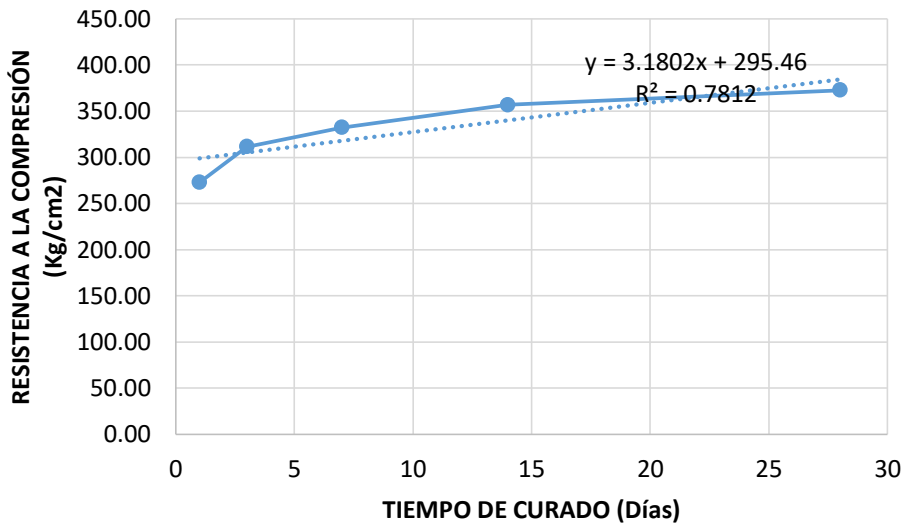


Figura 44: Resistencia a la compresión vs tiempo de curado – concreto Fast Track - $F'c=350 \text{ Kg/cm}^2 - 0.8\% \text{ SP}+0.4\% \text{ AC}$

Fuente: Elaboración Propia

Resistencia a la compresión vs tiempo de curado

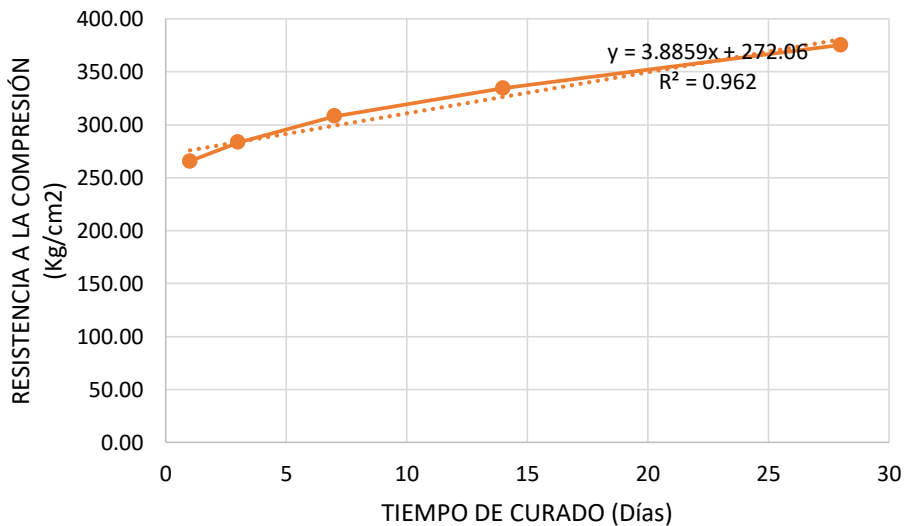


Figura 45: Resistencia a la compresión vs tiempo de curado – concreto Fast Track - $F'c=350 \text{ Kg/cm}^2 - 0.4\% \text{ SP}+1\% \text{ AC}$

Fuente: Elaboración Propia

Resistencia a la compresión vs tiempo de curado

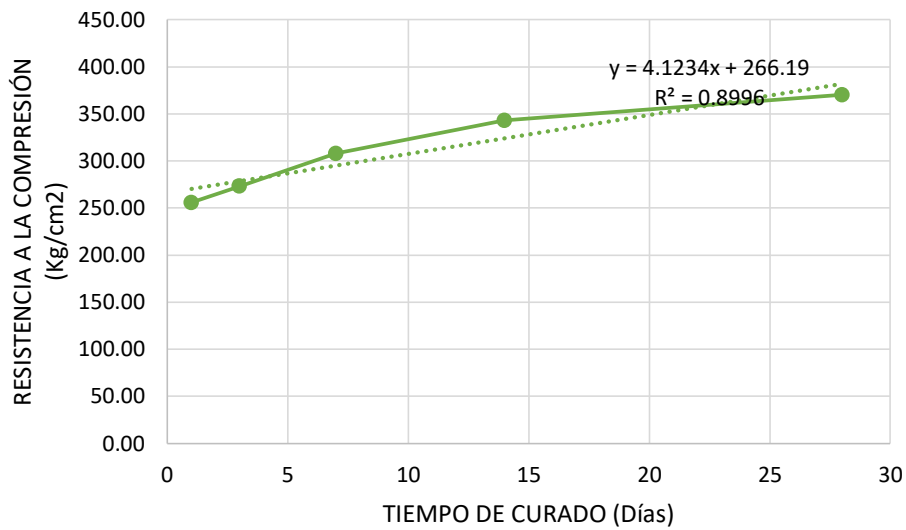


Figura 46: Resistencia a la compresión vs tiempo de curado – concreto Fast Track - $F'c=350 \text{ Kg/cm}^2 - 0.4\%SP+0.8\%AC$

Fuente: Elaboración Propia

Resistencia a la compresión vs tiempo de curado

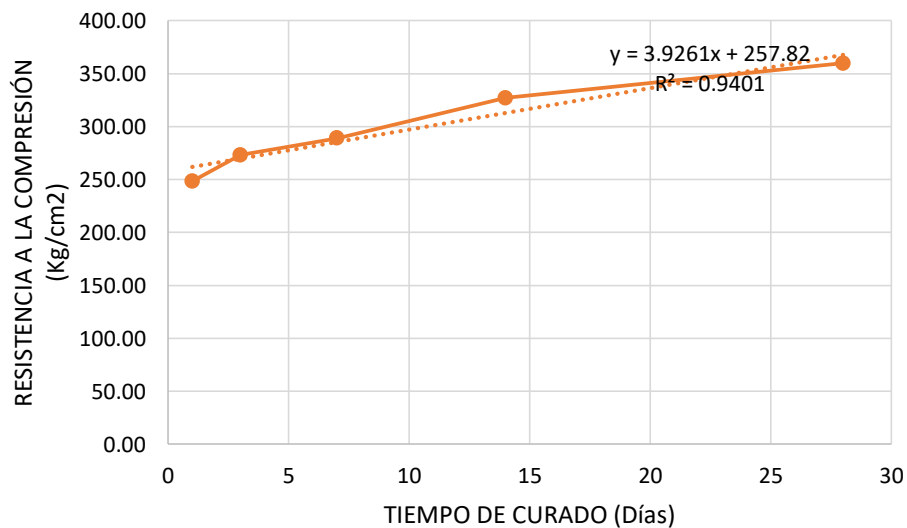


Figura 47: Resistencia a la compresión vs tiempo de curado – concreto Fast Track - $F'c=350 \text{ Kg/cm}^2 - 0.4\%SP+0.4\%AC$

Fuente: Elaboración Propia

Las figuras 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46 y 47, se analizó como la resistencia a la compresión va aumentando de acuerdo al tiempo de curado ya sea del concreto convencional y el concreto Fast Track de resistencia de diseño $f'c=350 \text{ Kg/cm}^2$, del cual de las curvas que se obtuvieron de estos datos se generó una ecuación lineal.

Tabla 65:

Resultados de la resistencia a la flexión del concreto convencional – $M_r=50.32 \text{ Kg/cm}^2$ ($F'c=280 \text{ Kg/cm}^2$)

DESCRIPCIÓN	Edad (días)	Mr Promedio (Kg/cm ²)	Mr Diseño (Kg/cm ²)	%
CC - Curado	1	15.20	-	-
CC - Curado	3	35.99	-	-
CC - Curado	7	38.92	-	-
CC - Curado	14	46.45	-	-
CC - Curado	28	50.32	-	-

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 66:

Resultados de la resistencia a la flexión del concreto Fast Track- $M_r=50.32 \text{ Kg/cm}^2$ ($F'c=280 \text{ Kg/cm}^2$)- 1%SP+1%AC

DESCRIPCIÓN	Edad (días)	Mr Promedio (Kg/cm ²)	Mr Diseño (Kg/cm ²)	%
CFT - Curado	1	38.01	50.32	75.53
CFT - Curado	3	41.85	50.32	83.16
CFT - Curado	7	49.23	50.32	97.84
CFT - Curado	14	57.50	50.32	114.26
CFT - Curado	28	60.23	50.32	119.70

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 67:

Resultados de la resistencia a la flexión del concreto Fast Track- $M_r=50.32 \text{ Kg/cm}^2$
($F'_c=280 \text{ Kg/cm}^2$) - 1%SP+0.8%AC

DESCRIPCIÓN	Edad (días)	Mr Promedio (Kg/cm ²)	Mr Diseño (Kg/cm ²)	%
CFT - Curado	1	37.25	50.32	74.03
CFT - Curado	3	41.74	50.32	82.94
CFT - Curado	7	48.05	50.32	95.48
CFT - Curado	14	55.56	50.32	110.41
CFT - Curado	28	59.90	50.32	119.04

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 68:

Resultados de la resistencia a la flexión del concreto Fast Track- $M_r=50.32 \text{ Kg/cm}^2$
($F'_c=280 \text{ Kg/cm}^2$) - 1%SP+0.4%AC

DESCRIPCIÓN	Edad (días)	Mr Promedio (Kg/cm ²)	Mr Diseño (Kg/cm ²)	%
CFT - Curado	1	37.20	50.32	73.93
CFT - Curado	3	39.03	50.32	77.55
CFT - Curado	7	44.76	50.32	88.95
CFT - Curado	14	53.81	50.32	106.93
CFT - Curado	28	57.97	50.32	115.21

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 69:

Resultados de la resistencia a la flexión del concreto Fast Track- $M_r=50.32 \text{ Kg/cm}^2$
($F'_c=280 \text{ Kg/cm}^2$)- 0.8%SP+1%AC

DESCRIPCIÓN	Edad (días)	Mr Promedio (Kg/cm ²)	Mr Diseño (Kg/cm ²)	%
CFT - Curado	1	36.78	50.32	73.09
CFT - Curado	3	38.74	50.32	76.98
CFT - Curado	7	42.80	50.32	85.05
CFT - Curado	14	52.26	50.32	103.86
CFT - Curado	28	56.98	50.32	113.22

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 70:

Resultados de la resistencia a la flexión del concreto Fast Track- $M_r=50.32 \text{ Kg/cm}^2$
($F'_c=280 \text{ Kg/cm}^2$)- 0.8%SP+0.8%AC

DESCRIPCIÓN	Edad (días)	Mr Promedio (Kg/cm ²)	Mr Diseño (Kg/cm ²)	%
CFT - Curado	1	36.53	50.32	72.59
CFT - Curado	3	38.69	50.32	76.89
CFT - Curado	7	42.54	50.32	84.54
CFT - Curado	14	51.36	50.32	102.07
CFT - Curado	28	56.57	50.32	112.42

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 71:

Resultados de la resistencia a la flexión del concreto Fast Track- $M_r=50.32 \text{ Kg/cm}^2$
($F'_c=280 \text{ Kg/cm}^2$)- 0.8%SP+0.4%AC

DESCRIPCIÓN	Edad (días)	Mr Promedio (Kg/cm ²)	Mr Diseño (Kg/cm ²)	%
CFT - Curado	1	35.79	50.32	71.13
CFT - Curado	3	38.16	50.32	75.83
CFT - Curado	7	41.83	50.32	83.14
CFT - Curado	14	50.93	50.32	101.22
CFT - Curado	28	55.61	50.32	110.51

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 72:

Resultados de la resistencia a la flexión del concreto Fast Track- $M_r=50.32 \text{ Kg/cm}^2$
($F'_c=280 \text{ Kg/cm}^2$)- 0.4%SP+1%AC

DESCRIPCIÓN	Edad (días)	Mr Promedio (Kg/cm ²)	Mr Diseño (Kg/cm ²)	%
CFT - Curado	1	35.71	50.32	70.96
CFT - Curado	3	36.87	50.32	73.26
CFT - Curado	7	40.78	50.32	81.05
CFT - Curado	14	50.22	50.32	99.80
CFT - Curado	28	54.79	50.32	108.88

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 73:

Resultados de la resistencia a la flexión del concreto Fast Track- $M_r=50.32 \text{ Kg/cm}^2$
($F'_c=280 \text{ Kg/cm}^2$)- 0.4%SP+0.8%AC

DESCRIPCIÓN	Edad (días)	Mr Promedio (Kg/cm ²)	Mr Diseño (Kg/cm ²)	%
CFT - Curado	1	35.26	50.32	70.07
CFT - Curado	3	36.64	50.32	72.82
CFT - Curado	7	39.77	50.32	79.04
CFT - Curado	14	49.20	50.32	97.77
CFT - Curado	28	53.81	50.32	106.94

Fuente: Elaboración Propia

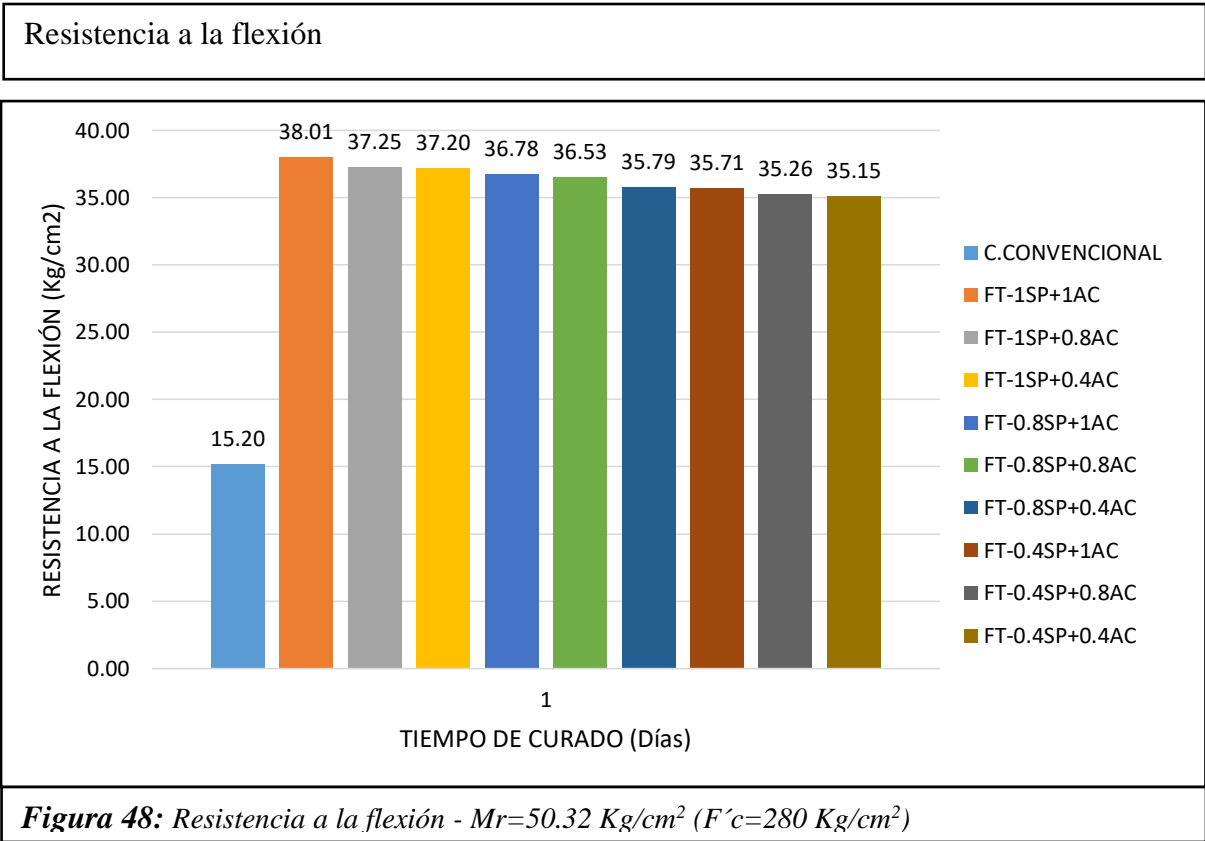
Tabla 74:

Resultados de la resistencia a la flexión del concreto Fast Track- $M_r=50.32 \text{ Kg/cm}^2$
($F'_c=280 \text{ Kg/cm}^2$)- 0.4%SP+0.4%AC

DESCRIPCIÓN	Edad (días)	Mr Promedio (Kg/cm ²)	Mr Diseño (Kg/cm ²)	%
CFT - Curado	1	35.15	50.32	69.85
CFT - Curado	3	36.32	50.32	72.18
CFT - Curado	7	38.11	50.32	75.74
CFT - Curado	14	43.50	50.32	86.45
CFT - Curado	28	51.40	50.32	102.14

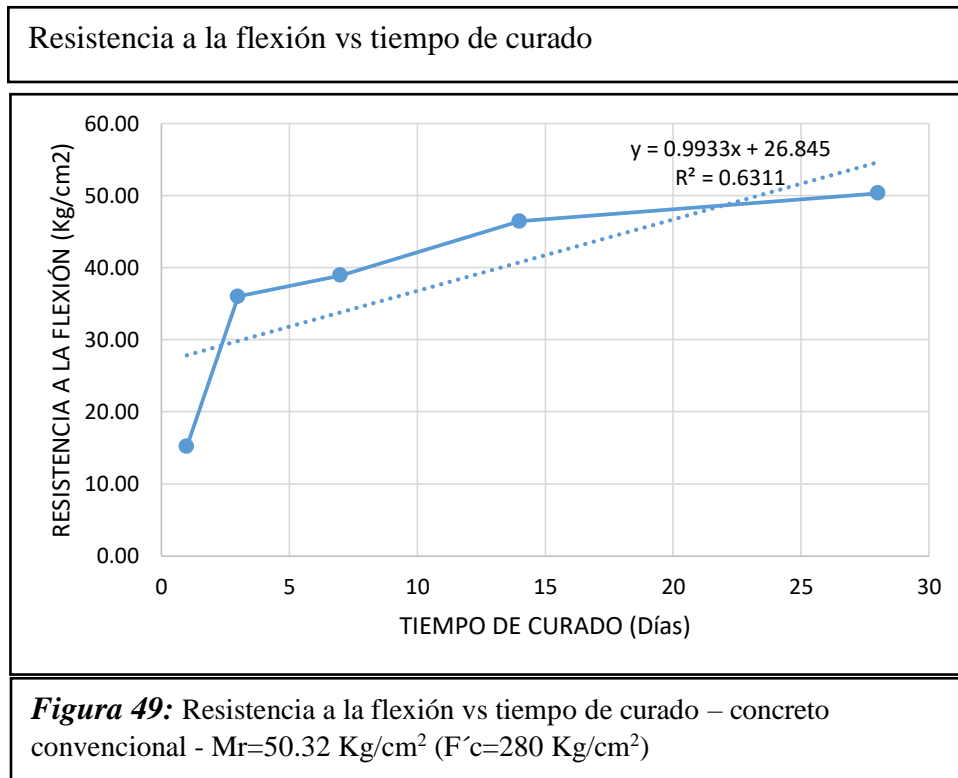
Fuente: Elaboración Propia

Una vez determinado el diseño de mezcla $f'_c=280 \text{ Kg/cm}^2$ para el concreto convencional, y también para el concreto Fast Track (en sus diferentes dosificaciones) , se procedió a ensayar las muestras a la resistencia a la flexión, obteniéndose como resultado del concreto convencional un módulo de rotura a los 28 días de edad la cual se utilizó como base para la comparación del concreto Fast Track, los resultados se muestran en las tablas 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73 y 74.

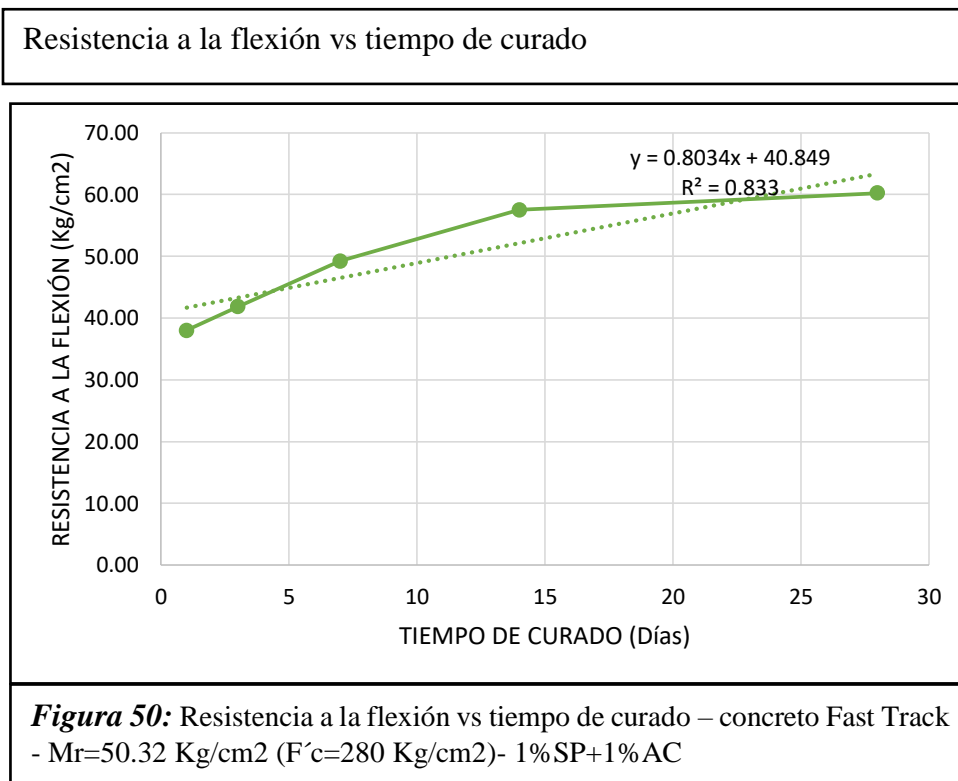


Fuente: Elaboración Propia

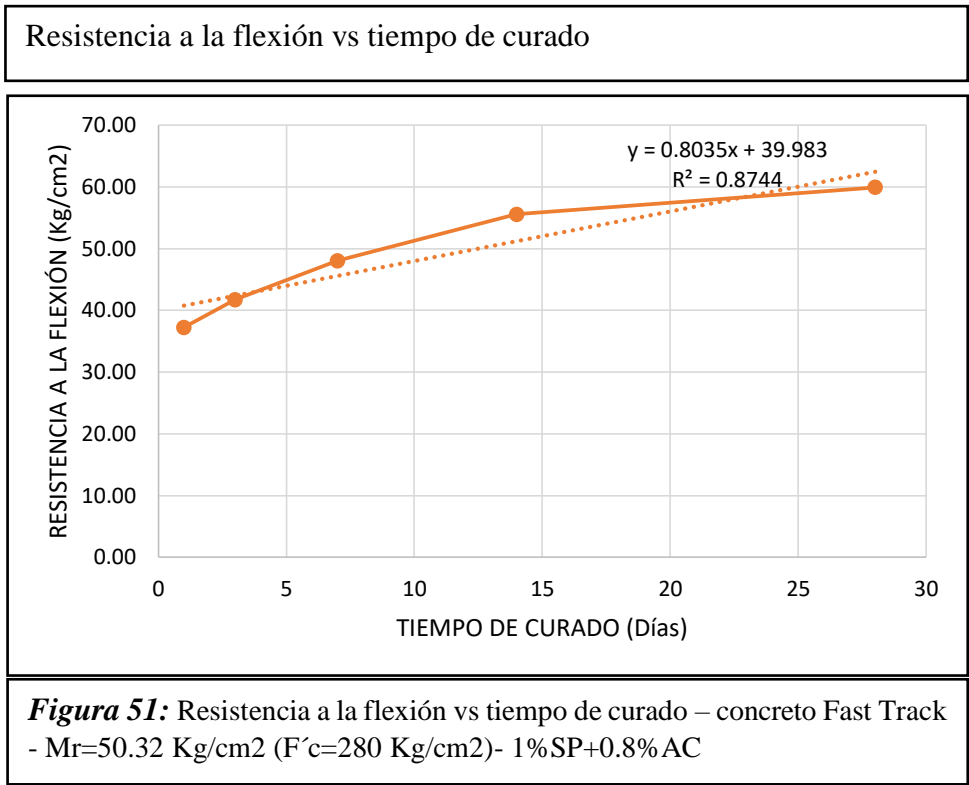
El concreto Fast Track es un concreto que también alcanza una máxima resistencia a la flexión a un día de edad, por lo que se comparó los resultados de módulo de rotura a 1 día, esta comparación se observa en la figura 48, donde se evaluó que el concreto convencional su resistencia a la flexión a un día de edad es muy baja con respecto a la del concreto Fast Track (en sus diferentes dosificaciones).



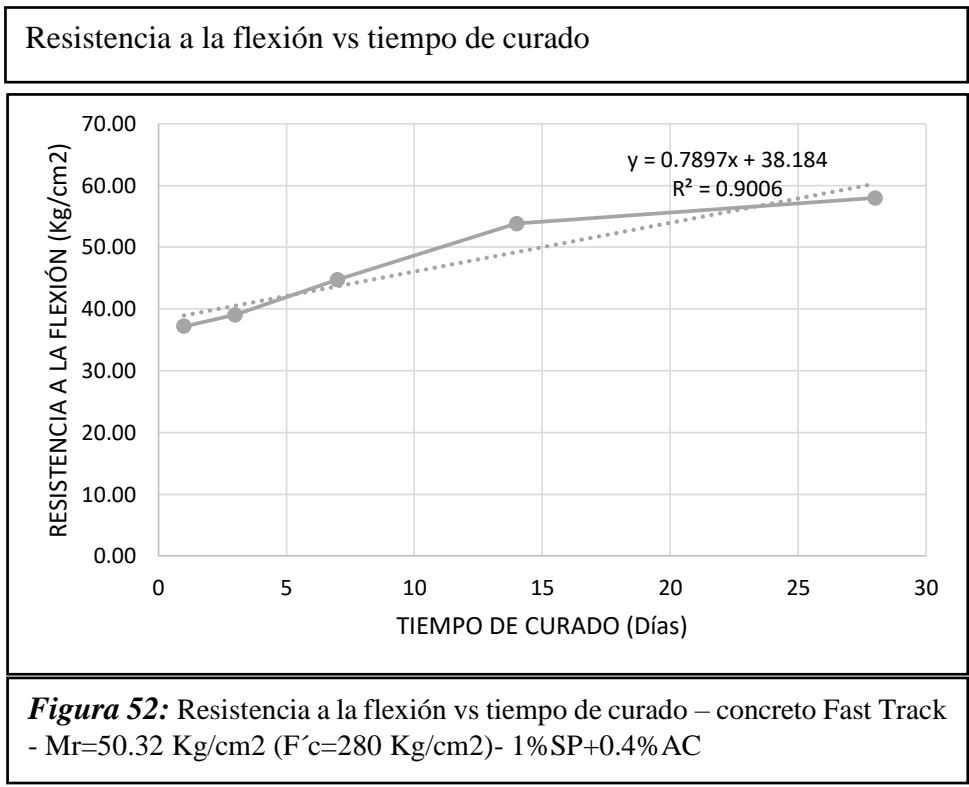
Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

Resistencia a la flexión vs tiempo de curado

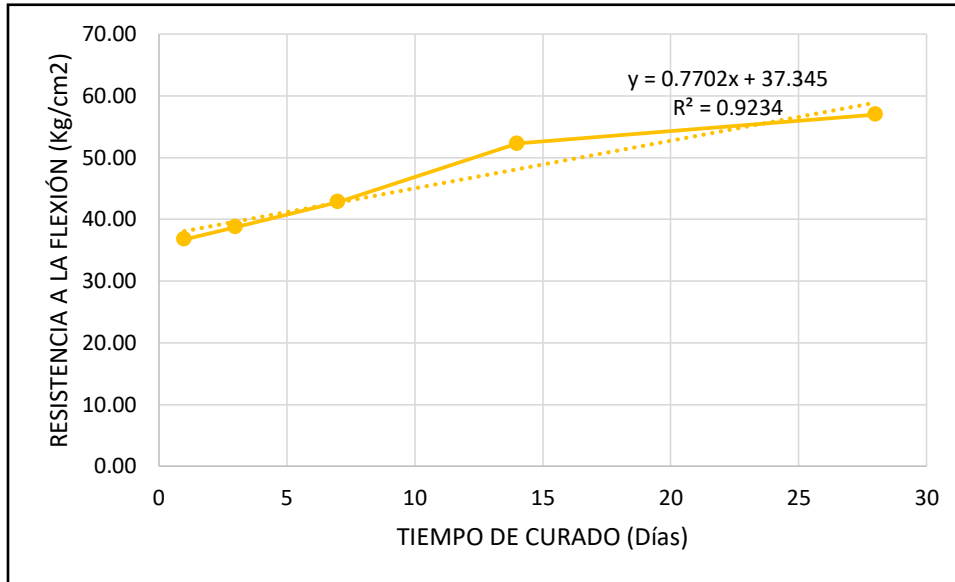


Figura 53: Resistencia a la flexión vs tiempo de curado – concreto Fast Track - Mr=50.32 Kg/cm2 (F’c=280 Kg/cm2)- 0.8%SP+1% AC

Fuente: Elaboración Propia

Resistencia a la flexión vs tiempo de curado

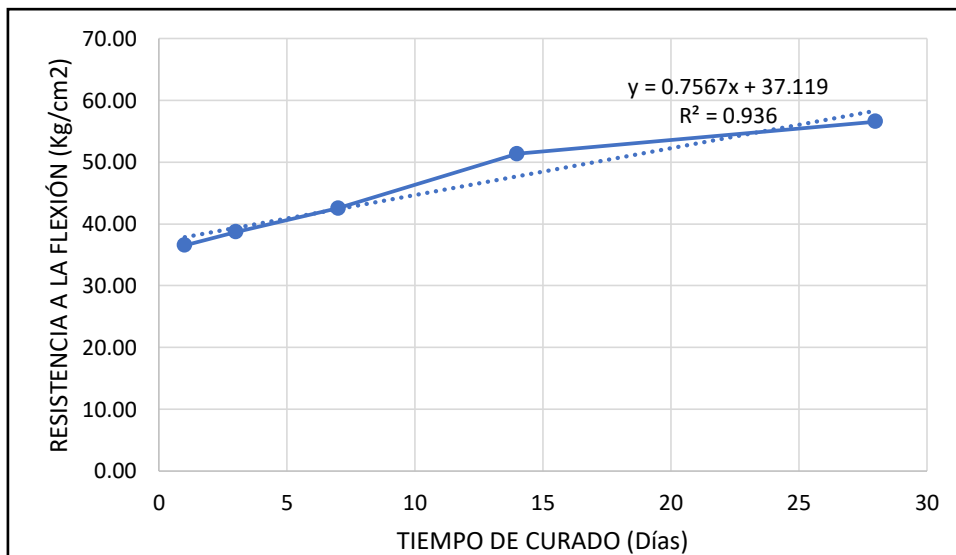


Figura 54: Resistencia a la flexión vs tiempo de curado – concreto Fast Track - Mr=50.32 Kg/cm2 (F’c=280 Kg/cm2)- 0.8%SP+0.8% AC

Fuente: Elaboración Propia

Resistencia a la flexión vs tiempo de curado

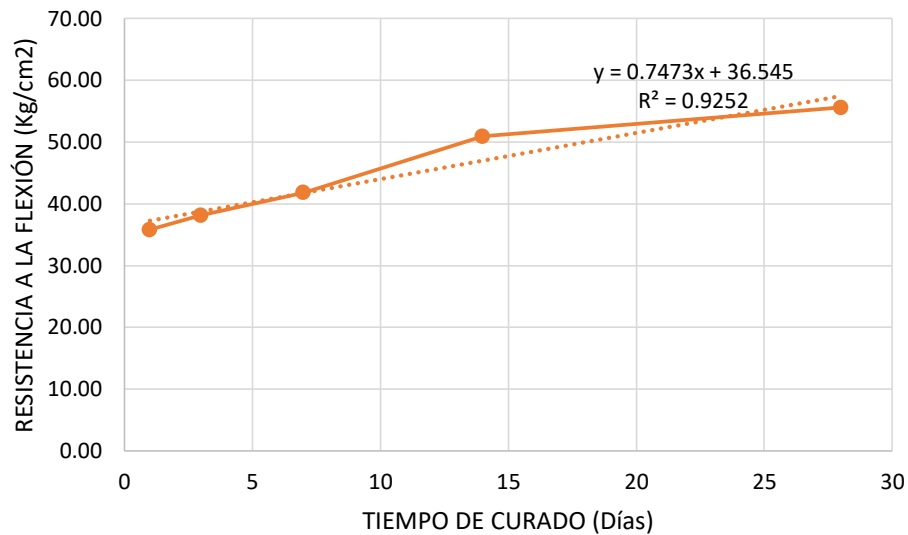


Figura 55: Resistencia a la flexión vs tiempo de curado – concreto Fast Track - Mr=50.32 Kg/cm2 (F'c=280 Kg/cm2)- 0.8%SP+0.4% AC

Fuente: Elaboración Propia

Resistencia a la flexión vs tiempo de curado

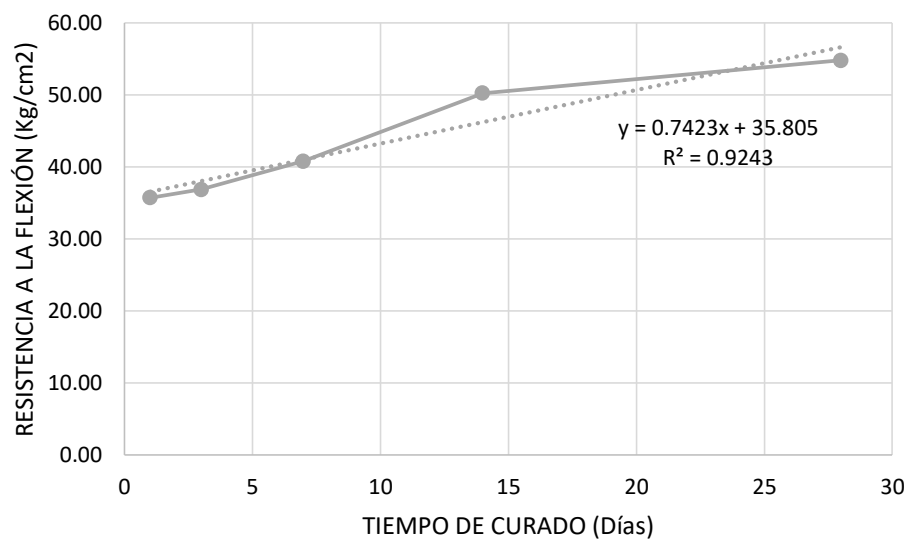
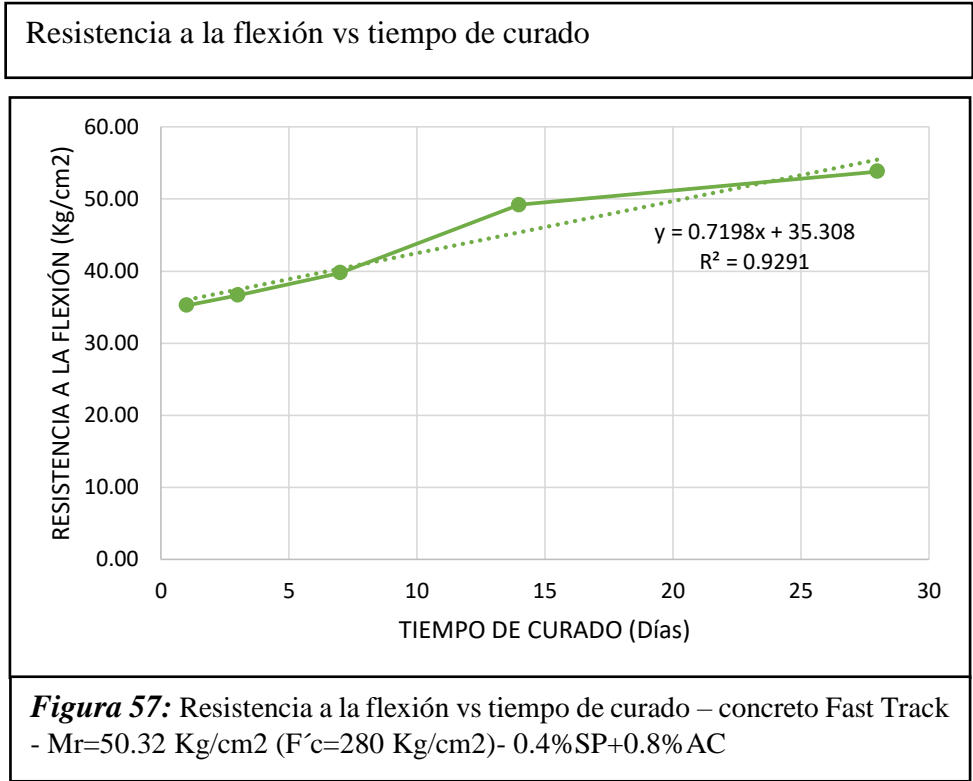
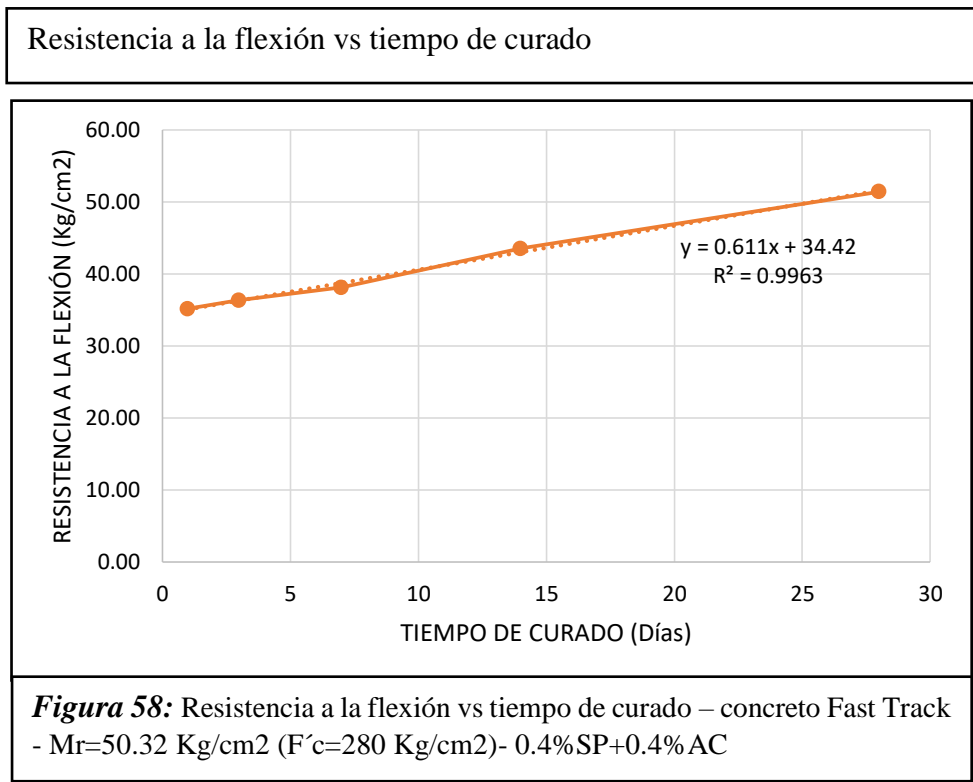


Figura 56: Resistencia a la flexión vs tiempo de curado – concreto Fast Track - Mr=50.32 Kg/cm2 (F'c=280 Kg/cm2)- 0.4%SP+1% AC

Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

Las figuras 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57 y 58, se analizó como la resistencia a la flexión va aumentando de acuerdo al tiempo de curado ya sea del concreto convencional y el concreto Fast Track de resistencia de diseño $f'c=280 \text{ Kg/cm}^2$, del cual de las curvas que se obtuvieron de estos datos se generó una ecuación lineal.

Tabla 75:

Resultados de la resistencia a la flexión del concreto convencional – $M_r=55.80 \text{ Kg/cm}^2$ ($F'c=300 \text{ Kg/cm}^2$)

DESCRIPCIÓN	Edad (días)	Mr Promedio (Kg/cm ²)	Mr Diseño (Kg/cm ²)	%
CC - Curado	1	22.04	-	-
CC - Curado	3	35.48	-	-
CC - Curado	7	43.61	-	-
CC - Curado	14	50.62	-	-
CC - Curado	28	55.80	-	-

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 76:

Resultados de la resistencia a la flexión del concreto Fast Track- $M_r=55.80 \text{ Kg/cm}^2$ ($F'c=300 \text{ Kg/cm}^2$)- 1%SP+1%AC

DESCRIPCIÓN	Edad (días)	Mr Promedio (Kg/cm ²)	Mr Diseño (Kg/cm ²)	%
CFT - Curado	1	41.86	54.77	76.43
CFT - Curado	3	50.41	54.77	92.04
CFT - Curado	7	55.81	54.77	101.89
CFT - Curado	14	61.16	54.77	111.65
CFT - Curado	28	65.96	54.77	120.41

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 77:

Resultados de la resistencia a la flexión del concreto Fast Track- $M_r=55.80 \text{ Kg/cm}^2$
($F'_c=300 \text{ Kg/cm}^2$)- 1%SP+0.8%AC

DESCRIPCIÓN	Edad (días)	Mr Promedio (Kg/cm ²)	Mr Diseño (Kg/cm ²)	%
CFT - Curado	1	41.58	54.77	75.91
CFT - Curado	3	50.10	54.77	91.46
CFT - Curado	7	55.49	54.77	101.30
CFT - Curado	14	60.94	54.77	111.25
CFT - Curado	28	65.78	54.77	120.09

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 78:

Resultados de la resistencia a la flexión del concreto Fast Track- $M_r=55.80 \text{ Kg/cm}^2$
($F'_c=300 \text{ Kg/cm}^2$)- 1%SP+0.4%AC

DESCRIPCIÓN	Edad (días)	Mr Promedio (Kg/cm ²)	Mr Diseño (Kg/cm ²)	%
CFT - Curado	1	40.94	54.77	74.74
CFT - Curado	3	49.01	54.77	89.48
CFT - Curado	7	55.22	54.77	100.81
CFT - Curado	14	60.26	54.77	110.01
CFT - Curado	28	64.78	54.77	118.26

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 79:

Resultados de la resistencia a la flexión del concreto Fast Track- $M_r=55.80 \text{ Kg/cm}^2$
($F'_c=300 \text{ Kg/cm}^2$)- 0.8%SP+1%AC

DESCRIPCIÓN	Edad (días)	Mr Promedio (Kg/cm ²)	Mr Diseño (Kg/cm ²)	%
CFT - Curado	1	41.54	54.77	75.84
CFT - Curado	3	49.23	54.77	89.87
CFT - Curado	7	55.70	54.77	101.69
CFT - Curado	14	60.15	54.77	109.82
CFT - Curado	28	65.28	54.77	119.17

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 80:

Resultados de la resistencia a la flexión del concreto Fast Track- $M_r=55.80 \text{ Kg/cm}^2$
($F'c=300 \text{ Kg/cm}^2$)- 0.8%SP+0.8%AC

DESCRIPCIÓN	Edad (días)	Mr Promedio (Kg/cm ²)	Mr Diseño (Kg/cm ²)	%
CFT - Curado	1	40.97	54.77	74.80
CFT - Curado	3	48.08	54.77	87.77
CFT - Curado	7	54.59	54.77	99.66
CFT - Curado	14	59.63	54.77	108.86
CFT - Curado	28	65.09	54.77	118.83

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 81:

Resultados de la resistencia a la flexión del concreto Fast Track- $M_r=55.80 \text{ Kg/cm}^2$
($F'c=300 \text{ Kg/cm}^2$)- 0.8%SP+0.4%AC

DESCRIPCIÓN	Edad (días)	Mr Promedio (Kg/cm ²)	Mr Diseño (Kg/cm ²)	%
CFT - Curado	1	40.59	54.77	74.10
CFT - Curado	3	47.76	54.77	87.19
CFT - Curado	7	53.61	54.77	97.87
CFT - Curado	14	58.16	54.77	106.19
CFT - Curado	28	64.21	54.77	117.23

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 82:

Resultados de la resistencia a la flexión del concreto Fast Track- $M_r=55.80 \text{ Kg/cm}^2$
($F'c=300 \text{ Kg/cm}^2$)- 0.4%SP+1%AC

DESCRIPCIÓN	Edad (días)	Mr Promedio (Kg/cm ²)	Mr Diseño (Kg/cm ²)	%
CFT - Curado	1	40.96	54.77	74.78
CFT - Curado	3	48.18	54.77	87.96
CFT - Curado	7	54.84	54.77	100.13
CFT - Curado	14	59.68	54.77	108.96
CFT - Curado	28	64.69	54.77	118.10

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 83:

Resultados de la resistencia a la flexión del concreto Fast Track- $M_r=55.80 \text{ Kg/cm}^2$
($F'c=300 \text{ Kg/cm}^2$)- 0.4%SP+0.8%AC

DESCRIPCIÓN	Edad (días)	Mr Promedio (Kg/cm ²)	Mr Diseño (Kg/cm ²)	%
CFT - Curado	1	40.29	54.77	73.56
CFT - Curado	3	47.76	54.77	87.20
CFT - Curado	7	54.37	54.77	99.26
CFT - Curado	14	58.73	54.77	107.21
CFT - Curado	28	64.01	54.77	116.87

Fuente: Elaboración Propia

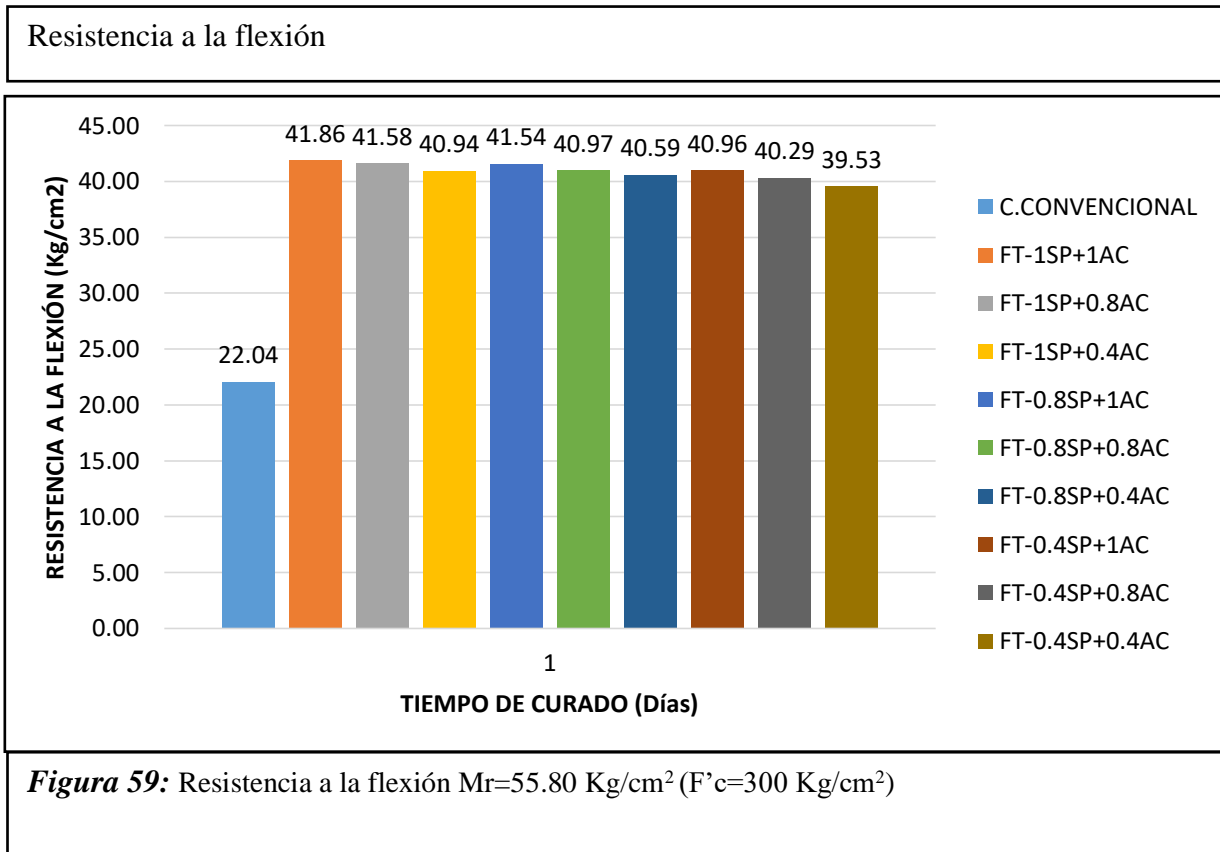
Tabla 84:

Resultados de la resistencia a la flexión del concreto Fast Track- $M_r=55.80 \text{ Kg/cm}^2$
($F'c=300 \text{ Kg/cm}^2$)- 0.4%SP+0.4%AC

DESCRIPCIÓN	Edad (días)	Mr Promedio (Kg/cm ²)	Mr Diseño (Kg/cm ²)	%
CFT - Curado	1	39.53	54.77	72.18
CFT - Curado	3	46.37	54.77	84.66
CFT - Curado	7	53.20	54.77	97.12
CFT - Curado	14	58.36	54.77	106.55
CFT - Curado	28	62.11	54.77	113.39

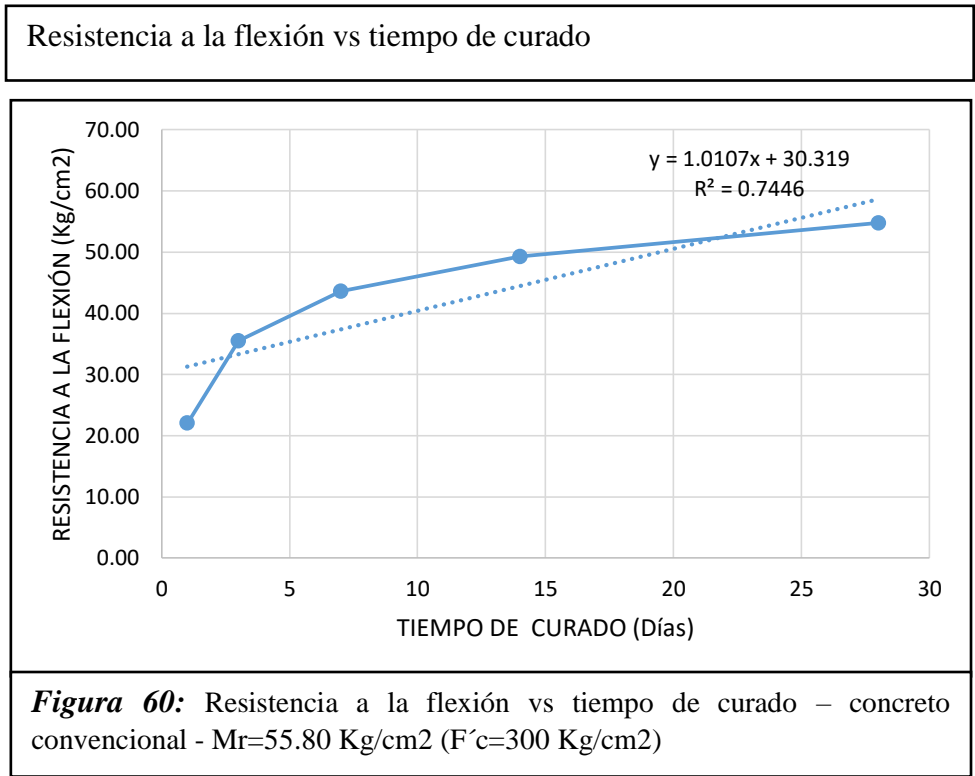
Fuente: Elaboración Propia

Una vez determinado el diseño de mezcla $f'c=300 \text{ Kg/cm}^2$ para el concreto convencional, y así también el concreto Fast Track (en sus diferentes dosificaciones), se procedió a ensayar las muestras de resistencia a flexión, obteniéndose como resultado del concreto convencional un módulo de rotura a los 28 días de edad la cual se utilizó como base para la comparación del concreto Fast Track, los resultados se muestran en las tablas 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83 y 84.

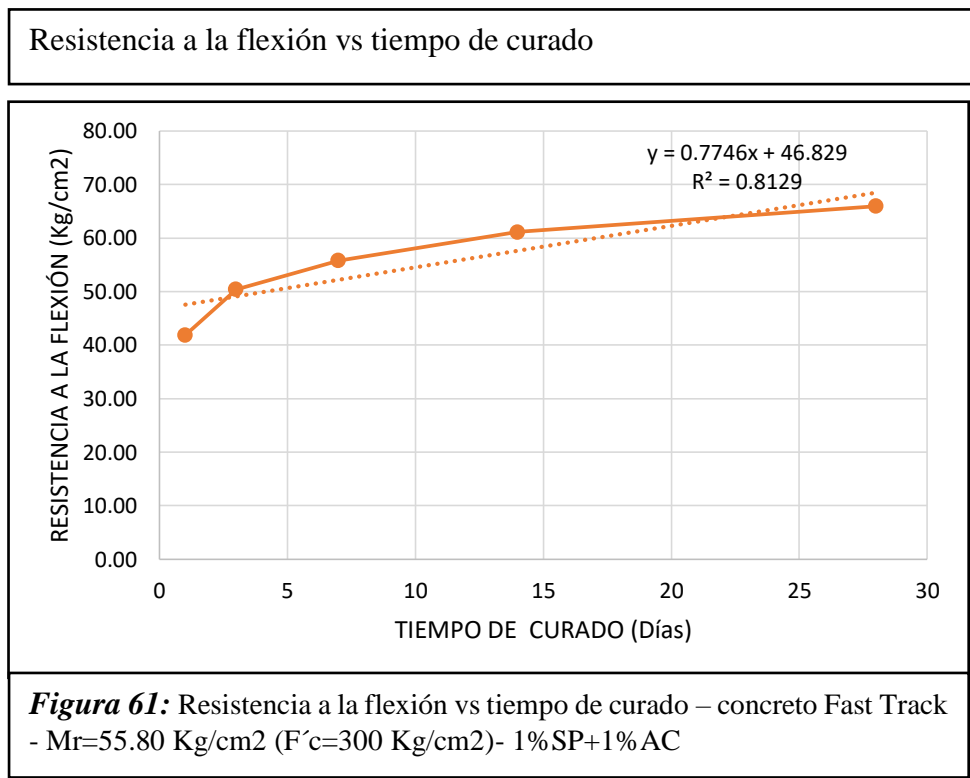


Fuente: Elaboración Propia

El concreto Fast Track es un concreto que también alcanza una máxima resistencia a flexión a un día de edad, por lo que se comparó los resultados de módulo de rotura a 1 día, esta comparación se observa en la figura 59, donde se evaluó que el concreto convencional su resistencia a la flexión a un día de edad es muy baja con respecto a la del concreto Fast Track (en sus diferentes dosificaciones).



Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

Resistencia a la flexión vs tiempo de curado

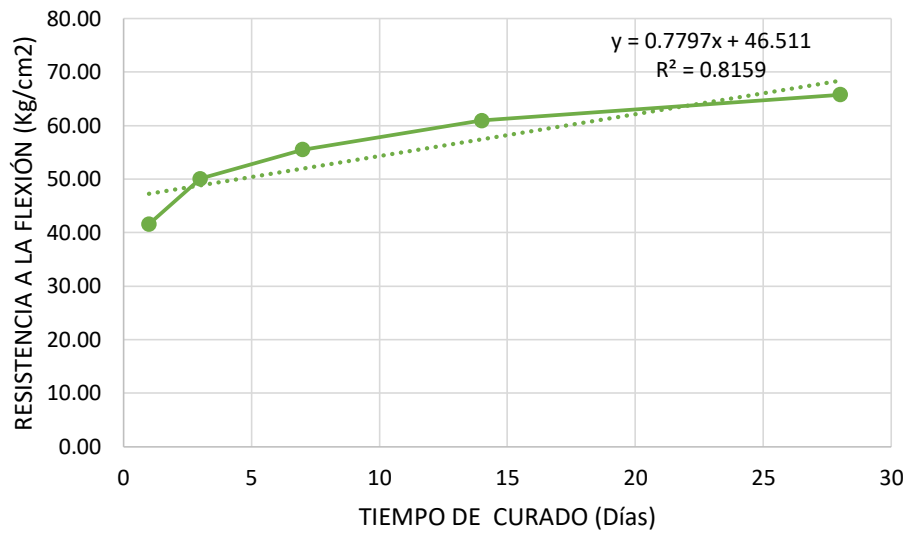


Figura 62: Resistencia a la flexión vs tiempo de curado – concreto Fast Track - Mr=55.80 Kg/cm² (F'c=300 Kg/cm²)- 1%SP+0.8%AC

Fuente: Elaboración Propia

Resistencia a la flexión vs tiempo de curado

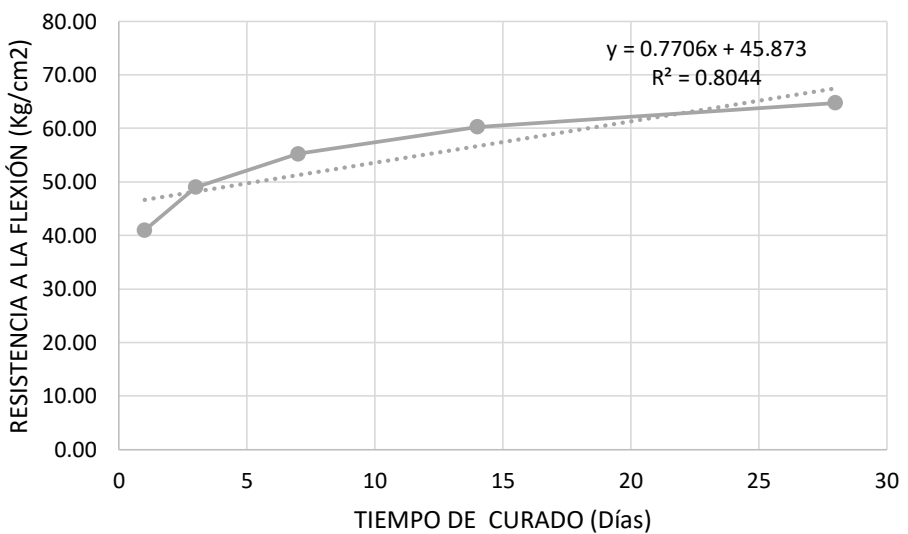


Figura 63: Resistencia a la flexión vs tiempo de curado – concreto Fast Track - Mr=55.80 Kg/cm² (F'c=300 Kg/cm²)- 1%SP+0.4%AC

Fuente: Elaboración Propia

Resistencia a la flexión vs tiempo de curado

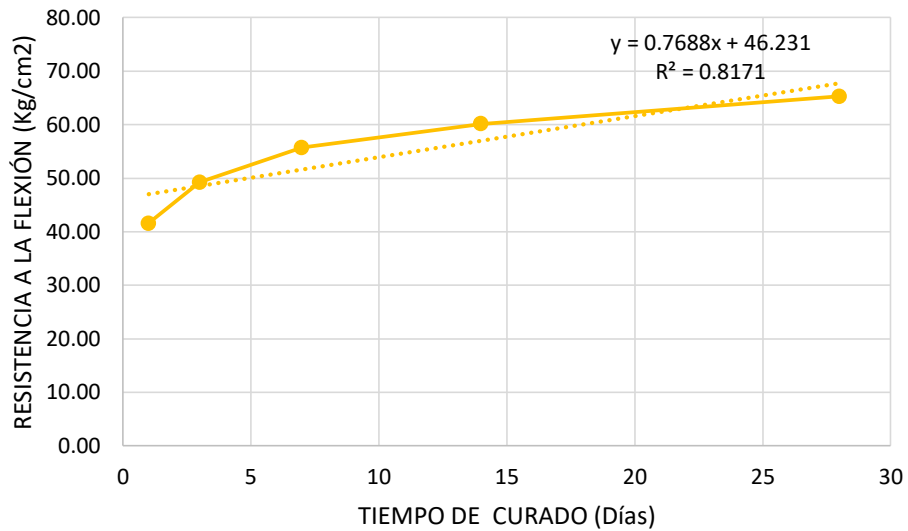


Figura 64: Resistencia a la flexión vs tiempo de curado – concreto Fast Track - Mr=55.80 Kg/cm² (F'c=300 Kg/cm²)- 0.8%SP+1%AC

Fuente: Elaboración Propia

Resistencia a la flexión vs tiempo de curado

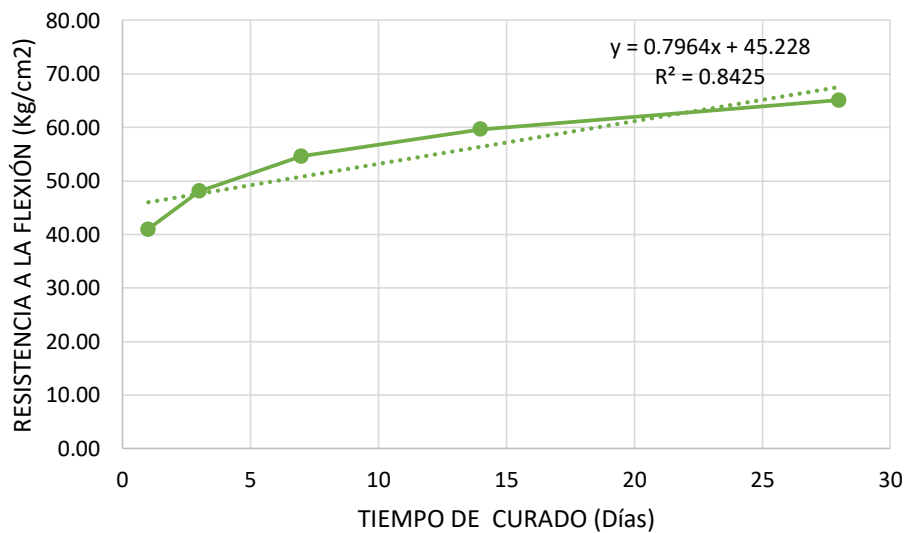


Figura 65: Resistencia a la flexión vs tiempo de curado – concreto Fast Track - Mr=55.80 Kg/cm² (F'c=300 Kg/cm²)- 0.8%SP+0.8%AC

Fuente: Elaboración Propia

Resistencia a la flexión vs tiempo de curado

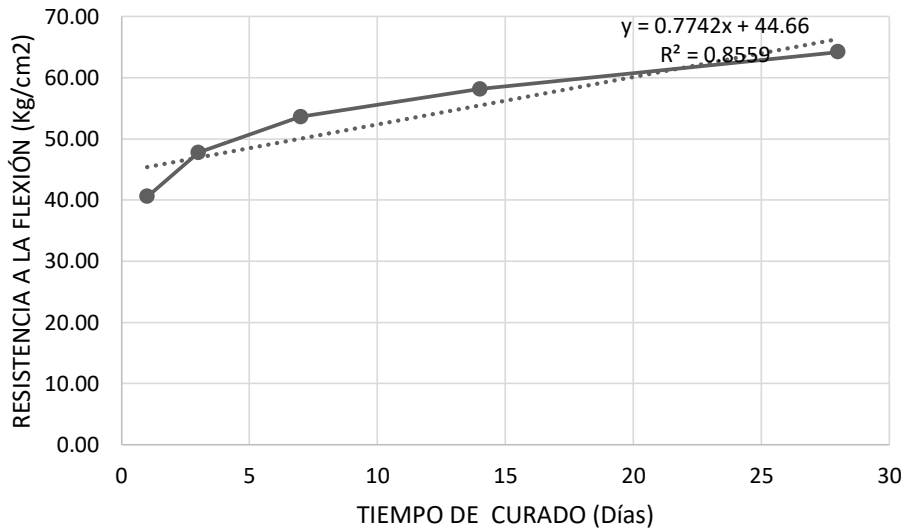


Figura 66: Resistencia a la flexión vs tiempo de curado – concreto Fast Track - Mr=55.80 Kg/cm² (F'c=300 Kg/cm²)- 0.8%SP+0.4% AC

Fuente: Elaboración Propia

Resistencia a la flexión vs tiempo de curado

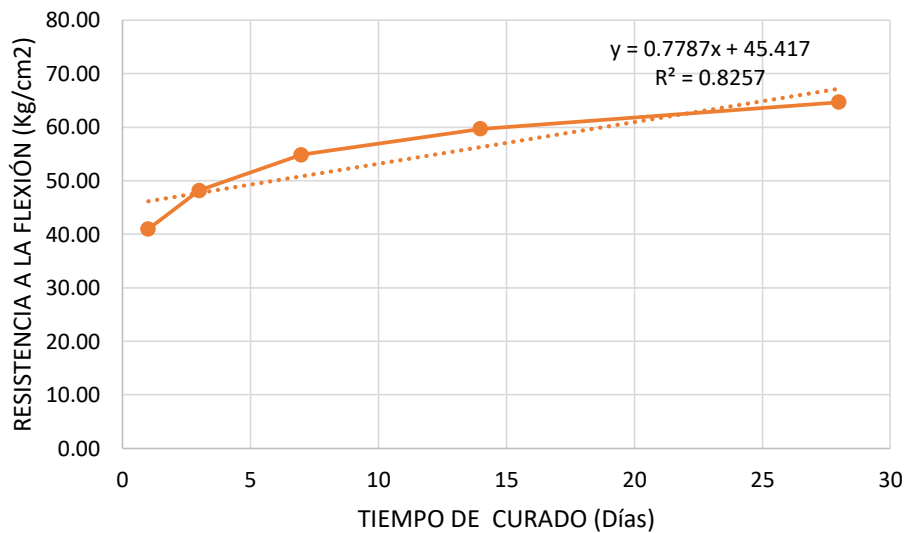


Figura 67: Resistencia a la flexión vs tiempo de curado – concreto Fast Track - Mr=55.80 Kg/cm² (F'c=300 Kg/cm²)- 0.4%SP+1% AC

Fuente: Elaboración Propia

Resistencia a la flexión vs tiempo de curado

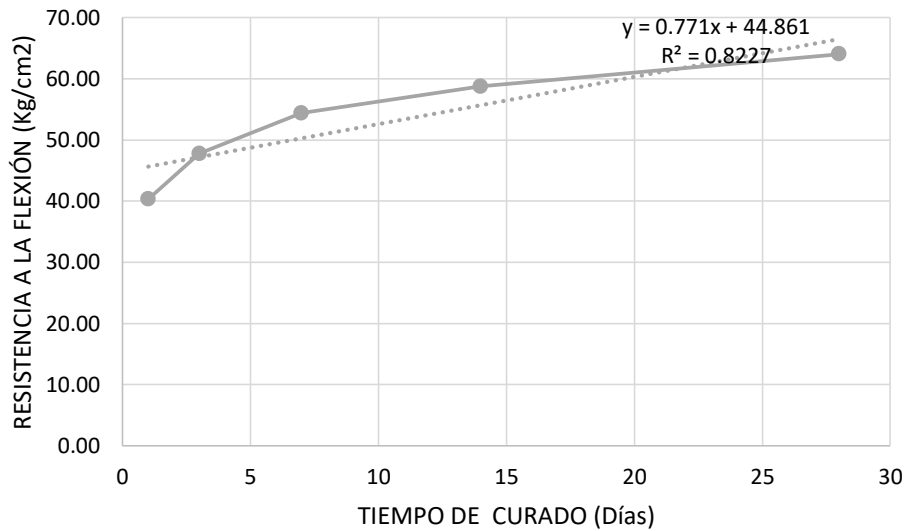


Figura 68: Resistencia a la flexión vs tiempo de curado – concreto Fast Track - Mr=55.80 Kg/cm2 (F’c=300 Kg/cm2)- 0.4%SP+0.8% AC

Fuente: Elaboración Propia

Resistencia a la flexión vs tiempo de curado

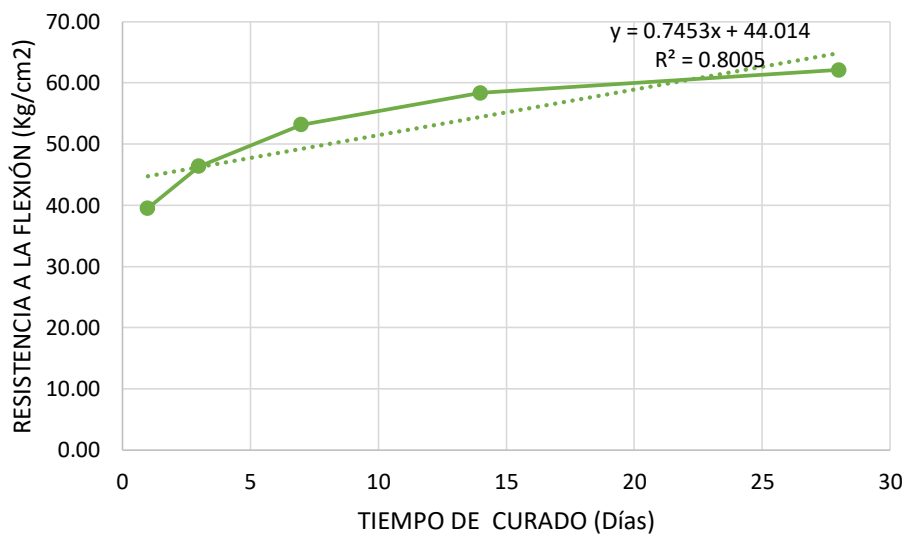


Figura 69: Resistencia a la flexión vs tiempo de curado – concreto Fast Track - Mr=55.80 Kg/cm2 (F’c=300 Kg/cm2)- 0.4%SP+0.4% AC

Fuente: Elaboración Propia

Las figuras 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68 y 69, se analizó como la resistencia a la flexión va aumentando de acuerdo al tiempo de curado ya sea del concreto convencional y el concreto Fast Track de resistencia de diseño $f'c=300 \text{ Kg/cm}^2$, del cual de las curvas que se obtuvieron de estos datos se generó una ecuación lineal.

Tabla 85:

Resultados de la resistencia a la flexión del concreto convencional - $M_r=57.82 \text{ Kg/cm}^2$ ($F'c=350 \text{ Kg/cm}^2$)

DESCRIPCIÓN	Edad (días)	Mr Promedio (Kg/cm ²)	Mr Diseño (Kg/cm ²)	%
CC - Curado	1	25.57	-	-
CC - Curado	3	37.23	-	-
CC - Curado	7	47.36	-	-
CC - Curado	14	53.13	-	-
CC - Curado	28	57.82	-	-

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 86:

Resultados de la resistencia a la flexión del concreto Fast Track- $M_r=57.82 \text{ Kg/cm}^2$ ($F'c=350 \text{ Kg/cm}^2$) - 1%SP+1%AC

DESCRIPCIÓN	Edad (días)	Mr Promedio (Kg/cm ²)	Mr Diseño (Kg/cm ²)	%
CFT - Curado	1	44.87	57.82	77.60
CFT - Curado	3	52.06	57.82	90.04
CFT - Curado	7	60.21	57.82	104.14
CFT - Curado	14	65.73	57.82	113.67
CFT - Curado	28	71.22	57.82	123.18

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 87:

Resultados de la resistencia a la flexión del concreto Fast Track- $M_r=57.82 \text{ Kg/cm}^2$
($F'c=350 \text{ Kg/cm}^2$) - 1%SP+0.8%AC

DESCRIPCIÓN	Edad (días)	Mr Promedio (Kg/cm ²)	Mr Diseño (Kg/cm ²)	%
CFT - Curado	1	44.31	57.82	76.64
CFT - Curado	3	50.63	57.82	87.56
CFT - Curado	7	58.06	57.82	100.41
CFT - Curado	14	64.32	57.82	111.23
CFT - Curado	28	68.66	57.82	118.74

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 88:

Resultados de la resistencia a la flexión del concreto Fast Track- $M_r=57.82 \text{ Kg/cm}^2$
($F'c=350 \text{ Kg/cm}^2$) - 1%SP+0.4%AC

DESCRIPCIÓN	Edad (días)	Mr Promedio (Kg/cm ²)	Mr Diseño (Kg/cm ²)	%
CFT - Curado	1	43.47	57.82	75.17
CFT - Curado	3	49.07	57.82	84.86
CFT - Curado	7	54.82	57.82	94.81
CFT - Curado	14	60.20	57.82	104.11
CFT - Curado	28	64.33	57.82	111.25

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 89:

Resultados de la resistencia a la flexión del concreto Fast Track- $M_r=57.82 \text{ Kg/cm}^2$
($F'c=350 \text{ Kg/cm}^2$) - 0.8%SP+1%AC

DESCRIPCIÓN	Edad (días)	Mr Promedio (Kg/cm ²)	Mr Diseño (Kg/cm ²)	%
CFT - Curado	1	43.77	57.82	75.70
CFT - Curado	3	50.70	57.82	87.68
CFT - Curado	7	58.18	57.82	100.62
CFT - Curado	14	64.14	57.82	110.92
CFT - Curado	28	69.89	57.82	120.86

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 90:

Resultados de la resistencia a la flexión del concreto Fast Track- $M_r=57.82 \text{ Kg/cm}^2$
($F'c=350 \text{ Kg/cm}^2$) - 0.8%SP+0.8%AC

DESCRIPCIÓN	Edad (días)	Mr Promedio (Kg/cm ²)	Mr Diseño (Kg/cm ²)	%
CFT - Curado	1	43.03	57.82	74.42
CFT - Curado	3	50.30	57.82	86.98
CFT - Curado	7	57.44	57.82	99.34
CFT - Curado	14	63.85	57.82	110.42
CFT - Curado	28	68.86	57.82	119.08

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 91:

Resultados de la resistencia a la flexión del concreto Fast Track- $M_r=57.82 \text{ Kg/cm}^2$
($F'c=350 \text{ Kg/cm}^2$) - 0.8%SP+0.4%AC

DESCRIPCIÓN	Edad (días)	Mr Promedio (Kg/cm ²)	Mr Diseño (Kg/cm ²)	%
CFT - Curado	1	42.38	57.82	73.30
CFT - Curado	3	49.21	57.82	85.10
CFT - Curado	7	56.11	57.82	97.04
CFT - Curado	14	62.59	57.82	108.25
CFT - Curado	28	68.10	57.82	117.77

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 92:

Resultados de la resistencia a la flexión del concreto Fast Track- $M_r=57.82 \text{ Kg/cm}^2$
($F'c=350 \text{ Kg/cm}^2$) - 0.4%SP+1%AC

DESCRIPCIÓN	Edad (días)	Mr Promedio (Kg/cm ²)	Mr Diseño (Kg/cm ²)	%
CFT - Curado	1	42.25	57.82	73.06
CFT - Curado	3	49.78	57.82	86.10
CFT - Curado	7	57.51	57.82	99.46
CFT - Curado	14	63.04	57.82	109.03
CFT - Curado	28	68.66	57.82	118.75

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 93:

Resultados de la resistencia a la flexión del concreto Fast Track- $M_r=57.82 \text{ Kg/cm}^2$ ($F'_c=350 \text{ Kg/cm}^2$) - 0.4%SP+0.8%AC

DESCRIPCIÓN	Edad (días)	Mr Promedio (Kg/cm ²)	Mr Diseño (Kg/cm ²)	%
CFT - Curado	1	41.27	57.82	71.37
CFT - Curado	3	49.08	57.82	84.87
CFT - Curado	7	55.98	57.82	96.80
CFT - Curado	14	62.64	57.82	108.32
CFT - Curado	28	67.89	57.82	117.41

Fuente: Elaboración Propia

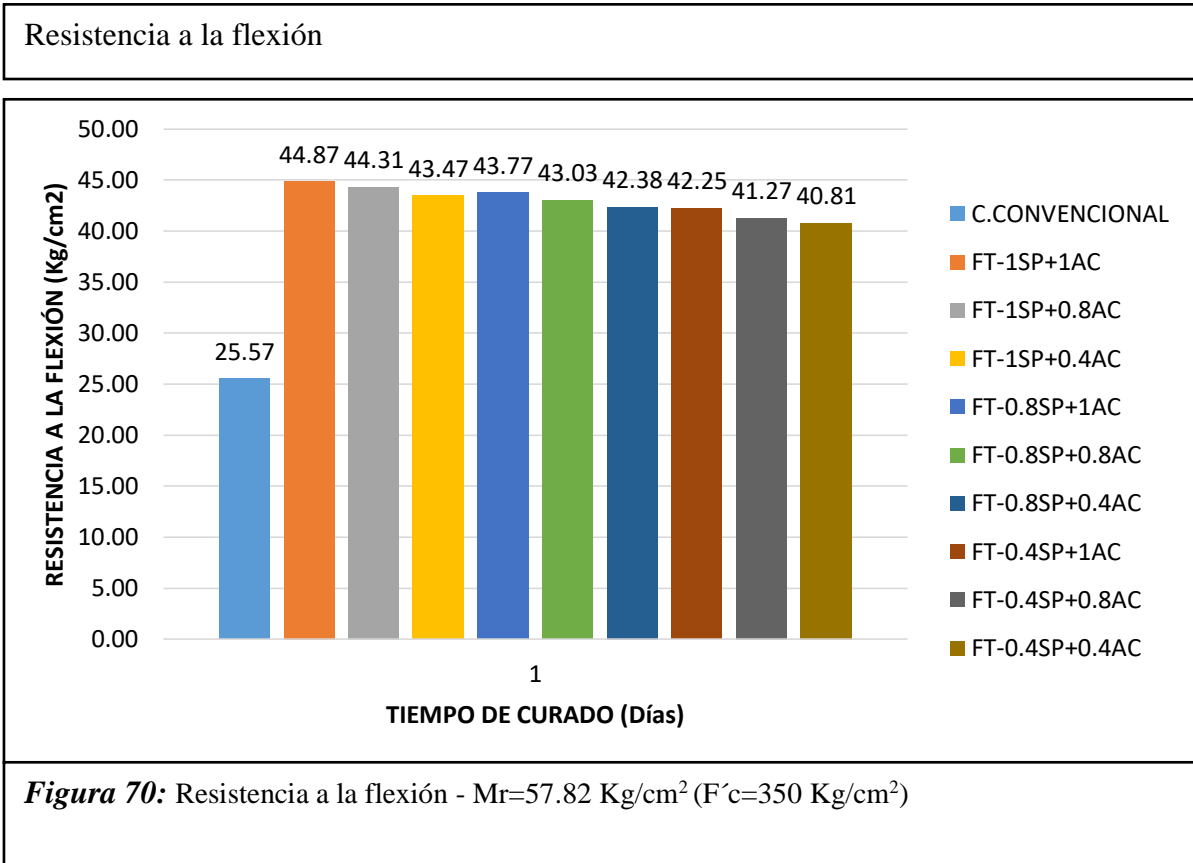
Tabla 94:

Resultados de la resistencia a la flexión del concreto Fast Track- $M_r=57.82 \text{ Kg/cm}^2$ ($F'_c=350 \text{ Kg/cm}^2$) - 0.4%SP+0.4%AC

DESCRIPCIÓN	Edad (días)	Mr Promedio (Kg/cm ²)	Mr Diseño (Kg/cm ²)	%
CFT - Curado	1	40.81	57.82	70.58
CFT - Curado	3	48.43	57.82	83.76
CFT - Curado	7	54.88	57.82	94.91
CFT - Curado	14	61.32	57.82	106.06
CFT - Curado	28	67.03	57.82	115.92

Fuente: Elaboración Propia

Una vez determinado el diseño de mezcla $f'_c=350 \text{ Kg/cm}^2$ para el concreto convencional, y así también el concreto Fast Track (en sus diferentes dosificaciones), se procedió a ensayar las muestras de resistencia a flexión, obteniéndose como resultado del concreto convencional un módulo de rotura a los 28 días de edad la cual se utilizó como base para la comparación del concreto Fast Track, los resultados se muestran en las tablas 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93 y 94.



Fuente: Elaboración Propia

El concreto Fast Track es un concreto que también alcanza una máxima resistencia a flexión a un día de edad, por lo que se comparó los resultados de módulo de rotura a 1 día, esta comparación se observa en la figura 70, donde se evaluó que el concreto convencional su resistencia a la flexión a un día de edad es muy baja con respecto a la del concreto Fast Track (en sus diferentes dosificaciones).

Resistencia a la flexión vs tiempo de curado

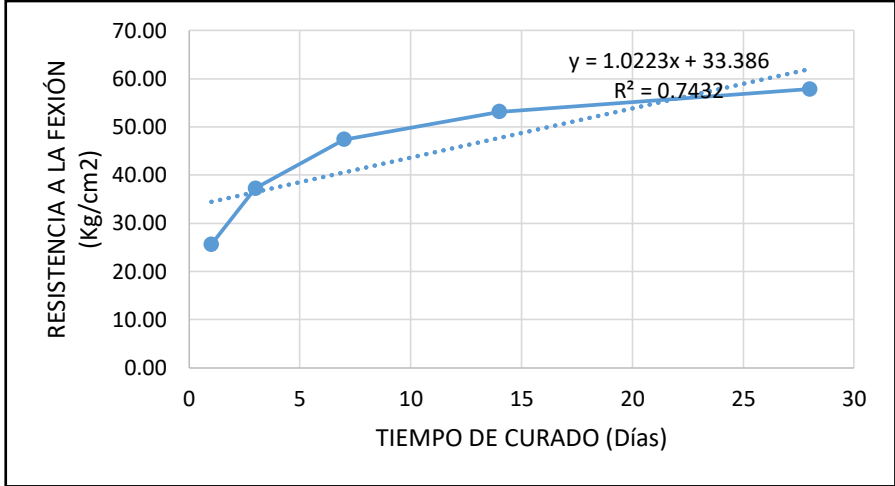


Figura 71: Resistencia a la flexión vs tiempo de curado – concreto convencional - $M_r=57.82 \text{ Kg/cm}^2$ ($F'_c=350 \text{ Kg/cm}^2$)

Fuente: Elaboración Propia

Resistencia a la flexión vs tiempo de curado

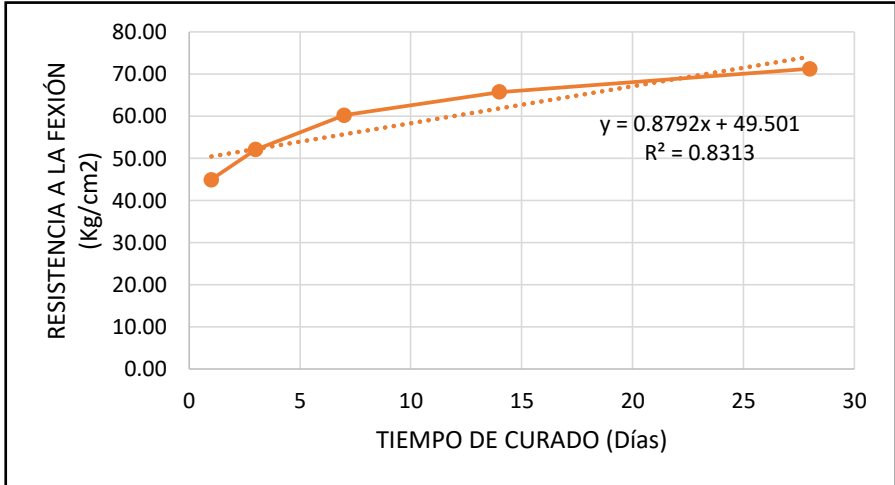


Figura 72: Resistencia a la flexión vs tiempo de curado – concreto Fast Track - $M_r=57.82 \text{ Kg/cm}^2$ ($F'_c=350 \text{ Kg/cm}^2$) - 1%SP+1%AC

Fuente: Elaboración Propia

Resistencia a la flexión vs tiempo de curado

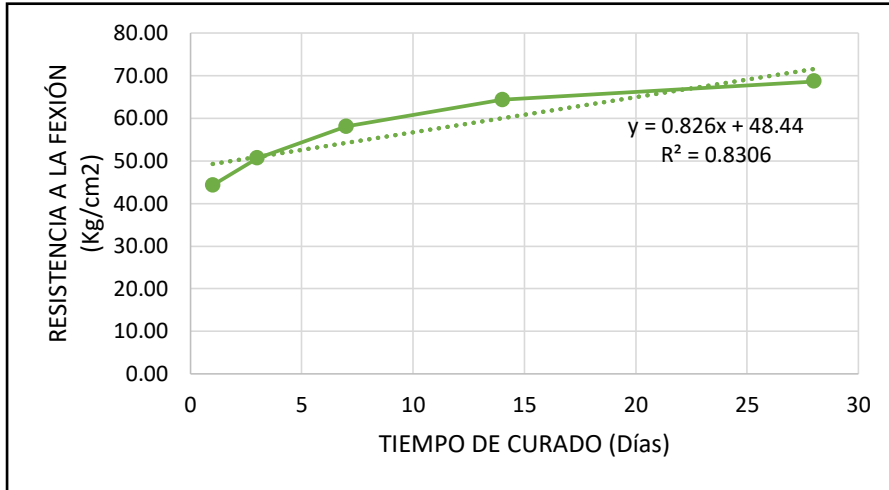


Figura 73: Resistencia a la flexión vs tiempo de curado – concreto Fast Track - $M_r=57.82 \text{ Kg/cm}^2$ ($F'_c=350 \text{ Kg/cm}^2$) - 1%SP+0.8%AC

Fuente: Elaboración Propia

Resistencia a la flexión vs tiempo de curado

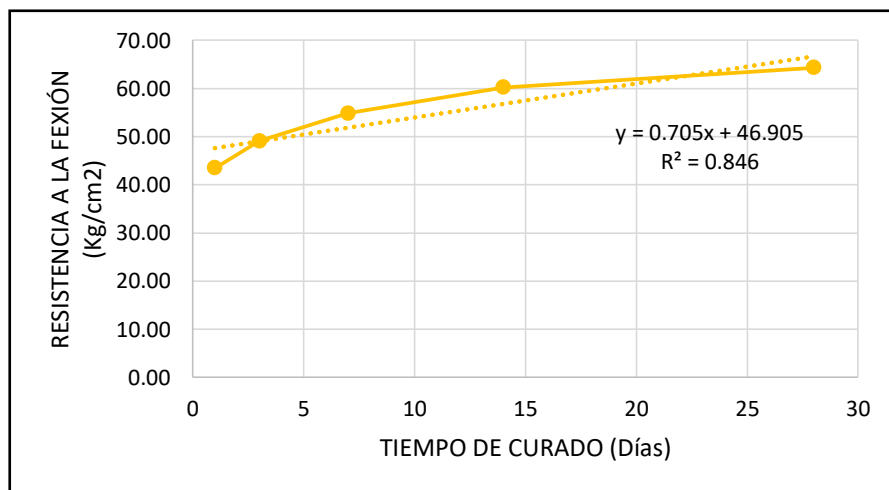


Figura 74: Resistencia a la flexión vs tiempo de curado – concreto Fast Track - $M_r=57.82 \text{ Kg/cm}^2$ ($F'_c=350 \text{ Kg/cm}^2$) - 1%SP+0.4%AC

Fuente: Elaboración Propia

Resistencia a la flexión vs tiempo de curado

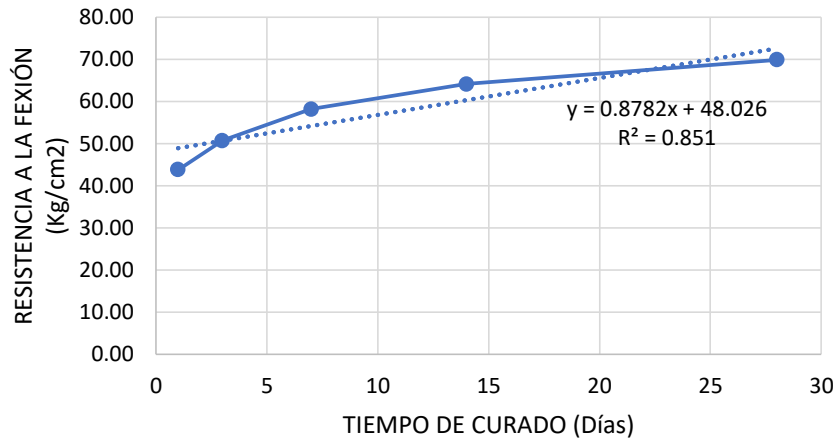


Figura 75: Resistencia a la flexión vs tiempo de curado – concreto Fast Track - $M_r=57.82 \text{ Kg/cm}^2$ ($F'c=350 \text{ Kg/cm}^2$) – 0.8%SP+1%AC

Fuente: Elaboración Propia

Resistencia a la flexión vs tiempo de curado

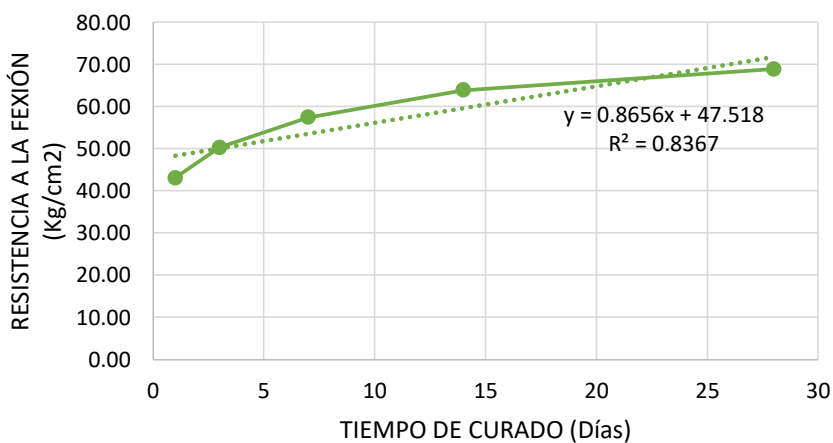


Figura 76: Resistencia a la flexión vs tiempo de curado – concreto Fast Track - $M_r=57.82 \text{ Kg/cm}^2$ ($F'c=350 \text{ Kg/cm}^2$) – 0.8%SP+0.8%AC

Fuente: Elaboración Propia

Resistencia a la flexión vs tiempo de curado

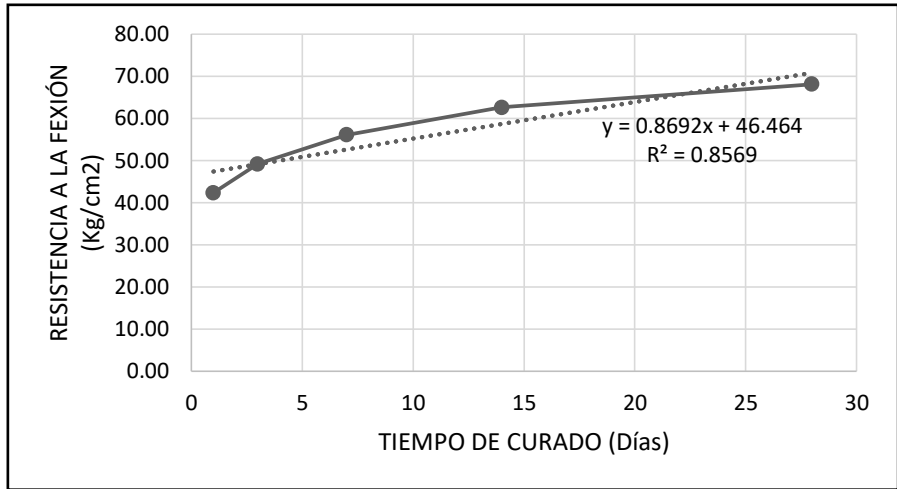


Figura 77: Resistencia a la flexión vs tiempo de curado – concreto Fast Track - $M_r=57.82 \text{ Kg/cm}^2$ ($F'c=350 \text{ Kg/cm}^2$) – 0.8%SP+0.4%AC

Fuente: Elaboración Propia

Resistencia a la flexión vs tiempo de curado

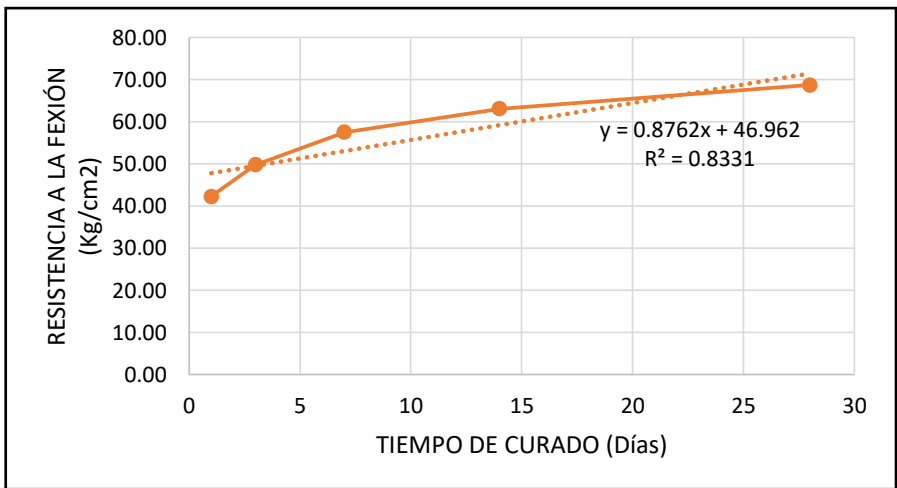


Figura 78: Resistencia a la flexión vs tiempo de curado – concreto Fast Track - $M_r=57.82 \text{ Kg/cm}^2$ ($F'c=350 \text{ Kg/cm}^2$) – 0.4%SP+1%AC

Fuente: Elaboración Propia

Resistencia a la flexión vs tiempo de curado

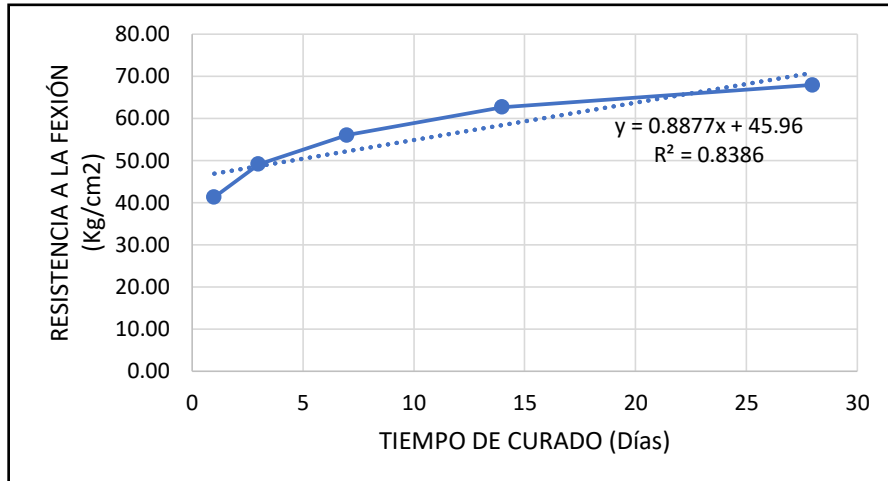


Figura 79: Resistencia a la flexión vs tiempo de curado – concreto Fast Track - $M_r=57.82 \text{ Kg/cm}^2$ ($F'_c=350 \text{ Kg/cm}^2$) – 0.4%SP+0.8%AC

Fuente: Elaboración Propia

Resistencia a la flexión vs tiempo de curado

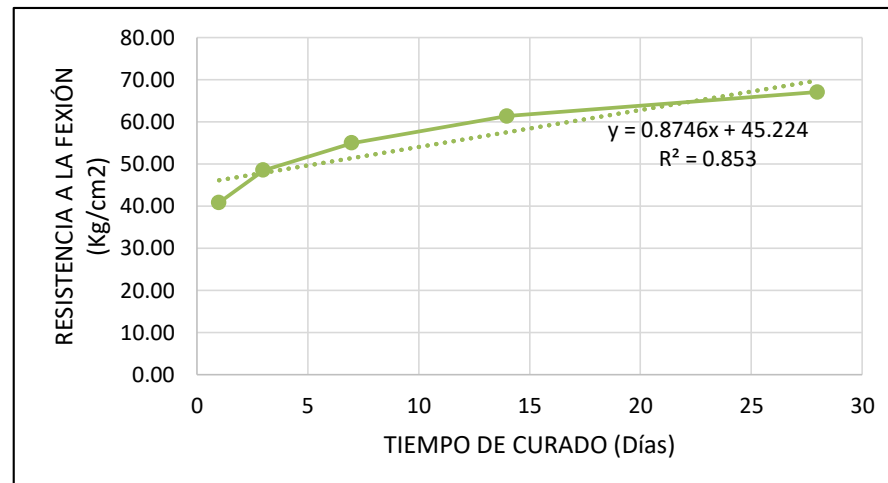


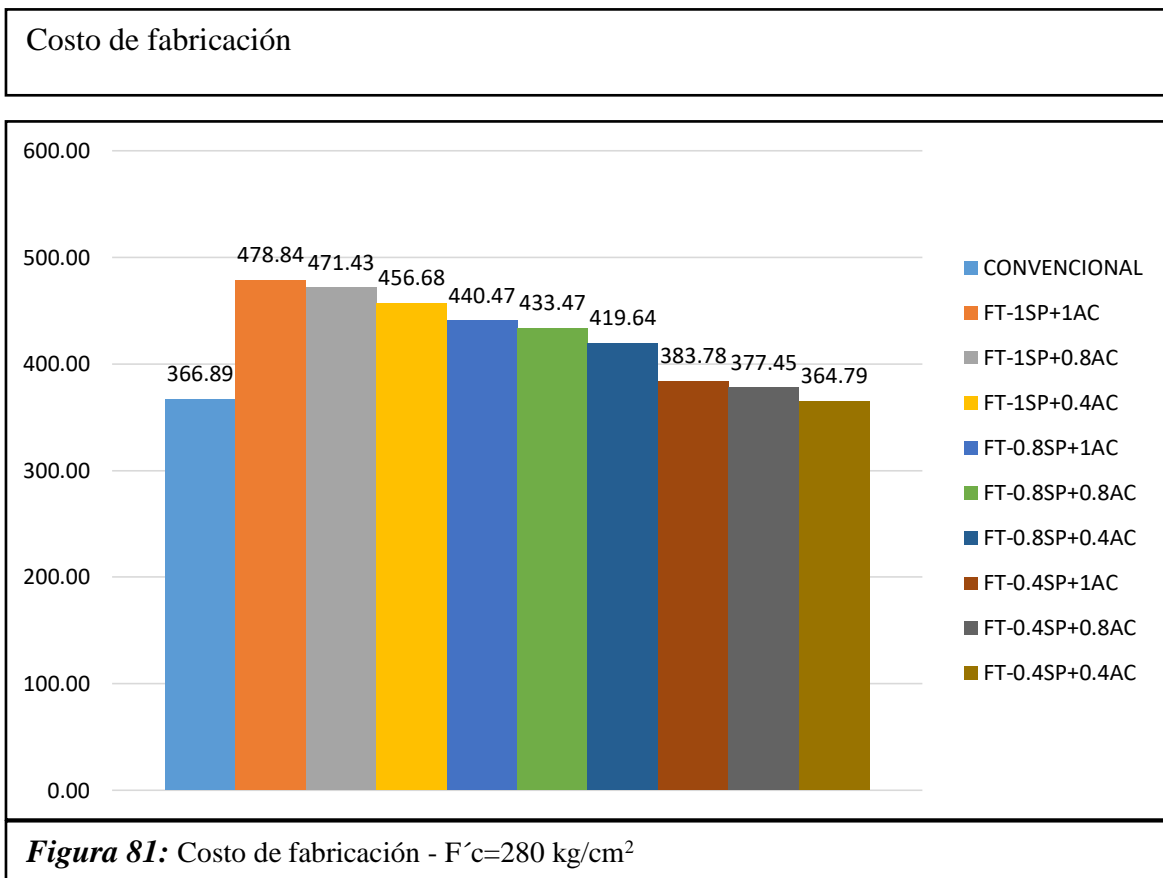
Figura 80: Resistencia a la flexión vs tiempo de curado – concreto Fast Track - $M_r=57.82 \text{ Kg/cm}^2$ ($F'_c=350 \text{ Kg/cm}^2$) – 0.4%SP+0.4%AC

Fuente: Elaboración Propia

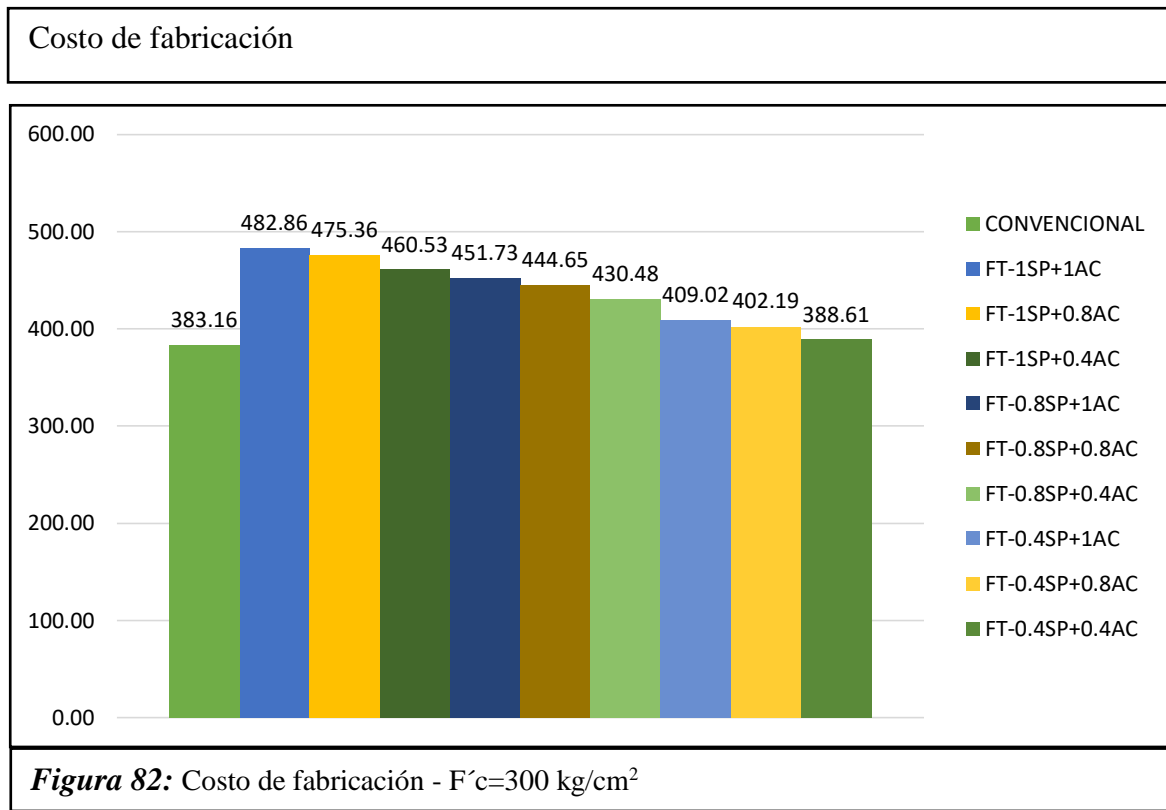
Las figuras 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79 y 80, se analizó como la resistencia a la flexión va aumentando de acuerdo al tiempo de curado ya sea del concreto convencional y el concreto Fast Track de resistencia de diseño $f'c=300 \text{ Kg/cm}^2$, del cual de las curvas que se obtuvieron de estos datos se generó una ecuación lineal.

4.1.4. Descripción 04:

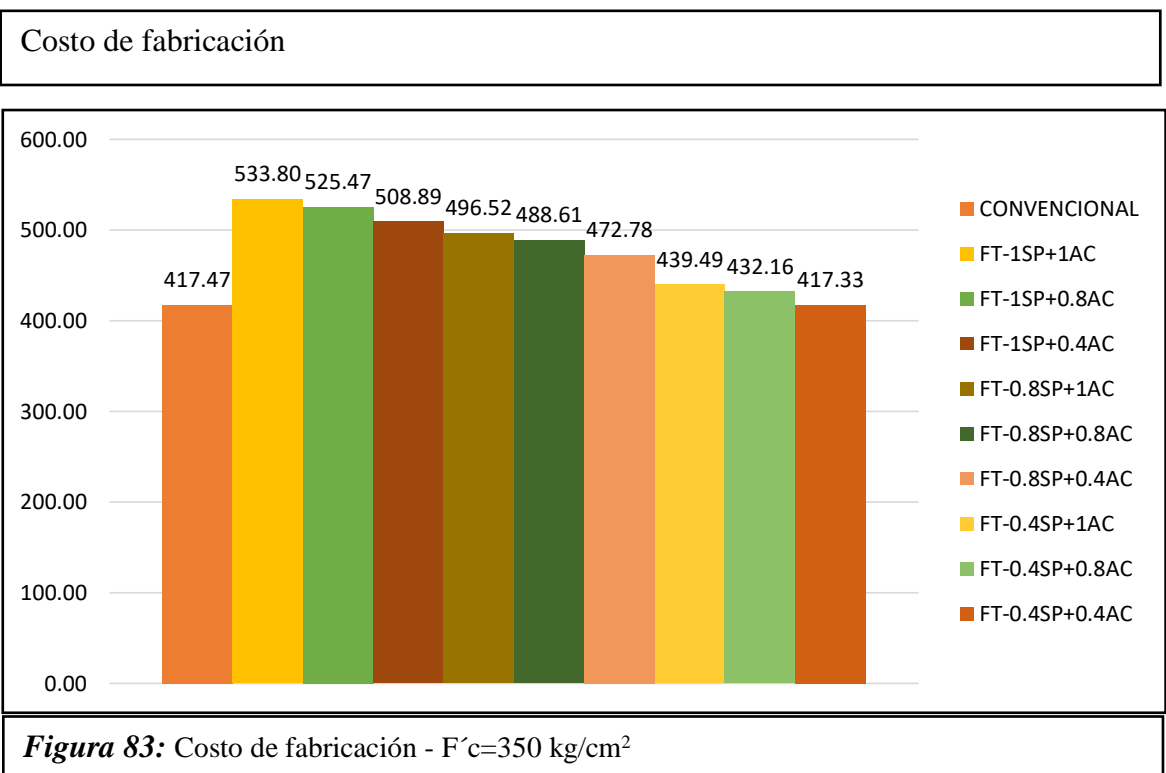
COSTOS DE FABRICACIÓN



Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

En las figuras 81, 82 y 83, se observó la comparación de costos de fabricación por 1 m³, de los diseños $F'c = 280, 300$ y 350 Kg/cm^2 , ya sea en el concreto convencional como en el concreto Fast Track (en sus diferentes dosificaciones), del cual también se evaluó que el concreto Fast Track por tener aditivos el costo aumentó con respecto al concreto convencional en un 21.26% ,20.33% y 20.61% por cada diseño realizado en la presente investigación, así como también cuando mayor cantidad de aditivos tenga, aumentaría el costo de fabricación.

4.1.5. Descripción 05:

CONTRACCIÓN PLÁSTICA

Tabla 95:

Contracción plástica – concreto Fast Track - $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2 - 1\% \text{ SP} + 1\% \text{ AC}$

N° Muestras	Descripción	Fecha y Hora de Vaciado	RESULTADOS
1	CFT -CURADO	11/05/2016-10:15 am	NO SE FISURÓ
2	CFT -SIN CURAR	11/05/2016-10:45 am	NO SE FISURÓ

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 96:

Contracción plástica – concreto Fast Track - $F'c = 300 \text{ kg/cm}^2 - 1\% \text{ SP} + 1\% \text{ AC}$

N° Muestras	Descripción	Fecha y Hora de Vaciado	RESULTADOS
1	CFT -CURADO	12/05/2016-11:35 am	NO SE FISURÓ
2	CFT -SIN CURAR	12/05/2016-12:10 m	NO SE FISURÓ

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 97:

Contracción plástica – concreto Fast Track - $F'c=350 \text{ kg/cm}^2$ – 1%SP+1%AC

N° Muestras	Descripción	Fecha y Hora de Vaciado	RESULTADOS
1	CFT -CURADO	13/05/2016-11:05 am	NO SE FISURÓ
2	CFT -SIN CURAR	13/05/2016-11:45 am	NO SE FISURÓ

Fuente: Elaboración Propia

En las tablas 95, 96 y 97, se evaluó la contracción plástica del concreto Fast Track, de los diseños $F'c=280, 300$ y 350 Kg/cm^2 , con la mayor dosificación que se tiene en la presente investigación, se realizó las muestras de losas sin curar y curadas, estas últimas se curaron con aditivo SIKA ANTISOL S, dentro de los 30 minutos de vaciado del concreto; por lo que en ese tiempo el concreto vaciado se mantiene fresco, en el cual se deben formar fisuras al momento de elaborar las losas, éstas no se fisuraron.

4.2. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Para la contrastación de hipótesis se procedió a la realización de Pruebas con los indicadores de la variable Propiedades Mecánicas del Concreto. Los principales indicadores que hemos considerado son:

- a) Resistencia a la Compresión del concreto $F'c=280, 300$ Y 350 kg/cm^2 en concreto convencional y concreto Fast Track a 1 día de edad.
- b) Resistencia a la flexión del concreto $F'c=280, 300$ Y 350 kg/cm^2 en concreto convencional y concreto Fast Track a 1 día de edad.

4.2.1. Prueba de Hipótesis.

Indicador: RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ – Concreto Convencional Vs Concreto Fast Track (1%SP+1%AC) a 1 día de edad.

Tabla 98:

Resistencia a la compresión $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ – Prueba de hipótesis

EDAD (días)	MUESTRAS	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg/cm ²)-CONCRETO CONVENCIONAL	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg/cm ²)-CONCRETO FAST TRACK
1	1.00	63.568	242.090
1	2.00	61.163	245.116
1	3.00	66.105	246.899

Fuente: Elaboración Propia

a. Formulación de la hipótesis

$$H_0: \mu_{cP} - \mu_{cA} = 0$$

La Resistencia a la Compresión para $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ del Concreto Convencional es igual a la Resistencia a la Compresión para $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ del Concreto Fast Track (1%SP+1%AC)

$$H_A: \mu_{cP} - \mu_{cA} < 0$$

La Resistencia a la Compresión para $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ del Concreto Fast Track (1%SP+1%AC) es mayor a la Resistencia a la Compresión para $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ del Concreto Convencional.

H_0 : Hipótesis Nula.

H_A : Hipótesis Alternativa.

μ_{cP} : Resistencia a la Compresión para $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ del Concreto Convencional.

μ_{cA} : Resistencia a la Compresión para $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ del Concreto Fast Track (1%SP+1%AC).

b. Nivel de significancia: $\alpha = 0.01$

c. Región crítica:

Valor crítico de T: $t_{(1-\alpha, r)}$

$$\alpha = 0.01$$

$$n_c=3$$

$$n_A=3$$

$$\bar{X}_{cP} = 63.612$$

$$\bar{X}_{cA} = 244.702$$

$$S^2_{cP} = 6.108$$

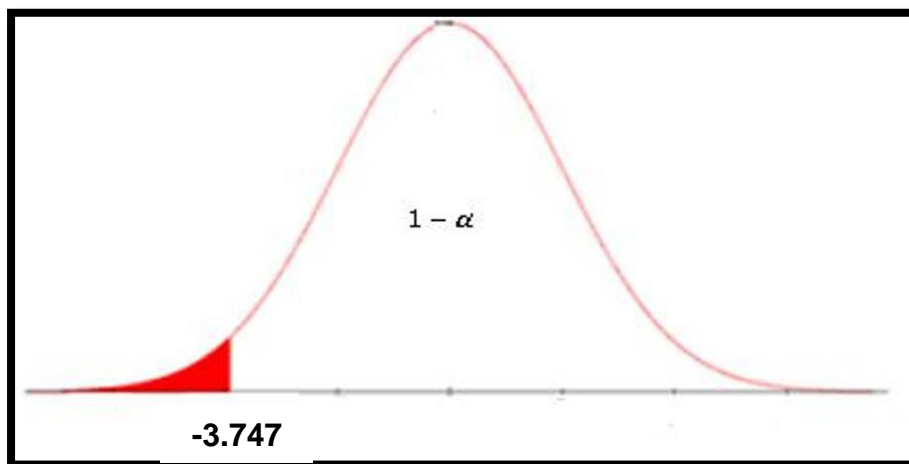
$$S^2_{cA} = 5.910$$

n_c y n_A : Número de observaciones del concreto convencional y del concreto Fast Track (1%SP+1%AC), respectivamente.

$$r = \frac{\left(\frac{S^2_{cP}}{n_c} + \frac{S^2_{cA}}{n_A}\right)^2}{\frac{\left(\frac{S^2_{cP}}{n_c}\right)^2}{n_c - 1} + \frac{\left(\frac{S^2_{cA}}{n_A}\right)^2}{n_A - 1}} = 4.00$$

$$r = 4.00$$

$$(0.99, 4)=3.747$$



$$T = \frac{\bar{X}_{cP} - \bar{X}_{cA}}{\sqrt{\frac{S^2_{cP}}{n_c} + \frac{S^2_{cA}}{n_A}}} = -90.477$$

$$T = -90.477$$

d. Decisión:

$T = -90.477 \in$ a la región crítica. Por tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

e. Conclusión:

A un 99% de confianza se estima que la resistencia a la compresión a un 1 día de edad para un $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ del concreto Fast Track (1%SP+1%AC) es mayor a la resistencia a la compresión a un día de edad para $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ del concreto convencional.

4.2.2. Prueba de Hipótesis.

Indicador: RESISTENCIA A LA FLEXION PARA $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ – Concreto Patrón Vs Concreto Fast Track (1%SP+1%AC) a 1 día de edad.

Tabla 99:

Resistencia a la Flexión $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ – Prueba de hipótesis

EDAD (días)	MUESTRAS	RESISTENCIA A LA FLEXION (Kg/cm ²)- CONCRETO CONVENCIONAL	RESISTENCIA A LA FLEXION (Kg/cm ²)- CONCRETO FAST TRACK
1	1.00	14.452	43.828
1	2.00	14.887	34.450
1	3.00	15.224	37.216
1	4.00	16.225	36.541

Fuente: Elaboración Propia

a. Formulación de la hipótesis

$$H_0: \mu_{CP} - \mu_{CA} = 0$$

La Resistencia a la Flexión para $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ del Concreto Convencional es igual a la Resistencia a la Flexión para $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ del Concreto Fast Track (1%SP+1%AC).

$$H_A: \mu_{CP} - \mu_{CA} < 0$$

La Resistencia a la Flexión para $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ del Concreto Fast Track (1%SP+1%AC) es mayor a la Resistencia a la Flexión para $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ del Concreto Convencional.

H_0 : Hipótesis Nula.

H_A : Hipótesis Alternativa.

μ_{cP} : Resistencia a la Flexión para $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ del Concreto Convencional.

μ_{cA} : Resistencia a la Flexión para $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ del Concreto Fast Track (1%SP+1%AC).

b. Nivel de significancia: $\alpha = 0.01$

c. Región crítica:

Valor crítico de T: $t_{(1-\alpha, r)}$

$$\alpha = 0.01$$

$$n_c = 4$$

$$n_A = 4$$

$$\bar{X}_{cP} = 15.197$$

$$\bar{X}_{cA} = 38.009$$

$$S^2_{cP} = 0.569$$

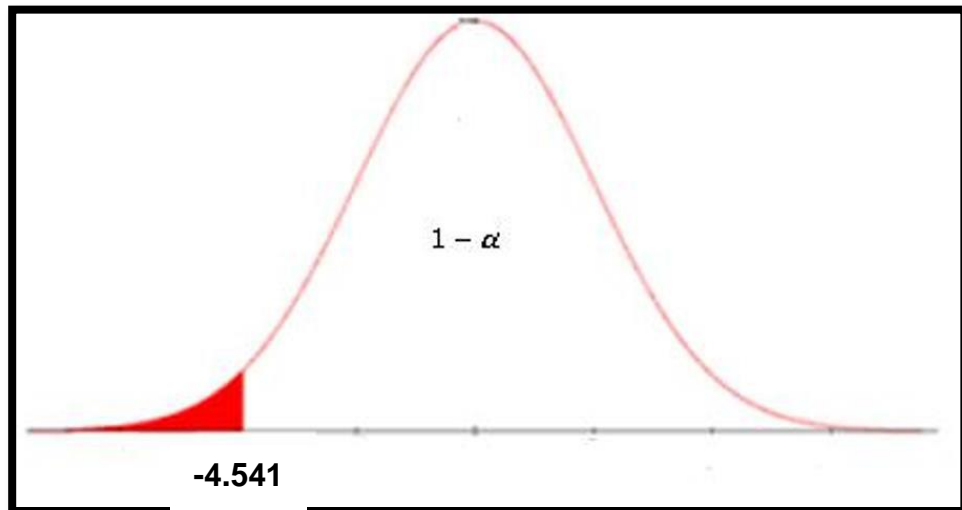
$$S^2_{cA} = 16.439$$

n_c y n_A : Número de observaciones del concreto convencional y del concreto Fast Track (1%SP+1%AC), respectivamente.

$$r = \frac{\left(\frac{S^2_{cP}}{n_c} + \frac{S^2_{cA}}{n_A}\right)^2}{\frac{\left(\frac{S^2_{cP}}{n_c}\right)^2}{n_c - 1} + \frac{\left(\frac{S^2_{cA}}{n_A}\right)^2}{n_A - 1}} = 3.00$$

$$r = 3.00$$

$$(0.99, 3) = 4.541$$



$$T = \frac{\bar{X}_{CP} - \bar{X}_{CA}}{\sqrt{\frac{S_{CP}^2}{n_C} + \frac{S_{CA}^2}{n_A}}} = -11.063$$

$$T = -11.063$$

d. Decisión:

$T = -11.063 \in$ a la región crítica. Por tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

e. Conclusión:

A un 99% de confianza se estima que la resistencia a la compresión a un 1 de edad para un $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ del concreto Fast Track es mayor a la resistencia a la compresión a un 1 día de edad para $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ del concreto convencional.

4.2.3. Prueba de Hipótesis.

Indicador: RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA $F'c = 300 \text{ kg/cm}^2$ – Concreto Convencional Vs Concreto Fast Track (1%SP+1%AC) a 1 día de edad.

Tabla 100:

Resistencia a la compresión $F'c = 300 \text{ kg/cm}^2$ – Prueba de hipótesis

EDAD (días)	MUESTRAS	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg/cm ²)-CONCRETO CONVENCIONAL	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg/cm ²)-CONCRETO FAST TRACK
1	1.00	72.072	256.889
1	2.00	79.815	271.559
1	3.00	79.579	267.614

Fuente: Elaboración Propia

a. Formulación de la hipótesis

$$H_0: \mu_{cP} - \mu_{cA} = 0$$

La Resistencia a la Compresión para $F'c = 300 \text{ kg/cm}^2$ del Concreto Convencional es igual a la Resistencia a la Compresión para $F'c = 300 \text{ kg/cm}^2$ del Concreto Fast Track (1%SP+1%AC)

$$H_A: \mu_{cP} - \mu_{cA} < 0$$

La Resistencia a la Compresión para $F'c = 300 \text{ kg/cm}^2$ del Concreto Fast Track (1%SP+1%AC) es mayor a la Resistencia a la Compresión para $F'c = 300 \text{ kg/cm}^2$ del Concreto Convencional.

H_0 : Hipótesis Nula.

H_A : Hipótesis Alterna.

μ_{cP} : Resistencia a la Compresión para $F'c = 300 \text{ kg/cm}^2$ del Concreto Convencional.

μ_{cA} : Resistencia a la Compresión para $F'c = 300 \text{ kg/cm}^2$ del Concreto Fast Track (1%SP+1%AC).

b. Nivel de significancia: $\alpha = 0.01$

c. Región crítica:

Valor crítico de T: $t_{(1-\alpha, r)}$

$$\alpha = 0.01$$

$$n_c=3$$

$$n_A=3$$

$$\bar{X}_{cP} = 77.155$$

$$\bar{X}_{cA} = 265.354$$

$$S^2_{cP} = 19.395$$

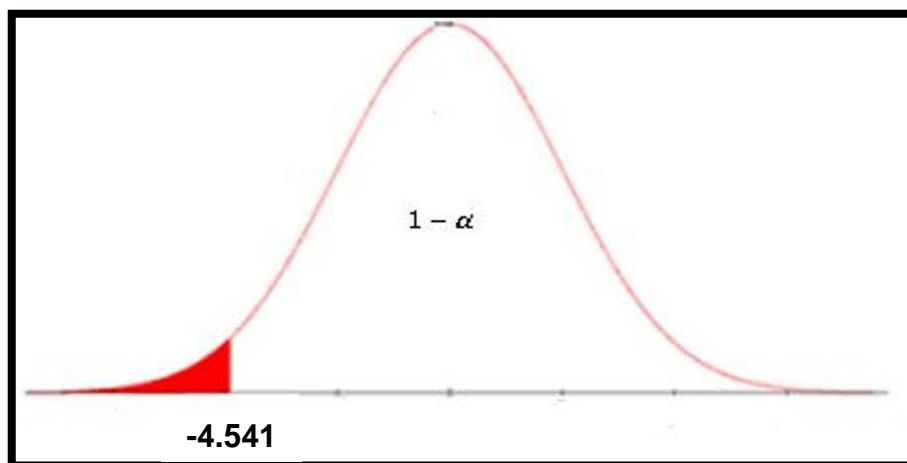
$$S^2_{cA} = 57.633$$

n_c y n_A : Número de observaciones del concreto convencional y del concreto Fast Track (1%SP+1%AC), respectivamente.

$$r = \frac{\left(\frac{S^2_{cP}}{n_c} + \frac{S^2_{cA}}{n_A}\right)^2}{\frac{\left(\frac{S^2_{cP}}{n_c}\right)^2}{n_c - 1} + \frac{\left(\frac{S^2_{cA}}{n_A}\right)^2}{n_A - 1}} = 3.00$$

$$r = 3.00$$

$$(0.99, 3)=4.541$$



$$T = \frac{\bar{X}_{cP} - \bar{X}_{cA}}{\sqrt{\frac{S^2_{cP}}{n_c} + \frac{S^2_{cA}}{n_A}}} = -37.141$$

$$T = -37.141$$

d. Decisión:

$T = -37.141 \in$ a la región crítica. Por tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

e. Conclusión:

A un 99% de confianza se estima que la resistencia a la compresión a un 1 día de edad para un $F'c = 300 \text{ kg/cm}^2$ del concreto Fast Track (1%SP+1%AC) es mayor a la resistencia a la compresión a un día de edad para $F'c = 300 \text{ kg/cm}^2$ del concreto convencional.

4.2.4. Prueba de Hipótesis.

Indicador: RESISTENCIA A LA FLEXION PARA $F'c = 300 \text{ kg/cm}^2$ – Concreto Patrón Vs Concreto Fast Track (1%SP+1%AC) a 1 día de edad.

Tabla 101:

Resistencia a la Flexión $F'c = 300 \text{ kg/cm}^2$ – Prueba de hipótesis

EDAD (días)	MUESTRAS	RESISTENCIA A LA FLEXION (Kg/cm ²)- CONCRETO CONVENCIONAL	RESISTENCIA A LA FLEXION (Kg/cm ²)- CONCRETO FAST TRACK
1	1.00	19.224	40.744
1	2.00	20.901	41.195
1	3.00	22.613	41.544
1	4.00	25.418	43.966

Fuente: Elaboración Propia

a. Formulación de la hipótesis

$$H_0: \mu_{cP} - \mu_{cA} = 0$$

La Resistencia a la Flexión para $F'c = 300 \text{ kg/cm}^2$ del Concreto Convencional es igual a la Resistencia a la Flexión para $F'c = 300 \text{ kg/cm}^2$ del Concreto Fast Track (1%SP+1%AC).

$$H_A: \mu_{cP} - \mu_{cA} < 0$$

La Resistencia a la Flexión para $F'c = 300 \text{ kg/cm}^2$ del Concreto Fast Track (1%SP+1%AC) es mayor a la Resistencia a la Flexión para $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ del Concreto Convencional.

H_0 : Hipótesis Nula.

H_A : Hipótesis Alterna.

μ_{cP} : Resistencia a la Flexión para $F'c = 300 \text{ kg/cm}^2$ del Concreto Convencional.

μ_{cA} : Resistencia a la Flexión para $F'c = 300 \text{ kg/cm}^2$ del Concreto Fast Track (1%SP+1%AC).

b. Nivel de significancia: $\alpha = 0.01$

c. Región crítica:

Valor crítico de T: $t_{(1-\alpha, r)}$

$$\alpha = 0.01$$

$$n_c = 4$$

$$n_A = 4$$

$$\bar{X}_{cP} = 22.039$$

$$\bar{X}_{cA} = 41.862$$

$$S^2_{cP} = 6.989$$

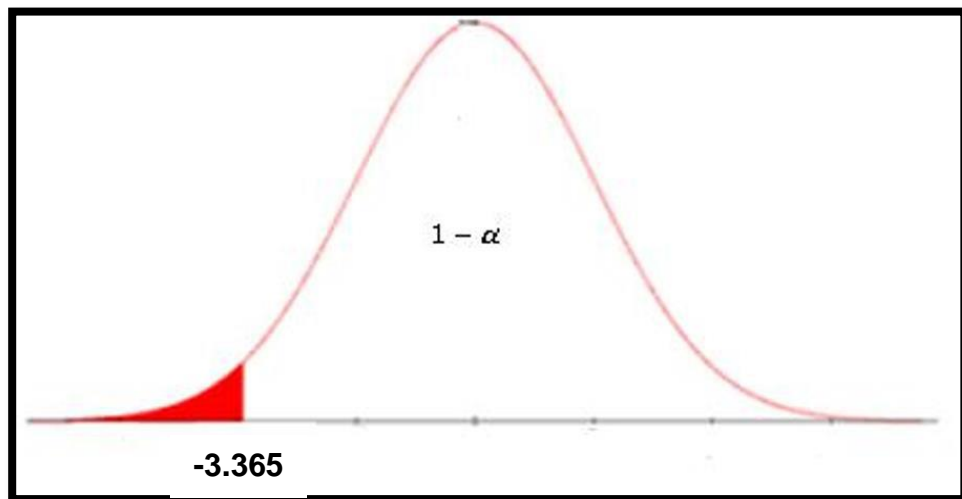
$$S^2_{cA} = 2.075$$

n_c y n_A : Número de observaciones del concreto convencional y del concreto Fast Track (1%SP+1%AC), respectivamente.

$$r = \frac{\left(\frac{S_{CP}^2}{n_C} + \frac{S_{CA}^2}{n_A}\right)^2}{\frac{\left(\frac{S_{CP}^2}{n_C}\right)^2}{n_C - 1} + \frac{\left(\frac{S_{CA}^2}{n_A}\right)^2}{n_A - 1}} = 5.00$$

$$r = 5.00$$

$$(0.99, 5) = 3.365$$



$$T = \frac{\overline{X}_{CP} - \overline{X}_{CA}}{\sqrt{\frac{S_{CP}^2}{n_C} + \frac{S_{CA}^2}{n_A}}} = -13.169$$

$$T = -13.169$$

d. Decisión:

$T = -13.169 \in$ a la región crítica. Por tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

e. Conclusión:

A un 99% de confianza se estima que la resistencia a la compresión a un 1 de edad para un $F'c = 300 \text{ kg/cm}^2$ del concreto Fast Track es mayor a la resistencia a la compresión a un 1 día de edad para $F'c = 300 \text{ kg/cm}^2$ del concreto convencional.

4.2.5. Prueba de Hipótesis.

Indicador: RESISTENCIA A LA COMPRESION PARA $F'c = 350$ kg/cm² – Concreto Convencional Vs Concreto Fast Track (1%SP+1%AC) a 1 día de edad.

Tabla 102:

Resistencia a la compresión $F'c = 350$ kg/cm² – Prueba de hipótesis

EDAD (días)	MUESTRAS	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg/cm ²)-CONCRETO CONVENCIONAL	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg/cm ²)-CONCRETO FAST TRACK
1	1.00	85.602	297.831
1	2.00	74.169	294.353
1	3.00	86.528	291.501

Fuente: Elaboración Propia

a. Formulación de la hipótesis

$$H_0: \mu_{cP} - \mu_{cA} = 0$$

La Resistencia a la Compresión para $F'c = 350$ kg/cm² del Concreto Convencional es igual a la Resistencia a la Compresión para $F'c = 350$ kg/cm² del Concreto Fast Track (1%SP+1%AC)

$$H_A: \mu_{cP} - \mu_{cA} < 0$$

La Resistencia a la Compresión para $F'c = 350$ kg/cm² del Concreto Fast Track (1%SP+1%AC) es mayor a la Resistencia a la Compresión para $F'c = 350$ kg/cm² del Concreto Convencional.

H_0 : Hipótesis Nula.

H_A : Hipótesis Alterna.

μ_{cP} : Resistencia a la Compresión para $F'c = 350$ kg/cm² del Concreto Convencional.

μ_{cA} : Resistencia a la Compresión para $F'c = 350$ kg/cm² del Concreto Fast Track (1%SP+1%AC).

b. Nivel de significancia: $\alpha = 0.01$

c. Región crítica:

Valor crítico de T: $t_{(1-\alpha, r)}$

$$\alpha = 0.01$$

$$n_c = 3$$

$$n_A = 3$$

$$\bar{X}_{cP} = 82.100$$

$$\bar{X}_{cA} = 294.562$$

$$S^2_{cP} = 47.383$$

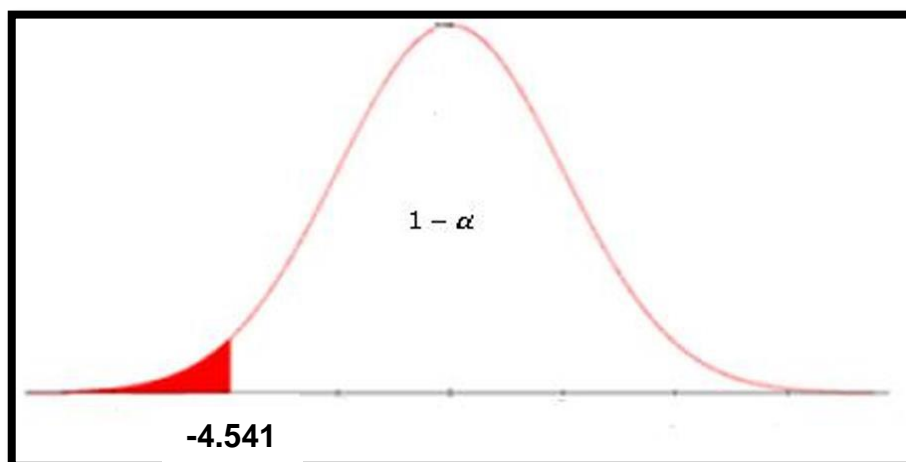
$$S^2_{cA} = 10.047$$

n_c y n_A : Número de observaciones del concreto convencional y del concreto Fast Track (1%SP+1%AC), respectivamente.

$$r = \frac{\left(\frac{S^2_{cP}}{n_c} + \frac{S^2_{cA}}{n_A}\right)^2}{\frac{\left(\frac{S^2_{cP}}{n_c}\right)^2}{n_c - 1} + \frac{\left(\frac{S^2_{cA}}{n_A}\right)^2}{n_A - 1}} = 3.00$$

$$r = 3.00$$

$$(0.99, 3) = 4.541$$



$$T = \frac{\overline{X}_{CP} - \overline{X}_{CA}}{\sqrt{\frac{S_{CP}^2}{n_C} + \frac{S_{CA}^2}{n_A}}} = -48.56$$

$$T = -48.56$$

d. Decisión:

T= -48.56 ∈ a la región crítica. Por tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

e. Conclusión:

A un 99% de confianza se estima que la resistencia a la compresión a un 1 día de edad para un F'c =300 kg/cm² del concreto Fast Track (1%SP+1%AC) es mayor a la resistencia a la compresión a un día de edad para F'c =300 kg/cm² del concreto convencional.

4.2.6. Prueba de Hipótesis.

Indicador: RESISTENCIA A LA FLEXION PARA F'c =350 kg/cm² – Concreto Patrón Vs Concreto Fast Track (1%SP+1%AC) a 1 día de edad.

Tabla 103:

Resistencia a la Flexión F'c =350 kg/cm²- Prueba de hipótesis

EDAD (días)	MUESTRAS	RESISTENCIA A LA FLEXION (Kg/cm ²)- CONCRETO CONVENCIONAL	RESISTENCIA A LA FLEXION (Kg/cm ²)- CONCRETO FAST TRACK
1	1.00	25.146	45.088
1	2.00	24.474	44.613
1	3.00	26.451	43.768
1	4.00	26.199	46.020

Fuente: Elaboración Propia

a. Formulación de la hipótesis

$$H_0: \mu_{cP} - \mu_{cA} = 0$$

La Resistencia a la Flexión para $F'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ del Concreto Convencional es igual a la Resistencia a la Flexión para $F'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ del Concreto Fast Track (1%SP+1%AC).

$$H_A: \mu_{cP} - \mu_{cA} < 0$$

La Resistencia a la Flexión para $F'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ del Concreto Fast Track (1%SP+1%AC) es mayor a la Resistencia a la Flexión para $F'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ del Concreto Convencional.

H_0 : Hipótesis Nula.

H_A : Hipótesis Alterna.

μ_{cP} : Resistencia a la Flexión para $F'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ del Concreto Convencional.

μ_{cA} : Resistencia a la Flexión para $F'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ del Concreto Fast Track (1%SP+1%AC).

b. Nivel de significancia: $\alpha = 0.01$

c. Región crítica:

Valor crítico de T: $t_{(1-\alpha, r)}$

$$\alpha = 0.01$$

$$n_c = 4$$

$$n_A = 4$$

$$\bar{X}_{cP} = 25.567$$

$$\bar{X}_{cA} = 44.872$$

$$S^2_{cP} = 0.851$$

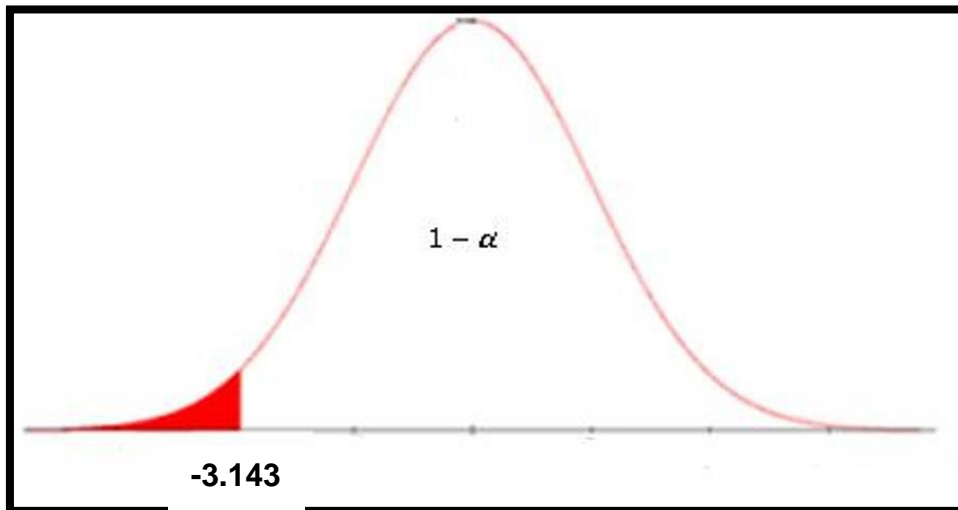
$$S^2_{cA} = 0.884$$

n_C y n_A : Número de observaciones del concreto convencional y del concreto Fast Track (1%SP+1%AC), respectivamente.

$$r = \frac{\left(\frac{S_{CP}^2}{n_C} + \frac{S_{CA}^2}{n_A}\right)^2}{\frac{\left(\frac{S_{CP}^2}{n_C}\right)^2}{n_C - 1} + \frac{\left(\frac{S_{CA}^2}{n_A}\right)^2}{n_A - 1}} = 6.00$$

$$r = 6.00$$

$$(0.99, 5) = 3.143$$



$$T = \frac{\overline{X}_{CP} - \overline{X}_{CA}}{\sqrt{\frac{S_{CP}^2}{n_C} + \frac{S_{CA}^2}{n_A}}} = -29.31$$

$$T = -29.31$$

d. Decisión:

$T = -29.31 \in$ a la región crítica. Por tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

e. Conclusión:

A un 99% de confianza se estima que la resistencia a la compresión a un 1 de edad para un $F'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ del concreto Fast Track es mayor a la resistencia a la compresión a un 1 día de edad para $F'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ del concreto convencional.

4.3. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

4.3.1. Discusión 01:

Los resultados obtenidos de la tesis de la Universidad Nacional de Ingeniería de Perú, con el tema “DISEÑO DEL CONCRETO FAST TRACK EN PAVIMENTOS”, investigado por Ing. Fernando Huayco, estos fueron distintos al de la presente investigación.

Con respecto a la relación agua/cemento en la investigación anteriormente mencionada realizaron diseño de mezclas y así escogieron para trabajar con el de 0.45, por cual en la presente investigación se calculó con respecto a la resistencia a la compresión, en donde las resistencias de diseño de $f'c = 280, 300$ y 350 Kg/cm^2 se obtuvo la relación agua /cemento de 0.466, 0.446 y 0.396 respectivamente, que después de realizar sus diseños de mezclas, estos se mantienen hasta el final del proceso.

Pero los resultados obtenidos de la tesis de la Universidad Austral de Chile, con el tema “TÉCNICA DE RÁPIDA HABILITACIÓN AL TRÁNSITO EN PAVIMENTOS RÍGIDOS FAS TRACK”, investigado por Cristian Eduardo Sánchez Montecinos, tienen como parámetro máximo la relación agua/cemento de 0.40, por lo que el autor de la tesis antes mencionado, trabaja con esta relación agua/cemento y obtiene las resistencias altas en el primer día, por lo que en la presente investigación se trabajó con las relaciones agua/cemento mencionadas anteriormente y también se obtuvo altas resistencias a 1 día de edad, ya que estas resistencias también se debe a la cantidad que se le adiciona de aditivos.

4.3.2. Discusión 02:

Los resultados obtenidos de la tesis de la Universidad Austral de Chile, con el tema “TÉCNICA DE RÁPIDA HABILITACIÓN AL TRÁNSITO EN PAVIMENTOS RÍGIDOS FAS TRACK”, investigado por Cristian Eduardo Sánchez Montecinos, éstos fueron distintos a los obtenidos de la presente investigación.

Con respecto al aire incorporado, en la investigación mencionada anteriormente trabajan con el 4.6% de aire incorporado, no se encuentra un rango estipulado para este ensayo, del cual en la presente investigación tiene rangos de 1% a 3 % como parámetro según normativa, donde los resultados que obtuvimos está dentro de este rango.

Con respecto a la temperatura el autor Sánchez (Chile - 2007) menciona que es favorable a 20°C aunque su rango estipulado son superiores a 10°C e inferiores a 30°C, ya que permite que la tasa de desarrollo de resistencia permanezca en niveles normales, según la presente investigación el concreto Fast Track donde más temperatura tenga es mucho mejor ya que su fraguado será más rápido y alcanzará una mejor resistencia.

Con respecto al peso unitario, el autor Sánchez (Chile - 2007) no se abarcó en este ensayo, pero en la presente investigación se realizó, del cual se observó que el peso unitario obtenido al agregar aditivos es mucho mayor que del concreto convencional, donde el mayor peso unitario es 2595 kg/cm² y se evaluó que tampoco cumple con la normativa respectiva, ya que al concreto convencional al agregar aditivos su peso aumenta.

Con respecto al asentamiento obtenido por Sánchez (Chile - 2007) es de 04 -05 cm, lo que cumplen con su investigación ya que ellos aquí tienen como rango de 2.5 a 5 cm, pero en la presente investigación y según la normativa para que el concreto sea trabajable debe estar entre el rango de 3” a 4” (7.62 cm a 10.16 cm), del cual cumplimos con el parámetro establecido por norma, pero en la base teórica de la presente investigación también se habla de un asentamiento de 8 a 12 cm, por lo cual no se coincide con esto mencionado, por lo que en Perú ya se tiene un rango de asentamiento establecido.

Los resultados de la presente investigación estuvieron fundamentados con las normas técnicas: NTP 339 0.83 y ASTM C 231, NTP 339.184 y ASTM C 1064, NTP 339.046 y ASTM C 138, NTP 339.035 y ASTM C 143, del cual se evaluó cada parámetro para realizar los ensayos en el laboratorio y resultados.

4.3.3. Discusión 03:

Los resultados obtenidos de la tesis de la Universidad Nacional de Ingeniería de Perú, con el tema “DISEÑO DEL CONCRETO FAST TRACK EN PAVIMENTOS”, investigado por Ing. Fernando Huayco, estos fueron distintos al de la presente investigación ya sea por sus dosificaciones de aditivos u otros factores.

Con respecto a la resistencia a la compresión en la investigación mencionada anteriormente se realizaron muestras con los aditivos por separado, aunque en su base teórica hablan del concreto Fast Track como la adición de dos aditivos al concreto; pero igual trabajaron con dosificaciones de 0.40%,0.8%, 1.20% de superplastificante y 0.50%, 1.75%, 3% de acelerante, y alcanza una resistencia a las 24 horas de 317 kg/cm² y 241 kg/cm² con las dosificaciones mayores de cada aditivo respectivamente, pero en la presente investigación se trabajó agregando los dos aditivos juntos al concreto en dosificación de 0.4%, 0.8% y 1% (parámetro de ficha técnica de aditivo superplastificante) con resistencia de diseño $f'c=280$, 300 y 350 Kg/cm², obteniéndose mayor resistencia a la compresión en 24 horas con la mayor dosificación de ambos aditivos en este caso 1%SP+1%AC con resistencia de 244.70, 265.35 y 294.56 Kg/cm², teniendo como parámetros la resistencia de diseño mencionada anteriormente ya que con los diseños de mezclas obtenidos de estas se elaboró el concreto.

Pero los resultados obtenidos en otro país, que es muy usado este concreto, como el del artículo de investigación científica “IMPORTANTE OBRA EN UN AEROPUERTO DE WISCONSIN”, donde los resultados obtenidos también variaron de acuerdo a su temprana edad que se desarrolló este ensayo.

Donde este artículo menciona que alcanzó una resistencia a la compresión de 240 kg/cm^2 como mínimo a las 12 horas, esto se debió quizás a la temprana edad que se realizó este ensayo, dosificaciones de aditivos, relación agua/cemento o curado, por lo que en la presente investigación se realizó el ensayo a las 24 horas y se obtuvo resistencia a la compresión como mínimo 221.61, 218.59, 248.35 Kg/cm^2 .

Con respecto a la resistencia a la flexión en el artículo científico mencionado anteriormente obtuvo una resistencia a los 28 días de 45 Kg/cm^2 , por lo cual en la presente investigación se obtuvo una resistencia a la flexión máxima a 1 día de 38.01, 41.86 y 44.87 Kg/cm^2 .

Aunque también la base teórica que se obtuvo de otro país como el de México, del cual habla mucho de éste concreto y está normalizada habla que el concreto Fast Track debe alcanzar el 70% de resistencia a la flexión en 24 horas, del cual se basó y cumplimos con esta teoría.

4.3.4. Discusión 04

Los resultados obtenidos de la tesis de la Universidad Austral de Chile, con el tema “TÉCNICA DE RÁPIDA HABILITACIÓN AL TRÁNSITO EN PAVIMENTOS RÍGIDOS FAS TRACK”, investigado por Cristian Eduardo Sánchez Montecinos, que el precio de fabricación del concreto tradicional es mucho menor con respecto al del concreto Fast Track, con una variación final de precio de 33.23%.

En la presente investigación sucede lo mismo ya que el concreto convencional su costo es menor con respecto al del concreto Fast Track, y su variación final de precio es 21.26% ,20.33% y 20.61%, de cada $f'c= 280, 300$ y 350 Kg/cm^2 respectivamente, por lo que esto se debe por la adición de dos aditivos, del cual estos también tiene un costo.

4.3.5. Discusión 05:

La tesis de la Universidad Austral de Chile, con el tema “TÉCNICA DE RÁPIDA HABILITACIÓN AL TRÁNSITO EN PAVIMENTOS RÍGIDOS FAS TRACK”, investigado por Cristian Eduardo Sánchez Montecinos, menciona

que por el aditivo superplastificante disminuye la contracción plástica, aunque en su evaluación obtuvieron fisuras por contracción plástica de 25 mm a 75 mm con sus losas curadas por mantas térmicas a temperatura ambiente.

En la presente investigación se elaboró losas de concreto Fast Track donde se realizó un curado con aditivo Sika ANTISOL S en sus 30 minutos después de vaciado del concreto y se realizó losas sin curar, donde ambas circunstancias no se obtuvieron fisuras por contracción plástica.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES:

La relación agua/cemento del concreto Fast Track de los diseños de mezclas de $f'c$ de 280, 300 y 350 kg/cm^2 son 0.466, 0.446 y 0.396 respectivamente. Por lo que se ha logrado obtener resistencias a la compresión y flexión en 1 día.

El aire incorporado del concreto Fast Track en estado fresco de los diseños de mezclas de $f'c$ de 280, 300 y 350 kg/cm^2 con la dosificación de aditivos 1% de superplastificante y 1% de acelerante son 1.40, 1.00 y 1.30% respectivamente, la temperatura son 28, 27 y 28°C respectivamente, el peso unitario son 2500, 2534 y 2595 Kg/m^3 respectivamente y el asentamiento son 3.10, 3.10 y 3.40 pulg respectivamente. Todo lo anterior mencionado mejora con respecto al del concreto convencional en estado fresco.

La resistencia a la compresión del concreto Fast Track de los diseños de mezclas de $f'c$ de 280, 300 y 350 kg/cm^2 con la dosificación de aditivos 1% de superplastificante y 1% de acelerante a un 1 día de edad son 244.70 kg/cm^2 (87.39%), 265.35 kg/cm^2 (88.45%) y 294.56 kg/cm^2 (84.16%) respectivamente, la resistencia a la flexión de los módulos de roturas 50.32, 54.77 y 57.82 kg/cm^2 son 38.01 kg/cm^2 (75.53%), 41.86 kg/cm^2 (76.43%) y 44.87 kg/cm^2 (77.60%). En ambas resistencias en 1 día de edad superan el 70% de su patrón de diseño.

Los costos de fabricación del concreto Fast Track de los diseños de mezcla de $f'c$ de 280, 300 y 350 kg/cm^2 su porcentaje de superación son 21.26%, 20.33% y 20.61% con respecto al concreto convencional. Pero con el concreto Fast Track se puede realizar trabajos inmediatos ya que alcanza resistencias altas en 1 día de edad.

La fisuración por contracción plástica no se observó en el concreto Fast Track recién vaciado. Esto es debido a que los dos aditivos trabajan muy bien juntos y no se logra fisurar a tan temprana edad.

5.2. RECOMENDACIONES:

A los especialistas en el ámbito de la construcción de pavimentos rígidos se recomienda:

Tener un estricto cuidado al momento de realizar el concreto Fast Track, ya que este su fraguado es rápido; así como también la mezcladora debe estar en constante movimiento para que no exista una rápida segregación.

Realizar investigaciones donde el concreto Fast Track alcance resistencias al 100% en 1 día de edad.

Evaluar contracción por secado, para observar si con el tiempo el concreto Fast Track obtiene fisuras, ya sea concreto curado o sin curar.

REFERENCIAS

- Armijo, X. F. (2010). *Manual de ensayos de mecánica de suelos y pavimentos para el laboratorio de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Chimborazo*. Universidad Nacional de Chimborazo, Facultad de Ingeniería. Riobamba - Ecuador: Universidad Nacional de Chimborazo. Obtenido de <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/466/1/UNACH-EC-IC-2010-0004.pdf>
- Becerra, M. (2012). *Tópicos de Pavimentos de Concreto. Diseño, Construcción y Supervisión*. Lima - Perú: Flujos Libre. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/311231004/LIBRO-COMPLETO-CON-INDICE-2012-pdf>
- Borja, M. (25 de Octubre de 2011). *Alternativa de nuevos pavimentos urbanos para la ciudad de Chiclayo*. Obtenido de Colegio de Ingenieros del Perú: <http://www.ciplambayeque.com/mailling/boletincip23.php>
- Burgos, B. M. (2014). *Análisis comparativo entre un pavimento rígido y un pavimento flexible para la ruta s/r: Santa Elvira – El Arenal, en la comuna de Valdivia*. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias de la Ingeniería. Valdivia - Chile: Universidad Austral de Chile. Obtenido de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2014/bmficib957a/doc/bmficib957a.pdf>
- Camposano, J. E., & García, K. V. (2012). *Diagnóstico del estado situacional de la vía: Av. Argentina – Av. 24 de junio por el método: índice de condición de pavimentos-2012*. Universidad Peruana Los Andes, Facultad de Ingeniería. Huancayo - Perú: Universidad Peruana Los Andes. Obtenido de <http://docplayer.es/9975209-Universidad-peruana-los-andes-facultad-de-ingenieria-carrera-profesional-de-ingenieria-civil.html>
- Carrasco, S. (2009). *Metodología de investigación científica: Pautas metodológicas para diseñar y elaborar el proyecto de investigación*. Lima - Perú: San Marcos.
- Castañeda, L. F., & Moujir, Y. F. (2014). *Diseño y aplicación de concreto poroso para pavimentos*. Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ingeniería. Cali - Colombia: Pontificia Universidad Javeriana. Obtenido de http://vitela.javerianacali.edu.co/bitstream/handle/11522/3082/Dise%C3%B1o_aplicacion_concreto.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Castro, D. J. (10 de Marzo de 2003). *Propuesta de gestión de pavimentos para la ciudad de Piura*. Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería - Departamento de Ingeniería Civil. Piura - Perú: Universidad de Piura. Obtenido de https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1336/IC1_095.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Cedeño, J. (01 de Febrero de 2011). *Ensayo para determinar el contenido de aire al hormigón fresco*. Obtenido de http://aprendolaboratorio.blogspot.pe/2011_02_01_archive.html

- Cementos BIO BIO. (2015). Cementos, Fabricación y Clasificación. *Cementos BIO BIO*, 17. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/311343934/CEMENTO-FABRICAC-pdf>
- CEMEX. (2014). *Catálogo Soluciones CEMEX*. Bogotá - Colombia, Colombia: CEMEX. Obtenido de <http://www.cemexcolombia.com/SolucionesConstructor/files/CatalogoDeSoluciones.pdf>
- CEMLA. (2012). Evaluación índice condición pavimento rígido carretera Oruro – Toledo Km 11 al Km 12. *Toledo*. España. Obtenido de <http://jordanwrite.blogspot.pe/2013/12/evaluacion-indice-condicion-pavimento.html>
- Chaluiza, Á. M. (2012). *Relaciones de compresión y tensión en adoquines fabricados con materiales procedentes de la cantera de pesillo, ubicada en el Cantón Cayambe, provincia de Pichincha*. Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería, Ciencias Físicas y Matemática. Quito - Ecuador: Universidad Central del Ecuador. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/386/1/T-UCE-0011-19.pdf>
- Chang, C. M. (2015). Pavimentos rígidos versus flexibles ¿Mitos o realidades? *Viabilidad Y Transporte Latinoamericano*, 1(04), 50-55. Obtenido de <http://vialidadytransporte.com/noticia/17-pavimentos-rigidoss-versus-flexibles-mitos-realidades>
- Colegio de Ingenieros del Perú. (2014). *Pronunciamento Institucional*. Lambayeque - Perú: Colegio de Ingenieros del Perú - Lambayeque. Obtenido de http://www.ciplambayeque.com/index.php?menu=ver_not.php&nt=174
- Dalimier, M., Saade, J. L., & Fernández, L. (2013). *Aplicaciones viales: Primer experiencia en Argentina con recubrimientos delgados de hormigón de habilitación temprana: Procedimiento constructivo, control de calidad y evaluación preliminar de su desempeño*. Buenos Aires - Argentina, Argentina: ICPA.
- Diario La República. (30 de Mayo de 2013). Fiscal Castro interviene por el grave deterioro del pavimento de Av. Juan Tomis. *La República*.
- Garnica, N., & Sánchez, J. E. (2009). *Control de calidad en obra para hormigones de alto desempeño*. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra. Guayaquil - Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral. Obtenido de <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/7810/D-39513.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2006). *Metodología de la Investigación Científica*. México: McGraw-Hill.

- Herrera de la Rosa, M. R. (2004). HORMIGONES DE ALTA RESISTENCIA PARA PAVIMENTOS TIPO WHITETOPPING DELGADO. *REVISTA DE CONSTRUCCION VOL. 3 N°2*, 14-26.
- Huaycho, F. H. (2005). *Concreto fast track o concreto de alta resistencia inicial para pavimentos*. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima - Perú: Universidad Nacional de Ingeniería. Obtenido de <http://www.catalogo.uni.edu.pe/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=69126>
- ICJ. (Octubre de 1992). Fast-track concrete paving. *The Indian Concrete Journal*. Obtenido de <http://dspace.cusat.ac.in/xmlui/bitstream/handle/123456789/1433/Fast-track%20concrete%20paving.pdf?sequence=1>
- IMCYC. (2011). Problemas, causas y soluciones. *EL CONCRETO EN LA OBRA*. Obtenido de <http://www.imcyc.com/revistacyt/pdfs/problemas50.pdf>
- INDECOPI. (2001). *AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global*. Lima - Perú. Obtenido de http://biblioteca.uns.edu.pe/saladocentes/archivoz/publicacionez/norma_tecnica_peruana_dos.pdf
- INDECOPI. (2008). *NTP 339.034*. Lima - Perú.
- INDECOPI. (2008). *NTP 400.17*. Lima - Perú.
- INDECOPI. (2008). *NTP339.078*. Lima - Perú.
- Instituto del Cemento Portland Argentino [ICPA]. (2001). Importante obra en un Aeropuerto de Wisconsin. *Cemento*, 1(02). Obtenido de <https://www.yumpu.com/es/document/view/27693552/importante-obra-en-un-aeropuerto-de-wisconsin-icpa>
- Knutson, M., & Riley, R. (2000). Pavimento de hormigón Fast - track abre la puerta al futuro de la industria. *Asociación Americana de Pavimentos de Hormigón*.
- Lao, W. J. (2007). *Utilización de fibras Metálicas para la construcción de concreto reforzado en la ciudad de Pucallpa*. Universidad Ricardo Palma, Facultad de Ingeniería. Lima - Perú: Universidad Ricardo Palma. Obtenido de http://cybertesis.urp.edu.pe/bitstream/urp/145/1/lao_wj.pdf
- Maila, M. E. (2013). *Comportamiento de una mezcla asfáltica modificada con polímero Etileno Vinil Acetato (EVA)*. Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería, Ciencias Físicas y Matemática. Quito - Ecuador: Universidad Central del Ecuador. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/742/1/T-UCE-0011-31.pdf>
- Mejía, V., & Pachacama, L. (2014). *Implementación de un sistema de calidad basado en la Norma ISO 9001-2008 para una planta de producción de Hormigón*. Escuela Politécnica del Ejército, Departamento de Ciencias de la Tierra y la Construcción. Sangolquí - Ecuador: Escuela Politécnica del

Ejército. Obtenido de
<http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/8495/1/T-ESPE-048022.pdf>

Mendoza, J. I., Vásquez, A., & Villa, M. R. (2012). *Análisis del esfuerzo residual en concreto para pavimento rígido reforzado con fibras metálicas y sintéticas*. Universidad Militar Nueva Granada, Facultad de Ingeniería. Bogotá - Colombia: Universidad Militar Nueva Granada. Obtenido de <http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/11320/1/MendozaVargasJuanIvan2013.pdf>

Millán, M. F. (2013). *Comportamiento del hormigón reforzado con fibras de polipropileno y su influencia en sus propiedades mecánicas en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua*. Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Ambato - Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. Obtenido de <http://redi.uta.edu.ec/bitstream/123456789/6029/1/Tesis%20744%20-%20Mill%C3%A1n%20Castillo%20Mar%C3%ADa%20Fernanda%20.pdf>

Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú [MTC]. (2013). *Manual de Carreteras. Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013*. Lima - Perú, Lima, Perú: Biblioteca Nacional del Perú. Obtenido de http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/4955.pdf

Mosquera, J. L. (2015). *Hormigón de alto desempeño con módulo de rotura 4,5 MPa. a las 24 horas*. Escuela Superior Politecnica del Litoral, Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra. Guayaquil - Ecuador: Escuela Superior Politecnica del Litoral. Obtenido de <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/30963/D-70115.pdf?isAllowed=y&sequence=-1>

Osorio, J. D. (2011). Tecnología de materiales para rehabilitación Fast Track. *Hormigonear*, 52-56. Obtenido de <http://blog.360gradosenconcreto.com/fast-track-tecnologia-en-los-pavimentos/>

Patazca, P. R., & Tafur, J. E. (2013). *EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y A FLEXIÓN DEL CONCRETO CONVENCIONAL, CONCRETO CON FIBRA DE ACERO SIKAFIBER CHO 80/60 NB, Y CONCRETO CON FIBRA SINTÉTICA SIKAFIBER FORCE PP/PE-700/55*. Universidad Señor de Sipán, Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Urbanismo. Chiclayo - Perú: Universidad Señor de Sipán. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/230073137/TESIS-RESUMEN>

Peruana, N. T. (2000). *NTP*. PERU.

Salinas, E. I. (Mayo de 2015). *Estudio de hormigones de alta resistencia y su incidencia en la durabilidad de la capa de rodadura de las vías en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua*. Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Ambato - Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. Obtenido de <http://repo.uta.edu.ec/handle/123456789/11814>

SAMPIERI, H. (2006). *METODOLGIA DE LA INVESTIGACION*.

- Sánchez, C. E. (2007). *Técnica de rápida habilitación al tránsito en pavimentos rígidos fast-track*. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias de la Ingeniería. Valdivia - Chile: Universidad Austral de Chile. Obtenido de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2007/bmfcis211t/doc/bmfcis211t.pdf>
- Sika. (2015). *Aditivos para Concreto. Una visión actual*. Lima - Perú, Perú: Sika Informaciones Técnicas. Obtenido de <https://www.slideshare.net/andresfelipetibaduiza/brochure-aditivos-para-concreto>
- Toledo, M. A. (2010). *Concreto fast track o concreto de alta resistencia inicial, en la construcción y rehabilitación de pavimentos rígidos de Lima Metropolitana*. Universidad Nacional Federico Villarreal, Facultad de Ingeniería Civil. Lima - Perú: Universidad Nacional Federico Villarreal. Obtenido de <https://es.slideshare.net/ceciliahuapaya1/ejemplo-de-proyecto-de-investigacin-32316099>
- Valarezo, M. (2008). *Asentamiento en el concreto fresco*. Universidad Técnica Particular de Loja. Loja - Ecuador: Universidad Técnica Particular de Loja. Obtenido de <http://civilgeeks.com/2011/04/01/asentamiento-en-el-concreto-fresco-resumen-astm-c-143/>
- Valarezo, M. (03 de Diciembre de 2008). *Contenido de aire del concreto fresco, método de presión*. Universidad Técnica Particular de Loja. Loja - Ecuador: Universidad Técnica Particular de Loja. Obtenido de <http://civilgeeks.com/2011/04/02/contenido-de-aire-del-concreto-fresco-metodo-de-presion-resumen-astm-c-231/>
- Valarezo, M. (2008). *Temperatura del hormigón fresco*. Universidad Técnica Particular de Loja. Loja - Ecuador: Universidad Técnica Particular de Loja. Obtenido de <http://civilgeeks.com/2011/04/02/contenido-de-aire-del-concreto-fresco-metodo-de-presion-resumen-astm-c-231/>
- Valencia, G., & Ibarra, M. Á. (2013). *Estudio experimental para determinar patrones de correlación entre la resistencia a compresión y la velocidad de pulso ultrasónico en concreto simple*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería. Lima - Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú. Obtenido de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/5343>
- Velasteguí, L. A., & Frías, A. X. (2012). *Manual de fiscalización y control de obra del edificio inteligente de la Cemento Chimborazo*. Escuela Politécnica del Ejército, Carrera de Ingeniería Civil. Sangolquí - Ecuador: Escuela Politécnica del Ejército. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/5788/1/T-ESPE-034133.pdf>

ANEXOS

PANEL FOTOGRAFICO

Foto 1: Tamizado del agregado grueso (piedra).



Foto 2: Tamizado del agregado fino (arena).





Foto 3: Peso unitario compactado del agregado grueso (piedra).

Foto 4: Peso unitario compactado del agregado fino (arena).



Foto 5: Peso unitario suelto del agregado grueso (piedra).



Foto 6: Peso unitario suelto del agregado fino (arena).



Foto 7: Secado del agregado fino (arena) después de haber remojado 24 horas.



Foto 8: Agregado fino (arena) superficialmente seco





Foto 9: Agregado fino (arena) superficialmente seco en la fiola, se empieza a mover para sacar las burbujas de aire.

Foto 10: Realizando el peso del agregado grueso (piedra) sumergido en con un canastilla en agua





Foto 11: Elaboración del concreto

Foto 12: Asentamiento (Slump)





Foto 13: Peso unitario

Foto 14: Contenido de aire



Foto 15: Aditivos utilizados



Foto 16: Elaboración de probetas



Foto 17: Probetas elaboradas



Foto 18: Moldes de vigas a utilizar



Foto 19: Elaboración de vigas



Foto 20: Curado de probetas



Foto 21: Curado de probetas y vigas



Foto 22: Rotura de probetas



Foto 23: Muestras ensayadas



Foto 24: Rotura de vigas





Foto 25: Muestras
ensayadas

Foto 26: Losas elaboradas



HOJAS DE CÁLCULOS

ENSAYOS DE AGREGADOS

RELACIÓN AGUA/CEMENTO

DISEÑO DE MEZCLA – $F'c=280$ Kg/cm²

DISEÑO DE MEZCLA – $F'c=300$ Kg/cm^2

DISEÑO DE MEZCLA – $F'c=350$ Kg/cm²

AIRE INCORPORADO

TEMPERATURA

PESO UNITARIO

ASENTAMIENTO

ENSAYO A LA COMPRESIÓN – $F'c=280 \text{ Kg/cm}^2$

ENSAYO A LA COMPRESIÓN – F'c=300 Kg/cm²

ENSAYO A LA COMPRESIÓN – F´c=350 Kg/cm²

ENSAYO A LA FLEXIÓN – $F'_c=280$ Kg/cm²

ENSAYO A LA FLEXIÓN – $F'c=300$ Kg/cm²

ENSAYO A LA FLEXIÓN – $F'c=350$ Kg/cm²

COSTO DE FABRICACIÓN

CONTRACCIÓN PLÁSTICA

HOJAS TECNICAS