



# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

INFLUENCIA DEL ADITIVO ASTM C494 TIPO E EN EL  
ASENTAMIENTO, FRAGUA Y RESISTENCIA A LA  
COMPRESIÓN DEL CONCRETO CONVENCIONAL,  
TRUJILLO 2019

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Br. Fernando Jean Pierre Cubas Miranda

Asesor:

M.Sc. Ing. Wiston Henry Azañedo Medina

Trujillo - Perú

2019

## ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS

El asesor Wiston Henry Azañedo Medina, docente de la Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Carrera profesional de INGENIERÍA CIVIL, ha realizado el seguimiento del proceso de formulación y desarrollo de la tesis del estudiante:

- Cubas Miranda, Fernando Jean Pierre

Por cuanto, considera que la tesis titulada: "Influencia del aditivo ASTM C494 tipo E en el asentamiento, fragua y resistencia a la compresión del concreto convencional, Trujillo 2019" para aspirar al título profesional de: Ingeniero Civil por la Universidad Privada del Norte, reúne las condiciones adecuadas, por lo cual, AUTORIZA al interesado para su presentación.

---

M.Sc. Ing. Wiston Henry Azañedo Medina  
Asesor

## ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS

Los miembros del jurado evaluador asignados han procedido a realizar la evaluación de la tesis del estudiante: Fernando Jean Pierre Cubas Miranda para aspirar al título profesional con la tesis denominada: "Influencia del aditivo ASTM C494 tipo E en el asentamiento, fragua y resistencia a la compresión del concreto convencional, Trujillo 2019".

Luego de la revisión del trabajo, en forma y contenido, los miembros del jurado concuerdan:

**Aprobación por unanimidad**

**Aprobación por mayoría**

Calificativo:

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Bueno [14 - 13]

Desaprobado

Firman en señal de conformidad:

---

Mg. Ing. Roxana Aguilar Villena  
Jurado  
Presidente

---

Mg. Ing. Germán Sagastegui Vásquez  
Jurado

---

Mg. Ing. Alberto Vásquez Díaz  
Jurado

## **DEDICATORIA**

A Dios por brindarme sabiduría y paciencia en esta etapa de mi vida, generando vigor para enfrentar cada adversidad.

A mis padres (Eveleyne Miranda y Juan Cubas), abuelos (Octavio Miranda, Petronila Maltesse, Fernando Cubas y Lola Chafloque) y especialmente a mi tía Vilma Torres, que en paz descansa; por confiar en mi perseverancia y dedicación, por ofrendarme sus conocimientos y amparo incondicional.

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por acortarme en el periodo universitario, produciendo en mí un aura de confianza y seguridad en cada escalón que superaba.

A mi madre Eveleyne Miranda, por ser el soporte en cada uno de mis metas y objetivos, por su compañía, y consejos de crecimiento emocional y profesional.

A mi padre Juan Cubas, por otorgarme no solo los medios económicos para afrontar los estudios, sino también, por ser un ejemplo en la dedicación de responsabilidades.

A mi tía Consuelo Miranda, Isela Miranda y Ana Miranda, por estar a mi lado y apoyarme en la fase de elaboración de la tesis, cumplieron la función de madre.

A mi abuela Petronila Maltesse y Lola Chafloque, por brindarme su amor incondicional.

Al ingeniero Wiston Azañedo, por aceptar la responsabilidad de asesor, compartiendo sus conocimientos de ingeniería civil para alcanzar la culminación del proyecto.

A Fernanda Velezmoro, Diego Lara, Claudia Maldonado, Alessandra Gamarra y Henry de la Cruz, por ser personas de confianza, y por acompañarme en las adversidades durante este proceso.

## Tabla de contenidos

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS .....	2
ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS.....	3
DEDICATORIA .....	4
AGRADECIMIENTO.....	5
ÍNDICE DE TABLAS .....	7
ÍNDICE DE FIGURAS .....	11
ÍNDICE DE ECUACIONES .....	12
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....	15
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA .....	30
CAPÍTULO III. RESULTADOS .....	71
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	82
RECOMENDACIONES .....	112
REFERENCIAS .....	113
APÉNDICE .....	116
ANEXOS .....	195

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Hipótesis general.....	24
<b>Tabla 2:</b> Hipótesis específica para trabajabilidad.....	25
<b>Tabla 3:</b> Hipótesis específica para resistencia a compresión.....	26
<b>Tabla 4:</b> Hipótesis específica para tiempo inicial y final de fraguado.....	27
<b>Tabla 5:</b> Hipótesis específica para variaciones por marca de aditivo tipo E.....	28
<b>Tabla 6:</b> Hipótesis específica para reducción de costo.....	29
<b>Tabla 7:</b> Operacionalización de variables.....	31
<b>Tabla 8:</b> Matriz de diseño experimental – Propiedades del concreto en estado fresco.....	36
<b>Tabla 9:</b> Matriz de diseño experimental – Propiedades del concreto en estado endurecido.....	36
<b>Tabla 10:</b> Ficha de recolección de datos – Ensayo a compresión.....	38
<b>Tabla 11:</b> Ficha de recolección de datos – Ensayo asentamiento.....	39
<b>Tabla 12:</b> Ficha de recolección de datos – Ensayo de fraguado.....	40
<b>Tabla 13:</b> Granulometría del agregado fino.....	45
<b>Tabla 14:</b> Granulometría del agregado Grueso.....	46
<b>Tabla 15:</b> Contenido de humedad del agregado.....	47
<b>Tabla 16:</b> Volumen del molde de peso unitario.....	49
<b>Tabla 17:</b> Peso unitario suelto y Compactado del agregado.....	49
<b>Tabla 18:</b> Peso específico y absorción del agregado fino.....	51
<b>Tabla 19:</b> Peso específico y absorción del agregado grueso.....	53
<b>Tabla 20:</b> Asentamiento recomendados para diversos tipos de construcción.....	53
<b>Tabla 21:</b> Contenido de agua – TMN y Asentamiento.....	54
<b>Tabla 22:</b> Contenido de aire – TMN.....	55
<b>Tabla 23:</b> Resistencia a la compresión corregida.....	55
<b>Tabla 24:</b> Cálculo de la relación agua/cemento.....	56
<b>Tabla 25:</b> Peso volumétrico del agregado grueso – M.F. y TMN.....	57
<b>Tabla 26:</b> Diseño de mezcla final.....	59
<b>Tabla 27:</b> Diseño de mezcla con aditivo ASTM C494 tipo E.....	60
<b>Tabla 28:</b> Diseño de mezcla con aditivo ASTM C494 tipo E por 1 m <sup>3</sup> .....	60
<b>Tabla 29:</b> Esquema del ensayo de consistencia.....	61
<b>Tabla 30:</b> Esquema de cálculo de ecuación logarítmica – Mínimos Cuadrados.....	64
<b>Tabla 31:</b> Esquema de ensayo de tiempo de fraguado.....	64
<b>Tabla 32:</b> Esquema de ensayo de resistencia a la compresión.....	67
<b>Tabla 33:</b> Caracterización del agregado fino.....	71
<b>Tabla 34:</b> Caracterización del agregado grueso.....	73
<b>Tabla 35:</b> Diseño de mezcla general para un 1 m <sup>3</sup> .....	74
<b>Tabla 36:</b> Resumen de resultados óptimos de ensayos al concreto.....	74
<b>Tabla 37:</b> Asentamiento promedio.....	75
<b>Tabla 38:</b> Tiempo inicio y final de fraguado promedio.....	75
<b>Tabla 39:</b> Resistencia a compresión promedio del concreto.....	76
<b>Tabla 40:</b> Costo por m <sup>3</sup> del concreto convencional y con aditivo ASTM C494 tipo E.....	77
<b>Tabla 41:</b> Costo por m <sup>3</sup> del concreto convencional.....	77
<b>Tabla 42:</b> Costo por m <sup>3</sup> del concreto con aditivo 2% Z Fragua #5.....	77
<b>Tabla 43:</b> Costo por m <sup>3</sup> del concreto con aditivo 4% Accelguard 90.....	78
<b>Tabla 44:</b> Volumen de concreto por m <sup>2</sup> - Losa aligerada de espesor de 0.25 m.....	78
<b>Tabla 45:</b> Costo de materiales de dosificaciones del concreto.....	79
<b>Tabla 46:</b> Costo de mano de obra para losa aligerada por día.....	79
<b>Tabla 47:</b> Costo del curador químico por 36 m <sup>2</sup> de losa aligerada.....	79
<b>Tabla 48:</b> Tiempo de desencofrado para concreto con aditivo tipoE–Losa aligerada 36 m <sup>2</sup> , espesor 0.25m.....	80
<b>Tabla 49:</b> Costo total – Losa aligerada 36 m <sup>2</sup> y espesor 0.25 m.....	80
<b>Tabla 50:</b> Ahorro de los aditivos ASTM C494 tipo E – Losa aligerada 36 m <sup>2</sup> y espesor 0.25 m.....	81
<b>Tabla 51:</b> Ensayo granulométrico del agregado fino – Muestra 1.....	116

<b>Tabla 52:</b> Ensayo granulométrico del agregado fino – Muestra 2.....	116
<b>Tabla 53:</b> Ensayo granulométrico del agregado fino – Muestra 3.....	116
<b>Tabla 54:</b> Ensayo granulométrico del agregado grueso – Muestra 1.....	117
<b>Tabla 55:</b> Ensayo granulométrico del agregado grueso – Muestra 2.....	118
<b>Tabla 56:</b> Ensayo granulométrico del agregado grueso – Muestra 3.....	118
<b>Tabla 57:</b> Granulometría del Agregado fino - Promedio de porcentaje que pasa.....	119
<b>Tabla 58:</b> Granulometría del Agregado grueso - Promedio de porcentaje que pasa.....	119
<b>Tabla 59:</b> Volumen del molde para peso unitario suelto y compactado de los agregados. ....	120
<b>Tabla 60:</b> Ensayo de peso unitario suelto y compactado – Agregado fino.....	120
<b>Tabla 61:</b> Ensayo de peso unitario suelto y compactado – Agregado grueso.....	120
<b>Tabla 62:</b> Análisis estadístico para peso unitario suelto y compactado de los agregados. ....	121
<b>Tabla 63:</b> Ensayo de peso específico y absorción del agregado fino.....	121
<b>Tabla 64:</b> Análisis estadístico para peso específico y absorción del agregado fino.....	121
<b>Tabla 65:</b> Ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso. ....	121
<b>Tabla 66:</b> Análisis estadístico para peso específico y absorción del agregado grueso. ....	122
<b>Tabla 67:</b> Ensayo de contenido de humedad del agregado fino. ....	122
<b>Tabla 68:</b> Análisis estadístico para contenido de humedad del agregado fino.. ....	123
<b>Tabla 69:</b> Ensayo de contenido de humedad del agregado grueso. ....	123
<b>Tabla 70:</b> Análisis estadístico para contenido de humedad del agregado grueso. ....	123
<b>Tabla 71:</b> Ensayo de asentamiento. ....	124
<b>Tabla 72:</b> Análisis estadístico para ensayo de asentamiento. ....	125
<b>Tabla 73:</b> Ensayo de tiempo de fraguado – Patrón 0%.....	125
<b>Tabla 74:</b> Ensayo de tiempo de fraguado – Z Fragua #5 2%.....	126
<b>Tabla 75:</b> Ensayo de tiempo de fraguado – Z Fragua #5 4%.....	126
<b>Tabla 76:</b> Ensayo de tiempo de fraguado – Z Fragua #5 6%.....	126
<b>Tabla 77:</b> Ensayo de tiempo de fraguado – Accelguard 90 2%.....	127
<b>Tabla 78:</b> Ensayo de tiempo de fraguado – Accelguard 90 4%.....	127
<b>Tabla 79:</b> Ensayo de tiempo de fraguado – Accelguard 90 6%.....	128
<b>Tabla 80:</b> Análisis estadístico para tiempo inicial de fraguado. ....	129
<b>Tabla 81:</b> Análisis estadístico para tiempo final de fraguado. ....	130
<b>Tabla 82:</b> Resistencia a la compresión - Z Fragua #5 - Edad de 3 días. ....	131
<b>Tabla 83:</b> Resistencia a la compresión – Accelguard 90 - Edad de 3 días.....	132
<b>Tabla 84:</b> Resistencia a la compresión – Z Fragua #5 - Edad de 7 días. ....	133
<b>Tabla 85:</b> Resistencia a la compresión – Accelguard 90 - Edad de 7 días.....	134
<b>Tabla 86:</b> Resistencia a la compresión – Z Fragua #5 - Edad de 14 días. ....	135
<b>Tabla 87:</b> Resistencia a la compresión – Accelguard 90 - Edad de 14 días.....	136
<b>Tabla 88:</b> Resistencia a la compresión – Z Fragua #5 - Edad de 28 días. ....	137
<b>Tabla 89:</b> Resistencia a la compresión – Accelguard 90 - Edad de 28 días.....	138
<b>Tabla 90:</b> Análisis estadístico para ensayo de compresión.....	139
<b>Tabla 91:</b> Prueba de normalidad del Asentamiento – Z Fragua #5. ....	141
<b>Tabla 92:</b> Prueba de normalidad del Asentamiento – Accelguard 90.....	141
<b>Tabla 93:</b> Prueba de Homocedasticidad del Asentamiento – Z Fragua #5. ....	141
<b>Tabla 94:</b> Prueba de Homocedasticidad del Asentamiento – Accelguard 90. ....	142
<b>Tabla 95:</b> ANOVA del Asentamiento – Z Fragua #5.....	142
<b>Tabla 96:</b> ANOVA del Asentamiento – Accelguard 90. ....	143
<b>Tabla 97:</b> Comparación múltiple para la variable de asentamiento del Z Fragua #5. ....	144
<b>Tabla 98:</b> Comparación múltiple para la variable de asentamiento del Accelguard 90.....	145
<b>Tabla 99:</b> Subconjunto Homogéneo para la variable de asentamiento de Z Fragua #5. ....	146
<b>Tabla 100:</b> Subconjunto Homogéneo para la variable de asentamiento de Accelguard 90. ....	146
<b>Tabla 101:</b> Resultados de las líneas de tendencia de asentamiento – Z Fragua #5.....	148
<b>Tabla 102:</b> Prueba de normalidad del tiempo de fraguado inicial – Z Fragua #5.....	149
<b>Tabla 103:</b> Prueba de normalidad del tiempo de fraguado inicial – Accelguard 90.....	149
<b>Tabla 104:</b> Prueba de normalidad del tiempo de fraguado final – Z Fragua #5. ....	150
<b>Tabla 105:</b> Prueba de normalidad del tiempo de fraguado final – Accelguard 90.....	150
<b>Tabla 106:</b> Prueba de Homocedasticidad tiempo de fraguado inicial – Z Fragua #5. ....	151



<b>Tabla 107:</b> Prueba de Homocedasticidad tiempo de fraguado inicial – Accelguard 90. ....	151
<b>Tabla 108:</b> Prueba de Homocedasticidad tiempo de fraguado final – Z Fragua #5. ....	151
<b>Tabla 109:</b> Prueba de Homocedasticidad tiempo de fraguado final – Accelguard 90. ....	151
<b>Tabla 110:</b> ANOVA del tiempo de fraguado inicial – Z Fragua #5. ....	152
<b>Tabla 111:</b> ANOVA del tiempo de fraguado inicial – Accelguard 90. ....	152
<b>Tabla 112:</b> ANOVA del tiempo de fraguado final – Z Fragua #5. ....	153
<b>Tabla 113:</b> ANOVA del tiempo de fraguado final – Accelguard 90. ....	153
<b>Tabla 114:</b> Comparación Múltiple para la variable de tiempo de fraguado inicial – Z Fragua #5. ....	154
<b>Tabla 115:</b> Comparación Múltiple para la variable de tiempo de fraguado inicial – Accelguard 90. ....	155
<b>Tabla 116:</b> Comparación Múltiple para la variable de tiempo de fraguado final – Z Fragua #5. ....	156
<b>Tabla 117:</b> Comparación Múltiple para la variable de tiempo de fraguado final – Accelguard 90. ....	157
<b>Tabla 118:</b> Subconjunto homogéneo para la variable de tiempo de fraguado inicial – Z Fragua #5. ....	158
<b>Tabla 119:</b> Subconjunto homogéneo para la variable de tiempo de fraguado inicial – Accelguard 90. ....	158
<b>Tabla 120:</b> Subconjunto homogéneo para la variable de tiempo de fraguado final – Z Fragua #5. ....	159
<b>Tabla 121:</b> Subconjunto homogéneo para la variable de tiempo de fraguado final – Accelguard 90. ....	159
<b>Tabla 122:</b> Resultados de las líneas de tendencia de tiempo de fraguado inicial. ....	162
<b>Tabla 123:</b> Resultados de las líneas de tendencia de tiempo de fraguado final. ....	162
<b>Tabla 124:</b> Prueba de normalidad de resistencia a la compresión 3 días – Z Fragua #5. ....	163
<b>Tabla 125:</b> Prueba de normalidad de resistencia a la compresión 3 días – Accelguard 90. ....	163
<b>Tabla 126:</b> Prueba de Homocedasticidad de resistencia a la compresión 3 días – Z Fragua #5. ....	164
<b>Tabla 127:</b> Prueba de Homocedasticidad de resistencia a la compresión 3 días – Accelguard 90. ....	164
<b>Tabla 128:</b> ANOVA de resistencia a la compresión 3 días – Z Fragua #5. ....	165
<b>Tabla 129:</b> ANOVA de resistencia a la compresión 3 días – Accelguard 90. ....	165
<b>Tabla 130:</b> Comparación Múltiple para la variable de resistencia a la compresión 3 días – Z Fragua #5. ....	166
<b>Tabla 131:</b> Comparación Múltiple para la variable de resistencia a la compresión 3 días – Accelguard 90. ....	167
<b>Tabla 132:</b> Subconjunto homogéneo para la variable de resistencia a la compresión 3 días – Z Fragua #5. ....	168
<b>Tabla 133:</b> Subconjunto homogéneo para la variable de resistencia a la compresión 3 días – Accelguard 90. ....	168
<b>Tabla 134:</b> Resultados de las líneas de tendencia de resistencia a la compresión 3 días. ....	170
<b>Tabla 135:</b> Prueba de normalidad de resistencia a la compresión 7 días – Z Fragua #5. ....	171
<b>Tabla 136:</b> Prueba de normalidad de resistencia a la compresión 7 días – Accelguard 90. ....	171
<b>Tabla 137:</b> Prueba de Homocedasticidad de resistencia a la compresión. 7 días – Z Fragua #5. ....	172
<b>Tabla 138:</b> Prueba de Homocedasticidad de resistencia a la compresión 7 días – Accelguard 90. ....	172
<b>Tabla 139:</b> ANOVA de resistencia a la compresión 7 días – Z Fragua #5. ....	173
<b>Tabla 140:</b> ANOVA de resistencia a la compresión 7 días – Accelguard 90. ....	173
<b>Tabla 141:</b> Comparación Múltiple para la variable de resistencia a la compresión 7 días – Z Fragua #5. ....	174
<b>Tabla 142:</b> Comparación Múltiple para la variable de resistencia a la compresión 7 días – Accelguard 90. ....	175
<b>Tabla 143:</b> Subconjunto homogéneo para la variable de resistencia a la compresión 7 días – Z Fragua #5. ....	176
<b>Tabla 144:</b> Subconjunto homogéneo para la variable de resistencia a la compresión 7 días – Accelguard 90. ....	176
<b>Tabla 145:</b> Resultados de las líneas de tendencia de resistencia a la compresión 7 días. ....	178
<b>Tabla 146:</b> Prueba de normalidad de resistencia a la compresión 14 días – Z Fragua #5. ....	179
<b>Tabla 147:</b> Prueba de normalidad de resistencia a la compresión 14 días – Accelguard 90. ....	179
<b>Tabla 148:</b> Prueba de Homocedasticidad de resistencia a la compresión. 14 días – Z Fragua #5. ....	180
<b>Tabla 149:</b> Prueba de Homocedasticidad de resistencia a la compresión 14 días – Accelguard 90. ....	180
<b>Tabla 150:</b> ANOVA de resistencia a la compresión 14 días – Z Fragua #5. ....	181
<b>Tabla 151:</b> ANOVA de resistencia a la compresión 14 días – Accelguard 90. ....	181
<b>Tabla 152:</b> Comparación Múltiple para la variable de resistencia a la compresión 14 días – Z Fragua #5. ....	182
<b>Tabla 153:</b> Comparación Múltiple para la variable de resistencia a la compresión 14 días – Accelguard 90. ....	183
<b>Tabla 154:</b> Subconjunto homogéneo para la variable de resistencia a la compresión 14 días – Z Fragua #5. ....	184
<b>Tabla 155:</b> Subconjunto homogéneo para la variable de resistencia a la compresión 14 días – Accelguard 90. ....	184
<b>Tabla 156:</b> Resultados de las líneas de tendencia de resistencia a la compresión a 14 días. ....	186
<b>Tabla 157:</b> Prueba de normalidad de resistencia a la compresión 28 días – Z Fragua #5. ....	187
<b>Tabla 158:</b> Prueba de normalidad de resistencia a la compresión 28 días – Accelguard 90. ....	187
<b>Tabla 159:</b> Prueba de Homocedasticidad de resistencia a la compresión. 28 días – Z Fragua #5. ....	188
<b>Tabla 160:</b> Prueba de Homocedasticidad de resistencia a la compresión 28 días – Accelguard 90. ....	188

<b>Tabla 161:</b> ANOVA de resistencia a la compresión 28 días – Z Fragua #5.....	189
<b>Tabla 162:</b> ANOVA de resistencia a la compresión 28 días – Accelguard 90.....	189
<b>Tabla 163:</b> Comparación Múltiple para la variable de resistencia a la compresión 28 días – Z Fragua #5..	190
<b>Tabla 164:</b> Comparación Múltiple para la variable de resistencia a la compresión 28 días–Accelguard 90.	191
<b>Tabla 165:</b> Subconjunto homogéneo para la variable de resistencia a la compresión 28días–Z Fragua #5..	192
<b>Tabla 166:</b> Subconjunto homogéneo para la variable de resistencia a la compresión 28días Accelguard90.	192
<b>Tabla 167:</b> Resultados de las líneas de tendencia de resistencia a la compresión a 28 días.....	194

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Proceso experimental.....	41
<b>Figura 2:</b> Curva granulométrica promedio del agregado fino.....	72
<b>Figura 3:</b> Curva granulométrica promedio del agregado grueso.....	73
<b>Figura 4:</b> Diseño de mezcla de concreto convencional en porcentaje para 1m <sup>3</sup> .....	88
<b>Figura 5:</b> Asentamiento del concreto convencional y con aditivo ASTM C494 tipo E.....	90
<b>Figura 6:</b> Asentamiento de las dosificaciones óptimas.....	91
<b>Figura 7:</b> Fase de hidratación del cemento.....	93
<b>Figura 8:</b> Tiempo de fraguado inicial concreto convencional y con aditivo ASTM C494 tipo E.....	95
<b>Figura 9:</b> Tiempo de fraguado final concreto convencional y con aditivo ASTM C494 tipo E.....	97
<b>Figura 10:</b> Resistencia a compresión del concreto a edad de 3 días.....	100
<b>Figura 11:</b> Resistencia a compresión del concreto a edad de 7 días.....	101
<b>Figura 12:</b> Resistencia a compresión del concreto a edad de 14 días.....	103
<b>Figura 13:</b> Resistencia a compresión del concreto a edad de 28 días.....	104
<b>Figura 14:</b> Resistencia del concreto en las dosificaciones óptimas.....	105
<b>Figura 15:</b> Evaluación de costos por m3 del concreto convencional y con aditivo ASTM C494 tipo E.....	107
<b>Figura 16:</b> Ahorro de días en Losa aligerada de 36 m2 espesor 0.25 m con uso de aditivo tipo E.....	108
<b>Figura 17:</b> Ahorro de Costo en Losa aligerada de 36 m2 espesor 0.25 m con uso de aditivo tipo E.....	109
<b>Figura 18:</b> Línea de tendencia de asentamiento – Z Fragua #5.....	147
<b>Figura 19:</b> Línea de tendencia de asentamiento – Accelguard 90.....	148
<b>Figura 20:</b> Línea de tendencia de tiempo de fraguado inicial – Z Fragua #5.....	160
<b>Figura 21:</b> Línea de tendencia de tiempo de fraguado inicial – Accelguard 90.....	161
<b>Figura 22:</b> Línea de tendencia de tiempo de fraguado final – Z Fragua #5.....	161
<b>Figura 23:</b> Línea de tendencia de tiempo de fraguado final – Accelguard 90.....	162
<b>Figura 24:</b> Línea de tendencia de resistencia a la compresión 3 días – Z Fragua #5.....	169
<b>Figura 25:</b> Línea de tendencia de resistencia a la compresión 3 días – Accelguard 90.....	170
<b>Figura 26:</b> Línea de tendencia de resistencia a la compresión 7 días – Z Fragua #5.....	177
<b>Figura 27:</b> Línea de tendencia de resistencia a la compresión 7 días – Z Fragua #5.....	178
<b>Figura 28:</b> Línea de tendencia de resistencia a la compresión 14 días – Z Fragua #5.....	185
<b>Figura 29:</b> Línea de tendencia de resistencia a la compresión 14 días – Z Fragua #5.....	186
<b>Figura 30:</b> Línea de tendencia de resistencia a la compresión 28 días – Z Fragua #5.....	193
<b>Figura 31:</b> Línea de tendencia de resistencia a la compresión 28 días – Z Fragua #5.....	194
<b>Figura 32:</b> Ensayo de granulometría de los agregados.....	195
<b>Figura 33:</b> Ensayo de peso unitario compactado del agregado grueso.....	195
<b>Figura 34:</b> Ensayo de asentamiento.....	196
<b>Figura 35:</b> Penetrómetro – Ensayo de Tiempo de fraguado.....	196
<b>Figura 36:</b> Probetas cilíndricas 4’’ x 8’’.....	197
<b>Figura 37:</b> Elaboración de la mezcla de concreto.....	197
<b>Figura 38:</b> Elaboración de probetas de concreto 4’’ x 6’’.....	198
<b>Figura 39:</b> Codificación de especímenes de concreto.....	198
<b>Figura 40:</b> Ensayo de resistencia a compresión.....	199
<b>Figura 41:</b> Curva de fraguado patrón (0%).....	200
<b>Figura 42:</b> Curva de fraguado con aditivo Z Fragua #5 al 2%.....	200
<b>Figura 43:</b> Curva de fraguado con aditivo Z Fragua #5 al 4%.....	201
<b>Figura 44:</b> Curva de fraguado con aditivo Z Fragua #5 al 6%.....	201
<b>Figura 45:</b> Curva de fraguado con aditivo Accelguard 90 al 2%.....	202
<b>Figura 46:</b> Curva de fraguado con aditivo Accelguard 90 al 4%.....	202
<b>Figura 47:</b> Curva de fraguado con aditivo Accelguard 90 al 6%.....	203

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1:</b> Módulo de Finura. ....	44
<b>Ecuación 2:</b> Contenido de humedad. ....	47
<b>Ecuación 3:</b> Peso unitario suelto.....	48
<b>Ecuación 4:</b> Peso unitario compactado.....	48
<b>Ecuación 5:</b> Densidad seca del agregado fino. ....	50
<b>Ecuación 6:</b> Densidad saturada superficialmente seca del agregado fino.....	50
<b>Ecuación 7:</b> Densidad aparente del agregado fino.....	50
<b>Ecuación 8:</b> Absorción del agregado fino.....	51
<b>Ecuación 9:</b> Densidad seca del agregado grueso. ....	52
<b>Ecuación 10:</b> Densidad saturada superficialmente seca del agregado grueso. ....	52
<b>Ecuación 11:</b> Densidad aparente del agregado grueso. ....	52
<b>Ecuación 12:</b> Absorción del agregado grueso. ....	52
<b>Ecuación 13:</b> Volumen de diseño de mezcla. ....	59
<b>Ecuación 14:</b> Porcentaje de diseño de mezcla. ....	59
<b>Ecuación 15:</b> Ecuación logarítmica para tiempo de fraguado. ....	63
<b>Ecuación 16:</b> Ecuación potencial para tiempo de fraguado. ....	63
<b>Ecuación 17:</b> Coeficiente A – Mínimos cuadrados. ....	63
<b>Ecuación 18:</b> Coeficiente B – Mínimos Cuadrados.....	63
<b>Ecuación 19:</b> Esfuerzo a compresión. ....	66
<b>Ecuación 20:</b> Área. ....	66
<b>Ecuación 21:</b> Media aritmética.....	68
<b>Ecuación 22:</b> Varianza.....	69
<b>Ecuación 23:</b> Desviación estándar.....	69
<b>Ecuación 24:</b> Coeficiente de variación.....	70
<b>Ecuación 25:</b> Volumen de concreto por m <sup>2</sup> – Losa aligerada. ....	78

## RESUMEN

La presente tesis se realizó en la ciudad de Trujillo, departamento la Libertad. El propósito de la investigación fue mejorar las propiedades físicas y mecánicas del concreto como el asentamiento, tiempo de fraguado y resistencia a la compresión, ya que en la actualidad las construcciones han incrementado debido al crecimiento de la población y la necesidad de ejecutar estructuras óptimas en menores plazos. Para lograr el objetivo de la investigación se propuso adicionar al concreto, aditivo ASTM C494 tipo E porque es un químico que cumple la función de acelerante y plastificante.

La tesis se justificó, por la importancia de obtener construcciones de concreto de calidad, con buena trabajabilidad, menor tiempo de fraguado y mayor resistencia a la compresión a edades tempranas, permitiendo el desencofrado de estructuras en un menor tiempo, es decir, reducción del costo y tiempo de obra.

El proyecto comprendió una investigación experimental, debido a que, se manipula la cantidad de aditivo ASTM C494 tipo E en la mezcla de concreto para observar los efectos en las propiedades del concreto. La metodología se basó, en la caracterización de los agregados, diseño de mezcla (ACI – 211), ensayo de asentamiento (NTP 339.035), de fragua (NTP 339.082) y resistencia a compresión (NTP 339.034). Se utilizó el cemento tipo I, agregado grueso de tamaño máximo nominal  $\frac{1}{2}$ ”, agregado fino de módulo de finura 2.57, relación agua/cemento 0.611, se adicionó a la dosificación del concreto los aditivos Z Fragua #5 y Accelguard 90 en proporciones de 2%, 4% y 6% respecto al peso del cemento. Para las pruebas a compresión se realizaron muestras de 4” de diámetro y 8” de altura, se ensayaron a 3, 7, 14 y 28 días, fueron sometidas al curador químico Membranil Reforzado. Para el

registro de los resultados se realizaron fichas de recolección para cada ensayo (asentamiento, tiempo de fraguado y resistencia a compresión).

Al finalizar la investigación, se concluyó que el porcentaje óptimo del aditivo tipo E Accelguard 90 es del 4% y del Z Fragua #5 el 2%. El Accelguard 90 aumentó la resistencia a compresión en 33% a los 3 días y 7 días, 23% a los 14 días y 18% a los 28 días; redujo el tiempo de fraguado inicial y final en 80 minutos y 98 minutos respectivamente; presentó los mejores resultados. El Z Fragua #5 generó también efectos positivos en las propiedades del concreto, pero en un menor porcentaje. Se demostró finalmente que el aditivo Accelguard 90 cumple con los requisitos de la ASTM C494; basándose en reducciones mínimas de 60 minutos en el tiempo de fraguado, y en el incremento mínimo de 25% en la resistencia a compresión a 3 días, además, y de 10% en edades de 7 y 28 días.

**Palabras clave:** aditivo ASTM C494 tipo E, resistencia a compresión, asentamiento, tiempo de fraguado.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

La construcción en el mundo es fundamental para el desarrollo de la civilización, ya que provee obras estructurales que sirven para mejorar la calidad de vida de la nación y población. En el 2014, Abdullahi informa que, la demanda del sector construcción suma el 10% del empleo total en países de economía desarrollado y el 6% en vía de desarrollo.

La industria de la construcción, según el Fondo Monetario Internacional, Building Radar y Capital Advisors, en Estados Unidos posee el área suficiente para crecer en los futuros años; se construirá segmentos de oficinas, comercio, y viviendas multifamiliares. Por otro lado, en España se estima que para el 2020 crecerá en 9%, en Italia 7.2% y en Reino Unido 5.2%. En países de Asia (China, India y Vietnam) se ha determinado que en el 2019 la construcción tendrá un auge del 7%. (Ortega, Sarmiento, & Villegas, 2016)

En la actualidad, según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), el sector Construcción en Perú aumentó en el primer trimestre del 2018 en 5.1%, ya que se ejecutó una mayor cantidad de obras en el sector privado y público. En el campo público, resalta las infraestructuras de vía de carreteras, calles y caminos, vías férreas, puentes y túneles. En obras privadas, destacó el crecimiento de residenciales para viviendas, y no residenciales como clínicas, colegios, oficinas, centros comerciales y estructuras para empresas mineras. (El Comercio, 2018)

En Europa, España es un país que aplica tecnología en la elaboración de diversos concretos para cada tipo de obra. En obras marítimas, se está produciendo concretos

con la adición de aditivos MC SPAIN, ya que permite encofrados deslizantes, proporciona cierto grado de viscosidad, robustez, tiempo de fraguado, bombeabilidad óptima, durabilidad mayor a 120 años frente a ataques químicos del mar. (MC-Bauchemie, 2018). Además, se ha elaborado un sistema de concreto con tecnología fotoluminiscente, es un producto duradero que absorbe la radiación UV para generar mayor iluminación natural durante 10 horas. (Chryso, 2018)

En Norte América; México, el uso del concreto es muy variado, no solo se centra en diseñar mezclas para edificaciones, obras hidráulicas, entre otras; sino en utilizar la modernidad y tecnología en mejorar las propiedades mecánicas e hidráulicas del concreto para pavimentos. Para este caso, el concreto posibilita el diseño de carreteras con vida útil de 50 años a más, se utiliza proporciones de mezclas adecuadas, con relación agua/cemento, aditivos de última generación para reducir la cantidad de agua e incrementar la manejabilidad del concreto; al poseer una mayor vida útil, el concreto permite ahorrar económicamente en el mantenimiento en un 90%, además, soporta severas deformaciones por el arranque y frenado de los vehículos y evita escalonamientos por excesivos pesos. (Ochoa, 2014)

En Sur América, Colombia, el concreto se ha visto beneficiado por el avance de la industria química de aditivos, de la implementación de programas de mejoras del desempeño en el uso del concreto y un estricto control de calidad, ya que se está produciendo concretos de óptima calidad, esto lo afirma el ingeniero Germán Arias (Consultor en Ingeniería de Concretos y Procesos Constructivos y Gerente de Ancla Ingeniería con sede en Bogotá, Colombia). El concreto de alto desempeño que se está produciendo en la actualidad es más resistente y durable; es decir, posee un factor de



durabilidad mayor que 80% luego de 300 ciclos de descongelamiento y deshielo (relación agua/cemento  $\leq 0.35$ ); además, presenta mejoras en las propiedades del concreto, así como, fluidez, retracción compensada, alta densidad, baja permeabilidad y alta resistencias. (Beltrán, 2008)

Perú, es un país no ajeno a mejorar las propiedades mecánicas del concreto con la tecnología, es decir, el uso de aditivos; existen artículos que demuestran que a partir de 1950 se buscó optimizar la trabajabilidad del concreto, se introdujo el empleo de aditivos químicos; en 1960, se originó el uso de aditivos plastificantes y en la actualidad el apogeo continúa debido a la capacidad de reducir agua en la mezcla y así obtener concretos con mayor resistencia, durable y económico. El concreto, se ha visto beneficiado con el uso de aditivos acelerantes, ya que se obtiene mejoras en el acabado de superficies, se realiza desencofrados no estructurales de forma más temprana, poner en servicio más rápido las estructuras reparadas o nuevas, no afecta la durabilidad; respecto a la parte económica, el concreto en costo directo es mayor, pero genera ahorro en los indirectos, pues permite la rotación rápida de encofrado, reducción del curado a vapor, mejoras en las resistencias, es decir, posible aplicación temprana de esfuerzos a la estructura. (Perú Construye, 2018). Además, en el país se ha implantado la Autohormigonera, este equipo proporciona al concreto mayor calidad, permite mezclar correctamente el agua, agregado, cemento y aditivo (opcional), y la descarga en puntos de la obra de difícil accesibilidad, ya que es móvil. (Perú Construye, 2016)

En La Libertad, se ha proyectado y construido una diversidad de obras civiles para beneficiar a la población del departamento, siendo el concreto el material principal de esta actividad. Por ejemplo, se realizará el revestimiento del Canal Nuevo Horizonte

en Chepén, se plantea reducir las infiltraciones del agua con el uso de un concreto con aditivo para mejorar el recurso hídrico de la zona involucrada. (Municipalidad Provincial de Chepén, 2018). Otra obra de gran magnitud es la tercera Etapa de Chavimochic, promete brindar agua para 70 mil hectáreas en los valles de Moche y Chicama; esta construcción está regida a estándares de Control de Calidad del Concreto y Recurso Hídrico. (El Comercio, 2018)

El Control de Calidad del Concreto en Perú, se define, como el conjunto de metodologías técnicas, su práctica permite que el concreto satisfaga los estándares especificados en la NTP (Norma Técnica Peruana) y de la ASTM (American Society of Testing Materials). El concreto se verifica cuantitativamente en; estado fresco: Asentamiento, Temperatura, Densidad, Contenido de Aire, Fragua, entre otros sí se especifica; y endurecido: Resistencia a la compresión, flexión, tracción, y otros. (Gastañadui) Al incluir aditivos en el diseño de mezcla del concreto, se deberá comprobar la calidad con requisitos físicos establecidos en la norma ASTM C494. Ver anexo 1. (ASTM International, 2004)

(Castro, 2001) en su investigación que se realizó en Huancayo, determinó las características físicas y mecánicas del concreto con adición a la par de aditivo acelerantes de fragua e Incorporador de aire. En los ensayos que, se realizaron a los especímenes de concreto, se observó que, el diseño de mezcla propuesto posee una mayor resistencia a la compresión y una menor resistencia a la tracción en las distintas relaciones agua/cemento 0.40, 0.45 y 0.50.

(Garay & Quispe, 2016) en su estudio plantearon una alternativa de mejora al concreto ante el esfuerzo de compresión, por medio del aditivo plastificante en obras de

autoconstrucción de Lima. Se determinó que, en las obras de autoconstrucción poseen déficit en el procedimiento y elaboración de la mezcla del concreto, ya que se refleja en los resultados de compresión; la muestra sin aditivo no cumple con las especificaciones que establece la norma E060 (17 MPa), sin embargo, los especímenes con aditivos cumplen la norma al límite inferior.

(Lara, 2018) en su tesis tuvo como objetivo determinar la influencia del aditivo tipo C según la norma ASTM C494 (acelerante) principalmente en el esfuerzo a compresión, en un concreto convencional, según la norma ASTM y NTP. Concluyó que, el empleo del aditivo acelerante en el diseño de mezcla del concreto, mejora la resistencia a la compresión tanto para 3 días, 7 días, 14 días y 28 días, y que el aditivo Master Set (3%) cumple los estándares de la ASTM C494.

De tal manera, la elaboración de la mezcla de concreto puede variar en el uso de aditivo, relación agua/cemento y agregado, estas afectan a las propiedades mecánicas del concreto en estado fresco y endurecido; para determinar cada uno de ellas en Perú es necesario realizar ensayos que se basan en las normas como la NTP y ASTM; además estas, establecen estándares de Control de Calidad.

Cemento Pacasmayo S.A.A., es la compañía líder en la industria cementera del Perú, además fabrica concreto de acuerdo a las características requeridas del cliente. Al finalizar el año 2017, se reportó que, el volumen de ventas de concreto incrementó en 7.3%, principalmente por la gran demanda de ventas al sector auto-construcción. (Cemento Pacasmayo S.A.A., 2018)

La empresa “Concretos Supermix S.C. es una entidad que produce y comercializa concreto premezclado y prefabricados para la construcción, posee la certificación de

gestión de calidad otorgado por la Norma ISO 9001 en sus plantas de Cusco, Tacna, Moquegua e Ilo. Este logro otorga la confiabilidad del cumplimiento de calidad con los estándares diseñados para asegurar la operatividad, eficiencia de procesos y satisfacción del cliente. (Perú Construye, 2016)

En los últimos años, según el ingeniero Miguel Estrada (director del Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres), se observa que, en la capital del Perú (Lima), el 70% de viviendas se han construido de manera informal. El país en su totalidad posee un alto índice de construcción informal, esto genera el crecimiento desordenado en las regiones, y existe una elevada vulnerabilidad ante terremotos de alta intensidad.

El trabajo informal tiene la característica de utilizar materiales impropios y/o emplear mezclas de concreto en proporciones inadecuadas ya sea con aditivos o sin ellos, esto tiene como efecto derrumbes y accidentes. También, los maestros de obras carecen del interés en cumplir las funciones y estándares de calidad del concreto, establecidos en el Perú.

Con el fin de ahorrar en el costo directo de una construcción, se compran materiales sin certificado de calidad, además se limitan en el suministro de aditivos por un incremento en el presupuesto, pero no tienen en cuenta que, al emplear este químico se ahorra en el costo indirecto, por ejemplo, al utilizar un acelerante se descimbraría en un menor tiempo las estructuras de concreto; al emplear un aditivo reductor de agua, la manejabilidad y esfuerzo a compresión del concreto aumentaría, es decir, favorecería a la calidad de obra. (RPP, 2017)

En Trujillo, el 75% de viviendas se han ejecutado por autoconstrucción. La comuna, es una entidad que por medio de inspecciones identificó las edificaciones sin licencia, esto genera la posibilidad de un elevado riesgo ante un eventual desastre natural. La urbanización Monserrate, se considera zona de riesgo ya que desafía las normas de construcción, han crecido verticalmente sin tener en cuenta el control de calidad del concreto en estado fresco y endurecido; mayormente el propietario dirige la obra y contrata un maestro de obra. Así mismo, en las urbanizaciones: La Noria, Rázuri, Chimú y los Pinos, se observa que, se realizan edificaciones sin contar con un expediente técnico, es decir, carecen de un diseño de mezcla de concreto, además no poseen la programación de obra, esto ocasionaría una extensión en el tiempo de ejecución, aumentaría el costo. (Correo, 2017)

En Trujillo, las construcciones presentan inconvenientes; la contraloría afirma que un factor es el retraso en el calendario de obra; debido a una paupérrima planeación de obra, riesgos naturales (inundación, sismos), deficiente programación de obra, retrasos en las partidas por suministro de materiales, y entre otros factores que intervienen en la ejecución del proyecto. (El Comercio, 2018)

Actualmente, en Trujillo, la mayor parte de construcciones presentan incumplimiento en los estándares de Control de Calidad del concreto en estado fresco y endurecido, debido a que la mayor parte de obras son por Autoconstrucción, aunque existen proyectos en ejecución que no cumplen, a pesar de poseer la licencia de construcción de la Municipalidad. Además, presenta déficit en el cumplimiento del calendario de obra programado, esto genera un mayor costo de obra por ampliación de plazo. El diseño de mezcla del concreto es paupérrimo (Viacava, 2015); con la finalidad de

reducir costos se evita realizar la caracterización de los agregados y los ensayos establecidos por la NTP y ASTM al concreto, a la vez, se obvia el empleo de aditivos, como, por ejemplo, el “reductor de agua y acelerador”, este aditivo permitiría una mejor trabajabilidad, mayor resistencia a la compresión y menor tiempo de fraguado.

Por tales motivos, la investigación pretende estudiar al concreto en el diseño de mezcla basado en la ACI-211, se realizará la caracterización de los agregados, se mejorará la dosificación con el aditivo ASTM C494 tipo E, respecto a las propiedades físicas y mecánicas como asentamiento, fragua, esfuerzo a la compresión a 3, 7, 14 y 28 días.

Los ensayos del concreto en estado fresco y endurecido se basarán en la NTP para verificar el control de Calidad. Al emplear el aditivo “reductor de agua y acelerador”, se empleará específicamente la ASTM C494, ya que establece condiciones que debe cumplir, respecto al concreto patrón en el tiempo de fragua y resistencia a la compresión. Además, se busca determinar qué mezcla es la más óptima para estructuras de concreto como vigas, columnas y losas, por ende, reducir el costo total de las construcciones y el tiempo de obra.

Las mejoras que proporciona el aditivo ASTM C494 tipo E son: reducción de agua, mayor resistencia a la compresión y tracción, distribución uniforme, reducción del tiempo de fraguado inicial y final, mayor eficiencia del cemento, evita agrietamientos y aumenta la manejabilidad del concreto. (ASTM C494, 2017)

En caso contrario de no investigar los efectos del aditivo ASTM C494 Tipo E en el concreto, no se podrá utilizar correctamente, generando déficit en las construcciones, produciendo aumentos en el costo de obra y un avance lento en la ejecución.

En conclusión, es importante realizar el control de Calidad del Concreto con o sin aditivo, para obtener un material óptimo en sus diversos usos. Además, es fundamental demostrar que, el uso de aditivo ASTM C494 tipo E mejoraría las obras civiles, tanto en sus propiedades físicas y mecánicas del concreto como en la reducción del costo total, con la disminución del tiempo de ejecución de obra.

## **1.2. Formulación del problema**

¿En qué medida influye el aditivo ASTM C494 Tipo E en el asentamiento, fragua y resistencia a la compresión del concreto convencional?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo general**

Determinar la influencia del aditivo ASTM C494 tipo E en el asentamiento, fragua y resistencia a la compresión del concreto convencional.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Desarrollar el diseño de mezcla para un concreto de 210 Kg.f/cm<sup>2</sup> de compresión, con la adición de aditivo ACCELGUARD 90 y Z Fragua #5.
- Determinar la resistencia a la compresión de los diseños de mezcla de concreto a 3, 7, 14 y 28 días, según la NTP 339.034.
- Evaluar las propiedades del concreto en estado fresco, por medio del asentamiento (NTP 339.035) y tiempo de fraguado (NTP 339.082).
- Comparar las propiedades físicas y mecánicas de los diseños de mezcla de concreto, e identificar el concreto más óptimo.

- Comprobar si el aditivo ACCELGUARD 90 y Z Fragua #5 satisface los estándares de la ASTM C494, a través del tiempo inicial de fragua y esfuerzo a la compresión.
- Analizar económicamente los diseños de mezcla de concreto con los aditivos tipo E.

## 1.4. Hipótesis

### 1.4.1. Hipótesis general

Al adicionar el aditivo ASTM C494 tipo E a la dosificación del concreto convencional en función al peso del cemento, aumenta el asentamiento y resistencia a la compresión, además, reduce el tiempo de fraguado.

**Tabla 1:** *Hipótesis general.*

Hipótesis general	Componentes metodológicos			Componentes Referenciales	
	Variable	Unidad de análisis	Conectores lógicos	Espacio	Tiempo
Al adicionar el aditivo ASTM C494 tipo E a la dosificación del concreto convencional en función al peso del cemento, aumenta el asentamiento y resistencia a la compresión, además, reduce el tiempo de fraguado.	Aditivo ASTM C494 tipo E	Aumento del asentamiento y resistencia a compresión  Reducción del tiempo de fraguado.	Aumenta  Reduce	Trujillo	2018 2019

*Fuente: Autor de tesis.*



### 1.4.2. Hipótesis específicas

- Al adicionar el aditivo ASTM C494 tipo E a la dosificación del concreto en función al peso del cemento, aumenta el asentamiento en estado fresco.

**Tabla 2:** *Hipótesis específica para trabajabilidad.*

Hipótesis específica	Componentes metodológicos			Componentes Referenciales	
	Variable	Unidad de análisis	Conectores lógicos	Espacio	Tiempo
Al adicionar el aditivo ASTM C494 tipo E a la dosificación del concreto convencional en función al peso del cemento, aumenta el asentamiento en estado fresco	Aditivo ASTM C494 tipo E	Aumento del asentamiento	Aumenta	Trujillo	2018 2019

***Fuente:*** Autor de tesis.

- Al adicionar el aditivo ASTM C494 tipo E a la dosificación del concreto en función al peso del cemento, aumenta la resistencia a la compresión en estado endurecido.

**Tabla 3:** *Hipótesis específica para resistencia a compresión.*

Hipótesis específica	Componentes metodológicos			Componentes Referenciales	
	Variable	Unidad de análisis	Conectores lógicos	Espacio	Tiempo
Al adicionar el aditivo ASTM C494 tipo E a la dosificación del concreto convencional en función al peso del cemento, aumenta la resistencia a la compresión en estado endurecido.	Aditivo ASTM C494 tipo E	Aumento de resistencia a la compresión	Aumenta	Trujillo	2018 2019

*Fuente: Autor de tesis.*

- Al adicionar el aditivo ASTM C494 tipo E a la dosificación del concreto en función al peso del cemento, reduce el tiempo inicial y final de fraguado.

**Tabla 4:** *Hipótesis específica para tiempo inicial y final de fraguado.*

Hipótesis específica	Componentes metodológicos			Componentes Referenciales	
	Variable	Unidad de análisis	Conectores lógicos	Espacio	Tiempo
Al adicionar el aditivo ASTM C494 tipo E a la dosificación del concreto convencional en función al peso del cemento, reduce el tiempo inicial y final de fraguado.	Aditivo ASTM C494 tipo E	Reducción del tiempo inicial y final de fraguado	Reduce	Trujillo	2018 2019

***Fuente:*** Autor de tesis.

- Al emplear distintas marcas de aditivo ASTM C494 tipo E, produce variaciones en la resistencia a la compresión, asentamiento y tiempo de fraguado, estos cumplen los requisitos mínimos de la norma ASTM C494 en las propiedades mecánicas del concreto.

**Tabla 5:** *Hipótesis específica para variaciones por marca de aditivo tipo E.*

Hipótesis específica	Componentes metodológicos			Componentes Referenciales	
	Variable	Unidad de análisis	Conectores lógicos	Espacio	Tiempo
Al emplear distintas marcas de aditivo ASTM C494 tipo E, produce variaciones en la resistencia a la compresión, asentamiento y tiempo de fraguado, estos cumplen los requisitos mínimos de la norma ASTM C494, en las propiedades mecánicas del concreto.	Distintas marcas de Aditivo ASTM C494 tipo E	Producción de variaciones en la resistencia a la compresión, asentamiento y tiempo de fraguado	Produce	Trujillo	2018 2019

**Fuente:** *Autor de tesis.*

- Al utilizar aditivo ASTM C494 tipo E en la dosificación del concreto, se reduce el costo de la construcción de elementos de este material porque se realizaría en un menor tiempo.

**Tabla 6:** *Hipótesis específica para reducción de costo.*

Hipótesis específica	Componentes metodológicos			Componentes Referenciales	
	Variable	Unidad de análisis	Conectores lógicos	Espacio	Tiempo
Al utilizar aditivo ASTM C494 tipo E en la dosificación del concreto, se reduce el costo de la construcción de elementos de este material porque se realizaría en un menor tiempo.	Aditivo ASTM C494 tipo E	Reducción del costo de construcción de elementos de concreto	Reduce	Trujillo	2018 2019

*Fuente: Autor de tesis.*

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo de investigación

#### 2.1.1. Por el propósito

Es una investigación “Aplicada” porque tiene como finalidad solucionar cierto problema o planteamiento específico; además, busca la aplicación de los conocimientos que se adquieren.

Esta investigación busca hallar innovaciones tecnológicas que resuelvan problemas concretos por medio de productos; por ejemplo, la presente tesis se concentra en determinar el porcentaje de aditivo ASTM C494 tipo E respecto al peso del cemento en el diseño de mezcla del concreto para mejorar sus propiedades (Asentamiento, Tiempo de fraguado, Esfuerzo a la compresión).

#### 2.1.2. Por el diseño

La presente investigación es “Experimental” porque es cuantitativa; a la vez, se tiene el control de manipular intencionalmente la variable independiente, en condiciones rigurosas de atención para anotar los efectos que produce esta variable en la dependiente. En la tesis se busca conocer el efecto del aditivo ASTM C494 tipo E en las propiedades del concreto y así determinar la cantidad del producto más óptimo para usos a futuro.

### 2.2. Diseño de investigación

La presente tesis de investigación es “Experimental”, debido a que, se manipula las variables independientes para estudiar y analizar los efectos en las variables dependientes. A la vez, es “Cuasiexperimental”, se tiene el control de las variables que

interviene en la validez interna de la hipótesis, en la presente tesis, se elaborará grupos de probetas, no serán asignadas al azar, ni manera aleatoria.

## 2.3. Operacionalización de Variables

### 2.3.1. Variable independiente

- Aditivo ASTM C494 tipo E
  - o 0% de aditivo tipo E respecto al peso del cemento
  - o 2% de aditivo tipo E respecto al peso del cemento
  - o 4% de aditivo tipo E respecto al peso del cemento
  - o 6% de aditivo tipo E respecto al peso del cemento.

### 2.3.2. Variable dependiente

- Asentamiento
- Tiempo de fraguado
- Resistencia a la compresión.

**Tabla 7:** Operacionalización de variables.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS
Resistencia a la Compresión	Capacidad del material a resistir acciones de carga sobre un área.	Propiedades mecánicas	- MPa - Kg.f/cm <sup>2</sup>	- Fuerza máxima - Área resistente
Asentamiento	Facilidad del concreto fresco para mezclar, manejar, transportar y vaciar.	Propiedades físicas	- cm - pulg	- Hundimiento
Fragua	Tiempo necesario para que la condición del concreto pierda plasticidad.	Propiedades mecánicas	- min	- Carga - Área - Temperatura - Tiempo

*Fuente: Autor de tesis.*

## 2.4. Población y muestra

### Población

Concreto convencional con aditivo ASTM C494 Tipo E.

### Muestra

La muestra será no probabilística, por lo cual se estableció contar con 3 repeticiones en concreto fresco y 6 muestras en concreto endurecido.

Concreto en estado endurecido:

- Para el ensayo de resistencia a la compresión (NTP 339.034), se elaborarán 192 probetas cilíndricas de concreto (diámetro 4'' x longitud 8''). Se realizarán 6 especímenes con Aditivo "ACCELGUARD 90" (0%, 2%, 4% y 6%) y 6 con Aditivo "Z Fragua #5" (0%, 2%, 4% y 6%), para 3, 7, 14 y 28 días.

Concreto en estado fresco:

- Para el ensayo de asentamiento (NTP 339.035), se elaborarán 24 muestras de concreto. Se realizarán 3 especímenes con Aditivo "ACCELGUARD 90" (0%, 2%, 4% y 6%) y 3 con Aditivo "Z Fragua #5" (0%, 2%, 4% y 6%).
- Para el ensayo de fraguado (NTP 339.082) se elaborarán 24 especímenes de concreto (diámetro 6'' x longitud 6''). Se realizarán 3 especímenes con Aditivo "ACCELGUARD 90" (0%, 2%, 4% y 6%) y 3 con Aditivo "Z Fragua #5" (0%, 2%, 4% y 6%).



## 2.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

### **Observación directa**

La recolección de datos será, a través de la percepción intencionada y selectiva del investigador, en condiciones que permitan la contrastación y manipulación.

La observación se aplicará directamente en los ensayos establecidos por el investigador y que satisfagan los estándares proporcionados por la ASTM y Norma Técnica Peruana del concreto.

### **Análisis documental**

La recolección de datos es por medio de fuentes secundarios como Tesis nacionales y/o internacionales, Normas (ACI, ASTM, NTP), artículos, documentos, libros, revistas, blogs. Toda información recolectada es citada en las referencias bibliográficas de la investigación. La finalidad de esta técnica es utilizar la información obtenida en el análisis de las variables.

### **Ensayos de laboratorio**

Es la técnica principal en la recolección de datos. Los ensayos a los especímenes de concreto convencional serán:

- Resistencia a la Compresión a los 3, 7, 14 y 28 días, según la NTP 339.034.
- Asentamiento, según NTP 339.035
- Fragua del concreto, según NTP 339.082

### **Variable Dependiente**

**Factor A:** Propiedades del concreto en estado fresco y endurecido

a1 = Resistencia a la compresión (Kg.f/cm<sup>2</sup>)

a2 = Tiempo de Fraguado (min)

a3= Asentamiento (cm).

### **Variable Independiente**

**Factor B:** Edades de curado del concreto

b1 = 3 (días)

b2 = 7 (días)

b3 = 14 (días)

b4 = 28 (días).

**Factor C:** Marcas de Aditivos ASTM C494 Tipo E

c1 = ACCELGUARD 90 (EUCCO)

c2 = Z Fragua #5 (Z ADITIVOS).

**Factor D:** % de aditivo ASTM C494 Tipo E en función del peso del cemento

d0= Patrón 0% / Kg

d1= 2% / Kg

d2= 4% / Kg

d3= 6% / Kg.

N° total de ensayos para el concreto convencional

VD: Variable Dependiente

VI: Variable Independiente

### **Estado Fresco**

N° de muestras en estado fresco para Fraguado = VI x VD x N° de réplicas =

[(% adición) x (Marcas) x (Edad)] x Tiempo de Fraguado x N° de réplicas

Tiempo de Fraguado (a2) = [(4) x (2) x (1)] x 1 x 3 = 24

N° de muestras en estado fresco para Asentamiento = VI x VD x N° de réplicas =

[(% adición) x (Marcas) x (Edad)] x Asentamiento x N° de réplicas

Asentamiento (a3) = [(4) x (2) x (1)] x 1 x 3 = 24

N° DE MUESTRAS EN ESTADO FRESCO = a2 + a3 = 24 + 24 = 48

Estado Endurecido

N° de muestras en estado endurecido para Compresión = VI x VD x N° de réplicas =

[(% adición) x (Marcas) x (Edad)] x Compresión x N° de réplicas

Compresión (a1) = [(4) x (2) x (4)] x 1 x 6 = 192

N° DE MUESTRAS EN ESTADO ENDURECIDO = a1 = 192

N° DE MUESTRA TOTAL = Muestra en estado fresco + Muestra en estado endurecido

N° DE MUESTRA TOTAL = 48 + 192 = 240

**Tabla 8:** Matriz de diseño experimental – Propiedades del concreto en estado fresco.

		a2				a3			
		D				D			
		d0	d1	d2	d3	d0	d1	d2	d3
C	c1	a2c1d0	a2c1d1	a2c1d2	a2c1d3	a3c1d0	a3c1d1	a3c1d2	a3c1d3
	c2	a2c2d0	a2c2d1	a2c2d2	a2c2d3	a3c2d0	a3c2d1	a3c2d2	a3c2d3
	c3	a2c3c0	a2c3d1	a2c3d2	a2c3d3	a3c3c0	a3c3d1	a3c3d2	a3c3d3

*Fuente:* Autor de tesis.

**Tabla 9:** Matriz de diseño experimental – Propiedades del concreto en estado endurecido.

		a1															
		b1				b2				b3				b4			
		D				D				D				D			
		d0	d1	d2	d3	d0	d1	d2	d3	d0	d1	d2	d3	d0	d1	d2	d3
C	c1	a1b1	a1b1	a1b1	a1b1	a1b2	a1b2	a1b2	a1b2	a1b3	a1b3	a1b3	a1b3	a1b4	a1b4	a1b4	a1b4
	c1d0	c1d1	c1d2	c1d3	c1d0	c1d1	c1d2	c1d3	c1d0	c1d1	c1d2	c1d3	c1d0	c1d1	c1d2	c1d3	
C	c2	a1b1	a1b1	a1b1	a1b1	a1b2	a1b2	a1b2	a1b2	a1b3	a1b3	a1b3	a1b3	a1b4	a1b4	a1b4	a1b4
	c2d0	c2d1	c2d2	c2d3	c2d0	c2d1	c2d2	c2d3	c2d0	c2d1	c2d2	c2d3	c2d0	c2d1	c2d2	c2d3	

*Fuente:* Autor de tesis.

### Validación del instrumento de recolección de datos:

La validez fue por el Ingeniero Wiston Henry Azañedo Medina, con código CIP:

107619.

## 2.6. Análisis de datos

En el desarrollo del análisis de datos, se realizarán acciones estadísticas para obtener una interpretación adecuada de los resultados, ver (2.7.6. Análisis de datos). Además, el procesamiento de estos se realizará por medio del Software Microsoft Excel y SPSS. Los datos logrados se analizarán para corroborar la validez de la hipótesis que se planteó en la investigación, a través de un análisis de varianza (ANOVA).

ANOVA es una prueba estadística que exige la validez de los Criterios de Normalidad y Homocedasticidad. Para el criterio de normalidad, se realiza por medio de la prueba Shapiro – Wilk, ya que los datos son menores a 30. El criterio de Homocedasticidad se basa de en la prueba de Levene. En ambos criterios el valor de significancia debe ser mayor a 0.05.

Luego, se continua con la ejecución del Post – Hoc, por medio de la prueba Turkey; permite conocer la diferencia estadísticamente significativa que existen entre que grupos, se recomienda que su valor de significancia sea menor a 0.05.

**Tabla 10:** Ficha de recolección de datos – Ensayo a compresión.

Marca Aditivo	Adición	Testigo	Dimensiones		Área mm <sup>2</sup>	Fuerza Kg.f	Resistencia a Compresión		Resistencia a Compresión Promedio (Kg.f/cm <sup>2</sup> )
			Altura mm	Diámetro mm			MPa	Kg.f/cm <sup>2</sup>	
Z Fragua #5	0%								
	2%								
	4%								
6%									
ACCELGUARD 90	0%								
	2%								
	4%								
6%									

*Fuente: Autor de tesis.*

**Tabla 11:** *Ficha de recolección de datos – Ensayo asentamiento.*

Marca Aditivo	% Adición	Testigo	Asentamiento (cm)	Asentamiento (pulg.)	Asentamiento Promedio (cm)	Asentamiento Promedio (pulg)
Z Fragua #5	0%	_____	_____	_____	_____	_____
	2%	_____	_____	_____	_____	_____
	4%	_____	_____	_____	_____	_____
	6%	_____	_____	_____	_____	_____
	0%	_____	_____	_____	_____	_____
ACCELGUARD 90	2%	_____	_____	_____	_____	_____
	4%	_____	_____	_____	_____	_____
	6%	_____	_____	_____	_____	_____
	0%	_____	_____	_____	_____	_____
	2%	_____	_____	_____	_____	_____

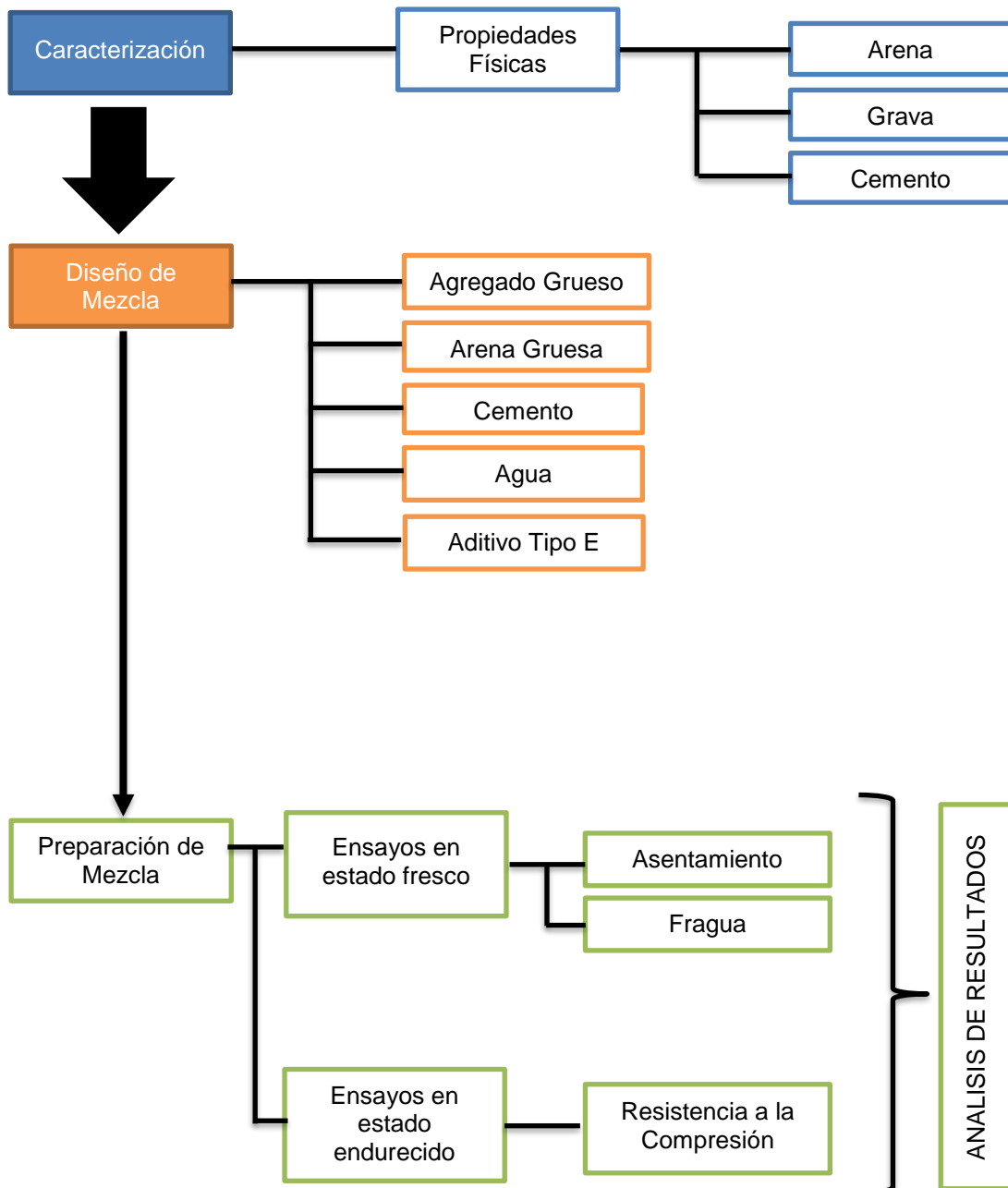
*Fuente: Autor de tesis.*





## 2.7. Procedimiento

### Procedimiento Experimental



**Figura 1:** Proceso experimental. **Fuente:** Autor de tesis.

## **2.7.1. Materia Prima**

### **2.7.1.1. Cemento**

El cemento que se utiliza en la presente investigación es el cemento Pacasmayo Tipo I para el diseño de mezcla de un concreto convencional, el material se suministró por Cementos Pacasmayo. El cemento tipo I es de uso general, se emplea en obras que no exigen propiedades especiales, además, cumple con las especificaciones y requisitos de la NTP 334.009.

El cemento Pacasmayo tipo I se adquiere en la tienda comercial “MAESTRO”, ubicada en Avenida América Sur 1451, Trujillo. El precio es de S/ 26.50 con I.G.V. por bolsa de cemento de 42.5 Kg. Ver ficha técnica en el Anexo 4.

### **2.7.1.2. Agua**

Para la elaboración de la mezcla de concreto se empleó agua potable de la Universidad Privada del Norte – Trujillo.

### **2.7.1.3. Agregados**

En la presente investigación se utilizará una cantera de agregados que estén más accesibles y próximos al lugar de investigación. Se adquirirá los agregados de la cantera Rubio-Jaén del sector el Milagro, Trujillo.

### **2.7.1.4. Aditivo ASTM C494 Tipo E**

En la investigación se empleará aditivo ASTM C494 tipo E, estos son aditivos Reductor de agua y acelerante. Se utilizará el aditivo “ACCELGUARD 90” y “Z Fragua #5”.

El aditivo “ACCELGUARD 90” se adquirirá en la distribuidora “DIVANTO - Negocios Industriales y Control de Calidad” ubicada en Francisco Xandoval 218,

Segundo Piso, Urbanización Palermo – Trujillo. La ficha técnica del producto proporciona la información del producto (Ver Anexo 6). El precio en la presentación de 20 Kg es de S/ 110.00 sin I.G.V.

El aditivo “Z Fragua #5” se encuentra en la distribuidora “Z Aditivos” ubicada en Avenida América Sur 818, Urbanización Palermo – Trujillo. La ficha técnica del producto proporciona la información del producto (Ver Anexo 5). El precio en la presentación de 5 galones es de S/ 81.36 sin I.G.V.

Según la ASTM C494 las diferentes clases de aditivos deben cumplir las especificaciones que se observan en el Anexo 9.

#### **2.7.1.5. Curador Químico**

Para el curado de las probetas de concreto en estado endurecido se utilizó el curador químico “Membranil Reforzado”. Se adquirió en la tienda comercial “MAESTRO”, ubicada en Avenida América Sur 1451, Trujillo. El precio es de S/ 66.10 con I.G.V. por balde de 5 galones. Ver ficha técnica en el Anexo 7.

Se eligió el “Membranil Reforzado”, debido a los resultados óptimos que proporcionó la tesis “Influencia del tipo de curador en un concreto, Trujillo 2018” elaborada por el tesista José Horna Barriga de la Universidad Privada del Norte – Trujillo.

## 2.7.2. Caracterización de los agregados

### 2.7.2.1. Ensayo granulométrico del agregado fino (NTP 400.012)

- Colocar el agregado en el horno a una temperatura de 100° C +/- 5°C por un tiempo de 24 horas.
- Se pesa tres muestras de agregado fino de 1000 gr respectivamente.
- Posterior se pesa cada tamiz, con el fin de medir el peso de cada una. (N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200 y Malla ciega).
- Luego se coloca los tamices de mayor a menor diámetro – N°4 a N°200, más adelante, efectuar la operación del tamizado manual por un tiempo adecuado hasta obtener un peso constante en cada tamiz.
- Se pesa cada tamiz con la muestra retenida en una balanza analítica de 0.1 gramos, se obtuvo el peso retenido.
- El mismo proceso se realiza tres veces, se toma como base los límites de la NTP 400.037 (Ver Tabla 56).
- El módulo de finura se calcula con la siguiente fórmula:

#### *Ecuación 1: Módulo de Finura.*

$$MF = \frac{(\sum \% \text{ retenido acumulados en las mallas } N^{\circ} 4, 8, 16, 30, 50, 100)}{100}$$

**Tabla 13:** *Granulometría del agregado fino.*

N° Tamiz	Abertura (mm)	Peso de Tamiz (gr)	Peso de Tamiz + Muestra (gr)	Peso Retenido (gr)	% Peso Retenido	%Peso Retenido Acumulado	% Que Pasa
N°1/2"	12.5						
N° 3/8"	9.5						
N° 4	4.75						
N° 8	2.36						
N° 16	1.18						
N° 30	0.60						
N° 50	0.30						
N° 100	0.15						
N° 200	0.08						
Fondo	0						
Total							
M.F.=							

*Fuente: Autor de tesis.*

### 2.7.2.2. Ensayo granulométrico del agregado grueso (NTP 400.012)

- Colocar el agregado en el horno a una temperatura de 100° C +/- 5°C por un tiempo de 24 horas.
- Primero se pesa tres muestras de agregado grueso de 2000 gr. cada una.
- Posterior se pesa cada tamiz, con el fin de medir el peso de cada una. (2'', 1 ½'', 1'', ¾'', ½'', 3/8'', N°4, N°8 y Malla ciega).
- Luego se coloca los tamices de mayor a menor diámetro – 1 a N°200.
- Después se coloca la muestra en los tamices, y se efectúa la operación del tamizado manual por un tiempo adecuado hasta obtener un peso constante en cada tamiz.
- Se pesa cada tamiz con la muestra retenida en una balanza analítica de 0.1 gramos, se obtuvo el peso retenido.

- El mismo proceso se realiza tres veces.
- Se calcula el tamaño máximo y tamaño máximo nominal según NTP 400.012

**Tabla 14:** Granulometría del agregado Grueso.

N° Tamiz	Abertura (mm)	Peso de Tamiz (gr)	Peso de Tamiz + Muestra (gr)	Peso Retenido (gr)	% Peso Retenido	% Peso Retenido Acumulado	% Que Pasa
N° 2"	50.80						
N° 1 1/2"	38.10						
N° 1"	25.40						
N° 3/4"	19.05						
N° 1/2"	12.70						
N° 3/8"	9.50						
N° 4	4.75						
N° 200	0.075						
Fondo	0						
Total							
TMN=							
TM=							

**Fuente:** Autor de tesis.

- El agregado grueso de TMN 1/2" debe cumplir los requisitos mínimos impuestos por la NTP 400.037. (Ver Tabla 57).

### 2.7.2.3. Contenido de humedad del agregado fino y grueso (NTP 339.185)

- Se pesa en estado natural (Ph) tres muestras de agregado fino (1000 gr) y agregado grueso (2000 gr) en la balanza analítica.
- Después se colocan las muestras en la estufa (temperatura 100°C +/- 5°C) durante 24 horas.
- Luego se pesan las muestras secas de cada agregado (Ps).

- Finalmente se determina el contenido de humedad del agregado fino y grueso, mediante la siguiente fórmula:

**Ecuación 2:** *Contenido de humedad.*

$$W\% = \left[ \frac{Ph - Ps}{Ps} \right] \times 100$$

Donde:

- Ph: Peso natural del material
- Ps: Peso seco del material

**Tabla 15:** *Contenido de humedad del agregado.*

Código	Peso de la Tara (gr)	Peso de la Tara + Muestra Natural (gr)	Peso de la Tara + Muestra Seca (gr)	Ph: Peso de la Muestra Natural (gr)	Ps: Peso de la Muestra Seca (gr)	W: Humedad (%)
M1						
M2						
M3						
<b>Promedio</b>						

**Fuente:** *Autor de tesis.*

#### 2.7.2.4. Peso unitario suelto y compactado del agregado fino y grueso (NTP 400.017)

Por medio de la norma se determinará la densidad de masa (Peso Unitario) del agregado fino y grueso en condición suelto o compactado; permitirá establecer las proporciones verídicas de la mezcla.

- Se pesa el molde vacío.

- Verter el agua en toda la capacidad del molde, se toma el peso para calcular el volumen (V) m<sup>3</sup> del molde.
- Luego se vierte la muestra de agregado en el molde hasta que sobresalga del borde superior aproximadamente 15 cm., hasta estar lleno. Para el peso unitario compactado se realiza 3 capas iguales de material en el molde, cada capa se compacta uniformemente en todo el molde con una varilla normada 25 veces y se golpea 12 veces alrededor del molde con un martillo de goma (500 gr.) y se enraza la superficie. Para el peso unitario suelto se llena el material sin compactación y se enraza la superficie.
- Después se pesa el molde con la muestra para calcular el peso unitario suelto y compactado con las siguientes fórmulas:

***Ecuación 3: Peso unitario suelto.***

$$P_{USS} = \frac{\text{Peso del agregado suelto} - \text{Peso del molde}}{\text{Volumen del molde}}$$

***Ecuación 4: Peso unitario compactado.***

$$P_{UCS} = \frac{\text{Peso del agregado compactado} - \text{Peso del molde}}{\text{Volumen del molde}}$$

Se recomienda para el peso unitario suelto del agregado fino rangos entre 1500 kg/m<sup>3</sup> y 1800 kg/m<sup>3</sup>, para el agregado grueso 1400 kg/m<sup>3</sup> y 1600 kg/m<sup>3</sup>. En el peso unitario compactado se recomienda rangos entre 1600 kg/m<sup>3</sup> – 1900 kg/m<sup>3</sup> y 1500 kg/m<sup>3</sup> – 1700 kg/m<sup>3</sup> para el fino y grueso respectivamente.



**Tabla 16:** *Volumen del molde de peso unitario.*

Material	Código	Peso del Molde (Kg)	Peso del Molde + Agua (Kg)	Peso del Agua (Kg)	Factor del Agua a 23°C(Kg/m3)	Volumen del Molde (m3)
Volumen del Agua	M1					
	M2					
	M3					
						Promedio

*Fuente:* Autor de tesis.

**Tabla 17:** *Peso unitario suelto y Compactado del agregado.*

Código	Peso del Molde (Kg)	Peso del Molde + Muestra Suelta (Kg)	Peso del Molde + Muestra Compactada (Kg)	Peso de la Muestra Suelta (Kg)	Peso de la Muestra Compactada (Kg)	Volumen del Molde (m3)	Peso Unitario Suelto (Kg/m3)	Peso Unitario Compactado (Kg/m3)
M1								
M2								
M3								
								Promedio

*Fuente:* Autor de tesis.

#### 2.7.2.5. Gravedad específica y absorción del agregado fino (NTP 400.022)

- Se sumerge en agua la muestra (1000 gr.) electa por cuarteo por 24 horas. Después se toma la muestra y se coloca sobre una bandeja de metal para colocarla en una pequeña cocina y secarla, se mueve en ciertas ocasiones para obtener un secado uniforme superficial.
- Se selecciona el cono con diámetro superior de 40 mm y diámetro inferior 90 mm, se rellena en 3 capas iguales, se compacta cada capa con 25 golpes con el pisón (340 gr.) de diámetro 25 mm. En el proceso de quitar el cono, la muestra se derrumba el 1/3 de la muestra de arriba hacia abajo, significa

que el agregado alcanzó su condición saturada superficialmente seca, en caso no ocurra se vuelve a realizar el mismo procedimiento.

- Si cumple lo que se establece, se toma el peso de la fiola con agua hasta 500 ml (B), después se expulsa el agua y se coloca el agregado en la fiola, se llena con agua hasta 500 ml y se elimina las burbujas de aire en su totalidad por medio de la acción de rodar la fiola en una superficie plana durante el tiempo que sea necesario.
- Luego se pesa la fiola con la muestra y el agua (C), además dejar reposar el agregado dentro de la fiola para que se asiente.
- Eliminar el agua, y colocar la muestra en una tara (D) para que se coloque en la estufa (100°C +/- 5°C) durante 24 horas.
- Se pesa la muestra seca (A) y por último se procede a calcular el peso específico y absorción con las siguientes fórmulas:

***Ecuación 5: Densidad seca del agregado fino.***

$$\text{Densidad Seca} = \frac{A}{B + D - C}$$

***Ecuación 6: Densidad saturada superficialmente seca del agregado fino.***

$$\text{Densidad Saturada Superficialmente Seca (S.S.S)} = \frac{D}{B + D - C}$$

***Ecuación 7: Densidad aparente del agregado fino.***

$$\text{Densidad Aparente} = \frac{A}{B + A - C}$$

**Ecuación 8:** Absorción del agregado fino.

$$\text{Absorción (\%)} = \left( \frac{D - A}{A} \right) \times 100 (\%)$$

Donde:

- A: Peso al aire de la muestra seca (gr)
- B: Peso de la fiola aforada lleno de agua (gr)
- C: Peso del total de la fiola con muestra y llena de agua (gr)
- D: Peso de la muestra saturada con superficie seca (gr).

Los rangos recomendados para el agregado fino en la densidad son entre 2.5 y 2.9 g/cm<sup>3</sup>, y en la de absorción 0.2 y 5%.

**Tabla 18:** *Peso específico y absorción del agregado fino.*

Código	Peso de la Muestra Seca al Horno (gr)	Peso de Fiola + agua (gr)	Peso de Fiola + agua + Muestra (gr)	Peso de la Muestra Saturada (gr)	% Absorción	Densidad Seca (gr/ml)	Densidad Saturada Superficialmente Seca (gr/ml)	Densidad Aparente (gr/ml)
	A	B	C	D				
M1								
M2								
M3								
Promedio								

**Fuente:** *Autor de tesis.*

**2.7.2.6. Gravedad específica y absorción del agregado grueso (NTP 400.021)**

- Se toma la muestra representativa por cuarteo (2000gr).
- La muestra se sumerge durante 24 hora en el agua. Luego se procede a retirar y secar superficialmente la muestra y posterior se elimina el material fino (Tamizar por malla N°4). Se pesa la muestra saturada (B).

- La muestra se coloca en la canasta de alambre suspendida en el agua a una temperatura de 20°C y se pesa. Por último, la muestra se coloca en la estufa (100°C +/- 5°C) para obtener el peso seco (A). Se utiliza la siguiente fórmula:

**Ecuación 9:** Densidad seca del agregado grueso.

$$\text{Densidad Seca} = \frac{A}{B - C}$$

**Ecuación 10:** Densidad saturada superficialmente seca del agregado grueso.

$$\text{Densidad Saturada Superficialmente Seca} = \frac{B}{B - C}$$

**Ecuación 11:** Densidad aparente del agregado grueso.

$$\text{Densidad Aparente} = \frac{A}{A - C}$$

**Ecuación 12:** Absorción del agregado grueso.

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{B - A}{A} \times 100 (\%)$$

Donde:

- A: Peso en el aire de la muestra seca (gr)
- B: Peso en el aire de la muestra saturada (gr)
- C: Peso suspendido de la muestra (gr).

Se recomienda los siguientes rangos:

- Densidad: 2.4 – 2.8 g/cm<sup>3</sup>

- Absorción 0.2 – 3%

**Tabla 19:** *Peso específico y absorción del agregado grueso.*

Código	Peso de la Muestra Seca al Horno (gr)	Peso de la Muestra Saturada con superficie Seca (gr)	Peso de la Muestra Sumergida en Agua (gr)	% Absorción	Densidad Seca (gr/ml)	Densidad Saturada Superficialmente Seca (gr/ml)	Densidad Aparente (gr/ml)
	A	B	C				
M1							
M2							
M3							
Promedio							

*Fuente:* Autor de tesis.

### 2.7.3. Diseño de mezcla (ACI – 211)

El diseño de mezcla se realizará a base del procedimiento del American Concrete Institute ACI – 211.

#### PASO 1: Elección del asentamiento, según el tipo de estructura

**Tabla 20:** *Asentamiento recomendados para diversos tipos de construcción.*

Tipos de Construcción	Asentamiento (pulg)	
	Máximo	Mínimo
Muros de Cimentación y Zapatas	3"	1"
Cajones de cimentación y muros de sub-estructura sencillos	3"	1"
Vigas y muros reforzados	4"	1"
Columnas para edificios	4"	1"
Pavimentos y losas	3"	1"
Concreto macizo	3"	1"

*Fuente:* (ACI-211, 2002).

El proyecto está centrado en la construcción de vigas, columnas y losas aligeradas, por lo tanto, se selecciona un asentamiento de 3'' a 4''.

**PASO 2: Elección del tamaño máximo (TM) y tamaño máximo nominal (TMN) del agregado.**

En los ensayos de granulometría se establece un tamaño máximo de  $\frac{3}{4}$ '' y un tamaño máximo nominal de  $\frac{1}{2}$ ''.

**PASO 3: Elección del agua de mezclado**

Para calcular el contenido de agua se relaciona el TMN y el Asentamiento seleccionado, se tiene en cuenta que se trabaja con un concreto convencional. Ver Tabla 21.

**Tabla 21:** *Contenido de agua – TMN y Asentamiento.*

Asentamiento (pulg)	Agua en L/m <sup>3</sup> , para TMN agregados y consistencia indicada							
	3/8''	1/2''	3/4''	1''	1 1/2''	2''	3''	6''
Concreto sin aire incorporado								
1'' a 2''	207	199	190	179	166	154	130	113
3'' a 4''	228	216	205	193	181	169	145	124
6'' a 7''	243	228	216	202	190	178	160	---
Concreto con aire incorporado								
1'' a 2''	181	175	168	160	150	142	122	107
3'' a 4''	202	193	184	175	165	157	133	119
6'' a 7''	216	205	187	184	174	166	154	---

**Fuente:** (ACI-211, 2002).

#### PASO 4: Elección del contenido de aire

Para la selección del contenido de aire se utiliza la siguiente Tabla 22:

**Tabla 22:** *Contenido de aire – TMN.*

TMN (Pulg)	Aire (%)
3/8''	3
1/2''	2.5
3/4''	2
1''	1.5
1 1/2''	1
2''	0.5
3''	0.3
4''	0.2

**Fuente:** (ACI-211, 2002).

El contenido de aire es de 2.5%.

#### PASO 5: Cálculo del $f'_c$ y $f'_{cr}$

La tesis de investigación se basa en el diseño de un concreto convencional de  $f'_c = 210 \text{ kg.f/cm}^2$ . Se calcula el esfuerzo a la compresión corregido o promedio con la Tabla 23.

**Tabla 23:** *Resistencia a la compresión corregida.*

$f'_c$	$f'_{cr}$
< 210	$f'_c + 70$
210 a 350	$f'_c + 84$
> 350	$f'_c + 98$

**Fuente:** (ACI-211, 2002).

$$f'_{cr} = f'_c + 84 = 210 + 84$$

$$f'_{cr} = 294 \text{ kg. f/cm}^2$$

### PASO 6: Cálculo de la relación agua cemento.

Se debe interpolar los valores que se observan en la Tabla 24.

**Tabla 24:** Cálculo de la relación agua/cemento.

f'c (kg/m <sup>2</sup> )	Relación agua/cemento en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
210	0.68	0.59
250	0.62	0.53
280	0.57	0.58
300	0.55	0.46
350	0.48	0.4
400	0.43	-
450	0.38	-

**Fuente:** (ACI-211, 2002).

Si:

$$280 \text{ ----- } 0.57$$

$$294 \text{ ----- } r \text{ a/c}$$

$$300 \text{ ----- } 0.55$$

$$r \frac{a}{c} = 0.556 \rightarrow c = \frac{216}{0.556}$$

$$c = 388.49 \text{ kg/m}^3$$

### PASO 7: Cálculo del contenido del agregado grueso.

Se basa en el volumen unitario del concreto, expresado por la relación de  $b/b_0$  en donde  $b$  es el volumen de las partículas de agregado grueso por metro cúbico de concreto y  $b_0$  es el volumen de las partículas del agregado grueso por metro cúbico de agregado grueso.



Donde  $b_0$  es:

$$b_0 = \frac{MUC}{dg} = \frac{1670}{2750} = 0.607$$

Para hallar  $b/b_0$ , en función del TMN del agregado grueso y del módulo de finura del agregado grueso, se utiliza la siguiente Tabla 25:

**Tabla 25:** *Peso volumétrico del agregado grueso – M.F. y TMN.*

TMN	Volumen del Agregado Grueso Seco y Compactado; por unidad de Volumen del Concreto para diferentes M.F			
	2.4	2.6	2.8	3
3/8"	0.5	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.6
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.7
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

*Fuente:* (ACI-211, 2002).

Si:

$$2.4 \text{ ----- } 0.59$$

$$2.57 \text{ ----- } b/b_0$$

$$2.6 \text{ ----- } 0.55$$

$$b/b_0 = 0.573$$

$$\text{Volumen del agregado grueso} = b/b_0 \times b_0 = 0.3479 \text{ m}^3$$

$$\text{Agregado grueso} = 0.3479 \times 2750 = 956.85 \text{ kg/m}^3$$

### **PASO 8: Cálculo de volúmenes de los componentes del concreto**

Se calcula la cantidad de cada componente del concreto que abarcan en un  $1 \text{ m}^3$  de la mezcla.

$$\text{Volumen Agua} = \frac{216}{1 \times 1000} = 0.2160 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen Cemento Tipo I} = \frac{388.49}{3100} = 0.1253 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen Aire} = \frac{2.5}{100} = 0.0250 \text{ m}^3$$

### **PASO 9: Cálculo del contenido del agregado fino.**

$$\text{Volumen Agregado Fino} = 1 - (0.2160 + 0.1253 + 0.0250 + 0.3479)$$

$$\text{Volumen Agregado Fino} = 0.2857 \text{ m}^3$$

$$\text{Agregado Fino} = 0.2857 \times 2770 = 791.48 \text{ kg/m}^3$$

### **PASO 10: Corrección por humedad.**

Los agregados sufren una corrección por contenido de humedad en su estado natural.

$$A.F. = 791.48 \times (100 + 1.32)\% = 801.92 \text{ kg/m}^3$$

$$A.G. = 956.85 \times (100 + 0.83)\% = 964.77 \text{ kg/m}^3$$

**PASO 11: Corrección por absorción.**

*Agua Corregida*

$$= 216 + 791.48 \times (2.65 - 1.32)\% + 956.85 \times (1.96 - 0.83)\%$$

$$= 237.40 \text{ kg/m}^3$$

**PASO 12: Diseño de mezcla final.**

Para calcular el diseño de mezcla a base de volumen y porcentaje se usó las siguientes fórmulas:

*Ecuación 13: Volumen de diseño de mezcla.*

$$\text{Volumen} = \frac{\text{Peso por m}^3}{\text{Peso específico}}$$

*Ecuación 14: Porcentaje de diseño de mezcla.*

$$\text{Porcentaje} = \frac{\text{Peso por m}^3}{\text{Peso total por m}^3} \times 100$$

Con los resultados pasados y las ecuaciones se obtiene el diseño de mezcla del concreto convencional, ver Tabla 26.

**Tabla 26: Diseño de mezcla final.**

Material	Peso por m3 (kg)	Porcentaje (%)	Volumen (m3)
Agregado Grueso	964.77	40.32	0.3508
Agregado Fino	801.92	33.52	0.2895
Cemento	388.49	16.24	0.1253
Agua	237.40	9.92	0.2374

*Fuente: Autor de tesis.*

La relación a/c = 0.611

### PASO 13: Diseño de mezcla con aditivo.

Al utilizar aditivo ASTM C494 tipo E, se reducirá al 95% el agua que se calculó.

**Tabla 27:** *Diseño de mezcla con aditivo ASTM C494 tipo E.*

Material	ADITIVO TIPO E			
	0%	2%	4%	6%
Agregado Grueso (kg)	964.77	964.77	964.77	964.77
Agregado Fino (kg)	801.92	801.92	801.92	801.92
Cemento Tipo I (kg)	388.49	369.06	369.06	369.06
Agua (kg)	237.40	225.53	225.53	225.53
Aditivo (gr)	0	7381.29	14762.59	22143.88

*Fuente:* Autor de tesis.

El diseño de mezcla para 1 m<sup>3</sup> en cada porcentaje de aditivo será:

**Tabla 28:** *Diseño de mezcla con aditivo ASTM C494 tipo E por 1 m<sup>3</sup>.*

Material	ADITIVO TIPO E			
	0%	2%	4%	6%
Agregado Grueso (kg)	964.77	974.51	971.48	968.47
Agregado Fino (kg)	801.92	810.02	807.50	805.00
Cemento Tipo I (kg)	388.49	372.79	371.63	370.48
Agua (kg)	237.40	227.81	227.10	226.40
Aditivo (gr)	0.00	7455.81	14865.30	22228.90

*Fuente:* Autor de tesis.

## 2.7.4. Ensayos para evaluar las propiedades del concreto en estado fresco

### 2.7.4.1. Ensayo de consistencia (NTP 339.035)

En el ensayo de consistencia se realiza por medio del Cono de Abrams, permite medir el asentamiento del concreto.

- El cono de Abrams tiene un diámetro inferior de 200 mm, superior de 100 mm y altura 300 mm; además se utiliza una varilla de acero liso con punta

semiesférica de diámetro 16 mm (5/8'') y altura de 600 mm (24''), cada instrumento se humedece antes de ejecutar su acción.

- Mantener firme el cono contra la base (superficie plana), por medio del sostenimiento de las dos aletas.
- Llenar el cono con la mezcla en 3 capas de aproximadamente 1/3 del volumen. Se compacta con 25 golpe en cada capa con la varilla.
- En la superficie superior se elimina la mezcla sobrante con la rodadura de la varilla por encima.
- Levantar el cono con suavidad para que el concreto se desplome.
- Por último, se calcula el asentamiento con la medición de la distancia entre la altura del molde y el centro de la cara superior de la mezcla.

**Tabla 29:** *Esquema del ensayo de consistencia.*

Marca Aditivo	% Adición	Testigo	Asentamiento (cm)	Asentamiento (pulg.)	Asentamiento Promedio (cm)	Asentamiento Promedio (pulg)
Z Fragua #5	0%	_____	_____	_____	_____	_____
	2%	_____	_____	_____	_____	_____
	4%	_____	_____	_____	_____	_____
	6%	_____	_____	_____	_____	_____

***Fuente:*** *Autor de Tesis.*

#### 2.7.4.2. Ensayo de tiempo de fraguado (NTP 339.082)

El Penetrómetro es el instrumento que se utiliza para realizar el ensayo de tiempo de fraguado, permitirá medir el tiempo de fraguado inicial y final.

- Se utiliza contenedores rígidos, herméticos, no absorbentes y libres de grasa, pueden ser rectangulares o cilíndricos con dimensiones de diámetro 6'' y altura 6''.
- El Penetrómetro debe constar con agujas que posean las siguientes áreas de contacto: 1, 1/2, 1/4, 1/10, 1/20, 1/40 pulg<sup>2</sup>. Además, debe medir la fuerza de penetración con exactitud de +/- 10N (2lb) y con una capacidad mínima de 600 N (130lb).
- Se realiza la mezcla de concreto para tamizarla por medio del tamiz N°4, luego se coloca de manera homogénea en el contenedor a utilizar, la superficie de la mezcla debe estar por lo bajo de 1 cm de la superficie del molde.
- Antes de realizar el ensayo, se debe retirar con una pipeta el agua de la exudación de la superficie de la mezcla.
- Colocar la aguja que se utilizará en el aparato de resistencia a la penetración, se lleva la superficie de apoyo de la aguja al contacto con la superficie del mortero de muestra.
- Se aplica una fuerza vertical de arriba hacia abajo con el aparato, uniformemente y gradual, la aguja debe penetrar 25 mm +/- 2 mm, en la superficie de la muestra.

- Registrar la fuerza que se aplica para penetrar los 25 mm, el tiempo de aplicación (tiempo transcurrido después del contacto del cemento con agua).
- Para calcular las constantes del fraguado inicial y final se utiliza las siguientes ecuaciones:

**Ecuación 15:** Ecuación logarítmica para tiempo de fraguado.

$$\log_{(RP)} = \log_{(A)} + B \times \log_{(t)}$$

**Ecuación 16:** Ecuación potencial para tiempo de fraguado.

$$RP = A \times t^B$$

Donde:

RP: Resistencia a la penetración

t: Tiempo

A & B: Constantes de regresión

Se utiliza el método de “mínimos cuadrados” para calcular las constantes que se establecieron.

**Ecuación 17:** Coeficiente A – Mínimos cuadrados.

$$\log_{(A)} = \overline{\log_{(RP)}} - B \times \overline{\log_{(t)}}$$

**Ecuación 18:** Coeficiente B – Mínimos Cuadrados.

$$B = \frac{n \times \sum \log_{(RP)} \times \ln_{(t)} - \sum \log_{(t)} \times \sum \log_{(RP)}}{n \times \sum (\log_{(t)})^2 - [\sum (t)]^2}$$

Donde:

$\overline{\log_{(t)}}$  = Promedio de  $\log_{(t)}$

$\overline{\log_{(RP)}}$  = Promedio  $\log_{(RP)}$

n = Número de penetraciones

**Tabla 30:** Esquema de cálculo de ecuación logarítmica – Mínimos Cuadrados.

Número de Penetraciones	Carga aplicada (lb)	Área de contacto pulg <sup>2</sup>	Tiempo transcurrido (t) (min)	Resistencia a la penetración (lb/pulg <sup>2</sup> )	log(t)	log(RP)	log(t) x log(RP)	(log(t)) <sup>2</sup>

*Fuente:* Autor de tesis.

**Tabla 31:** Esquema de ensayo de tiempo de fraguado.

Marca de acelerante	% de adición	Tiempo de Fraguado (min)	
		Inicial	Final
	0%		
	2%		
	4%		
	6%		

*Fuente:* Autor de tesis.

### 2.7.5. Ensayos para evaluar las propiedades del concreto en estado endurecido

#### 2.7.5.1. Elaboración y curado de especímenes de concreto (NTP 339.183)

- Para la elaboración de las probetas de concreto se utiliza moldes cilíndricos de diámetro de 4’’ (100 mm) y altura de 8’’ (200 mm), un mazo de goma



(0.6 kg +/- 0.2 kg), regla para enrazar y varilla punta semiesférica de diámetro 3/8”.

- Se pesa los materiales a utilizar según el diseño de mezcla del proyecto, en caso se utilice el aditivo, se añadirá al agua.
- Posteriormente, se mezcla los materiales en el trompo, primero se introduce el agregado grueso y una porción del agua, después, se añade el agregado fino, el cemento y por último el agua sobrante.
- Se debe mezclar los materiales por un tiempo de 3 minutos, seguidos de 3 minutos de descanso y 2 minutos de mezclado final.
- Luego, se conformaron 192 probetas de 4” x 8”, para añadir el material en los moldes se realizó en dos capas varilladas (diámetro 3/8”) con 25 golpes y 12 golpes alrededor exterior con el mazo de goma.
- Al conformar las probetas se cubre la superficie de cada una con bolsas para evitar la pérdida de humedad.
- Se retira los moldes a las 24 horas después de la conformación de probetas.
- Por último, se procede a curar los especímenes de concreto. Primero se agito el envase del curador químico, luego se aplicó en dos manos sin diluir con brocha a toda superficie de la probeta.

#### **2.7.5.2. Ensayo de resistencia a la compresión de probetas cilíndricas (NTP 339.034)**

- El ensayo se realiza a 3, 7, 14 y 28 días.
- Cada espécimen se mide tanto el diámetro superior e inferior como la altura por medio del vernier.

- Se coloca en ambas caras de la probeta a ensayar el neopreno de 4'', se procede a colocarse sobre la prensa hidráulica de manera centrada.
- Se aplica la carga axial de compresión de manera continua con velocidad de 2.4 +/- 0.05 KN/seg, desde el inicio hasta que se produzca la rotura de la probeta.
- La resistencia a compresión se calcula con la siguiente formula:

**Ecuación 19:** Esfuerzo a compresión.

$$\text{Esfuerzo a la compresión} = \frac{\text{Fuerza (KN)}}{\text{Área (mm}^2\text{)}}$$

**Ecuación 20:** Área.

$$\text{Área} = \frac{\pi \times \text{diámetro (mm)}^2}{4}$$

**Tabla 32:** *Esquema de ensayo de resistencia a la compresión.*

Marca Aditivo	Adición	Testigo	Dimensiones		Área mm <sup>2</sup>	Fuerza Kg.f	Resistencia a Compresión		Resistencia a Compresión Promedio (Kg.f/cm <sup>2</sup> )
			Altura mm	Diámetro mm			MPa	Kg.f/cm <sup>2</sup>	
	0%								
	2%								
	4%								
	6%								

***Fuente:*** Autor de Tesis.

### 2.7.6. Análisis de resultados

Para el análisis de datos de los resultados obtenidos, se incluye métodos estadísticos, permiten la corroboración de resultados correctos. Se empleará la media aritmética, la varianza, desviación estándar, coeficiente de variación y procesamiento estadístico (Ver Apéndice 3).

#### 2.7.6.1. Media Aritmética

Se obtiene con la suma de los datos y dividir el resultado con el número total de datos, esta acción se realiza por cada dosificación, marca de acelerante y reductor de agua, y días de curado, por medio de la siguiente fórmula:

*Ecuación 21: Media aritmética*

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Donde:

$\bar{X}$ : Media Aritmética

$\Sigma$ : Sumatoria

$x_i$ : Observación de la muestra

$n$ : Tamaño de la muestra.

#### 2.7.6.2. Varianza

Es una medida de dispersión que mide la diferencia promedio que existe entre los valores respecto a su punto central (media). La varianza se calcula para todos los ensayos por cada dosificación, marca de acelerante y reductor de agua, y días de curado, por medio de la siguiente fórmula:

***Ecuación 22: Varianza***

$$\sigma^2 = \frac{\sum_i^n (x - \bar{X})^2}{n - 1}$$

Donde:

$\sigma^2$ : Varianza

$\Sigma$ : Sumatoria

$\bar{X}$ : Media Aritmética

xi: Observación de la muestra

n: Tamaño de la muestra.

**2.7.6.3. Desviación estándar**

Es una medida de dispersión de variables. Para calcular la desviación estándar de cada ensayo se usa los valores de la varianza por medio de la siguiente fórmula:

***Ecuación 23: Desviación estándar***

$$DS = \sqrt{\sigma^2}$$

Donde:

DS: Desviación Estándar

$\sigma^2$ : Varianza.

**2.7.6.4. Coeficiente de variación**

Es una medida de dispersión, muestra la cantidad de variabilidad en relación con la media. Para calcular el coeficiente de variación se emplea la desviación estándar en la siguiente fórmula:

***Ecuación 24: Coeficiente de variación***

$$CV = \frac{DS}{\bar{X}} \times 100$$

Donde:

*CV*: Coeficiente de Variación

*DS*: Desviación Estándar

$\bar{X}$ : Media Aritmética.

## CAPÍTULO III. RESULTADOS

### 3.1. Caracterización de los agregados

#### 3.1.1. Ensayo de agregados

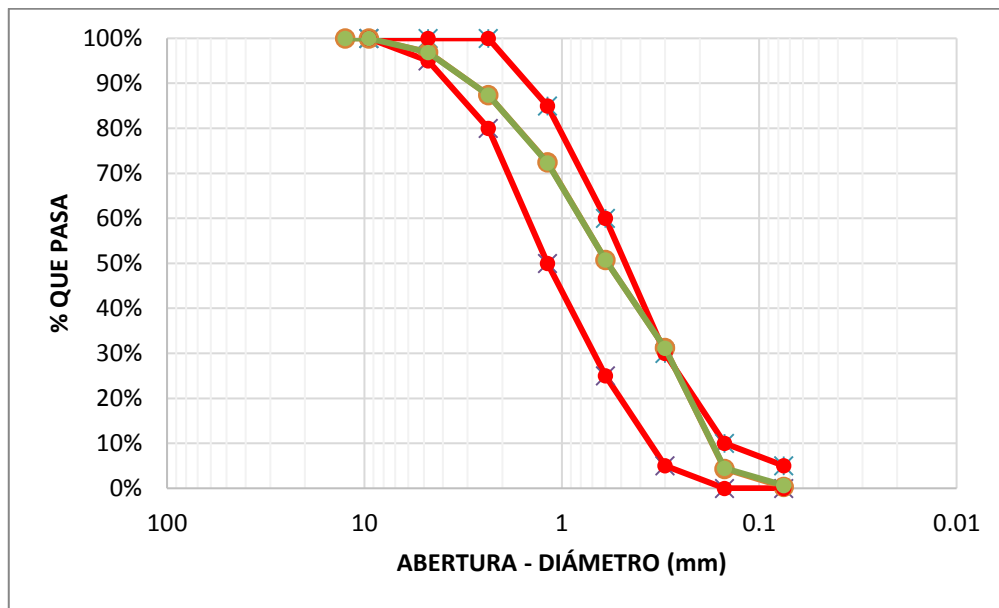
##### 3.1.1.1. Agregado Fino

En la Tabla 33 se observa los resultados de los ensayos de caracterización del agregado fino. En la Figura 2 se, muestra la curva granulométrica promedio del agregado fino, con el límite inferior y superior para cada abertura de tamiz.

**Tabla 33:** *Caracterización del agregado fino.*

Ensayo	Norma	Resultado	Rango Recomendable
<b>Análisis granulométrico</b>	NTP 400.012		Ver Tabla 56
<b>Módulo de Finura</b>	NTP 400.037	2.57	2.3 – 3.1
<b>Material más fino que pasa tamiz N° 200 (%)</b>	NTP 400.018 NTP 400.037	0.6	Máximo 3% para concreto ante abrasión Máximo 5% para otros concretos
<b>Contenido de humedad (%)</b>	NTP 339.185	1.32	-
<b>Peso unitario suelto (kg/m<sup>3</sup>)</b>	NTP 400.017	1510	1300 - 1800
<b>Peso unitario compactado (kg/m<sup>3</sup>)</b>	NTP 400.017	1790	1600 – 1900
<b>Peso específico (kg/m<sup>3</sup>)</b>	NTP 400.021	2770	2500 – 2900
<b>Absorción (%)</b>	NTP 400.021	2.65	0.2 – 5.0

*Fuente:* Autor de Tesis.



*Figura 2: Curva granulométrica promedio del agregado fino. Fuente: Autor de Tesis.*

### 3.1.1.2. Agregado Grueso

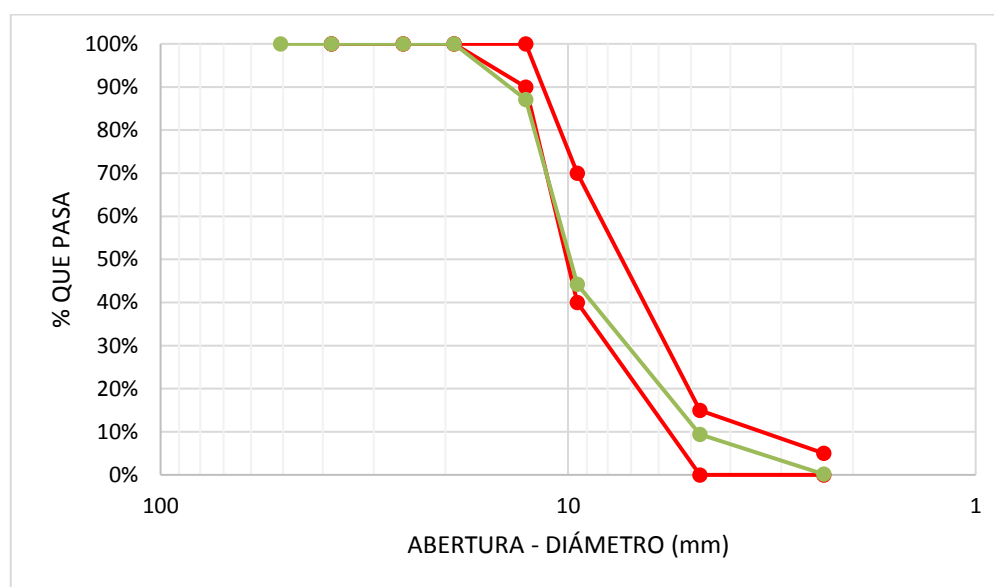
En la Tabla 34 se observa los resultados de los ensayos de caracterización del agregado grueso. En la Figura 3 se muestra la curva granulométrica promedio del agregado grueso, con el límite inferior y superior para cada abertura de tamiz con tamaño máximo nominal 1/2".



**Tabla 34:** Caracterización del agregado grueso.

Ensayo	Norma	Resultado	Rango Recomendable
Análisis granulométrico	NTP 400.012	TM $\frac{3}{4}$ " (19.05 mm)	-
	NTP 400.037	TMN $\frac{1}{2}$ " (12.70 mm)	Ver Tabla 57
Material más fino que pasa tamiz N°200 (%)	NTP 400.018 NTP 400.037	0	Máximo 1
Contenido de humedad (%)	NTP 339.185	0.83	-
Peso unitario suelto (kg/m <sup>3</sup> )	NTP 400.017	1430	1400 – 1600
Peso unitario compactado (kg/m <sup>3</sup> )	NTP 400.017	1670	1500 – 1700
Peso específico (kg/m <sup>3</sup> )	NTP 400.021	2750	2300 – 2800
Absorción (%)	NTP 400.021	1.96	0.2 – 3.0

*Fuente:* Autor de Tesis.



**Figura 3:** Curva granulométrica promedio del agregado grueso. *Fuente:* Autor de Tesis.

### 3.2. Diseño de mezcla

**Tabla 35:** *Diseño de mezcla general para un 1 m<sup>3</sup>.*

Material	Peso por m3 (kg)	Porcentaje (%)	Volumen (m3)
Agregado Grueso	964.77	40.32	0.35
Agregado Fino	801.92	33.52	0.29
Cemento Tipo I	388.49	16.24	0.13
Agua	237.40	9.92	0.24

*Fuente: Autor de tesis.*

### 3.3. Propiedades del concreto

**Tabla 36:** *Resumen de resultados óptimos de ensayos al concreto.*

Ensayo	Resultados			Requisitos ASTM C494	
	Patrón (0%)	Z Fragua #5 (2%)	Accelguard 90 (4%)		
Asentamiento (pulg)	4	3 3/4	5 1/2	---	
Tiempo fraguado (min)	Inicial	376	340	296	≤ 316
	Final	498	457	399	≤ 438
Resistencia a compresión (Kg.f/cm <sup>2</sup> )	3 días	145	164	193	≥ 181
	7 días	186	223	248	≥ 205
	14 días	224	250	275	≥ 246
	28 días	248	267	293	≥ 273

*Fuente: Autor de tesis.*

#### 3.3.1. Propiedades del concreto en estado fresco

##### 3.3.1.1. Asentamiento (NTP 339.035)

En la Tabla 37 se observa el asentamiento del concreto en estado fresco para cada porcentaje del aditivo tipo E según el peso del cemento.

**Tabla 37:** *Asentamiento promedio.*

Aditivo	% de Aditivo	Asentamiento Promedio	
		cm	in
Z Fragua #5	0%	10.3	4
	2%	9.7	3 3/4
	4%	11.8	4 3/4
	6%	14.2	5 1/2
Accelguard 90	0%	10.3	4
	2%	11.3	4 1/2
	4%	13.8	5 1/2
	6%	15.8	6 1/4

*Fuente:* Autor de tesis.

### 3.3.1.2. Tiempo de fraguado (NTP 339.082)

En la Tabla 38 se observa el tiempo inicial y final de fraguado del concreto con y sin aditivo “acelerante y reductor de agua”.

**Tabla 38:** *Tiempo inicio y final de fraguado promedio.*

Aditivo	% de Aditivo	Tiempo promedio de fraguado	
		Inicial (min)	Final (min)
Z Fragua #5	0%	376	498
	2%	340	457
	4%	354	460
	6%	365	480
Accelguard 90	0%	376	498
	2%	310	415
	4%	296	399
	6%	315	416

*Fuente:* Autor de tesis.

### 3.3.2. Propiedades del concreto en estado endurecido

#### 3.3.3. Resistencia a la compresión (NTP 339.034)

En la Tabla 39 se observan los resultados promedios del ensayo de resistencia a compresión del concreto en estado endurecido a edades de 3, 7, 14, 28 días; para cada porcentaje del aditivo tipo E según el peso del cemento.

**Tabla 39:** Resistencia a compresión promedio del concreto.

Aditivo	% de Aditivo	Resistencia a Compresión Promedio (Kg.f/cm <sup>2</sup> )			
		3 días	7 días	14 días	28 días
Z Fragua #5	0%	145	186	224	248
	2%	164	223	250	267
	4%	154	202	238	256
	6%	150	193	227	251
Accelguard 90	0%	145	186	224	248
	2%	173	224	250	274
	4%	193	248	275	293
	6%	165	218	242	261

*Fuente: Autor de Tesis.*

### 3.4. Costo de elaboración del concreto por m<sup>3</sup>

El análisis de costo de materiales se realiza de las cantidades que se obtuvieron en el diseño de mezcla. Adicionalmente, se compara el costo por m<sup>3</sup> de concreto convencional con el concreto con aditivo ASTM C494 tipo E (Z aditivos y Euclid Chemical - Química Suiza).

**Tabla 40:** Costo por m<sup>3</sup> del concreto convencional y con aditivo ASTM C494 tipo E.

Dosificación	Concreto convencional	Concreto + 2% Z Fragua #5	Concreto + 4% Accelguard 90
Costo por m <sup>3</sup>	S/229.19	S/246.72	S/302.24

*Fuente:* Autor de tesis.

**Tabla 41:** Costo por m<sup>3</sup> del concreto convencional.

Materiales	Peso por m <sup>3</sup> (kg)	Und.	Cantidad	Precio	Costo por m <sup>3</sup>
Piedra de 1/2"	964.77	m <sup>3</sup>	0.35	S/38.14	S/13.38
Arena gruesa	801.92	m <sup>3</sup>	0.29	S/32.20	S/9.32
Cemento Tipo I	388.49	bls	9.14	S/22.46	S/205.31
Agua	237.40	m <sup>3</sup>	0.24	S/5.00	S/1.19
Aditivo	0.00	gln	0.00	S/0.00	S/0.00
TOTAL					S/229.19

*Fuente:* Autor de tesis.

**Tabla 42:** Costo por m<sup>3</sup> del concreto con aditivo 2% Z Fragua #5.

Materiales	Peso por m <sup>3</sup> (kg)	Und.	Cantidad	Precio	Costo por m <sup>3</sup>
Piedra de 1/2"	974.51	m <sup>3</sup>	0.35	S/38.14	S/13.52
Arena gruesa	810.02	m <sup>3</sup>	0.29	S/32.20	S/9.42
Cemento Tipo I	372.79	bls	8.77	S/22.46	S/197.01
Agua	227.81	m <sup>3</sup>	0.23	S/5.00	S/1.14
2% Z Fragua #5(gr)	7455.81	gln	1.58	S/16.27	S/25.64
TOTAL					S/246.72

*Fuente:* Autor de tesis.

**Tabla 43:** Costo por m<sup>3</sup> del concreto con aditivo 4% Accelguard 90.

Materiales	Peso por m3 (kg)	Und.	Cantidad	Precio	Costo por m3
Piedra de 1/2"	971.48	m3	0.35	S/38.14	S/13.47
Arena gruesa	807.50	m3	0.29	S/32.20	S/9.39
Cemento Tipo I	371.63	bls	8.74	S/22.46	S/196.40
Agua	227.10	m3	0.23	S/5.00	S/1.14
4% Accelguard 90(gr)	14865.30	gln	2.80	S/29.18	S/81.85
<b>TOTAL</b>					<b>S/302.24</b>

*Fuente:* Autor de tesis.

### 3.5. Evaluación económica de las alternativas

Se realiza el análisis económico de la construcción de una losa aligerada de espesor de 0.25 metros y área de 36 m<sup>2</sup>, con la dosificación del concreto convencional y con adición de aditivo ASTM C494 tipo E óptimo (acelerante y reductor de agua).

*Ecuación 25:* Volumen de concreto por m<sup>2</sup> – Losa aligerada.

$$Volumen = 0.05 + 0.25 \times (\text{espesor} - 0.05)$$

Se determina la cantidad de concreto por m<sup>2</sup> de losa aligerada:

**Tabla 44:** Volumen de concreto por m<sup>2</sup> - Losa aligerada de espesor de 0.25 m.

	Volumen de concreto	
	Por 1 m <sup>2</sup>	Por 36 m <sup>2</sup>
Losa Aligerada Espesor = 0.25m	0.1 m <sup>3</sup>	3.6 m <sup>3</sup>

*Fuente:* Autor de tesis.

Para una losa aligerada de 36 m<sup>2</sup> con espesor 0.25 m se requiere 3.6 m<sup>3</sup> de concreto. Se calcula el costo del concreto convencional y con aditivo para 3.6 m<sup>3</sup>.

**Tabla 45:** Costo de materiales de dosificaciones del concreto.

Dosificación	Costo para 3.6 m <sup>3</sup>
Concreto convencional	S/825.10
Concreto + 2% Z Fragua #5	S/888.18
Concreto + 4% Accelguard 90	S/1,088.07

*Fuente:* Autor de tesis.

Para el desencofrado de una losa aligerada según CAPECO se emplea 2 peones y 1 oficial, con rendimiento de 36m<sup>2</sup>/día.

**Tabla 46:** Costo de mano de obra para losa aligerada por día.

Mano de obra	Cantidad	Costo = 2 peones + 1 oficial		
		Por día	Parcial	Final
Peón	2	S/102.55	S/205.10	<b>S/319.59</b>
Oficial	1	S/114.49	S/114.49	

*Fuente:* Autor de tesis.

A la losa aligerada se le aplica un curador químico llamado Membranil Reforzado (Chema), por lo tanto, se determina el costo de aditivo a emplear en un área de 36 m<sup>2</sup>. El rendimiento del curador es de 15 m<sup>2</sup> por 1 galón (Ver Anexo 7).

**Tabla 47:** Costo del curador químico por 36 m<sup>2</sup> de losa aligerada.

Curador Químico	Área a curar	Und.	Cantidad	Precio	Costo
Membranil Reforzado	36 m <sup>2</sup>	gln	2.40	S/11.21	S/26.90

*Fuente:* Autor de tesis.

Existe una variedad de autores, maestros de obra e ingeniero que establecen diferentes tiempos de desencofrado para las losas aligeradas, entre 10 a 14 días. En práctica el tiempo que se recomienda es de 14 días; en nuestra investigación a 14 días el concreto convencional posee una resistencia a la compresión de 224 Kg.f/cm<sup>2</sup>. Se procede a

interpolando para hallar el tiempo de desencofrado, para las dosificaciones con aditivo ASTM C494 tipo E.

**Tabla 48:** *Tiempo de desencofrado para concreto con aditivo ASTM C494 tipo E – Losa aligerada 36 m<sup>2</sup>, espesor 0.25 m.*

Dosificación	Interpolación	Tiempo
Concreto + 2% Z Fragua #5	7 días ----- 223 Kg.f/cm <sup>2</sup>	8 días
	x días ----- 224 Kg.f/cm <sup>2</sup>	
	14 días ----- 250 Kg.f/cm <sup>2</sup>	
Concreto + 4% Accelguard 90	3 días ----- 193 Kg.f/cm <sup>2</sup>	6 días
	x días ----- 224 Kg.f/cm <sup>2</sup>	
	7 días ----- 248 Kg.f/cm <sup>2</sup>	

**Fuente:** Autor de tesis.

Se observa que, con el uso del aditivo ASTM C494 tipo E, se reduce el tiempo de desencofrado de la losa, con “Z Fragua #5” demora 8 días y con el “Accelguard 90” demora 6 días.

**Tabla 49:** *Costo total – Losa aligerada 36 m<sup>2</sup> y espesor 0.25 m.*

Dosificación	Mano de obra			Materiales	Curador Membranil Reforzado	Costo Total
	Días	Costo por día	Costo			
Concreto convencional	14	S/319.59	S/4,474.26	S/825.10		<b>S/5,326.26</b>
Concreto + 2% Z Fragua #5	8	S/319.59	S/2,556.72	S/888.18	S/26.90	<b>S/3,471.80</b>
Concreto + 4% Accelguard 90	6	S/319.59	S/1,917.54	S/1,088.07		<b>S/3,032.51</b>

**Fuente:** Autor de Tesis.



**Tabla 50:** Ahorro del aditivo ASTM C494 tipo E – Losa aligerada 36 m<sup>2</sup> y espesor 0.25m.

Aditivo	Ahorro	
	Tiempo (días)	Costo
2% Z Fragua #5	6	S/1,854.46
4% Accelguard 90	8	S/2,293.75

*Fuente:* Autor de Tesis.

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1. Discusión

En la presente tesis se analiza y evalúa las propiedades físicas y mecánicas (asentamiento, tiempo de fraguado y resistencia a la compresión) del concreto convencional, y con la incorporación de aditivo ASTM C494 tipo E. Fue necesario realizar ensayos a la piedra de ½” y arena gruesa; posteriormente, se elaboró el diseño de mezcla de un concreto de  $f'c = 210 \text{ Kg.f/cm}^2$ , basándose en el método del ACI – 211; y se recalculó la dosificación al utilizar el aditivo ASTM C494 tipo E, se reduce el agua a un 95%.

Los ensayos que se realizaron en la investigación se basaron de la Norma Técnica Peruana (NTP) y para verificar el cumplimiento de los requisitos mínimos de los aditivos, se utilizó la Norma Sociedad Americana de Prueba de Materiales (ASTM).

#### 4.1.1. Caracterización del agregado fino

Para la elaboración del diseño de mezcla del concreto es importante obtener las propiedades físicas de la arena gruesa, estas se observan en la Tabla 33. Los datos, se encuentran dentro de los rangos mínimos y máximos que establece la Norma Técnica Peruana, es decir, la arena gruesa posee la calidad necesaria para una óptima dosificación.

En la Figura 2 se muestra la granulometría del agregado fino. Por medio de este ensayo, se observa que, la arena gruesa posee una óptima graduación de las partículas, se encuentran entre los límites del porcentaje que pasa según la NTP

400.037; esto evitaría que, la mezcla no produzca exudación y segregación, es decir, es un factor que no afecta a la resistencia a la compresión, asentamiento y tiempo de fraguado. La granulometría del agregado fino se realizó desde la malla N°4.

En caso contrario de no cumplir los límites es probable que, la muestra carezca de un correcto acomodo entre partículas, generando un exceso de vacíos. En ocasiones, es posible utilizar cierta arena gruesa que no cumpla los límites de la NTP, siempre y cuando, se realicen ensayos previos para verificar la resistencia establecida en el diseño.

En la Tabla 33, se observa que, en la malla N° 200 el porcentaje que pasa es de 0.6%, la muestra es adecuada para la mezcla porque cumple con la NTP 400.037 ( $< 3\%$ ).

En caso que, el material no cumpla con este requisito, se consideraría como partículas muy finas (limos y arcilla), ocasionaría una inadecuada adherencia entre el grano y la pasta de cemento, afectando a la resistencia de compresión, asentamiento y tiempo de fraguado.

En la Tabla 33, nos muestra que, el módulo de finura es 2.57, el cual está dentro del rango 2.3 a 3.1, según los requerimientos de la NTP 400.037, por lo que se considera correcto para el uso en la mezcla de concreto. Se considera a la muestra una arena gruesa, ya que se encuentra el MF entre 2.5 – 3.5. El módulo de finura representa el tamaño promedio de las partículas, mientras sea menor el agregado será más fino, produciendo una mayor superficie específica, se necesitaría un volumen mayor de agua para elaborar concreto.

El contenido de humedad de los agregados es un factor que, interviene en la cantidad de agua que se requiere en el diseño de mezcla, por ende, en la relación

agua/cemento; además nos permite conocer cuánto afecta el medio ambiente al grado de humedad del agregado. El contenido de humedad de este material es 1.32%, se sobreentiende que es un aporte menor, en esta propiedad la NTP 339.185 no muestra límites, pero se recomienda que sea menor al de absorción.

Otro factor que interviene en la cantidad de agua es la absorción, según (Polanco, 2012) establece límites de absorción entre 0.2% a 5%. El valor de absorción del agregado fino según la Tabla 33 es 2.65%, se encuentra dentro de los márgenes, además, es mayor que el contenido de humedad.

(Polanco, 2012) establece rangos del peso unitario suelto y compactado para el agregado fino, 1300 kg/m<sup>3</sup> a 1800 kg/m<sup>3</sup> y 1600 kg/m<sup>3</sup> a 1900 kg/m<sup>3</sup> respectivamente. El peso unitario sirve para convertir el peso en volumen en caso de los agregados. El peso unitario suelto es de 1510 kg/m<sup>3</sup> y el compactado es de 1790 kg/m<sup>3</sup>, ambos cumplen con los límites establecidos; significa que, existirá el acomodamiento del agregado en el recipiente evitando un exceso de vacíos de aire, ya que, posee una óptima distribución del grano y otorga una mejoría en la resistencia a compresión del concreto endurecido.

El peso específico, según (Toledo, 2004) establece rangos entre 2500 Kg /m<sup>3</sup> y 2900 Kg/m<sup>3</sup>, es un indicador de calidad del agregado, a mayor magnitud resulta un mejor comportamiento del material. Nuestro dato según la Tabla 33 es 2770 Kg/m<sup>3</sup>, cumple con los límites que se establecieron.

#### 4.1.2. Caracterización del agregado grueso

Para la elaboración de la dosificación del concreto es importante conocer las propiedades físicas del agregado grueso, estas se observan en la Tabla 34. Los datos, se encuentran dentro de los límites mínimos y máximos que establece la Norma Técnica Peruana, es decir, el agregado grueso posee la calidad necesaria para una óptima dosificación.

La granulometría del agregado grueso me permitió observar la distribución de la totalidad de las partículas. En la Figura 3 la curva granulométrica se encuentra casi en un 100% en los límites del huso 7 según la NTP 400.037, esto establece los requerimientos mínimos para agregado grueso de tamaño máximo nominal del ½". Al no cumplir con los límites la NTP 400.037 exige ejecutar pruebas; se realizaron estudios previos por medio de la elaboración de 3 especímenes con la dosificación patrón, se comprobó que el esfuerzo a compresión del concreto endurecido sobre pasa a lo diseñado (210 Kg.f/cm<sup>2</sup>).

En la investigación se utilizó agregado grueso de ½" es decir Tamaño Máximo Nominal (TMN) ½" y Tamaño Máximo (TM) ¾", ya que se propone diseñar concreto para la construcción de columnas, vigas y losas aligeradas. El tamaño tiene gran envergadura, si el tamaño es menor, las partículas tienen un mejor acomodamiento en la mezcla del concreto, se reduce vacíos y poros, es decir, asciende la resistencia a compresión del concreto. Además, cumple con el porcentaje que pasa la malla N°200 (0%), la NTP 400.037 exige que el porcentaje debe ser menor que 1%; es decir, el agregado grueso carece de materiales finos.

Las propiedades que determinan la cantidad de agua y vacíos del agregado son el contenido de humedad y la absorción. En la Tabla 34 indica que, el contenido de humedad es 0.83% y la absorción 1.96%; este último cumple los límites (0.2 % a 3%), según (Polanco, 2012); se sobreentiende que, nuestro material es relativamente seco, mínima cantidad de vacíos, no permite excesiva acumulación de agua.

(Huamaní, 2016) recomienda para el peso específico del agregado grueso estén entre  $2300 \text{ kg/m}^3$  y  $2800 \text{ kg/m}^3$  ya que es la propiedad aproximada que posee la roca madre; en la Tabla 34, se observa que, el peso específico es  $2750 \text{ kg/m}^3$ , se encuentra entre estos límites, por lo tanto, se considera un material óptimo para el diseño de mezcla del concreto, por ende, una mejor resistencia a la compresión.

(Carrasco, 2013) establece rangos del peso unitario suelto y compactado para el agregado grueso,  $1400 \text{ kg/m}^3$  a  $1600 \text{ kg/m}^3$  y  $1500 \text{ kg/m}^3$  a  $1700 \text{ kg/m}^3$  respectivamente. El peso unitario sirve para convertir el peso en volumen en caso de los agregados. El peso unitario suelto es de  $1430 \text{ kg/m}^3$  y el compactado es de  $1670 \text{ kg/m}^3$ , ambos cumplen con los límites establecidos; significa que, existirá el acomodamiento del agregado, otorgando una mejoría en la resistencia.

#### **4.1.3. Diseño de mezcla**

La elaboración del concreto depende de los agregados (59% - 76%), cemento (7 - 18%), agua y en ocasiones aditivo. Se realizó un diseño de mezcla para un concreto convencional de  $f'c = 210 \text{ Kg.f/cm}^2$ , basándose en el ACI 211-11.

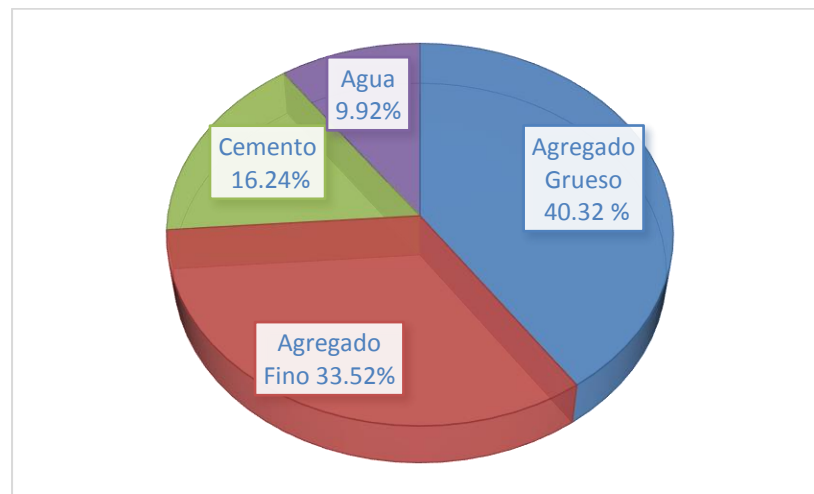
El diseño de mezcla del concreto se realizó con el fin de utilizarlo en elementos estructurales como columnas, vigas y losas aligeradas, según el ACI 211-11 establece

un asentamiento entre 3'' a 4''. La primera relación agua/cemento fue de 0.556, luego se modificó a 0.611, por medio del contenido de humedad y absorción de los agregados. Para obtener una mejor adherencia del agregado con la pasta de cemento se utilizó de un Tamaño máximo nominal de  $\frac{1}{2}$ '', ya que tiene una mayor superficie específica.

En esta investigación se hizo uso del Cemento Pacasmayo Tipo I, es un material de uso general en la parte constructiva, brinda mayor resistencia inicial y final, y menores tiempos de fraguado. Para observar los efectos del uso del aditivo ASTM C494 tipo E se empleó el cemento tipo I ya que carece de propiedades especiales que afectan al concreto, es decir, es un cemento puro.

El aditivo ASTM C494 tipo E, es un acelerante y plastificante que carece cloruros, obteniendo como beneficio una hidratación rápida y disminución del tiempo de fraguado; es un aditivo que incrementa la concentración de calcio y sobre el decrecimiento de la concentración de sulfatos. Se utiliza en concreto estructural y convencional que requieran poner en servicio en un menor tiempo, mejora la trabajabilidad. Se utilizó los aditivos: Z Fragua #5 y Accelguard 90.

El Accelguard 90 nos recomienda utilizar una proporción de 0.8% a 7.7% del peso del cemento. El Z Fragua #5 en rangos de 400 ml, 1 litro y 1.5 litros por bolsa de cemento.



**Figura 4:** Diseño de mezcla de concreto convencional en porcentaje para  $1m^3$ .

**Fuente:** Autor de tesis

En Tabla 26, se muestra el diseño de mezcla del concreto convencional en un  $1m^3$  en peso, porcentaje (Ver Figura 4) y en volumen, pero al utilizar el aditivo ASTM C494 tipo E, permite reducir la cantidad de agua hasta un 5%, es por ello que, en la investigación se optó minimizar el agua a su 95%, en consecuencia, la cantidad cemento se reduce. La adición del aditivo será de 2%, 4% y 6% respecto al peso del cemento, al realizar estas modificaciones e implemento del químico se obtiene otro diseño de mezcla, pero ya no sería para un  $1 m^3$  (Ver Tabla 27) porque se reduce la cantidad cemento, agua y añade aditivo, para obtener la dosificación patrón y con aditivo se recalcula para un  $1 m^3$ , ver Tabla 28.



#### 4.1.4. Propiedades del concreto en estado fresco

- **Asentamiento**

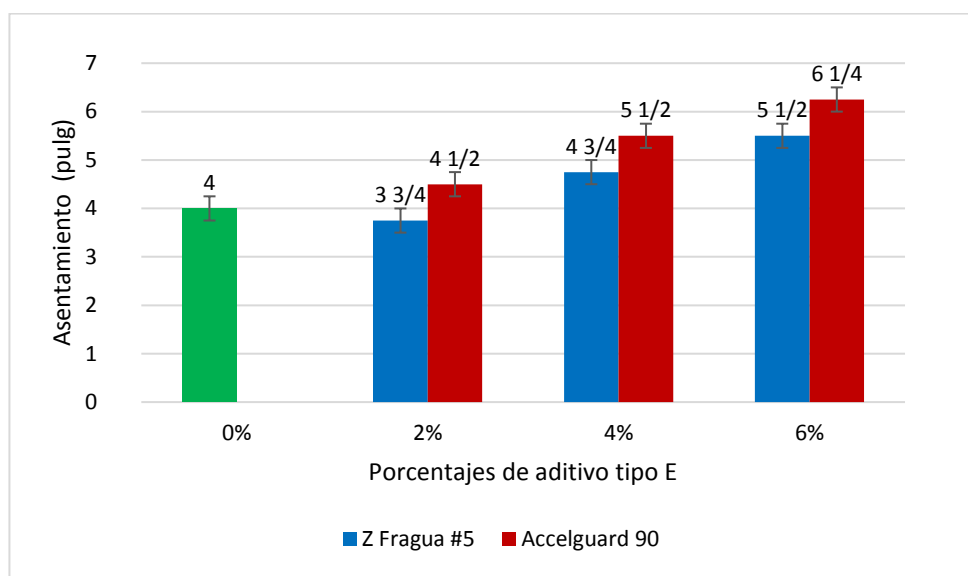
El asentamiento es un ensayo que proporciona el conocimiento de las variaciones de uniformidad de la mezcla, y la capacidad de adaptabilidad al encofrado; para realizar el ensayo se basó de la NTP 339.035.

La cantidad de agua es un factor importante en el diseño de la mezcla, ya que brinda la trabajabilidad del concreto fresco; al contener una mínima cantidad de agua la trabajabilidad disminuye, generando deficiencia en la distribución de la mezcla, mayor cantidad de vacíos, cangrejeras; en caso contrario, al añadir agua en exceso genera una mezcla más trabajable, huecos capilares, pérdidas en la resistencia del concreto, produce el fenómeno de exudación, debido a la saturación de los poros de los elementos de la dosificación. Se sobreentiende que, la relación agua/cemento afecta al asentamiento del concreto, a mayor relación agua/cemento, aumenta esta magnitud.

En la investigación se diseñó para asentamientos de 3'' a 4'' (+/- 2). En la Figura 5, se observa que, la muestra patrón posee un asentamiento de 4'' (10.2 cm), según (Carrasco, 2013) (Ver Anexo 10) se encuentra en una consistencia plástica y muy plástica; según lo diseñado cumple con el resultado del ensayo.

El aditivo ASTM C494 tipo E es considerado como un acelerante y a la vez como un plastificante, permite reducir el agua hasta 5%; para minimizar el costo de producción del concreto se considera el límite de la norma, la reducción al 95% de agua en la dosificación, sin modificar la relación agua/cemento. Una propiedad del aditivo ASTM C494 tipo E es mejorar la trabajabilidad del concreto en estado fresco, mejora

la distribución de los materiales, reduce la permeabilidad y los vacíos de la mezcla; se debe tener en cuenta un control al exceso de trabajabilidad, generaría exudación y segregación, por ende, afectaría a las propiedades mecánicas del concreto.



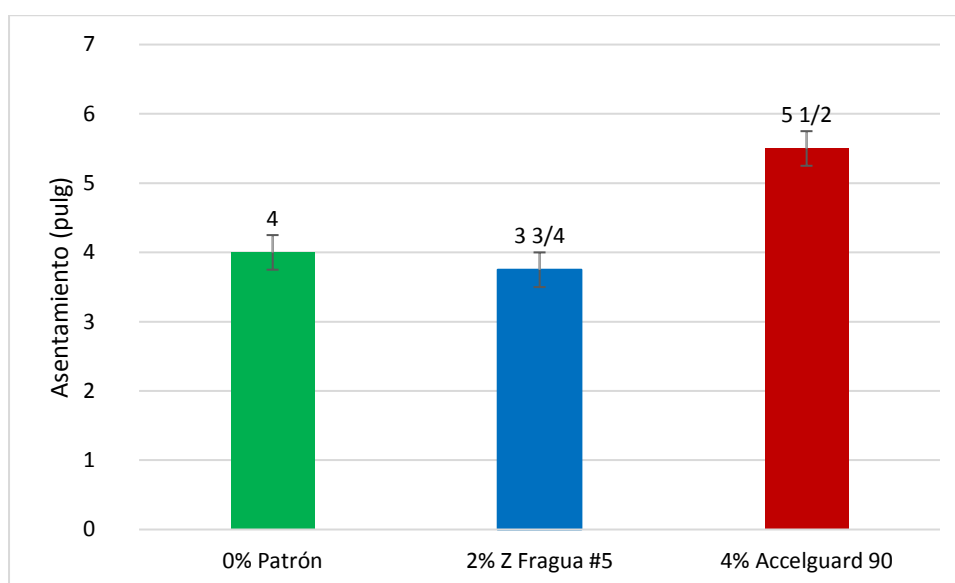
**Figura 5:** Asentamiento del concreto convencional y con aditivo ASTM C494 tipo

**E. Fuente:** Autor de tesis.

En la Figura 5, se observa los asentamientos del concreto convencional y con aditivo ASTM C494 tipo E, a pesar de reducir el 5% de agua, cuando se usa los aditivos, la trabajabilidad sobrepasa según lo diseñado (3'' – 4''). Al incorporar el 2% de aditivo Z Fragua #5 y Accelguard respecto al peso del cemento, el asentamiento se mantiene de acuerdo al patrón, sin embargo, al adicionar más cantidad de ambos aditivos ASTM C494 tipo E crece progresivamente.

Se tiene en cuenta que, al adicionar el 6% de Accelguard 90 respecto al peso del cemento, posee un asentamiento de 6 1/4'' (16 cm), no es recomendable porque se considera una mezcla fluida, generando segregación y exudación; estos fenómenos no permiten que el aditivo cumpla óptimamente a sus especificaciones técnicas,

disminuyen paulatinamente las propiedades que pretende mejorar. La exudación, es un fenómeno que aparece por el excesivo ascenso del agua en el concreto fresco. La segregación no permitiría una distribución uniforme de los agregados en la mezcla, tanto vertical y horizontal. Las demás dosificaciones con aditivo, se consideran mezclas plásticas y muy plásticas, se encuentran dentro del rango de la NTP 339.035, son recomendables para que el aditivo cumpla sus funciones, además se obtendrá buenas propiedades mecánicas, ya que no existirá excesiva evaporación del agua cuando ocurre el fraguado (porosidad), y distribución de los materiales uniformemente.



**Figura 6:** Asentamiento de las dosificaciones óptimas. **Fuente:** Autor de tesis.

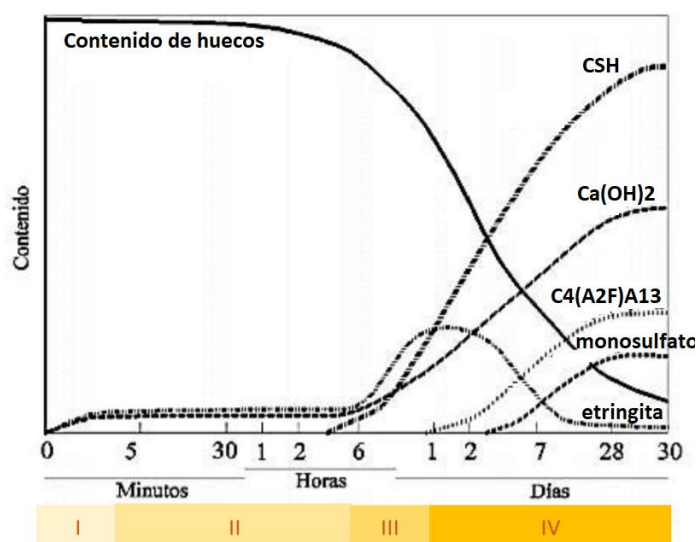
En la Figura 6, se observa los asentamientos promedios de la dosificación patrón y las que contienen aditivo ASTM C494 tipo E en su porcentaje óptimo respecto al peso del cemento. El asentamiento del 2% del Z Fragua #6 es 3 3/4'' (9.5 cm) (menor al patrón) pero al comprobar con las barras de error de la desviación estándar, se considera un asentamiento en el rango al patrón, en cambio, el Accelguard 90 al 4%

aumenta a un valor de 5 ½” (14 cm), se considera una dosificación mejor porque tiene mayor trabajabilidad permitiendo una óptima colocación del concreto en las estructuras de viga, losa, y columna. El Z Fragua # 5 posee una mezcla plástica y el Accelguard 90 es muy plástica, produciendo efectos positivos en las propiedades mecánicas del concreto, evita la segregación y exudación.

En conclusión, el aditivo ASTM C494 tipo E influye en el asentamiento del concreto, a mayor cantidad aumenta progresivamente. Se comprueba los resultados con el análisis estadístico de los resultados, con el uso de las barras de error de la desviación estándar para estimar la incertidumbre según el porcentaje del aditivo respecto al peso del cemento; se observa en la Tabla 72 y Figura 5 que, la muestra patrón con el incremento de aditivo en 2% respecto al cemento son iguales, pero al incrementar la cantidad de aditivo el asentamiento aumenta progresivamente.

- **Tiempo de fraguado**

La hidratación es un proceso que ocurre cuando el cemento y el agua entran en contacto, se denomina endurecimiento y fraguado. Existe la reacción química exotérmica (liberación de calor), que origina los silicatos hidratados (endurecimiento del concreto, aglutinamiento de los agregados y esfuerzo a compresión).



**Figura 7:** Fase de hidratación del cemento. **Fuente:** (Gabalec, 2008)

En la Figura 7 se muestra la formación de los compuestos fundamentales del concreto desde la formación de la mezcla. En la primera fase, se forma una membrana alrededor del Silicato tricálcico  $C_3S$  y Aluminato tricálcico  $C_3A$ , produce un aceleramiento veloz del calor de hidratación, las temperaturas ascienden y se origina un cambio en la compasión de la fase líquida. En la segunda fase, se forma la membrana que prohíbe el contacto con el agua exterior, generando que, se reduzca la velocidad de hidratación y ascenso de la temperatura. En la tercera fase, se representa a la etapa del fraguado, se forman los silicatos hidratados y la pasta gel; en esta etapa la mezcla pasa de un estado plástico a uno rígido. En la cuarta fase, la

velocidad del ascenso de la temperatura disminuye aún más; los elementos hidratados forman una capa densa; además, se produce la adherencia entre los áridos y la pasta, un aumento continuo de la resistencia y disminuyen los poros.

El fraguado inicial es el proceso de endurecimiento, la mezcla del concreto derrocha su plasticidad, disminuye a un estado difícil de trabajabilidad. Se puede decir que, indica el tiempo en la que la mezcla posee una rigidez que no puede ser vibrado ya que afectaría la estructura interna. El fraguado final se refiere al proceso cuando se genera el endurecimiento de la mezcla del concreto, es decir, consistencia rígida.

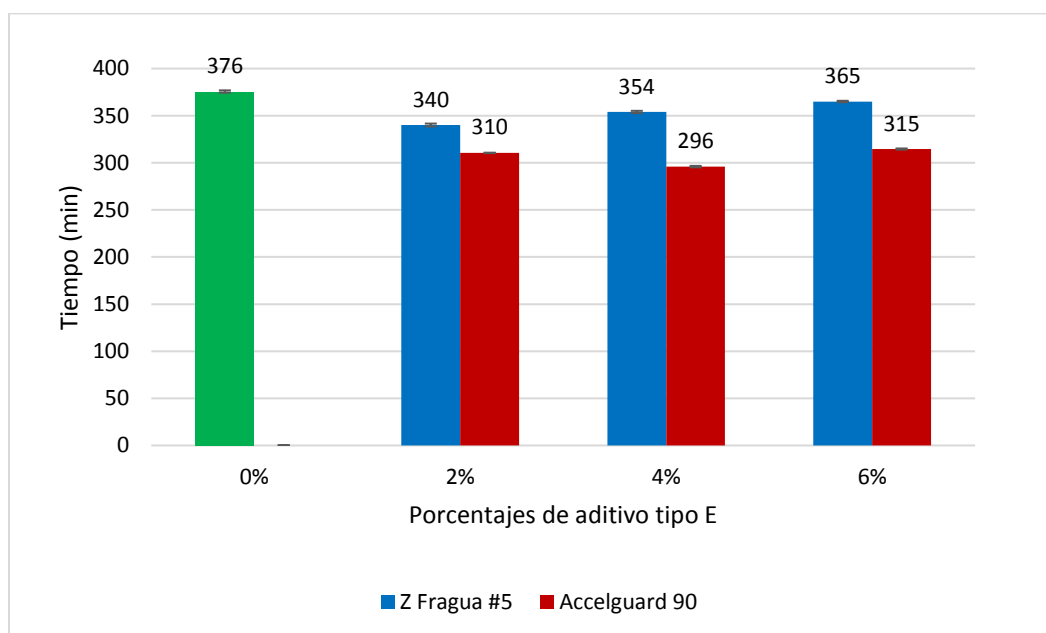
La temperatura es uno de los factores que interviene en el tiempo de fraguado, al aumentar la temperatura se genera más calor, mayor calor de hidratación, y finalmente endurecimiento y fraguado rápido.

El aditivo ASTM C494 tipo E afecta al tiempo de fraguado porque es un acelerante, se recomienda que, en temperaturas altas se utilice menos aditivo y en temperaturas bajas una mayor cantidad para incrementar la temperatura del concreto y calor de hidratación.

El ensayo del tiempo de fraguado se realiza con la resistencia a la penetración según la NTP 339.082, en condiciones de laboratorio se recomienda realizar la mezcla en temperaturas de 20 °C a 25 °C. Al utilizar el aditivo tipo E, la ASTM C494 nos establece límites mínimos y máximos de control de calidad del tiempo inicial y final del concreto (Ver Anexo 9).

La NTP 339.082 nos indica que, para obtener el tiempo inicial y final del fraguado se realiza el ensayo de penetración luego de 3 a 4 horas del contacto del agua con el cemento, en caso de utilizar aditivos acelerantes posterior a 1 a 2 horas. Como

mínimo, se debe efectuar 6 penetraciones y como máximo 10, cada una de ellas en intervalos de 30 minutos a 60 minutos. Las áreas de las agujas son: 1/40, 1/20, 1/10, 1/4, 1/2 y 1 pulgada cuadrada). El tiempo de fragua inicial se determina cuando la resistencia a la penetración es de 500 Psi (lb/pulg<sup>2</sup>), en cambio, el tiempo de fraguado final 4000 Psi (lb/pulg<sup>2</sup>). Se realiza una ecuación logarítmica para obtener los datos (Ver Anexo 2).



**Figura 8:** Tiempo de fraguado inicial concreto convencional y con aditivo ASTM C494 tipo E. **Fuente:** Autor de tesis.

La temperatura del ambiente cuando se realizó los ensayos de fraguado se encuentra en el rango establecido por la NTP 339.082. En la Figura 8, se muestra el tiempo de fraguado inicial de la muestra patrón, es de 376 minutos (6 horas 16 minutos) y un tiempo de fraguado final (Ver Figura 9) de 498 minutos (8 horas 18 minutos). El periodo de fraguado fue de 122 minutos (2 horas 2 minutos). Entonces, se interpreta que, a 6 horas y 16 minutos el concreto convencional pasa de su estado semi sólido

a sólido, en este periodo no se recomienda manejar el concreto porque dañaría la estructura interna; es el tiempo donde aparecen los silicatos hidratados, estos generan la resistencia del concreto.

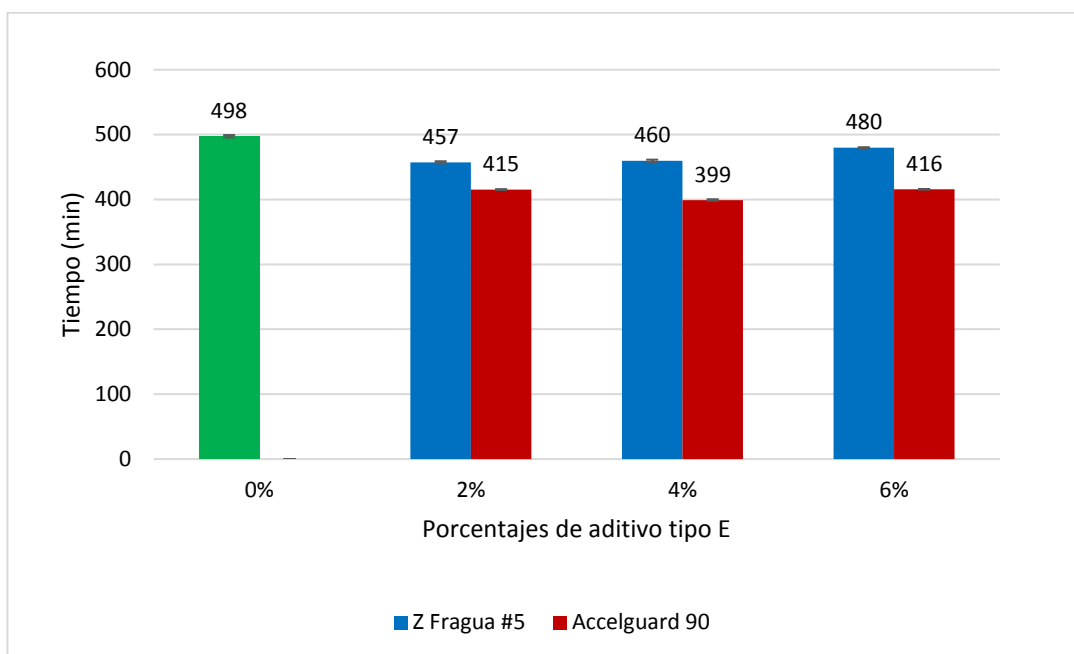
Según el ASTM C494 establece que, en caso de utilizar el aditivo tipo E se mide por una reducción en su tiempo de fragua inicial de 1 hora como mínimo y 3:30 horas como máximos.

En la Figura 8, se observa también, el tiempo de fraguado inicial del concreto con aditivo ASTM C494 tipo E, las reducciones del tiempo son notorias; se controla la adición porque al superar su cantidad óptima se produciría exudación. El aditivo Accelguard 90 tiene un mayor efecto, tiene una reducción hasta 80 minutos con 4% del peso del cemento, sin embargo, al añadir más cantidad de aditivo (al 6% del peso del cemento) solo se reduce a 61 minutos (1 hora 1 minuto), debido a la excesiva liberación de agua, retrasando el fraguado. Este aditivo debe tener un efecto proporcionalmente directo, ya que produce un fraguado más rápido (mayor calor de hidratación, por la mejor función del  $C_3A$  y  $C_3S$ ).

El Z Fragua #5 produce reducción del tiempo de fraguado inicial solo hasta 36 minutos (2% del peso del cemento), esto ocurre porque no debe tener un efecto óptimo en el proceso de hidratación de los silicatos y aluminatos.

Según la ASTM C494, el tiempo inicial debe ser menor a 316 minutos por lo que, el aditivo que cumple es el Accelguard 90, su óptimo es con la adición del 4% del peso del cemento, 296 minutos (4 horas 56 minutos).





**Figura 9:** Tiempo de fraguado final concreto convencional y con aditivo ASTM C494 tipo E. **Fuente:** Autor de tesis.

Según el ASTM C494 establece que, en caso de utilizar el aditivo tipo E se mide por una reducción en su tiempo de fraguado final de 1 hora como mínimo. En la investigación.

En la Figura 9, se observa que, el Accelguard 90 cumple con los requisitos de la ASTM en el tiempo de fraguado final; la adición del aditivo en 4% del peso del cemento posee un mejor efecto, se reduce el tiempo en 98 minutos (1 hora 39 minutos). El Z Fragua #5 no cumple con los requisitos de la norma, sin embargo, existe reducción del tiempo de fraguado final, el más óptimo es con el 2% de aditivo del peso del cemento, se reduce en 40 minutos. Con el uso del aditivo ASTM C494 tipo E, incrementa el calor de hidratación, a mayor temperatura se acelera el proceso de endurecimiento del concreto (estado plástico a rígido).

La ASTM C494, establece que, el tiempo de fraguado mínimo debe ser menor a 438 minutos por lo que, el aditivo que cumple es el Accelguard 90, su óptimo es con la adición del 4% del peso del cemento, 399 minutos (6 horas 39 minutos).

En conclusión, la incorporación del aditivo ASTM C494 tipo E, mejora el tiempo de fraguado inicial y final, sin embargo, se debe determinar la cantidad requerida en un concreto convencional para evitar déficit en la resistencia a compresión del concreto por los fenómenos de exudación y segregación. El efecto del aditivo ASTM C494 tipo E en el tiempo de fraguado es confiable porque al realizar el análisis estadístico, la incertidumbre es mínima, se observa por medio de las barras de error de la desviación estándar, es decir los datos de cada muestra poseen una mínima variación en cada porcentaje de aditivo respecto al peso del cemento (Ver Figura 8 y 9).

#### **4.1.5. Propiedades del concreto en estado endurecido**

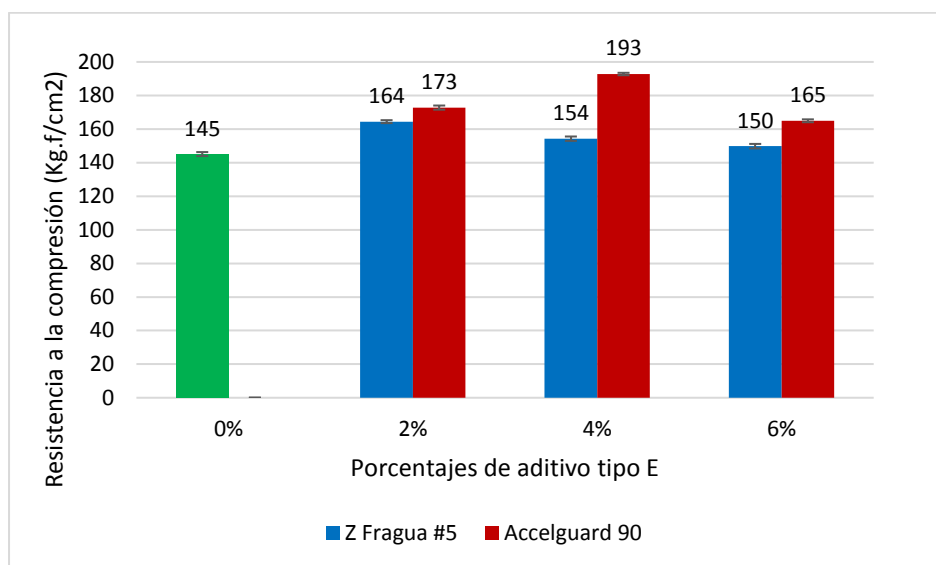
- Resistencia a la compresión

Una de las propiedades mecánicas esenciales del concreto es la resistencia a la compresión, ya que al conocer esta propiedad a edades temprana permitirá un descimbrado de las estructuras en un menor tiempo. Para este ensayo, se realizaron probetas cilíndricas de 4'' x 8'', el diseño de mezcla se basó en el ACI 211-11, para un concreto convencional de 210 Kg.f/cm<sup>2</sup> aumentando su factor de seguridad +84 Kg.f/cm<sup>2</sup>. En el Capítulo II, se describe el proceso del ensayo (NTP 339.183). Las pruebas se realizaron a edades de 3, 7, 14 y 28 días, se utilizó el curador químico Membranil Reforzado, con la finalidad de realizar una comparación de costos más real por medio de la construcción de una losa aligerada.

La mezcla patrón obtuvo una resistencia a 3, 7, 14 y 28 días de 145 Kg.f/cm<sup>2</sup>, 186 Kg.f/cm<sup>2</sup>, 224 Kg.f/cm<sup>2</sup> y 248 Kg.f/cm<sup>2</sup> respectivamente (Ver Tabla 39), se encontró en el rango de diseño. Se observó que, la resistencia a 3 días representó el 59% respecto a la de 28 días, la de 7 días el 75% y el de 14 días el 90%.

Con la incorporación de aditivo ASTM C494 tipo E a la dosificación del concreto conlleva a aumentar la resistencia a compresión a edades tempranas porque es un tipo de acelerador y plastificante, es conveniente para el avance óptimo en obras evitando el retraso. La cantidad de aditivo debe ser estudiada para encontrar el porcentaje óptimo, ya que aumenta la temperatura y el calor de hidratación, además, evitaría el uso excesivo de aditivo, reduciendo el costo. El aditivo ASTM C494 tipo E carece de cloruros, es por ello que, las partículas de calcio crecen y los sulfatos disminuyen, lo que genera un endurecimiento rápido y ascenso del valor de resistencia a la compresión a edades tempranas.

La resistencia de acuerdo a la muestra patrón se demuestra que, en un menor tiempo de edad contiene un mayor aceleramiento en su resistencia, a mayor tiempo que pasa la velocidad de ascenso disminuye.

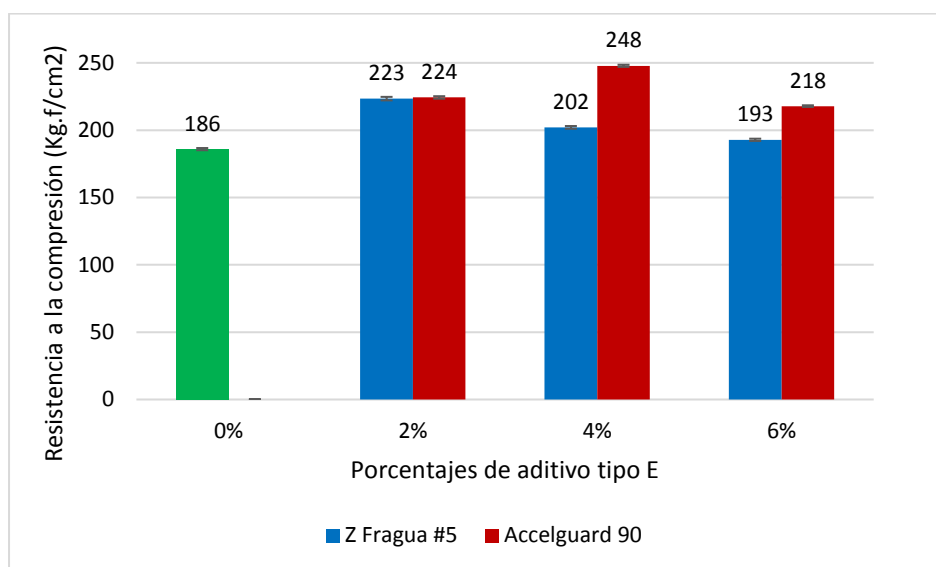


**Figura 10:** Resistencia a compresión del concreto a edad de 3 días. **Fuente:** Autor de tesis.

Según la ASTM C494 la resistencia a compresión al utilizar el aditivo tipo E a los 3 días debe aumentar al 125% respecto a la muestra patrón. En la Tabla 36 se observa que, el valor a alcanzar a 3 días debe ser mayor a 181 Kg.f/cm<sup>2</sup>, el único que cumple este requerimiento es el aditivo Accelguard 90 en cantidad del 4% respecto al cemento, produce una resistencia de 193 Kg.f/cm<sup>2</sup> (Ver Figura 10), esto ocurre porque el producto tiene mejor interacción con los productos de hidratación y con el silicato tricálcico, además, posee una óptima trabajabilidad, es decir, produce una distribución uniforme de los elementos del concreto, evitando vacíos (poros) . Este valor sobrepasa a la muestra patrón en su resistencia a edad de 7 días.

El aditivo Z Fragua #5 tuvo una influencia regular en la resistencia a compresión, sin embargo, no satisface el límite que estipula la ASTM C494; el mayor resultado se obtuvo con el 2% de aditivo respecto al peso del cemento, fue de 164 Kg.f/cm<sup>2</sup>.

La cantidad óptima del aditivo Accelguard 90 (4% respecto al peso del cemento) aumenta en 33% respecto a la muestra patrón y el Z Fragua #5 (2% respecto al peso del cemento) asciende en solo el 13%.



**Figura 11:** Resistencia a compresión del concreto a edad de 7 días. **Fuente:** Autor de tesis.

La ASTM C494 establece que, la resistencia a compresión al incorporar el aditivo tipo E a los 7 días debe aumentar al 110% respecto a la muestra patrón.

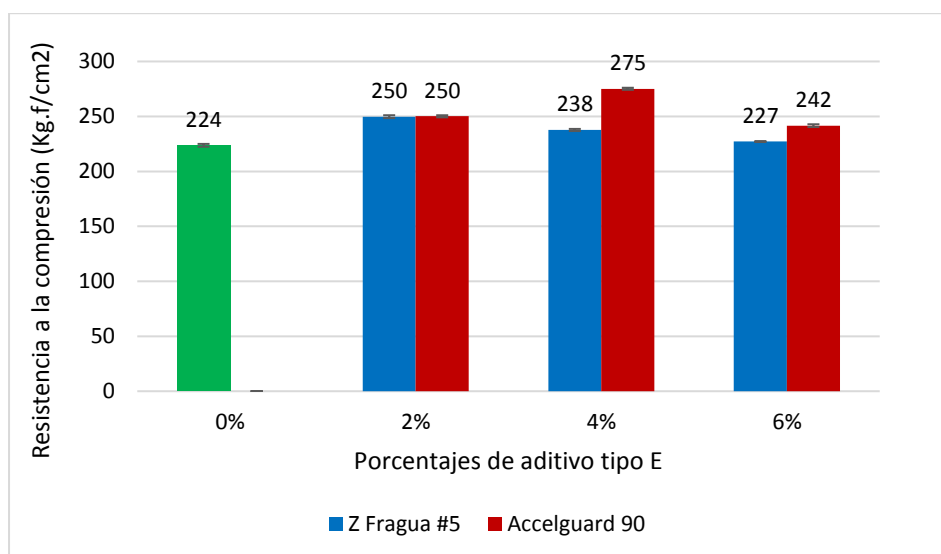
Se observa en la Tabla 36, que el resultado tendría que ser mayor a 205 Kg.f/cm<sup>2</sup>, sin embargo que la ASTM no brinda un límite a edad de 14 días, se considera el 110% ya que a edad de 28 días el porcentaje debe ser el mismo que al de 7 días. A 14 días y 28 días la resistencia deben ser mayores a 246 Kg.f/cm<sup>2</sup> y 273 Kg.f/cm<sup>2</sup> respectivamente.

Al añadir a la mezcla el aditivo ASTM C494 tipo E (acelerante y plastificante) incrementa la resistencia y trabajabilidad; de acuerdo a la consistencia, a mayor cantidad de aditivo, aumenta el asentamiento.

De igual manera, a las muestras que se les aplicó el ensayo de compresión a 3 días, el aditivo Accelguard 90 alcanza las resistencias más altas para edades de 7 y 14 días, fueron 248 Kg.f/cm<sup>2</sup> y 275 Kg.f/cm<sup>2</sup> respectivamente. Ambos cumplen con lo que se establece en la ASTM C494. De acuerdo a la muestra patrón a 7 días aumenta la resistencia en 33% y 14 días en 23%, se observa que, a mayor edad la velocidad en aumentar la resistencia disminuye. Los porcentajes de 2% y 6% respecto al peso del cemento cumplen el límite que establece la ASTM en la resistencia a compresión de 7 días (Ver Figura 11 y 12). El porcentaje óptimo fue de 4%, ya que posee una mezcla muy plástica, permite una distribución uniforme de sus partículas evitando la exudación y segregación; el 4% expresa el logro a la concentración máxima de calcio, es decir, a pesar de incrementar la cantidad de aditivo el efecto no será beneficioso, la resistencia descenderá.

El aditivo Z Fragua #5 al igual que a edad de 3 días las resistencias a 7 y 14 días son mayores en el porcentaje de 2%, se tiene en consideración que, es el porcentaje de menor cantidad de aditivo, ya que tiene la función de hidratar los silicatos, al aumentar la cantidad del Z Fragua #5 disminuye la resistencia a compresión porque alcanzó su concentración máxima en 2%. A 7 días alcanzó una resistencia de 223 Kg.f/cm<sup>2</sup> y a 14 días 250 Kg.f/cm<sup>2</sup>. Se obtuvo un incremento en 7 y 14 días respecto a la muestra patrón en 20% y 12% respectivamente, por lo tanto, cumple con lo establecido en la ASTM, sin embargo, a 7 días al aumentar la cantidad de este aditivo en 4% solo aumenta en 9% de acuerdo a la muestra patrón y en 6% de aditivo en 4%.; respecto a edad de 14 días en 4% de aditivo aumenta solo el 6% y en 6% de aditivo solo aumenta el 2%. (Ver Figura 11 y 12)

Se sobreentiende que, a edades 7 y 14 días del concreto el aditivo ASTM C494 tipo E pierde su efecto mientras pasa el tiempo, pero las resistencias sobrepasan a la mezcla sin aditivo.



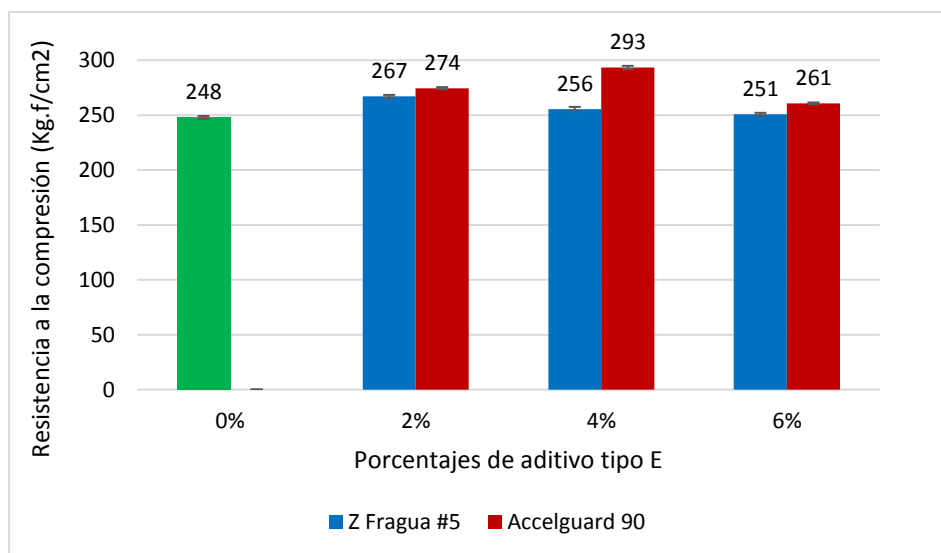
**Figura 12:** Resistencia a compresión del concreto a edad de 14 días. **Fuente:**

*Autor de tesis.*

Según la ASTM C494 al añadir aditivo tipo E a la dosificación del concreto, la resistencia a compresión a edad de 28 días incrementará al 110 % de la muestra patrón.

Para comprobar el correcto diseño de la dosificación del concreto en la investigación, es por medio de los resultados que se obtuvieron en los ensayos de compresión a edad de 28 días. La influencia del aditivo ASTM C494 tipo E al concreto sobre la resistencia a compresión es sobresaliente a edades tempranas, a 28 días el incremento es en porcentaje menor, esto ocurre por, la mínima cantidad del elemento (Silicato

Dicálcico) que produce las resistencias finales, se encuentra en el Clinker en un 15% al 30%.



**Figura 13:** Resistencia a compresión del concreto a edad de 28 días. **Fuente:**

*Autor de tesis.*

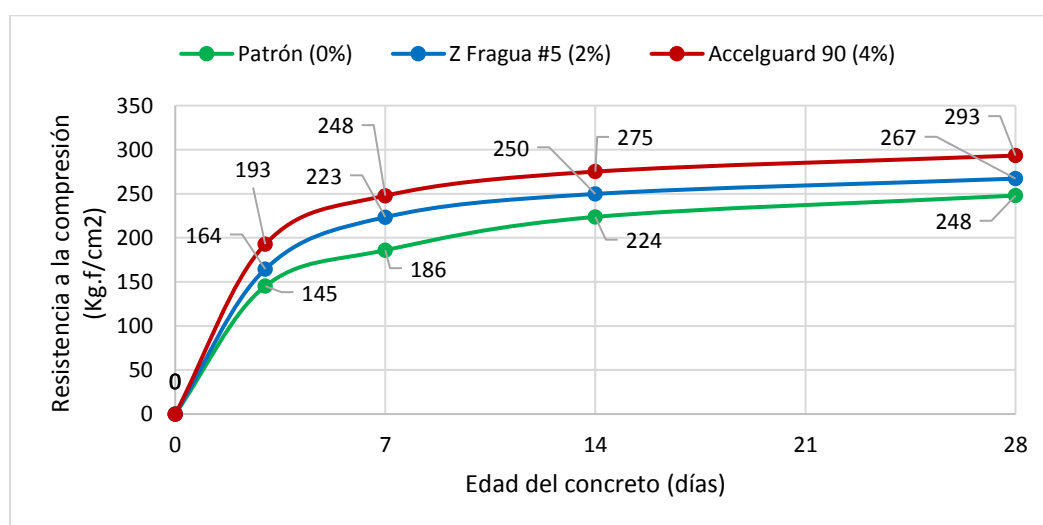
El aditivo Accelguard 90 a edad de 28 días posee la resistencia a compresión con mayor incremento, como también ocurrió en las edades de 3, 7, 14 días; llegó a una resistencia de 293 Kg.f/cm<sup>2</sup> (Ver Figura 13), es decir aumentó en 18% respecto a la muestra patrón, además con este porcentaje, se comprueba que, cumple lo que estipula la ASTM C494 (110% del patrón); a edad de 28 días la velocidad de ascender en la resistencia a la compresión disminuye, sin embargo aumenta esta propiedad al 18%, debido a que, la función del aditivo Accelguard 90 es aumentar la trabajabilidad (muy plástica), y minimizar la exudación y segregación. Sin embargo, al emplear el 2% de Accelguard 90 respecto al peso del cemento cumple con la ASTM C494, caso contrario, es al momento de aumentar a una cantidad en su 6%, la resistencia disminuye, debido a que en la elaboración de la mezcla se observa que el



concreto posee un asentamiento fluido, generando posibles patologías de exudación y segregación.

En la Figura 13, se observa que, el Z Fragua #5 presenta a edad de 28 días una compresión de 267 Kg.f/cm<sup>2</sup> en su cantidad del 2% respecto al peso del cemento; al compararla con la muestra patrón aumenta en un 8%, incumpliendo los requisitos de la ASTM C494. Al añadir el 6% del aditivo solo incrementa el 1% de la muestra patrón y al adicionar el 4% respecto al peso del cemento un 3%. Se debe tener en cuenta que, a los 28 días el aumento de la resistencia es mínimo, es posible, al aumentar la cantidad de aditivo se produzca mayores pérdidas.

En resumen, el aditivo ASTM C494 tipo E posee gran influencia en la resistencia a compresión a edades tempranas, sin embargo, se debería determinar la cantidad de aditivo óptimo para evitar pérdidas y aumento del costo. Es importante recalcar que, a través de las barras de error de la desviación estándar se comprueba la influencia del aditivo Z Fragua #5 y Accelguard 90.



**Figura 14:** Resistencia del concreto en las dosificaciones óptimas. **Fuente:** Autor de tesis.

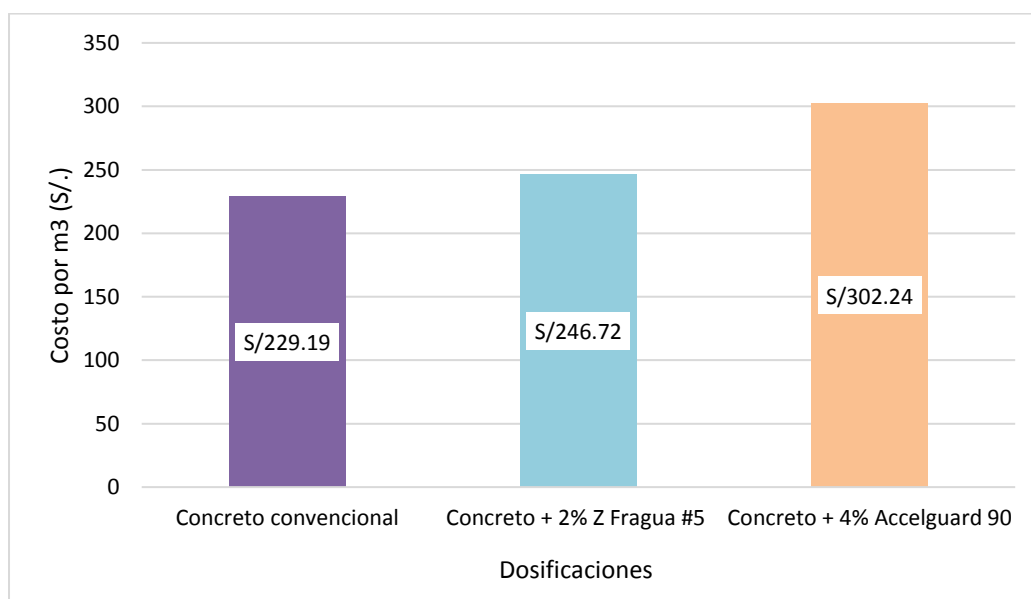
En la Figura 14, se observa un resumen de la resistencia a compresión de los porcentajes óptimos para cada aditivo con las edades del concreto (3, 7, 14 y 28 días). El Accelguard 90 consiguió los mejores resultados. En la tesis de (Condori, 2015) se demostró que, el Accelguard 90 es un factor que permite obtener concretos de alta resistencia, siempre y cuando se incorpore el aditivo Euco 37 (2%), solo se utilizó del Accelguard 90 el 2.5% respecto al peso del cemento; la investigación no se centró en obtener resistencias elevadas a edades tempranas sino a los 28 días, es por ello que se utilizó una mínima cantidad del Accelguard 90, en caso contrario se debería utilizar una mayor cantidad de aditivo porque la temperatura ambiente de Juliaca (lugar de elaboración de tesis) es menor a la de Trujillo, y se debe conseguir un mayor calor de hidratación; a los 28 días la resistencia ascendió al 138%, a 3 días 112%, y a 7 días 121%.

#### **4.1.6. Evaluación económica del aditivo tipo E**

En las obras actuales se necesita concretos que adquieran altas resistencias a edades tempranas, para alcanzar esas propiedades se diseñan concretos de alta resistencia, pero como consecuencia se eleva el costo, sin embargo, es posible reducir la cantidad de agua, pero generaría que la mezcla fresca posea poca trabajabilidad, afectan a la resistencia por tener una deficiente distribución de los materiales que intervienen en la pasta.

La opción más factible sería el empleo del aditivo ASTM C494 tipo E en la dosificación del concreto, ya que no solo tendrá efectos positivos en las resistencias a edades tempranas, sino también, en reducir la cantidad de agua sin afectar

negativamente al asentamiento de la mezcla. Esto beneficiará al avance de obra, reduciendo costos por el desencofrado en un menor tiempo, es decir, el costo de mano de obra descenderá.



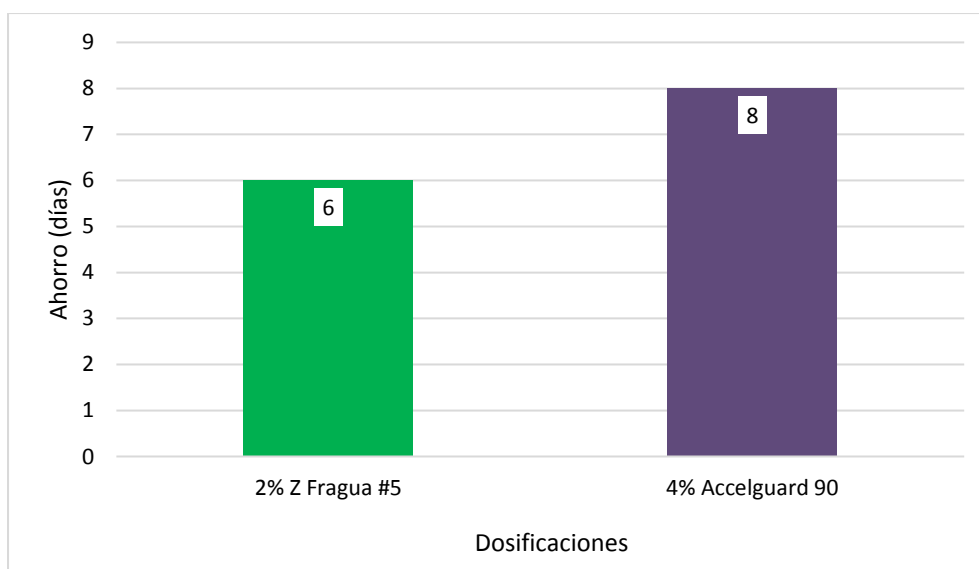
**Figura 15:** Evaluación de costos por m<sup>3</sup> del concreto convencional y con aditivo ASTM C494 tipo E. **Fuente:** Autor de tesis.

Para la elaboración del concreto se utiliza: piedra, arena, cemento, agua y en ocasiones aditivos. En la Figura 15 se observan los costos de la dosificación convencional y las más óptimas con aditivo ASTM C494 tipo E, los precios para los materiales se encuentran en las Tablas 41, 42 y 43; estos son referenciales porque varían dependiendo la fecha a construir.

El aditivo ASTM C494 tipo E proporciona al concreto mejores propiedades físicas y mecánicas, pero producen un incremento en el costo por su incorporación en la dosificación. Es por ello, que se optó por analizar los aditivos óptimos, es decir, los que tienen mejor influencia en los resultados. Se tiene en cuenta que, al utilizar el aditivo tipo E, se reduce el costo en agua y cemento, porque en la investigación se

disminuyó el agua a un 95%, es el límite máximo que permite la ASTM C494, sin afectar la relación agua/cemento.

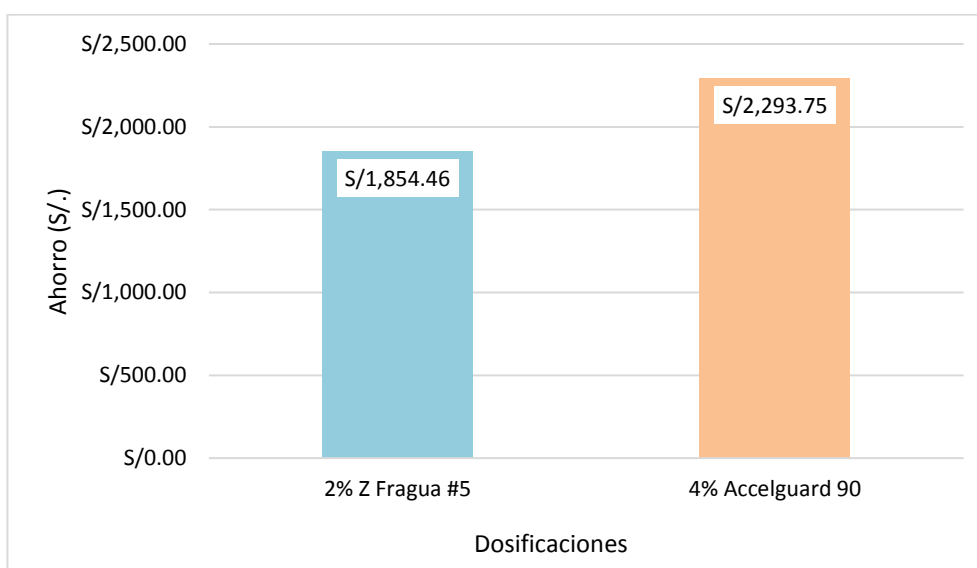
La muestra patrón por metro cúbico tiene un costo de S/.229.19, la dosificación con el 2% de aditivo Z Fragua #5 respecto al peso del cemento es de S/. 246.72, aumenta el costo en un 8%, no se justifica el ascenso del costo porque no cumple con todos rangos de la ASTM C494 que se ha investigado, y disminuye la trabajabilidad. El Accelguard 90 en su 4% de acuerdo al peso del cemento es de S/. 302.24, aumenta en 31.87%, sin embargo, este aditivo cumple con los rangos establecidos por la ASTM C494, con el tiempo de fraguado inicial y final, y la resistencia a compresión a 3, 7 y 28 días, posee una buena trabajabilidad. Para los ensayos a resistencia a compresión se utilizó el curador químico Membranil Reforzado (Chema).



**Figura 16:** Ahorro de días en Losa aligerada de 36 m<sup>2</sup> espesor 0.25 m con uso de aditivo ASTM C494 tipo E. **Fuente:** Autor de tesis.

En la Tabla 49, se muestra los costos para la construcción de una losa aligerada de 36 m<sup>2</sup> con espesor de 0.25 m, en resumen, en la Figura 17 se aprecia que el aditivo Accelguard 90 a pesar de que su costo por m<sup>3</sup> de concreto es mayor, se ahorra S/. 2,293.75 en la construcción de esta estructura, además, en la Figura 16, se puede explicar el porqué de un mayor ahorro, la construcción de la losa aligerada se reduce en 8 días respecto al concreto convencional.

En conclusión, los aditivos ASTM C494 tipo E aumenta al costo por m<sup>3</sup> de concreto por adicionar este producto, sin embargo, las características que proporciona al concreto benefician a sus propiedades físicas y mecánicas como el tiempo de fragua inicial y final, trabajabilidad y resistencia a la compresión a edades tempranas, generando ahorro al emplear en la construcción de elementos de concreto, permitiendo un desencofrado en un menor tiempo.



**Figura 17:** Ahorro de Costo en Losa aligerada de 36 m<sup>2</sup> espesor 0.25 m con uso de aditivo ASTM C494 tipo E. **Fuente:** Autor de tesis.

## 4.2 Conclusiones

- Se determinó que, el aditivo ASTM C494 tipo E influye en las propiedades del concreto como en el asentamiento, tiempo de fraguado inicial y final, y en la resistencia a la compresión.
- Se desarrolló el diseño de mezcla para un concreto de resistencia de 210 Kg.f/cm<sup>2</sup>, con Cemento Pacasmayo Tipo I, agregados de la cantera El Milagro, basándose en el método ACI 211-11, con relación agua/cemento 0.611; las proporciones fueron: Agregado Fino 40%, Agregado Grueso 34%, Cemento 16% y agua el 10%, posterior se adicionó la dosis de aditivo ASTM C494 tipo E.
- La resistencia a la compresión aumenta al adicionar el aditivo ASTM C494 tipo E. El aditivo Accelguard 90 consigue el máximo valor, supera en 33%; el Z Fragua #5 sólo en 13% para edad de 3 días. A la vez, se consiguió incrementos para las edades de 7, 14 y 28 días, siendo el Accelguard 90 el aditivo más óptimo. A mayores edades la velocidad de incrementar la resistencia disminuye.
- Las propiedades del concreto más afectadas por el uso del aditivo ASTM C494 tipo E son: el asentamiento y fraguado del concreto; por ser un aditivo acelerante y plastificante.

El asentamiento del concreto convencional con aditivo ASTM C494 tipo E excepto el Accelguard 90 en 6% del peso del cemento, son adecuadas para la mezcla, tienen una consistencia plástica y muy plástico, la del 6% se considera mezcla fluida, es posible generar afecciones a las propiedades mecánicas del concreto por la generación de exudación y segregación.

El tiempo de fraguado del concreto con aditivo ASTM C494 tipo E disminuye.

El Accelguard 90 proporciona al tiempo inicial de fraguado una reducción de 80 minutos y en el tiempo final 98 minutos, respecto a la muestra patrón; es el aditivo que cumple con las especificaciones de la ASTM C494, en esta propiedad. El Z Fragua produce reducciones de 36 y 40 minutos del tiempo de fraguado inicial y final respectivamente, este aditivo no cumple con la ASTM C494.

- Por medio de los resultados en la investigación se estableció que, para optimizar las propiedades de asentamiento, tiempo de fraguado y resistencia a la compresión, se utilizará el 4% de aditivo Accelguard 90 respecto al peso del cemento y el 2% del Z Fragua #5.
- Se comprobó que, el Accelguard 90 en su porcentaje óptimo cumple con las especificaciones que establece la ASTM C494, en el tiempo de fraguado inicial y final, y resistencia a la compresión a edades de 3, 7 y 28 días. El Z Fragua #5, solo cumplió en la resistencia a compresión a los 7 días.
- Se realizó un análisis económico de la construcción de una losa aligerada de 36 m<sup>2</sup> con espesor de 0.25 m, con el empleo de concreto convencional y con adiciones de aditivo tipo E. El Accelguard 90 permite ahorrar en proporción mayor, el costo disminuyó en S/ 2,293.75, además, otorga a las propiedades del concreto mejores valores. El Z Fragua #5 consiguió un ahorro de S/1,854.46.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda emplear el aditivo Accelguard 90 porque cumplió con los estándares de la ASTM C494, como el tiempo de fraguado y resistencia a compresión.
- Desarrollar la investigación de concreto con adición de aditivo ASTM C494 tipo E en otras regiones geográficas del Perú, para observar los efectos de estos en otras temperaturas.
- Realizar ensayos a compresión del concreto con aditivo tipo E en edades de 3 meses y 1 año, para verificar el control de calidad respecto a la ASTM C494.
- Efectuar los ensayos de resistencia a la flexión, ya que es una propiedad que posee límites según la ASTM C494.
- Realizar variaciones en el porcentaje de reducción de agua al diseño de mezcla entre 0 a 5%, como se estipula en la ASTM C494.
- Elaborar estudios sobre mezclas de concreto con aditivo ASTM C494 tipo E en un mayor número de porcentajes. (1%, 3%, 5%).
- Investigar las propiedades físicas y mecánicas del concreto con aditivo ASTM C494 tipo E, en diferentes  $f'c$  de diseño.



## REFERENCIAS

- ACI-211. (2002). *Práctica Estandar para Seleccionar el Proporcionamiento de Concreto de Peso Normal, Pesado y Masivo*. Estados Unidos.
- ASTM C494. (2017). *Especificación Normalizada de Aditivos Químicos para Concreto*. Estados Unidos.
- ASTM International. (2004). *Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete*. Estados Unidos.
- Beltrán, G. (Diciembre de 2008). *El concreto en la vida moderna*. Colombia.
- Carrasco, F. (2013). *Tecnología del Hormigón*. Argentina.
- Castro, N. (2001). *Características del Concreto con Aditivos Acelerantes e Incorporador de Aire y C.P.T. I, Fabricado en la Ciudad de Huancayo*. Lima, Perú.
- Cemento Pacasmayo S.A.A. (12 de Febrero de 2018). *Cementos Pacasmayo S.A.A. anuncia resultados consolidados*. Lima, Perú.
- Chryso. (22 de Junio de 2018). *Chryso y Lafarge Holcim presentan un nuevo sistema que aporta al hormigón tecnología fotoluminiscente*. España.
- Condori, M. (2015). *Comportamiento en la elaboración de concreto de alta resistencia con la incorporación de aditivos Euco 37 y Accelguard 90 en la ciudad de Juliaca*. Juliaca, Perú.
- Correo. (03 de Octubre de 2017). *Las Edificaciones en Trujillo son Bombas de Tiempo*. Perú.
- El Comercio. (18 de Octubre de 2018). *La Libertad: Contraloría confirma retraso en las obras de reconstrucción*. Perú.

- El Comercio. (10 de Octubre de 2018). *Chavimochic III: Días Clave para Destruir las Obras*. Perú.
- El Comercio. (21 de Mayo de 2018). *El Sector Construcción Creció en 5.1% en el Primer Trimestre*. Perú.
- Gabalec, M. (2008). *Tiempo de fraguado del hormigón*. Argentina.
- Garay, L., & Quispe, C. (Octubre de 2016). *Estudio del Concreto - Elaborado en los Vaciados de Techo de Vivienda en Lima y Evaluación de Alternativa de Mejora Mediante el Empleo de Aditivo Superplastificante (Reductor de Agua de Alto Rango)*. Lima, Perú.
- Gastañadui, F. (s.f.). *Control de Calidad de Concreto*. Perú.
- Huamaní, E. (2016). *Peso específico*.
- Lara, D. (2018). *Influencia de los Aditivos Tipo C según ASTM C494-17, Dosificación y Curado sobre la Compresión, Trabajabilidad y Fraguado en un Concreto Convencional, Trujillo-2018*. Trujillo, Perú.
- MC-Bauchemie. (25 de Junio de 2018). *Los 22 cajones de hormigón del puerto de Aberdeen se construyen con aditivos de MC Spain*. España.
- Municipalidad Provincial de Chepén. (10 de Junio de 2018). *Mejoramiento de 20 Km del Canal Nuevo Horizonte, mediante Revestimiento. con concreto  $f'c=175$  kg./cm<sup>2</sup>,  $e=7.5$  c.* Chepén, Perú.
- Ochoa, R. (03 de Octubre de 2014). *Pavimentos de concreto y modernización carretera en México*. México.

- Ortega, K., Sarmiento, V., & Villegas, A. (Diciembre de 2016). *La Construcción Alrededor del Mundo - ¿Qué ha pasado y qué podemos esperar?* Colombia.
- Perú Construye. (29 de Febrero de 2016). *AUTOHORMIGONERAS: MEZCLADORAS DE CONCRETO MÓVILES*. Perú.
- Perú Construye. (10 de Octubre de 2016). *Concretos Supermix S.A. Obtiene Certificación ISO 9001 en Cuso, Tacna, Moquegua e Ilo*. Perú.
- Perú Construye. (3 de Julio de 2018). *Acelerantes para fraguado de concreto: Aditivos con rapidez y dureza puesta a prueba*. Perú.
- Polanco, A. (2012). *Manual de practicas de laboratorio de concreto*.
- RPP. (22 de Setiembre de 2017). *Informalidad en el Sector Construcción: ¿Por qué las Edificaciones se Caen? ¿Cómo Evitarlo?* Perú.
- Toledo, M. (2004). *Estudio de la influencia de aditivos acelerantes sobre las propiedades del concreto*. Lima, Perú.
- Viacava, J. (2015). *Buenas prácticas constructivas en la colocación del concreto en obra*. Trujillo, Perú.

## APÉNDICE

### APÉNDICE 1: Caracterización de agregados.

#### Ensayo de Granulometría

**Tabla 51:** *Ensayo granulométrico del agregado fino – Muestra 1.*

N° tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	% Peso retenido	% Peso retenido acumulado	% Que pasa
1/2"	12.5	0.00	0.0%	0.0%	100%
3/8"	9.5	0.00	0.0%	0.0%	100%
N° 4	4.75	32.26	3.2%	3.2%	96%
N° 8	2.36	95.19	9.3%	12.5%	88%
N° 16	1.18	156.43	15.3%	27.7%	72%
N° 30	0.6	220.05	21.5%	49.2%	51%
N° 50	0.3	203.42	19.9%	69.1%	31%
N° 100	0.15	271.71	26.5%	95.6%	4%
N° 200	0.075	34.80	3.4%	99.0%	1%
Fondo	0	10.14	1.0%	100.0%	0%
Total		1024.00			

*Fuente: Autor de tesis.*

**Tabla 52:** *Ensayo granulométrico del agregado fino – Muestra 2.*

N° Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	% Peso Retenido	% Peso Retenido Acumulado	% Que Pasa
1/2"	12.5	0.00	0.0%	0.0%	100%
3/8"	9.5	0.00	0.0%	0.0%	100%
N° 4	4.75	33.27	3.2%	3.2%	97%
N° 8	2.36	96.37	9.4%	12.7%	87%
N° 16	1.18	155.15	15.2%	27.8%	72%
N° 30	0.6	219.25	21.4%	49.2%	51%
N° 50	0.3	199.03	19.4%	68.7%	31%
N° 100	0.15	273.29	26.7%	95.3%	5%
N° 200	0.075	40.89	4.0%	99.3%	1%
Fondo	0	6.75	0.7%	100.0%	0%
Total		1024.00			

*Fuente: Autor de tesis.*

**Tabla 53:** *Ensayo granulométrico del agregado fino – Muestra 3.*

N° Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	% Peso Retenido	% Peso Retenido Acumulado	% Que Pasa
1/2"	12.5	0.00	0.0%	0.0%	100%
3/8"	9.5	0.00	0.0%	0.0%	100%
N° 4	4.75	31.14	3.0%	3.0%	97%
N° 8	2.36	98.02	9.6%	12.6%	87%
N° 16	1.18	153.13	15.0%	27.6%	72%
N° 30	0.6	221.85	21.7%	49.2%	51%
N° 50	0.3	200.03	19.5%	68.8%	31%
N° 100	0.15	275.89	26.9%	95.7%	4%
N° 200	0.075	40.89	4.0%	99.7%	0%
Fondo	0	3.05	0.3%	100.0%	0%
Total		1024.00			

*Fuente: Autor de tesis.*

**Tabla 54:** *Ensayo granulométrico del agregado grueso – Muestra 1.*

N° Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	% Peso Retenido	% Peso Retenido Acumulado	% Que Pasa
N° 2"	50.8	0.00	0.0%	0.0%	100%
N° 1 1/2"	38.1	0.00	0.0%	0.0%	100%
N° 1"	25.4	0.00	0.0%	0.0%	100%
N° 3/4"	19.05	0.00	0.0%	0.0%	100%
N° 1/2"	12.7	254.28	12.7%	12.7%	87%
N° 3/8"	9.5	836.38	41.8%	54.5%	45%
N° 4	4.75	710.96	35.5%	90.1%	10%
N° 8	2.36	197.37	9.9%	99.9%	0%
Fondo	0	1.04	0.1%	100.0%	0%
Total		2000.03			

*Fuente: Autor de tesis.*

**Tabla 55:** *Ensayo granulométrico del agregado grueso – Muestra 2.*

N° Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	% Peso Retenido	% Peso Retenido Acumulado	% Que Pasa
N° 2"	50.8	0.00	0.0%	0.0%	100%
N° 1 1/2"	38.1	0.00	0.0%	0.0%	100%
N° 1"	25.4	0.00	0.0%	0.0%	100%
N° 3/4"	19.05	0.00	0.0%	0.0%	100%
N° 1/2"	12.7	263.77	13.2%	13.2%	87%
N° 3/8"	9.5	857.42	42.9%	56.1%	44%
N° 4	4.75	680.84	34.0%	90.1%	10%
N° 8	2.36	196.68	9.8%	99.9%	0%
Fondo	0	1.32	0.1%	100.0%	0%
Total		2000.03			

*Fuente:* Autor de tesis.

**Tabla 56:** *Ensayo granulométrico del agregado grueso – Muestra 3.*

N° Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	% Peso Retenido	% Peso Retenido Acumulado	% Que Pasa
N° 2"	50.8	0.00	0.0%	0.0%	100%
N° 1 1/2"	38.1	0.00	0.0%	0.0%	100%
N° 1"	25.4	0.00	0.0%	0.0%	100%
N° 3/4"	19.05	0.00	0.0%	0.0%	100%
N° 1/2"	12.7	256.99	12.8%	12.8%	87%
N° 3/8"	9.5	876.18	43.8%	56.7%	43%
N° 4	4.75	700.72	35.0%	91.7%	8%
N° 8	2.36	159.29	8.0%	99.7%	0%
Fondo	0	6.85	0.3%	100.0%	0%
Total		2000.03			

*Fuente:* Autor de tesis.

**Tabla 57:** Granulometría del Agregado fino - Promedio de porcentaje que pasa.

N° Tamiz	% Que Pasa	Límite inferior	Límite superior
1/2"	100%		
3/8"	100%	100%	100%
N° 4	967%	95%	100%
N° 8	87%	80%	100%
N° 16	72%	50%	85%
N° 30	51%	25%	60%
N° 50	31%	5%	30%
N° 100	4%	0%	10%
N° 200	1%	0%	5%
Fondo	0%	0%	0%

*Fuente:* Autor de tesis.

**Tabla 58:** Granulometría del Agregado grueso - Promedio de porcentaje que pasa.

N° Tamiz	% Que Pasa	Límite inferior	Límite superior
N° 2"	100%		
N° 1 1/2"	100%	100%	100%
N° 1"	100%	100%	100%
N° 3/4"	100%	100%	100%
N° 1/2"	87%	90%	100%
N° 3/8"	44%	40%	70%
N° 4	9%	0%	15%
N° 8	0%	0%	5%
Fondo	0%	0%	0%

*Fuente:* Autor de tesis.

### Peso unitario suelto y compactado

**Tabla 59:** *Volumen del molde para peso unitario suelto y compactado de los agregados.*

Material	Código	Peso del Molde (Kg)	Peso del Molde + Agua (Kg)	Peso del Agua (Kg)	Factor del Agua a 23°C(Kg/m <sup>3</sup> )	Volumen del Molde (m <sup>3</sup> )
Volumen del Agua	M1	3.354	10.421	7.067	997.5415	0.007084
	M2	3.354	10.419	7.065	997.5415	0.007082
	M3	3.354	10.42	7.066	997.5415	0.007083
<b>Promedio</b>						<b>0.007083</b>

*Fuente:* Autor de tesis.

**Tabla 60:** *Ensayo de peso unitario suelto y compactado – Agregado fino.*

Código	Peso del Molde (Kg)	Peso del Molde + Muestra Suelta (Kg)	Peso del Molde + Muestra Compactada (Kg)	Peso de la Muestra Suelta (Kg)	Peso de la Muestra Compactada (Kg)	Volumen del Molde (m <sup>3</sup> )	Peso Unitario Suelto (Kg/m <sup>3</sup> )	Peso Unitario Compactado (Kg/m <sup>3</sup> )
M1	3.354	14.016	16.02	10.662	12.666	0.007083	1505	1788
M2	3.354	14.020	16.018	10.666	12.664		1506	1788
M3	3.354	14.050	16.036	10.696	12.682		1510	1790
<b>Promedio</b>							<b>1507</b>	<b>1789</b>

*Fuente:* Autor de tesis.

**Tabla 61:** *Ensayo de peso unitario suelto y compactado – Agregado grueso.*

Código	Peso del Molde (Kg)	Peso del Molde + Muestra Suelta (Kg)	Peso del Molde + Muestra Compactada (Kg)	Peso de la Muestra Suelta (Kg)	Peso de la Muestra Compactada (Kg)	Volumen del Molde (m <sup>3</sup> )	Peso Unitario Suelto (Kg/m <sup>3</sup> )	Peso Unitario Compactado (Kg/m <sup>3</sup> )
M1	3.354	13.483	15.238	10.129	11.884	0.007083	1430	1678
M2	3.354	13.452	15.205	10.098	11.851		1426	1673
M3	3.354	13.437	15.198	10.083	11.844		1423	1672
<b>Promedio</b>							<b>1426</b>	<b>1674</b>

*Fuente:* Autor de tesis.



**Tabla 62:** Análisis estadístico para peso unitario suelto y compactado de los agregados.

Ensayo	Agregado	Promedio (Kg/m <sup>3</sup> )	Varianza	Desviación estándar (Kg/m <sup>3</sup> )	Coefficiente de variación
Peso unitario suelto	Fino	1507	6.88	2.62	0.00
	Grueso	1426	10.97	3.31	0.00
Peso unitario compactado	Fino	1789	1.94	1.39	0.00
	Grueso	1674	9.09	3.02	0.00

*Fuente:* Autor de tesis.

### Peso Específico y absorción

**Tabla 63:** Ensayo de peso específico y absorción del agregado fino.

Código	Peso de la Muestra Seca al Horno (gr)	Peso de Fiola + agua (gr)	Peso de Fiola + agua + Muestra (gr)	Peso de la Muestra Saturada (gr)	% Absorción	Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	Densidad Saturada Superficialmente Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	Densidad Aparente (gr/cm <sup>3</sup> )	
	A	B	C	D					
M1	489	670	982	502	2.66	2.57	2.64	2.76	
M2	491	672	986	504	2.65	2.58	2.65	2.77	
M3	489	671	983	502	2.66	2.57	2.64	2.76	
					<b>Promedio</b>	<b>2.65</b>	<b>2.58</b>	<b>2.65</b>	<b>2.77</b>

*Fuente:* Autor de tesis.

**Tabla 64:** Análisis estadístico para peso específico y absorción del agregado fino.

Ensayo	Promedio (gr/cm <sup>3</sup> )	Varianza	Desviación estándar (gr/m <sup>3</sup> )	Coefficiente de variación
Densidad S (gr/cm <sup>3</sup> )	2.58	0.00	0.01	0.00
Densidad SSS (gr/cm <sup>3</sup> )	2.65	0.00	0.01	0.00
Densidad aparente (gr/cm <sup>3</sup> )	2.77	0.00	0.01	0.00
Absorción (%)	2.65	0.00	0.01	0.00

*Fuente:* Autor de tesis.

**Tabla 65:** *Ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso.*

Código	Peso de la Muestra Seca al Horno (gr) A	Peso de Muestra saturada con superficie seca (gr) C	Peso de la Muestra sumergida en agua (gr) D	% Absorción	Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	Densidad Saturada Superficialmente Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	Densidad Aparente (gr/cm <sup>3</sup> )
M1	2163	2205	1377	1.94	2.61	2.66	2.75
M2	2159	2201	1374	1.95	2.61	2.66	2.75
M3	2160	2203	1375	1.99	2.61	2.66	2.75
<b>Promedio</b>				<b>1.96</b>	<b>2.61</b>	<b>2.66</b>	<b>2.75</b>

*Fuente:* Autor de tesis.

**Tabla 66:** *Análisis estadístico para peso específico y absorción del agregado grueso.*

Ensayo	Promedio (gr/cm <sup>3</sup> )	Varianza	Desviación estándar (gr/m <sup>3</sup> )	Coefficiente de variación
Densidad S (gr/cm <sup>3</sup> )	2.61	0.00	0.00	0.00
Densidad SSS (gr/cm <sup>3</sup> )	2.66	0.00	0.00	0.00
Densidad aparente (gr/cm <sup>3</sup> )	2.75	0.00	0.00	0.00
Absorción (%)	1.96	0.00	0.03	0.01

*Fuente:* Autor de tesis.

### Contenido de humedad

**Tabla 67:** *Ensayo de contenido de humedad del agregado fino.*

Código	Peso de la Tara (gr)	Peso de la Tara + Muestra Natural (gr)	Peso de la Tara + Muestra Seca (gr)	Ph: Peso de la Muestra Natural (gr)	Ps: Peso de la Muestra Seca (gr)	W: Humedad (%)
M1	300.42	1366.19	1352.32	1065.77	1051.9	1.32
M2	332.03	1324.98	1312.01	992.95	979.98	1.32
M3	305.21	1360.08	1346.38	1054.87	1041.17	1.32
<b>Promedio</b>						<b>1.32</b>

*Fuente:* Autor de tesis.

**Tabla 68:** *Análisis estadístico para contenido de humedad del agregado fino.*

Ensayo	Promedio (%)	Varianza	Desviación estándar (%)	Coefficiente de variación
Contenido de humedad	1.32	0.00	0.00	0.00

*Fuente:* Autor de tesis.

**Tabla 69:** *Ensayo de contenido de humedad del agregado grueso.*

Código	Peso de la Tara (gr)	Peso de la Tara + Muestra Natural (gr)	Peso de la Tara + Muestra Seca (gr)	Ph: Peso de la Muestra Natural (gr)	Ps: Peso de la Muestra Seca (gr)	W: Humedad (%)
M1	85.6	2090.65	2074.09	2005.05	1988.49	0.83
M2	86.32	2091.36	2074.53	2005.04	1988.21	0.85
M3	168.76	2172.78	2156.81	2004.02	1988.05	0.80
<b>Promedio</b>						<b>0.83</b>

*Fuente:* Autor de tesis.

**Tabla 70:** *Análisis estadístico para contenido de humedad del agregado grueso.*

Ensayo	Promedio (%)	Varianza	Desviación estándar (%)	Coefficiente de variación
Contenido de humedad	0.83	0.00	0.02	0.03

*Fuente:* Autor de tesis.

**APÉNDICE 2: Resultados de los ensayos del concreto en estado fresco y endurecido.**

**Asentamiento**

**Tabla 71:** *Ensayo de asentamiento.*

Aditivo	% de Aditivo	Especimen	Asentamiento (cm)	Asentamiento (pulg)	Asentamiento Promedio (cm)	Asentamiento Promedio (pulg)
Z Fragua #5	0%	P-1	10	4	10.3	4
		P-2	11	4 1/4		
		P-3	10	4		
	2%	Z2-1	9.5	3 3/4	9.7	3 3/4
		Z2-2	10	4		
		Z2-3	9.5	3 3/4		
	4%	Z4-1	11.5	4 1/2	11.8	4 3/4
		Z4-2	12	4 3/4		
		Z4-3	12	4 3/4		
	6%	Z6-1	14	5 1/2	14.2	5 1/2
		Z6-2	14.5	5 3/4		
		Z6-3	14	5 1/2		
Accelguard 90	0%	P-1	10	4	10.3	4
		P-2	11	4 1/4		
		P-3	10	4		
	2%	A2-1	11	4 1/4	11.3	4 1/2
		A2-2	11.5	4 1/2		
		A2-3	11.5	4 1/2		
	4%	A4-1	14	5 1/2	13.8	5 1/2
		A4-2	13.5	5 1/4		
		A4-3	14	5 1/2		
	6%	A6-1	15.5	6	15.8	6 1/4
		A6-2	16	6 1/4		
		A6-3	16	6 1/4		

***Fuente:*** Autor de tesis.

**Tabla 72:** Análisis estadístico para ensayo de asentamiento.

Aditivo	% de Aditivo	Asentamiento Promedio	Varianza	Desviación estándar (pulg.)	Coeficiente de variación (%)
		pulg.			
Z Fragua #5	0%	4	0.06	0.25	6.25
	2%	3 3/4	0.06	0.25	6.67
	4%	4 3/4	0.06	0.25	5.26
	6%	5 1/2	0.06	0.25	4.55
Accelguard 90	0%	4	0.06	0.25	6.25
	2%	4 1/2	0.06	0.25	5.56
	4%	5 1/2	0.06	0.25	4.55
	6%	6 1/4	0.06	0.25	4.00

*Fuente:* Autor de tesis.

### Tiempo de fraguado

**Tabla 73:** Ensayo de tiempo de fraguado – Patrón 0%.

Tiempo (Min)	Carga (Libras)				Agujas de Penetración			Resistencia Penetración (psi)	Temperatura
	M 1	M 2	M 3	Promedio	Nº Aguja	Diámetro (Pulgadas)	Área Contacto (Pulg <sup>2</sup> )		Mortero
0	0	0	0	0	0	0.000	0.000	0	20.8 °C
270	65	60	57	61	1	1.128	1.000	61	22.0 °C
300	83	75	79	79	2	0.798	0.500	158	22.4 °C
360	118	115	110	114	3	0.564	0.250	457	22.8 °C
420	130	137	133	133	4	0.357	0.100	1333	23.3 °C
480	135	142	145	141	5	0.252	0.050	2813	23.5 °C
510	100	104	108	104	6	0.178	0.025	4160	23.5 °C

*Fuente:* Autor de tesis.

**Tabla 74:** Ensayo de tiempo de fraguado – Z Fragua #5 2%.

Tiempo (Min)	Carga (Libras)				Agujas de Penetración			Resistencia Penetración (psi)	Temperatura Mortero
	M 1	M 2	M 3	Promedio	Nº Aguja	Diámetro (Pulgadas)	Área Contacto (Pulg <sup>2</sup> )		
0	0	0	0	0	0	0.000	0.000	0	20.9 °C
210	32	35	35	34	1	1.128	1.000	34	22.6 °C
270	97	94	100	97	2	0.798	0.500	194	23.3 °C
330	125	129	128	127	3	0.564	0.250	509	23.7 °C
390	130	133	129	131	4	0.357	0.100	1307	24.5 °C
420	115	115	119	116	5	0.252	0.050	2327	24.6 °C
480	110	115	113	113	6	0.178	0.025	4507	25.0 °C

*Fuente:* Autor de tesis.

**Tabla 75:** Ensayo de tiempo de fraguado – Z Fragua #5 4%.

Tiempo (Min)	Carga (Libras)				Agujas de Penetración			Resistencia Penetración (psi)	Temperatura Mortero
	M 1	M 2	M 3	Promedio	Nº Aguja	Diámetro (Pulgadas)	Área Contacto (Pulg <sup>2</sup> )		
0	0	0	0	0	0	0.000	0.000	0	21.0 °C
210	25	23	22	23	1	1.128	1.000	23	22.4 °C
270	46	48	50	48	2	0.798	0.500	96	23.0 °C
330	99	102	105	102	3	0.564	0.250	408	23.5 °C
390	125	121	126	124	4	0.357	0.100	1240	24.1 °C
420	107	103	105	105	5	0.252	0.050	2100	24.2 °C
480	108	105	105	106	6	0.178	0.025	4240	24.4 °C

*Fuente:* Autor de tesis.

**Tabla 76:** Ensayo de tiempo de fraguado – Z Fragua #5 6%.

Tiempo (Min)	Carga (Libras)				Agujas de Penetración			Resistencia Penetración (psi)	Temperatura Mortero
	M 1	M 2	M 3	Promedio	Nº Aguja	Diámetro (Pulgadas)	Área Contacto (Pulg <sup>2</sup> )		
0	0	0	0	0	0	0.000	0.000	0	20.8 °C
210	20	20	23	21	1	1.128	1.000	21	22.3 °C
270	42	45	40	42	2	0.798	0.500	85	22.6 °C
330	95	100	98	98	3	0.564	0.250	391	23.1 °C
390	108	110	106	108	4	0.357	0.100	1080	23.4 °C
450	129	134	132	132	5	0.252	0.050	2633	23.9 °C
510	107	111	110	109	6	0.178	0.025	4373	24.1 °C

*Fuente:* Autor de tesis.

**Tabla 77:** *Ensayo de tiempo de fraguado – Accelguard 90 2%.*

Tiempo (Min)	Carga (Libras)				Agujas de Penetración			Resistencia Penetración (psi)	Temperatura Mortero
	M 1	M 2	M 3	Promedio	Nº Aguja	Diámetro (Pulgadas)	Área Contacto (Pulg <sup>2</sup> )		
0	0	0	0	0	0	0.000	0.000	0	21.1 °C
180	26	27	25	26	1	1.128	1.000	26	23.0 °C
210	36	35	38	36	2	0.798	0.500	73	23.3 °C
240	30	32	33	32	3	0.564	0.250	127	23.7 °C
300	62	65	61	63	4	0.357	0.100	627	24.4 °C
360	88	87	89	88	5	0.252	0.050	1760	25.3 °C
420	90	92	88	90	6	0.178	0.025	3600	25.6 °C
430	105	106	108	106	6	0.178	0.025	4253	25.7 °C

*Fuente: Autor de tesis.*

**Tabla 78:** *Ensayo de tiempo de fraguado – Accelguard 90 4%.*

Tiempo (Min)	Carga (Libras)				Agujas de Penetración			Resistencia Penetración (psi)	Temperatura Mortero
	M 1	M 2	M 3	Promedio	Nº Aguja	Diámetro (Pulgadas)	Área Contacto (Pulg <sup>2</sup> )		
0	0	0	0	0	0	0.000	0.000	0	21.3 °C
180	35	32	35	34	1	1.128	1.000	34	23.5 °C
210	46	43	45	45	2	0.798	0.500	89	23.7 °C
240	48	50	47	48	3	0.564	0.250	193	24.1 °C
300	75	71	73	73	4	0.357	0.100	730	25.0 °C
360	116	118	120	118	5	0.252	0.050	2360	26.0 °C
420	100	103	105	103	6	0.178	0.025	4107	26.4 °C

*Fuente: Autor de tesis.*

**Tabla 79:** *Ensayo de tiempo de fraguado – Accelguard 90 6%.*

Tiempo (Min)	Carga (Libras)				Agujas de Penetración			Resistencia Penetración (psi)	Temperatura  Mortero
	M 1	M 2	M 3	Promedio	Nº Aguja	Diámetro (Pulgadas)	Área Contacto (Pulg <sup>2</sup> )		
0	0	0	0	0	0	0.000	0.000	0	21.1 °C
180	22	25	21	23	1	1.128	1.000	23	22.8 °C
210	28	25	25	26	2	0.798	0.500	52	23.0 °C
240	34	30	32	32	3	0.564	0.250	128	23.2 °C
300	58	54	52	55	4	0.357	0.100	547	24.1 °C
360	83	84	85	84	5	0.252	0.050	1680	25.0 °C
420	95	93	92	93	6	0.178	0.025	3733	25.2 °C
430	105	106	104	105	6	0.178	0.025	4200	25.3 °C

*Fuente: Autor de tesis.*



**Tabla 80:** *Análisis estadístico para tiempo inicial de fraguado.*

Aditivo	%	Tiempo Inicial (min)	Tiempo inicial promedio (min)	Varianza	Desviación estándar (min)	Coefficiente de variación (%)
Z Fragua #5	0%	374	376	1.59	1.26	0.34
		376				
		376				
	2%	342	340	2.36	1.54	0.45
		339				
		340				
4%	354	354	1.46	1.21	0.34	
	355					
	353					
6%	366	365	0.56	0.75	0.20	
	365					
	365					
Z Fragua #5	0%	374	376	1.59	1.26	0.34
		376				
		376				
	2%	311	310	0.06	0.24	0.08
		310				
		310				
4%	296	296	0.61	0.78	0.26	
	297					
	295					
6%	314	315	1.30	1.14	0.36	
	315					
	316					

*Fuente: Autor de tesis.*

**Tabla 81:** *Análisis estadístico para tiempo final de fraguado.*

Aditivo	%	Tiempo final (min)	Tiempo final promedio (min)	Varianza	Desviación estándar (min)	Coefficiente de variación (%)
Z Fragua #5	0%	499	498	3.41	1.85	0.37
		497				
		496				
	2%	459	457	2.59	1.61	0.35
		456				
		458				
	4%	460	460	3.23	1.80	0.39
		461				
		458				
	6%	480	480	0.74	0.86	0.18
		479				
		480				
Z Fragua #5	0%	499	498	3.41	1.85	0.37
		497				
		496				
	2%	415	415	0.01	0.10	0.02
		415				
		415				
	4%	400	399	1.34	1.16	0.29
		399				
		398				
	6%	416	416	0.17	0.42	0.10
		415				
		416				

*Fuente: Autor de tesis.*

### Resistencia a la compresión

**Tabla 82:** Resistencia a la compresión - Z Fragua #5 - Edad de 3 días.

Aditivo	%	Testigo	Dimensiones			Fuerza (KN)	Resistencia a Compresión (MPa)	Resistencia a Compresión (Kg.f/cm <sup>2</sup> )	F'c promedio (Kg.f/cm <sup>2</sup> )
			Altura (mm)	Diámetro (mm)	Área (mm <sup>2</sup> )				
Z Fragua #5	0%	P-3-1	202.2	101.23	8048.4	113.7	14.13	144	145
		P-3-2	201.9	101.12	8030.9	113.3	14.11	144	
		P-3-3	201.8	101.09	8026.1	114.9	14.31	146	
		P-3-4	202.4	101.15	8035.7	114.6	14.26	145	
		P-3-5	202.3	101.18	8040.4	113.9	14.16	144	
		P-3-6	202.2	101.13	8032.5	115.7	14.41	147	
	2%	Z2-3-1	203.1	101.18	8040.4	129.8	16.14	165	164
		Z2-3-2	202.9	101.2	8043.6	129.4	16.09	164	
		Z2-3-3	202.8	101.35	8067.5	128.9	15.98	163	
		Z2-3-4	203.2	101.21	8045.2	130.6	16.24	166	
		Z2-3-5	203.4	101.22	8046.8	130.0	16.16	165	
		Z2-3-6	202.8	101.38	8072.2	130.3	16.14	165	
	4%	Z4-3-1	202.6	101.31	8061.1	121.7	15.10	154	154
		Z4-3-2	201.9	101.25	8051.6	120.8	15.01	153	
		Z4-3-3	202.1	101.41	8077.0	121.1	14.99	153	
		Z4-3-4	202.7	101.18	8040.4	121.6	15.13	154	
		Z4-3-5	201.8	101.17	8038.8	122.9	15.29	156	
		Z4-3-6	202.3	101.23	8048.4	122.9	15.27	156	
6%	Z6-3-1	201.3	101.31	8061.1	117.6	14.58	149	150	
	Z6-3-2	201.5	101.42	8078.6	117.7	14.57	149		
	Z6-3-3	201.6	101.38	8072.2	118.9	14.73	150		
	Z6-3-4	201.4	101.51	8093.0	119.7	14.79	151		
	Z6-3-5	202.1	101.32	8062.7	120.0	14.89	152		
	Z6-3-6	201.8	101.19	8042.0	117.4	14.60	149		

**Fuente:** Autor de tesis.

**Tabla 83:** Resistencia a la compresión – Accelguard 90 - Edad de 3 días.

Aditivo	%	Testigo	Dimensiones			Fuerza (KN)	Resistencia a Compresión (MPa)	Resistencia a Compresión (Kg.f/cm <sup>2</sup> )	F'c promedio (Kg.f/cm <sup>2</sup> )
			Altura (mm)	Diámetro (mm)	Área (mm <sup>2</sup> )				
Accelguard 90	0%	P-3-1	202.2	101.23	8048.4	113.7	14.13	144	145
		P-3-2	201.9	101.12	8030.9	113.3	14.11	144	
		P-3-3	201.8	101.09	8026.1	114.9	14.31	146	
		P-3-4	202.4	101.15	8035.7	114.6	14.26	145	
		P-3-5	202.3	101.18	8040.4	113.9	14.16	144	
		P-3-6	202.2	101.13	8032.5	115.7	14.41	147	
	2%	A2-3-1	203.5	101.38	8072.2	136.1	16.85	172	173
		A2-3-2	202.6	101.22	8046.8	137.3	17.06	174	
		A2-3-3	202.3	101.25	8051.6	136.4	16.94	173	
		A2-3-4	202.8	101.37	8070.7	137.6	17.05	174	
		A2-3-5	201.9	101.18	8040.4	136.8	17.02	174	
		A2-3-6	203.2	101.35	8067.5	135.2	16.76	171	
	4%	A4-3-1	202.9	101.36	8069.1	152.4	18.88	193	193
		A4-3-2	202.5	101.21	8045.2	151.8	18.87	192	
		A4-3-3	202.6	101.22	8046.8	152.0	18.89	193	
		A4-3-4	202.3	101.42	8078.6	152.0	18.81	192	
		A4-3-5	202.8	101.36	8069.1	153.2	18.98	194	
		A4-3-6	202.9	101.17	8038.8	152.7	19.00	194	
6%	A6-3-1	201.9	101.59	8105.7	130.4	16.09	164	165	
	A6-3-2	201.8	101.42	8078.6	131.4	16.27	166		
	A6-3-3	201.9	101.32	8062.7	130.0	16.12	164		
	A6-3-4	202.1	101.28	8056.3	129.6	16.08	164		
	A6-3-5	202.5	101.36	8069.1	131.2	16.26	166		
	A6-3-6	201.7	101.14	8034.1	130.3	16.22	165		

*Fuente:* Autor de tesis.

**Tabla 84:** Resistencia a la compresión – Z Fragua #5 - Edad de 7 días.

Aditivo	%	Testigo	Dimensiones		Área (mm <sup>2</sup> )	Fuerza (KN)	Resistencia a Compresión (MPa)	Resistencia a Compresión (Kg.f/cm <sup>2</sup> )	F'c promedio (Kg.f/cm <sup>2</sup> )
			Altura (mm)	Diámetro (mm)					
Z Fragua #5	0%	P-7-1	201.5	101.32	8062.7	147.1	18.25	186	186
		P-7-2	202.5	101.13	8032.5	145.9	18.16	185	
		P-7-3	201.8	101.62	8110.5	147.6	18.20	186	
		P-7-4	202.6	101.25	8051.6	146.1	18.14	185	
		P-7-5	203.6	101.51	8093.0	148.1	18.30	187	
		P-7-6	202.4	101.27	8054.7	147.8	18.35	187	
	2%	Z2-7-1	201.9	101.15	8035.7	175.2	21.80	222	223
		Z2-7-2	203.1	101.61	8108.9	176.3	21.74	222	
		Z2-7-3	202.8	101.62	8110.5	177.7	21.91	223	
		Z2-7-4	203.1	101.34	8065.9	177.5	22.01	224	
		Z2-7-5	203.4	101.48	8088.2	177.4	21.93	224	
		Z2-7-6	201.9	101.29	8057.9	178.0	22.09	225	
	4%	Z4-7-1	201.8	101.28	8056.3	158.9	19.72	201	202
		Z4-7-2	202.3	101.39	8073.8	159.4	19.74	201	
		Z4-7-3	202.7	101.25	8051.6	160.5	19.94	203	
		Z4-7-4	203.4	101.45	8083.4	160.0	19.79	202	
		Z4-7-5	203.1	101.61	8108.9	160.3	19.77	202	
		Z4-7-6	202.1	101.18	8040.4	160.4	19.95	203	
6%	Z6-7-1	201.3	101.52	8094.6	153.2	18.93	193	193	
	Z6-7-2	201.5	101.47	8086.6	152.4	18.84	192		
	Z6-7-3	201.6	101.12	8030.9	152.6	19.01	194		
	Z6-7-4	201.4	101.68	8120.1	153.0	18.84	192		
	Z6-7-5	202.4	101.29	8057.9	151.9	18.85	192		
	Z6-7-6	201.7	101.21	8045.2	153.0	19.02	194		

**Fuente:** Autor de tesis.

**Tabla 85:** Resistencia a la compresión – Accelguard 90 - Edad de 7 días.

Aditivo	%	Testigo	Dimensiones		Área (mm <sup>2</sup> )	Fuerza (KN)	Resistencia a Compresión (MPa)	Resistencia a Compresión (Kg.f/cm <sup>2</sup> )	F'c promedio (Kg.f/cm <sup>2</sup> )
			Altura (mm)	Diámetro (mm)					
Accelguard 90	0%	P-7-1	201.5	101.32	8062.7	147.1	18.25	186	186
		P-7-2	202.5	101.13	8032.5	145.9	18.16	185	
		P-7-3	201.8	101.62	8110.5	147.6	18.20	186	
		P-7-4	202.6	101.25	8051.6	146.1	18.14	185	
		P-7-5	203.6	101.51	8093.0	148.1	18.30	187	
		P-7-6	202.4	101.27	8054.7	147.8	18.35	187	
	2%	A2-7-1	203.1	101.56	8100.9	178.5	22.03	225	224
		A2-7-2	201.8	101.68	8120.1	178.3	21.96	224	
		A2-7-3	201.6	101.48	8088.2	177.2	21.91	223	
		A2-7-4	202.1	101.23	8048.4	178.2	22.14	226	
		A2-7-5	202.5	101.28	8056.3	177.5	22.04	225	
		A2-7-6	202.2	101.57	8102.5	177.5	21.90	223	
	4%	A4-7-1	203.9	101.15	8035.7	196.1	24.41	249	248
		A4-7-2	201.4	101.26	8053.1	196.0	24.34	248	
		A4-7-3	201.7	101.31	8061.1	196.3	24.35	248	
		A4-7-4	202.8	101.38	8072.2	195.3	24.20	247	
		A4-7-5	202.4	101.15	8035.7	195.1	24.28	248	
		A4-7-6	203.5	101.77	8134.5	197.1	24.23	247	
6%	A6-7-1	201.5	101.25	8051.6	171.9	21.35	218	218	
	A6-7-2	201.6	101.38	8072.2	172.8	21.41	218		
	A6-7-3	202.9	101.17	8038.8	171.3	21.31	217		
	A6-7-4	203.5	101.27	8054.7	171.6	21.30	217		
	A6-7-5	203.1	101.32	8062.7	173.0	21.46	219		
	A6-7-6	202.4	101.41	8077.0	172.6	21.37	218		

*Fuente: Autor de tesis.*

**Tabla 86:** Resistencia a la compresión – Z Fragua #5 - Edad de 14 días.

Aditivo	%	Testigo	Dimensiones		Área (mm <sup>2</sup> )	Fuerza (KN)	Resistencia a Compresión (MPa)	Resistencia a Compresión (Kg.f/cm <sup>2</sup> )	F'c promedio (Kg.f/cm <sup>2</sup> )
			Altura (mm)	Diámetro (mm)					
Z Fragua #5	0%	P-14-1	202.4	101.37	8070.7	176.4	21.85	223	224
		P-14-2	202.7	101.24	8050.0	175.7	21.82	223	
		P-14-3	203.6	101.44	8081.8	176.4	21.83	223	
		P-14-4	202.3	101.21	8045.2	176.6	21.95	224	
		P-14-5	201.7	101.32	8062.7	177.9	22.07	225	
		P-14-6	202.5	101.38	8072.2	178.5	22.11	225	
	2%	Z2-14-1	201.8	101.36	8069.1	198.6	24.61	251	250
		Z2-14-2	201.6	101.39	8073.8	197.1	24.41	249	
		Z2-14-3	202.1	101.42	8078.6	196.3	24.29	248	
		Z2-14-4	202.3	101.26	8053.1	198.0	24.58	251	
		Z2-14-5	202.5	101.28	8056.3	197.3	24.49	250	
		Z2-14-6	202.2	101.21	8045.2	197.8	24.59	251	
	4%	Z4-14-1	202.4	101.31	8061.1	188.4	23.37	238	238
		Z4-14-2	203.3	101.17	8038.8	188.3	23.43	239	
		Z4-14-3	202.3	101.43	8080.2	188.3	23.30	238	
		Z4-14-4	201.9	101.45	8083.4	187.3	23.17	236	
		Z4-14-5	202.1	101.36	8069.1	187.6	23.25	237	
		Z4-14-6	202.5	101.19	8042.0	187.7	23.33	238	
6%	Z6-14-1	203.1	101.41	8077.0	180.1	22.30	227	227	
	Z6-14-2	202.4	101.54	8097.7	179.9	22.21	226		
	Z6-14-3	202.8	101.61	8108.9	180.6	22.28	227		
	Z6-14-4	203.2	101.67	8118.5	181.3	22.33	228		
	Z6-14-5	201.3	101.58	8104.1	180.5	22.28	227		
	Z6-14-6	202.6	101.37	8070.7	179.7	22.26	227		

**Fuente:** Autor de tesis.

**Tabla 87:** Resistencia a la compresión – Accelguard 90 - Edad de 14 días.

Aditivo	%	Testigo	Dimensiones		Área (mm <sup>2</sup> )	Fuerza (KN)	Resistencia a Compresión (MPa)	Resistencia a Compresión (Kg.f/cm <sup>2</sup> )	F <sup>'</sup> c promedio (Kg.f/cm <sup>2</sup> )
			Altura (mm)	Diámetro (mm)					
Accelguard 90	0%	P-14-1	202.4	101.37	8070.7	176.4	21.85	223	224
		P-14-2	202.7	101.24	8050.0	175.7	21.82	223	
		P-14-3	203.6	101.44	8081.8	176.4	21.83	223	
		P-14-4	202.3	101.21	8045.2	176.6	21.95	224	
		P-14-5	201.7	101.32	8062.7	177.9	22.07	225	
		P-14-6	202.5	101.38	8072.2	178.5	22.11	225	
	2%	A2-14-1	202.5	101.38	8072.2	197.5	24.47	250	250
		A2-14-2	202.4	101.41	8077.0	197.6	24.47	249	
		A2-14-3	203.1	101.6	8107.3	199.6	24.62	251	
		A2-14-4	202.3	101.51	8093.0	198.8	24.56	250	
		A2-14-5	202.1	101.96	8164.9	199.3	24.41	249	
		A2-14-6	201.6	101.22	8046.8	198.2	24.63	251	
	4%	A4-14-1	202.6	101.18	8040.4	216.1	26.87	274	275
		A4-14-2	201.5	101.12	8030.9	217.0	27.01	275	
		A4-14-3	202.7	101.19	8042.0	217.6	27.06	276	
		A4-14-4	201.9	101.51	8093.0	217.9	26.92	275	
		A4-14-5	201.8	101.47	8086.6	217.7	26.92	274	
		A4-14-6	202.1	101.36	8069.1	218.7	27.11	276	
6%	A6-14-1	201.3	101.62	8110.5	190.5	23.49	240	242	
	A6-14-2	203.2	101.18	8040.4	191.1	23.77	242		
	A6-14-3	202.8	101.25	8051.6	191.0	23.72	242		
	A6-14-4	202.4	101.85	8147.3	194.0	23.81	243		
	A6-14-5	202.6	101.11	8029.3	190.8	23.77	242		
	A6-14-6	202.4	101.25	8051.6	190.1	23.60	241		

*Fuente:* Autor de tesis.



**Tabla 88:** Resistencia a la compresión – Z Fragua #5 - Edad de 28 días.

Aditivo	%	Testigo	Dimensiones		Área (mm <sup>2</sup> )	Fuerza (KN)	Resistencia a Compresión (MPa)	Resistencia a Compresión (Kg.f/cm <sup>2</sup> )	F <sup>'</sup> c promedio (Kg.f/cm <sup>2</sup> )
			Altura (mm)	Diámetro (mm)					
Z Fragua #5	0%	P-28-1	201.3	101.5	8091.4	196.0	24.23	247	248
		P-28-2	201.6	101.55	8099.3	195.8	24.18	247	
		P-28-3	202.5	101.28	8056.3	197.3	24.49	250	
		P-28-4	202.6	101.38	8072.2	197.3	24.45	249	
		P-28-5	202.3	101.42	8078.6	196.5	24.32	248	
		P-28-6	202.1	101.39	8073.8	195.5	24.21	247	
	2%	Z2-28-1	203.4	101.62	8110.5	211.5	26.08	266	267
		Z2-28-2	203.3	101.38	8072.2	210.2	26.04	266	
		Z2-28-3	202.7	101.41	8077.0	212.3	26.29	268	
		Z2-28-4	202.9	101.26	8053.1	210.9	26.18	267	
		Z2-28-5	201.8	101.29	8057.9	212.4	26.36	269	
		Z2-28-6	202.3	101.34	8065.9	211.7	26.25	268	
	4%	Z4-28-1	202.2	101.51	8093.0	201.4	24.89	254	256
		Z4-28-2	202.3	101.29	8057.9	202.2	25.10	256	
		Z4-28-3	201.8	101.25	8051.6	200.3	24.88	254	
		Z4-28-4	203.4	101.41	8077.0	201.2	24.91	254	
		Z4-28-5	202.3	101.26	8053.1	203.9	25.31	258	
		Z4-28-6	202.4	101.52	8094.6	204.4	25.25	257	
6%	Z6-28-1	201.3	101.41	8077.0	197.4	24.44	249	251	
	Z6-28-2	201.9	101.53	8096.2	198.4	24.51	250		
	Z6-28-3	203.6	101.27	8054.7	199.3	24.75	252		
	Z6-28-4	203.1	101.36	8069.1	198.8	24.63	251		
	Z6-28-5	202.4	101.45	8083.4	198.7	24.58	251		
	Z6-28-6	202.3	101.29	8057.9	199.1	24.71	252		

*Fuente:* Autor de tesis.

**Tabla 89:** Resistencia a la compresión – Accelguard 90 - Edad de 28 días.

Aditivo	%	Testigo	Dimensiones		Área (mm <sup>2</sup> )	Fuerza (KN)	Resistencia a Compresión (MPa)	Resistencia a Compresión (Kg.f/cm <sup>2</sup> )	F <sup>'</sup> c promedio (Kg.f/cm <sup>2</sup> )
			Altura (mm)	Diámetro (mm)					
Accelguard 90	0%	P-28-1	201.3	101.5	8091.4	196.0	24.23	247	248
		P-28-2	201.6	101.55	8099.3	195.8	24.18	247	
		P-28-3	202.5	101.28	8056.3	197.3	24.49	250	
		P-28-4	202.6	101.38	8072.2	197.3	24.45	249	
		P-28-5	202.3	101.42	8078.6	196.5	24.32	248	
		P-28-6	202.1	101.39	8073.8	195.5	24.21	247	
	2%	A2-28-1	201.2	101.31	8061.1	217.0	26.91	274	274
		A2-28-2	202.3	101.22	8046.8	216.1	26.86	274	
		A2-28-3	201.4	101.36	8069.1	216.7	26.86	274	
		A2-28-4	203.2	101.51	8093.0	217.0	26.82	273	
		A2-28-5	203.1	101.31	8061.1	218.3	27.09	276	
		A2-28-6	202.9	101.52	8094.6	218.2	26.96	275	
	4%	A4-28-1	202.4	101.41	8077.0	231.5	28.66	292	293
		A4-28-2	202.3	101.51	8093.0	231.3	28.59	291	
		A4-28-3	202.6	101.28	8056.3	233.0	28.92	295	
		A4-28-4	201.8	101.33	8064.3	233.6	28.97	295	
		A4-28-5	202.6	101.34	8065.9	231.5	28.70	293	
		A4-28-6	202.4	101.26	8053.1	231.6	28.76	293	
6%	A6-28-1	202.8	101.36	8069.1	206.3	25.56	261	261	
	A6-28-2	201.9	101.28	8056.3	205.9	25.56	261		
	A6-28-3	202.5	101.378	8071.9	207.0	25.65	262		
	A6-28-4	202.6	101.52	8094.6	205.8	25.43	259		
	A6-28-5	202.7	101.19	8042.0	206.0	25.62	261		
	A6-28-6	202.3	101.38	8072.2	206.6	25.59	261		

**Fuente:** Autor de tesis.

**Tabla 90:** *Análisis estadístico para ensayo de compresión.*

Aditivo	% de Aditivo	Resistencia a Compresión Promedio (Kg.f/cm <sup>2</sup> )	Varianza	Desviación estándar (Kg.f/cm <sup>2</sup> )	Coefficiente de variación (%)
Edad de 3 días					
Z Fragua #5	0%	145	1.44	1.20	0.83
	2%	164	0.76	0.87	0.53
	4%	154	1.69	1.30	0.84
	6%	150	1.80	1.34	0.90
Accelguard 90	0%	145	1.44	1.20	0.83
	2%	173	1.51	1.23	0.71
	4%	193	0.51	0.72	0.37
	6%	165	0.75	0.86	0.52
Edad de 7 días					
Z Fragua #5	0%	186	0.68	0.82	0.44
	2%	223	1.72	1.31	0.59
	4%	202	1.02	1.01	0.50
	6%	193	0.71	0.84	0.44
Accelguard 90	0%	186	0.68	0.82	0.44
	2%	224	0.86	0.93	0.41
	4%	248	0.64	0.80	0.32
	6%	218	0.37	0.61	0.28
Edad de 14 días					
Z Fragua #5	0%	224	1.65	1.28	0.57
	2%	250	1.64	1.28	0.51
	4%	238	0.90	0.95	0.40
	6%	227	0.17	0.42	0.18
Accelguard 90	0%	224	1.65	1.28	0.57
	2%	250	0.90	0.95	0.38
	4%	275	0.87	0.93	0.34
	6%	242	1.58	1.26	0.52
Edad de 28 días					
Z Fragua #5	0%	248	1.73	1.32	0.53
	2%	267	1.55	1.25	0.47
	4%	256	3.85	1.96	0.77
	6%	251	1.47	1.21	0.48
Accelguard 90	0%	248	1.73	1.32	0.53
	2%	274	0.99	0.99	0.36
	4%	293	2.33	1.53	0.52
	6%	261	0.62	0.79	0.30

**Fuente:** *Autor de tesis.*

### **APÉNDICE 3: Procesamiento estadístico de ensayos del concreto**

#### **HIPÓTESIS**

##### Hipótesis alterna

Al adicionar el aditivo ASTM C494 tipo E a la dosificación del concreto convencional en función al peso del cemento, varía el asentamiento, resistencia a la compresión y el tiempo de fraguado.

##### Hipótesis nula

Al adicionar el aditivo ASTM C494 tipo E en el diseño de mezcla no influye en el asentamiento, resistencia a la compresión y tiempo de fraguado.

Los datos del promedio, la varianza, desviación estándar o coeficiente de variación de los ensayos que se realizaron al concreto (asentamiento, tiempo de fraguado y resistencia a la compresión) se encuentran en el Apéndice 2.

### **APÉNDICE 3.1. Procesamiento estadístico del concreto en estado fresco**

#### **ENSAYO DE ASENTAMIENTO**

##### 1. Nivel de significancia

La significancia se trabaja con un 95% como nivel de confianza ( $\alpha = 0.05$ )

##### 2. Criterio de rechazo

###### a. Criterio de normalidad.

Se evalúa menos de 30 datos, se utilizó la prueba de Shapiro Wilk.

**Tabla 91:** Prueba de normalidad del Asentamiento – Z Fragua #5.

Pruebas de normalidad				
% de Aditivo	Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	
Asentamiento	0% Z Fragua #5	1.000	3	1.000
	2% Z Fragua #5	1.000	3	1.000
	4% Z Fragua #5	1.000	3	1.000
	6% Z Fragua #5	1.000	3	1.000

*Fuente:* Autor de tesis.

**Tabla 92:** Prueba de normalidad del Asentamiento – Accelguard 90.

Pruebas de normalidad				
% de Aditivo	Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	
Asentamiento	0% Accelguard 90	1.000	3	1.000
	2% Accelguard 90	1.000	3	1.000
	4% Accelguard 90	1.000	3	1.000
	6% Accelguard 90	1.000	3	1.000

*Fuente:* Autor de tesis.

Según la Tabla 91 y 92 los resultados de asentamiento tanto para el Z Fragua #5 y Accelguard 90 muestran una distribución normal, poseen un P-valor (Sig.) mayor a 0.05, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna de la investigación.

b. Criterio de homocedasticidad

Por medio de la prueba Levene, se comprobó el criterio de homocedasticidad, por medio del software SPSS.

**Tabla 93:** Prueba de Homocedasticidad del Asentamiento – Z Fragua #5.

Prueba de homogeneidad de varianzas			
Asentamiento			
Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
0.000	3.000	8.000	1.000

*Fuente:* Autor de tesis.

**Tabla 94:** Prueba de Homocedasticidad del Asentamiento – Accelguard 90.

Prueba de homogeneidad de varianzas			
Asentamiento			
Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
0.000	3.000	8.000	1.000

*Fuente:* Autor de tesis.

Según la Tabla 93 y 94, los resultados obtenidos del asentamiento en el concreto fresco poseen una distribución normal, porque tienen un P-valor (Sig.) mayor a 0.05 por lo que se rechaza la hipótesis nula y se aprueba la hipótesis del investigador.

Al verificar el criterio de normalidad y homocedasticidad, se comprueban que cuentan con una distribución normal los datos de las variables dependientes a través de la prueba Shapiro Wilk y Levene. Luego, se emplea la prueba paramétrica de análisis de varianza por el ANOVA, ya que permite verificar la igualdad o desigualdad de los promedios de la muestra.

**Tabla 95:** ANOVA del Asentamiento – Z Fragua #5.

ANOVA					
Asentamiento					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	5.625	3	1.875	30.000	0.000
Dentro de grupos	0.500	8	0.063		
Total	6.125	11			

*Fuente:* Autor de tesis.

Se utilizó el F de Snedecor, fue de 30.000 y su P-valor (Sig.) es menor a 0.05, se comprueba que sí existen diferencias entre los grupos. (Ver Tabla 95)

**Tabla 96:** ANOVA del Asentamiento – Accelguard 90.

ANOVA					
Asentamiento					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	9.141	3	3.047	48.750	0.000
Dentro de grupos	0.500	8	0.063		
Total	9.641	11			

*Fuente:* Autor de tesis.

Se utilizó el F de Snedecor, fue de 48.750 y su P-valor (Sig.) es menor a 0.05, se comprueba que sí existen diferencias entre los grupos. (Ver Tabla 96)

c. Post Hoc (Prueba de Contraste)

Al cumplir los criterios de normalidad y homocedasticidad de varianza, se aplica la prueba de Tukey.

**Tabla 97:** Comparación múltiple para la variable de asentamiento del Z Fragua #5.

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: Asentamiento						
HSD Tukey						
Aditivo		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
(I)	(J)				Límite inferior	Límite superior
	2% Z Fragua #5	0.25000	0.20412	0.630	-0.4037	0.9037
0% Z Fragua #5	4% Z Fragua #5	-,75000	0.20412	0.026	-1.4037	-0.0963
	6% Z Fragua #5	-1,50000	0.20412	0.000	-2.1537	-0.8463
	0% Z Fragua #5	-0.25000	0.20412	0.630	-0.9037	0.4037
2% Z Fragua #5	4% Z Fragua #5	-1,00000	0.20412	0.005	-1.6537	-0.3463
	6% Z Fragua #5	-1,75000	0.20412	0.000	-2.4037	-1.0963
	0% Z Fragua #5	,75000	0.20412	0.026	0.0963	1.4037
4% Z Fragua #5	2% Z Fragua #5	1,00000	0.20412	0.005	0.3463	1.6537
	6% Z Fragua #5	-,75000	0.20412	0.026	-1.4037	-0.0963
	0% Z Fragua #5	1,50000	0.20412	0.000	0.8463	2.1537
6% Z Fragua #5	2% Z Fragua #5	1,75000	0.20412	0.000	1.0963	2.4037
	4% Z Fragua #5	,75000	0.20412	0.026	0.0963	1.4037

*Fuente:* Autor de tesis.



**Tabla 98:** Comparación múltiple para la variable de asentamiento del Accelguard 90.

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: Asentamiento						
HSD Tukey						
Aditivo		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
(I)	(J)				Límite inferior	Límite superior
0% Accelguard 90	2% Accelguard 90	-0.50000	0.20412	0.144	-1.1537	0.1537
	4% Accelguard 90	-1,50000	0.20412	0.000	-2.1537	-0.8463
	6% Accelguard 90	-2,25000	0.20412	0.000	-2.9037	-1.5963
2% Accelguard 90	0% Accelguard 90	0.50000	0.20412	0.144	-0.1537	1.1537
	4% Accelguard 90	-1,00000	0.20412	0.005	-1.6537	-0.3463
	6% Accelguard 90	-1,75000	0.20412	0.000	-2.4037	-1.0963
4% Accelguard 90	0% Accelguard 90	1,50000	0.20412	0.000	0.8463	2.1537
	2% Accelguard 90	1,00000	0.20412	0.005	0.3463	1.6537
	6% Accelguard 90	-,75000	0.20412	0.026	-1.4037	-0.0963
6% Accelguard 90	0% Accelguard 90	2,25000	0.20412	0.000	1.5963	2.9037
	2% Accelguard 90	1,75000	0.20412	0.000	1.0963	2.4037
	4% Accelguard 90	,75000	0.20412	0.026	0.0963	1.4037

**Fuente:** Autor de tesis.

En las Tablas 97 y 98, las comparaciones múltiples de cada grupo de asentamiento respecto con los porcentajes de aditivo tipo E, en cada comparación se obtiene la diferencia de medias, el IC95%, error estándar y el valor “P” asociado. Además, se observa que, en casi toda su totalidad existen diferencia entre los grupos, porque poseen valores de significancia menores a 0.05.

**Tabla 99:** *Subconjunto Homogéneo para la variable de asentamiento de Z*

*Fragua #5.*

		Asentamiento		
		HSD Tukey		
Aditivo	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
2% Z Fragua #5	3	3.7500		
0% Z Fragua #5	3	4.0000		
4% Z Fragua #5	3		4.7500	
6% Z Fragua #5	3			5.5000
Sig.		0.630	1.000	1.000

**Fuente:** *Autor de tesis.*

En la Tabla 99, se concluye que, cuando se utiliza el 2% de Z Fragua #5 respecto al cemento se obtiene un asentamiento que cumple con lo diseñado, y establece una mezcla plástica, sin embargo, la muestra del 0% es similar a la del 2%.

**Tabla 100:** *Subconjunto Homogéneo para la variable de asentamiento de*

*Accelguard 90.*

		Asentamiento		
		HSD Tukey		
Aditivo	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
2% Accelguard 90	3	4.0000		
0% Accelguard 90	3	4.5000		
4% Accelguard 90	3		5.5000	
6% Accelguard 90	3			6.2500
Sig.		0.144	1.000	1.000

**Fuente:** *Autor de tesis.*

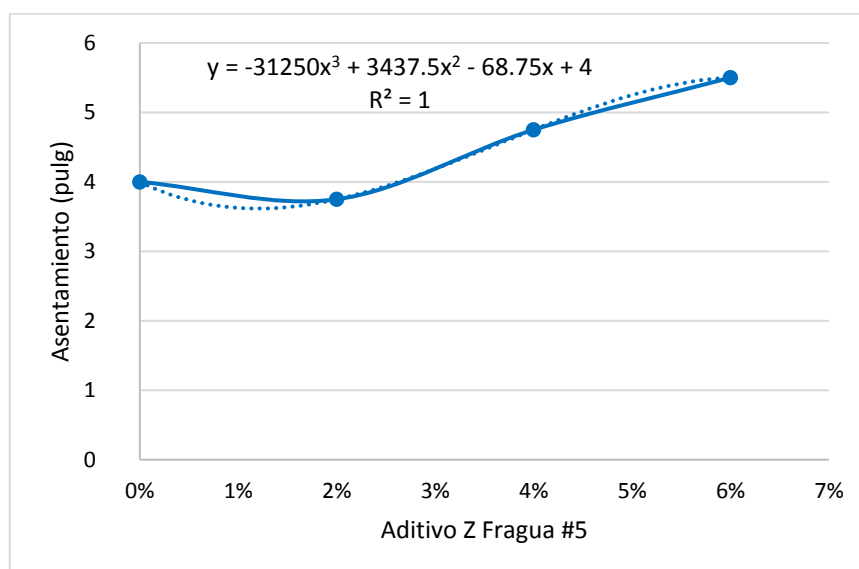
En la tabla 100, se muestra similitud en los porcentajes de 0% y 2%, el del 4% es el resultado óptimo, cumple con los márgenes de mezcla plástica y muy plástica.

d. Representación matemática de resultados

Se utilizó el software Microsoft Excel por regresión y correlación.

En la Tabla 101, se muestran los resultados obtenidos sobre las líneas de tendencia y valor “R” de correlación para la variable que se estudia.

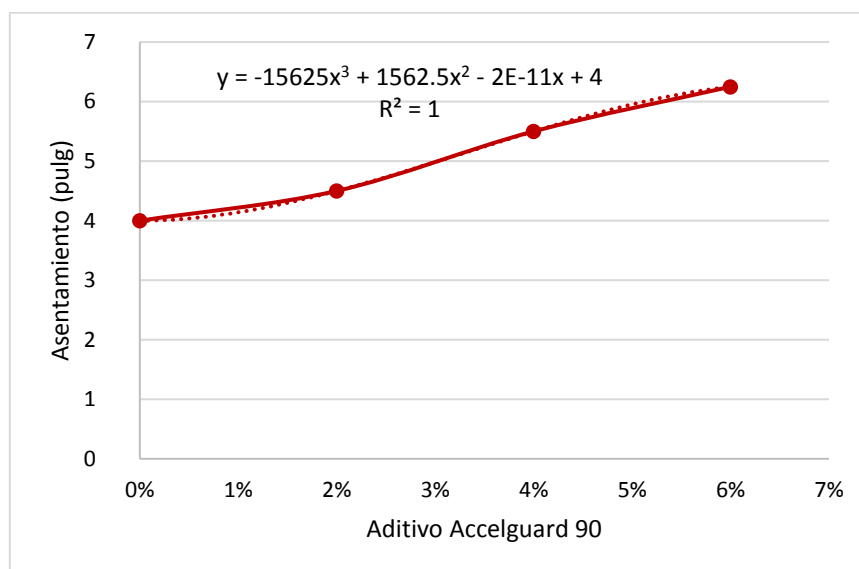
En las Figuras 18 y 19 se observan las funciones polinómicas de grado 3, se ajustan a los datos porque los valores de correlación son cercanos e iguales a 1.



**Figura 18:** Línea de tendencia de asentamiento – Z Fragua #5. **Fuente:**

*Autor de tesis.*

Influencia del aditivo ASTM C494 tipo E en el asentamiento, fragua y resistencia a la compresión del concreto convencional, Trujillo 2019



**Figura 19:** Línea de tendencia de asentamiento – Accelguard 90. **Fuente:**

*Autor de tesis.*

**Tabla 101:** Resultados de las líneas de tendencia de asentamiento.

Aditivo	Línea de tendencia	Ecuación	Correlación
Z Fragua #5	Polinómica	$y = -31250x^3 + 3437.5x^2 - 68.75x + 4$	1
Accelguard 90	Polinómica	$y = -15625x^3 + 1562.5x^2 - 2E-11x + 4$	1

**Fuente:** *Autor de tesis.*

En la Tabla 101, se observa que, las funciones polinómicas se ajustan a los datos, debido a que, los valores de correlación son cercanos a 1.

## ENSAYO DE TIEMPO DE FRAGUADO

### 1. Nivel de significancia

La significancia se trabaja con un 95% como nivel de confianza ( $\alpha = 0.05$ )

### 2. Criterio de rechazo

#### a. Criterio de normalidad

Se evalúa menos de 30 datos, se utilizó la prueba de Shapiro Wilk.

**Tabla 102:** Prueba de normalidad del tiempo de fraguado inicial – Z

*Fragua #5.*

Pruebas de normalidad				
% de Aditivo		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Tiempo de fraguado inicial	0% Z Fragua #5	0.812	3	0.144
	2% Z Fragua #5	0.977	3	0.708
	4% Z Fragua #5	0.985	3	0.768
	6% Z Fragua #5	0.896	3	0.374

*Fuente: Autor de tesis.*

**Tabla 103:** Prueba de normalidad del tiempo de fraguado inicial –

*Accelguard 90.*

Pruebas de normalidad				
% de Aditivo		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Tiempo de fraguado inicial	0% Accelguard 90	0.812	3	0.144
	2% Accelguard 90	0.941	3	0.530
	4% Accelguard 90	1.000	3	0.979
	6% Accelguard 90	0.975	3	0.697

*Fuente: Autor de tesis.*

**Tabla 104:** Prueba de normalidad del tiempo de fraguado final – Z Fragua

#5.

Pruebas de normalidad				
% de Aditivo		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Tiempo de fraguado final	0% Z Fragua #5	0.993	3	0.845
	2% Z Fragua #5	0.891	3	0.358
	4% Z Fragua #5	0.936	3	0.512
	6% Z Fragua #5	0.817	3	0.156

*Fuente:* Autor de tesis.

**Tabla 105:** Prueba de normalidad del tiempo de fraguado final –

Accelguard 90.

Pruebas de normalidad				
% de Aditivo		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Tiempo de fraguado final	0% Accelguard 90	0.993	3	0.845
	2% Accelguard 90	0.957	3	0.600
	4% Accelguard 90	0.998	3	0.905
	6% Accelguard 90	0.818	3	0.157

*Fuente:* Autor de tesis.

Según la Tabla 102, 103, 104 y 105 los resultados de tiempo de fraguado inicial y final tanto para el Z Fragua #5 y Accelguard 90 muestran una distribución normal, poseen un P-valor (Sig.) mayor a 0.05, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna de la investigación.

b. Criterio de homocedasticidad

Por medio de la prueba Levene, se comprobó el criterio de homocedasticidad, por medio del software SPSS.

**Tabla 106:** Prueba de Homocedasticidad del tiempo de fraguado inicial –

*Z Fragua #5.*

Prueba de homogeneidad de varianzas			
Tiempo de fraguado inicial			
Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
0.540	3	8	0.668

*Fuente:* Autor de tesis.

**Tabla 107:** Prueba de Homocedasticidad tiempo de fraguado inicial –

*Accelguard 90.*

Prueba de homogeneidad de varianzas			
Tiempo de fraguado inicial			
Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
2.737	3	8.000	0.113

*Fuente:* Autor de tesis.

**Tabla 108:** Prueba de Homocedasticidad del tiempo de fraguado final – Z

*Fragua #5.*

Prueba de homogeneidad de varianzas			
Tiempo de fraguado final			
Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
0.606	3	8	0.629

*Fuente:* Autor de tesis.

**Tabla 109:** Prueba de Homocedasticidad tiempo de fraguado final –

*Accelguard 90.*

Prueba de homogeneidad de varianzas			
Tiempo de fraguado final			
Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
2.536	3	8	0.130

*Fuente:* Autor de tesis.

Según la Tabla 106, 107, 108 y 109, los resultados obtenidos del tiempo de fraguado inicial y final poseen una distribución normal, porque tienen un P-valor (Sig.) mayor a 0.05 por lo que se rechaza la hipótesis nula y se aprueba la hipótesis del investigador.

Al verificar el criterio de normalidad y homocedasticidad, se comprueban que cuentan con una distribución normal los datos de las variables dependientes a través de la prueba Shapiro Wilk y Levene. Luego, se emplea la prueba paramétrica de análisis de varianza por el ANOVA, ya que permite verificar la igualdad o desigualdad de los promedios de la muestra.

**Tabla 110:** ANOVA del tiempo de fraguado inicial – Z Fragua #5.

ANOVA					
Tiempo de fraguado inicial					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	2085.460	3	695.153	466.238	0.000
Dentro de grupos	11.928	8	1.491		
Total	2097.388	11			

*Fuente:* Autor de tesis.

Se utilizó el F de Snedecor, fue de 466.238 y su P-valor (Sig.) es menor a 0.05, se comprueba que sí existen diferencias entre los grupos.

**Tabla 111:** ANOVA del tiempo de fraguado inicial – Accelguard 90.

ANOVA					
Tiempo de fraguado inicial					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	11163.781	3	3721.260	5677.990	0.000
Dentro de grupos	5.243	8	0.655		
Total	11169.024	11			

*Fuente:* Autor de tesis.

Se utilizó el F de Snedecor, fue de 5677.990 y su P-valor (Sig.) es menor a 0.05, se comprueba que sí existen diferencias entre los grupos.



**Tabla 112:** ANOVA del tiempo de fraguado final – Z Fragua #5.

ANOVA					
Tiempo de fraguado final					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	3198.521	3	1066.174	428.555	0.000
Dentro de grupos	19.909	8	2.488		
Total	3218.424	11			

*Fuente:* Autor de tesis.

Se utilizó el F de Snedecor, fue de 428.555 y su P-valor (Sig.) es menor a 0.05, se comprueba que sí existen diferencias entre los grupos.

**Tabla 113:** ANOVA del tiempo de fraguado final – Accelguard 90.

ANOVA					
Tiempo de fraguado final					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	17721.758	3	5907.253	4775.660	0.000
Dentro de grupos	9.896	8	1.237		
Total	17731.654	11			

*Fuente:* Autor de tesis.

Se utilizó el F de Snedecor, fue de 4775.660 y su P-valor (Sig.) es menor a 0.05, se comprueba que sí existen diferencias entre los grupos.

c. Post Hoc (Prueba de Contraste)

Al cumplir los criterios de normalidad y homocedasticidad de varianza, se aplica la prueba de Tukey.

**Tabla 114:** Comparación Múltiple para la variable de tiempo de fraguado inicial – Z

*Fragua #5.*

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: Tiempo de fraguado inicial						
HSD Tukey						
(I) Aditivo		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
(I)	(J)				Límite inferior	Límite superior
	2% Z Fragua #5	35,52000	0.99699	0.000	32.3273	38.7127
0% Z Fragua #5	4% Z Fragua #5	21,65000	0.99699	0.000	18.4573	24.8427
	6% Z Fragua #5	10,55333	0.99699	0.000	7.3606	13.7460
2% Z Fragua #5	0% Z Fragua #5	-35,52000	0.99699	0.000	-38.7127	-32.3273
	4% Z Fragua #5	-13,87000	0.99699	0.000	-17.0627	-10.6773
	6% Z Fragua #5	-24,96667	0.99699	0.000	-28.1594	-21.7740
4% Z Fragua #5	0% Z Fragua #5	-21,65000	0.99699	0.000	-24.8427	-18.4573
	2% Z Fragua #5	13,87000	0.99699	0.000	10.6773	17.0627
	6% Z Fragua #5	-11,09667	0.99699	0.000	-14.2894	-7.9040
6% Z Fragua #5	0% Z Fragua #5	-10,55333	0.99699	0.000	-13.7460	-7.3606
	2% Z Fragua #5	24,96667	0.99699	0.000	21.7740	28.1594
	4% Z Fragua #5	11,09667	0.99699	0.000	7.9040	14.2894

**Fuente:** Autor de tesis.

**Tabla 115:** Comparación Múltiple para la variable de tiempo de fraguado inicial –  
*Accelguard 90.*

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: Tiempo de fraguado inicial						
HSD Tukey						
Aditivo		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
(I)	(J)				Límite inferior	Límite superior
0% Accelguard 90	2% Accelguard 90	65,12333	0.6610	0.0000	63.0066	67.2401
	4% Accelguard 90	79,66000	0.6610	0.0000	77.5432	81.7768
	6% Accelguard 90	61,01000	0.6610	0.0000	58.8932	63.1268
2% Accelguard 90	0% Accelguard 90	-65,12333	0.6610	0.0000	-67.2401	-63.0066
	4% Accelguard 90	14,53667	0.6610	0.0000	12.4199	16.6534
	6% Accelguard 90	-4,11333	0.6610	0.0011	-6.2301	-1.9966
4% Accelguard 90	0% Accelguard 90	-79,66000	0.6610	0.0000	-81.7768	-77.5432
	2% Accelguard 90	-14,53667	0.6610	0.0000	-16.6534	-12.4199
	6% Accelguard 90	-18,65000	0.6610	0.0000	-20.7668	-16.5332
6% Accelguard 90	0% Accelguard 90	-61,01000	0.6610	0.0000	-63.1268	-58.8932
	2% Accelguard 90	4,11333	0.6610	0.0011	1.9966	6.2301
	4% Accelguard 90	18,65000	0.6610	0.0000	16.5332	20.7668

**Fuente:** Autor de tesis.

**Tabla 116:** Comparación Múltiple para la variable de tiempo de fraguado final – Z

*Fragua #5.*

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: Tiempo de fraguado final						
HSD Tukey						
Aditivo		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
(I)	(J)				Límite inferior	Límite superior
	2% Z Fragua #5	40,14667	1.2878	0.0000	36.0225	44.2708
0% Z Fragua #5	4% Z Fragua #5	37,80667	1.2878	0.0000	33.6825	41.9308
	6% Z Fragua #5	17,76667	1.2878	0.0000	13.6425	21.8908
	0% Z Fragua #5	-40,14667	1.2878	0.0000	-44.2708	-36.0225
2% Z Fragua #5	4% Z Fragua #5	-2.3400	1.2878	0.3327	-6.4641	1.7841
	6% Z Fragua #5	-22,38000	1.2878	0.0000	-26.5041	-18.2559
	0% Z Fragua #5	-37,80667	1.2878	0.0000	-41.9308	-33.6825
4% Z Fragua #5	2% Z Fragua #5	2.3400	1.2878	0.3327	-1.7841	6.4641
	6% Z Fragua #5	-20,04000	1.2878	0.0000	-24.1641	-15.9159
	0% Z Fragua #5	-17,76667	1.2878	0.0000	-21.8908	-13.6425
6% Z Fragua #5	2% Z Fragua #5	22,38000	1.2878	0.0000	18.2559	26.5041
	4% Z Fragua #5	20,04000	1.2878	0.0000	15.9159	24.1641

**Fuente:** Autor de tesis.

**Tabla 117:** Comparación Múltiple para la variable de tiempo de fraguado final –  
*Accelguard 90.*

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: Tiempo de fraguado final						
HSD Tukey						
Aditivo		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
(I)	(J)				Límite inferior	Límite superior
0% Accelguard 90	2% Accelguard 90	82,17000	0.9081	0.0000	79.2620	85.0780
	4% Accelguard 90	98,26667	0.9081	0.0000	95.3586	101.1747
	6% Accelguard 90	81,79333	0.9081	0.0000	78.8853	84.7014
2% Accelguard 90	0% Accelguard 90	-82,17000	0.9081	0.0000	-85.0780	-79.2620
	4% Accelguard 90	16,09667	0.9081	0.0000	13.1886	19.0047
	6% Accelguard 90	-0.3767	0.9081	0.9744	-3.2847	2.5314
4% Accelguard 90	0% Accelguard 90	-98,26667	0.9081	0.0000	-101.1747	-95.3586
	2% Accelguard 90	-16,09667	0.9081	0.0000	-19.0047	-13.1886
	6% Accelguard 90	-16,47333	0.9081	0.0000	-19.3814	-13.5653
6% Accelguard 90	0% Accelguard 90	-81,79333	0.9081	0.0000	-84.7014	-78.8853
	2% Accelguard 90	0.3767	0.9081	0.9744	-2.5314	3.2847
	4% Accelguard 90	16,47333	0.9081	0.0000	13.5653	19.3814

**Fuente:** Autor de tesis.

En las Tablas 114, 115, 116 y 117; las comparaciones múltiples de cada grupo de tiempo de fraguado inicial y final respecto con los porcentajes de aditivo tipo E, en cada comparación se obtiene la diferencia de medias, el IC95%, error estándar y el valor “P” asociado. Además, se observa que, en casi toda

su totalidad existen diferencia entre los grupos, porque poseen valores de significancia menores a 0.05.

**Tabla 118:** *Subconjunto homogéneo para la variable de tiempo de fraguado inicial – Z Fragua #5.*

		Tiempo de fraguado inicial			
		HSD Tukey			
Aditivo	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
2% Z Fragua #5	3	340.1000			
4% Z Fragua #5	3		353.9700		
6% Z Fragua #5	3			365.0667	
0% Z Fragua #5	3				375.6200
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

*Fuente:* Autor de tesis.

En la Tabla 118, muestra que, con el 2% de Z Fragua #5 respecto al peso de cemento se obtiene el mejor tiempo de fraguado inicial.

**Tabla 119:** *Subconjunto homogéneo para la variable de tiempo de fraguado inicial – Accelguard 90.*

		Tiempo de fraguado inicial			
		HSD Tukey			
Aditivo	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
4% Accelguard 90	3	295.9600			
2% Accelguard 90	3		310.4967		
6% Accelguard 90	3			314.6100	
0% Accelguard 90	3				375.6200
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

*Fuente:* Autor de tesis.

En la Tabla 119, muestra que, con el 4% de Accelguard 90 respecto al peso de cemento se obtiene el mejor tiempo de fraguado inicial.

**Tabla 120:** Subconjunto homogéneo para la variable de tiempo de fraguado final – Z Fragua #5.

		Tiempo de fraguado final		
		HSD Tukey		
Aditivo	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
2% Z Fragua #5	3	457.3667		
4% Z Fragua #5	3	459.7067		
6% Z Fragua #5	3		479.7467	
0% Z Fragua #5	3			497.5133
Sig.		0.333	1.000	1.000

**Fuente:** Autor de tesis.

En la Tabla 120, muestra que, con el 2% de Z Fragua #5 respecto al peso de cemento se obtiene el mejor tiempo de fraguado final, el 4% representa un valor similar al del 2%, sin embargo, generaría un mayor costo.

**Tabla 121:** Subconjunto homogéneo para la variable de tiempo de fraguado final – Accelguard 90.

		Tiempo de fraguado final		
		HSD Tukey		
Aditivo	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
4% Accelguard 90	3	399.2467		
2% Accelguard 90	3		415.3433	
6% Accelguard 90	3		415.7200	
0% Accelguard 90	3			497.5133
Sig.		1.000	0.974	1.000

**Fuente:** Autor de tesis.

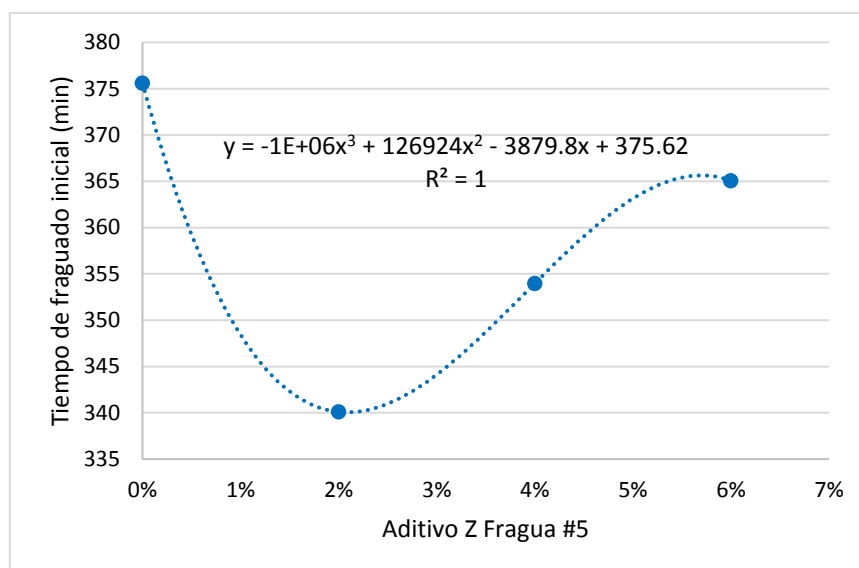
En la Tabla 121, muestra que, con el 4% de Accelguard 90 respecto al peso de cemento se obtiene el mejor tiempo de fraguado final.

d. Representación matemática de resultados

Se utilizó el software Microsoft Excel por regresión y correlación.

En las Tablas 122 y 123, se muestran los resultados obtenidos sobre las líneas de tendencia y valor “R” de correlación para la variable que se estudia.

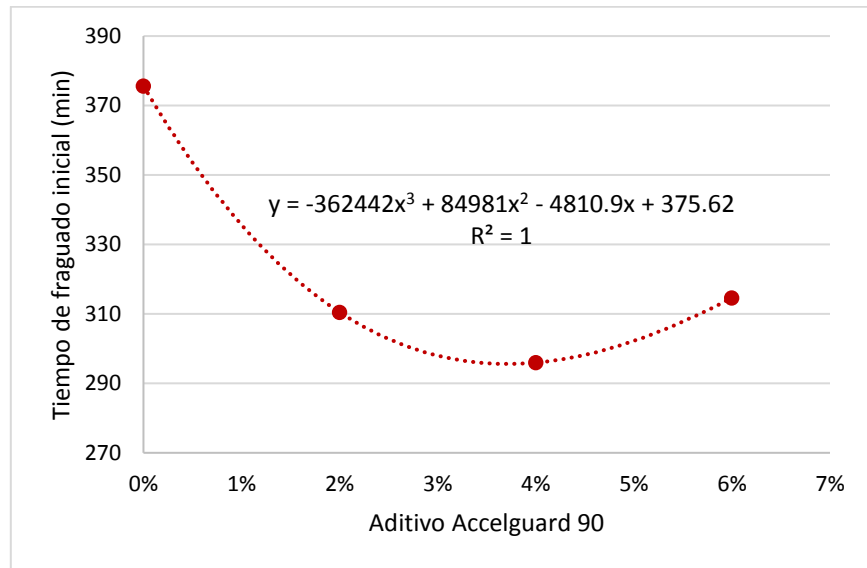
En las Figuras 20, 21, 22 y 23 se observan las funciones polinómicas de grado 3, se ajustan a los datos porque los valores de correlación son cercanos e iguales a 1.



**Figura 20:** Línea de tendencia de tiempo de fraguado inicial – Z Fragua

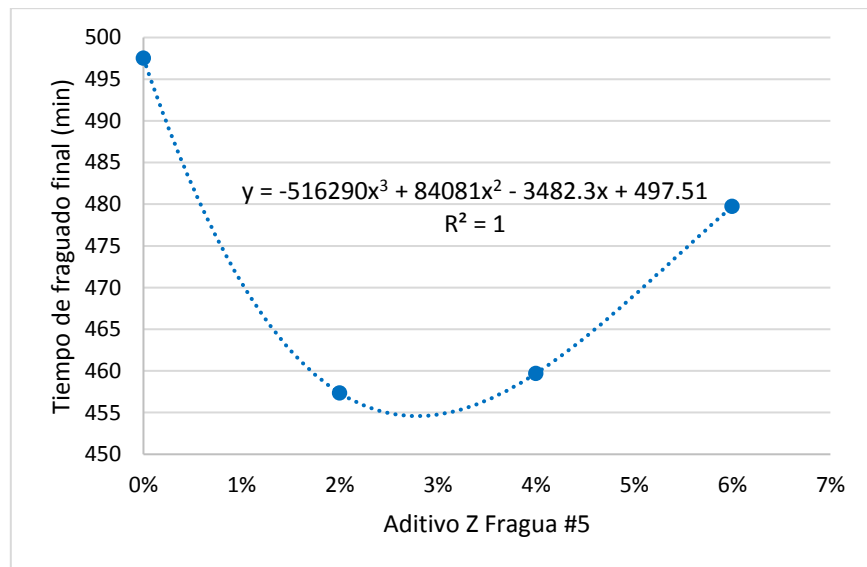
#5. **Fuente:** Autor de tesis.





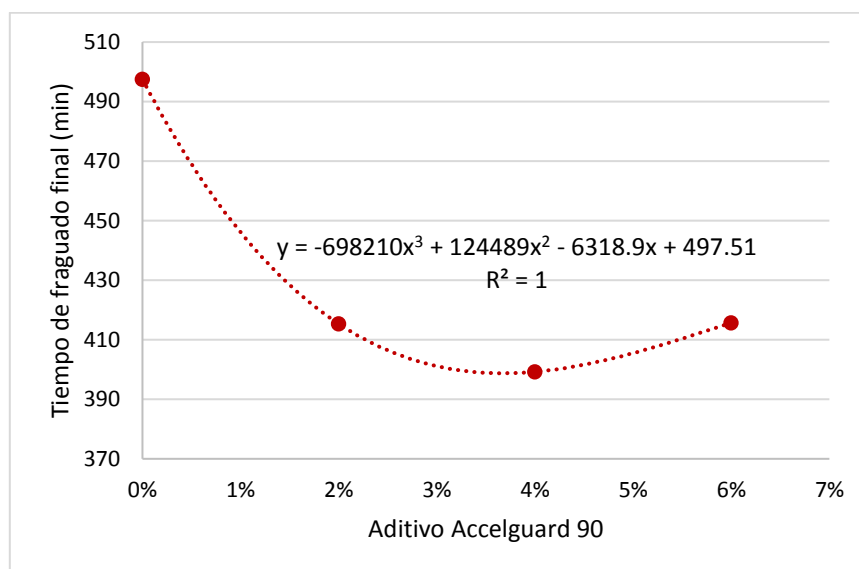
**Figura 21:** Línea de tendencia de tiempo de fraguado inicial – Accelguard

90. **Fuente:** Autor de tesis.



**Figura 22:** Línea de tendencia de tiempo de fraguado final – Z Fragua #5.

**Fuente:** Autor de tesis.



**Figura 23:** Línea de tendencia de tiempo de fraguado final – Accelguard

90. **Fuente:** Autor de tesis.

**Tabla 122:** Resultados de las líneas de tendencia de tiempo de fraguado inicial.

Aditivo	Línea de tendencia	Ecuación	Correlación
Z Fragua #5	Polinómica	$y = -1E+06x^3 + 126924x^2 - 3879.8x + 375.62$	1
Accelguard 90	Polinómica	$y = -362442x^3 + 84981x^2 - 4810.9x + 375.62$	1

**Fuente:** Autor de tesis.

**Tabla 123:** Resultados de las líneas de tendencia de tiempo de fraguado final.

Aditivo	Línea de tendencia	Ecuación	Correlación
Z Fragua #5	Polinómica	$y = -516290x^3 + 84081x^2 - 3482.3x + 497.51$	1
Accelguard 90	Polinómica	$y = -698210x^3 + 124489x^2 - 6318.9x + 497.51$	1

**Fuente:** Autor de tesis.

### APÉNDICE 3.1. Procesamiento estadístico del concreto en estado endurecido

#### Resistencia a Compresión – 3 días

1. Nivel de significancia

La significancia se trabaja con un 95% como nivel de confianza ( $\alpha = 0.05$ )

2. Criterio de rechazo

a. Criterio de normalidad

Se evalúa menos de 30 datos, se utilizó la prueba de Shapiro Wilk.

**Tabla 124:** Prueba de normalidad de resistencia a la compresión 3 días – Z  
Fragua #5.

Pruebas de normalidad				
% de Aditivo		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Resistencia a compresión a 3 días	0% Z Fragua #5	0.934	6	0.611
	2% Z Fragua #5	0.936	6	0.627
	4% Z Fragua #5	0.889	6	0.311
	6% Z Fragua #5	0.894	6	0.640

*Fuente:* Autor de tesis.

**Tabla 125:** Prueba de normalidad de resistencia a la compresión 3 días –  
Accelguard 90.

Pruebas de normalidad				
% de Aditivo		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Resistencia a compresión a 3 días	0% Accelguard 90	0.934	6	0.611
	2% Accelguard 90	0.907	6	0.418
	4% Accelguard 90	0.927	6	0.560
	6% Accelguard 90	0.846	6	0.147

*Fuente:* Autor de tesis.

Según la Tabla 124 y 125 los resultados de fuerza a compresión a edad de 3 días tanto para el Z Fragua #5 y Accelguard 90 muestran una distribución

normal, poseen un P-valor (Sig.) mayor a 0.05, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna de la investigación.

b. Criterio de homocedasticidad

Por medio de la prueba Levene, se comprobó el criterio de homocedasticidad, por medio del software SPSS.

**Tabla 126:** *Prueba de Homocedasticidad de resistencia a la compresión 3 días – Z Fragua #5.*

Prueba de homogeneidad de varianzas			
Resistencia a compresión – 3 días			
Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
0.944	3	20	0.438

*Fuente:* Autor de tesis.

**Tabla 127:** *Prueba de Homocedasticidad de resistencia a la compresión 3 días – Accelguard 90.*

Prueba de homogeneidad de varianzas			
Resistencia a compresión – 3 días			
Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
1.223	3	20	0.327

*Fuente:* Autor de tesis.

Según la Tabla 126 y 127, los resultados obtenidos de la resistencia a compresión a 3 días en el concreto endurecido poseen una distribución normal, porque tienen un P-valor (Sig.) mayor a 0.05 por lo que se rechaza la hipótesis nula y se aprueba la hipótesis del investigador.

Al verificar el criterio de normalidad y homocedasticidad, se comprueban que cuentan con una distribución normal los datos de las variables dependientes a través de la prueba Shapiro Wilk y Levene. Luego, se emplea la prueba

paramétrica de análisis de varianza por el ANOVA, ya que permite verificar la igualdad o desigualdad de los promedios de la muestra.

**Tabla 128:** ANOVA de resistencia a la compresión 3 días – Z Fragua #5.

ANOVA					
Resistencia a compresión – 3 días					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1222.410	3	407.470	286.173	0.000
Dentro de grupos	28.477	20	1.424		
Total	1250.887	23			

*Fuente:* Autor de tesis.

Se utilizó el F de Snedecor, fue de 286.173 y su P-valor (Sig.) es menor a 0.05, se comprueba que sí existen diferencias entre los grupos (Ver Tabla 128).

**Tabla 129:** ANOVA de resistencia a la compresión 3 días – Accelguard 90.

ANOVA					
Resistencia a compresión – 3 días					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	7004.419	3	2334.806	2215.603	0.000
Dentro de grupos	21.076	20	1.054		
Total	7025.495	23			

*Fuente:* Autor de tesis.

Se utilizó el F de Snedecor, fue de 2215.603 y su P-valor (Sig.) es menor a 0.05, se comprueba que sí existen diferencias entre los grupos (Ver Tabla 129).

c. Post Hoc (Prueba de Contraste)

Al cumplir los criterios de normalidad y homocedasticidad de varianza, se aplica la prueba de Tukey.

**Tabla 130:** Comparación Múltiple para la variable de resistencia a la compresión 3 días – Z Fragua #5.

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: Resistencia a compresión a edad de 3 días						
HSD Tukey						
(I) Aditivo		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
(I)	(J)				Límite inferior	Límite superior
	2% Z Fragua #5	-19,31167	0.68893	0.000	-21.2399	-17.3834
0% Z Fragua #5	4% Z Fragua #5	-9,17167	0.68893	0.000	-11.0999	-7.2434
	6% Z Fragua #5	-4,71833	0.68893	0.000	-6.6466	-2.7901
2% Z Fragua #5	0% Z Fragua #5	19,31167	0.68893	0.000	17.3834	21.2399
	4% Z Fragua #5	10,14000	0.68893	0.000	8.2117	12.0683
	6% Z Fragua #5	14,59333	0.68893	0.000	12.6651	16.5216
4% Z Fragua #5	0% Z Fragua #5	9,17167	0.68893	0.000	7.2434	11.0999
	2% Z Fragua #5	-10,14000	0.68893	0.000	-12.0683	-8.2117
	6% Z Fragua #5	4,45333	0.68893	0.000	2.5251	6.3816
6% Z Fragua #5	0% Z Fragua #5	4,71833	0.68893	0.000	2.7901	6.6466
	2% Z Fragua #5	-14,59333	0.68893	0.000	-16.5216	-12.6651
	4% Z Fragua #5	-4,45333	0.68893	0.000	-6.3816	-2.5251

**Fuente:** Autor de tesis.

**Tabla 131:** Comparación Múltiple para la variable de resistencia a la compresión 3 días –  
*Accelguard 90.*

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: Tiempo de fraguado inicial						
HSD Tukey						
Aditivo		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
(I)	(J)				Límite inferior	Límite superior
0% Accelguard 90	2% Accelguard 90	-27,68167	0.5927	0.0000	-29.3405	-26.0228
	4% Accelguard 90	-47,67667	0.5927	0.0000	-49.3355	-46.0178
	6% Accelguard 90	-19,82500	0.5927	0.0000	-21.4839	-18.1661
2% Accelguard 90	0% Accelguard 90	27,68167	0.5927	0.0000	26.0228	29.3405
	4% Accelguard 90	-19,99500	0.5927	0.0000	-21.6539	-18.3361
	6% Accelguard 90	7,85667	0.5927	0.0000	6.1978	9.5155
4% Accelguard 90	0% Accelguard 90	47,67667	0.5927	0.0000	46.0178	49.3355
	2% Accelguard 90	19,99500	0.5927	0.0000	18.3361	21.6539
	6% Accelguard 90	27,85167	0.5927	0.0000	26.1928	29.5105
6% Accelguard 90	0% Accelguard 90	19,82500	0.5927	0.0000	18.1661	21.4839
	2% Accelguard 90	-7,85667	0.5927	0.0000	-9.5155	-6.1978
	4% Accelguard 90	-27,85167	0.5927	0.0000	-29.5105	-26.1928

**Fuente:** Autor de tesis.

En las Tablas 130 y 131; las comparaciones múltiples de cada grupo de tiempo de fraguado inicial y final respecto con los porcentajes de aditivo tipo E, en cada comparación se obtiene la diferencia de medias, el IC95%, error estándar y el valor “P” asociado. Además, se observa que, existe diferencia

estadísticamente significativa entre estos grupos, los valores de significancia son menores a 0.05.

**Tabla 132:** *Subconjunto homogéneo para la variable de resistencia a la compresión 3 días – Z Fragua #5.*

		Resistencia a compresión 3 días			
		HSD Tukey			
Aditivo	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
0% Z Fragua #5	6	145.1117			
6% Z Fragua #5	6		149.8300		
4% Z Fragua #5	6			154.2833	
2% Z Fragua #5	6				164.4233
Sig.		1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

**Fuente:** Autor de tesis.

En la Tabla 132, muestra que, con el 2% de Z Fragua #5 respecto al peso de cemento se obtiene la mejor resistencia a la compresión a edad de 3 días.

**Tabla 133:** *Subconjunto homogéneo para la variable de resistencia a la compresión 3 días – Accelguard 90.*

		Resistencia a compresión 3 días			
		HSD Tukey			
Aditivo	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
0% Accelguard 90	6	145.1117			
6% Accelguard 90	6		164.9367		
2% Accelguard 90	6			172.7933	
4% Accelguard 90	6				192.7883
Sig.		1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

**Fuente:** Autor de tesis.

En la Tabla 133, muestra que, con el 4% de Accelguard 90 respecto al peso de cemento se obtiene la mejor resistencia a la compresión a edad de 3 días.

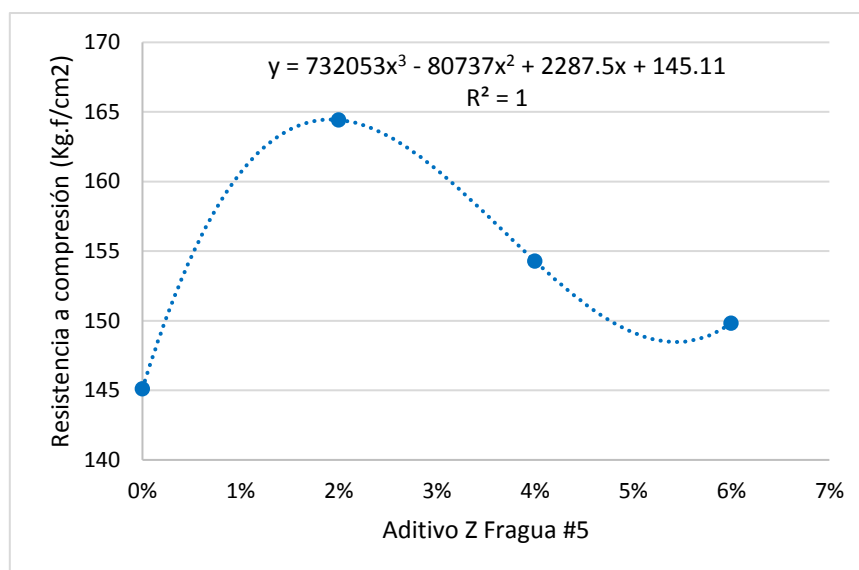


d. Representación matemática de resultados

En la Tablas 134, se muestran los resultados obtenidos sobre las líneas de tendencia y valor “R” de correlación para la variable que se estudia.

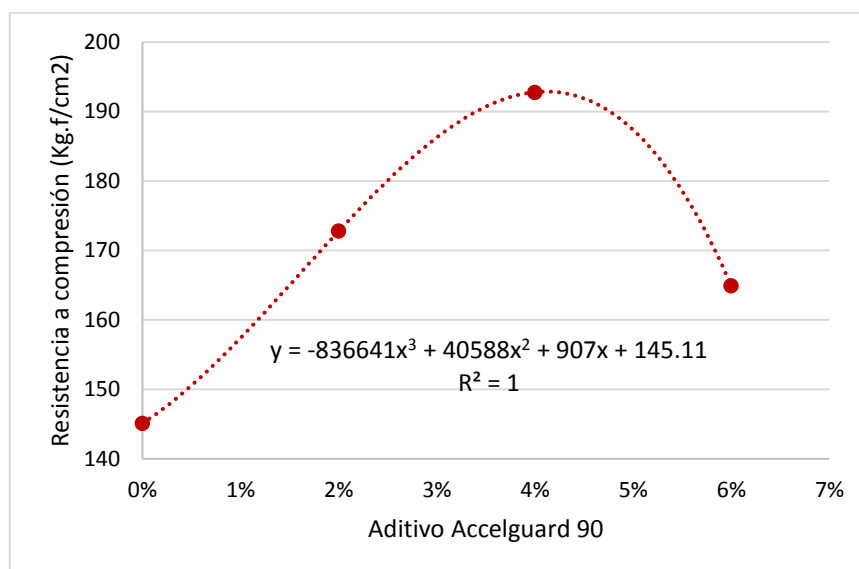
En las Figuras 24 y 25 se observan las funciones polinómicas de grado 3, se ajustan a los datos porque los valores de correlación son cercanos e iguales a

1.



**Figura 24:** Línea de tendencia de resistencia a la compresión 3 días – Z

*Fragua #5. Fuente: Autor de tesis.*



**Figura 25:** Línea de tendencia de resistencia a la compresión 3 días – Accelguard 90. **Fuente:** Autor de tesis.

**Tabla 134:** Resultados de las líneas de tendencia de resistencia a la compresión 3 días.

Aditivo	Línea de tendencia	Ecuación	Correlación
Z Fragua #5	Polinómica	$y = 732053x^3 - 80737x^2 + 2287.5x + 145.11$	1
Accelguard 90	Polinómica	$y = -836641x^3 + 40588x^2 + 907x + 145.11$	1

**Fuente:** Autor de tesis.

### Resistencia a Compresión – 7 días

1. Nivel de significancia

La significancia se trabaja con un 95% como nivel de confianza ( $\alpha = 0.05$ )

2. Criterio de rechazo

a. Criterio de normalidad

Se evalúa menos de 30 datos, se utilizó la prueba de Shapiro Wilk.

**Tabla 135:** Prueba de normalidad de resistencia a la compresión 7 días – Z

*Fragua #5.*

Pruebas de normalidad				
% de Aditivo		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Resistencia a compresión – 7 días	0% Z Fragua #5	0.952	6	0.757
	2% Z Fragua #5	0.977	6	0.934
	4% Z Fragua #5	0.831	6	0.110
	6% Z Fragua #5	0.818	6	0.085

**Fuente:** Autor de tesis.

**Tabla 136:** Prueba de normalidad de resistencia a la compresión 7 días –

*Accelguard 90.*

Pruebas de normalidad				
% de Aditivo		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	Gl	Sig.
Resistencia a compresión – 7 días	0% Accelguard 90	0.952	6	0.757
	2% Accelguard 90	0.921	6	0.511
	4% Accelguard 90	0.968	6	0.880
	6% Accelguard 90	0.931	6	0.586

**Fuente:** Autor de tesis.

Según la Tabla 135 y 136 los resultados de fuerza a compresión a edad de 7 días tanto para el Z Fragua #5 y Accelguard 90 muestran una distribución normal, poseen un P-valor (Sig.) mayor a 0.05, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna de la investigación.

b. Criterio de homocedasticidad

Por medio de la prueba Levene, se comprobó el criterio de homocedasticidad, por medio del software SPSS.

**Tabla 137:** *Prueba de Homocedasticidad de resistencia a la compresión. 7*

*días – Z Fragua #5.*

Prueba de homogeneidad de varianzas			
Resistencia a compresión – 7 días			
Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
0.453	3	20	0.718

*Fuente: Autor de tesis.*

**Tabla 138:** *Prueba de Homocedasticidad de resistencia a la compresión 7*

*días – Accelguard 90.*

Prueba de homogeneidad de varianzas			
Resistencia a compresión – 7 días			
Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
0.540	3	20	0.661

*Fuente: Autor de tesis.*

Según la Tabla 137 y 138, los resultados obtenidos de la resistencia a compresión a 7 días en el concreto endurecido poseen una distribución normal, porque tienen un P-valor (Sig.) mayor a 0.05 por lo que se rechaza la hipótesis nula y se aprueba la hipótesis del investigador.

Al verificar el criterio de normalidad y homocedasticidad, se comprueban que cuentan con una distribución normal los datos de las variables dependientes a través de la prueba Shapiro Wilk y Levene. Luego, se emplea la prueba paramétrica de análisis de varianza por el ANOVA, ya que permite verificar la igualdad o desigualdad de los promedios de la muestra.

**Tabla 139:** ANOVA de resistencia a la compresión 7 días – Z Fragua #5.

ANOVA					
Resistencia a compresión – 7 días					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	4789.449	3	1596.483	1542.433	0.000
Dentro de grupos	20.701	20	1.035		
Total	4810.149	23			

*Fuente:* Autor de tesis.

Se utilizó el F de Snedecor, fue de 1542.433 y su P-valor (Sig.) es menor a 0.05, se comprueba que sí existen diferencias entre los grupos (Ver Tabla 139).

**Tabla 140:** ANOVA de resistencia a la compresión 7 días – Accelguard 90.

ANOVA					
Resistencia a compresión – 7 días					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	11712.998	3	3904.333	6116.736	0.000
Dentro de grupos	12.766	20	0.638		
Total	11725.765	23			

*Fuente:* Autor de tesis.

Se utilizó el F de Snedecor, fue de 6116.736 y su P-valor (Sig.) es menor a 0.05, se comprueba que sí existen diferencias entre los grupos (Ver Tabla 140).

c. Post Hoc (Prueba de Contraste)

Al cumplir los criterios de normalidad y homocedasticidad de varianza, se aplica la prueba de Tukey.

**Tabla 141:** Comparación Múltiple para la variable de resistencia a la compresión 7 días – Z Fragua #5.

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: Resistencia a compresión a edad de 7 días						
HSD Tukey						
(I) Aditivo		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
(I)	(J)				Límite inferior	Límite superior
	2% Z Fragua #5	-37,50500	0.5874	0.0000	-39.1490	-35.8610
0% Z Fragua #5	4% Z Fragua #5	-16,14667	0.5874	0.0000	-17.7907	-14.5026
	6% Z Fragua #5	-6,90500	0.5874	0.0000	-8.5490	-5.2610
2% Z Fragua #5	0% Z Fragua #5	37,50500	0.5874	0.0000	35.8610	39.1490
	4% Z Fragua #5	21,35833	0.5874	0.0000	19.7143	23.0024
	6% Z Fragua #5	30,60000	0.5874	0.0000	28.9560	32.2440
4% Z Fragua #5	0% Z Fragua #5	16,14667	0.5874	0.0000	14.5026	17.7907
	2% Z Fragua #5	-21,35833	0.5874	0.0000	-23.0024	-19.7143
	6% Z Fragua #5	9,24167	0.5874	0.0000	7.5976	10.8857
6% Z Fragua #5	0% Z Fragua #5	6,90500	0.5874	0.0000	5.2610	8.5490
	2% Z Fragua #5	-30,60000	0.5874	0.0000	-32.2440	-28.9560
	4% Z Fragua #5	-9,24167	0.5874	0.0000	-10.8857	-7.5976

**Fuente:** Autor de tesis.

**Tabla 142:** Comparación Múltiple para la variable de resistencia a la compresión 7 días –  
*Accelguard 90.*

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: Resistencia a compresión a edad de 7 días						
HSD Tukey						
Aditivo		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
(I)	(J)				Límite inferior	Límite superior
0% Accelguard 90	2% Accelguard 90	-38,38000	0.4613	0.0000	-39.6711	-37.0889
	4% Accelguard 90	-61,86333	0.4613	0.0000	-63.1544	-60.5723
	6% Accelguard 90	-31,93333	0.4613	0.0000	-33.2244	-30.6423
2% Accelguard 90	0% Accelguard 90	38,38000	0.4613	0.0000	37.0889	39.6711
	4% Accelguard 90	-23,48333	0.4613	0.0000	-24.7744	-22.1923
	6% Accelguard 90	6,44667	0.4613	0.0000	5.1556	7.7377
4% Accelguard 90	0% Accelguard 90	61,86333	0.4613	0.0000	60.5723	63.1544
	2% Accelguard 90	23,48333	0.4613	0.0000	22.1923	24.7744
	6% Accelguard 90	29,93000	0.4613	0.0000	28.6389	31.2211
6% Accelguard 90	0% Accelguard 90	31,93333	0.4613	0.0000	30.6423	33.2244
	2% Accelguard 90	-6,44667	0.4613	0.0000	-7.7377	-5.1556
	4% Accelguard 90	-29,93000	0.4613	0.0000	-31.2211	-28.6389

**Fuente:** Autor de tesis.

En las Tablas 141 y 142; las comparaciones múltiples de cada grupo de tiempo de fraguado inicial y final respecto con los porcentajes de aditivo tipo E, en cada comparación se obtiene la diferencia de medias, el IC95%, error estándar y el valor “P” asociado. Además, se observa que, existe diferencia

estadísticamente significativa entre estos grupos, los valores de significancia son menores a 0.05.

**Tabla 143:** *Subconjunto homogéneo para la variable de resistencia a la compresión 7 días – Z Fragua #5.*

		Resistencia a compresión 7 días			
		HSD Tukey			
Aditivo	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
0% Z Fragua #5	6	185.9450			
6% Z Fragua #5	6		192.8500		
4% Z Fragua #5	6			202.0917	
2% Z Fragua #5	6				223.4500
Sig.		1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

**Fuente:** Autor de tesis.

En la Tabla 143, muestra que, con el 2% de Z Fragua #5 respecto al peso de cemento se obtiene la mejor resistencia a la compresión a edad de 7 días.

**Tabla 144:** *Subconjunto homogéneo para la variable de resistencia a la compresión 7 días – Accelguard 90.*

		Resistencia a compresión 7 días			
		HSD Tukey			
Aditivo	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
0% Accelguard 90	6	185.9450			
6% Accelguard 90	6		217.8783		
2% Accelguard 90	6			224.3250	
4% Accelguard 90	6				247.8083
Sig.		1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

**Fuente:** Autor de tesis.

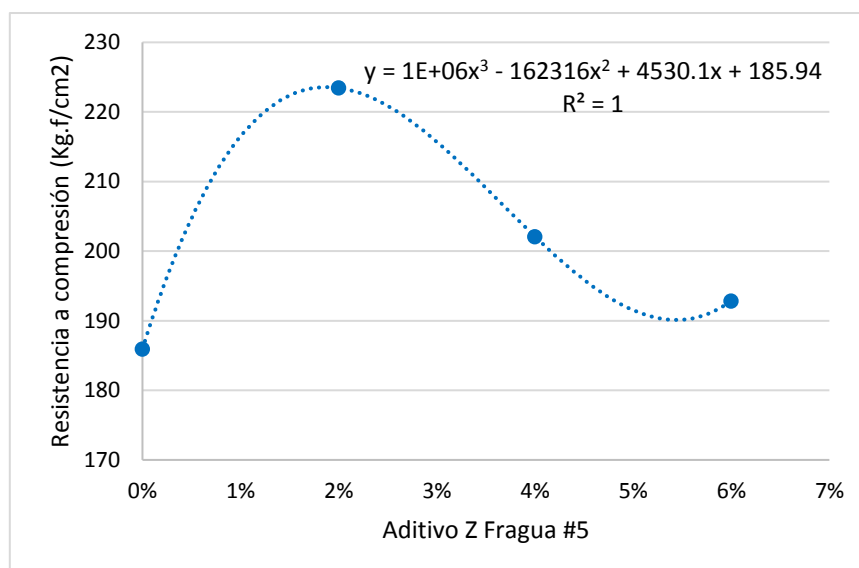
En la Tabla 144, muestra que, con el 4% de Accelguard 90 respecto al peso de cemento se obtiene la mejor resistencia a la compresión a edad de 7 días.



d. Representación matemática de resultados

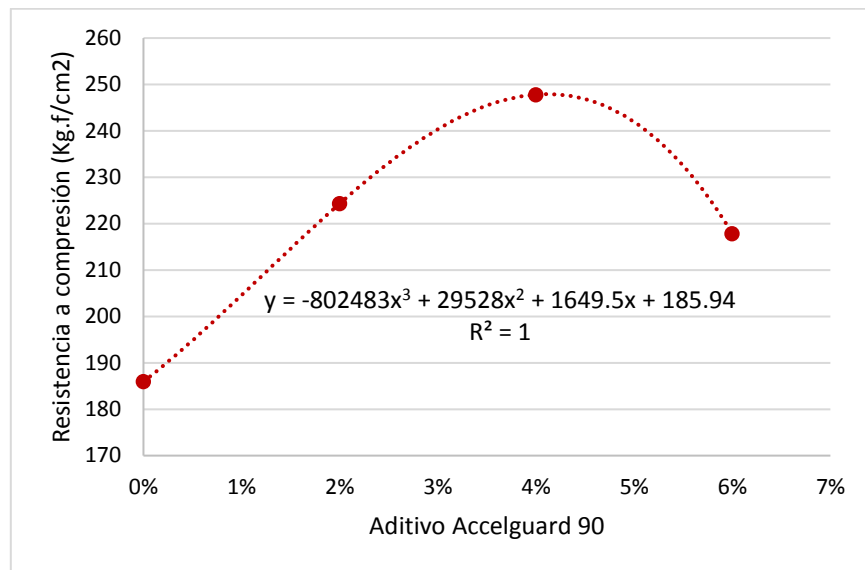
En la Tablas 145, se muestran los resultados obtenidos sobre las líneas de tendencia y valor “R” de correlación para la variable que se estudia.

En las Figuras 26 y 27 se observan las funciones polinómicas de grado 3, se ajustan a los datos porque los valores de correlación son cercanos e iguales a 1.



**Figura 26:** Línea de tendencia de resistencia a la compresión 7 días – Z

*Fragua #5. Fuente: Autor de tesis.*



**Figura 27:** Línea de tendencia de resistencia a la compresión 7 días – Z

Fragua #5. **Fuente:** Autor de tesis.

**Tabla 145:** Resultados de las líneas de tendencia de resistencia a la compresión 7 días.

Aditivo	Línea de tendencia	Ecuación	Correlación
Z Fragua #5	Polinómica	$y = 1E+06x^3 - 162316x^2 + 4530.1x + 185.94$	1
Accelguard 90	Polinómica	$y = -802483x^3 + 29528x^2 + 1649.5x + 185.94$	1

**Fuente:** Autor de tesis.

## Resistencia a Compresión – 14 días

### 1. Nivel de significancia

La significancia se trabaja con un 95% como nivel de confianza ( $\alpha = 0.05$ )

### 2. Criterio de rechazo

#### a. Criterio de normalidad

Se evalúa menos de 30 datos, se utilizó la prueba de Shapiro Wilk.

**Tabla 146:** Prueba de normalidad de resistencia a la compresión 14 días –

*Z Fragua #5.*

Pruebas de normalidad				
% de Aditivo		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Resistencia a compresión – 14 días	0% Z Fragua #5	0.859	6	0.187
	2% Z Fragua #5	0.886	6	0.299
	4% Z Fragua #5	0.987	6	0.980
	6% Z Fragua #5	0.963	6	0.845

**Fuente:** Autor de tesis.

**Tabla 147:** Prueba de normalidad de resistencia a la compresión 14 días –

*Accelguard 90.*

Pruebas de normalidad				
% de Aditivo		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Resistencia a compresión – 14 días	0% Accelguard 90	0.859	6	0.187
	2% Accelguard 90	0.906	6	0.413
	4% Accelguard 90	0.935	6	0.621
	6% Accelguard 90	0.878	6	0.259

**Fuente:** Autor de tesis.

Según la Tabla 146 y 147 los resultados de fuerza a compresión a edad de 14 días tanto para el Z Fragua #5 y Accelguard 90 muestran una distribución normal, poseen un P-valor (Sig.) mayor a 0.05, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna de la investigación.

b. Criterio de homocedasticidad

Por medio de la prueba Levene, se comprobó el criterio de homocedasticidad, por medio del software SPSS.

**Tabla 148:** *Prueba de Homocedasticidad de resistencia a la compresión.*

*14 días – Z Fragua #5.*

Prueba de homogeneidad de varianzas			
Resistencia a compresión – 14 días			
Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
2.871	3	20	0.062

*Fuente: Autor de tesis.*

**Tabla 149:** *Prueba de Homocedasticidad de resistencia a la compresión 14*

*días – Accelguard 90.*

Prueba de homogeneidad de varianzas			
Resistencia a compresión – 14 días			
Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
0.505	3	20	0.683

*Fuente: Autor de tesis.*

Según la Tabla 148 y 149, los resultados obtenidos de la resistencia a compresión a 14 días en el concreto endurecido poseen una distribución normal, porque tienen un P-valor (Sig.) mayor a 0.05 por lo que se rechaza la hipótesis nula y se aprueba la hipótesis del investigador.

Al verificar el criterio de normalidad y homocedasticidad, se comprueban que cuentan con una distribución normal los datos de las variables dependientes a través de la prueba Shapiro Wilk y Levene. Luego, se emplea la prueba paramétrica de análisis de varianza por el ANOVA, ya que permite verificar la igualdad o desigualdad de los promedios de la muestra.

**Tabla 150:** ANOVA de resistencia a la compresión 14 días – Z Fragua #5.

ANOVA					
Resistencia a compresión – 14 días					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	2485.368	3	828.456	761.275	0.000
Dentro de grupos	21.765	20	1.088		
Total	2507.133	23			

*Fuente:* Autor de tesis.

Se utilizó el F de Snedecor, fue de 761.275 y su P-valor (Sig.) es menor a 0.05, se comprueba que sí existen diferencias entre los grupos (Ver Tabla 150).

**Tabla 151:** ANOVA de resistencia a la compresión 14 días – Accelguard 90.

ANOVA					
Resistencia a compresión – 14 días					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	8224.300	3	2741.433	2189.989	0.000
Dentro de grupos	25.036	20	1.252		
Total	8249.336	23			

*Fuente:* Autor de tesis.

Se utilizó el F de Snedecor, fue de 2189.989 y su P-valor (Sig.) es menor a 0.05, se comprueba que sí existen diferencias entre los grupos (Ver Tabla 151).

c. Post Hoc (Prueba de Contraste)

Al cumplir los criterios de normalidad y homocedasticidad de varianza, se aplica la prueba de Tukey.

**Tabla 152:** Comparación Múltiple para la variable de resistencia a la compresión 14 días  
– Z Fragua #5.

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: Resistencia a compresión a edad de 14 días						
HSD Tukey						
(I) Aditivo		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
(I)	(J)				Límite inferior	Límite superior
0% Z Fragua #5	2% Z Fragua #5	-26,07833	0.6023	0.0000	-27.7641	-24.3926
	4% Z Fragua #5	-13,96000	0.6023	0.0000	-15.6458	-12.2742
	6% Z Fragua #5	-3,43833	0.6023	0.0001	-5.1241	-1.7526
2% Z Fragua #5	0% Z Fragua #5	26,07833	0.6023	0.0000	24.3926	27.7641
	4% Z Fragua #5	12,11833	0.6023	0.0000	10.4326	13.8041
	6% Z Fragua #5	22,64000	0.6023	0.0000	20.9542	24.3258
4% Z Fragua #5	0% Z Fragua #5	13,96000	0.6023	0.0000	12.2742	15.6458
	2% Z Fragua #5	-12,11833	0.6023	0.0000	-13.8041	-10.4326
	6% Z Fragua #5	10,52167	0.6023	0.0000	8.8359	12.2074
6% Z Fragua #5	0% Z Fragua #5	3,43833	0.6023	0.0001	1.7526	5.1241
	2% Z Fragua #5	-22,64000	0.6023	0.0000	-24.3258	-20.9542
	4% Z Fragua #5	-10,52167	0.6023	0.0000	-12.2074	-8.8359

**Fuente:** Autor de tesis.

**Tabla 153:** Comparación Múltiple para la variable de resistencia a la compresión 14 días

– Accelguard 90.

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: Resistencia a compresión a edad de 14 días						
HSD Tukey						
Aditivo		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
(I)	(J)				Límite inferior	Límite superior
0% Accelguard 90	2% Accelguard 90	-26,39667	0.6460	0.0000	-28.2047	-24.5887
	4% Accelguard 90	-51,41500	0.6460	0.0000	-53.2230	-49.6070
	6% Accelguard 90	-17,88333	0.6460	0.0000	-19.6913	-16.0753
2% Accelguard 90	0% Accelguard 90	26,39667	0.6460	0.0000	24.5887	28.2047
	4% Accelguard 90	-25,01833	0.6460	0.0000	-26.8263	-23.2103
	6% Accelguard 90	8,51333	0.6460	0.0000	6.7053	10.3213
4% Accelguard 90	0% Accelguard 90	51,41500	0.6460	0.0000	49.6070	53.2230
	2% Accelguard 90	25,01833	0.6460	0.0000	23.2103	26.8263
	6% Accelguard 90	33,53167	0.6460	0.0000	31.7237	35.3397
6% Accelguard 90	0% Accelguard 90	17,88333	0.6460	0.0000	16.0753	19.6913
	2% Accelguard 90	-8,51333	0.6460	0.0000	-10.3213	-6.7053
	4% Accelguard 90	-33,53167	0.6460	0.0000	-35.3397	-31.7237

**Fuente:** Autor de tesis.

En las Tablas 152 y 153; las comparaciones múltiples de cada grupo de tiempo de fraguado inicial y final respecto con los porcentajes de aditivo tipo E, en cada comparación se obtiene la diferencia de medias, el IC95%, error estándar y el valor “P” asociado. Además, se observa que, existe diferencia

estadísticamente significativa entre estos grupos, los valores de significancia son menores a 0.05.

**Tabla 154:** *Subconjunto homogéneo para la variable de resistencia a la compresión 14 días – Z Fragua #5.*

		Resistencia a compresión 14 días			
		HSD Tukey			
Aditivo	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
0% Z Fragua #5	6	223.7217			
6% Z Fragua #5	6		227.1600		
4% Z Fragua #5	6			237.6817	
2% Z Fragua #5	6				249.8000
Sig.		1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

**Fuente:** Autor de tesis.

En la Tabla 154, muestra que, con el 2% de Z Fragua #5 respecto al peso de cemento se obtiene la mejor resistencia a la compresión a edad de 14 días.

**Tabla 155:** *Subconjunto homogéneo para la variable de resistencia a la compresión 14 días – Accelguard 90.*

		Resistencia a compresión 14 días			
		HSD Tukey			
Aditivo	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
0% Accelguard 90	6	223.7217			
6% Accelguard 90	6		241.6050		
2% Accelguard 90	6			250.1183	
4% Accelguard 90	6				275.1367
Sig.		1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

**Fuente:** Autor de tesis.

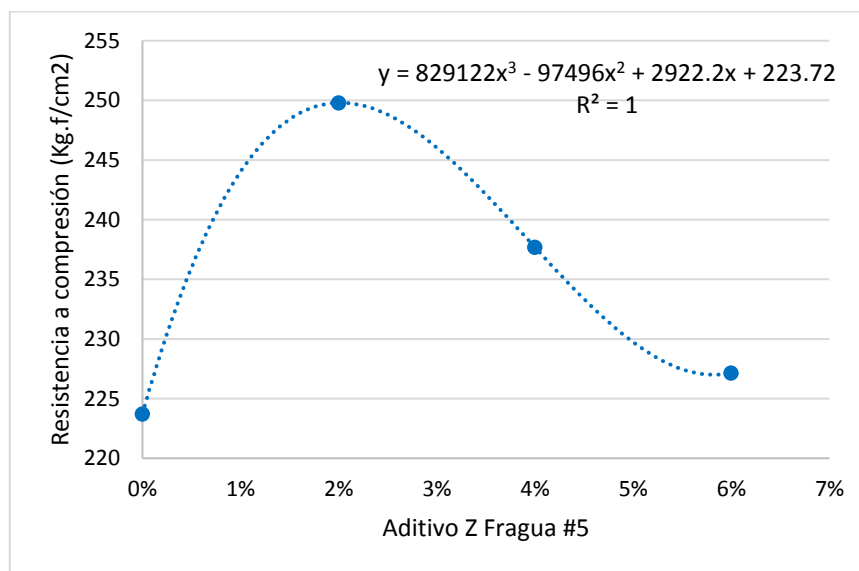
En la Tabla 155, muestra que, con el 4% de Accelguard 90 respecto al peso de cemento se obtiene la mejor resistencia a la compresión a edad de 14 días.



d. Representación matemática de resultados

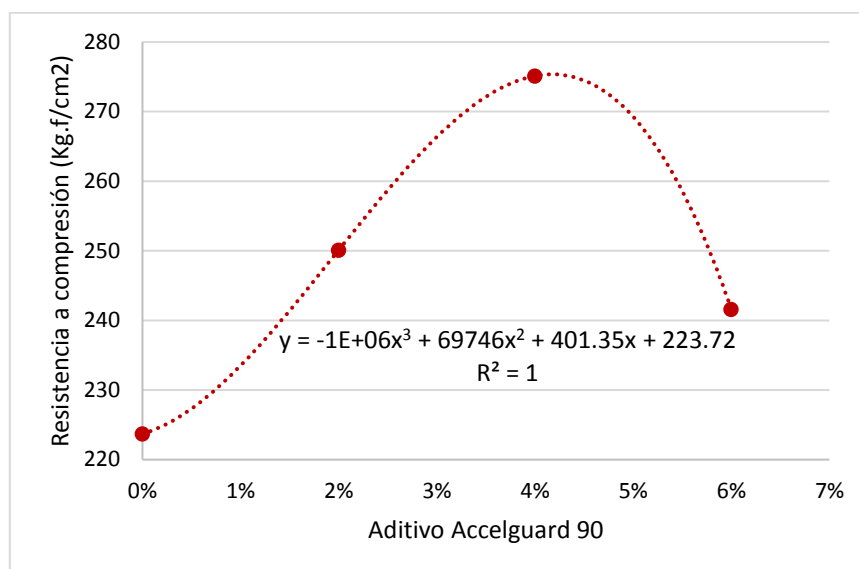
En la Tablas 156, se muestran los resultados obtenidos sobre las líneas de tendencia y valor “R” de correlación para la variable que se estudia.

En las Figuras 28 y 29 se observan las funciones polinómicas de grado 3, se ajustan a los datos porque los valores de correlación son cercanos e iguales a 1.



**Figura 28:** Línea de tendencia de resistencia a la compresión 14 días – Z

*Fragua #5. Fuente: Autor de tesis.*



**Figura 29:** Línea de tendencia de resistencia a la compresión 14 días – Z

Fragua #5. **Fuente:** Autor de tesis.

**Tabla 156:** Resultados de las líneas de tendencia de resistencia a la compresión 14 días.

Aditivo	Línea de tendencia	Ecuación	Correlación
Z Fragua #5	Polinómica	$y = 829122x^3 - 97496x^2 + 2922.2x + 223.72$	1
Accelguard 90	Polinómica	$y = -1E+06x^3 + 69746x^2 + 401.35x + 223.72$	1

**Fuente:** Autor de tesis.

## Resistencia a Compresión – 28 días

### 1. Nivel de significancia

La significancia se trabaja con un 95% como nivel de confianza ( $\alpha = 0.05$ )

### 2. Criterio de rechazo

#### a. Criterio de normalidad

Se evalúa menos de 30 datos, se utilizó la prueba de Shapiro Wilk.

**Tabla 157:** Prueba de normalidad de resistencia a la compresión 28 días –

*Z Fragua #5.*

Pruebas de normalidad				
% de Aditivo		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Resistencia a compresión – 28 días	0% Z Fragua #5	0.886	6	0.297
	2% Z Fragua #5	0.957	6	0.795
	4% Z Fragua #5	0.842	6	0.137
	6% Z Fragua #5	0.970	6	0.894

**Fuente:** Autor de tesis.

**Tabla 158:** Prueba de normalidad de resistencia a la compresión 28 días –

*Accelguard 90.*

Pruebas de normalidad				
% de Aditivo		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Resistencia a compresión – 28 días	0% Accelguard 90	0.886	6	0.297
	2% Accelguard 90	0.901	6	0.381
	4% Accelguard 90	0.931	6	0.584
	6% Accelguard 90	0.885	6	0.293

**Fuente:** Autor de tesis.

Según la Tabla 157 y 158 los resultados de fuerza a compresión a edad de 28 días tanto para el Z Fragua #5 y Accelguard 90 muestran una distribución normal, poseen un P-valor (Sig.) mayor a 0.05, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna de la investigación.

b. Criterio de homocedasticidad

Por medio de la prueba Levene, se comprobó el criterio de homocedasticidad, por medio del software SPSS.

**Tabla 159:** *Prueba de Homocedasticidad de resistencia a la compresión.*

*28 días – Z Fragua #5.*

Prueba de homogeneidad de varianzas			
Resistencia a compresión – 28 días			
Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
1.664	3	20	0.207

*Fuente: Autor de tesis.*

**Tabla 160:** *Prueba de Homocedasticidad de resistencia a la compresión 28*

*días – Accelguard 90.*

Prueba de homogeneidad de varianzas			
Resistencia a compresión – 28 días			
Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
1.520	3	20	0.240

*Fuente: Autor de tesis.*

Según la Tabla 159 y 160, los resultados obtenidos de la resistencia a compresión a 28 días en el concreto endurecido poseen una distribución normal, porque tienen un P-valor (Sig.) mayor a 0.05 por lo que se rechaza la hipótesis nula y se aprueba la hipótesis del investigador.

Al verificar el criterio de normalidad y homocedasticidad, se comprueban que cuentan con una distribución normal los datos de las variables dependientes a través de la prueba Shapiro Wilk y Levene. Luego, se emplea la prueba paramétrica de análisis de varianza por el ANOVA, ya que permite verificar la igualdad o desigualdad de los promedios de la muestra.

**Tabla 161:** ANOVA de resistencia a la compresión 28 días – Z Fragua #5.

ANOVA					
Resistencia a compresión – 28 días					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1289.485	3	429.828	199.901	0.000
Dentro de grupos	43.004	20	2.150		
Total	1332.489	23			

*Fuente:* Autor de tesis.

Se utilizó el F de Snedecor, fue de 199.901 y su P-valor (Sig.) es menor a 0.05, se comprueba que sí existen diferencias entre los grupos (Ver Tabla 161).

**Tabla 162:** ANOVA de resistencia a la compresión 28 días – Accelguard 90.

ANOVA					
Resistencia a compresión – 28 días					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	6811.067	3	2270.356	1600.757	0.000
Dentro de grupos	28.366	20	1.418		
Total	6839.433	23			

*Fuente:* Autor de tesis.

Se utilizó el F de Snedecor, fue de 1600.757 y su P-valor (Sig.) es menor a 0.05, se comprueba que sí existen diferencias entre los grupos (Ver Tabla 162).

c. Post Hoc (Prueba de Contraste)

Al cumplir los criterios de normalidad y homocedasticidad de varianza, se aplica la prueba de Tukey.

**Tabla 163:** Comparación Múltiple para la variable de resistencia a la compresión 28 días

– Z Fragua #5.

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: Resistencia a compresión a edad de 28 días						
HSD Tukey						
(I) Aditivo		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
(I)	(J)				Límite inferior	Límite superior
	2% Z Fragua #5	-19,24333	0.8466	0.0000	-21.6129	-16.8737
0% Z Fragua #5	4% Z Fragua #5	-7,58833	0.8466	0.0000	-9.9579	-5.2187
	6% Z Fragua #5	-2,94333	0.8466	0.0117	-5.3129	-0.5737
2% Z Fragua #5	0% Z Fragua #5	19,24333	0.8466	0.0000	16.8737	21.6129
	4% Z Fragua #5	11,65500	0.8466	0.0000	9.2854	14.0246
	6% Z Fragua #5	16,30000	0.8466	0.0000	13.9304	18.6696
4% Z Fragua #5	0% Z Fragua #5	7,58833	0.8466	0.0000	5.2187	9.9579
	2% Z Fragua #5	-11,65500	0.8466	0.0000	-14.0246	-9.2854
	6% Z Fragua #5	4,64500	0.8466	0.0001	2.2754	7.0146
6% Z Fragua #5	0% Z Fragua #5	2,94333	0.8466	0.0117	0.5737	5.3129
	2% Z Fragua #5	-16,30000	0.8466	0.0000	-18.6696	-13.9304
	4% Z Fragua #5	-4,64500	0.8466	0.0001	-7.0146	-2.2754

**Fuente:** Autor de tesis.

**Tabla 164:** Comparación Múltiple para la variable de resistencia a la compresión 28 días

– Accelguard 90.

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: Resistencia a compresión a edad de 28 días						
HSD Tukey						
Aditivo		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
(I)	(J)				Límite inferior	Límite superior
0% Accelguard 90	2% Accelguard 90	-26,55000	0.6876	0.0000	-28.4745	-24.6255
	4% Accelguard 90	-45,41833	0.6876	0.0000	-47.3428	-43.4938
	6% Accelguard 90	-12,79833	0.6876	0.0000	-14.7228	-10.8738
2% Accelguard 90	0% Accelguard 90	26,55000	0.6876	0.0000	24.6255	28.4745
	4% Accelguard 90	-18,86833	0.6876	0.0000	-20.7928	-16.9438
	6% Accelguard 90	13,75167	0.6876	0.0000	11.8272	15.6762
4% Accelguard 90	0% Accelguard 90	45,41833	0.6876	0.0000	43.4938	47.3428
	2% Accelguard 90	18,86833	0.6876	0.0000	16.9438	20.7928
	6% Accelguard 90	32,62000	0.6876	0.0000	30.6955	34.5445
6% Accelguard 90	0% Accelguard 90	12,79833	0.6876	0.0000	10.8738	14.7228
	2% Accelguard 90	-13,75167	0.6876	0.0000	-15.6762	-11.8272
	4% Accelguard 90	-32,62000	0.6876	0.0000	-34.5445	-30.6955

**Fuente:** Autor de tesis.

En las Tablas 163 y 164; las comparaciones múltiples de cada grupo de tiempo de fraguado inicial y final respecto con los porcentajes de aditivo tipo E, en cada comparación se obtiene la diferencia de medias, el IC95%, error estándar y el valor “P” asociado. Además, se observa que, existe diferencia

estadísticamente significativa entre estos grupos, los valores de significancia son menores a 0.05.

**Tabla 165:** *Subconjunto homogéneo para la variable de resistencia a la compresión 28 días – Z Fragua #5.*

Resistencia a compresión 28 días					
HSD Tukey					
Aditivo	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
0% Z Fragua #5	6	247.9133			
6% Z Fragua #5	6		250.8567		
4% Z Fragua #5	6			255.5017	
2% Z Fragua #5	6				267.1567
Sig.		1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

**Fuente:** Autor de tesis.

En la Tabla 165, muestra que, con el 2% de Z Fragua #5 respecto al peso de cemento se obtiene la mejor resistencia a la compresión a edad de 28 días.

**Tabla 166:** *Subconjunto homogéneo para la variable de resistencia a la compresión 28 días – Accelguard 90.*

Resistencia a compresión 28 días					
HSD Tukey					
Aditivo	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
0% Accelguard 90	6	247.9133			
6% Accelguard 90	6		260.7117		
2% Accelguard 90	6			274.4633	
4% Accelguard 90	6				293.3317
Sig.		1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

**Fuente:** Autor de tesis.

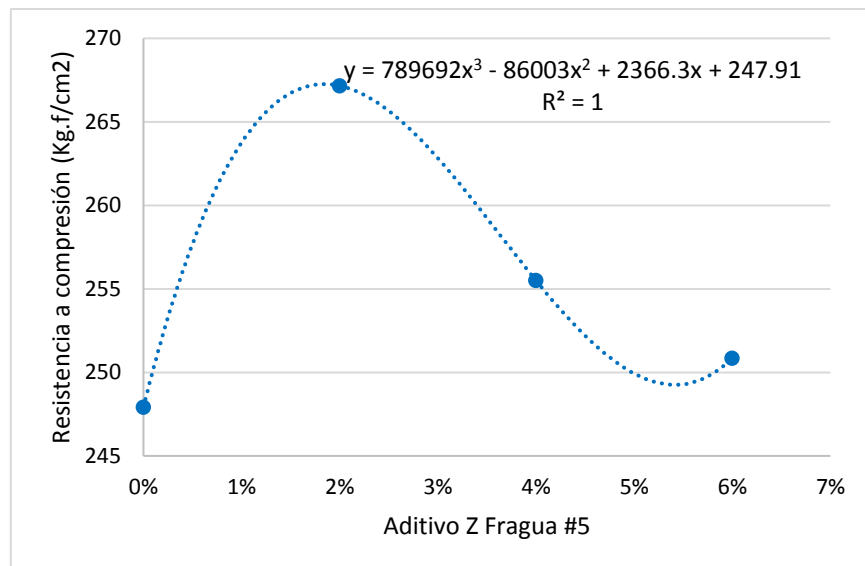
En la Tabla 166, muestra que, con el 4% de Accelguard 90 respecto al peso de cemento se obtiene la mejor resistencia a la compresión a edad de 28 días.



d. Representación matemática de resultados

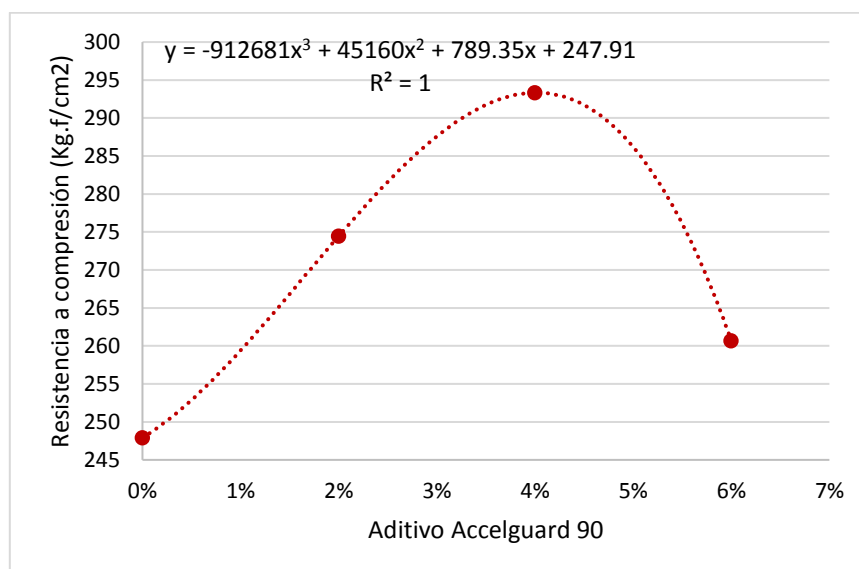
En la Tablas 167, se muestran los resultados obtenidos sobre las líneas de tendencia y valor “R” de correlación para la variable que se estudia.

En las Figuras 30 y 31 se observan las funciones polinómicas de grado 3, se ajustan a los datos porque los valores de correlación son cercanos e iguales a 1.



**Figura 30:** Línea de tendencia de resistencia a la compresión 28 días – Z

*Fragua #5. Fuente: Autor de tesis.*



**Figura 31:** Línea de tendencia de resistencia a la compresión 28 días – Z

Fragua #5. **Fuente:** Autor de tesis.

**Tabla 167:** Resultados de las líneas de tendencia de resistencia a la compresión 28 días.

Aditivo	Línea de tendencia	Ecuación	Correlación
Z Fragua #5	Polinómica	$y = 789692x^3 - 86003x^2 + 2366.3x + 247.91$	1
Accelguard 90	Polinómica	$y = -912681x^3 + 45160x^2 + 789.35x + 247.91$	1

**Fuente:** Autor de tesis.

## ANEXOS

### ANEXOS 1: Panel fotográfico.



*Figura 32: Ensayo de granulometría de los agregados.*



*Figura 33: Ensayo de peso unitario compactado del agregado grueso.*



*Figura 34: Ensayo de asentamiento.*



*Figura 35: Penetrómetro – Ensayo de Tiempo de fraguado.*



*Figura 36: Probetas cilíndricas 4'' x 8''.*



*Figura 37: Elaboración de la mezcla de concreto.*



*Figura 38: Elaboración de probetas de concreto 4'' x 6''.*



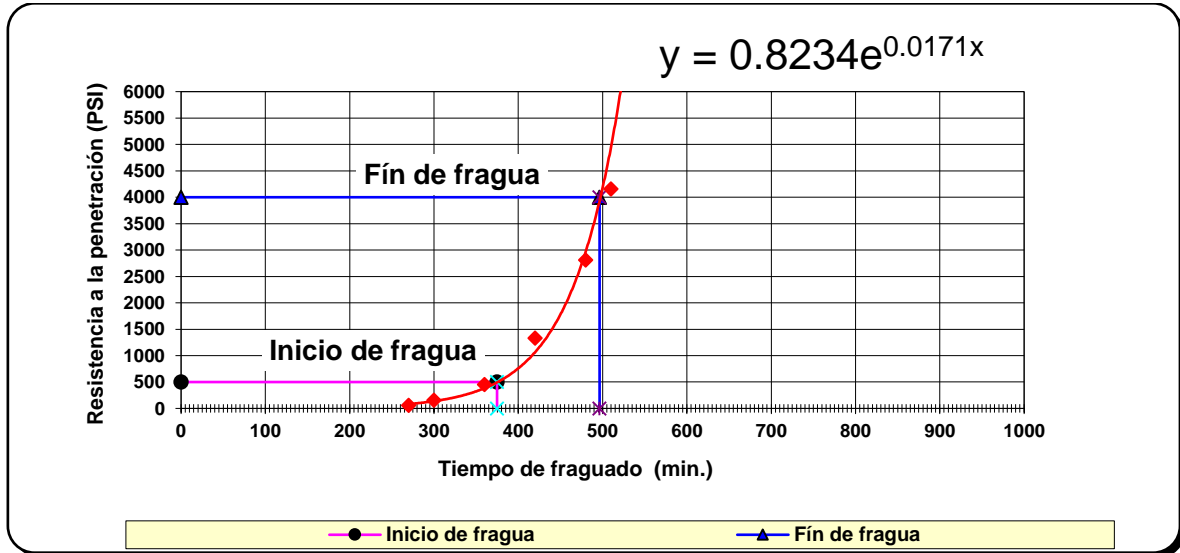
*Figura 39: Codificación de especímenes de concreto.*

Influencia del aditivo ASTM C494 tipo E en el asentamiento, fragua y resistencia a la compresión del concreto convencional, Trujillo 2019

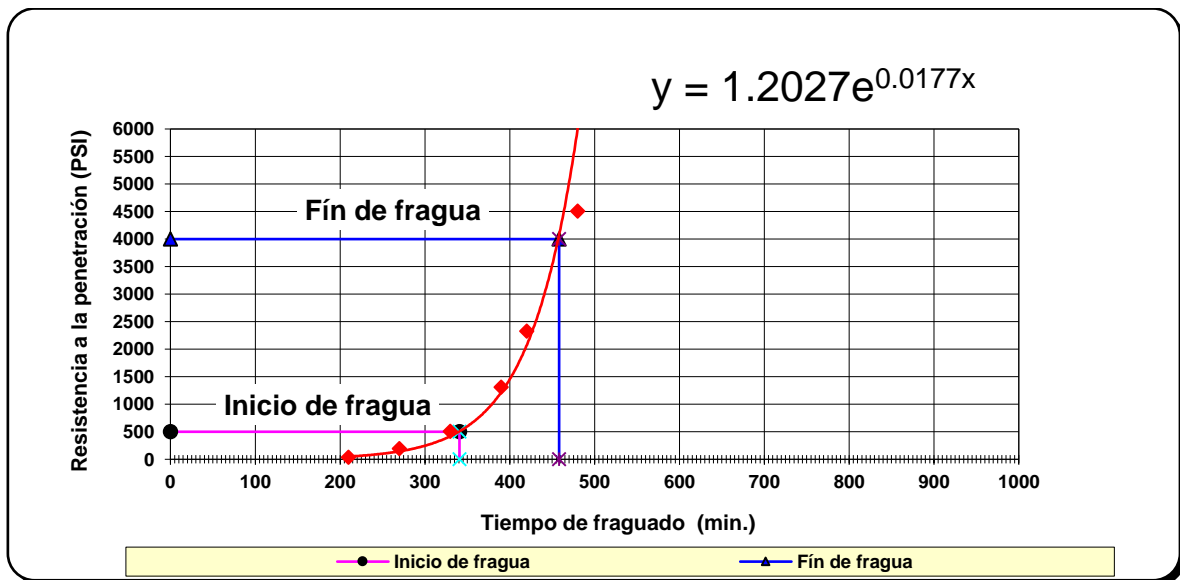


*Figura 40: Ensayo de resistencia a compresión.*

**ANEXOS 2: Curvas de fraguado.**

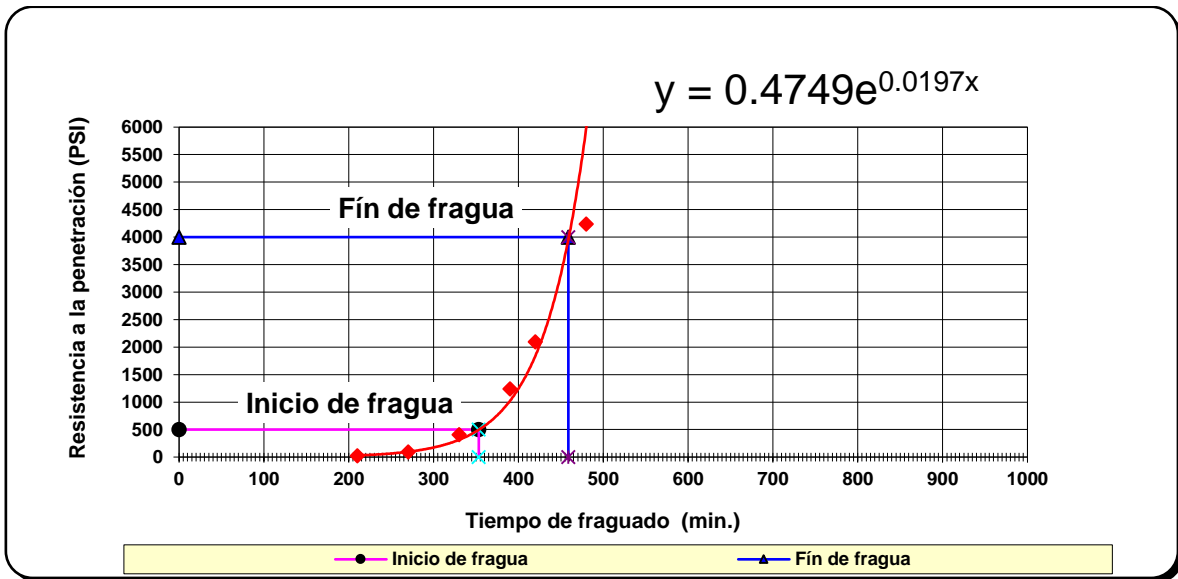


*Figura 41: Curva de fraguado patrón (0%)*

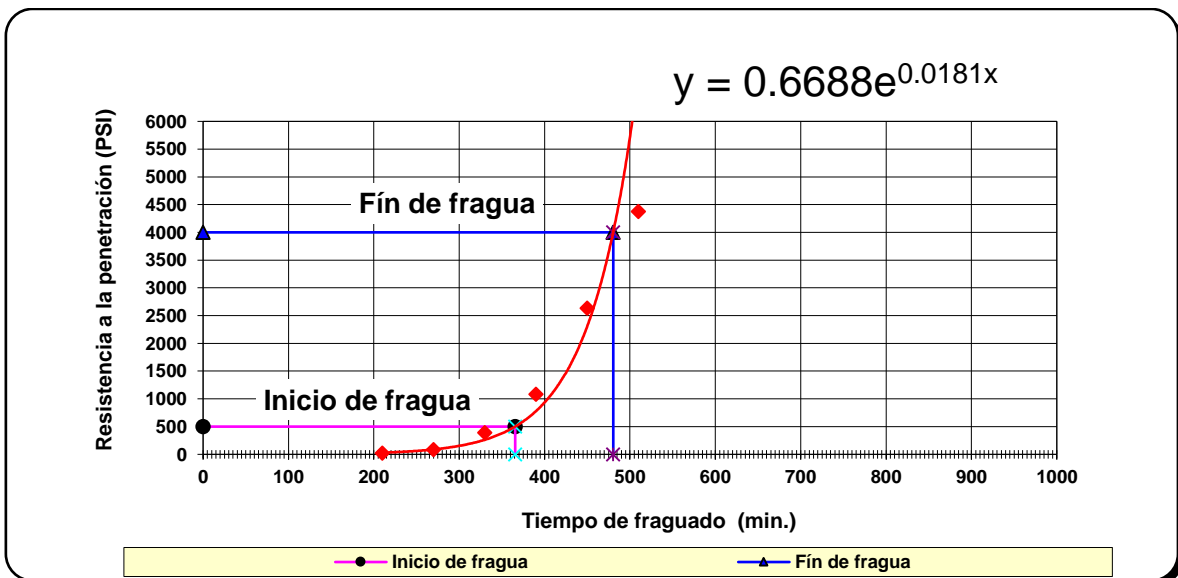


*Figura 42: Curva de fraguado con aditivo Z Fragua #5 al 2%.*

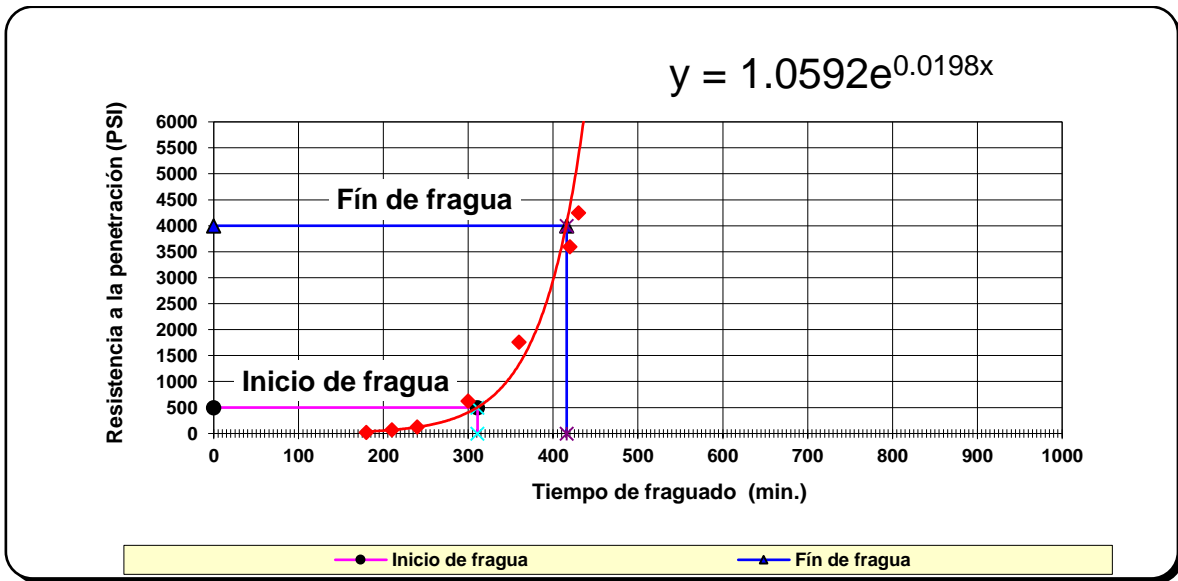




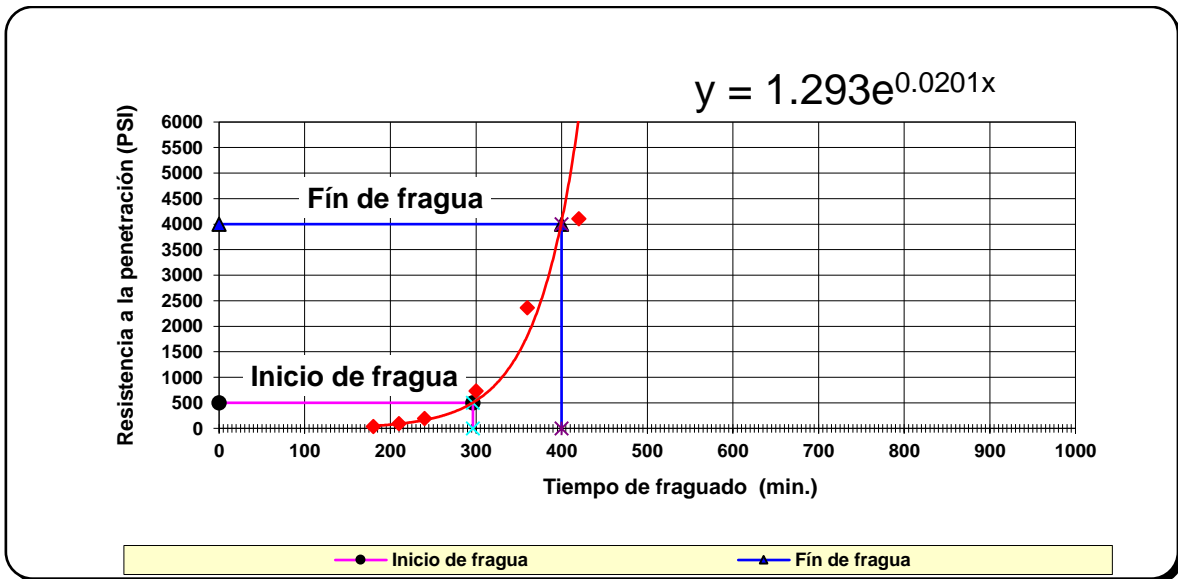
*Figura 43: Curva de fraguado con aditivo Z Fragua #5 al 4%.*



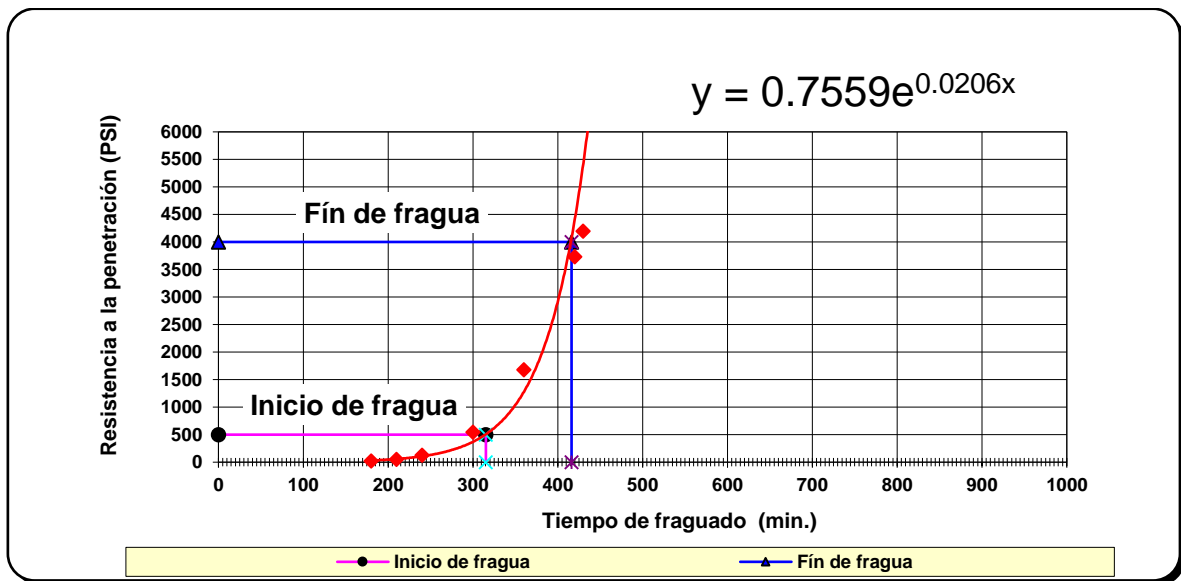
*Figura 44: Curva de fraguado con aditivo Z Fragua #5 al 6%.*



*Figura 45: Curva de fraguado con aditivo Accelguard 90 al 2%.*



*Figura 46: Curva de fraguado con aditivo Accelguard 90 al 4%.*



*Figura 47: Curva de fraguado con aditivo Accelguard 90 al 6%.*

**ANEXOS 3: Certificado de ensayos en la Universidad Privada del norte.**



**CERTIFICADO**  
**DE ENSAYOS EN LABORATORIOS**

El que suscribe, Wesley John Leonardo Carrasco, hace constar por medio de la presente que el señor Fernando Jean Pierre Cubas Miranda, identificado con DNI: 73756003, ha realizado los ensayos de caracterización de agregados (Contenido de Humedad, Granulometría, Pesos Específicos y Absorción, Pesos Unitarios de los Agregados), diseño de mezclas, ensayo de compresión, tiempo de fraguado y asentamiento del concreto en las instalaciones del **Laboratorio de Concreto y Estructuras** de esta universidad, requeridos para la tesis ***"Influencia del aditivo tipo E según ASTM C 494 en la Trabajabilidad, fragua y compresión del concreto convencional, Trujillo 2019"***; los resultados obtenidos se encuentran registrados en nuestro archivo.

Se expide esta certificación a solicitud del interesado, para los fines que estime conveniente.

Trujillo, 12 de febrero del 2019



Wesley J. Leonardo Carrasco  
Supervisor de Laboratorio

## ANEXOS 4: Ficha técnica del Cemento tipo I.



**CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.**  
Calle La Colonia Nro.150 Urb. El Vivero de Monterrico Santiago de Surco - Lima  
Carretera Panamericana Norte Km. 666 Pacasmayo - La Libertad  
Teléfono 317 - 6000



SGC-REG-06-G0002  
Versión 01

### Cemento Portland Tipo I

Conforme a la NTP 334.009 / ASTM C150  
Pacasmayo, 20 de Julio del 2016

COMPOSICIÓN QUÍMICA		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
MgO	%	2.2	Máximo 6.0
SO <sub>3</sub>	%	2.8	Máximo 3.0
Pérdida por Ignición	%	3.0	Máximo 3.5
Residuo Insoluble	%	0.73	Máximo 1.5

PROPIEDADES FÍSICAS		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
Contenido de Aire	%	8	Máximo 12
Expansión en Autoclave	%	0.10	Máximo 0.80
Superficie Específica	cm <sup>2</sup> /g	3770	Mínimo 2800
Densidad	g/mL	3.1	NO ESPECIFICA

**Resistencia Compresión :**

Resistencia Compresión a 3días	MPa (Kg/cm <sup>2</sup> )	31.7 (323)	Mínimo 12.0 (Mínimo 122)
Resistencia Compresión a 7días	MPa (Kg/cm <sup>2</sup> )	38.5 (392)	Mínimo 19.0 (Mínimo 194)
Resistencia Compresión a 28días (*)	MPa (Kg/cm <sup>2</sup> )	46.5 (474)	Mínimo 28.0 (Mínimo 288)

**Tiempo de Fraguado Vicat :**

Fraguado Inicial	min	132	Mínimo 45
Fraguado Final	min	289	Máximo 375

Los resultados arriba mostrados, corresponden al promedio del cemento despachado durante el periodo del 01-06-2016 al 30-06-2016  
La resistencia a la compresión a 28 días corresponde al mes de Mayo 2016  
(\*) Requisito opcional.



Ing. Ivanoff V. Rojas Tello  
Superintendente de Control de Calidad

Solicitado por : Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.

## ANEXOS 5: Ficha técnica del aditivo Z Fragua #5.



El mejor amigo del concreto

Av. Los Falsanés N° 675. Urb. La Campiña, Chorrillos. Lima - Perú.  
(01) 2523058 | 950 093 271 / 994 268 534 / 998 128 514 / 996 330 130

Ficha técnica - Edición 19 - Versión 07.18

### Acelerantes

## Z Fragua #5

**Descripción:** Acelerante líquido de fragua y plastificante que no contiene ningún tipo de cloruro. Cumple con las normas ASTM C-494 Tipo C y E ACI-201.

### Ventajas

- No contiene cloruros.
- Acelera el proceso de fragua y no le quita resistencia al concreto.
- Alcanza altas resistencias mecánicas en menor tiempo.
- No tiene efecto deteriorante sobre el cemento.
- Permite desencofrar en menor tiempo para agilizar el avance en obra.
- Protege el concreto a bajas temperaturas.

### Usos

- En estructuras que se requieren poner en servicio en menor tiempo.
- Acelera el tiempo de secado en pisos, placas, vigas, columnas, etc.

### Aplicación

- Se recomienda aplicarlo directamente a la mezcla de cemento que se va a utilizar.
- Reducir el agua del amasado en la cantidad de acelerante que se utilice.

### Recomendaciones

- Se recomienda realizar ensayos previos, debido a la variedad de agregados que se puede encontrar en diferentes partes de nuestro país.
- Después de utilizar el producto Z FRAGUA #5 y desencofrar, utilizar el curador de concreto según el clima.
- Desencofrar el fondo de viga a los 11 días.
- Desencofrar la losa a los 3 días o al haber llegado al 80% de la resistencia, se aconseja romper probetas.
- Realizar pruebas de resistencia a la compresión para verificar las resistencias.

E-mail: [ventas@zaditivos.com.pe](mailto:ventas@zaditivos.com.pe) | [cotizacion@zaditivos.com.pe](mailto:cotizacion@zaditivos.com.pe) | web site: [www.zaditivos.com.pe](http://www.zaditivos.com.pe)

San Borja: Av. San Luis 3051. Telf: (01) 715 5744 / 981 288 456 | Callao: Av. Elmer Faucett 1631. Telf: (01) 715-5770 / 998 128 493

Chiclayo: Calle Los Tumbos 505. Urb. San Eduardo. Telf: (074) 223 718 / 994 278 778 | Pucallpa: Jr. Coronel Portillo 744. Telf: (061) 573 591 / 998 128 495

Piura: Av. Bolognesi 311. Int. 3. Telf: (073) 321 480 / 972 001 351 | Sullana: Av. José de Lama 344. Telf: (073) 509 408 / 923 055 398

Cuzco: Av. Tomasa Titto Condemayta 1032 - Wanchaq. Telf: (084) 257 111 / 994 268 292

Arequipa: Calle Faucarpata 323A - Cercado. Telf: (054) 203 388 / 994 044 894 | Trujillo: Av. América Sur 818. Urb. Palermo Telf: (044) 425 548 - 998 127 657



El mejor amigo del concreto

Av. Los Falsanes N° 675, Urb. La Campiña, Chorrillos, Lima - Perú.  
(01) 2523058 | 950 093 271 / 994 268 534 / 998 128 514 / 996 330 130

Ficha técnica - Edición 19 - Versión 0718

#### Dosificación

- 400ml x B.C
- 1 Litro x B.C
- 1.5 Litros x BC
- Dependiendo de la temperatura y según el trabajo a realizar, siendo así la menor dosificación para climas de alta temperatura y la mayor dosificación para climas de baja temperatura.

#### Densidad

- Densidad  $1.25 \pm 0.03\text{Kg/L}$
- Peso/Galón: 4,6Kg
- Peso/ Cilindro: 253Kg

#### Envases

- 1 Galón.
- 5 Galones.
- 55 Galones.

Tiempo de almacenamiento: 1 año.

#### Seguridad

- Usar anteojos, guantes, respiradores.
- En caso cayera a la vista lavar por 15 minutos.
- En caso de que tenga contacto con la piel, lavarse con abundante agua y jabón.

E-mail: [ventas@aditivos.com.pe](mailto:ventas@aditivos.com.pe) | [cotizacion@aditivos.com.pe](mailto:cotizacion@aditivos.com.pe) | web site: [www.zaditivos.com.pe](http://www.zaditivos.com.pe)

San Borja: Av. San Luis 3051. Telf: (01) 715 5744 / 981 288 456 | Callao: Av. Elmer Faucett 1631. Telf: (01) 715-5770 / 998 128 493  
Chiclayo: Calle Los Tumbos 505, Urb. San Eduardo. Telf: (074) 223 718 / 994 278 778 | Pucallpa: Jr. Coronel Portillo 744. Telf: (061) 573 591 / 998 128 495  
Piura: Av. Bolognesi 311. Int. 3. Telf: (073) 321 480 / 972 001 351 | Sullana: Av. José de Lama 344. Telf: (073) 509 408 / 923 055 398  
Cuzco: Av. Tomasa Titto Condemayta 1032 - Wanchaq. Telf: (084) 257 111 / 994 268 292  
Arequipa: Calle Faucarpata 323A - Cercado. Telf: (054) 203 388 / 994 044 894 | Trujillo: Av. América Sur 818. Urb. Palermo Telf.: (044) 425 548 - 998 127 657


## ANEXOS 6: Ficha técnica del aditivo Accelguard 90.

<b>ACCELGUARD 90</b> Aditivo acelerante y reductor de agua sin cloruros																																			
<b>Descripción</b>	<p>ACCELGUARD 90 es un aditivo acelerante, reductor de agua listo para usarse en el concreto y no contiene Cloruro de Calcio ni iones cloruro adiciones. Aumenta la resistencia a edades tempranas a temperaturas bajas y es especialmente efectivo a temperaturas bajas extremas tales como -7°C. ACCELGUARD 90 también aumenta la trabajabilidad del concreto y reduce la exudación y la segregación. Este producto es compatible con la mayoría de aditivos comúnmente usados en el concreto convencional.</p> <p>ACCELGUARD 90 cumple con la norma ASTM C-494, aditivos Tipo C y E.</p> <p>Cumple con la norma ACI-201 Guide for Durable Concrete (Guía para Concreto Durable) y ACI-302, Guide for Concrete Floor and Slab Construction (Guía para la Construcción de Pisos y Losas de Concreto), prohíben el uso de cloruros en muchos tipos de concreto. ACCELGUARD 90 puede ser utilizado en estos tipos de concreto, tales como, pisos sobre concreto pretensado o cubiertas galvanizadas, pisos con dos tipos de metal embebido, concreto reforzado en ambientes húmedos y/o expuestos a sales deshielantes de cloruro.</p>																																		
<b>Información Técnica</b>	<p>Densidad : 1.40 kg/l +/- 0.02 kg/l</p> <p><b>RESULTADOS TIPICOS DEL CONCRETO EN CAMPO</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Temperatura del concreto</th> <th>6°C *</th> <th>2°C *</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperatura ambiente</td> <td>4°C</td> <td>-4°C *</td> </tr> <tr> <td>Cemento</td> <td>307 kg/m<sup>3</sup></td> <td>307 kg/m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>Dosis ACCELGUARD 90</td> <td>5.2% del peso del cemento</td> <td>7.73% del peso del cemento</td> </tr> <tr> <td>Asentamiento</td> <td>95 mm</td> <td>82 mm</td> </tr> <tr> <td>Contenido de Aire</td> <td>5.8%</td> <td>3.8%</td> </tr> <tr> <td>Resistencia promedio a la compresión</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3 días</td> <td>284 kg/cm<sup>2</sup></td> <td>291 kg/cm<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>7 días</td> <td>370 kg/cm<sup>2</sup></td> <td>376 kg/cm<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>28 días</td> <td>483 kg/cm<sup>2</sup></td> <td>483 kg/cm<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td>Fraguado Inicial</td> <td>5 horas 48 minutos (5 horas menos que el testigo)</td> <td>7 horas 46 minutos (6 horas menos que el testigo).</td> </tr> </tbody> </table> <p>*Temperatura promedio del concreto en o durante la prueba.</p>		Temperatura del concreto	6°C *	2°C *	Temperatura ambiente	4°C	-4°C *	Cemento	307 kg/m <sup>3</sup>	307 kg/m <sup>3</sup>	Dosis ACCELGUARD 90	5.2% del peso del cemento	7.73% del peso del cemento	Asentamiento	95 mm	82 mm	Contenido de Aire	5.8%	3.8%	Resistencia promedio a la compresión			3 días	284 kg/cm <sup>2</sup>	291 kg/cm <sup>2</sup>	7 días	370 kg/cm <sup>2</sup>	376 kg/cm <sup>2</sup>	28 días	483 kg/cm <sup>2</sup>	483 kg/cm <sup>2</sup>	Fraguado Inicial	5 horas 48 minutos (5 horas menos que el testigo)	7 horas 46 minutos (6 horas menos que el testigo).
Temperatura del concreto	6°C *	2°C *																																	
Temperatura ambiente	4°C	-4°C *																																	
Cemento	307 kg/m <sup>3</sup>	307 kg/m <sup>3</sup>																																	
Dosis ACCELGUARD 90	5.2% del peso del cemento	7.73% del peso del cemento																																	
Asentamiento	95 mm	82 mm																																	
Contenido de Aire	5.8%	3.8%																																	
Resistencia promedio a la compresión																																			
3 días	284 kg/cm <sup>2</sup>	291 kg/cm <sup>2</sup>																																	
7 días	370 kg/cm <sup>2</sup>	376 kg/cm <sup>2</sup>																																	
28 días	483 kg/cm <sup>2</sup>	483 kg/cm <sup>2</sup>																																	
Fraguado Inicial	5 horas 48 minutos (5 horas menos que el testigo)	7 horas 46 minutos (6 horas menos que el testigo).																																	
<b>Usos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Colocación de concretos en climas fríos.</li> <li>• Concreto estructural y convencional.</li> <li>• Mortero y bloques de concreto.</li> <li>• Concreto prefabricado y concreto pretensado.</li> </ul>																																		
<b>Ventajas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduce de 1 a 6 horas el fraguado inicial, dependiendo de las temperaturas del concreto.</li> <li>• Reduce los costos de construcción; se acelera el ciclo de colocación del concreto.</li> <li>• Mejora la trabajabilidad y produce un concreto más denso.</li> <li>• Minimiza la exudación y la segregación.</li> <li>• Mejora el desarrollo de resistencias a la compresión a edades tempranas.</li> <li>• Disminuye las horas extras de trabajo ya que permite realizar el acabado el mismo día.</li> </ul>																																		
<p><b>OFICINA PRINCIPAL:</b> Calle 20C Nº 43A - 52 Int. 4 - Bogotá - Colombia. PBX: (1) 208 86 00 • FAX: (1) 208 8600 Ext 133. <a href="http://WWW.TOXEMENT.COM.CO">WWW.TOXEMENT.COM.CO</a></p>																																			

ADITIVOS

ACCELGUARD 90

TX40T228



EUCLID GROUP  
TOXEMENT



## ACCELGUARD 90

Aditivo acelerante y reductor de agua sin cloruros

### Dosificación

ACCELGUARD 90 se utiliza en una proporción del 0.8% al 7.7% del peso del cemento en la mayoría de los trabajos. A medida que se aumenta la dosificación, aumentan la aceleración del tiempo de fraguado y las resistencias.

### Aplicación

- Agregue ACCELGUARD 90 con el agua y el agregado a la olla premezcladora de concreto, pero no lo vierta sobre el cemento seco. A temperaturas ambiente de -7°C a 17°C agregue el concreto a razón de 0.86% - 7.73% del peso del cemento, dependiendo de la tasa de aceleración deseada, adquisición de resistencias a edades tempranas, programa de desencofrado, etc.
- Cuando la temperatura ambiental es menor a los 10°C siga las recomendaciones del ACI - 306, "Recommended Practice for Cold Weather Concreting" (Recomendaciones para la colocación de concreto en climas fríos).

THE EUCLID CHEMICAL recomienda al contratista que siga prácticas típicas de construcción de mampostería en climas fríos. Por favor consulte Recommended Practice for Cold Weather Masonry Construction" (Práctica recomendada para construcción de mampostería en climas fríos) publicado por el International Masonry Industry All-Weather Council (Consejo Internacional de la Industria de la Mampostería en Todo Clima), o "Cold Weather Concrete Masonry Construction" (Construcción de Mampostería de Concreto en Clima Frío) publicado por la National Concrete Masonry Association (Asociación Nacional de Mampostería de Concreto) publicación TEK 16B.

### Recomendaciones Especiales

- Hacer pruebas preliminares para ajustar la dosificación de aditivo en función del diseño del concreto, los requerimientos de la obra y la temperatura ambiente.
- Protéjase contra congelamiento durante su almacenamiento.
- Si se ha congelado el material, no lo use. Este material no puede ser reconstituido.
- No coloque directamente sobre el cemento seco.
- No permita que el mortero se congele hasta que se haya alcanzado un mínimo de 72 kg/cm<sup>2</sup>.
- En todos los casos consultar la Hoja de Seguridad del Producto antes de su uso.

### Manejo y Almacenamiento

ACCELGUARD 90 debe almacenarse en su envase original, herméticamente cerrado y a una temperatura superior a 10°C.

Vida útil en almacenamiento:

- 1 año en su envase original.

### Presentación

Garrafa: 20 kg  
Tambor: 250 kg.


Las Hojas Técnicas de los productos TOXEMENT pueden ser modificadas sin previo aviso. Visite nuestra página Web [www.toxement.com.co](http://www.toxement.com.co) para consultar la última versión.

ADITIVOS

ACCELGUARD 90

TX40T228

## ANEXOS 7: Ficha técnica del curador Membranil reforzado.



Hoja Técnica

# MEMBRANIL REFORZADO

Curador de concreto tipo membrana, protector del concreto fresco para aplicar en climas templados

CUR.6.4.2  
RMP-V.0

---

**DESCRIPCIÓN** MEMBRANIL REFORZADO es un curador líquido que una vez aplicado sobre el concreto fresco, forma una membrana que evita la evaporación prematura del agua de amasado y lo protege. Con esta alternativa de curado se evitan grietas o fisuras en la superficie del concreto y permite que se alcance la fuerza a la compresión deseada o de diseño. Producto adecuado a la norma ASTM C 309 Clase A Tipo 1.

---

**VENTAJAS**

- Forma una película rápida y continua sobre el concreto fresco y endurecido, otorgando así un período máximo de hidratación, a una temperatura desde 5°C hasta 25° C y por adversas que sean las condiciones del tiempo.
- Protege el concreto de la acción nociva de agentes atmosféricos como: altas temperaturas, vientos fuertes y lluvia.
- Aumenta la resistencia mecánica a la abrasión superficial, contrarrestando el desgaste prematuro.
- Evita la formación de fisuras superficiales y descascamiento por refracción.

---

**USOS**

- Losas de estacionamientos, edificios, veredas y calzadas.
- Elementos de concreto caravista.
- Losas de pavimentos, autopistas vehiculares, carretera y pistas de aterrizaje.
- Taludes y muros de contención.
- Canales, curado de tubos prefabricados y acueductos de concreto armado.
- Puentes, concreto de obras de arte.
- Elementos de concreto en general.

---

**DATOS TÉCNICOS**

Color:	Lechoso, transparente una vez seco
Apariencia:	Líquido
Ph:	8
Densidad:	1.0 Kg/lit
VOC <sup>1</sup> :	0 gr/lit

Para mayor información, solicitar certificados de ensayos de laboratorios externos.

---

**PREPARACIÓN Y APLICACIÓN DEL PRODUCTO**

1. Agítese bien antes de emplear.
2. Aplíquelo en dos manos directamente del envase (sin diluir) con brocha, rodillo o mochila de aspersión sobre la superficie a curar:
  - Losas, techos: sobre el concreto fresco cuando desaparezca la exudación de la superficie o que se note la superficie ligeramente húmeda.
  - Vigas, columnas: inmediatamente después del desencofrado.

<sup>1</sup> Compuestos Orgánicos Volátiles.

**CETOX**  
CENTRO TOXICOLÓGICO S.A.S.  
273-2318 / 999012933

**ATENCIÓN AL CLIENTE:**  
(511) 336-8407

Página 1 de 2



<b>RENDIMIENTO</b>	No deberá excederse de 15 m <sup>2</sup> por galón, para garantizar una película que pueda adecuarse a las normas ASTM.
<b>PRESENTACIÓN</b>	Envase de 1 gal. (Código: 21008004) Envase de 5 gal. (Código: 21008005) Envase de 55 gal. (Código: 21008055)
<b>ALMACENAMIENTO</b>	De almacenarse en un lugar fresco, ventilado y sellado bajo techo el tiempo de vida útil será de 12 meses.
<b>PRECAUCIONES Y RECOMENDACIONES</b>	En caso de emergencia, llame al CETOX (Centro Toxicológico). Producto tóxico, NO INGERIR, mantenga el producto fuera del alcance de los niños. No comer ni beber mientras manipula el producto. Lavarse las manos luego de manipular el producto. Utilizar guantes, gafas protectoras y ropa de trabajo. Almacene el producto bajo sombra y en ambientes ventilados. En caso de contacto con los ojos y la piel, lávelos con abundante agua. Si es ingerido, no provocar vómitos, procurar ayuda médica inmediata.

La información que suministramos está basada en ensayos que consideramos seguros y correctos de acuerdo a nuestra experiencia. Los usuarios quedan en libertad de efectuar las pruebas y ensayos previos que estimen conveniente, para determinar si son apropiados para un uso en particular. El uso, aplicación y manejo correcto de los productos, quedan fuera de nuestro control y es de exclusiva responsabilidad del usuario.

## ANEXOS 8: Normativa utilizada en el desarrollo experimental.

---

NORMA TÉCNICA	NTP 400.012
PERUANA	2013

---

Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias - INDECOPI  
Calle de La Prosa 104, San Borja (Lima 41) Apartado 145 Lima, Perú

---

### AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global

AGGREGATES. Standard test method for sieve analysis of fine, coarse and global aggregates

2013-01-16  
3ª Edición

---

R.0006-2013/CNB-INDECOPI Publicada el 2013-02-01 Precio basado en 15 páginas  
L.C.S.: 91.100.30 ESTA NORMA ES RECOMENDABLE  
Descriptor: agregado, agregado grueso, agregado fino, serie, gradación, análisis por tamizado, análisis granulométrico

---

**NORMA TÉCNICA  
PERUANA**

---

**NTP 339.185**

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI  
Calle de La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145

Lima, Perú

---

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

AGGREGATES. Standard test method for total evaporable moisture content of aggregate by drying

R.0048-2002/INDECOPI-CRT.Publicada el 2002-05-30

Precio basado en 08 páginas

I.C.S.: 91.100.30

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptores: Agregados, secado, contenido de humedad

PARA USO EXCLUSIVO DE CONSTRUCCIONES E COMERCIO CALZADO DORPEA S.A. SUCURSAL PERU

---

NORMA TÉCNICA  
PERUANA

---

NTP 400.017

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI  
Calle De La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145

Lima, Perú

---

## AGREGADOS. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado

AGGREGATE. Standard Test Method for Unit Weight and Voids in Aggregate

R.0021-99/INDECOPI-CRT. Publicada el 99-04-29

Precio basado en 10 páginas

I.C.S.: 91.100.30

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptores: Hormigón, Método de ensayo, Probetas cilíndricas, curado de la probeta

---

NORMA TÉCNICA NTP 400.022  
PERUANA 2013

---

Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias - INDECOPI  
Calle de La Prosa 104, San Borja (Lima 41) Apartado 145 Lima, Perú

---

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

**AGGREGATES. Standard test method Density, Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Fine Aggregate**

Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INDECOPI está basada en la Norma ASTM C 128-2012 Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Fine Aggregate. Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. -Reimpreso por autorización de ASTM International

**2013-12-26**  
**3ª Edición**

R.0113-2013/CNB-INDECOPI. Publicada el 2014-01-16 Precio basado en 20 páginas  
I.C.S.: 91.100.30 **ESTA NORMA ES RECOMENDABLE**  
Descriptores: absorción, agregado, densidad aparente, densidad relativa aparente, densidad, agregado fino; densidad relativa, gravedad específica

---

**NORMA TÉCNICA  
PERUANA**

---

**NTP 400.021**

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales - INDECOPI  
Calle de La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145

Lima, Perú

---

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

AGGREGATES. Standard test method for specific gravity and absorption of coarse aggregate

R.0048-2002/INDECOPI-CRT Publicada el 2002-05-30

Precio basado en 08 paginas

I.C.S.: 91.100.30

**ESTA NORMA ES RECOMENDABLE**

Descriptor: absorción, agregado, agregado grueso, peso específico



---

**NORMA TÉCNICA  
PERUANA**

**NTP 339.035  
2009**

---

Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales No Arancelarias • INDECOPI  
Calle de La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145 Lima, Perú

---

## **HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland**

CONCRETE. Standard test method for measure slump of Portland cement concrete

Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INDECOPI está basada en la Norma ASTM C 143/C143-2008 Standard Test Method for Slump of Hydraulic Cement Concrete, Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. •Reimpreso por autorización de ASTM International

**2009-12-23  
3ª Edición**

R.034-2009/INDECOPI-CNB. Publicada el 2010-02-20

Precio basado en 09 páginas

I.C.S.: 91.100.10

**ESTA NORMA ES RECOMENDABLE**

Descriptor: Concreto, cono, consistencia, plasticidad, asentamiento, trabajabilidad

---

**NORMA TÉCNICA  
PERUANA**

**NTP 339.082  
2011**

---

Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales No Arancelarias - INDECOPI  
Calle de La Prosa 104, San Borja (Lima 41) Apartado 145 Lima, Perú

---

## CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación del tiempo de fraguado de mezclas por medio de la resistencia a la penetración

CONCRETE. Standard test method for determine Time of Setting of Concrete by Penetration Resistance

2011-09-28  
3ª. Edición

R.0041-2011/CNB-INDECOPI. Publicada el 2011-10-09

Precio basado en 20 páginas

I.C.S.:91.100.10

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptores: hormigón (concreto); mortero, resistencia a la penetración; tiempo final de fraguado; tiempo inicial de fraguado

---

**NORMA TÉCNICA  
PERUANA**

---

**NTP 339.033  
2015**

Dirección de Normalización • INACAL  
Calle Las Camelias 815, San Isidro (Lima 27)

Lima, Perú

---

## **CONCRETO. Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo**

Concrete Standard practice for making and curing concrete test specimens in the field

Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INACAL, está basada en la Norma ASTM C 31/C31M:2012 Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field, Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. •Reimpreso por autorización de ASTM International

**2015-12-22  
4ª Edición**

R.Nº015-2015-INACAL/DN. Publicada el 2015-12-31  
I.C.S.: 91.100.30  
Descriptores: Vigas, concreto, curado

Precio basado en 17 páginas  
**ESTA NORMA ES RECOMENDABLE**

---

NORMA TÉCNICA NTP 339.034  
PERUANA 2015

---

Dirección de Normalización • INACAL  
Calle Las Camelias 815, San Isidro (Lima 27)

Lima, Perú

---

## CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas

Concrete Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens

Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INACAL está basada en la Norma ASTM C 39/C 39M:2015 Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens, Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. •Reimpreso por autorización de ASTM International

**2015-12-22**  
**4ª Edición**



R.N°015-2015-INACAL/DN. Publicada el 2015-12-31

Precio basado en 19 páginas

I.C.S.: 91.100.30

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptores: Hormigón, concreto, resistencia a la compresión, muestras cilíndricas

**NORMA  
TÉCNICA  
GUATEMALTECA**

**COGUANOR**  
NTG 41070

---

**Aditivos químicos para concreto. Especificaciones**

Esta norma es esencialmente equivalente a la norma ASTM C494-05, la cual fue revisada con el conocimiento y experiencia de los integrantes del CTN de Concreto.

---

*Adoptada Consejo Nacional de Normalización:*



Edificio Centro Nacional de Metrología Referencia  
Calzada Atanasio Azul 27-32, zona 12  
Teléfonos: (502) 2247-2600  
Fax: (502) 2247-2687  
[www.mineco.gob.gt](http://www.mineco.gob.gt)  
[info-coguanor@mail.mineco.gob.gt](mailto:info-coguanor@mail.mineco.gob.gt)

**ANEXOS 9: Control de calidad de los aditivos.**

Características	Tipo A	Tipo B	Tipo C	Tipo D	Tipo E	Tipo F	Tipo G
Nombre Genérico	Reductor de Agua	Retardante de Fraguado	Acelerante	Reductor de Agua y Retardante	Reductor de Agua y Acelerante	Reductor de Agua de Alto Rango	Reductor de Agua de Alto Rango y Retardante
Reducción de Agua, % min	95	-----	-----	95	95	88	88
Tiempo de Fraguado	Inicial (horas)	de -1:00 máx. a +1:30 máx.	de +1:00 min. a +3:30 máx.	de -1:00 min. a -3:30 máx.	de +1:00 min. a +3:30 máx.	de -1:00 min. a -3:30 máx.	de +1:00 min. a +3:30 máx.
	Final (horas)	de -1:00 máx. a + 1:30 máx.	a +3:30 máx.	a -1:00 min	a +3:30 máx.	a -1:00 min.	de -1:00 máx. a + 1:30 máx.
Resistencia a Compresión % mín. vs Testigo	1 día	-----	-----	-----	-----	-----	140
	3 días	110	90	125	110	125	125
	7 días	110	90	100	110	110	115
	28 días	110	90	100	110	110	110
	3 meses	100	90	90	100	100	100
	1 año	100	90	90	100	100	100
Resistencia a Flexión % mín. vs Testigo	3 días	100	90	110	100	110	110
	7 días	100	90	100	100	100	100
	28 días	100	90	90	100	100	100

**Fuente:** (ASTM C494, 2017)

**ANEXOS 10: Ensayos y límites para la consistencia del concreto.**

Consistencia	Rango			Ensayo de evaluación Aplicable
	Remoldeo (V) (seg.)	Asentamiento (A) (cm.)	Extendido (E) (cm.)	
Muy Seca	$5 < V \leq 50$ $\pm 2$	-----	-----	Tiempo de remoldeo en el dispositivo Vebe
Seca	-----	$2 < A \leq 5 \pm 1$	-----	Asentamiento del Cono de Abrams
Plástica	-----	$5 < A \leq 10 \pm 2$	-----	Asentamiento del Cono de Abrams
Muy Plástica	-----	$10 < A \leq 15$ $\pm 2$	$50 < E \leq 55$ $\pm 1$	Asentamiento del Cono de Abrams y Extendido de la mesa de Graf
Fluida	-----	$15 < A \leq 18$ $\pm 3 (*)$	$55 < E \leq 60$ $\pm 2$	Asentamiento del Cono de Abrams y Extendido de la mesa de Graf
Muy Fluida	-----	-----	$60 < E \leq 65$ $\pm 2$	Extendido de la mesa de Graf

(\*) La tolerancia + es válida siempre que el asentamiento medido sea igual o menor que 20 cm.

**Fuente:** (Carrasco, 2013)

**ANEXOS 11: Resumen de resultados de los ensayos al concreto.**

Ensayos	Resultados						Requisitos ASTM C494	
	Patrón	Z Fragua #5	Accelguard 90					
	0%	2%	4%	6%	2%	4%	6%	
Asentamiento (pulg)	4	3 3/4	4 3/4	5 1/2	4 1/2	5 1/2	6 1/4	---
Tiempo de fraguado (min)								
Inicial	376	340	354	365	310	296	315	≤ 316
Final	498	457	460	480	415	399	416	≤ 438
3 días	145	164	154	150	173	193	165	≥ 181
7 días	186	223	202	193	224	248	218	≥ 205
Resistencia a compresión (Kg.f/cm <sup>2</sup> )								
14 días	224	250	238	227	250	275	242	≥ 246
28 días	248	267	256	251	274	293	261	≥ 273

*Fuente: Autor de Tesis.*



**ANEXOS 12: Costo por m<sup>3</sup> del concreto con Z Fragua #5.**

Materiales	Peso por m <sup>3</sup> (kg)	Und.	Cantidad	Precio	Costo por m <sup>3</sup>
<b>2% Z Fragua #5</b>					
Piedra de 1/2"	974.51	m <sup>3</sup>	0.35	S/. 38.14	S/. 13.52
Arena gruesa	810.02	m <sup>3</sup>	0.29	S/. 32.20	S/. 9.42
Cemento Tipo I	372.79	bls	8.77	S/. 22.46	S/. 197.01
Agua	227.81	m <sup>3</sup>	0.23	S/. 5.00	S/. 1.14
2% Z Fragua #5	7455.81	gln	1.58	S/. 16.27	S/. 25.64
<b>TOTAL</b>					<b>S/246.72</b>
<b>4% Z Fragua #5</b>					
Piedra de 1/2"	971.48	m <sup>3</sup>	0.35	S/. 38.14	S/. 13.47
Arena gruesa	807.50	m <sup>3</sup>	0.29	S/. 32.20	S/. 9.39
Cemento Tipo I	371.63	bls	8.74	S/. 22.46	S/. 196.40
Agua	227.10	m <sup>3</sup>	0.23	S/. 5.00	S/. 1.14
4% Z Fragua #5	14865.30	gln	3.14	S/. 16.27	S/. 51.11
<b>TOTAL</b>					<b>S/271.51</b>
<b>6% Z Fragua #5</b>					
Piedra de 1/2"	968.47	m <sup>3</sup>	0.35	S/. 38.14	S/. 13.43
Arena gruesa	805.00	m <sup>3</sup>	0.29	S/. 32.20	S/. 9.36
Cemento Tipo I	370.48	bls	8.72	S/. 22.46	S/. 195.79
Agua	226.40	m <sup>3</sup>	0.23	S/. 5.00	S/. 1.13
6% Z Fragua #5	22228.90	gln	4.70	S/. 16.27	S/. 76.43
<b>TOTAL</b>					<b>S/296.14</b>

*Fuente: Autor de Tesis.*

**ANEXOS 13: Costo por m<sup>3</sup> del concreto con Accelguard 90.**

<b>Materiales</b>	<b>Peso por m<sup>3</sup> (kg)</b>	<b>Und.</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Costo por m<sup>3</sup></b>
<b>2% Accelguard 90</b>					
Piedra de 1/2"	974.51	m <sup>3</sup>	0.35	S/. 38.14	S/. 13.52
Arena gruesa	810.02	m <sup>3</sup>	0.29	S/. 32.20	S/. 9.42
Cemento Tipo I	372.79	bls	8.77	S/. 22.46	S/. 197.01
Agua	227.81	m <sup>3</sup>	0.23	S/. 5.00	S/. 1.14
2% Accelguard 90	7455.81	gln	1.41	S/. 29.18	S/. 41.05
<b>TOTAL</b>					<b>S/262.13</b>
<b>4% Accelguard 90</b>					
Piedra de 1/2"	971.48	m <sup>3</sup>	0.35	S/. 38.14	S/. 13.47
Arena gruesa	807.50	m <sup>3</sup>	0.29	S/. 32.20	S/. 9.39
Cemento Tipo I	371.63	bls	8.74	S/. 22.46	S/. 196.40
Agua	227.10	m <sup>3</sup>	0.23	S/. 5.00	S/. 1.14
4% Accelguard 90	14865.30	gln	2.80	S/. 29.18	S/. 81.85
<b>TOTAL</b>					<b>S/302.24</b>
<b>6% Accelguard 90</b>					
Piedra de 1/2"	968.47	m <sup>3</sup>	0.35	S/. 38.14	S/. 13.43
Arena gruesa	805.00	m <sup>3</sup>	0.29	S/. 32.20	S/. 9.36
Cemento Tipo I	370.48	bls	8.72	S/. 22.46	S/. 195.79
Agua	226.40	m <sup>3</sup>	0.23	S/. 5.00	S/. 1.13
6% Accelguard 90	22228.90	gln	4.19	S/. 29.18	S/. 122.39
<b>TOTAL</b>					<b>S/342.10</b>

*Fuente: Autor de Tesis.*

**ANEXOS 14: Costo total de concreto – Losa aligerada 36 m<sup>2</sup> y espesor 0.25 m.**

Dosificación	Mano de obra			Materiales	Curador Membranil Reforzado	Costo Total
	Días	Costo por día	Costo			
Patrón	0%	14		S/. 4,474.26	S/825.10	S/. 5,326.26
	2%	8		S/. 2,556.72	S/. 888.18	S/. 3,471.80
Z Fragua #5	4%	12		S/. 3,835.08	S/. 977.42	S/. 4,839.40
	6%	14	S/319.59	S/. 4,474.26	S/. 1,066.12	S/. 5,567.28
	2%	7		S/. 2,237.13	S/. 943.68	S/. 3,207.71
Accelguard 90	4%	6		S/. 1,917.54	S/. 1,088.07	S/. 3,032.51
	6%	9		S/. 2,876.31	S/. 1,231.58	S/. 4,134.79

*Fuente: Autor de Tesis.*