



Universidad
Continental

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional
de Ingeniería Civil

Tesis

**Estudio de la fibra sintética de polipropileno
en las fisuras por retracción plástica de losas
aligeradas de concreto con resistencia
 $F'C=210\text{KG}/\text{CM}^2$ Y $F'C=245\text{KG}/\text{CM}^2$ en la
ciudad de Huancayo 2017**

Carlos Max Ivala Espinoza

Huancayo, 2018

Para optar el Título Profesional
de Ingeniero Civil



Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Obra protegida bajo la licencia de [Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/peru/)

AGRADECIMIENTO

A mis formadores, personas de gran sabiduría quienes se han esforzado por ayudarme a llegar al punto en que me encuentro mis padres.

Al Magíster Omar Augusto Hidalgo Quispe quien acepto ser el asesor del presente trabajo de investigación.

Al Magister Luis Centeno Ramirez por brindarme el apoyo incondicional en la parte estadística del presente trabajo de investigación.

A mi hermana por no dejar que pierda el interés en la investigación.

A mis amigos que gracias a ellos logre obtener la data suficiente para poder dar el primer paso en la presente investigación.

Y en especial a mi persona favorita que nunca dejo de incentivar me para culminar la presente investigación.

Esto se los debo y es posible gracias a ustedes.

DEDICATORIA

Dedico esta meta lograda a mis padres Emilda y Felipe como muestra de mi eterno agradecimiento de su apoyo incondicional.

INDICE GENERAL

| | |
|---|------|
| AGRADECIMIENTO | I |
| DEDICATORIA | II |
| INDICE GENERAL | III |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | V |
| ÍNDICE DE TABLAS | VIII |
| RESUMEN..... | XII |
| INTRODUCCIÓN | XIII |
| 1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN..... | 1 |
| 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 1 |
| 1.1.1. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA..... | 2 |
| 1.1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA..... | 3 |
| 1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA | 3 |
| 1.3. OBJETIVOS..... | 4 |
| 1.3.1. OBJETIVO GENERAL..... | 4 |
| 1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 4 |
| 1.4. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS | 5 |
| 1.4.1. HIPÓTESIS GENERAL..... | 5 |
| 1.4.2. HIPÓTESIS ESPECIFICA | 5 |
| 1.5. VARIABLES..... | 5 |
| 1.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE..... | 5 |
| 1.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE | 6 |
| 2. MARCO TEÓRICO..... | 7 |
| 2.1. ANTECEDENTES..... | 7 |
| 2.1.1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS | 7 |
| 2.1.2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN | 8 |
| 2.2. BASES TEÓRICAS | 10 |
| 2.2.1. EL CONCRETO | 10 |
| 2.2.2. COMPONENTES DEL CONCRETO..... | 11 |
| 2.2.3. PROPIEDADES DEL CONCRETO | 17 |
| 2.2.4. DISEÑO DE MEZCLA | 18 |
| 2.2.5. CONCRETO REFORZADO CON FIBRA (CRF)..... | 22 |
| 2.2.6. DEFORMACIÓN DEL CONCRETO | 28 |
| 2.2.7. FISURACIÓN DEL CONCRETO | 28 |

| | |
|---|-----|
| 3. METODOLOGIA | 31 |
| 3.1. MÉTODOS Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN | 31 |
| 3.1.1. SEGÚN SU APLICACIÓN | 31 |
| 3.1.2. SEGÚN SU FIN..... | 31 |
| 3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN..... | 31 |
| 3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA | 32 |
| 3.3.1. POBLACION..... | 32 |
| 3.3.2. MUESTRA..... | 33 |
| 3.4. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS | 33 |
| 3.5. PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN..... | 33 |
| 3.5.1. SELECCIÓN DE LOS MATERIALES | 33 |
| 3.5.2. CARACTERIZACIÓN Y PROPIEDADES DE LOS MATERIALES .. | 35 |
| 3.5.3. DISEÑOS DE MEZCLA | 53 |
| 3.5.4. ENSAYOS DE CONCRETO FRESCO | 63 |
| 3.5.5. ENSAYOS DE CONCRETO EN ESTADO PLÁSTICO | 71 |
| 3.5.6. ENSAYOS DE CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO | 72 |
| 4. RESULTADOS..... | 74 |
| 4.1. RESULTADOS DE ENSAYOS AL CONCRETO FRESCO | 74 |
| 4.2. RESULTADOS DE ENSAYOS AL CONCRETO PLÁSTICO | 82 |
| 4.2.1. TIEMPO DE FISURACION | 83 |
| 4.2.2. CANTIDAD DE FISURAS | 84 |
| 4.2.3. CLASIFICACION DE FISURAS | 86 |
| 4.2.4. ESPESOR DE FISURAS POR RETRACCION PLASTICA | 87 |
| 4.2.5. LONGITUD DE FISURAS POR RETRACCION PLASTICA..... | 89 |
| 4.3. RESULTADOS DE ENSAYOS AL CONCRETO ENDURECIDO | 91 |
| 4.3.1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN | 93 |
| 4.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y RESULTADOS | 95 |
| 4.4.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO..... | 95 |
| 4.4.2. RESULTADOS ESTADÍSTICO..... | 136 |
| 4.5. ANÁLISIS ECONÓMICO..... | 152 |
| 5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 156 |
| 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 158 |
| BIBLIOGRAFÍA | 161 |
| ANEXOS | 164 |

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO II

| | |
|--|----|
| Figura 2. 1 Proporciones típicas de componentes del concreto..... | 11 |
| Figura 2. 2 Funcionalidad de las microfibras y macrofibras | 24 |
| Figura 2. 3 Fibra monofilamento | 25 |
| Figura 2. 4 Fibra multifilamento..... | 25 |
| Figura 2. 5 Relación entre el denier y el diámetro de la fibra..... | 26 |
| Figura 2. 6 Fisura del hormigón generada por la retracción plástica..... | 28 |
| Figura 2. 7 Tipos de fisura en el concreto..... | 30 |
| Figura 2. 8 Fisura generada por retracción plástica en losa aligerada $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ | 30 |

CAPÍTULO III

| | |
|--|----|
| Figura 3. 1 Esquema de causa efecto con una variable..... | 31 |
| Figura 3. 2 Cantera de agregado grueso (piedra chancada, pilcomayo rio mantaro) | 36 |
| Figura 3. 3 Cantera de agregado fino (arena de rio, pilcomayo rio cunas)..... | 36 |
| Figura 3. 4 Reducción de la Muestra a Tamaño de Ensayo..... | 37 |
| Figura 3. 5 Ensayo de contenido de humedad del agregado grueso y fino..... | 39 |
| Figura 3. 6 Ensayo de peso específico y absorción de agregado fino | 41 |
| Figura 3. 7 Ensayo de peso específico y absorción de agregado grueso | 43 |
| Figura 3. 8 Ensayo de PUC de agregado grueso y pus de agregado fino | 45 |
| Figura 3. 9 Ensayo de clasificación granulométrica del agregado fino | 46 |
| Figura 3. 10 Curva granulométrica agregado fino | 47 |
| Figura 3. 11 Ensayo de clasificación granulométrica del agregado grueso..... | 48 |
| Figura 3. 12 Curva granulométrica agregado grueso..... | 49 |
| Figura 3. 13 Análisis granulométrico del agregado global..... | 50 |
| Figura 3. 14 Curva granulométrica del agregado global | 50 |
| Figura 3. 15 Cemento portland andino tipo IP..... | 51 |
| Figura 3. 16 Fibra de polipropileno SikaCem-1 Fiber..... | 52 |
| Figura 3. 17 Nomenclatura de dosis de fibras para concreto..... | 54 |
| Figura 3. 18 Muestra de concreto y ensayo de tiempo de fragua | 64 |
| Figura 3. 19 Ensayo de aire atrapado de concreto con y sin fibra. | 65 |
| Figura 3. 20 Ensayo de asentamiento de concreto con y sin fibra..... | 66 |
| Figura 3. 21 Temperatura de concreto con y sin fibras | 68 |
| Figura 3. 22 Ensayo de peso unitario de concreto con y sin fibras..... | 69 |
| Figura 3. 23 Ensayo de exudación de concreto con y sin fibra | 70 |
| Figura 3. 24 Elaboración de probeta cilíndricas de 4"x8" de concreto con y sin fibra..... | 71 |
| Figura 3. 25 Toma de datos ambiental con estación meteorológica..... | 72 |
| Figura 3. 26 Posa de curado de muestras de probetas de 4"x8" | 72 |
| Figura 3. 27 Probetas sometidas a ensayo de compresión..... | 73 |

CAPÍTULO IV

| | | |
|---------------------|--|-----|
| Figura 4. 1 | Slump Vs dosis de fibra en Concretos $f'c=210\text{kg/cm}^2$ y $f'c=245\text{kg/cm}^2$ | 75 |
| Figura 4. 2 | Variación del asentamiento en los concretos $f'c=210\text{kg/cm}^2$ | 76 |
| Figura 4. 3 | Variación del asentamiento en los concretos $f'c=245\text{kg/cm}^2$ | 76 |
| Figura 4. 4 | Tiem. de fragua Vs dosis de fibra en concretos $f'c=210\text{kg/cm}^2$ y $f'c=245\text{kg/cm}^2$ | 77 |
| Figura 4. 5 | Variación del tiempo de fragua en los concretos $f'c=210\text{kg/cm}^2$ | 77 |
| Figura 4. 6 | Variación del tiempo de fragua en los concretos $f'c=245\text{kg/cm}^2$ | 78 |
| Figura 4. 7 | % Aire atrapado Vs dosis de fibra concretos $f'c=210\text{kg/cm}^2$ y $f'c=245\text{kg/cm}^2$ | 78 |
| Figura 4. 8 | Variación del aire atrapado en los concretos $f'c=210\text{kg/cm}^2$ | 79 |
| Figura 4. 9 | Variación del aire atrapado en los concretos $f'c=245\text{kg/cm}^2$ | 79 |
| Figura 4. 10 | Peso unitario Vs dosis de fibra en concretos $f'c=210\text{kg/cm}^2$ y $f'c=245\text{kg/cm}^2$.. | 80 |
| Figura 4. 11 | Variación del peso unitario en los concretos $f'c=210\text{kg/cm}^2$ | 80 |
| Figura 4. 12 | Variación del peso unitario en los concretos $f'c=245\text{kg/cm}^2$ | 81 |
| Figura 4. 13 | Exudación Vs dosis de fibra en concretos $f'c=210\text{kg/cm}^2$ y $f'c=245\text{kg/cm}^2$ | 81 |
| Figura 4. 14 | Variación de exudación en los concretos $f'c=210\text{kg/cm}^2$ | 82 |
| Figura 4. 15 | Variación de exudación en los concretos $f'c=245\text{kg/cm}^2$ | 82 |
| Figura 4. 16 | Tiempo aparición de fisuras de losas $f'c=210\text{kg/cm}^2$ | 83 |
| Figura 4. 17 | Tiempo aparición de fisuras de losas $f'c=245\text{kg/cm}^2$ | 84 |
| Figura 4. 18 | Fisuras Vs Dosis de fibra en concretos $f'c=210\text{kg/cm}^2$ y $f'c=245\text{kg/cm}^2$ | 84 |
| Figura 4. 19 | Variación de cantidad de fisuras en losas $f'c=210\text{kg/cm}^2$ | 85 |
| Figura 4. 20 | Variación de cantidad de fisuras en losas $f'c=245\text{kg/cm}^2$ | 85 |
| Figura 4. 21 | Variación de clasificación de fisuras en losas $f'c=210\text{kg/cm}^2$ | 86 |
| Figura 4. 22 | Variación de clasificación de fisuras en losas $f'c=245\text{kg/cm}^2$ | 87 |
| Figura 4. 23 | Espesor de fisuras Vs dosis de fibra en losas $f'c=210\text{kg/cm}^2$ y $f'c=245\text{kg/cm}^2$.. | 88 |
| Figura 4. 24 | Variación de espesor de fisuras en losas $f'c=210\text{kg/cm}^2$ | 88 |
| Figura 4. 25 | Variación de espesor de fisuras en losas $f'c=245\text{kg/cm}^2$ | 89 |
| Figura 4. 26 | Long. de fisuras Vs dosis de fibra en losas $f'c=210\text{kg/cm}^2$ y $f'c=245\text{kg/cm}^2$ | 90 |
| Figura 4. 27 | Variación de longitud de fisuras en losas $f'c=210\text{kg/cm}^2$ | 90 |
| Figura 4. 28 | Variación de longitud de fisuras en losas $f'c=245\text{kg/cm}^2$ | 91 |
| Figura 4. 29 | Resistencia a la compresión $f'c=210\text{ kg/cm}^2$ Vs edad..... | 94 |
| Figura 4. 30 | Resistencia a la compresión $f'c=245\text{ kg/cm}^2$ Vs Edad..... | 95 |
| Figura 4. 31 | Diagrama de caja de homogeneización de variables de CSF210..... | 97 |
| Figura 4. 32 | Diagrama de caja de homogeneización de variables de CRF210-0.4(20)..... | 99 |
| Figura 4. 33 | Diagrama de caja de homogeneización de variables de CRF210-0.7(20)..... | 100 |
| Figura 4. 34 | Diagrama de caja de homogeneización de variables de CRF210-1.2(20)..... | 102 |
| Figura 4. 35 | Diagrama de caja de homogeneización de variables de CSF245..... | 104 |
| Figura 4. 36 | Diagrama de caja de homogeneización de variables de CRF245-0.4(20)..... | 105 |
| Figura 4. 37 | Diagrama de caja de homogeneización de variables de CRF245-0.7(20)..... | 106 |
| Figura 4. 38 | Diagrama de caja de homogeneización de variables de CRF245-1.2(20)..... | 108 |
| Figura 4. 39 | Diagrama de caja de homogeneización de Variables de CSF210..... | 110 |
| Figura 4. 40 | Diagrama de caja de homogeneización de variables de CRF210-0.4(20)..... | 111 |
| Figura 4. 41 | Diagrama de caja de homogeneización de variables de CRF210-0.7(20)..... | 113 |
| Figura 4. 42 | Diagrama de caja de homogeneización de variables de CRF210-1.2(20)..... | 114 |

| | | |
|---------------------|---|-----|
| Figura 4. 43 | Diagrama de caja de homogeneización de variables de CSF245 | 116 |
| Figura 4. 44 | Diagrama de caja de homogeneización de variables de CRF245-0.4(20) | 117 |
| Figura 4. 45 | Diagrama de caja de homogeneización de variables de CRF245-0.7(20) | 118 |
| Figura 4. 46 | Diagrama de caja de homogeneización de variables de CRF245-1.2(20) | 120 |
| Figura 4. 47 | Ecuación de regresión y coeficiente del modelo final longitud de fisura | 145 |
| Figura 4. 48 | Ecuación de regresión y coeficiente del modelo final longitud de fisura | 146 |
| Figura 4. 49 | Ecuación de regresión y coeficiente del modelo final longitud de fisura. | 147 |
| Figura 4. 50 | Ecuación de regresión y coeficiente del modelo final longitud de fisura | 148 |
| Figura 4. 51 | Ecuación de regresión y coeficiente del modelo final longitud de fisura | 149 |
| Figura 4. 52 | Ecuación de regresión y coeficiente del modelo final longitud de fisura | 150 |
| Figura 4. 53 | Ecuación de regresión y coeficiente del modelo final longitud de fisura | 151 |
| Figura 4. 54 | Variación de precios de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ por m^3 | 153 |
| Figura 4. 55 | Variación de precios de concreto $f'c=245\text{kg/cm}^2$ por m^3 | 155 |

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO II

| | |
|---|----|
| Tabla 2. 1 Porcentajes de óxidos en el cemento portland | 13 |
| Tabla 2.2 Clases de mezcla según asentamiento..... | 17 |
| Tabla 2. 3 Resistencia estimada a la compresión requerida cuando no hay datos disponibles para una desviación estándar | 19 |
| Tabla 2. 4 Slump recomendado según el tipo de construcción..... | 19 |
| Tabla 2. 5 Agua de mezclado en función de tamaño máximo y el slump | 20 |
| Tabla 2. 6 Contenido de aire atrapado según tamaño máximo nominal | 20 |
| Tabla 2. 7 Relación agua/cemento por resistencia..... | 21 |
| Tabla 2. 8 Anchos de fisura razonables, hormigón armado bajo cargas de servicio | 29 |

CAPÍTULO III

| | |
|---|----|
| Tabla 3. 1 Diseño de posprueba para un patrón y varias combinaciones | 32 |
| Tabla 3. 2 Medidas de las muestras. | 36 |
| Tabla 3. 3 Tamaño de la muestra de agregado..... | 38 |
| Tabla 3. 4 Contenido de humedad agregado fino y grueso resultados | 38 |
| Tabla 3. 5 Contenido de humedad agregado fino y grueso resultados | 40 |
| Tabla 3. 6 Peso mínimo de ensayo..... | 42 |
| Tabla 3. 7 Peso específico y absorción del agregado grueso | 43 |
| Tabla 3. 8 PUS y PUC del agregado grueso y fino..... | 45 |
| Tabla 3. 9 Granulométrica del agregado fino. | 47 |
| Tabla 3. 10 Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso o globa..... | 48 |
| Tabla 3. 11 Análisis granulométrico del agregado grueso..... | 49 |
| Tabla 3. 12 Análisis granulométrico del agregado global | 50 |
| Tabla 3. 13 Características físicas y químicas de cemento portland tipo IP | 51 |
| Tabla 3. 14 Propiedades físicas, químicas y mecánicas de la fibra de polipropileno | 52 |
| Tabla 3. 15 Características de los materiales para diseño de mezcla..... | 53 |
| Tabla 3. 16 Dosis de fibra para concreto de $f'c=210$ kg/cm ² y $f'c=245$ kg/cm ² | 54 |
| Tabla 3. 17 Características del concreto en estado fresc..... | 54 |
| Tabla 3. 18 Diseño, características y proporciones finales de CSF210 | 55 |
| Tabla 3. 19 Diseño, características y proporciones finales de CRF210-0.4(20)..... | 56 |
| Tabla 3. 20 Diseño, características y proporciones finales de CRF210-0.7(20)..... | 57 |
| Tabla 3. 21 Diseño, características y proporciones finales de CRF210-1.2(20)..... | 58 |
| Tabla 3. 22 Diseño, características y proporciones finales de CSF24 | 59 |
| Tabla 3. 23 Diseño, características y proporciones finales de CRF245 – 0.4(20) | 60 |
| Tabla 3. 24 Diseño, características y proporciones finales de CRF245-0.7(20)..... | 61 |
| Tabla 3. 25 Diseño, características y proporciones finales de CRF245-1.2(20)..... | 62 |
| Tabla 3. 26 Resultados de tiempo de fragua de concretos con y sin fibras | 64 |
| Tabla 3. 27 Resultados de contenido de aire de concretos con y sin fibras | 66 |
| Tabla 3. 28 Resultados de asentamiento de concreto con y sin fibra..... | 67 |
| Tabla 3. 29 Resultados de ensayo de peso unitario de concreto con y sin fibras | 69 |
| Tabla 3. 30 Resultados de ensayo de exudación de concreto con y sin fibra | 70 |

CAPÍTULO IV

| | | |
|--------------------|--|-----|
| Tabla 4. 1 | Resultados de ensayos de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en estado fresco..... | 74 |
| Tabla 4. 2 | Resultados de ensayos de concreto $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$ en estado fresco..... | 75 |
| Tabla 4. 3 | Tiempo de aparición de fisuras en losas de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ y $f'c=245\text{kg/cm}^2$ | 83 |
| Tabla 4. 4 | Cantidad de fisuras en losas | 84 |
| Tabla 4. 5 | Clasificación y variación de fisuras. | 86 |
| Tabla 4. 6 | Espesor y variación de fisuras de las losas | 87 |
| Tabla 4. 7 | Longitud y variación de fisuras de las losas aligeradas | 89 |
| Tabla 4. 8 | Factor para calculo de la desviación estandar en los ensayos..... | 92 |
| Tabla 4. 9 | Dispersión y coeficiente de variación de roturas de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ | 92 |
| Tabla 4. 10 | Dispersión y coeficiente de variación de roturas de $f'c=245\text{kg/cm}^2$ | 93 |
| Tabla 4. 11 | Variación de la resistencia a la con respecto de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ | 93 |
| Tabla 4. 12 | Variación de la resistencia a la con respecto de $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ | 94 |
| Tabla 4. 13 | Prueba T para una muestra (espesor) sin hipótesis para CSF210 | 98 |
| Tabla 4. 14 | Prueba T para una muestra (espesor) con hipótesis para CSF210 | 98 |
| Tabla 4. 15 | Prueba T para una muestra (espesor) sin hipótesis para CRF210-0.4(20)..... | 99 |
| Tabla 4. 16 | Prueba T para una muestra (espesor) con hipótesis para CRF210-0.4(20)..... | 100 |
| Tabla 4. 17 | Prueba T para una muestra (espesor) sin hipótesis para CRF210-0.7(20)..... | 101 |
| Tabla 4. 18 | Prueba T para una muestra (espesor) con hipótesis para CRF210-0.7(20)..... | 101 |
| Tabla 4. 19 | Prueba T para una muestra (espesor) sin hipótesis para CRF210-1.2(20)..... | 102 |
| Tabla 4. 20 | Prueba T para una muestra (espesor) con hipótesis para CRF210-1.2(20)..... | 103 |
| Tabla 4. 21 | Prueba T para una muestra (espesor) sin hipótesis para CSF24 | 104 |
| Tabla 4. 22 | Prueba T para una muestra (espesor) con hipótesis para CSF245 | 104 |
| Tabla 4. 23 | Prueba T para una muestra (espesor) sin hipótesis para CRF245-0.4(20)..... | 105 |
| Tabla 4. 24 | Prueba T para una muestra (espesor) con hipótesis para CRF245-0.4(20)..... | 106 |
| Tabla 4. 25 | Prueba T para una muestra (espesor) sin hipótesis para CRF245-0.7(20)..... | 107 |
| Tabla 4. 26 | Prueba T para una muestra (espesor) con hipótesis para CRF245-0.7(20)..... | 107 |
| Tabla 4. 27 | Prueba T para una muestra (espesor) sin hipótesis para CRF245-1.2(20)..... | 108 |
| Tabla 4. 28 | Prueba T para una muestra (espesor) con hipótesis para CRF245-1.2(20)..... | 109 |
| Tabla 4. 29 | Prueba T para una muestra (longitud) sin hipótesis para CSF210..... | 110 |
| Tabla 4. 30 | Prueba T para una muestra (longitud) sin hipótesis para CRF210-0.4(20) | 112 |
| Tabla 4. 31 | Prueba T para una muestra (longitud) con hipótesis para CRF210-0.4(20) | 112 |
| Tabla 4. 32 | Prueba T para una muestra (longitud) sin hipótesis para CRF210-0.7(20) | 113 |
| Tabla 4. 33 | Prueba T para una muestra (longitud) con hipótesis para CRF210-0.7(20) | 113 |
| Tabla 4. 34 | Prueba T para una muestra (longitud) sin hipótesis para CRF210-1.2(20) | 114 |
| Tabla 4. 35 | Prueba T para una muestra (longitud) con hipótesis para CRF210-1.2(20) | 115 |
| Tabla 4. 36 | Prueba T para una muestra (longitud) sin hipótesis para CSF245..... | 116 |
| Tabla 4. 37 | Prueba T para una muestra (longitud) sin hipótesis para CRF245-0.4(20) | 117 |
| Tabla 4. 38 | Prueba T para una muestra (longitud) con hipótesis para CRF245-0.4(20) | 118 |
| Tabla 4. 39 | Prueba T para una muestra (longitud) sin hipótesis para CRF245-0.7(20) | 119 |
| Tabla 4. 40 | Prueba T para una muestra (longitud) con hipótesis para CRF245-0.7(20) | 119 |
| Tabla 4. 41 | Prueba T para una muestra (longitud) sin hipótesis para CRF245-1.2(20) | 120 |
| Tabla 4. 42 | Prueba T para una muestra (longitud) con hipótesis para CRF245-1.2(20) | 121 |
| Tabla 4. 43 | Homogeneidad de varianza de resistencia $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ a 1 día | 122 |

| | | |
|--------------------|---|-----|
| Tabla 4. 44 | Anova de un factor de resistencia $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ a 1 día | 122 |
| Tabla 4. 45 | Bonferroni comparacion de resistencia $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ edad 1 día | 123 |
| Tabla 4. 46 | Homogeneidad de varianzas de resistencia $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ a 3 días | 123 |
| Tabla 4. 47 | Anova de un factor de resistencia $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ a 3 días | 123 |
| Tabla 4. 48 | Bonferroni comparacion de resistencia $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ edad de 3 días | 124 |
| Tabla 4. 49 | Homogeneidad de varianza de resistencia $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ a 7 días | 124 |
| Tabla 4. 50 | Anova de un factor de resistencia $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ a 7 días | 125 |
| Tabla 4. 51 | Bonferroni comparaciones de resistencia $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ Edad de 7 Días | 125 |
| Tabla 4. 52 | Homogeneidad de varianza de resistencia $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ a 14 días | 125 |
| Tabla 4. 53 | Anova de un factor de resistencia $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ a 14 días | 126 |
| Tabla 4. 54 | Bonferroni comparacion de resistencia $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ edad 14 días | 126 |
| Tabla 4. 55 | Homogeneidad de varianza de resistencia $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ a 28 días | 127 |
| Tabla 4. 56 | Anova de un factor de resistencia $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ a 28 días | 127 |
| Tabla 4. 57 | Bonferroni comparacion de resistencia $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ edad 28 días | 127 |
| Tabla 4. 58 | Homogeneidad de varianza de resistencia $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ a 60 días | 128 |
| Tabla 4. 59 | Anova de un factor de resistencia $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ a 60 días | 128 |
| Tabla 4. 60 | Bonferroni comparacion de resistencia $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ edad 60 días | 128 |
| Tabla 4. 61 | Homogeneidad de varianza de resistencia $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ a 1 día | 129 |
| Tabla 4. 62 | Anova de un factor de resistencia $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ a 1 día | 129 |
| Tabla 4. 63 | Bonferroni comparacion de resistencia $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ edad 1 día | 130 |
| Tabla 4. 64 | Homogeneidad de varianza de resistencia $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ a 3 días | 130 |
| Tabla 4. 65 | Anova de un factor de resistencia $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ a 3 días | 131 |
| Tabla 4. 66 | Bonferroni comparacion de resistencia $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ edad 3 días | 131 |
| Tabla 4. 67 | Homogeneidad de varianza de resistencia $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ a 7 días | 131 |
| Tabla 4. 68 | Anova de un factor de resistencia $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ a 7 días | 132 |
| Tabla 4. 69 | Bonferroni comparacion de resistencia $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ edad 7 días | 132 |
| Tabla 4. 70 | Homogeneidad de varianza de resistencia $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ a 14 días | 133 |
| Tabla 4. 71 | Anova de un factor de resistencia $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ a 14 días | 133 |
| Tabla 4. 72 | Bonferroni comparacion de resistencia $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ edad 14 días | 133 |
| Tabla 4. 73 | Homogeneidad de varianza de resistencia $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ a 28 días | 134 |
| Tabla 4. 74 | Anova de un factor de resistencia $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ a 28 días | 134 |
| Tabla 4. 75 | Bonferroni comparacion de resistencia $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ edad 28 días | 135 |
| Tabla 4. 76 | Homogeneidad de varianza de resistencia $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ a 60 días | 135 |
| Tabla 4. 77 | Anova de un factor de resistencia $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ a 60 días | 135 |
| Tabla 4. 78 | Bonferroni comparacion de resistencia $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ edad 60 días | 136 |
| Tabla 4. 79 | Homogeneidad de varianzas espesor de fisuras $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ | 137 |
| Tabla 4. 80 | Anova de un factor (concretos $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$) para espesor de fisuras | 137 |
| Tabla 4. 81 | Bonferroni comparaciones de variable (espesor) segun $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ | 137 |
| Tabla 4. 82 | Homogeneidad de varianzas espesor de fisuras $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ | 138 |
| Tabla 4. 83 | Anova de un factor (concretos $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$) para espesor de fisuras | 138 |
| Tabla 4. 84 | Homogeneidad de varianzas longitud de fisura $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ | 139 |
| Tabla 4. 85 | Anova de un factor (concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$) para longitud | 139 |
| Tabla 4. 86 | Estadístico de levene $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ longitud | 140 |
| Tabla 4. 87 | Anova de un factor (concretos $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$) para longitud | 140 |

| | | |
|---------------------|--|-----|
| Tabla 4. 88 | Correlación de Pearson de espesor y longitud de fisuras de CSF210..... | 141 |
| Tabla 4. 89 | Correlación de Pearson de espesor y longitud de fisuras de CRF210-0.4(20) .. | 141 |
| Tabla 4. 90 | Correlación de Pearson de espesor y longitud de fisuras de CRF210-0.7(20) .. | 142 |
| Tabla 4. 91 | Correlación de Pearson de espesor y longitud de fisuras de CRF210-1.2(20) .. | 142 |
| Tabla 4. 92 | Correlación de Pearson de espesor y longitud de fisuras de CSF245..... | 143 |
| Tabla 4. 93 | Correlación de Pearson de espesor y longitud de fisuras de CRF245-0.4(20) .. | 143 |
| Tabla 4. 94 | Correlación de Pearson de espesor y longitud de fisuras de CRF245-0.7(20).. | 144 |
| Tabla 4. 95 | Correlación de Pearson de espesor y longitud de fisuras de CRF245-1.2(20).. | 144 |
| Tabla 4. 96 | Contraste de hipótesis anova de la regresión de CSF210 | 145 |
| Tabla 4. 97 | Coefficientes de regresión lineal CSF210..... | 145 |
| Tabla 4. 98 | Contraste de hipótesis anova de la regresión de CRF210-0.4(20)..... | 146 |
| Tabla 4. 99 | Coefficientes de regresión lineal CRF210-0.4(20)..... | 146 |
| Tabla 4. 100 | Contraste de hipótesis anova de la regresión de CRF210-0.7(20)..... | 147 |
| Tabla 4. 101 | Coefficientes de regresión lineal CRF210-0.7(20)..... | 147 |
| Tabla 4. 102 | Contraste de hipótesis anova de la regresión de CRF210-1.2(20)..... | 148 |
| Tabla 4. 103 | Coefficientes de regresión lineal CRF210-1.2(20) | 148 |
| Tabla 4. 104 | Contraste de hipótesis anova de la regresión de CSF245 | 149 |
| Tabla 4. 105 | Coefficientes de regresión lineal CSF450..... | 149 |
| Tabla 4. 106 | Contraste de hipótesis anova de la regresión de CRF245-0.4(20)..... | 150 |
| Tabla 4. 107 | Coefficientes de regresión lineal CRF245-0.4(20) | 150 |
| Tabla 4. 108 | Contraste de hipótesis anova de la regresión de CRF245-0.7(20) | 151 |
| Tabla 4. 109 | Coefficientes de regresión lineal CRF245-0.7(20)..... | 151 |
| Tabla 4. 110 | Contraste de hipótesis anova de la regresión de CSF210 | 152 |
| Tabla 4. 111 | Precio de CSF210 por m ³ | 152 |
| Tabla 4. 112 | Precio de CRF210-0.4(20) por m ³ | 152 |
| Tabla 4. 113 | Precio de CRF210-0.7(20) por m ³ | 153 |
| Tabla 4. 114 | Precio de CRF210-1,2(20) por m ³ | 153 |
| Tabla 4. 115 | Precio de CSF245 por m ³ | 154 |
| Tabla 4. 116 | Precio de CRF245-0.4(20) por m ³ | 154 |
| Tabla 4. 117 | Precio de CRF450-0.7(20) por m ³ | 154 |
| Tabla 4. 118 | Precio de CRF245-1,2(20) por m ³ | 154 |

RESUMEN

El propósito de este trabajo es demostrar la influencia que genera el añadir distintas dosis de una sola fibra de polipropileno en los concretos $f'c=210\text{kg/cm}^2$ y $f'c=245\text{kg/cm}^2$, demostrando la reducción del número de fisuras en sus espesores y longitudes por medio de colocados de concreto instantáneos con distintas dosis (CSF, CRF-0.4(20), CRF-0.7(20) y CRF-1.2(20), los cuales serán analizados en su estado plástico generando registros de control de fisuras para cada dosificación, estos datos serán procesados por medio de gráficos de barras (Excel) y pruebas estadísticas (IBM SPSS Statistics V. 23), por lo que analizados en conjunto nos muestra que; si se reduce la presencia de fisuras en los concretos $f'c=210\text{ kg/cm}^2$, $f'c=245\text{kg/cm}^2$ y adicionados logrando obtener para el concreto $f'c=210\text{ kg/cm}^2$ la dosis óptima de 1200gr de fibra de polipropileno que reduce el espesor en un 50.12% y su longitud en un 7.92%, para el concreto $f'c=245\text{ kg/cm}^2$ no se encuentra una dosis adecuada que disminuya tanto el espesor como la longitud respectivamente. La influencia de las fibras de polipropileno en la resistencia es mínima disminuyendo su resistencia de 4.07% a 15.24% los concretos adicionados con respecto al CSF210, los concretos adicionados aumentan de 8.67% a 18.12% con respecto al CSF245. Con esto recomendamos el uso de la fibra de polipropileno para la reducción de fisuras por retracción plástica tanto en espesor como en longitud, mas no para el aumento de resistencia del concreto.

INTRODUCCIÓN

El concreto armado nace a mediados del siglo XIX, posteriormente en 1935 se crea la primera fibra de nilón naciendo así la industria de la fibra sintética. En la actualidad las fibras sintéticas están remplazando a las fibras naturales en el ámbito textil, no obstante, es usado en el mundo de la construcción como adicionado en concreto armado.

El Perú en ajeno ya que uso en la etapa colonial fibras naturales al construir edificaciones de dos pisos en los cuales los muros eran robustos de adobe material compuesto por arcilla mesclado con paja, en la actualidad el uso de fibras en concretos lanzados es muy común en la minería, también en el uso de materiales pres fabricados como losas y vigas.

En la actualidad Junín ya cuenta con investigaciones de concretos adicionados con fibras metálicas, polipropileno y fibras naturales lo cual busca un desarrollo en el sector construcción para cada falencia o problema que presenta el concreto.

La ciudad de Huancayo y distrito de Pilcomayo cuenta con un ambiente seco y clima voluble por lo que es muy propenso a generar fisuras en losas aligeradas a distintas alturas, la utilización de la fibra sintética de polipropileno controla las fisuras por retracción plástica en losas aligeradas de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ y $f'c=245\text{kg/cm}^2$, con el uso de la fibra de polipropileno se busca determinar la influencia de estas en el control de las fisuras por retracción plástica en losas aligeradas de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ y $f'c=245\text{kg/cm}^2$ tanto en espesor y longitud.

Para llevar a cabo la presente investigación se estructuro el trabajo en 5 capítulos;

En el capítulo I “Planteamiento y Formulación de la Investigación” se analiza la problemática para así generar los objetivo e hipótesis tanto generales y específicos.

En el capítulo II “Marco Teórico” se nombra la teoría, normas y material que se usaran.

En el capítulo III “Metodología” se describe la forma como se realizará la presente investigación.

En el capítulo IV “Resultados” se muestra los resultados porcentuales y estadísticos del concreto en sus estados fresco, plástico y endurecido.

En el capítulo V “Discusión de Resultados” se coteja los resultados obtenidos con los de otros estudios antes realizados o contra normas predeterminadas.

En el capítulo VI “Conclusiones y Recomendaciones” se realiza en análisis tanto estadístico como grafico porcentual para dar una recomendación y generar recomendaciones basádonos en lo óptimo.

CAPÍTULO I

1. Planteamiento y Formulación de la Investigación

1.1. Planteamiento del Problema

El mundo cuenta con una gran diversidad de climas los cuales afectan al concreto con la presencia de fisuras cuando este cambia de estado plástico a endurecido, estas fisuras generan goteras de agua, filtraciones y corrosión del acero en los distintos elementos estructurales.

En Perú las estructuras de concreto muestran fisuras, las edificaciones de la ciudad de Huancayo no son ajenas a esta falla ya que esta ciudad cuenta con cambios de clima bruscos y un alto índice de precipitaciones, lo que genera la presencia de fisuras en losas aligeradas de concreto y posteriormente presencia de humedad, coladeras, pelado de pintura en interiores y presencia de hongos.

Al trabajar con concreto tanto convencional y/o concreto premezclado el problema más común que se genera son las fisuras las cuales son generada por cambios bruscos de temperatura y volumen (expansión y contracción). Basándonos a un estudio presentado por Halvoser (1984) las fisuras se podrían considerar inaceptables desde el punto de vista estético por ser apreciados a simple vista generando inseguridad o falla estructural inminente por parte de los beneficiarios.

El mercado de Huancayo cuenta con una gran gama de fibras como son; metálicas, vidrio y sintéticas las cuales al combinar con el concreto mejoran su desempeño estructural, de estas se usó la fibra sintética de polipropileno ayudara a disminuir la presencia de fisuras tanto en su longitud, espesor.

1.1.1. Delimitación del Problema.

1.1.1.1. Espacial.

La investigación se ejecutará en el departamento de Junín provincia de Huancayo, distrito de Pilcomayo.

1.1.1.2. Temporal.

Los factores que influyen en las propiedades del concreto; la temperatura, velocidad de viento y humedad son muy cambiantes en todo el año en la ciudad de Huancayo. La presente investigación se ejecutó durante los meses de junio a setiembre del 2017.

1.1.1.3. Conceptual.

La presente investigación es dirigida al ámbito académico mas no para el uso experimental en la industria de la construcción de edificaciones, centrada en el área de tecnología del concreto.

La investigación será ejecutará con la obtención de un concreto patrón el cual será diseñado por el método de agregado global según su relación agua-cemento para la obtención de las resistencias requeridas a la compresión a 28 días ($f^c=210 \text{ kg/cm}^2$ y $f^c=245 \text{ kg/cm}^2$), a la cual se le incorporará por separado tres dosis de fibra de polipropileno distintas, obteniendo cuatro concretos diferentes en los que se evaluara la influencia de la fibra de polipropileno en los estados: (a) fresco, se evaluaran sus propiedades; (b) plástico, se evaluara la presencia de fisuras; y (c) endurecido, se evaluara su resistencias a distintas edades.

1.1.2. Formulación del Problema.

1.1.2.1. Problema General.

¿Cómo influyen la fibra sintética de polipropileno en el control de fisuras por retracción plástica en losas aligeradas de concreto con resistencia $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$, Huancayo 2017?

1.1.2.2. Problemas Específicos.

¿Cómo influye la fibra sintética de polipropileno para disminuir el desarrollo del espesor de fisuras causadas por la retracción plástica en losas aligerada con resistencia $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$, Huancayo 2017?

¿Cómo influye la fibra sintética de polipropileno para disminuir el desarrollo de la longitud de fisuras causadas por la retracción plástica en losas aligerada con resistencia $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$, Huancayo 2017?

¿Cómo modifica la fibra sintética de polipropileno en la resistencia de las losas aligeradas con resistencia $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$, Huancayo 2017?

1.2. Justificación del Problema.

Los ingenieros estructurales diseñan elementos de concreto armado que trabajaran a flexión como son losas, vigas, etc. en su diseño inicial dan por descontado el recubrimiento de la cara superior, el cuales se fisura por motivos climáticos, desprecian la resistencia del material de recubrimiento por que los ingenieros estructurales asumen que el acero absorbe esta fuerza de tensión. Los refuerzos estructurales están destinados a controlar y asumir las cargas externas para las que se diseñó el elemento (momentos, cortantes, torsión), pero los esfuerzos generados por cargas producidas por retracción plástica y secado, los ingenieros estructurales los han resuelto usualmente empleando cuantías adicionales de refuerzo de acero. Es así que la fisuración es un mal con el que hemos aprendido a convivir como lo demuestra también el caso

de las losas de pavimentos donde la controlamos simplemente anticipándonos a las fisuras, con las juntas de expansión; que son como se ha dicho en muchas ocasiones, fisuras controladas.

En la medida en que una estructura de concreto armado no se fisure es mejor en cuanto a su durabilidad, transmisión y continuidad de las cargas, la no concentración de esfuerzos y la estética de un concreto a simple vista.

El costo económico de elaborar concreto artesanal aumentara por el costo de la fibra que se adicionara al momento de la mezcla siendo este un costo mínimo, al comparar con el costo que generan las reparaciones de filtraciones con epóxidos, selladores y caso extremo la demolición de la estructura.

La presente investigación aportará conocimiento del análisis de usar fibra sintética de polipropileno en losas aligeradas de concreto, con el fin de determinar la influencia de esta en la disminución de longitud, espesor y cantidad de fisuras generadas por retracción plástica en el concreto de losas aligeradas, medirá también su resistencia en su estado endurecido ya que se cuenta con poca información sobre este tema en nuestro país y por ende en la ciudad de Huancayo.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Determinar la influencia de las fibras sintéticas de polipropileno en el control de las fisuras por retracción plástica en losas aligeradas con resistencia $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$.

1.3.2. Objetivos Específicos

Determinar la influencia de la fibra sintética de polipropileno para disminuir el espesor de las fisuras causadas por la retracción plástica en losas aligeradas con resistencia $f'c=210\text{kg/cm}^2$ y $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$.

Determinar la influencia de la fibra sintética de polipropileno para disminuir la longitud de fisura causada por la retracción plástica en losas aligeradas con resistencia $f'c=210\text{kg/cm}^2$ y $f'c=245\text{ kg/cm}^2$.

Determinar el efecto de la fibra sintética de polipropileno en la resistencia del concreto $f'c= 210\text{ kg/cm}^2$ y $f'c= 245\text{ kg/cm}^2$.

1.4. Formulación de la Hipótesis

1.4.1. Hipótesis General.

La utilización de la fibra sintética de polipropileno controla las fisuras por retracción plástica en losas aligeradas de concreto $f'c=210\text{ kg/cm}^2$ y $f'c=245\text{ kg/cm}^2$.

1.4.2. Hipótesis Específica.

El empleo de la fibra sintética de polipropileno disminuye el espesor de la fisura causada por la retracción plástica de losas aligeradas de concreto con resistencia $f'c=210\text{ kg/cm}^2$ y $f'c=245\text{ kg/cm}^2$.

El empleo de la fibra sintética de polipropileno disminuye la longitud de fisura causada por la retracción plástica de losas aligeradas de concreto con resistencia $f'c=210\text{ kg/cm}^2$ y $f'c=245\text{ kg/cm}^2$.

El empleo de la fibra sintética de polipropileno modifica la resistencia de los concreto $f'c=210\text{ kg/cm}^2$ y $f'c=245\text{ kg/cm}^2$ para losas aligeradas.

1.5. Variables.

1.5.1. Variable Independiente.

- Dosis de fibra sintéticas de polipropileno.

1.5.2. Variable Dependiente.

- Espesor de fisura en el concreto con la fibra de polipropileno.
- Longitud de fisura en el concreto con la fibra de polipropileno.
- Resistencia a la compresión según dosis de fibra sintética.

CAPÍTULO II

2. Marco Teórico

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes Históricos.

Históricamente los materiales frágiles han sido reforzados por fibras naturales. La paja fue utilizada para reforzar la mezcla de arcillas obteniendo el adobe, el crin de caballo fue utilizado para reforzar el yeso de enlucidos y más recientemente la fibra de asbesto (también llamado amianto) se usó para reforzar el cemento portland.

“En el año 1824 Joseph Apsdin un constructor inglés, patentó un proceso de calcinación de caliza arcillosa que producía un cemento que al hidratarse adquiriría, según él, la misma resistencia que la piedra de las islas de Portland cerca del puerto de Dorset, con lo que se marca el punto de partida para el nacimiento de la Tecnología del Concreto” (A. M., y otros, 1998 pág. 14).

La baja resistencia a tracción y la alta fragilidad del hormigón han sido resueltas por medio del uso de barras en la zona de tracción desde mediados del siglo XIX, llamado concreto armado.

“La aparición de este nuevo tipo de fibras es debida a Chardonnet quien a finales del s. XIX inventó la seda artificial, como se indica en. Sin embargo, fue a partir de 1935 con la producción de la primera fibra de nilón cuando surge una nueva etapa en el uso de fibras. Durante esos años hay un gran interés por el desarrollo de fibras sintéticas que tratan de copiar a las fibras naturales y cuya aplicación principal es la fabricación de tejidos” (Blanco Álvarez, 2008 pág. 6)

En el sector construcción la aplicación de fibras sintéticas en el concreto fue más tardía, este ayuda al concreto sin generar costos elevados en sus distintas falencias iniciales como son figuración y resistencia.

2.1.2. Antecedentes De La Investigación.

A lo largo de la historia se han utilizado fibras de materiales como acero, plástico, vidrio y materiales naturales de diferentes formas y tamaños. Las fibras no son más que hilos cortos distribuidos de forma aleatoria sobre el concreto.

En el mundo se han realizado estudios diversos de estas fibras en combinación con el concreto como:

2.1.2.1. Antecedentes Internacionales.

- Paula Dávila Mercado (2010), en su proyecto de grado de la Universidad Nacional Autónoma de México - México, México titulada “Efecto de la Adición de Fibras Sintéticas sobre las Propiedades Plásticas y Mecánicas Del Concreto”, en el estudio se determinaron que el índice de grietas disminuye a mayor cantidad de fibra en la mezcla, obteniendo una reducción cercana al 62% para una dosificación de 1 kg/m³.
- V. Barros y H. Ramírez (2012), en su trabajo de grado de la Universidad Central de Ecuador – Quito, Ecuador, titulado “Diseño de Hormigones con Fibras de Polipropileno para Resistencias a la Compresión de 21 y 28 Mpa con Agregados de la Cantera de Pifo”, los resultados experimentales finales obtenidos, luego de comparar el comportamiento mecánico del hormigón con fibra y aquel sin fibra, determinaron que la concentración adecuada de fibra de polipropileno es del 0.13% del volumen del hormigón, es decir 1.2 kg de fibra por cada m³ de hormigón; además de encontrar ligeros incrementos de resistencia a la compresión del 4% y 16% para 21 Mpa y 28 Mpa respectivamente.

- M. Millán (2013), en su trabajo de grado de la Universidad Técnica de Ambato – Ambato, Ecuador, titulado “Comportamiento del Hormigón Reforzado con Fibras de Polipropileno y su Influencia en sus Propiedades Mecánicas en el Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua”, en el estudio se determinó el porcentaje óptimo de fibra de polipropileno que debe adicionarse al hormigón, contribuyendo así a mejorar sus características y propiedades mecánicas dentro de las cuales se destacan la resistencia a la compresión, tracción y flexión dando como resultado un hormigón mucho más dúctil, apto para su utilización en las diferentes obras de ingeniería civil.
- Serrera (2013), en su trabajo de grado de la Universidad de Cantabria – Santander, España titulado “Análisis de la Adición de Fibras de Polipropileno en Hormigones Mediante Métodos Computacionales”, en esta investigación se ha concluido que una dosificación mayor o igual a 2 kg/m³ es suficiente para que no se produzca spalling en hormigones cuyas resistencias de compresión estén entre 120-145 MPa siempre que el hormigón tenga permeabilidades iniciales mayores o iguales a 1 por 10⁻¹⁷ m².
- F. Muñoz (2014), en su trabajo de grado de la Universidad Católica De Colombia - Bogotá, Colombia titulado “Uso de Polímeros en la Reducción de Patologías de Origen Químico en Estructuras de Concreto”, esta investigación ha concluido que el uso de fibra de polipropileno en el concreto permite reducir la fisuración del concreto y la permeabilidad, lo que genera la reducción en la corrosión de la armadura de acero.

2.1.2.2. Antecedentes Nacionales.

- P. A. Garcia Aymar (2007), en su proyecto de grado en la Universidad Ricardo Palma – Lima, Perú, titulado “Verificación de la Dosificación de Fibras Sintéticas para Neutralizar las Fisuras Causadas por Contracción Plástica en el Concreto”, en esta investigación se verificó el uso del aditivo tipo D con la fibra sintética; estos materiales

ayudan a contrarrestar las fisuraciones por contracción plástica por secado, notablemente y de manera eficaz en comparación con un concreto convencional.

- J. F. Valero Galarza (2015), en su proyecto de grado de la Universidad Nacional del Centro del Perú – Huancayo, Perú, titulado “Influencia de las Fibras de Polipropileno en la Fisuración asociadas a la retracción plástica en pavimentos de concreto, Huancayo 2014”, en la investigación se utilizó fibras de 19mm y 50mm de tamaño en las dosis de 400, 900 y 1500 gr/m³ de concreto para una resistencia a la compresión de 210 kg/cm² a los 28 días. Se concluyó que el uso de la fibra de 50mm en la dosis de 900 gr/m³ obtiene mejores resultados en el estado fresco de concreto y un buen comportamiento frente a la fisuración, y alcanzando un ligero incremento (no significativo) en la resistencia a la compresión.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. El Concreto.

“El concreto es una mezcla de cemento de Cemento Portland, agregado fino, agregado grueso, aire y agua en proporciones adecuadas para obtener ciertas propiedades prefijadas especialmente a la resistencia” (Abanto Castillo, 1997 pág. 11).

En la Figura 2.1 nos muestra la variación de las proporciones usadas en concreto, en volumen absoluto, las barras de mezcla 1 y mezcla 3 representan mezclas ricas con agregados de pequeño tamaño. Las barras de mezcla 2 y mezcla 4 representan mezclas pobres con agregados gruesos grandes. Dando a entender que los volúmenes que conforman el concreto varían en cemento 7% - 15%, agua 14% - 21%, aire 1% - 8%, agregado fino 24% - 30% y agregado grueso en 31% - 51%.

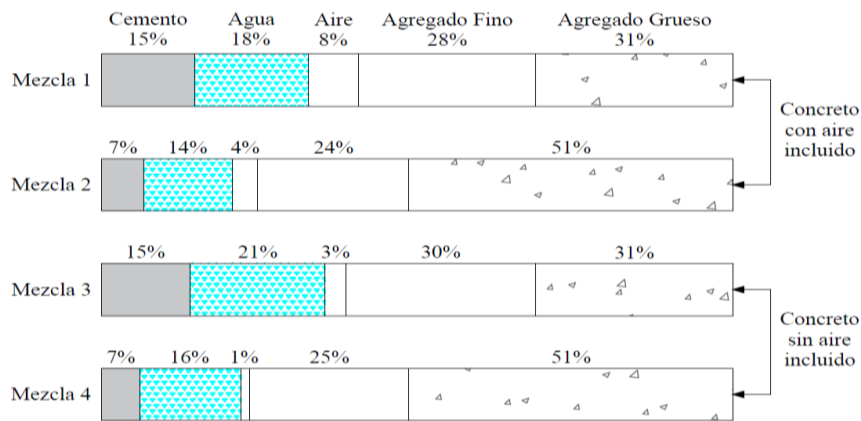


Figura 2. 1 Proporciones típicas de componentes del concreto

El agua genera una reacción química entre el cemento y las partículas de los agregados construyendo un material heterogéneo. Algunas veces se añade ciertas sustancias llamadas fibra, aditivo o los dos en conjunto la cual modifican o mejoran algunas propiedades del concreto.

2.2.2. Componentes del Concreto.

2.2.2.1. El Cemento.

El cemento Portland es un aglomerante hidráulico ya que en combinación con el agua puede desarrollar cambios hasta formar una masa endurecida.

El cemento es un clinker finamente pulverizado, producido por la cocción a elevadas temperaturas de mezclas que contiene cal, alúmina, fierro y sílice en proporciones, previamente establecidas para lograr las propiedades deseadas, estas deben cumplir con los requisitos que presentan las siguientes normas:

- La NTP 334.009, 2013 o la ASTM C150, norman los Cementos Portland Tradicionales Tipo I, II, III, IV o V.
- La NTP 334.090, 2013 o la ASTM C595, norman a los Cementos Portland Adicionados Tipo IS, IP, IPM, IT, ICo.
- La NTP 334.082, 2000 o la ASTM C1157, norman a los Cementos Portland. Especificación De La Performance Tipo GU, HE, MS, HS, MH y LH.

2.2.2.1.1. Cemento Portland.

El cemento Portland es un polvo muy fino de color verdoso, es obtenido por la pulverización del Clinker Portland y la adición de sulfatos de calcio. Se admite la adición de otros productos en el momento de la pulverización del Clinker en una cantidad no mayor al 1% de su peso total.

2.2.2.1.2. Composición del Cemento Portland

“Luego del proceso de formación de Clinker y molienda final, se obtiene los siguientes compuestos establecidos por primera vez por Le Chatelier en 1852, y que son los que definen el comportamiento del cemento hidratado y que detallaremos con su fórmula química” (Pasquel Carbajal, 1998 pág. 22):

- Silicato Tricálcico ($3\text{CaO}, \text{SiO}_2 \rightarrow \text{C}_3\text{S}$ Alita): Define la resistencia inicial (primera semana), su reacción con el agua genera un alto calor de hidratación.
- Silicato Dicálcico ($2\text{CaO}, \text{SiO}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{S}$ Belita): Define la resistencia posterior (largo plazo), con un bajo calor de hidratación.
- Aluminato Tricálcico ($3\text{CaO}, \text{Al}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{C}_3\text{A}$): Define la condición del fraguado, actúa como catalizador, por lo que se agrega yeso (3% - 6%) durante la trituración o molienda, es responsable de la resistencia a los sulfatos ya que su reacción produce Sulfoaluminatos con propiedades expansivas, lo que limita su uso.
- Aluminio-Ferrito Tetracálcico ($4\text{CaO}, \text{Al}_2\text{O}_3, \text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{C}_4\text{AF}$ Celita): Define la velocidad de hidratación y secundariamente el calor de hidratación.
- Óxido de Magnesio (MgO): Define la expansión del concreto cuando su contenido es mayor a 5%.
- Óxido de Potasio y Sodio ($\text{K}_2\text{O}_3, \text{Na}_2\text{O}$ Alcalis): Define la reacción química con ciertos agregados calcáreos que son solubles en agua.

- Óxido de Manganeso y Titanio (Mn_2O_3, TiO_2): Define la coloración del concreto a marón en cantidades mayores al 3%, cuando supere el 5% influye en la resistencia a largo plazo.

De los óxidos presentados los porcentajes típicos en el cemento portland se muestran en la Tabla 2.1

Tabla 2. 1
Porcentajes de óxidos en el cemento portland

| Óxidos Componentes | Porcentaje Típico | Abreviatura |
|--------------------------------------|-------------------|-------------|
| CaO | 61% - 67% | C |
| SiO ₂ | 20% - 27% | S |
| Al ₂ O ₃ | 4% - 7% | A |
| Fe ₂ O ₃ | 2% - 4% | F |
| SO ₃ | 1% - 3% | |
| MgO | 1% - 5% | |
| K ₂ O y Na ₂ O | 0.25% - 1.5% | |

FUENTE: Tópicos de Tecnología del Concreto (p.18) E. Pasquel C., Lima, Perú. Colegio de Ingenieros del Perú 1998.

2.2.2.1.3. Tipos de Cemento Portland Tradicional.

Los cementos portland tradicionales son producidos mediante la pulverización del clinker el que está compuesto esencialmente de silicatos de calcio hidráulicos, sulfato de calcio y eventualmente caliza como adición durante la molienda.

La NTP 334.009, 2013 los clasifica por su uso y propiedades específicas:

- Tipo I: Para uso general que no requiera propiedades especiales de cualquier otro tipo.
- Tipo II: Para uso general, y específicamente cuando se desea moderada resistencia a los sulfatos o moderado calor de hidratación.
- Tipo III: Para ser utilizado cuando se requiere altas resistencias iniciales.
- Tipo IV: Para emplearse cuando se desea bajo calor de hidratación.
- Tipo V: Para emplearse cuando se desea alta resistencia a los sulfatos

2.2.2.1.4. Tipos de Cemento Portland Adicionado.

Los cementos portland adicionados presentan dos combinaciones: (a) cemento adicionado binario, un cemento adicionado hidráulico que consiste en cemento portland con cemento de escoria o cemento portland con una puzolana; (b) cemento adicionado ternario, un cemento adicionado hidráulico que consiste en cemento portland con una combinación de dos puzolanas diferentes o cemento portland con escoria y puzolana.

La NTP 334.090, 2013 los clasifica por su uso y propiedades específicas:

- Tipo IS: Cemento Portland con escoria de alto horno.
- Tipo IP: Cemento Portland puzolánico.
- Tipo I(PM): Cemento Portland puzolánico modificado.
- Tipo IT: Cemento adicionado ternario.
- Tipo ICo: Cemento Portland compuesto.

2.2.2.2. Los Agregados.

2.2.2.2.1. Procedencia del Agregado.

Pueden ser de origen natural o artificial el cual puede ser tratado o elaborado, cuyas dimensiones pertenezcan a los límites fijados en la NTP 400.037, 2002.

- Agregado natural: “Son los formados por los procesos geológicos naturales que han ocurrido en el planeta durante miles de años, y que son extraídos, seleccionados y procesados para optimizar su empleo en la producción de concreto” (Pasquel Carbajal, 1998 pág. 70).
- Agregado artificial: Proviene del tratamiento de materiales inorgánicos como; la microsílíce, la escoria de altos hornos, relaves, el concreto reciclado, etc. los cuales son reutilizados en la construcción.

2.2.2.2.2. *Granulometría del Agregado.*

Es la distribución del tamaño de las partículas de un agregado, que se determina a través del análisis de los tamices, los cuales son dos según NTP 400.012, 2001: (a) agregado fino, Es el agregado proveniente de la desagregación natural o artificial que pasa el tamiz 3/8”; (b) agregado grueso, en el agregado retenido en el tamiz N° 4 proveniente de la degradación natural o artificial de la roca.

2.2.2.2.3. *Características del Agregado.*

- 1. Peso Específico:** Es la relación, entre el peso del agregado (peso en el aire) y el volumen del mismo sin considerar los vacíos entre ellas. el procedimiento establecido para laboratorio se da según las normas ASTM C-127, ASTM C-128 y las NTP 400.021, 2002 para agregado fino, NTP 400.022, 2002 para agregado grueso.
- 2. Absorción:** Es la cantidad de agua absorbida después de ser sumergido 24 horas es este, se expresa en porcentaje, el procedimiento establecido para laboratorio se da según las normas ASTM C-127, ASTM C-128 y las NTP 400.021, 2002 para agregado fino, NTP 400.022, 2002 para agregado grueso.
- 3. Peso unitario:** “Es el resultado de dividir el peso de las partículas entre el volumen total incluyendo los vacíos” (Pasquel Carbajal, 1998 pág. 74), el procedimiento establecido para laboratorio se da según las normas ASTM C-29 y la NTP 400.017, 1999.
- 4. Porcentaje de vacíos:** “Es la medida del volumen expresada en porcentaje de los espacios entre las partículas de agregados” (Pasquel Carbajal, 1998 pág. 76) , el procedimiento establecido para laboratorio se da según las normas ASTM C-29 y la NTP 400.017, 1999.
- 5. Humedad:** “Es la cantidad de agua superficial retenida en un momento determinado por las partículas del agregado. Es una característica importante pues contribuye a

incrementar o disminuir el agua en el” (Pasquel Carbajal, 1998 pág. 77), el procedimiento establecido para laboratorio se da según las normas ASTM C-566 y la NTP 339.185, 2002.

6. Porosidad: “Es el volumen de espacios dentro de las partículas del agregado. Tiene una gran influencia en todas las propiedades de los agregados, pues es representativa de la estructura interna de las partículas” (Pasquel Carbajal, 1998 pág. 77).

2.2.2.3. El Agua.

La NTP 339.088, 2006 considera aptas para preparación y curado del concreto, aquellas aguas propiedades y contenidos de sustancias disueltas estén comprendidos dentro de los siguientes límites:

- Contenido máximo de materia orgánica, oxígeno consumido, será de 3 mg/l (3 ppm).
- Contenido de residuo insoluble no será mayor de 5 gr/l (5000 ppm).
- El pH está comprendido entre 5.5 – 8.0.
- Contenido de sulfatos, expresado en SO₄, será menor a .6 gr/l (600 ppm).
- Contenido de cloruros, expresado en Cl, será menor de 1 gr/l (1000 ppm).
- El contenido de carbonatos y bicarbonatos alcalinos (alcalinidad total) expresado en NaHCO₃, será menor de 1 gr/l (1000 ppm).

“El agua deberá estar libre de azúcares o sus derivados, sales de potasio o sodio” (Rivva López, 2008 pág. 129).

2.2.2.4. Fibra Sintética.

Las fibras sintéticas se fabrican por el hombre y son resultado de la investigación y el desarrollo de las industrias petroquímicas y textiles. Las fibras que se empleen en la fabricación de concreto deben cumplir con las especificaciones de ACI 544.1R-96 y la norma ASTM C-

2.2.3. Propiedades del Concreto.

2.2.3.1. Concreto Fresco.

2.2.3.1.1. Trabajabilidad.

“Es la facilidad que presenta el concreto fresco para ser mezclado, colocado, compactado, acabado sin segregación y exudación durante estas operaciones” (Abanto Castillo, 1997 pág. 47).

2.2.3.1.2. Consistencia.

Está definido por el grado de humedecimiento de la mezcla, depende de la cantidad de agua usada en el proceso de mezclado del concreto ver Tabla 2.2, el procedimiento establecido para cuantificar esta propiedad en laboratorio se da según las normas ASTM C-670 y la NTP 339.035, 2009.

Tabla 2.2

Clases de mezcla según asentamiento

| Consistencia | Slump | Trabajabilidad |
|---------------------|--------------|-----------------------|
| Seca | 0” – 2” | poco trabajable |
| Plástica | 3” – 4” | trabajable |
| Fluida | >5” | muy trabajable |

FUENTE: Tecnología del concreto (p. 46), Flavio Abanto Castillo, 1997.

2.2.3.1.3. Segregación.

Es una propiedad del concreto fresco, que implica la descomposición del concreto en sus partes constituyentes o lo que es lo mismo, la separación del agregado grueso del mortero (Abanto Castillo, 1997 pág. 50), generando a si capas arenosas, cangrejeras.

2.2.3.1.4. Exudación o Sangrado.

Se define como el ascenso de una parte del agua de la mezcla hacia la superficie como consecuencia de la sedimentación de los sólidos, este fenómeno se presenta momentos después de que el concreto ha sido colocado en el encofrado (Abanto Castillo, 1997 pág. 54).

2.2.3.2. Concreto Endurecido.

2.2.3.2.1. Resistencia a la Compresión.

Se toma unas muestras durante el mezclado las cuales después de ser curadas se someten a pruebas de compresión, la resistencia en compresión del concreto es la carga máxima para una unidad de área soporta por una muestra, antes de fallar por compresión (agrietamiento, rotura) (Abanto Castillo, 1997 págs. 50-51).

2.2.4. Diseño de Mezcla.

El diseño de mezcla es el proceso de selección de los ingredientes más adecuados para un mínimo de pasta, volumen de vacíos o espacios entre partículas, el cual sea más económicamente posible y cumpla con los requisitos en el estado fresco como; mezclado, transporte, colocación, compactación, acabado y estado endurecido; la resistencia a la compresión y durabilidad.

2.2.4.1. Procedimiento Básicos para el Diseño de Mezcla.

Recaudar la siguiente información:

- Condiciones Tamaño y forma de la estructura a vaciar.
- Condiciones a la que estará expuesta la estructura.
- Determine la resistencia requerida:

f'_c = resistencia a la compresión (kg/cm²)

Determine el f'_{cr} la resistencia estimada a compresión según ACI 318-99 se tiene:

$$f'_{cr} = f'_c + 1.33s \dots\dots (1)$$

$$f'_{cr} = f'_c + 2.33s - 3.5 \dots\dots (2)$$

Donde: s = desviación estándar (kg/cm²)

Se toma el mayor valor entre (1) y (2)

El f'_{cr} se toma de la Tabla 2.3 elaborada por el comité 318 del ACI, cuando no se tenga datos para la desviación estándar.

Tabla 2. 3

Resistencia estimada a la compresión requerida cuando no hay datos disponibles para una desviación estándar

| Resistencia especificada a la compresión f^c (kg/cm²) | Resistencia promedio a la compresión requerida f^{cr} (kg/cm²) |
|--|---|
| Menos de 210 kg/cm ² | $f^{cr} + 70$ |
| De 210 a 350 | $f^{cr} + 84$ |
| Mas de 350 | $f^{cr} + 98$ |

FUENTE: Adaptado de Building Code Requirements for Structural Concrete (p. 47), American Concrete Institute, ACI 318-99, 1999.

Seleccionar el tamaño máximo nominal del agregado grueso:

- El tamaño máximo nominal del agregado grueso no deberá ser mayor a:
- 1/5 de la menor dimensión entre las caras de encofrado.
- 3/4 del espacio libre mínimo entre barras o alambres individuales de refuerzo, paquetes de barras, torones o ductos de presfuerzo.
- 1/3 del peralte de la losa
- Muchas veces la selección del tamaño máximo del agredo está en función de la disponibilidad del material y por su costo.

Selección del asentamiento:

- Si el asentamiento no es especificado entonces se puede tomar un valor apropiado de asentamiento para el tipo de construcción de la Tabla 2.4 elaborada por el comité 211 del ACI.

Tabla 2. 4

Slump recomendado según el tipo de construcción

| Tipo de Construcción | Slump | |
|--|---------------|---------------|
| | Máximo | Mínimo |
| Muros y zapatas de cimientos reforzados | 3 | 1 |
| Pies simples, cajones y paredes de subestructura | 3 | 1 |
| Vigas y paredes reforzadas | 4 | 1 |
| Columnas de construcción | 4 | 1 |
| Pavimentos y losas | 3 | 1 |
| Hormigón en masa | 2 | 1 |

FUENTE: Adaptado de Estándar Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete (p. 7), American Concrete Institute, ACI 211.1-93, Reapproved 2002.

Determinación del volumen de agua:

- La cantidad de agua por volumen unitario de concreto que se requiere se encuentra relacionada con: el slump requerido, la forma de los agregados, tamaño máximo del agregado y la cantidad de aire atrapado o incorporado. La Tabla 2.5 es una adaptación de la elaborada por el comité 211 del ACI. Proporciona estimaciones de agua requerida en la mezcla en función del tamaño máximo de agregado, del slump.

Tabla 2. 5

Agua de mezclado en función de tamaño máximo y el slum

| | SLUMP | | Tamaño Máximo Nominal | | | | | | | |
|---------------------------------|---------|----|-----------------------|------|------|-----|--------|-----|-----|-----|
| | (pulg.) | | 3/8" | 1/2" | 3/4" | 1" | 1 1/2" | 2" | 3" | 6" |
| SIN AIRE INCORPORADO | 1" | 2" | 205 | 200 | 296 | 180 | 160 | 155 | 145 | 125 |
| | 3 | 4" | 225 | 215 | 200 | 195 | 175 | 170 | 160 | 140 |
| | 6" | 7" | 240 | 230 | 210 | 205 | 185 | 180 | 170 | 0 |
| CON AIRE INCORPORADO | 1" | 2" | 180 | 175 | 135 | 160 | 145 | 140 | 135 | 120 |
| | 3" | 4" | 200 | 190 | 180 | 175 | 160 | 155 | 150 | 135 |
| | 6" | 7" | 215 | 205 | 190 | 185 | 170 | 165 | 160 | 0 |

FUENTE: Adaptado de Estándar Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete (p. 8), American Concrete Institute, ACI 211.1-93, Reapproved 2002.

Determinación del contenido de aire:

- El contenido de aire está en función del tamaño máximo nominal del agregado grueso., la Tabla 2.6 elaborada por el comité 211 del ACI. Proporciona el porcentaje aproximado de contenido de aire atrapado en la mezcla de concreto.

Tabla 2. 6

Contenido de aire atrapado según tamaño máximo nominal

| Tamaño Máximo Nominal | Sin Aire Incorporado | Con Aire Incorporado |
|-----------------------|----------------------|----------------------|
| 3/8" | 3.00% | 8.00% |
| 1/2" | 2.50% | 7.00% |
| 3/4" | 2.00% | 6.00% |
| 1" | 1.50% | 5.00% |
| 1 1/2" | 1.00% | 4.50% |
| 2" | 0.50% | 4.00% |
| 3" | 0.30% | 3.50% |
| 6" | 0.20% | 3.00% |

FUENTE: Adaptado de Estándar Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete (p. 8), American Concrete Institute, ACI 211.1-93, Reapproved 2002.

Seleccionar la relación agua/cemento:

- La relación agua cemento se determina por el requisito de resistencia de la estructura, también influye la durabilidad y trabajabilidad deseada, la Tabla 2.7 es una adaptación de la elaborada por el comité 211 del ACI. Proporciona el porcentaje aproximado de contenido de aire atrapado en la mezcla de concreto.

Tabla 2. 7

Relación agua/cemento por resistencia

| f'cr | Sin Aire Incorporado | Con Aire Incorporado |
|-------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 450 | 0.38 | - |
| 400 | 0.43 | - |
| 350 | 0.48 | 0.4 |
| 300 | 0.55 | 0.46 |
| 250 | 0.62 | 0.53 |
| 200 | 0.7 | 0.6 |
| 150 | 0.8 | 0.71 |

FUENTE: Adaptado de Estándar Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete (p. 9), American Concrete Institute, ACI 211.1-93, Reapproved 2002.

Calculo de contenido de cemento:

Se obtiene dividiendo los valores obtenidos en el proceso de determinación del volumen de agua y relación agua/cemento.

Calculo de lo peso de los agregados:

- Este se encuentra en función del método usado a diseñar.
- Proponer el diseño de mezcla en condición estático (secas).

Corrección por humedad del diseño de mezcla:

- Para corregir el diseño de mezcla debemos de tomar en cuenta la Humedad de los agregados (estado de los agregados) por que contienen agua en su interior y superficialmente. Esta agua se tiene que disminuir en el momento de mezclado.
- Proponer el diseño de mezcla dinámico (húmedo)

2.2.5. Concreto Reforzado con Fibra (CRF)

2.2.5.1. Historia del Concreto Reforzado con Fibra

“Desde la antigüedad, las fibras se han utilizado para reforzar los materiales frágiles. La paja se usó para reforzar los ladrillos cocidos al sol, y se utilizó crin de caballo para reforzar el mortero de albañilería y el yeso. Una casa de pueblo construida alrededor de 1540, que se cree que es la casa más antigua de los Estados Unidos, está construida de adobe cocido por el sol reforzado con paja” (Committee ACI 544.1R-96, 2002 pág. 2).

En el siglo XX el interés por las fibras sintéticas como componente de los materiales de construcción se informó por primera vez en 1965. La Sección de Investigación y Desarrollo del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los EE. UU. usaron fibras sintéticas de monofilamento en estructuras para ver su resistencia a la explosión.

2.2.5.2. Definición del Concreto Reforzado con Fibra (CRF)

Concreto convencional (matriz) al que se le añade fibra de diversos materiales (acero, plástico, nylon, etc.) con objeto de crear una estructura interior que pueda resistir más tracción que en un concreto normal (Pasquel Carbajal, 1998 pág. 217).

Debido a la flexibilidad en los métodos de fabricación, el hormigón reforzado con fibra es un material de construcción económico y útil. Sin embargo, se ha demostrado que las fibras sintéticas son efectivas en la vida temprana del compuesto cuando la matriz es débil, frágil y de baja resistencia.

2.2.5.3. CLASIFICACIÓN DE FIBRAS

Se clasifican en cuatro según su material: (a) fibras de vidrio, (b) metálica, (c) naturales, y (c) sintéticas.

“Las fibras sintéticas son naturales o fibras artificiales resultantes de la investigación y el desarrollo en las industrias petroquímica y textil. Los tipos de fibras sintéticas que se han

probado en las matrices de cemento portland son: acrílico, aramida, carbono, nylon, poliéster, polietileno y polipropileno” (ACI 544.1R-96, 2002 pág. 39).

2.2.5.3.1. Emisión de Sustancias Peligrosas.

Los materiales utilizados en los productos no deben liberar ninguna sustancia peligrosa por encima de los valores máximos permitidos en la correspondiente norma (UNE-EN 14889-2, 2008) y la directiva (Directiva 88/379/CEE, 1988).

2.2.5.3.1. Durabilidad de la Fibra.

“El tiempo de vida se refiere al concreto que incorpora la fibra” (UNE-EN 14889-2, 2008 pág. 17)

2.2.5.3.2. Clasificación de Fibras Según su Funcionalidad.

Ver Figura 2.2, según su funcionalidad son usadas para contrarrestar fisuras estado plástico y endurecido se clasifican en dos: (a) microfibras, estas fibras están destinadas a evitar la fisuración del concreto en estado fresco o antes de las 24 horas. Las más frecuentes son las fibras en polipropileno. Estas fibras tienen diámetros entre 0.023 mm a 0.050 mm, las microfibras al tener diámetros tan pequeños se califican con un parámetro denominado Denier. Denier es el peso en gramos de 9000 metros de una sola fibra (Ver Figura 2.3); (b) macrofibras, estas fibras están destinadas a prevenir la fisuración en estado endurecido, reducir el ancho de la fisura si ésta se presenta y a permitir el adecuado funcionamiento de la estructura fisurada. Las macrofibras más usadas son las sintéticas y las metálicas cuyos diámetros varían entre 0.05 mm a 2.00 mm, la relación de su esbeltez (L/d) de las macrofibras varía entre 20 a 100.

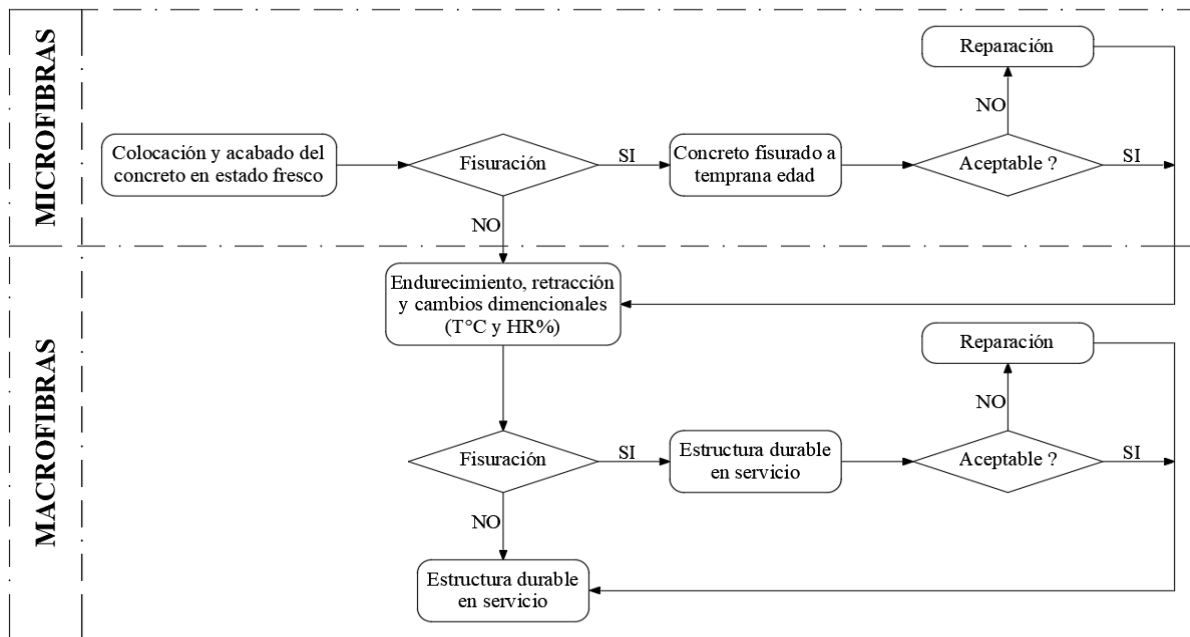


Figura 2. 2 Funcionalidad de las microfibras y macrofibras
 Nota: T°C = temperatura de concreto y HR% = humedad relativa.

2.2.5.3.2. Tipos de Fibras de Polipropileno.

Se encuentran dos tipos de fibra de polipropileno: (a) la fibra monofilamento, (Figura 2.3) se producen de un proceso de extrusión en el que el material se extrae en caliente a través de una disco de sección transversal circular, generando una serie de filamentos continuos (Committee ACI 544.1R-96, 2002 pág. 42); (b) la fibra multifilamento o fibriladas, (Figura 2.4) ”se producen de un proceso de extrusión en la que el material se extrae en caliente a través de un disco de sección transversal rectangular. Generando película de polipropileno que se cortan longitudinalmente en cintas de igual ancho, la cinta se fibrila mecánicamente o se fibrila con una rueda de púas estampada generando las redes de fibrillas principales y transversales” (Committee ACI 544.1R-96, 2002 pág. 42).

Las fibras de polipropileno que se utilizara en la investigación es la fibra de monofilamento o forma fibrilada.



Figura 2. 3 Fibra monofilamento



Figura 2. 4 Fibra multifilamento

2.2.5.3.3. *Parámetros de Fibras.*

La clasificación de tamaño y peso de las fibras utilizadas en la matriz utiliza la terminología de la industria textil. Un ejemplo es el uso del término denier (define como el peso en gramos de 9000 metros de fibra), para determinar el denier se usa un solo filamento de la fibra, por lo tanto, el denier es la medición de la finura de la fibra. El denier es una medida de la finura de la fibra y puede correlacionarse con un diámetro de fibra equivalente o un área de sección transversal de fibra equivalente. La Figura 2.5 es un gráfico de la relación entre el tipo de fibra, tal como se define por el denier y el diámetro de fibra equivalente en pulgadas o milímetros. Para determinar el diámetro de fibra equivalente, d , antes o después de la mezcla, para una fibra de peso específico conocido, aplique la ecuación siguiente (Committee ACI 544.1R-96, 2002 pág. 53):

$$d = f \left[\frac{D}{SG} \right]^{1/2}$$

Dónde:

$f = .0120$ para d en mm.

$f = 0.0005$ para d en pulgadas.

$D =$ pre-mezcla o correo-fibra de mezcla denier.

$SG =$ Fibra gravedad concreta.

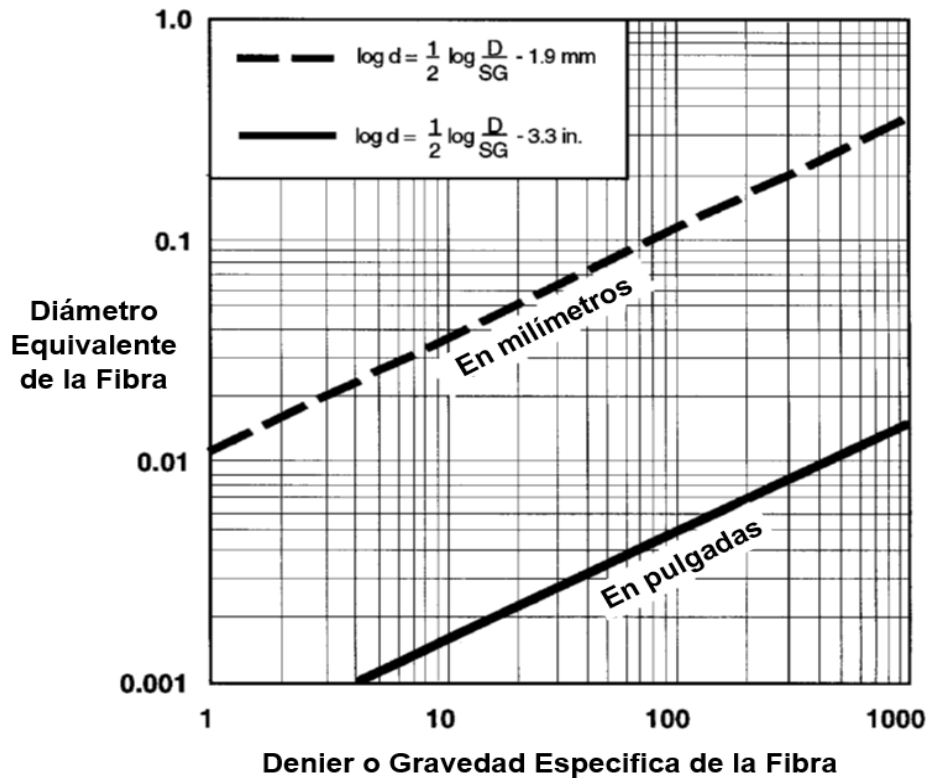


Figura 2. 5 Relación entre el denier y el diámetro de la fibra

FUENTE: Adaptado de State of the Arte Reporto on Fiber Reinforced Concrete (p. 53), American Concrete Institute, ACI 544.1R-96, Reapproved 2002.

Con estas ecuaciones, las fibras sintéticas pueden ser comparadas con otros tipos de fibra por su esbeltez:

$$Esbeltez = \frac{L}{d}$$

Dónde:

L = es la longitud de fibra.

d = es el diámetro de fibra.

2.2.5.3.4. Usos y Prohibiciones.

Las fibras de polipropileno se pueden usar para:

- En el control del agrietamiento de la matriz, el cual es el resultado del encogimiento por secado (tensión intrínseca).
- Aplicar un método más económico y eficiente que el de la malla de alambre, para proveer estabilidad dimensional para refuerzo secundario (acero de temperatura).
- Una reducir la permeabilidad del concreto.

- Mayor resistencia al desprendimiento e impacto en el concreto.
- En áreas que requieren material antialcalino y resistente a los procesos químicos.
- Es prohibido usar fibras de polipropileno para:
- El adelgazamiento de secciones de capas unidas o sin unir.
- Desarrollar una resistencia mayor.
- Reducir la altura de un elemento estructural (columnas o viga).
- Reponer un acero de construcción (momento flector).
- Eliminar las juntas de control.

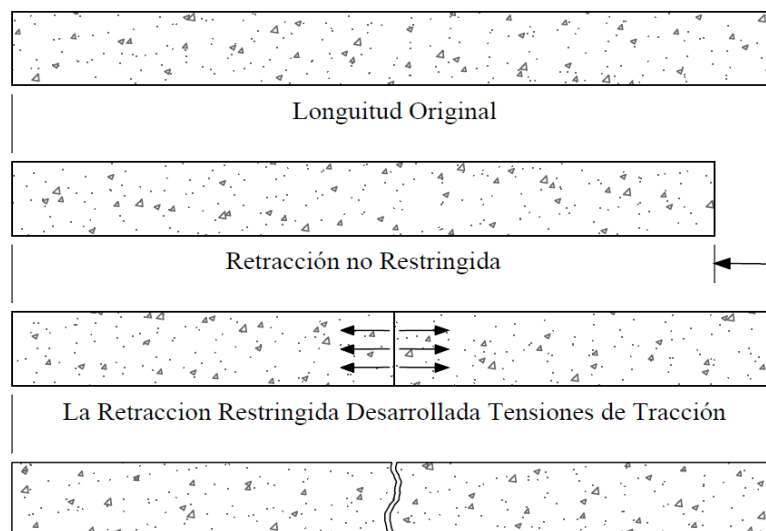
2.2.5.3.5. Aplicaciones.

- Concreto lanzado: El uso de las fibras de polipropileno en este tipo de proyectos se obtiene un rendimiento mayor debido a la reducción del rebote y agrietamiento.
- Plantas para tratamiento de aguas: Consultores norteamericanos han especificado fibras de polipropileno para reducir la contracción plástica y la permeabilidad, protegiendo así las barras de la corrosión.
- Concreto bombeado: Gracias a las fibras de polipropileno el bombeo es estable y no requiere de incrementos de presión, ayudan a que el concreto sea más cohesivo y previene la segregación.
- Pistas y rampas: La fibra de polipropileno brinda mayor resistencia a la acción del combustible derramado por dar menor permeabilidad y mayor resistencia al desprendimiento generadas por las cargas de impacto.
- Colocado de grandes volúmenes de concreto: En los llamados concretos masivos, al ocurrir la hidratación del cemento se genera altas temperaturas, el concreto tiende a agrietarse. Generalmente se diseña con grandes cantidades de fibras para controlar el agrietamiento.

2.2.6. Deformación del Concreto.

2.2.6.1. Retracción Plástica.

“Retracción plástica causada por una evaporación excesiva debida a las condiciones ambientales prevalentes mientras el hormigón se encuentra en estado fresco o plástico. Como se ilustra en la Figura 2.6 la tensión de tracción inducida por la restricción de la retracción por secado se reduce con el tiempo debido a la fluencia lenta o a la relajación de la tensión. Sin embargo, el beneficio de la fluencia lenta disminuye con la edad, de manera que la tendencia a la fisuración aumenta con el transcurso del tiempo” (Comité ACI 224R-01, 2001 pág. 12).



Si la Tensión de Tracción es Mayor que la Resistencia a la Tracción, el Concreto se Fisura

Figura 2. 6 Fisura del hormigón generada por la retracción plástica
FUENTE: Control de la Fisuración en Estructuras de Hormigón (p. 13), American Concrete Institute, ACI 224R-01, 2001.

2.2.7. Fisuración Del Concreto.

2.2.7.1. Fisuración.

2.2.7.1.1. Clasificación.

El control de la fisuración es muy importante a fin de determinar su evolución en el tiempo. Para ello las clasificamos con respecto a una edificación:

- Microfisuras: Presentan un $e < 0.05$ mm, carecen de importancia.

- Fisuras: Se presentan entre $0.1 < e < 0.2$ mm, son poco peligrosas, salvo en ambientes agresivos, en los que pueden favorecer a la corrosión.
- Macrofisuras: Se presentan entre $0.2 < e < 0.4$ mm, estas son las fisuraciones que pueden, tener repercusiones estructurales de importancia.
- Grietas: Se presentan entre $0.4 < e < 1.0$ mm, existe reducción en la capacidad sismo resistente. Debe desocuparse el edificio, proceder a una rehabilitación temporal.
- Fracturas: $1.0 < e < 5.0$ mm, Existe una reducción importante en la capacidad sismo resistente. Deberá procederse a una evaluación definitiva urgente, para determinar si se procede a la demolición.

La Tabla 2.8 presenta una guía general para lo que se podría considerar como anchos de fisura razonables en la cara traccionada de las estructuras de hormigón armado para condiciones típicas.

Tabla 2. 8

Anchos de fisura razonables, hormigón armado bajo cargas de servicio

| Condición de Exposición | Ancho de Fisura | |
|---|-----------------|------|
| | in | mm |
| Aire seco o membrana protectora | 0.013 | 0.41 |
| Humedad, aire húmedo, suelo | 0.012 | 0.30 |
| Productos químicos descongelantes | 0.007 | 0.18 |
| Agua de mar y rocío de agua de mar, humedecimiento y secado | 0.006 | 0.15 |
| Estructuras para retención de agua† | 0.004 | 0.10 |

* Es de esperar que una parte de las fisuras de la estructura superarán estos valores. Con el tiempo, el porcentaje de fisuras que superan estos valores puede ser significativo. Estos son lineamientos generales para el diseño, que se deben utilizar juntamente con un sólido juicio profesional.

† Excluyendo tuberías sin presión.

FUENTE: Control de la Fisuración en Estructuras de Hormigón (p. 24), American Concrete Institute, ACI 224R-01,2001.

2.2.7.1.2. Fisuras en el Concreto.

Las fisuras se producen en el concreto siempre que la tensión (tracción), a la que se encuentra sometido el concreto, sobre pasa su resistencia última, en la Figura 2.7 se muestran las fisuras del concreto en su estado plástico y endurecido.

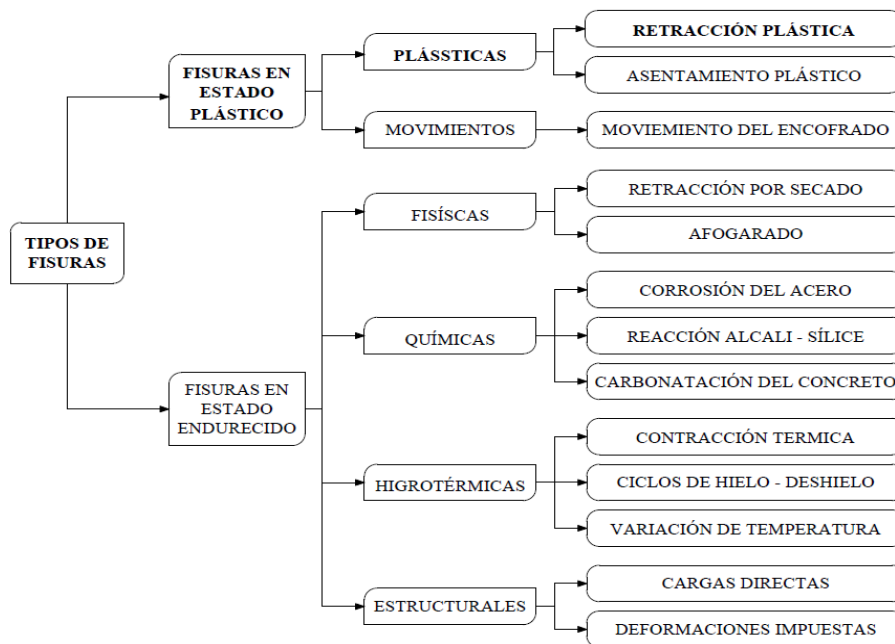


Figura 2. 7 Tipos de fisura en el concreto

2.2.7.1.3. Fisuración por Retracción Plástica.

“La fisuración por retracción plástica Figura 2.8 ocurre cuando está sujeto a una pérdida de humedad muy rápida provocada por una combinación de factores climáticos las temperaturas del aire, temperatura del hormigón, la humedad relativa y la velocidad del viento. Estos factores pueden combinarse de manera de provocar niveles altos de evaporación superficial tanto en clima caluroso como en clima frío” (Comité ACI 224.1R-93, 1993 pág. 2).



Figura 2. 8 Fisura generada por retracción plástica en losa aligerada $f'c=245$ kg/cm².

CAPÍTULO III

3. Metodología

3.1. Métodos y Alcance de la Investigación

3.1.1. Según su Aplicación

La presente es una investigación aplicada; por que realizara el uso de los conocimientos adquiridos en las prácticas diarias, las cuales serán complementadas con los descubrimientos y avances de la investigación básica, llegando a si a solución del problema planteado.

3.1.2. Según su Fin

La presente es una investigación explicativa; ya que busca determinar los porqués de los fenómenos por medio de la determinación de relaciones de causa-efecto.

Esta investigación se concentra en estudiar las causas o los efectos de un determinado hecho por medio de pruebas se logrará explicar el significado de un aspecto de la realidad a partir de teorías que se toman como referencia.

3.2. Diseño de la Investigación

“El diseño para la investigación es experimental; “tiene al menos dos acepciones, una general y otra particular. La general se refiere a elegir o realizar una acción y después observar las consecuencias” (Hernández Sampieri, y otros, 2010 pág. 121).

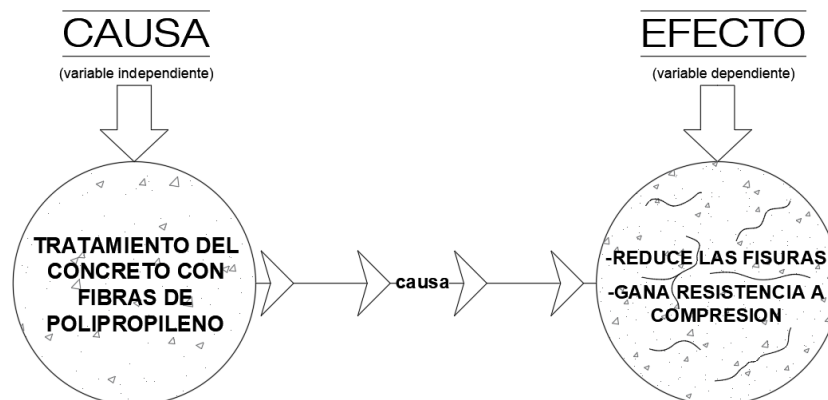


Figura 3. 1 Esquema de causa efecto con una variable

Para el cual se generará un diseño de mezcla patrón y tres diseños de mezcla con distintas dosis de fibras sintéticas de polipropileno los cuales recibirán el tratamiento experimental, la manipulación de las variables independientes solo alcanza dos acepciones: la presencia y la ausencia de fibra, en ambos grupos se les administrara una medición con respecto a la variable dependiente que se está estudiando.

Tabla 3. 1

Diseño de posprueba para un patrón y varias combinaciones

| GRUPO | | VARIABLE INDEPENDIENTE | | POSPRUEBA | |
|-----------------------|------------------------------|------------------------|--|-----------------------|-------------------------|
| CP | Concreto Patrón | -- | Sin Fibra | Pp | |
| CE₁ | Concreto Reforzado con Fibra | X₁ | Dosis de Fibra de Polipropileno 400 gr/m ³ | Pp₁ | Fisuras por Retracción |
| CE₂ | Concreto Reforzado con Fibra | X₂ | Dosis de Fibra de Polipropileno 700 gr/m ³ | Pp₂ | Plástica en el concreto |
| CE₃ | Concreto Reforzado con Fibra | X₃ | Dosis de Fibra de Polipropileno 1200 gr/m ³ | Pp₃ | |

Para la ejecución del diseño de investigación se modela de la siguiente manera: (Ver Tabla 3.1) Concreto patrón (C.P.), es el diseño de mezcla por el método de agregado global que se usara en las losas aligeradas con resistencias de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ y $f'c=245\text{kg/cm}^2$ a los 28 días de edad; Concreto experimental (C.E.), representa tres dosificaciones de fibras (400 gr/m³, 700 gr/m³ y 1200 gr/m³) para cada resistencia requerida; Uso de variables (X ó --), se realiza al adicionar de fibra, no se le añade dosis distintas de fibra de polipropileno 400 gr/m³, 700 gr/m³ y 1200 gr/m³ en cada concreto respectivamente; Posprueba (Pp), se evalúa la presencia de fisuras por retracción plástica tanto en el concreto patrón como en el concreto experimental.

3.3. Población y Muestra

3.3.1. Población.

Esta investigación tiene como población los elementos de concreto armado de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ y $f'c=245\text{kg/cm}^2$ de la ciudad de Huancayo.

3.3.2. Muestra.

Esta investigación presenta como muestra las losas aligeradas en la ciudad de Huancayo, distrito de Pilcomayo, esta es una muestra no probabilística y direccionada. La elección de la muestra no depende de la probabilidad sino de las características que poseen y que interesan en la investigación.

3.4. Instrumentos de Recolección de Datos.

Los instrumentos cuantitativos utilizados para la toma de datos en la ejecución de esta investigación son:

- Normas NTP y ASTM, en la cual encontramos los procedimientos para realizar los distintos ensayos del concreto en estado fresco y endurecido.
- Formato de control de características y propiedades de los materiales usados.
- Formatos de control de slump, temperatura, tiempo de fragua, contenido de aire, exudación, peso unitario y rendimiento.
- Formato de control de registro de fisuración.
- Formato de control de ancho y longitud de fisuras.
- Formato de control de Resistencia compresión.
- Mini estación meteorológica calibrada.
- Instrumentos; comparativa de grietas (ACI), regla milimetrada, lupas entre otros.

3.5. Procedimiento de la Investigación

3.5.1. Selección de los Materiales.

3.5.1.1. Cemento.

La elección del cemento es importante para la obtención de un buen concreto durable. Para la ejecución de la investigación se utilizó el Cemento Portland Puzolanico de la marca

Andino (Cemento Andino IP) el cual nos brinda un menor costo, un bajo calor de hidratación y es mas permeable por la presencia de la puzolana en comparación del cemento convencional tipo I (Cemento Andino I).

3.5.1.2. Agregados.

3.5.1.2.1. Agregado Grueso.

Para elaborar un concreto durable el cual es utilizado en la gran parte de elementos estructurales se requiere indispensablemente del empleo de un agregado grueso angular (piedra chancada o triturada), generando a si una mejora adherencia de la pasta de cemento con este en comparación de agregados redondeados.

El agregado grueso utilizado en la ejecución de la investigación será proporcionado por una planta chancadora localizada en el distrito de Pilcomayo.

3.5.1.2.2. Agregado Fino.

El agregado fino que se utilizó para la ejecución de la investigación será extraído del rio Cunas, ubicado en el distrito de Pilcomayo.

3.5.1.3. Agua.

El agua que se utilizó tanto para el mezclado y curado de concreto en esta investigación será agua de grifo brindada por la empresa Sedam Huancayo en el distrito de Pilcomayo, el cual cumple con los requisitos según la NTP 339.088.

3.5.1.4. Fibra de Polipropileno.

La fibra de polipropileno que se utilizó en la ejecución de esta investigación es “SikaCem®-1 Fiber” por su disponibilidad y costo en la ciudad de Huancayo, esta fibra presenta diversas longitudes de la cual utilizaremos la de longitud de 20mm, este se dispersara homogéneamente en toda la losa aligerada que cuenta con una losa de espesor 5 cm y viguetas

de 10 x 15 cm, esta fibra cuenta con una absorción de agua del 2% el cual ayudara a la perdida de agua que se genera en el interior del concreto. Está fibra es fabricada por la empresa Sika Perú S.A. y distribuida en los diversos centros comerciales de Huancayo.

3.5.2. Caracterización y Propiedades de los Materiales.

3.5.2.1. Agregados.

3.5.2.1.1. Extracción y Preparación de la Muestra.

Referencias Normativas:

- NTP 400.010, 2001 AGREGADOS. Extracción y preparación de las muestras.
- ASTM D75 Practice for Sampling Aggregates.

EL muestreo del agregado grueso, fino y global para esta investigación se realizará de la fuente potencial de abastecimiento con un respectivo control de operaciones en el sitio obteniendo como resultado la aprobación o rechazo del material.

Los agregados tanto grueso, fino y global se encuentran en vetas los cuales son procesados en plantas chancadoras generando tipos de muestreo:

- **Muestreo de descarga de depósitos o cintas:** se obtendrá por lo menos 3 muestras iguales, seleccionados al azar del material que está siendo descargado y combinarlos para formar una muestra cuya masa iguale o exceda lo mínimo recomendado en la Tabla N° 3.1 evitar tomar la muestra al inicio y final de la descarga.
- **Muestreo de depósitos o unidades de transporte:** se tomarán muestras en diversos lugares del material depositado para obtener un muestreo representativo el cual cumplirá con peso mínimo recomendado (Tabla 3.2) del material depositado o transportado.

Tabla 3. 2

Medidas de las muestras.

| Tamaño Máximo Nominal del Agregado ^A | Masa Mínima Aproximada para la Muestra de Campo kg ^B |
|---|---|
| Agregado fino | |
| 2.36 mm | 10 |
| 4.76 mm | 10 |
| Agregado grueso | |
| 9.5 mm | 10 |
| 12.5 mm | 15 |
| 19.0 mm | 25 |
| 25.0 mm | 50 |
| 37.5 mm | 75 |
| 50.00 mm | 100 |
| 63.00 mm | 125 |
| 75.00 mm | 150 |
| 90.00 mm | 175 |

^A Para agregado procesado, el tamaño máximo nominal es la menor malla donde se produce el primer retenido.

^B Para agregado global (por ejemplo, base o sub-base) la masa mínima requerida será la mínima del agregado grueso más 10 kg.

FUENTE: NTP 400.010, 2001.



Figura 3. 2 Cantera de agregado grueso (piedra chancada, pilcomayo rio mantaro)



Figura 3. 3 Cantera de agregado fino (arena de rio, pilcomayo rio cunas)

3.5.2.1.2. Reducción de la Muestra a Tamaño de Ensayo.

Referencias Normativas

- NTP 400.043, 2006 AGREGADOS. Practica normalizada para reducir la muestra de agregados a tamaño de ensayo.
- ASTM C702/C702M-11 Standard Practice for Reducing Samples of Aggregate to Testing Size.

- **Cuarteo:** Coloque la muestra de agregado grueso o fino sobre una superficie dura, limpia y nivelada donde no habrá pérdida de material ni adición accidental de material extraño. Mezcle bien el material girando toda la muestra más de tres veces. Con el último giro, ponga la muestra completa en una pila cónica depositando cada paleta sobre la anterior. Presione con cuidado la pila cónica, forme una circunferencia y espesor uniformes de material. Divida la masa aplanada en cuatro cuartos iguales con una pala y quite dos cuartos diagonalmente opuestos, incluido todo el material fino, mezcle sucesivamente el material restante hasta que obtenga la muestra deseada ver Figura 3.2.



Figura 3. 4 Reducción de la Muestra a Tamaño de Ensayo.

3.5.2.1.3. Contenido de Humedad.

Referencias Normativas

- NTP 339.185, 2002 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.
- ASTM C566-1997 Standard Test Method for total evaporable moisture contenido of aggregates by drying.

Se obtendrá una muestra representativa mayor a la de la Tabla 3.3 por cuarteo del material a analizar e identificará y tomará el peso de un recipiente (tara) para luego pesará la muestra húmeda más el recipiente que la contiene, coloque la tara con la muestra en el horno a una temperatura constante de 110° C, por un periodo de 20 horas.

Retire la muestra del horno y déjela enfriar hasta que se alcance la temperatura ambiente, pese la muestra seca más el recipiente y calcule el contenido de humedad en porcentaje:

$$\% \text{ de Humedad} = \frac{\text{Peso de Muestra Húmeda} - \text{Peso de Muestra Seca}}{\text{Peso de Muestra Seca}} \times 100$$

Tabla 3. 3

Tamaño de la muestra de agregado.

| Tamaño máximo nominal del agregado mm (pulg) | Masa mínima de la muestra de agregado de peso normal en Kg |
|---|---|
| 4.75 (N° 4) | 0.5 |
| 9.5 (3/8 ") | 1.5 |
| 12.5 (1/2 ") | 2.0 |
| 19.0 (3/4 ") | 3.0 |
| 25.0 (1 ") | 4.0 |
| 37.5 (1 1/2 ") | 6.0 |
| 50.00 (2 ") | 8.0 |
| 63.00 (2 1/2 ") | 10.0 |
| 75.00 (3 ") | 13.0 |
| 90.00 (3 1/2 ") | 16.0 |
| 100.00 (4 ") | 25.0 |
| 150.00 (6 ") | 50.0 |

Fuente: NTP 339.185, 2002 AGREGADOS.

Los resultados obtenidos en el ensayo de humedad para los agregados fino y grueso según la NTP 339.185, 2002, se muestran en la Tabla 3.4.

Tabla 3. 4

Contenido de humedad agregado fino y grueso resultados

| Muestra | Agregado Grueso (piedra chancada) | Agregado Fino (arena) |
|----------------|--|------------------------------|
| M – 01 | 0.40 | 0.60 |
| M – 02 | 0.50 | 0.70 |
| M – 03 | 0.30 | 0.50 |
| Promedio | 0.40 | 0.60 |

Nota: Revisar el Anexo A-1 se detalla el ensayo.



Figura 3. 5 Ensayo de contenido de humedad del agregado grueso y fino

3.5.2.1.4. *Peso Específico y Absorción del Agregado Fino (Arena).*

Referencias Normativas

- NTP 400.022, 2002. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción de agregado Fino.
- ASTM C128-1997 Standard Test Method for specific gravity and absorption of Fine Aggregates.

Se obtendrá una muestra representativa por cuarteo del material fino con un peso de aproximado de 1500 gr el cual será colocado en un recipiente o depósito adecuado cubriéndola con agua y dejándola reposar por 24 ± 4 horas, después de estar 24 ± 4 horas en el agua, la muestra se tiende sobre una superficie plana, expuesta a una suave corriente de aire, revolviéndolo frecuentemente para conseguir que seque uniformemente. Esta operación continuará hasta que el agregado fino fluya libremente sin adherirse entre sí las partículas, una vez lograda la fluidez del agregado fino coloque en el molde cónico, aplíquelo 25 golpes con el pisón sobre la superficie, levantando el molde verticalmente y dejándolo caer si existe presencia de humedad superficial, el cono de agregado fino conservará su forma, se seguirá secando con mezclados constantes y haciendo la prueba nuevamente a intervalos regulares,

hasta que el cono del agregado fino se desmorone al levantar el cono, esto indicara que el agregado fino ha llegado a la condición de saturada superficialmente seca (SSS).

Seguidamente pese 500 gr de arena en la condición SSS, llenar al frasco con un volumen de agua determinado (V), agregar los 500 gr de agregado fino en la condición de SSS en el frasco volumétrico, dejar reposar por cinco min, elimine el aire atrapado agitando el frasco volumétrico, después de eliminar el aire atrapado, apuntar la variación de el volumen de agua causado por la adición del agregado fino (Va).

Retire el agua y la arena contenida en el frasco, depositándolo en una tara, colocándola en el horno a temperatura de 110 ± 5 °C por un periodo de 24 horas. En este tiempo se considera que el agregado fino pierde toda el agua, inclusive la que se encuentra en los poros permeables, transcurrido este tiempo, retire la tara del horno, refresque la muestra hasta alcanzar la temperatura ambiente y pese la muestra a si se determinara su peso seco (Wo). El cálculo del peso específico se realizará con las siguiente formula:

$$\text{Peso Especifico} = \frac{W_o}{V - V_a}$$

Para calcular el porcentaje de absorción del agregado fino:

$$\text{Absorción \%} = [(500 - W_o)/W_o] \times 100$$

Los resultados obtenidos en el ensayo de peso específico y absorción del agregado fino según la NTP 400.022, 2002 se muestran en la Tabla 3.5.

Tabla 3. 5
Contenido de humedad agregado fino y grueso resultados

| Muestra | Agregado Grueso (piedra chancada) | Agregado Fino (arena) |
|----------|--------------------------------------|--------------------------|
| M – 01 | 0.40 | 0.60 |
| M – 02 | 0.50 | 0.70 |
| M – 03 | 0.30 | 0.50 |
| Promedio | 0.40 | 0.60 |

Nota: Revisar el Anexo A-1 se detalla el ensayo



Figura 3. 6 Ensayo de peso específico y absorción de agregado fino

3.5.2.1.5. *Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso (Grava).*

Referencias Normativas:

- NTP 400.021, 2002. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción de agregado grueso.
- ASTM C127-1988 Standard Test Method for specific gravity and absorption of Coarse Aggregates (reaprobate en 1993).

Se obtendrá una muestra representativa por cuarteo del material grueso con un peso mínimo determinado en la Tabla 3.6 el cual será colocado en un depósito adecuado cubriéndolo con agua y dejándola reposar por 24 ± 4 horas, después de estar 24 ± 4 horas en el agua remover

la muestra del agua y secar las partículas con un paño hasta hacer desaparecer toda película de agua visible. Se determinará el peso de la muestra saturada superficialmente seca (B) de inmediato se coloca la muestra superficialmente seca en la cesta de alambre y se determinará su peso de la muestra superficialmente seca dentro del agua (C). Finalmente llevar la muestra al horno a una temperatura de $100^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ por un periodo de 24 horas, en este tiempo se considera que el agregado grueso pierde toda el agua, inclusive la que se encuentra en los poros internos, transcurrido este tiempo, retire la muestra del horno, refresque la muestra hasta alcanzar la temperatura ambiente y pese la muestra a si se determinara su peso seco (A), el calcule del peso específico se realizara con las siguiente formula:

$$\text{Peso Especifico} = \frac{A}{B - C}$$

Para calcular el porcentaje de absorción del agregado fino:

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

Tabla 3. 6
Peso mínimo de ensayo.

| Tamaño máximo nominal del agregado mm (pulg) | Masa mínima de la muestra de agregado de peso normal en Kg (Lb) |
|---|--|
| 12.5 (1/2 ") o menos | 2.0 (4.4) |
| 19.0 (3/4 ") | 3.0 (6.6) |
| 25.0 (1 ") | 4.0 (8.8) |
| 37.5 (1 1/2 ") | 5.0(11) |
| 50.00 (2 ") | 8.0 (18} |
| 63.00 (2 1/2 ") | 12.0 (26) |
| 75.00 (3 ") | 18.0 (40) |
| 90.00 (3 1/2 ") | 25.0 (55} |
| 100.00 (4 ") | 40.0 (88} |
| 112.0 (4 1/2 ") | 50.0 (110) |
| 125.00 (5 ") | 75.0 (165) |
| 150.00 (6 ") | 125.0 (276) |

Fuente: NTP 400.021, 2002. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para Peso específico y Absorción de agregado grueso.

Los resultados obtenidos en el ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso según la NTP 400.021, 2002 se muestran en la Tabla 3.7.

Tabla 3. 7

Peso específico y absorción del agregado grueso

| Muestra | Peso Específico de Masa | Absorción de Agua |
|----------------|--------------------------------|--------------------------|
| M – 01 | 2.73 | 1.01 |
| M – 02 | 2.68 | 1.01 |
| M – 03 | 2.70 | 0.81 |
| Promedio | 2.70 | 0.94 |

Nota: Revisar el Anexo A-1 se detalla el ensayo



Figura 3. 7 Ensayo de peso específico y absorción de agregado grueso

3.5.2.1.6. *Peso Unitario del Agregado.*

Referencias Normativas:

- *NTP 400.017, 1999 AGREGADOS. Método de ensayo para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("peso unitario") y los vacíos en los agregados.*
- *ASTM C29/C29M-1991 Standard Test Method for Unit Weight and Voids in Aggregate.*
- **Peso Unitario Compactado (PUC):** Para el cálculo del PUC existen dos procedimientos; el de percusión para agregados con tamaño máximo nominal entre 1 ½ pulg a 6 pulg y el de apisonamiento para agregados que tengan un tamaño máximo nominal de 1 ½ pulg o menos, es el que usaremos en esta investigación.

Se obtendrá una muestra representativa por cuarteo del agregado fino o grueso, la muestra debe estar previamente seca (secada al horno), pese el recipiente adecuado

según tamaño de agregado y anote su peso, deposite el material en el recipiente, en tres capas procurando efectuar esta operación con ayuda de un cucharón utilizando una altura constante sobre la parte superior del molde, que no exceda de cinco centímetros, primero se deposita material hasta un tercio de capacidad del recipiente, aplicándole 25 golpes con ayuda de la varilla punta de bala, distribuida en toda el área. Luego se llena con material hasta el segundo tercio y se vuelve a golpear 25 veces con la varilla punta de bala a continuación, se llena completamente el recipiente y se vuelve a golpear 25 veces con la varilla.

Después de haberle aplicado los 25 golpes a la última capa enrase, para realizar esta operación si el material es grava utilice los dedos de la mano, si es arena con ayuda de un enrasador, pese el recipiente con el material contenido y anote su peso.

Este procedimiento debe repetirse tres veces como mínimo a cada grupo hará un ensayo y calcule el PUC:

$$PUC = \frac{(\text{Peso del Mat. Compactado} + \text{Peso del Recip.}) - \text{Peso del Recip.}}{\text{Volumen del Recipiente}}$$

- **Peso Unitario Suelto (PUS):** Se obtendrá una muestra representativa por cuarteo del agregado fino o grueso, la muestra debe estar previamente seca (secada al horno), pese el recipiente adecuado según tamaño de agregado y anote su peso, deposite el material en el recipiente, en tres capas procurando efectuar esta operación con ayuda de un cucharón utilizando una altura constante sobre la parte superior del molde, que no exceda de cinco centímetros, después de haberle llenado el recipiente enrase, para realizar esta operación si el material es grava utilice los dedos de la mano, si es arena con ayuda de un enrasador, pese el recipiente con el material contenido y anote su peso. Este procedimiento debe repetirse tres veces como mínimo a cada grupo hará un ensayo y calcule el PUC:

$$PUS = \frac{(\text{Peso del Mat. Compactado} + \text{Peso del Recip.}) - \text{Peso del Recip.}}{\text{Volumen del Recipiente}}$$

Los resultados obtenidos en el ensayo de peso unitario suelto y peso unitario compactado del agregado grueso y fino según la NTP 400.017, 1999 se muestran en la Tabla 3.8.

Tabla 3.8
PUS y PUC del agregado grueso y fino

| Muestra | Agregado Grueso | | Agregado Fino | |
|-----------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | PUS (kg/m ³) | PUC (kg/m ³) | PUS (kg/m ³) | PUC (kg/m ³) |
| M – 01 | 1592.69 | 1435.55 | 1709.23 | 1557.38 |
| M – 02 | 1591.99 | 1440.85 | 1707.82 | 1562.68 |
| M – 03 | 1591.63 | 1440.85 | 1703.94 | 1557.38 |
| Promedio | 1592.11 | 1439.08 | 1707.00 | 1559.15 |

Nota: Revisar el anexo A-2 se detalla el ensayo

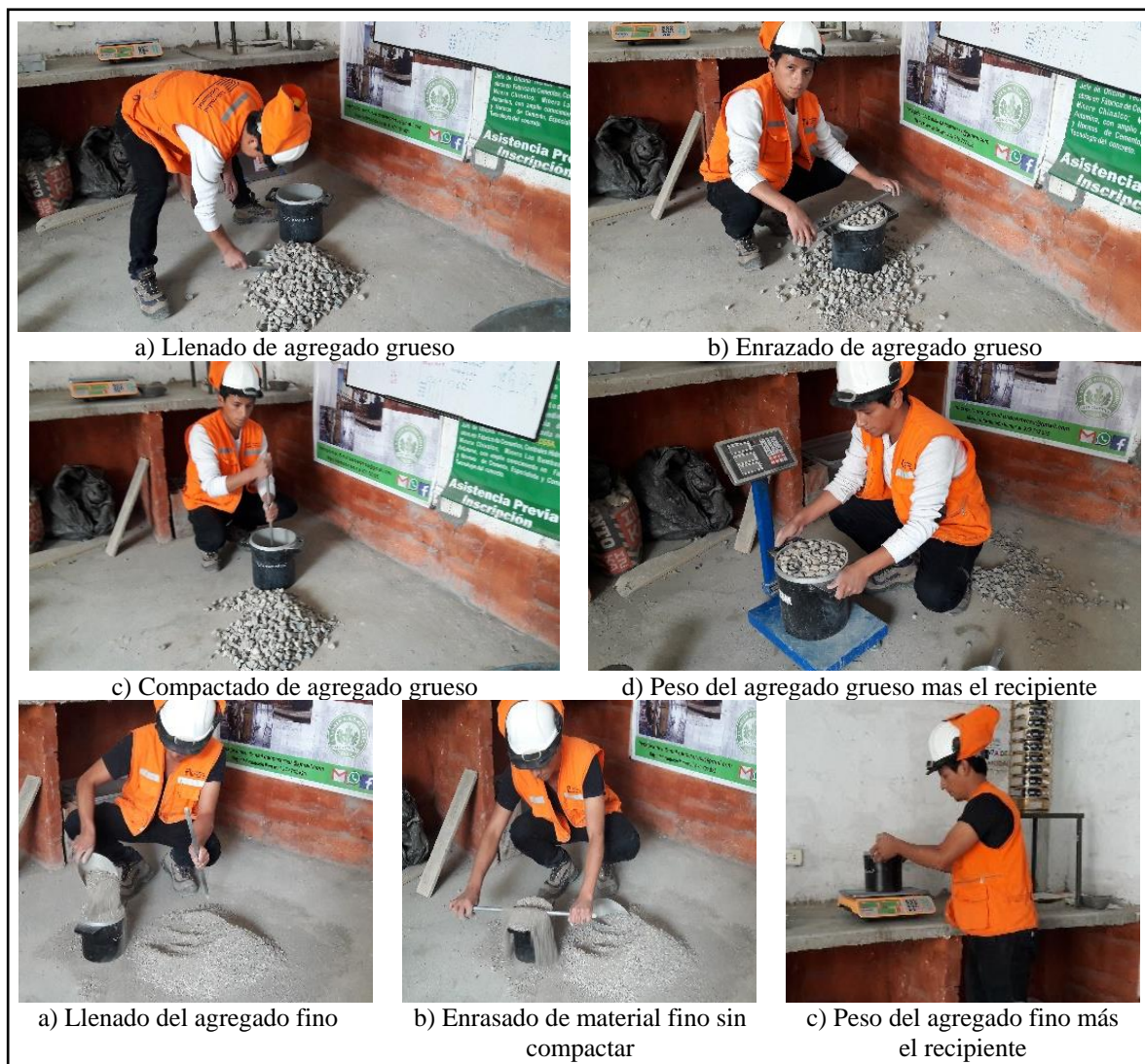


Figura 3.8 Ensayo de PUC de agregado grueso y pus de agregado fino

3.5.2.1.7. Análisis Granulométrico de los Agregados.

Referencias Normativas

- NTP 400.012, 2001 AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.
- ASTM C136-96a Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates.
 - **Análisis Granulométrico de Agregado Fino:** La cantidad de muestra a ensayar, luego del secado, será de 300 gr mínimo.

Coloque los tamices de mayor a menor diámetro (en orden descendente) y deposite el material seco, comience a cribar por medio de movimiento de vaivén por un periodo de 5 min, estos movimientos facilitan que las partículas del agregado fino queden distribuidas en los diferentes tamices de acuerdo con su tamaño. Pese los retenidos en cada tamiz con aproximación de 0.1 gramos, calcule los porcentajes retenidos parciales, porcentajes retenidos acumulados y porcentajes que pasan.

$$\% \text{ Retenidos Parciales} = \frac{\text{Peso Retenido Parcial por Tamiz}}{\text{Peso Seco total}} \times 100$$

Los resultados obtenidos en el ensayo de Análisis granulométrico del agregado fino según la NTP 400.012, 2001, se muestran en la Tabla 3.9.



Figura 3. 9 Ensayo de clasificación granulométrica del agregado fino

Tabla 3. 9
Granulométrica del agregado fino.

| Tamiz | | Peso Retenido Acumulado | % Retenido Parcial | % Retenido Acumulado | % Que Pasa Acumulado |
|-------------------|--------|----------------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|
| mm | N° | | | | |
| 9.52 | 3/8" | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 4.76 | N° 4 | 40.67 | 8.14 | 8.14 | 91.86 |
| 2.38 | N° 8 | 38.00 | 7.61 | 15.75 | 84.25 |
| 1.19 | N° 16 | 43.00 | 8.61 | 24.37 | 75.63 |
| 0.60 | N° 30 | 89.33 | 17.89 | 42.26 | 57.74 |
| 0.30 | N° 50 | 227.00 | 45.46 | 87.72 | 12.28 |
| 0.15 | N° 100 | 56.00 | 11.21 | 98.93 | 1.07 |
| 0.075 | N° 200 | 5.33 | 1.07 | 100.00 | 0.00 |
| Peso Total | | 499.33 | | | |

Módulo de Finura: 2.77

Nota: Revisar el Anexo A-5 se detalla el ensayo

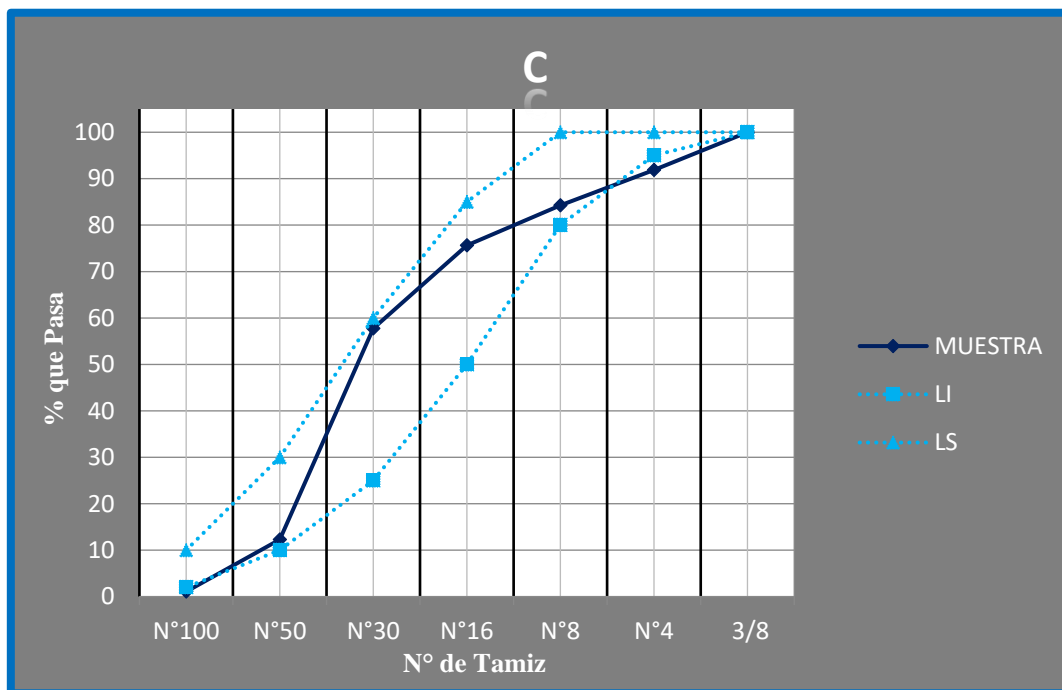


Figura 3. 10 Curva granulométrica agregado fino

- **Análisis Granulométrico de Agregado Grueso o Global:** La cantidad de muestra de ensayo de agregado global será la misma que para la del agregado grueso. Véase Tabla 3.10.

Una vez obtenida la muestra representativa coloque la muestra en los tamices en el siguiente orden de arriba hacia abajo, 3", 2", 1.5", 1", ¾", ½", 3/8", ¼", No. 4, No. 8, al final se colocará una charola para recoger cualquier fino, zarandee el material por

un medio mecánico o manual por un periodo de 5 min (el uso de tamices anteriores estará regido por el tamaño del material a utilizar). Pese el material retenido en cada tamiz y anote su peso, calcule los porcentajes retenidos parcial, retenido acumulado y porcentaje que pasa.

$$\% \text{ Retenidos Parciales} = \frac{\text{Peso Retenido Parcial por Tamiz}}{\text{Peso Seco total}} \times 100$$

Los resultados obtenidos en el ensayo de Análisis granulométrico del agregado grueso según la NTP 400.012, 2001, se muestran en la Tabla 3.9.

Tabla 3. 10

Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso o globa

| Tamaño Máximo Nominal Aberturas Cuadradas mm (plg) | Cantidad de la Muestra de Ensayo Mínimo kg (lb) |
|---|--|
| 9.5 (3/8) | 1 (2) |
| 12.5 (1/2) | 2 (4) |
| 19.0 (3/4) | 5 (11) |
| 25.0 (1) | 10 (22) |
| 37.5 (1 ½) | 15 (33) |
| 50 (2) | 20 (44) |
| 63 (2 ½) | 35 (77) |
| 75 (3) | 60 (130) |
| 90 (3) | 100 (220) |
| 100 (4) | 150 (330) |
| 125(5) | 300 (660) |

Fuente: NTP 400.012, 2001 AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global

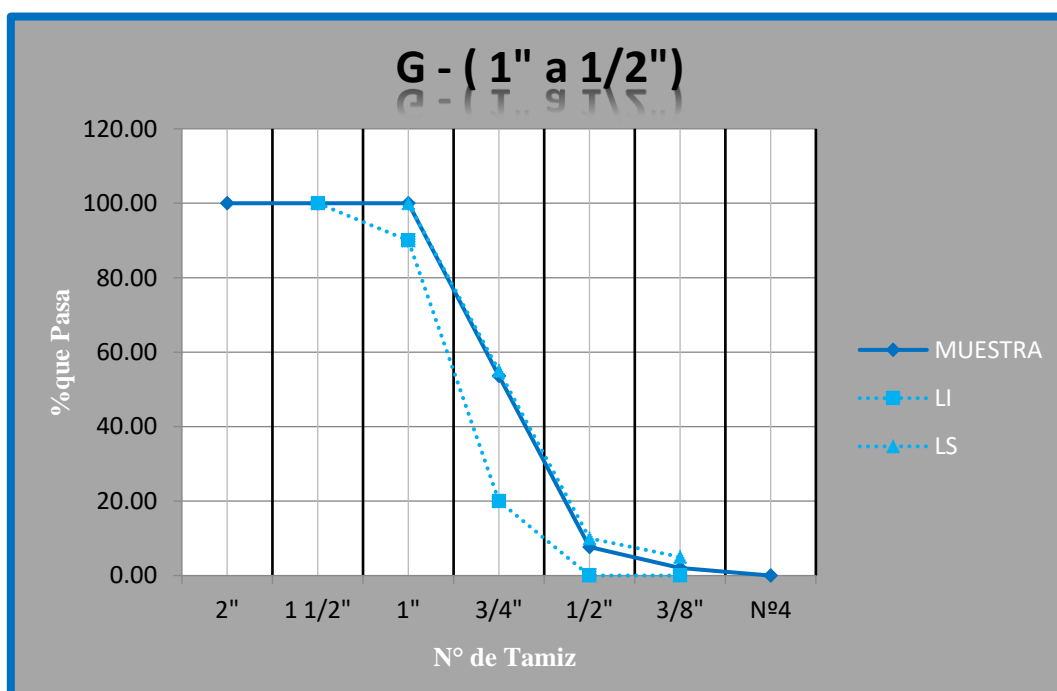


Figura 3. 11 Ensayo de clasificación granulométrica del agregado grueso

Tabla 3. 11*Análisis granulométrico del agregado grueso*

| Tamiz | | Peso Retenido Acumulado | % Retenido Parcial | % Retenido Acumulado | % Que Pasa Acumulado |
|-------------------------------|------|----------------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|
| mm | N° | | | | |
| 50.00 | 2" | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 38.10 | 1 ½" | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 25.440 | 1" | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 19.05 | ¾" | 2316.33 | 46.33 | 46.37 | 53.63 |
| 12.70 | ½" | 2295.33 | 45.95 | 92.32 | 7.68 |
| 9.52 | ⅜" | 281.33 | 5.63 | 97.95 | 2.05 |
| 4.76 | N° 4 | 102.33 | 2.05 | 100.00 | 0.00 |
| Peso Total | | 4995.33 | | | |
| Módulo de Finura: | | | | 2.44 | |
| Tamaño Máximo: | | | | 1" | |
| Tamaño Máximo Nominal: | | | | ¾" | |

Nota: Revisar el Anexo A-4 se detalla el ensayo

**Figura 3. 12** Curva granulométrica agregado grueso

Los resultados obtenidos en el ensayo de Análisis granulométrico del agregado global según la NTP 400.012, 2001, se muestran en la Tabla 3.10.



Figura 3.13 Análisis granulométrico del agregado global

Tabla 3.12

Análisis granulométrico del agregado global

| Tamiz | | Peso Retenido Acumulado | % Retenido Parcial | % Retenido Acumulado | % Acumulado que Pasa |
|-------------------|--------|-------------------------|--------------------|----------------------|----------------------|
| mm | N° | | | | |
| 50.00 | 2" | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 38.10 | 1 1/2" | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 25.440 | 1" | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 19.05 | 3/4" | 0.09 | 8.97 | 8.97 | 91.03 |
| 12.70 | 1/2" | 0.18 | 18.41 | 27.38 | 72.62 |
| 9.52 | 3/8" | 0.08 | 7.50 | 34.88 | 56.12 |
| 4.76 | N° 4 | 0.11 | 10.90 | 45.78 | 54.22 |
| 2.38 | N° 8 | 0.04 | 4.37 | 50.15 | 49.85 |
| 1.19 | N° 16 | 0.06 | 6.00 | 56.15 | 43.85 |
| 0.60 | N° 30 | 0.14 | 13.74 | 69.89 | 30.11 |
| 0.30 | N° 50 | 0.24 | 24.04 | 93.93 | 6.07 |
| 0.15 | N° 100 | 0.05 | 4.67 | 98.60 | 1.40 |
| 0.075 | N° 200 | 0.01 | 1.20 | 99.80 | 0.20 |
| Fondo | | 0.00 | 0.20 | 100.00 | 0.00 |
| Peso Total | | 1.00 | | | |

Nota: Revisar el anexo A-6 se detalla el ensayo

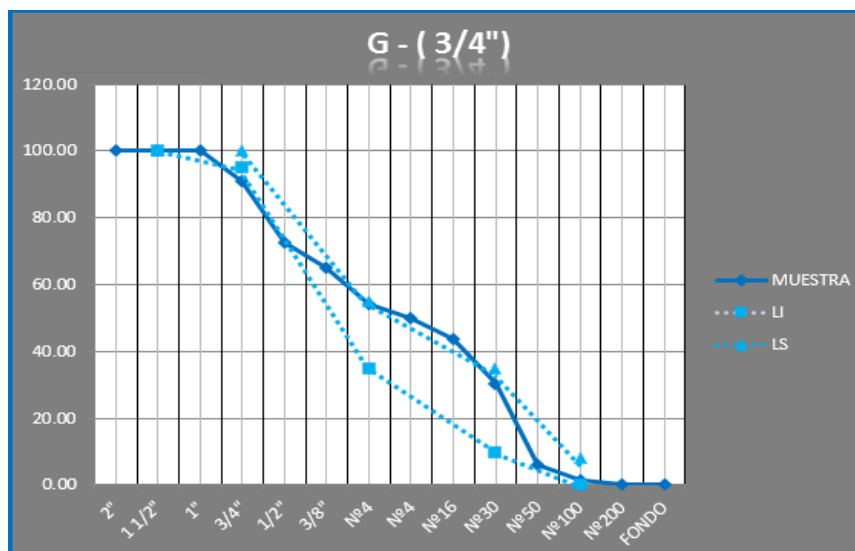


Figura 3.14 Curva granulométrica del agregado global

3.5.2.2. Cemento.

Se utilizó el cemento andino portland IP porque nos brinda una mayor trabajabilidad ya que el tiempo de fraguado es mas tardío por ser un cemento puzolanico, en la tabla 3.11 se presenta las características físicas y químicas del cemento andino portland tipo IP, para mayor información revisar el Anexo A-8.

Tabla 3. 13

Características físicas y químicas de cemento portland tipo IP

| Descripción | Cemento Portland Tipo IP | |
|--|--------------------------|----------|
| Superficie específica BLAINE (cm ² /gr) | 4714 | |
| Densidad (gr/cm ³) | 2.79 | |
| Expansión Autoclave (%) | -0.02 | |
| Calor de Hidratación a 7 días (Cal/g) | 62.28 | |
| Calor de Hidratación a 28 días (Cal/g) | 66.12 | |
| Falso Fraguado (%) | 90.00 | |
| Contenido de Aire (%) | 4.90 | |
| Tiempo de fraguado VICAT (hr:min) | Inicial | 2h 32min |
| | Final | 4h 45min |
| Resistencia a la compresión (kg/cm ²) | a 3 Dias | 187.93 |
| | a 7 Dias | 243.30 |
| | a 28 Dias | 339.46 |

Nota: Revisar el anexo A-7 para mas detalles.

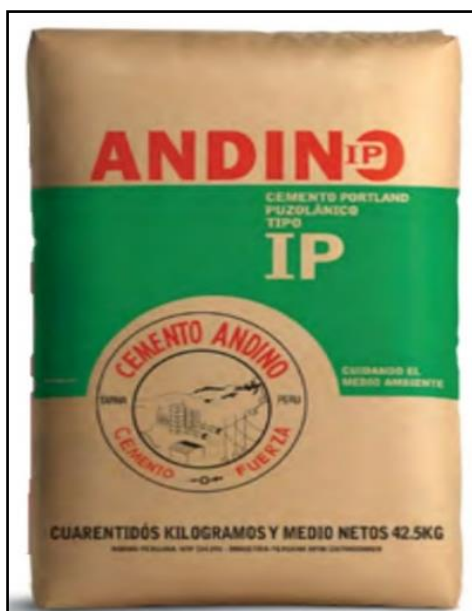


Figura 3. 15 Cemento portland andino tipo IP

3.5.2.3. Agua

El agua es usada para el curado de elementos generando la resistencia requerida a los 28 días y de vital importancia para el mezclado de concreto por lo que requiere ser libre de impurezas, orgánicos, sulfatos, cloruros y debe tener un PH de 7 aproximado, cumpliendo con estos requisitos el agua potable de pilcomayo.

3.5.2.4. Fibras de Polipropileno.

En la tabla N° 3.12 se presentan las propiedades físicas, químicas y mecánicas de la fibra SikaCem®-1 Fiber, para mayor información revisar el Anexo A-9 y A-10.

Tabla 3. 14

Propiedades físicas, químicas y mecánicas de la fibra de polipropileno

| Descripción | SikaCem – 1 Fiber |
|---|-------------------|
| Longitud (mm) | 20.00 |
| Densidad Real (kg/l) | 1.17 |
| Módulo de Elasticidad (kg/cm ²) | 15,000.00 |
| Absorción de Agua (%) | 2 |
| Alargamiento de Rotura (%) | 26 |
| Resistencia Alcalina (%) | 100 |
| Color | crema |
| Resistente a Ácidos y Sales | resistente |
| Resistencia a la Tracción (kg/cm ²) | 468.00 |

Nota: Revisar el anexo A-8 y A-9 para mas detalles.



Figura 3. 16 Fibra de polipropileno SikaCem-1 Fiber

3.5.3. Diseños de Mezcla.

La NTP 400.037 recomienda realizar ensayos sobre diseño de mezcla para el agregado global. Se usará el diseño de mezcla de agregado global, este método consiste en optimizar sistemáticamente la proporción de agregado fino y grueso como un sólo material (agregado global) por medio de PUC, dirigido para controlar la trabajabilidad de la mezcla de concreto, obtener la máxima compacidad de la combinación de agregados mediante ensayos de laboratorio.

Para el diseño de mezcla de agregado global se usará las siguientes características de los materiales ver Tabla 3.15.

Tabla 3. 15
Características de los materiales para diseño de mezcla

| Característica Física del Cemento Andino Tipo IP | | |
|---|--|---|
| Peso específico (gr/cm ³) | 2.97 | |
| Caracterización de Agregados | | |
| | Agregado Grueso (piedra chancada) | Agregado fino (arena de río) |
| Absorción (%) | .94 | 1.63 |
| Humedad (%) | .40 | .60 |
| Peso específico de masa (gr/cm ³) | 2.70 | 2.51 |
| Peso unitario suelto (gr/cm ³) | 1,439.00 | 1,592.00 |
| Peso unitario compactado (gr/cm ³) | 1,559.00 | 1,707.00 |
| Módulo de fineza | 7.44 | 2.77 |
| Tamaño nominal máximo (pulg.) | 3/4" | - |
| Proporción óptima de agregado global (%) | 35 | 65 |

Nota: Revisar el anexo A-1 para mas detalles.

La fibra de polipropileno que se usará será la misma para los diseños de $f'c=210$ kg/cm² y $f'c=245$ kg/cm² con una longitud de 20 mm en las tres dosis ver Figura 3.17 y Tabla 3.16.

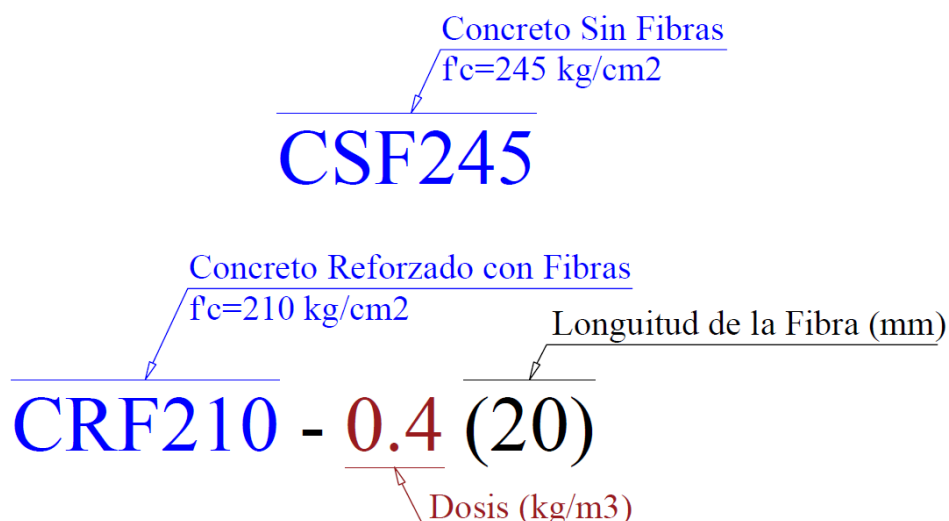


Figura 3. 17 Nomenclatura de dosis de fibras para concreto

Tabla 3. 16

Dosis de fibra para concreto de $f'c=210$ kg/cm² y $f'c=245$ kg/cm².

| Dosis de Fibra para Concreto | |
|-------------------------------------|-------------------|
| CSF210 | CSF245 |
| CRF210 - 0.4 (20) | CRF245 - 0.4 (20) |
| CRF210 - 0.7 (20) | CRF245 - 0.7 (20) |
| CRF210 - 1.2 (20) | CRF245 - 1.2 (20) |

Las características primordiales para el concreto en estado fresco a obtener por el diseño de mezcla método global ver Tabla 3.17.

Tabla 3. 17

Características del concreto en estado fresc

| | Slump | a/c | Aire incorporado |
|-------------------|--------------|------------|-------------------------|
| CSF210 | 3" - 4" | .56 | Sin aire incorporado |
| CRF210 - 0.4 (20) | 3" - 4" | .56 | Sin aire incorporado |
| CRF210 - 0.7 (20) | 3" - 4" | .56 | Sin aire incorporado |
| CRF210 - 1.2 (20) | 3" - 4" | .56 | Sin aire incorporado |
| CSF245 | 3" - 4" | .51 | Sin aire incorporado |
| CRF245 - 0.4 (20) | 3" - 4" | .51 | Sin aire incorporado |
| CRF245 - 0.7 (20) | 3" - 4" | .51 | Sin aire incorporado |
| CRF245 - 1.2 (20) | 3" - 4" | .51 | Sin aire incorporado |

Se obtendrá ocho diseños de mezcla, un concreto patrón y tres concretos adicionados con fibra de polipropileno en cada diseño planteado. Se procedió con los pasos planteado en el capítulo 2 para el diseño de mezcla.

Tabla 3. 18

Diseño, características y proporciones finales de CSF210

A) CARACTERISTICA DE LOS AGREGADOS

| AGREGADO GRUESO | | | AGREGADO FINO | | |
|------------------------|-------|--------------------|------------------------|-------|--------------------|
| Tam. Máximo | 3/4" | | | | |
| Peso Específico | 2.70 | gr/cm ³ | Peso Específico | 2.51 | gr/cm ³ |
| Peso Unit. Comp. | 1559 | gr/cm ³ | Peso Unit. Comp. | 1707 | gr/cm ³ |
| Peso Unit. Suel. | 1439 | gr/cm ³ | Peso Unit. Suel. | 1592 | gr/cm ³ |
| Absorción | .94 | % | Absorción | 1.63 | % |
| Humedad | .40 | % | Humedad | .60 | % |
| Modulo de Fineza | 7.44 | | Modulo de Fineza | 2.77 | |
| Porcentaje de Agregado | 35.00 | % | Porcentaje de Agregado | 65.00 | % |

B) CARACTERISTICA DEL DISEÑO DE MEZCLA

| DATOS | | | ASENTAMIENTO | |
|-------------------------|------------|--------------------|------------------------|---------|
| Resistencia Especifica | f'c = 210 | kg/cm ² | Asentamiento de diseño | 4" |
| Resistencia Requerida | f'cr = 294 | kg/cm ² | Asentamiento requerido | 3" - 4" |
| Peso Específico Cemento | 2.97 | gr/cm ³ | RELACIÓN | |
| Dosis SikaCem-1 Fiber | .000 | gr/cm ³ | a/c = .56 | |

C) PROCESAMIENTO

| Materiales | | Cantidad | Volumen Absoluto por m ³ | |
|-----------------|---------|----------|-------------------------------------|---------------------|
| Cemento | 358.17 | kg | Cemento | .121 m ³ |
| Agua | 200.00 | lt | Agua | .200 m ³ |
| Aire Atrapado | 2.00 | % | Aire Atrapado | .020 m ³ |
| TOTAL | | | TOTAL | .341 |
| Agregado Grueso | 623.14 | kg | Agregado Grueso 35% | .231 m ³ |
| Agregado Fino | 1075.82 | kg | Agregado Fino 65% | .429 m ³ |

| Valores por m ³ / Seco | | | Corrección por Humedad y Absorción m ³ | | |
|-----------------------------------|----------|----|---|----------|-------------------|
| Cemento | 358.17 | kg | Cemento | 358.17 | kg/m ³ |
| Agua | 200.00 | lt | Agua Corregida | 214.44 | lt/m ³ |
| Agregado Grueso Seco | 623.14 | kg | Agregado Grueso | 619.78 | kg/m ³ |
| Agregado Fino Seco | 1,075.82 | kg | Agregado Fino | 1,064.74 | kg/m ³ |
| SikaCem - 1 Fiber | .000 | kg | SikaCem - 1 Fiber | .000 | kg/m ³ |
| 2,257.13 | | | 2,257.13 | | |

D) PROPORCIONES FINALES

| Proporción / Bolsa de Cemento (Peso) | | | Proporción / Bolsa de Cemento (Volumen) | | |
|--------------------------------------|--------|----|---|-------|----------------|
| Cemento | 42.50 | kg | Cemento | 1.00 | p ³ |
| Agua | 25.45 | lt | Agua | .60 | lt |
| Agregado Grueso | 73.54 | kg | Agregado Grueso | 1.73 | p ³ |
| Agregado Fino | 126.34 | kg | Agregado Fino | 2.97 | p ³ |
| SikaCem - 1 Fiber | .000 | kg | SikaCem - 1 Fiber | .0000 | p ³ |

Nota: Revisar el Anexo B-1 para mas detalles.

Tabla 3. 19

Diseño, características y proporciones finales de CRF210-0.4(20)

A) CARACTERISTICA DE LOS AGREGADOS

| AGREGADO GRUESO | | | AGREGADO FINO | | |
|------------------------|-------|--------------------|------------------------|-------|--------------------|
| Tam. Máximo | 3/4" | | | | |
| Peso Específico | 2.70 | gr/cm ³ | Peso Específico | 2.51 | gr/cm ³ |
| Peso Unit. Comp. | 1559 | gr/cm ³ | Peso Unit. Comp. | 1707 | gr/cm ³ |
| Peso Unit. Suel. | 1439 | gr/cm ³ | Peso Unit. Suel. | 1592 | gr/cm ³ |
| Absorción | .94 | % | Absorción | 1.63 | % |
| Humedad | .40 | % | Humedad | .60 | % |
| Modulo de Fineza | 7.44 | | Modulo de Fineza | 2.77 | |
| Porcentaje de Agregado | 35.00 | % | Porcentaje de Agregado | 65.00 | % |

B) CARACTERISTICA DEL DISEÑO DE MEZCLA

| DATOS | | | ASENTAMIENTO | |
|-------------------------|------------|--------------------|------------------------|---------|
| Resistencia Especifica | f'c = 210 | kg/cm ² | Asentamiento de diseño | 5 1/2" |
| Resistencia Requerida | f'cr = 294 | kg/cm ² | Asentamiento requerido | 3" - 4" |
| Peso Específico Cemento | 2.97 | gr/cm ³ | RELACIÓN | |
| Dosis SikaCem-1 Fiber | .400 | gr/cm ³ | a/c = .56 | |

C) PROCESAMIENTO

| Materiales | | Cantidad | Volumen Absoluto por m ³ | | |
|-----------------|---------|----------|-------------------------------------|------|----------------|
| Cemento | 367.12 | kg | Cemento | .124 | m ³ |
| Agua | 205.00 | lt | Agua | .205 | m ³ |
| Aire Atrapado | 2.00 | % | Aire Atrapado | .020 | m ³ |
| TOTAL | | | TOTAL | .349 | |
| Agregado Grueso | 615.56 | kg | Agregado Grueso 35% | .228 | m ³ |
| Agregado Fino | 1062.74 | kg | Agregado Fino 65% | .423 | m ³ |

| Valores por m ³ / Seco | | | Corrección por Humedad y Absorción m ³ | | |
|-----------------------------------|----------|----|---|----------|-------------------|
| Cemento | 367.12 | kg | Cemento | 367.12 | kg/m ³ |
| Agua | 205.00 | lt | Agua Corregida | 219.27 | lt/m ³ |
| Agregado Grueso Seco | 615.56 | kg | Agregado Grueso | 612.24 | kg/m ³ |
| Agregado Fino Seco | 1,062.74 | kg | Agregado Fino | 1,051.79 | kg/m ³ |
| SikaCem - 1 Fiber | .400 | kg | SikaCem - 1 Fiber | .400 | kg/m ³ |
| 2,250.82 | | | 2,250.82 | | |

D) PROPORCIONES FINALES

| Proporcion / Bolsa de Cemento (Peso) | | | Proporción / Bolsa de Cemento (Volumen) | | |
|--------------------------------------|--------|----|---|-------|----------------|
| Cemento | 42.50 | kg | Cemento | 1.00 | p ³ |
| Agua | 25.38 | lt | Agua | .60 | lt |
| Agregado Grueso | 70.88 | kg | Agregado Grueso | 1.67 | p ³ |
| Agregado Fino | 121.76 | kg | Agregado Fino | 2.86 | p ³ |
| SikaCem - 1 Fiber | .046 | kg | SikaCem - 1 Fiber | .0011 | p ³ |

Nota: Revisar el Anexo B-1 para mas detalles.

Tabla 3. 20

Diseño, características y proporciones finales de CRF210-0.7(20)

A) CARACTERISTICA DE LOS AGREGADOS

| AGREGADO GRUESO | | | AGREGADO FINO | | |
|------------------------|-------|--------------------|------------------------|-------|--------------------|
| Tam. Máximo | 3/4" | | | | |
| Peso Específico | 2.70 | gr/cm ³ | Peso Específico | 2.51 | gr/cm ³ |
| Peso Unit. Comp. | 1559 | gr/cm ³ | Peso Unit. Comp. | 1707 | gr/cm ³ |
| Peso Unit. Suel. | 1439 | gr/cm ³ | Peso Unit. Suel. | 1592 | gr/cm ³ |
| Absorción | .94 | % | Absorción | 1.63 | % |
| Humedad | .40 | % | Humedad | .60 | % |
| Modulo de Fineza | 7.44 | | Modulo de Fineza | 2.77 | |
| Porcentaje de Agregado | 35.00 | % | Porcentaje de Agregado | 65.00 | % |

B) CARACTERISTICA DEL DISEÑO DE MEZCLA

| DATOS | | | ASENTAMIENTO | |
|-------------------------|------------|--------------------|------------------------|---------|
| Resistencia Especifica | f'c = 210 | kg/cm ² | Asentamiento de diseño | 5 3/4" |
| Resistencia Requerida | f'cr = 294 | kg/cm ² | Asentamiento requerido | 3" - 4" |
| Peso Específico Cemento | 2.97 | gr/cm ³ | RELACIÓN | |
| Dosis SikaCem-1 Fiber | .700 | gr/cm ³ | a/c = .56 | |

C) PROCESAMIENTO

| Materiales | | Cantidad | Volumen Absoluto por m ³ | |
|-----------------|---------|----------|-------------------------------------|---------------------|
| Cemento | 368.61 | kg | Cemento | .124 m ³ |
| Agua | 205.83 | lt | Agua | .206 m ³ |
| Aire Atrapado | 2.00 | % | Aire Atrapado | .020 m ³ |
| TOTAL | | | TOTAL | .350 |
| Agregado Grueso | 614.30 | kg | Agregado Grueso 35% | .228 m ³ |
| Agregado Fino | 1060.57 | kg | Agregado Fino 65% | .423 m ³ |

| Valores por m ³ / Seco | | | Corrección por Humedad y Absorción m ³ | | |
|-----------------------------------|----------|----|---|----------|-------------------|
| Cemento | 368.61 | kg | Cemento | 368.61 | kg/m ³ |
| Agua | 205.83 | lt | Agua Corregida | 220.07 | lt/m ³ |
| Agregado Grueso Seco | 614.30 | kg | Agregado Grueso | 610.98 | kg/m ³ |
| Agregado Fino Seco | 1,060.57 | kg | Agregado Fino | 1,049.65 | kg/m ³ |
| SikaCem - 1 Fiber | .700 | kg | SikaCem - 1 Fiber | .700 | kg/m ³ |
| 2,250.01 | | | 2,250.01 | | |

D) PROPORCIONES FINALES

| Proporción / Bolsa de Cemento (Peso) | | | Proporción / Bolsa de Cemento (Volumen) | | |
|--------------------------------------|--------|----|---|-------|----------------|
| Cemento | 42.50 | kg | Cemento | 1.00 | p ³ |
| Agua | 25.37 | lt | Agua | .60 | lt |
| Agregado Grueso | 70.44 | kg | Agregado Grueso | 1.66 | p ³ |
| Agregado Fino | 121.02 | kg | Agregado Fino | 2.85 | p ³ |
| SikaCem - 1 Fiber | .081 | kg | SikaCem - 1 Fiber | .0019 | p ³ |

Nota: Revisar el Anexo B-1 para mas detalles.

Tabla 3. 21

Diseño, características y proporciones finales de CRF210-1.2(20)

A) CARACTERISTICA DE LOS AGREGADOS

| AGREGADO GRUESO | | | AGREGADO FINO | | |
|------------------------|-------|--------------------|------------------------|-------|--------------------|
| Tam. Máximo | 3/4" | | | | |
| Peso Específico | 2.70 | gr/cm ³ | Peso Específico | 2.51 | gr/cm ³ |
| Peso Unit. Comp. | 1559 | gr/cm ³ | Peso Unit. Comp. | 1707 | gr/cm ³ |
| Peso Unit. Suel. | 1439 | gr/cm ³ | Peso Unit. Suel. | 1592 | gr/cm ³ |
| Absorción | .94 | % | Absorción | 1.63 | % |
| Humedad | .40 | % | Humedad | .60 | % |
| Modulo de Fineza | 7.44 | | Modulo de Fineza | 2.77 | |
| Porcentaje de Agregado | 35.00 | % | Porcentaje de Agregado | 65.00 | % |

B) CARACTERISTICA DEL DISEÑO DE MEZCLA

| DATOS | | | ASENTAMIENTO | |
|-------------------------|------------|--------------------|------------------------|---------|
| Resistencia Especifica | f'c = 210 | kg/cm ² | Asentamiento de diseño | 6 3/4" |
| Resistencia Requerida | f'cr = 294 | kg/cm ² | Asentamiento requerido | 3" - 4" |
| Peso Específico Cemento | 2.97 | gr/cm ³ | RELACIÓN | |
| Dosis SikaCem-1 Fiber | 1.200 | gr/cm ³ | a/c = .56 | |

C) PROCESAMIENTO

| Materiales | | Cantidad | Volumen Absoluto por m ³ | | |
|-----------------|---------|----------|-------------------------------------|------|----------------|
| Cemento | 374.58 | kg | Cemento | .126 | m ³ |
| Agua | 209.17 | lt | Agua | .209 | m ³ |
| Aire Atrapado | 2.00 | % | Aire Atrapado | .020 | m ³ |
| TOTAL | | | TOTAL | .355 | |
| Agregado Grueso | 609.25 | kg | Agregado Grueso 35% | .226 | m ³ |
| Agregado Fino | 1051.85 | kg | Agregado Fino 65% | .419 | m ³ |

| Valores por m ³ / Seco | | | Corrección por Humedad y Absorción m ³ | | |
|-----------------------------------|----------|----|---|----------|-------------------|
| Cemento | 374.58 | kg | Cemento | 374.58 | kg/m ³ |
| Agua | 209.17 | lt | Agua Corregida | 223.29 | lt/m ³ |
| Agregado Grueso Seco | 609.25 | kg | Agregado Grueso | 605.96 | kg/m ³ |
| Agregado Fino Seco | 1,051.85 | kg | Agregado Fino | 1,041.02 | kg/m ³ |
| SikaCem - 1 Fiber | 1.200 | kg | SikaCem - 1 Fiber | 1.200 | kg/m ³ |
| | 2,246.05 | | | 2,246.05 | |

D) PROPORCIONES FINALES

| Proporcion / Bolsa de Cemento (Peso) | | | Proporción / Bolsa de Cemento (Volumen) | | |
|--------------------------------------|--------|----|---|-------|----------------|
| Cemento | 42.50 | kg | Cemento | 1.00 | p ³ |
| Agua | 25.33 | lt | Agua | .60 | lt |
| Agregado Grueso | 68.75 | kg | Agregado Grueso | 1.62 | p ³ |
| Agregado Fino | 118.11 | kg | Agregado Fino | 2.78 | p ³ |
| SikaCem - 1 Fiber | .136 | kg | SikaCem - 1 Fiber | .0032 | p ³ |

Nota: Revisar el Anexo B-1 para mas detalles.

Tabla 3. 22

Diseño, características y proporciones finales de CSF24

A) CARACTERISTICA DE LOS AGREGADOS

| AGREGADO GRUESO | | | AGREGADO FINO | | |
|------------------------|-------|--------------------|------------------------|-------|--------------------|
| Tam. Máximo | 3/4" | | | | |
| Peso Específico | 2.70 | gr/cm ³ | Peso Específico | 2.51 | gr/cm ³ |
| Peso Unit. Comp. | 1559 | gr/cm ³ | Peso Unit. Comp. | 1707 | gr/cm ³ |
| Peso Unit. Suel. | 1439 | gr/cm ³ | Peso Unit. Suel. | 1592 | gr/cm ³ |
| Absorción | .94 | % | Absorción | 1.63 | % |
| Humedad | .40 | % | Humedad | .60 | % |
| Modulo de Fineza | 7.44 | | Modulo de Fineza | 2.77 | |
| Porcentaje de Agregado | 35.00 | % | Porcentaje de Agregado | 65.00 | % |

B) CARACTERISTICA DEL DISEÑO DE MEZCLA

| DATOS | | | ASENTAMIENTO | |
|-------------------------|------------|--------------------|------------------------|---------|
| Resistencia Especifica | f'c = 245 | kg/cm ² | Asentamiento de diseño | 4" |
| Resistencia Requerida | f'cr = 329 | kg/cm ² | Asentamiento requerido | 3" - 4" |
| Peso Específico Cemento | 2.97 | gr/cm ³ | RELACIÓN | |
| Dosis SikaCem-1 Fiber | .000 | gr/cm ³ | a/c = .51 | |

C) PROCESAMIENTO

| Materiales | | Cantidad | Volumen Absoluto por m ³ | | |
|-----------------|---------|----------|-------------------------------------|------|----------------|
| Cemento | 392.62 | kg | Cemento | .132 | m ³ |
| Agua | 200.00 | lt | Agua | .200 | m ³ |
| Aire Atrapado | 2.00 | % | Aire Atrapado | .020 | m ³ |
| TOTAL | | | TOTAL | .352 | |
| Agregado Grueso | 612.18 | kg | Agregado Grueso 35% | .227 | m ³ |
| Agregado Fino | 1056.89 | kg | Agregado Fino 65% | .421 | m ³ |

| Valores por m ³ / Seco | | | Corrección por Humedad y Absorción m ³ | | |
|-----------------------------------|----------|----|---|----------|-------------------|
| Cemento | 392.62 | kg | Cemento | 392.62 | kg/m ³ |
| Agua | 200.00 | lt | Agua Corregida | 214.20 | lt/m ³ |
| Agregado Grueso Seco | 612.18 | kg | Agregado Grueso | 608.87 | kg/m ³ |
| Agregado Fino Seco | 1,056.89 | kg | Agregado Fino | 1,046.00 | kg/m ³ |
| SikaCem - 1 Fiber | .000 | kg | SikaCem - 1 Fiber | .000 | kg/m ³ |
| 2,261.69 | | | 2,261.69 | | |

D) PROPORCIONES FINALES

| Proporcion / Bolsa de Cemento (Peso) | | | Proporción / Bolsa de Cemento (Volumen) | | |
|--------------------------------------|--------|----|---|-------|----------------|
| Cemento | 42.50 | kg | Cemento | 1.00 | p ³ |
| Agua | 23.19 | lt | Agua | .55 | lt |
| Agregado Grueso | 65.91 | kg | Agregado Grueso | 1.55 | p ³ |
| Agregado Fino | 113.23 | kg | Agregado Fino | 2.66 | p ³ |
| SikaCem - 1 Fiber | .000 | kg | SikaCem - 1 Fiber | .0000 | p ³ |

Nota: Revisar el Anexo B-2 para mas detalles.

Tabla 3. 23

Diseño, características y proporciones finales de CRF245 – 0.4(20)

A) CARACTERISTICA DE LOS AGREGADOS

| AGREGADO GRUESO | | | AGREGADO FINO | | |
|------------------------|-------|--------------------|------------------------|-------|--------------------|
| Tam. Máximo | 3/4" | | Peso Específico | 2.51 | gr/cm ³ |
| Peso Específico | 2.70 | gr/cm ³ | Peso Unit. Comp. | 1707 | gr/cm ³ |
| Peso Unit. Comp. | 1559 | gr/cm ³ | Peso Unit. Suel. | 1592 | gr/cm ³ |
| Peso Unit. Suel. | 1439 | gr/cm ³ | Absorción | 1.63 | % |
| Absorción | .94 | % | Humedad | .60 | % |
| Humedad | .40 | % | Modulo de Fineza | 2.77 | |
| Modulo de Fineza | 7.44 | | Porcentaje de Agregado | 65.00 | % |
| Porcentaje de Agregado | 35.00 | % | | | |

B) CARACTERISTICA DEL DISEÑO DE MEZCLA

| DATOS | | | ASENTAMIENTO | |
|-------------------------|------------|--------------------|------------------------|---------|
| Resistencia Especifica | f'c = 245 | kg/cm ² | Asentamiento de diseño | 5" |
| Resistencia Requerida | f'cr = 329 | kg/cm ² | Asentamiento requerido | 3" - 4" |
| Peso Específico Cemento | 2.97 | gr/cm ³ | RELACIÓN | |
| Dosis SikaCem-1 Fiber | .400 | gr/cm ³ | a/c = .51 | |

C) PROCESAMIENTO

| Materiales | | Cantidad | Volumen Absoluto por m ³ | | |
|-----------------|---------|----------|-------------------------------------|------|----------------|
| Cemento | 399.16 | kg | Cemento | .134 | m ³ |
| Agua | 203.33 | lt | Agua | .203 | m ³ |
| Aire Atrapado | 2.00 | % | Aire Atrapado | .020 | m ³ |
| TOTAL | | | TOTAL | .358 | |
| Agregado Grueso | 606.94 | kg | Agregado Grueso 35% | .225 | m ³ |
| Agregado Fino | 1047.86 | kg | Agregado Fino 65% | .417 | m ³ |

| Valores por m ³ / Seco | | | Corrección por Humedad y Absorción m ³ | | |
|-----------------------------------|----------|----|---|----------|-------------------|
| Cemento | 399.16 | kg | Cemento | 399.16 | kg/m ³ |
| Agua | 203.33 | lt | Agua Corregida | 217.40 | lt/m ³ |
| Agregado Grueso Seco | 606.94 | kg | Agregado Grueso | 603.66 | kg/m ³ |
| Agregado Fino Seco | 1,047.86 | kg | Agregado Fino | 1,037.07 | kg/m ³ |
| SikaCem - 1 Fiber | .400 | kg | SikaCem - 1 Fiber | .400 | kg/m ³ |
| 2,257.69 | | | 2,257.69 | | |

D) PROPORCIONES FINALES

| Proporción / Bolsa de Cemento (Peso) | | | Proporción / Bolsa de Cemento (Volumen) | | |
|--------------------------------------|--------|----|---|-------|----------------|
| Cemento | 42.50 | kg | Cemento | 1.00 | p ³ |
| Agua | 23.15 | lt | Agua | .54 | lt |
| Agregado Grueso | 64.27 | kg | Agregado Grueso | 1.51 | p ³ |
| Agregado Fino | 110.42 | kg | Agregado Fino | 2.60 | p ³ |
| SikaCem - 1 Fiber | .043 | kg | SikaCem - 1 Fiber | .0010 | p ³ |

Nota: Revisar el Anexo B-2 para mas detalles.

Tabla 3. 24

Diseño, características y proporciones finales de CRF245-0.7(20)

A) CARACTERISTICA DE LOS AGREGADOS

| AGREGADO GRUESO | | | AGREGADO FINO | | |
|------------------------|-------|--------------------|------------------------|-------|--------------------|
| Tam. Máximo | 3/4" | | | | |
| Peso Específico | 2.70 | gr/cm ³ | Peso Específico | 2.51 | gr/cm ³ |
| Peso Unit. Comp. | 1559 | gr/cm ³ | Peso Unit. Comp. | 1707 | gr/cm ³ |
| Peso Unit. Suel. | 1439 | gr/cm ³ | Peso Unit. Suel. | 1592 | gr/cm ³ |
| Absorción | .94 | % | Absorción | 1.63 | % |
| Humedad | .40 | % | Humedad | .60 | % |
| Modulo de Fineza | 7.44 | | Modulo de Fineza | 2.77 | |
| Porcentaje de Agregado | 35.00 | % | Porcentaje de Agregado | 65.00 | % |

B) CARACTERISTICA DEL DISEÑO DE MEZCLA

| DATOS | | | ASENTAMIENTO | |
|-------------------------|------------|--------------------|------------------------|---------|
| Resistencia Especifica | f'c = 245 | kg/cm ² | Asentamiento de diseño | 5 3/4" |
| Resistencia Requerida | f'cr = 329 | kg/cm ² | Asentamiento requerido | 3" - 4" |
| Peso Específico Cemento | 2.97 | gr/cm ³ | RELACIÓN | |
| Dosis SikaCem-1 Fiber | .700 | gr/cm ³ | a/c = .51 | |

C) PROCESAMIENTO

| Materiales | | Cantidad | Volumen Absoluto por m ³ | |
|-----------------|---------|----------|-------------------------------------|---------------------|
| Cemento | 404.07 | kg | Cemento | .136 m ³ |
| Agua | 205.83 | lt | Agua | .206 m ³ |
| Aire Atrapado | 2.00 | % | Aire Atrapado | .020 m ³ |
| TOTAL | | | TOTAL | .362 |
| Agregado Grueso | 603.02 | kg | Agregado Grueso 35% | .223 m ³ |
| Agregado Fino | 1041.09 | kg | Agregado Fino 65% | .415 m ³ |

| Valores por m ³ / Seco | | | Corrección por Humedad y Absorción m ³ | | |
|-----------------------------------|----------|----|---|----------|-------------------|
| Cemento | 404.07 | kg | Cemento | 404.07 | kg/m ³ |
| Agua | 205.83 | lt | Agua Corregida | 219.81 | lt/m ³ |
| Agregado Grueso Seco | 603.02 | kg | Agregado Grueso | 599.76 | kg/m ³ |
| Agregado Fino Seco | 1,041.09 | kg | Agregado Fino | 1,030.37 | kg/m ³ |
| SikaCem - 1 Fiber | .700 | kg | SikaCem - 1 Fiber | .700 | kg/m ³ |
| 2,254.71 | | | 2,254.71 | | |

D) PROPORCIONES FINALES

| Proporcion / Bolsa de Cemento (Peso) | | | Proporción / Bolsa de Cemento (Volumen) | | |
|--------------------------------------|--------|----|---|-------|----------------|
| Cemento | 42.50 | kg | Cemento | 1.00 | p ³ |
| Agua | 23.12 | lt | Agua | .54 | lt |
| Agregado Grueso | 63.08 | kg | Agregado Grueso | 1.48 | p ³ |
| Agregado Fino | 108.37 | kg | Agregado Fino | 2.55 | p ³ |
| SikaCem - 1 Fiber | .074 | kg | SikaCem - 1 Fiber | .0017 | p ³ |

Nota: Revisar el ver Anexo B-2 para mas detalles.

Tabla 3. 25

Diseño, características y proporciones finales de CRF245-1.2(20)

A) CARACTERISTICA DE LOS AGREGADOS

| AGREGADO GRUESO | | | AGREGADO FINO | | |
|------------------------|-------|--------------------|------------------------|-------|--------------------|
| Tam. Máximo | 3/4" | | | | |
| Peso Específico | 2.70 | gr/cm ³ | Peso Específico | 2.51 | gr/cm ³ |
| Peso Unit. Comp. | 1559 | gr/cm ³ | Peso Unit. Comp. | 1707 | gr/cm ³ |
| Peso Unit. Suel. | 1439 | gr/cm ³ | Peso Unit. Suel. | 1592 | gr/cm ³ |
| Absorción | .94 | % | Absorción | 1.63 | % |
| Humedad | .40 | % | Humedad | .60 | % |
| Modulo de Fineza | 7.44 | | Modulo de Fineza | 2.77 | |
| Porcentaje de Agregado | 35.00 | % | Porcentaje de Agregado | 65.00 | % |

B) CARACTERISTICA DEL DISEÑO DE MEZCLA

| DATOS | | | ASENTAMIENTO | |
|-------------------------|------------|--------------------|------------------------|---------|
| Resistencia Especifica | f'c = 245 | kg/cm ² | Asentamiento de diseño | 6 " |
| Resistencia Requerida | f'cr = 329 | kg/cm ² | Asentamiento requerido | 3" - 4" |
| Peso Específico Cemento | 2.97 | gr/cm ³ | RELACIÓN | |
| Dosis SikaCem-1 Fiber | 1.200 | gr/cm ³ | a/c = .51 | |

C) PROCESAMIENTO

| Materiales | | Cantidad | Volumen Absoluto por m ³ | |
|-----------------|---------|----------|-------------------------------------|---------------------|
| Cemento | 405.71 | kg | Cemento | .137 m ³ |
| Agua | 206.67 | lt | Agua | .207 m ³ |
| Aire Atrapado | 2.00 | % | Aire Atrapado | .020 m ³ |
| TOTAL | | | TOTAL | .363 |
| Agregado Grueso | 601.71 | kg | Agregado Grueso 35% | .223 m ³ |
| Agregado Fino | 1038.83 | kg | Agregado Fino 65% | .414 m ³ |

| Valores por m ³ / Seco | | | Corrección por Humedad y Absorción m ³ | | |
|-----------------------------------|----------|----|---|----------|-------------------|
| Cemento | 405.71 | kg | Cemento | 405.71 | kg/m ³ |
| Agua | 206.67 | lt | Agua Corregida | 220.62 | lt/m ³ |
| Agregado Grueso Seco | 601.71 | kg | Agregado Grueso | 598.46 | kg/m ³ |
| Agregado Fino Seco | 1,038.83 | kg | Agregado Fino | 1,028.13 | kg/m ³ |
| SikaCem - 1 Fiber | 1.200 | kg | SikaCem - 1 Fiber | 1.200 | kg/m ³ |
| 2,254.12 | | | 2,254.12 | | |

D) PROPORCIONES FINALES

| Proporcion / Bolsa de Cemento (Peso) | | | Proporción / Bolsa de Cemento (Volumen) | | |
|--------------------------------------|--------|----|---|-------|----------------|
| Cemento | 42.50 | kg | Cemento | 1.00 | p ³ |
| Agua | 23.11 | lt | Agua | .54 | lt |
| Agregado Grueso | 62.69 | kg | Agregado Grueso | 1.48 | p ³ |
| Agregado Fino | 107.70 | kg | Agregado Fino | 2.53 | p ³ |
| SikaCem - 1 Fiber | .126 | kg | SikaCem - 1 Fiber | .0030 | p ³ |

Nota: Revisar el Anexo B-2 para mas detalles.

3.5.4. Ensayos de Concreto Fresco.

Los siguientes ensayos son fundamentales para entender el comportamiento del concreto patrón y los concretos adicionados con fibra de polipropileno en su estado inicial (estado fresco).

3.5.4.1. Muestreo del Concreto Fresco.

Referencias Normativas

- NTP 339.036, 2011 CONCRETO. Practica normalizada para muestreo de mezclas de concreto fresco.
- ASTM C172 / C172M Standard Practice for Sampling Freshly Mixed Concrete.

Para obtener el muestreo de concreto, el tiempo transcurrido entre la porción inicial y final de una muestra debe ser la mas corto posible o menor a 15 min esta muestra debe estar libre de impurezas que puedan afectar al concreto, para realizar los ensayos de estado fresco se debe batir la mezcla para uniformizarla.

Para ensayos de resistencia la cantidad mínima de muestra es 18 lts. para otros ensayos como temperatura, asentamiento y aire incorporado dependerán del tamaño máximo del agregado.

3.5.4.2. Ensayo de Tiempo de Fragua.

Referencias Normativas

- NTP 339.082, 2011 CONCRETO. Ensayo normalizado para la determinación el tiempo de fraguado de mezclas por medio de la resistencia a la penetración.
- ASTM C403 / C403M - 16 Standard Test Method for Time of Setting of Concrete Mixtures by Penetration Resistance.

Se obtendrá una muestra de mortero fresco, el cual será el pasante al tamiz N° 4 (4.75 mm) del concreto como lo estipula la NTP 339.036, 2011 el mortero se colocará en el molde

respectivo para su ensayo, será sometido a una fuerza vertical hacia abajo por medio de una aguja la cual penetrará el molde de concreto a una profundidad de $25 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$, las penetraciones siguientes deben ser a una distancia no menor de 15 mm hasta lograr la no penetración de la aguja al mortero obtenido.



Figura 3. 18 Muestra de concreto y ensayo de tiempo de fragua

La medición del tiempo de fragua se dará entre la resistencia a la penetración del mortero versus el tiempo transcurrido (min:seg).

Los resultados obtenidos en el ensayo tiempo de fragua según la NTP 339.082, 2011 se muestran en la Tabla N° 3.26

Tabla 3. 26

Resultados de tiempo de fragua de concretos con y sin fibras

| | Tiempo de Fragua | |
|-------------------|-------------------|-----------------|
| | Inicial (min:seg) | Final (min:seg) |
| CSF210 | 72:35 | 110:00 |
| CRF210 - 0.4 (20) | 35:00 | 90:00 |
| CRF210 - 0.7 (20) | 76:30 | 105:00 |
| CRF210 - 1.2 (20) | 60:15 | 90:00 |
| CSF245 | 75:00 | 100:00 |
| CRF245 - 0.4 (20) | 48:14 | 107:00 |
| CRF245 - 0.7 (20) | 91:40 | 12:..00 |
| CRF245 - 1.2 (20) | 45:27 | 97:00 |

Nota: Revisar el Anexos C.3 y C.4 para mas detalles.

3.5.4.3. Ensayo de Contenido de Aire Atrapado.

Referencias Normativas

- NTP 339.081, 2011 CONCRETO. Metodo de ensayo volumétrico para determinar el contenido de aire del concreto fresco.
- ASTM C173/C73M Práctica Test Method for air Content of Freshly Mixed Concrete by Volumetric Method

Después de obtendrá una muestra de concreto fresco según la NTP 339.036, 2011 colocar la muestra obtenida en el recipiente de medición en dos capas equitativamente, varillar 25 veces en forma espiral de afuera hacia dentro en cada capa con una varilla de extremo redondeado, una vez culminado el varillado de capa golpear el recipiente con una comba de goma de 10 a 15 veces para cerrar los espacios vacíos generados por el varillado, ya lleno el recipiente con un exceso de concreto de 3 mm enrasar la superficie con la barra de enrasado hasta lograr una superficie uniforme, limpiar el borde del recipiente, tapar con la parte superior del medidor y asegurarla, introducir agua hasta que brote por el extremo, cerrar las válvulas de ingreso y salida de agua, bombear el instrumento hasta que la aguja del medidor llegue a cero, al llegar a cero purgar el instrumento y revisar la lectura del porcentaje de aire atrapado.



Figura 3. 19 Ensayo de aire atrapado de concreto con y sin fibra.

Los resultados obtenidos en el ensayo aire atrapado según la NTP 339.081, 2011 se muestran en la Tabla N° 3.27

Tabla 3. 27

Resultados de contenido de aire de concretos con y sin fibras

| Concreto | Contenido de Aire (%) | Concreto | Contenido de Aire (%) |
|-------------------|-----------------------|-------------------|-----------------------|
| CSF210 | 2.2 | CSF245 | 1.9 |
| CRF210 - 0.4 (20) | 2.1 | CRF245 - 0.4 (20) | 2.3 |
| CRF210 - 0.7 (20) | 1.9 | CRF245 - 0.7 (20) | 2.5 |
| CRF210 - 1.2 (20) | 1.8 | CRF245 - 1.2 (20) | 2.6 |

Nota: Revisar el Anexos C.5 y C.6 para mas detalles.

3.5.4.4. Ensayo de Asentamiento.

Referencias Normativas

- NTP 339.035, 2009 CONCRETO. Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto con el cono de Abrams.
- ASTM C 143 Standard Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete.

Una vez obtenida la muestra de concreto fresco, se colocará en un molde de forma cono trunco, el cual será llenado en tres capas iguales con un varillado de 25 golpes en forma de espiral de afuera hacia dentro por cada capa. El molde se retirará hacia arriba permitiendo que el molde se asiente.



Figura 3. 20 Ensayo de asentamiento de concreto con y sin fibra

La medición del asentamiento se dará entre la posición inicial y la desplazada, medida en el promedio de alturas del asentamiento.

Los resultados obtenidos en el ensayo asentamiento según la NTP 339.035, 2009 se muestran en la Tabla N° 3.28

Tabla 3. 28
Resultados de asentamiento de concreto con y sin fibra.

| Concreto | Slump Promedio | Concreto | Slump Promedio |
|-----------------|-----------------------|-----------------|-----------------------|
| CSF210 | 4 “ | CSF245 | 4 “ |
| CRF210-0.4(20) | 2 ½ “ | CRF245-0.4(20) | 3 “ |
| CRF210-0.7(20) | 2 ¼ “ | CRF245-0.7(20) | 2 ¼ “ |
| CRF210-1.2(20) | 1 ¼ “ | CRF245-1.2(20) | 2 “ |

Nota: Revisar el Anexos C.1 y C.2 para mas detalles.

3.5.4.5. Ensayo de Temperatura.

Referencias Normativas

- NTP 339.184, 2013 CONCRETO. Método de ensayo para determinar la temperatura de mezcla de concreto.
- ASTM C1064 Standard Test Method for Temperature of Freshly Mixed Portland Cement Concrete.

Una vez obtenida la muestra de concreto fresco en un recipiente o directamente en el elemento que se está vaciando coloque el instrumento de medición de temperatura, el sensor del instrumento de medición debe de estar sumergido 75 mm como mínimo, seguidamente se presionara levemente el rededor del instrumento de medición para evitar contacto con la temperatura ambiente. Se dejará el dispositivo entre 2 a 5 min como máximo para poder tomar la lectura registrada sin sacar el dispositivo (el dispositivo debe ser de una precisión de 0.5 °C). Los resultados obtenidos en el ensayo temperatura según la NTP 339.184, 2013 se muestran en los Anexos C.11 y C.12



Figura 3. 21 Temperatura de concreto con y sin fibras

3.5.4.6. Ensayo de Peso Unitario y Rendimiento.

Referencias Normativas

- NTP 339.046, 2013 CONCRETO. Método de ensayo para determinar el peso unitario, rendimiento, contenido de aire del concreto.
- ASTM C138/C138M Standard Test Method for Density (Unit Weight), Yield and Air Content (Gravimetric) of Concrete.

Una vez obtenida la muestra de concreto fresco el cual será llenado en tres capas iguales con un varillado de 25 golpes en forma de espiral de afuera hacia dentro, seguida de 10 a 15 golpes laterales con la comba de goma. Al culminar la tercera capa enrazar la superficie, calcule la masa de la muestra de concreto (M_c), la masa del recipiente (M_r) en kilogramos, se debe tener el volumen del recipiente (V_r) en el cual se está desarrollando el ensayo.

El cálculo del peso unitario del concreto fresco se realizará con la siguiente formula:

$$\text{Peso Unitario} = \frac{M_c - M_r}{V_r}$$

Para el cálculo del rendimiento del concreto fresco se debe tener el volumen unitario del concreto (V_c) y el volumen de diseño dinámico del diseño de mezcla (V_d) el cual se calcula con la siguiente formula:

$$\text{Rendimiento} = \frac{V_c}{V_d}$$



Figura 3. 22 Ensayo de peso unitario de concreto con y sin fibras

Los resultados obtenidos en el ensayo peso unitario según la NTP 339.046, 2013 se muestran en la Tabla 3.29.

Tabla 3. 29

Resultados de ensayo de peso unitario de concreto con y sin fibras

| Concreto | Peso Unitario | Concreto | Peso Unitario |
|-------------------|---------------|-------------------|---------------|
| CSF210 | 2351.01 | CSF245 | 2336.87 |
| CRF210 - 0.4 (20) | 2348.18 | CRF245 - 0.4 (20) | 2339.70 |
| CRF210 - 0.7 (20) | 2348.18 | CRF245 - 0.7 (20) | 2334.05 |
| CRF210 - 1.2 (20) | 2346.77 | CRF245 - 1.2 (20) | 2336.87 |

Nota: Revisar el Anexos C.7 y C.8 para mas detalles.

3.5.4.7. Ensayo De Exudación.

Referencias Normativas

- NTP 339.077,2013 CONCRETO. Métodos de ensayo normalizados para exudación del concreto.
- ASTM C323-1999 Standard Test Method for Bleeding of Concrete.

Una vez obtenida la muestra de concreto fresco colocar y enrasar el concreto en un recipiente, mantener cubierta la muestra para evitar la pérdida de agua por evaporación en el recipiente.

Con una pipeta extraer el agua acumulada en intervalos de 10 min durante los primeros 40 min y después en intervalos de 30 min hasta que cese la exudación, registrar los tiempos cantidades de agua extraídas del concreto.



Figura 3. 23 Ensayo de exudación de concreto con y sin fibra

Los resultados obtenidos en el ensayo exudación según la NTP 339.077, 2013 se muestran en la Tabla 3.30.

Tabla 3. 30

Resultados de ensayo de exudación de concreto con y sin fibra

| Concreto | Exudación (ml) | Concreto | Exudación (ml) |
|-------------------|----------------|-------------------|----------------|
| CSF210 | 71 | CSF245 | 68 |
| CRF210 - 0.4 (20) | 63 | CRF245 - 0.4 (20) | 59 |
| CRF210 - 0.7 (20) | 58 | CRF245 - 0.7 (20) | 46 |
| CRF210 - 1.2 (20) | 37 | CRF245 - 1.2 (20) | 24 |

Nota: Revisar el Anexos C.10 y C.11 para mas detalles.

3.5.4.8. Elaboración de Probetas Cilíndricas de Concreto de 4"X8"

Referencias Normativas

- NTP 339.183, 2003 CONCRETO. Practica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de hormigón (concreto) en el laboratorio.

Una vez obtenida la muestra de concreto fresco remezclar la logrando homogenizar la muestra de manera que sea representativa al total del concreto, con la ayuda de un cucharón llenar en dos capas iguales el molde de 4" x 8", en el llenado de las capas se realiza un varillado de 25 golpes en forma de espiral de afuera hacia dentro, seguida de 10 a 15 golpes laterales con la comba de goma. Una vez culminada la segunda capa enrazar la superficie del espécimen y no moverlo por 24 horas.

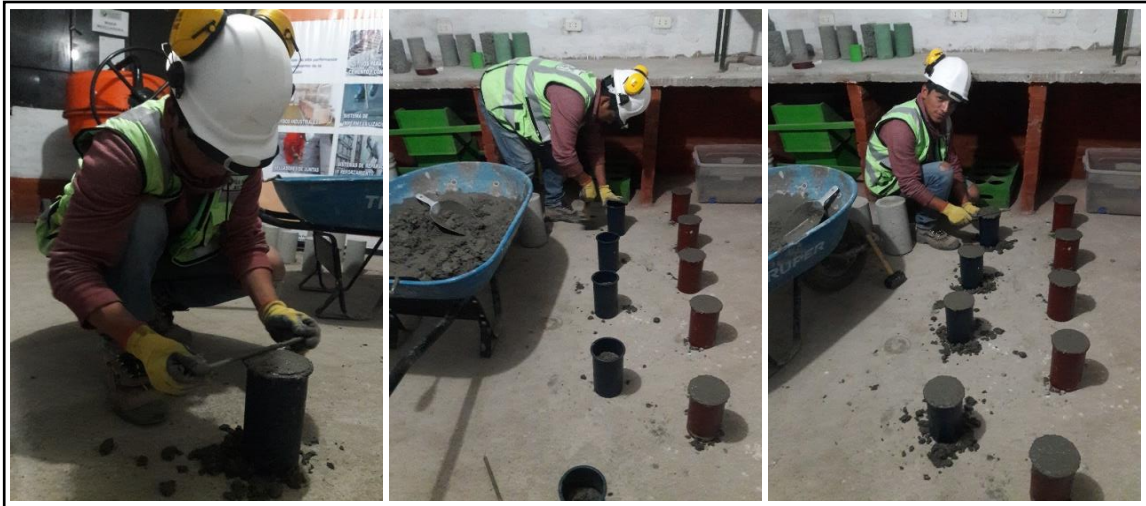


Figura 3. 24 Elaboración de probeta cilíndricas de 4"x8" de concreto con y sin fibra

3.5.5. Ensayos de Concreto en Estado Plástico.

Se evaluará la presencia de fisuras en losas aligeradas las cuales son generadas pro rápidas pérdidas de humedad provocada por factores climáticos.

3.5.5.1. Evaluación de Fisuras por Retracción Plásticas en Campo

Referencias Normativas

- ACI 224.1R-93 Causas, Evaluación y Reparación de Fisuras en Estructuras de Hormigón.

Para localizar la aparición de fisuras se determina mediante observación directa e indirecta, en el cual se registran las ubicaciones y anchos fe fisura utilizando un esquema de la losa aligerada.

Se lograrán tomar estos datos con la ayuda de un comparador de fisuras que presenta una exactitud de 0.05 mm, en el esquema también se incluye observaciones como hora de aparición, longitud de fisura, humedad, velocidad de viento, temperatura ambiente, temperatura del concreto y longitud final de la fisura.

Todos estos datos fueron tomados el 16 de agosto del 2017 con la ayuda de una mini estación meteorológica.



Figura 3. 25 Toma de datos ambiental con estación meteorológica

3.5.6. Ensayos de Concreto en Estado Endurecido.

El siguiente ensayo es de vital importancia para las edificaciones, en el cual es prioridad controlar la evolución de la resistencia del concreto hasta su edad optima de 28 días.

3.5.6.1. Curado de Probetas de Concreto

Referencias Normativas

- NTP 339.183, 2003 CONCRETO. Practica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de hormigón (concreto) en el laboratorio.

Ya desmoldados los especímenes serán trasladados con sumo cuidado a un tanque de agua a una temperatura de $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ el cual estará mezclado con hidróxido de calcio para revertir su carbonatación, la cantidad de agua debe de cubrir los especímenes manteniéndose a si hasta el día de rotura de espécimen.

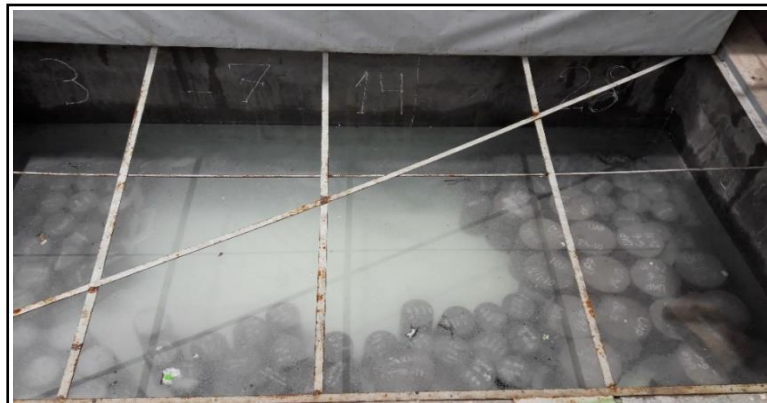


Figura 3. 26 Posa de curado de muestras de probetas de 4"x8"

3.5.6.2. Ensayos de Resistencia a la Compresión.

Referencias Normativas

- NTP 339.034, 2013 CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas.
- ASTM C39/C39M Standard Test Method for Compressive strength of Cylindrical Concrete Specimens.

Las máquinas de ensayo a usar requieren de una capacidad conveniente suficiente y capaz de proveer una velocidad de carga de 0.25 ± 0.05 MPa/s sobre la probeta. Este ensayo se realizará a las edades de 24 horas, 3 días, 7 días, 28 días y 90 días.



Figura 3. 27 Probetas sometidas a ensayo de compresión

CAPÍTULO IV

4. Resultados

El presente capítulo corresponde la muestra de resultados, análisis de tablas y gráficos, de cada propiedad que presenta el concreto en sus estados fresco, plástico y endurecido en los cuales se evaluara la influencia que presenta la fibra de polipropileno en distintas dosis.

También se comprobarán las distintas pruebas hipótesis específicas propuestas mediante pruebas estadísticas con el programa estadístico SPSS, en el cual se evaluará la influencia que genera añadir distintas dosis de fibra de polipropileno al concreto por medio de comparaciones con su concreto patrón, también se elaboraran ecuaciones que nos ayudaran a anticiparnos la longitud de fisuras que se puedan generar a futuro.

4.1. Resultados de Ensayos al Concreto Fresco

Los distintos estándares que exige cumplir la NTP para la correcto elaboración y trabajo del concreto, son obtenidos en laboratorio los cuales son mostrados en las tablas 4.1, 4.2. En estas tablas se dan a conocer las variaciones de comparación entre los concretos adicionados de fibra con respecto al concreto patrón, los ensayos realizados fueron; asentamiento, tiempo de fragua, aire atrapado, peso unitario y exudación.

Tabla 4. 1

Resultados de ensayos de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en estado fresco

| ENSAYOS | Unidad | CSF210 | CRF210-0.4(20) | CRF210-0.7(20) | CRF210-1.2(20) |
|---------------|---------|-----------|----------------|----------------|----------------|
| Asentamiento | pulg. | 4" | 2 ½" | 2 ¼" | 1 ¼" |
| Variación | | 0% | 38% | 44% | 69% |
| T° FRAGUA | min:seg | 37.25 | 55.00 | 28.30 | 29.45 |
| Variación | | 0% | -48% | 24% | 21% |
| Aire atrapado | % | 2.2 | 2.1 | 1.9 | 1.8 |
| Variación | | 0% | 5% | 14% | 18% |
| Peso unitario | - | 2,351.015 | 2,348.188 | 2,348.188 | 2,346.774 |
| Variación | | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Exudacion | ml/m2 | 0.17 | 0.15 | 0.14 | 0.09 |
| Variación | | 0% | 11% | 18% | 48% |

Nota: Revisar el Anexos C para más detalles.

Tabla 4. 2

Resultados de ensayos de concreto $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$ en estado fresco

| ENSAYOS | Unidad | CSF245 | CRF245-0.4(20) | CRF245-0.7(20) | CRF245-1.2(20) |
|---------------|---------|-----------|----------------|----------------|----------------|
| Asentamiento | pulg. | 4" | 3" | 2 1/4" | 2" |
| Variación | | 0% | 23% | 44% | 50% |
| T° FRAGUA | min:seg | 35.00 | 58.46 | 29.20 | 51.33 |
| Variación | | 0% | -67% | 17% | -47% |
| Aire atrapado | % | 1.9 | 2.3 | 2.5 | 2.6 |
| Variación | | 0% | -21% | -32% | -37% |
| Peso unitario | - | 2,336.878 | 2339.705 | 2,334.051 | 2,336.878 |
| Variación | | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Exudacion | ml/m2 | 0.17 | 0.14 | 0.11 | 0.06 |
| Variación | | 0% | 13% | 32% | 65% |

Nota: Revisar el Anexos C para más detalles.

El Slump muestra una relación con la dosis de fibra añadidas a los concretos, las tablas 4.1, 4.2 muestra una relación directamente proporcional con la dosis de fibra añadida a los concretos $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$, la figura 4.1 nos muestra los asentamientos 2 1/2", 2 1/4", 1 1/4" y de 3", 2 1/4", 2" generados por los concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$ por sus dosis respectivamente.

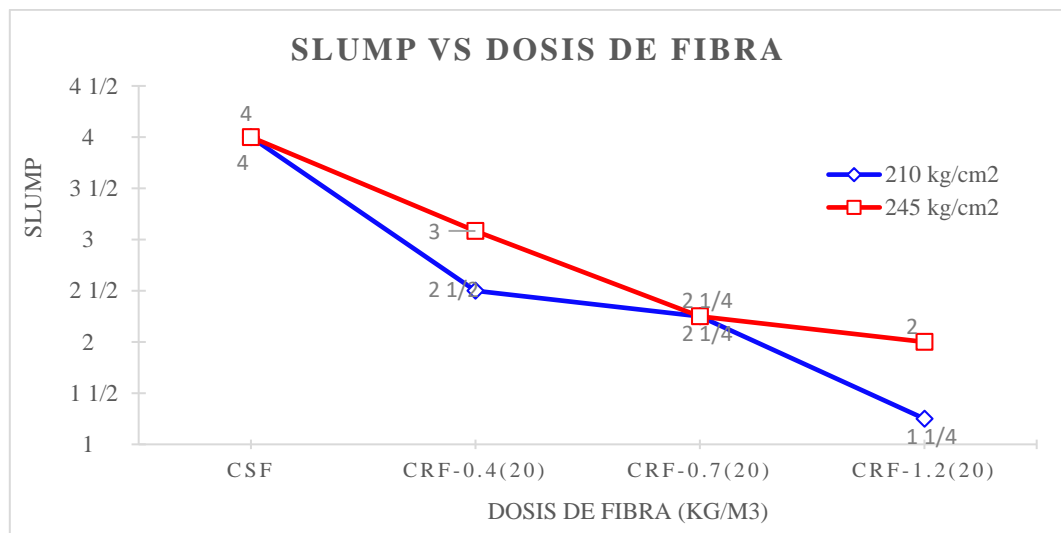


Figura 4. 1 Slump Vs dosis de fibra en Concretos $f'c=210\text{kg/cm}^2$ y $f'c=245\text{kg/cm}^2$

La figura 4.2 muestra disminución del asentamiento en un 62.50% del CRF210-0.4(20), 56.25% del CRF210-0.7(20) y de 31.25% el CRF210-1.2(20) con respecto al CSF210.

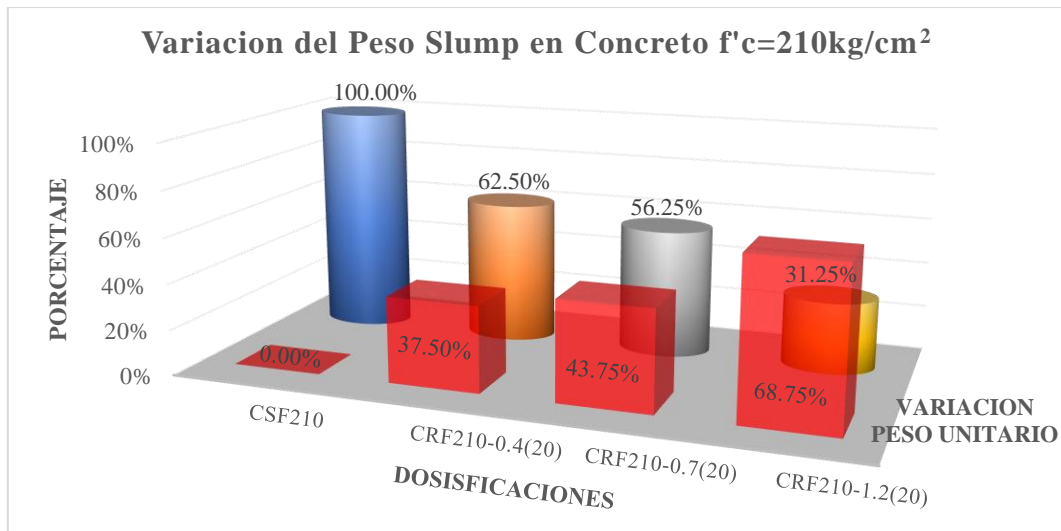


Figura 4. 2 Variación del asentamiento en los concretos $f'c=210\text{kg/cm}^2$.

La figura 4.3 muestra disminución del asentamiento en un 77.08% del CRF245-0.4(20), 56.25% del CRF245-0.7(20) y de 50% el CRF245-1.2(20) con respecto al CSF245.

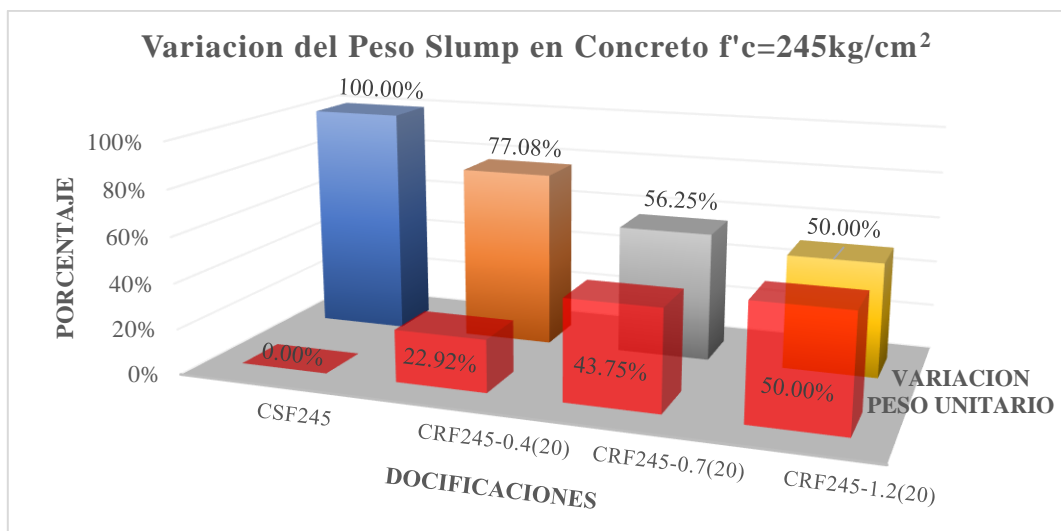


Figura 4. 3 Variación del asentamiento en los concretos $f'c=245\text{kg/cm}^2$

El tiempo de fragua no muestra una relación con la dosis de fibra añadidas a los concretos, la tablas 4.1, 4.2 muestra no presenta una relación para los concretos $f'c = 210\text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 245\text{ kg/cm}^2$, la figura 4.4 muestra tiempos de fragua variados 55:00 min:seg, 29:30 min:seg, 29:45 min:seg y de 58:46 min:seg, 29:20 min:seg, 51:33 min:seg, generados por los concreto $f'c = 210\text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 245\text{ kg/cm}^2$ por sus dosis respectivamente.

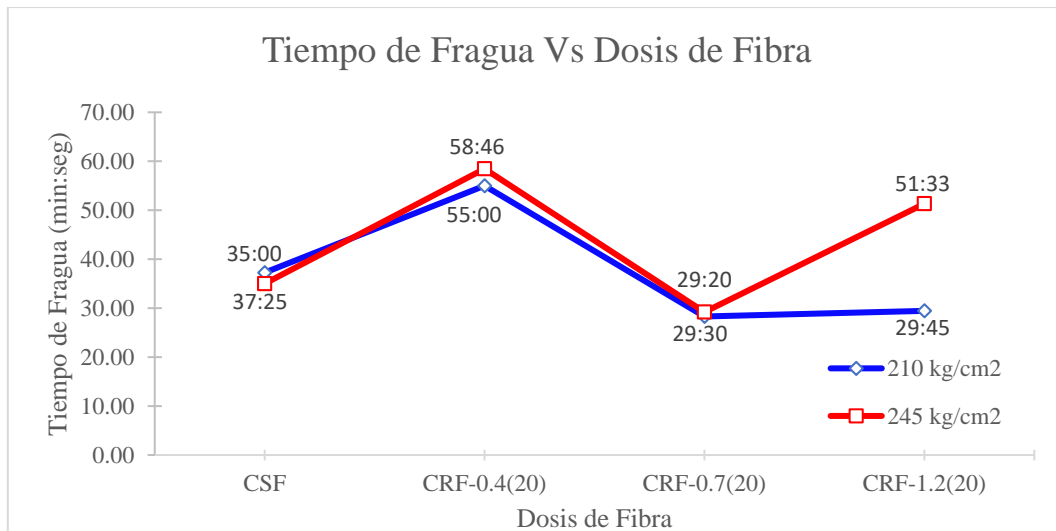


Figura 4. 4 Tiem. de fragua Vs dosis de fibra en concretos $f'c=210\text{kg/cm}^2$ y $f'c=245\text{kg/cm}^2$

La figura 4.5 muestra las variaciones de tiempo de fragua, en el CRF210-0.4(20) aumenta en un 47.65%, el CRF210-0.7(20) disminuye en 24.03% y el CRF210-1.2(20) disminuye en 20.94% con respecto al CSF210.

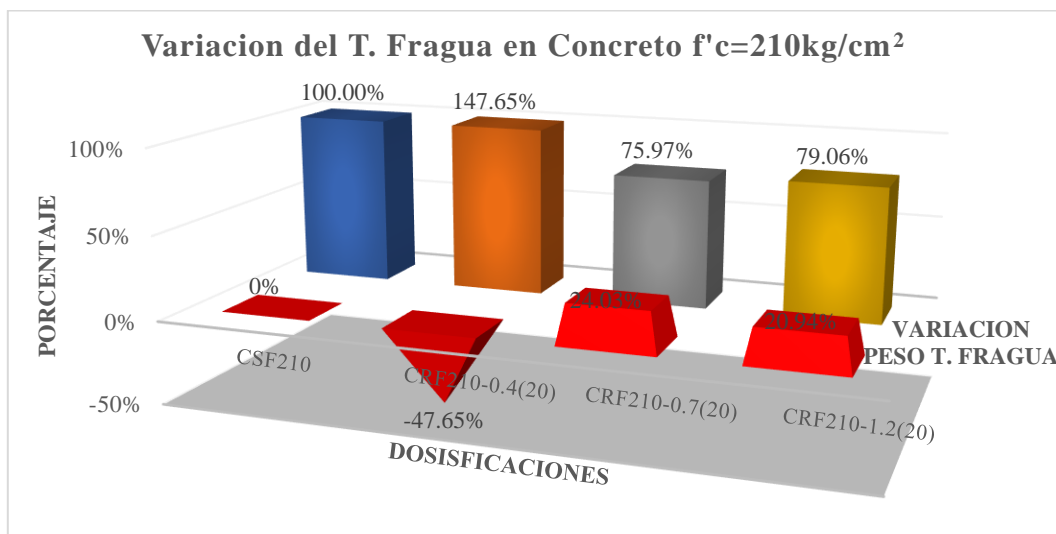


Figura 4. 5 Variación del tiempo de fragua en los concretos $f'c=210\text{kg/cm}^2$

La figura 4.6 muestra las variaciones de tiempo de fragua, en el CRF245-0.4(20) aumenta en un 67.03%, el CRF245-0.7(20) disminuye en 16.57% y el CRF245-1.2(20) aumenta en 46.66% con respecto al CSF245.

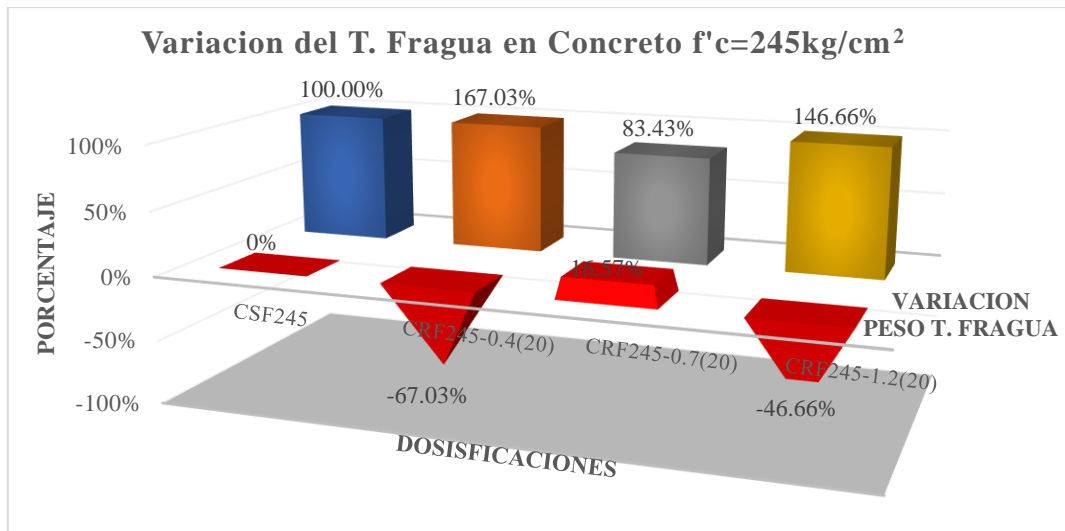


Figura 4.6 Variación del tiempo de fragua en los concretos $f'c=245\text{kg/cm}^2$

El aire atrapado muestra relaciones variadas con la dosis de fibra en los concretos, las tablas 4.1, 4.2 nos muestra una relación directamente proporcional a la dosis añadida en el concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, También muestra una relación inversa a la dosis añadida en el concreto $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$, la figura 4.7 muestra el aire atrapado 2.1%, 1.9%, 1.8% y de 2.3%, 2.5%, 2.6% generados por los concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$ por sus dosis respectivamente.

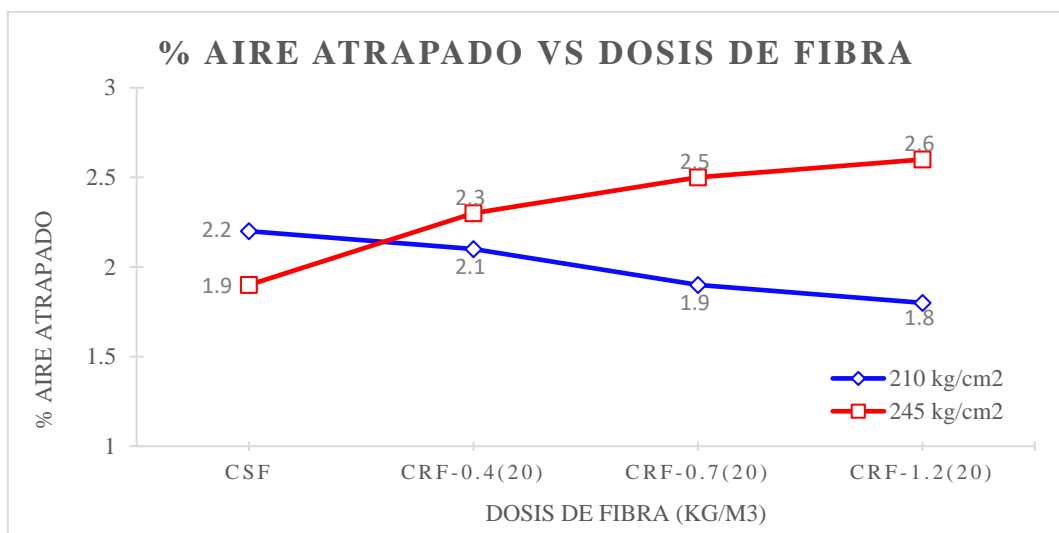


Figura 4.7 % Aire atrapado Vs dosis de fibra concretos $f'c=210\text{kg/cm}^2$ y $f'c=245\text{kg/cm}^2$

La figura 4.8 muestra disminuciones del aire atrapado en un 4.55% del CRF210-0.4(20), 13.64% del CRF210-0.7(20) y de 18.18% el CRF210-1.2(20) con respecto al CSF210.

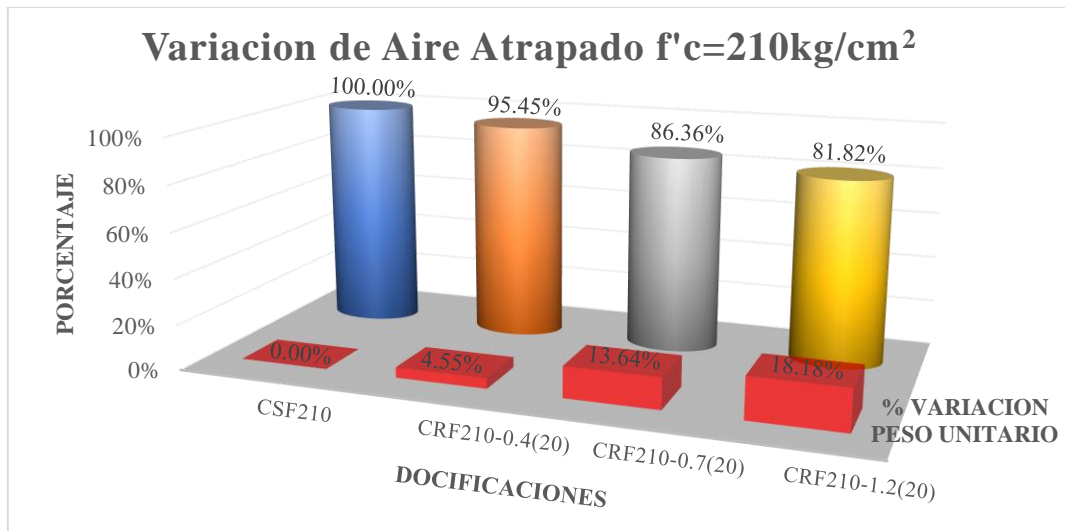


Figura 4. 8 Variación del aire atrapado en los concretos $f'c=210\text{kg/cm}^2$

La figura 4.9 muestra aumentos del aire atrapado en un 21.05% del CRF245-0.4(20), 31.58% del CRF245-0.7(20) y de 36.84% el CRF245-1.2(20) con respecto al CSF245.

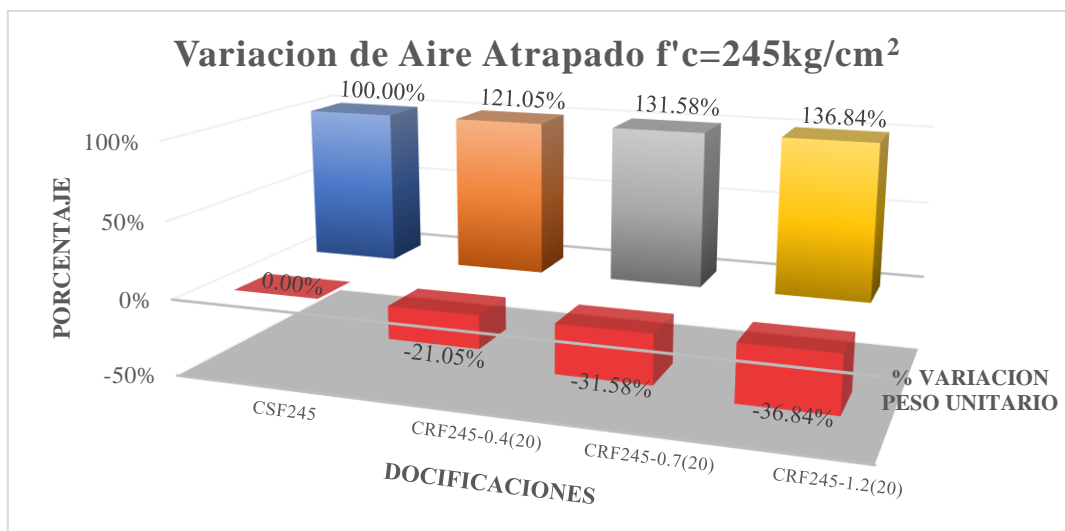


Figura 4. 9 Variación del aire atrapado en los concretos $f'c=245\text{kg/cm}^2$

El peso unitario muestra relaciones variadas con la dosis de fibra en los concretos, las tablas 4.1, 4.2 muestra relación directamente proporcional a las dosis añadidas en el concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, muestra que no presenta relacion con las dosis añadidas al concreto $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$, la figura 4.10 muestra el peso unitario 2348.19, 2348.19, 1346.77 y de 2339.71, 2334.05, 2336.88 generados por los concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$ por sus dosis respectivamente.

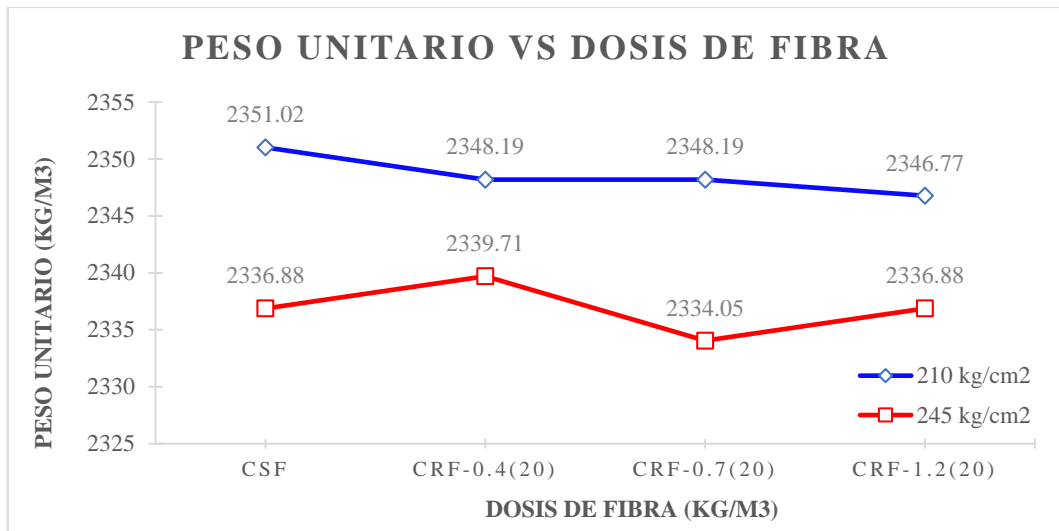


Figura 4. 10 Peso unitario Vs dosis de fibra en concretos $f'c=210\text{kg/cm}^2$ y $f'c=245\text{kg/cm}^2$

La figura 4.11 muestra disminuciones del aire atrapado en un 0.12% del CRF210-0.4(20), 0.12% del CRF210-0.7(20) y de 0.18% el CRF210-1.2(20) con respecto al CSF210.

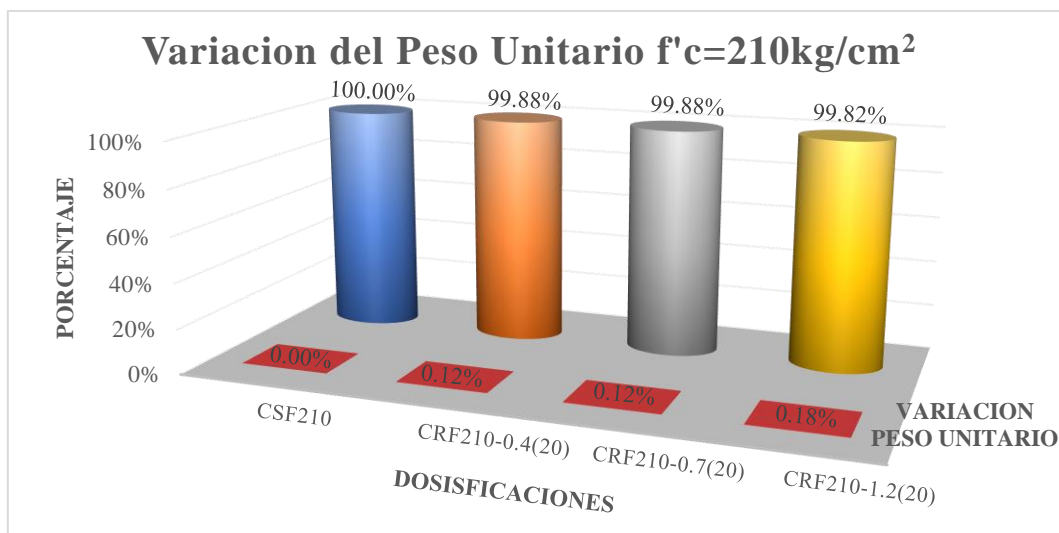


Figura 4. 11 Variación del peso unitario en los concretos $f'c=210\text{kg/cm}^2$

La figura 4.12 muestra las variaciones de peso unitario, en el CRF245-0.4(20) aumenta en un 0.12%, el CRF245-0.7(20) disminuye en 0.12% y el CRF245-1.2(20) se mantiene con un 0.00% con respecto al CSF245.

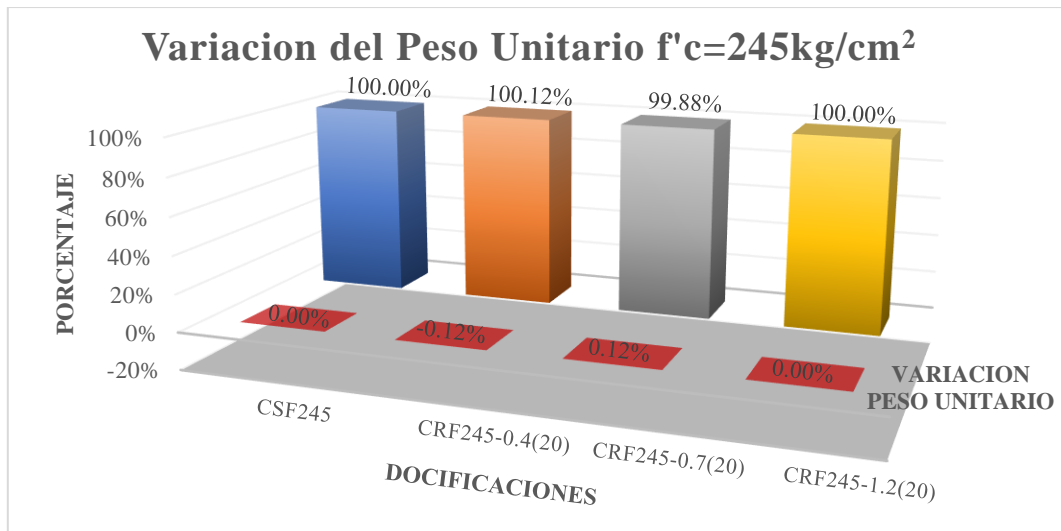


Figura 4. 12 Variación del peso unitario en los concretos $f'c=245\text{kg/cm}^2$

La exudación muestra una relación con la dosis de fibra añadidas a los concretos, las tablas 4.1, 4.2 muestra una relación directamente proporcional con la dosis de fibra añadida a los concretos $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$, la figura 4.13 nos muestra las exudaciones de 0.153ml, 0.141ml, 0.090ml y de 0.143ml, 0.112ml, 0.058ml generados por los concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$ por sus dosis respectivamente.

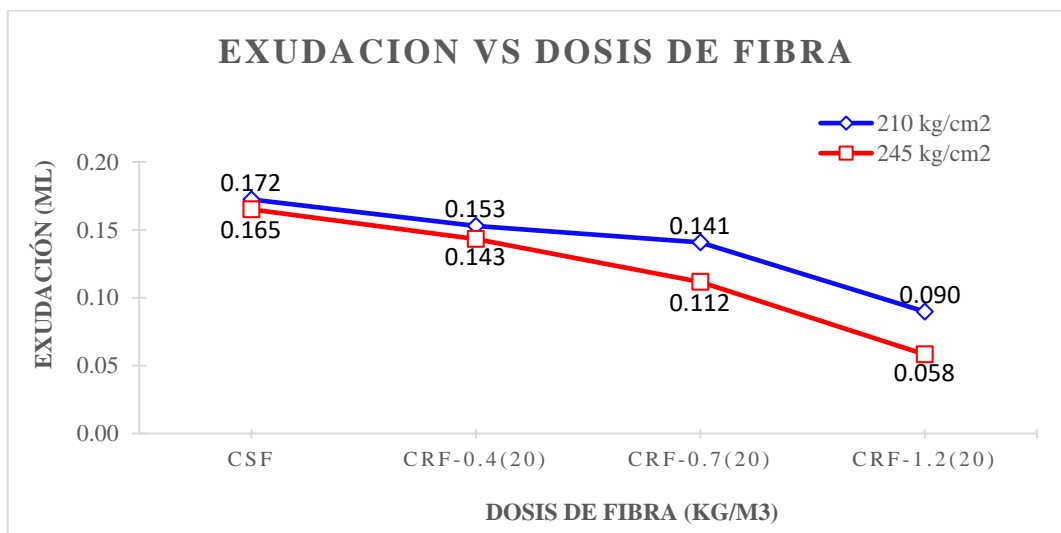


Figura 4. 13 Exudación Vs dosis de fibra en concretos $f'c=210\text{kg/cm}^2$ y $f'c=245\text{kg/cm}^2$

La figura 4.14 muestra disminuciones de la exudación en un 11.27% del CRF210-0.4(20), 18.31% del CRF210-0.7(20) y de 47.89% el CRF210-1.2(20) con respecto al CSF210.

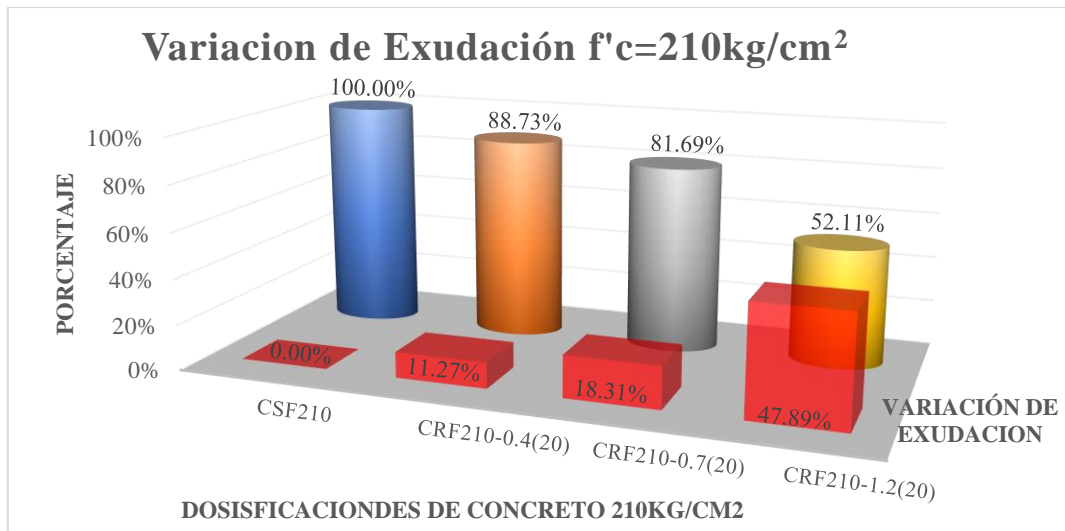


Figura 4. 14 Variación de exudación en los concretos $f'c=210\text{kg}/\text{cm}^2$

La figura 4.15 muestra disminuciones de la exudación en un 13.24% del CRF245-0.4(20), 32.35% del CRF245-0.7(20) y de 64.71% el CRF245-1.2(20) con respecto al CSF245.

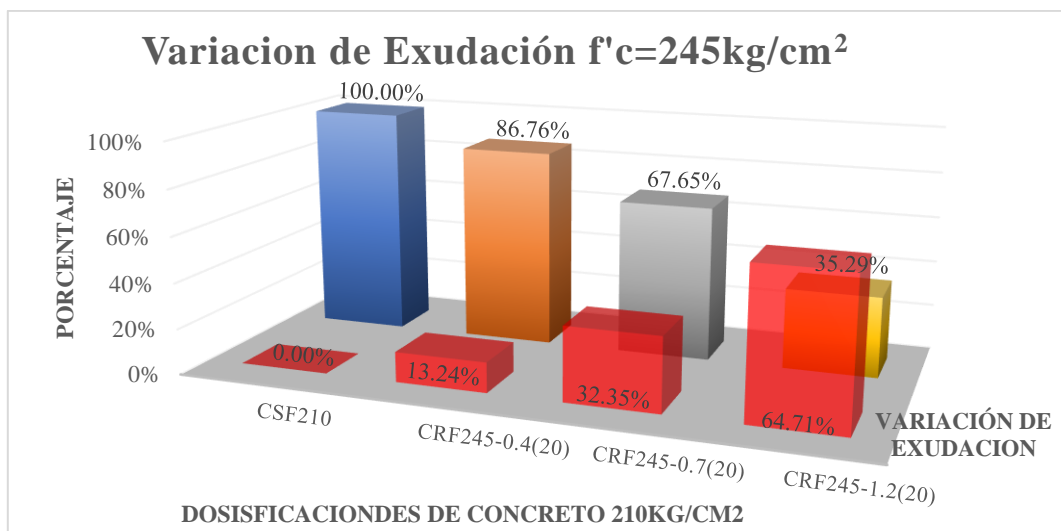


Figura 4. 15 Variación de exudación en los concretos $f'c=245\text{kg}/\text{cm}^2$

4.2. Resultados de Ensayos al Concreto Plástico

Para esta investigación se vaciaron 8 losas aligeradas de 1.20 m x 1.20 m de espesor 20 cm, con concreto elaborado con cemento andino tipo-IP, se generaron 4 losas aligeradas de $f'c=210\text{kg}/\text{cm}^2$ con relación $a/c = 0.56$ y 4 losas siguientes de $f'c=245\text{kg}/\text{cm}^2$ con relación $a/c = 0.51$, de estas una se mantendrá inalterada, los tres restantes contendrán distintas dosis de fibra de polipropileno; 400gr, 700gr y 1200gr.

4.2.1. Tiempo de Fisuración.

Las fisuras tienden a presentarse desde el fraguado inicial del concreto hasta un tiempo después del fraguado final. La tabla 4.3 nos muestra el tiempo inicial y final de aparición de fisuras.

Tabla 4. 3

Tiempo de aparición de fisuras en losas de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ y $f'c=245\text{kg/cm}^2$

| | Hora primera fisura (min) | Hora ultima fisura (min) |
|------------------------|---------------------------|--------------------------|
| CSF 210 | 55 | 121 |
| CRF 210-0.4(20) | 50 | 132 |
| CRF 210-0.7(20) | 55 | 130 |
| CRF 210-1.2(20) | 71 | 107 |
| CSF245 | 57 | 111 |
| CRF245-0.4(20) | 53 | 117 |
| CRF245-0.7(20) | 60 | 106 |
| CRF245-1.2(20) | 59 | 100 |

Nota: Revisar el Anexos D para mas detalles.

La figura 4.16 muestra los tiempos que dura la aparición de fisuras por retracción plástica, 66 min para CSF210, 82 min para CRF210-0.4(20), 75 min para CRF210-0.7(20) y de 36 min para CRF210-1.2(20).

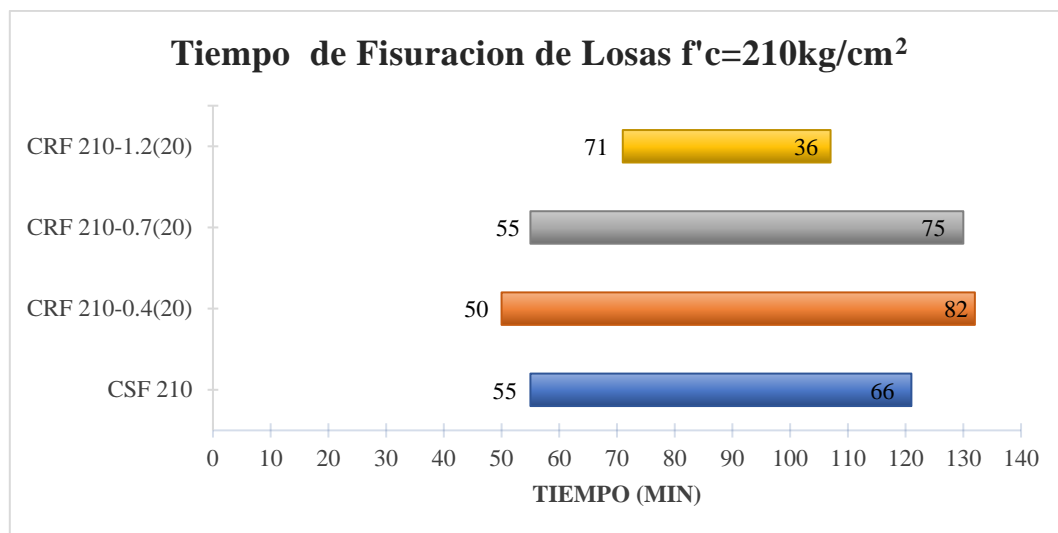


Figura 4. 16 Tiempo aparición de fisuras de losas $f'c=210\text{kg/cm}^2$

La figura 4.17 muestra los tiempos que dura la aparición de fisuras por retracción plástica, 54 min para CSF245, 64 min para CRF245-0.4(20), 46 min para CRF245-0.7(20) y de 41 min para CRF245-1.2(20).

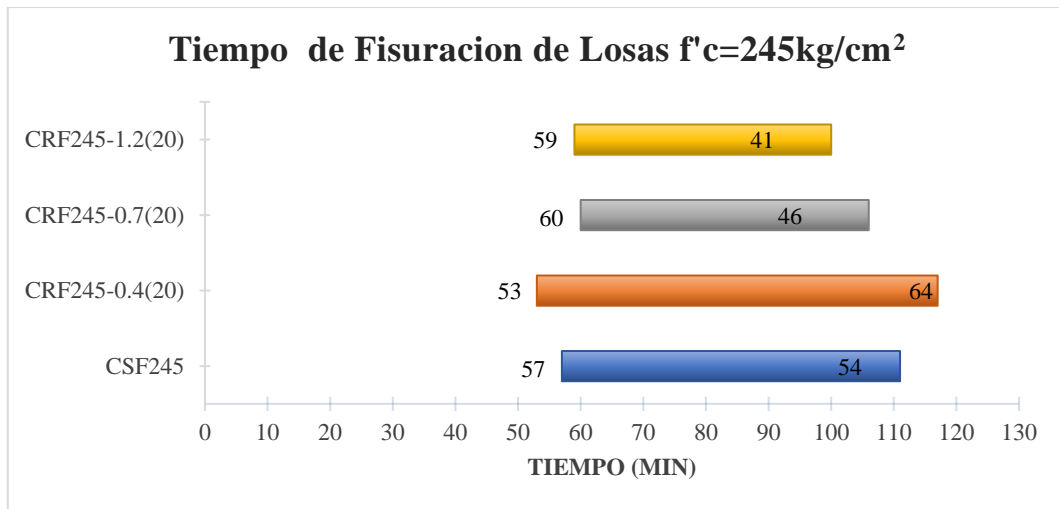


Figura 4. 17 Tiempo aparición de fisuras de losas $f'c=245\text{kg/cm}^2$

4.2.2. Cantidad de Fisuras.

La tabla 4.4 muestra una relación directamente proporcional con la dosis de fibra añadida a los concretos $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$, la figura 4.18 nos muestra las cantidades de fisuras 33, 28, 24 y de 32, 26, 12 generados por los concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$ respectivamente a sus dosis

Tabla 4. 4
Cantidad de fisuras en losas

| | 210 kg/cm ² (und) | 245 kg/cm ² (und) |
|-------------|------------------------------|------------------------------|
| CSF | 48 | 39 |
| CRF-0.4(20) | 33 | 32 |
| CRF-0.7(20) | 28 | 26 |
| CRF-1.2(20) | 24 | 12 |

Nota: Revisar el Anexos D para mas detalles.

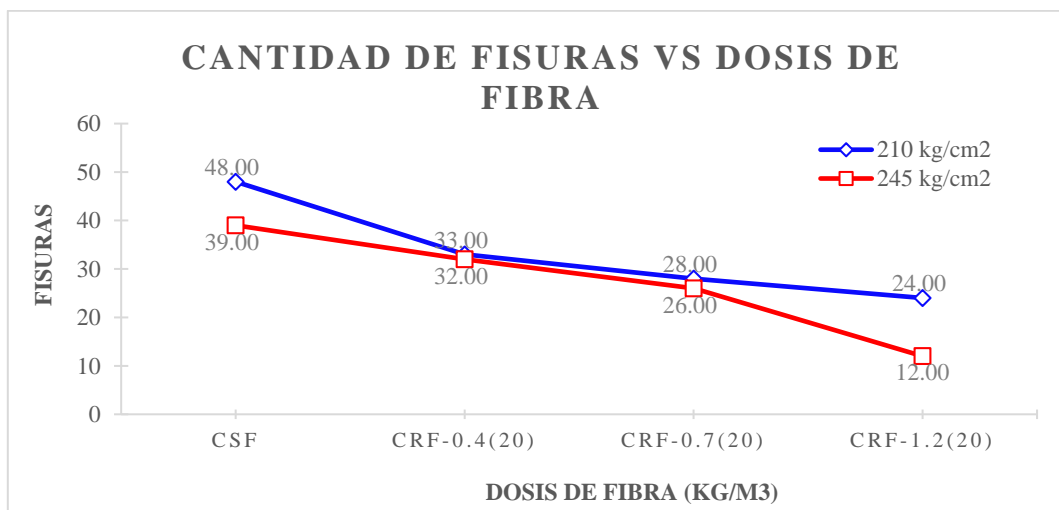


Figura 4. 18 Fisuras Vs Dosis de fibra en concretos $f'c=210\text{kg/cm}^2$ y $f'c=245\text{kg/cm}^2$

La figura 4.19 muestra disminución de la cantidad de fisuras por retracción plástica en un 31.25% del CRF210-0.4(20), 41.67% del CRF210-0.7(20) y de 50% el CRF210-1.2(20) con respecto al CSF210.

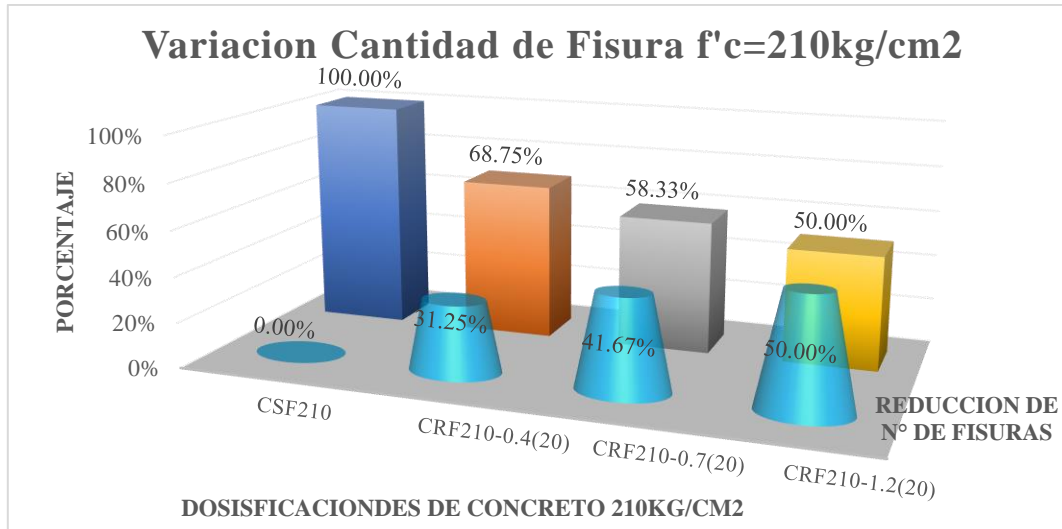


Figura 4. 19 Variación de cantidad de fisuras en losas f'c=210kg/cm²

La figura 4.20 muestra disminución de la cantidad de fisuras por retracción plástica en un 17.95% del CRF245-0.4(20), 33.33% del CRF245-0.7(20) y de 69.23% el CRF245-1.2(20) con respecto al CSF245.

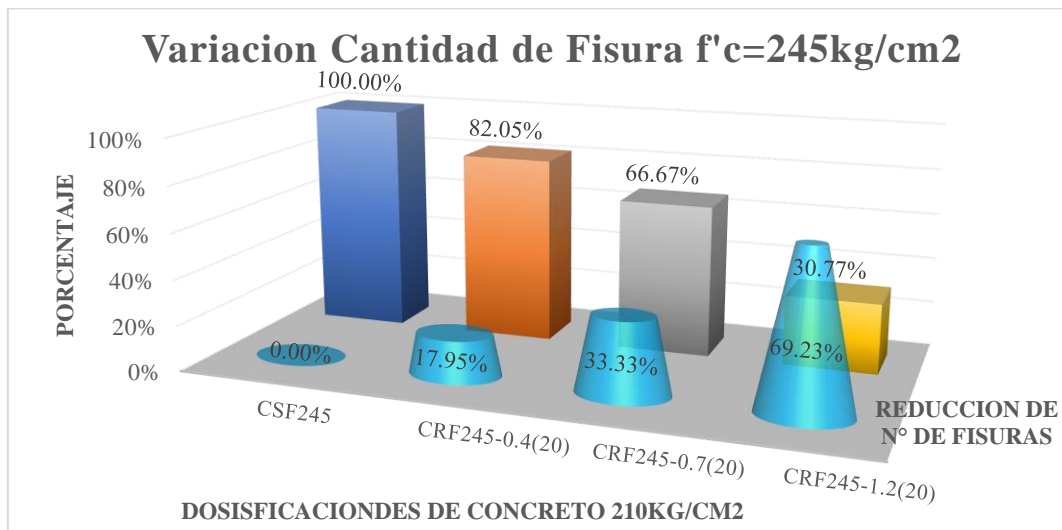


Figura 4. 20 Variación de cantidad de fisuras en losas f'c=245kg/cm²

4.2.3. Clasificación de Fisuras.

Las fisuras se clasificarán según su espesor, en función de la regla de mediciones normada por el ACI 224R-01 con el espesor mínimo de 0.05 mm y máximo de 0.80 mm como muestra la tabla 4.5.

Tabla 4. 5
Clasificación y variación de fisuras.

| | N° de Fisuras | Microfisuras .05 < e ≤ .10 | | Fisuras .10 < e ≤ .20 | | Macrofisuras .20 < e ≤ .40 | | Grietas .40 < e ≤ .80 | |
|----------------|---------------|-------------------------------|-----------|--------------------------|-----------|-------------------------------|-----------|--------------------------|-----------|
| | | N° | Variación | N° | Variación | N° | Variación | N° | Variación |
| CSF210 | 48 | 17 | 0% | 11 | 0% | 14 | 0% | 6 | 0% |
| CRF210-0.4(20) | 33 | 12 | 29.41% | 14 | -27.27% | 7 | 50.00% | 0 | 100.00% |
| CRF210-0.7(20) | 28 | 8 | 52.94% | 13 | -18.18% | 7 | 50.00% | 0 | 100.00% |
| CRF210-1.2(20) | 24 | 12 | 29.41% | 10 | 9.09% | 2 | 85.71% | 0 | 100.00% |
| CSF245 | 39 | 10 | 0% | 9 | 0% | 17 | 0% | 3 | 0% |
| CRF245-0.4(20) | 32 | 7 | 30.00% | 9 | 0.00% | 12 | 29.41% | 4 | -33.33% |
| CRF245-0.7(20) | 26 | 3 | 70.00% | 8 | 11.11% | 13 | 23.53% | 2 | 33.33% |
| CRF245-1.2(20) | 12 | 0 | 100.00% | 6 | 33.33% | 5 | 70.59% | 1 | 66.67% |

Nota: Revisar el ver Anexos D para mas detalles.

La figura 4.21 no muestra una relación con respecto a la dosis de fibra adicionada, las microfisuras disminuyen en 29.41% en el CRF210-0.4(20), 52.94% en el CRF210-0.7(20) y de 29.41% en el CRF210-1.2(20) con respecto al CSF210. Las fisuras aumentan en 27.27% en el CRF210-0.4(20), 18.18% en el CRF210-0.7(20) y disminuyen en 9.09% en el CRF210-1.2(20) con respecto al CSF210. Las macrofisuras disminuyen en 50% en el CRF210-0.4(20), 50% en el CRF210-0.7(20) y de 85.71% en el CRF210-1.2(20) con respecto al CSF210. Por ultimo las grietas disminuyen en 100% en todas las dosis con respecto al CSF210.

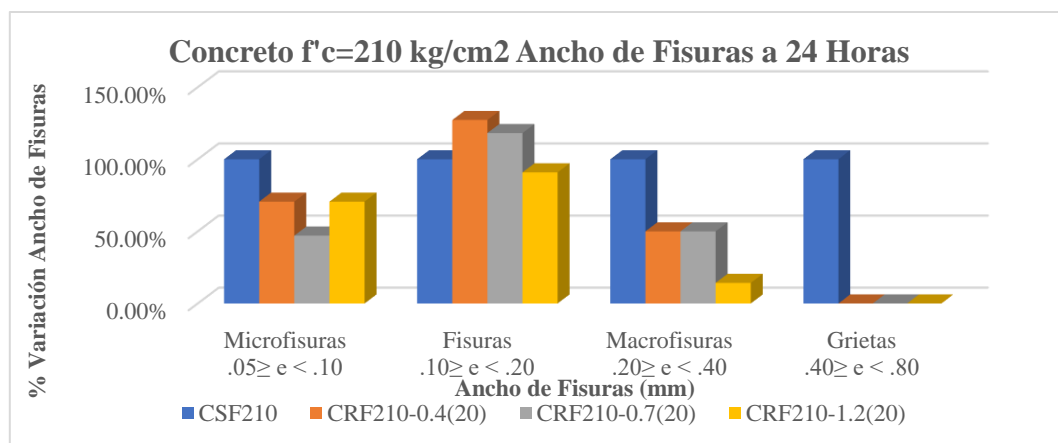


Figura 4. 21 Variación de clasificación de fisuras en losas f'c=210kg/cm²

La figura 4.22 no muestra una relación con respecto a la dosis de fibra adicionada, las microfisuras disminuyen en 30% en el CRF245-0.4(20), 70% en el CRF245-0.7(20) y de 100% en el CRF245-1.2(20) con respecto al CSF245. Las fisuras disminuyen en 0.01% en el CRF245-0.4(20), 11.11% en el CRF245-0.7(20) y en 33.33% en el CRF245-1.2(20) con respecto al CSF245. Las macrofisuras disminuyen en 29.41% en el CRF245-0.4(20), 23.53% en el CRF245-0.7(20) y de 70.59% en el CRF245-1.2(20) con respecto al CSF245. Por ultimo las grietas aumentan en 33.33% en el CRF245-0.4(20), disminuyen en 33.33% en el CRF245-0.7(20) y de 66.67% en el CRF245-1.2(20) con respecto al CSF245.

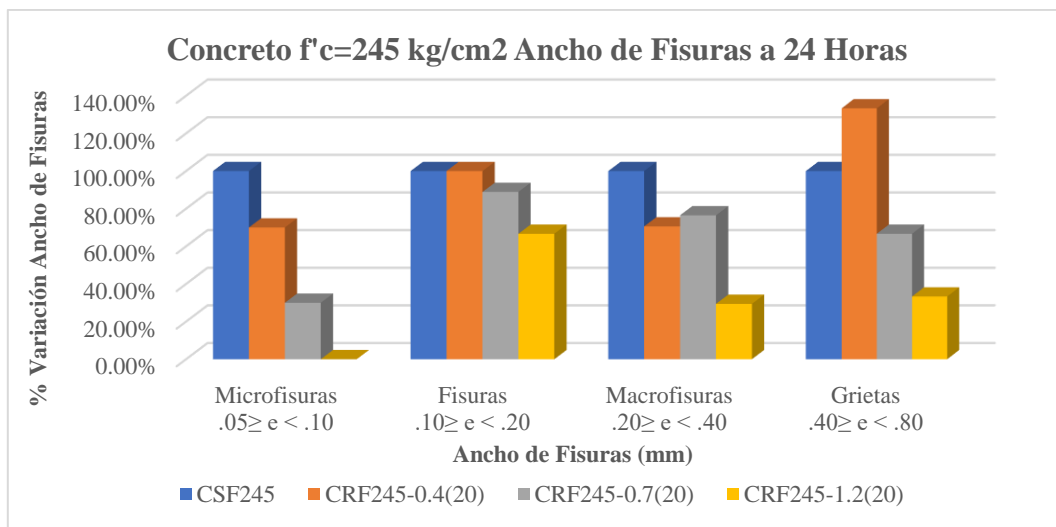


Figura 4. 22 Variación de clasificación de fisuras en losas $f'c=245\text{kg/cm}^2$

4.2.4. Espesor de Fisuras Por Retracción Plástica.

El espesor de fisura una relación con la dosis de fibra añadidas a los concretos, la tabla 4.6 muestra una relación inversamente proporcional con la dosis de fibra añadida a los concretos $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$.

Tabla 4. 6

Espesor y variación de fisuras de las losas

| | $f'c=210\text{kg/cm}^2$ | | $f'c=245\text{kg/cm}^2$ | |
|-------------|-------------------------|-----------|-------------------------|-----------|
| | Promedio | Variación | Promedio | Variación |
| CSF | .20 | 0% | .22 | 0% |
| CRF-0.4(20) | .13 | 34.91% | .21 | 5.58% |
| CRF-0.7(20) | .14 | 28.14% | .22 | 1.91% |
| CRF-1.2(20) | .10 | 50.12% | .21 | 6.17% |

Nota: Revisar el ver Anexos D para mas detalles.

La figura 4.23 nos muestra las disminuciones de 0.21, 0.22, 0.20 y de 0.13, 0.14, 0.10 generados en los concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$ por sus dosis respectivamente.

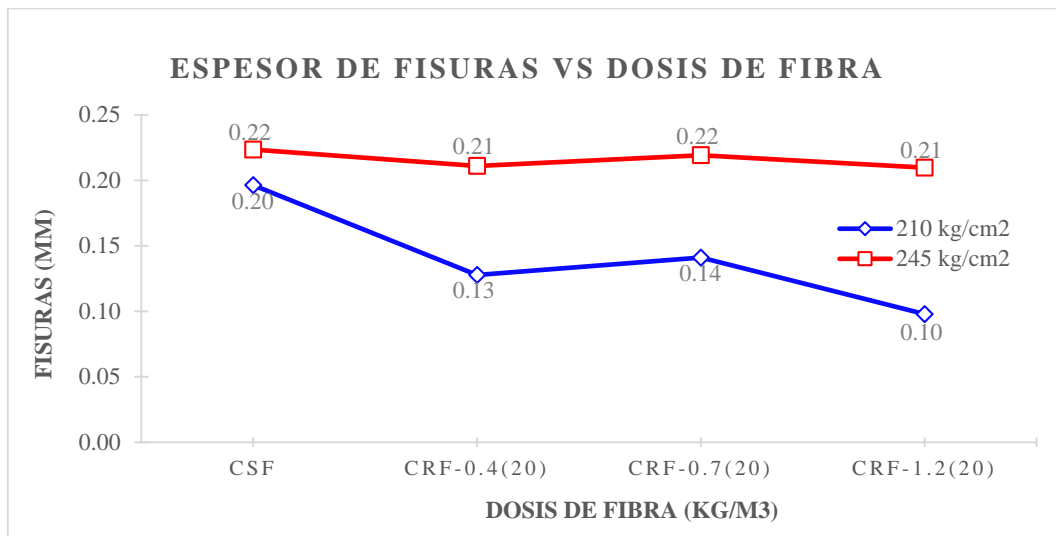


Figura 4. 23 Espesor de fisuras Vs dosis de fibra en losas $f'c=210\text{kg/cm}^2$ y $f'c=245\text{kg/cm}^2$

La figura 4.24 muestra la disminución de espesores de fisura en 34.91% para CRF210-0.4(20), 28.14% para CRF210-0.7(20) y de 50.12% para CRF210-1.2(20) con respecto al CSF210.

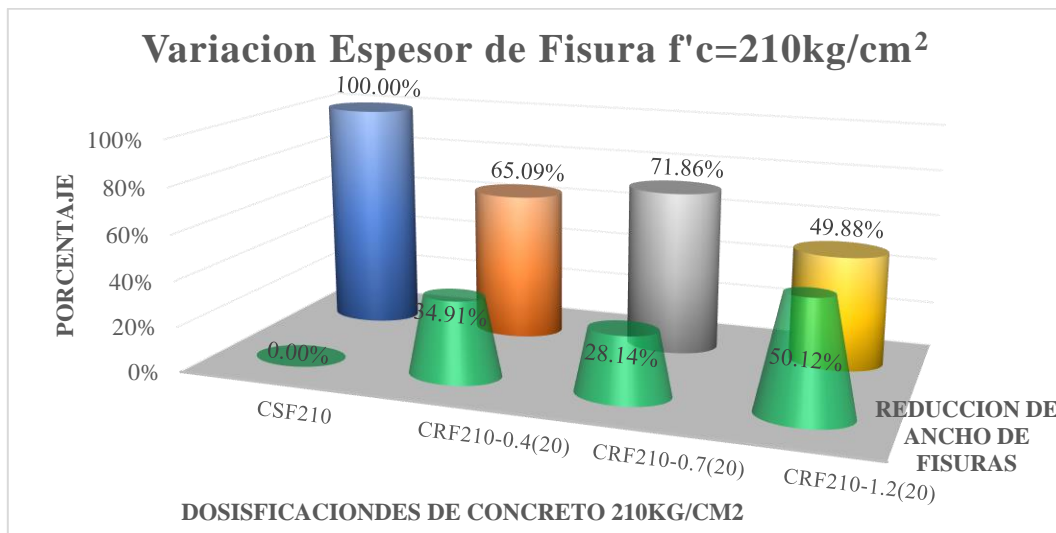


Figura 4. 24 Variación de espesor de fisuras en losas $f'c=210\text{kg/cm}^2$

La figura 4.25 muestra la disminución de espesores de fisura en 5.58% para CRF245-0.4(20), 1.91% para CRF245-0.7(20) y de 6.17% para CRF245-1.2(20) con respecto al CSF245.

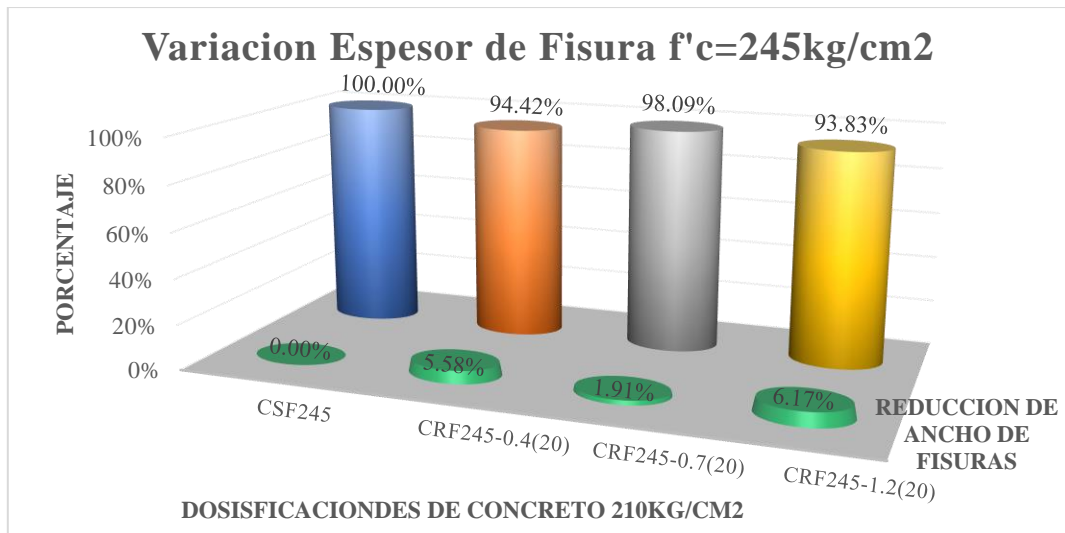


Figura 4. 25 Variación de espesor de fisuras en losas f'c=245kg/cm²

4.2.5. Longitud de Fisuras por Retracción Plástica.

El espesor de fisura no muestra una relación con la dosis de fibra añadidas a los concretos, la tabla 4.6 muestra una relación inversamente proporcional con la dosis de fibra añadida a los concretos $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$.

Tabla 4. 7

Longitud y variación de fisuras de las losas aligeradas

| | f'c=210kg/cm2 | | f'c=245kg/cm2 | |
|-------------|----------------------|-----------|----------------------|-----------|
| | Promedio | Variación | Promedio | Variación |
| CSF | 13.55 | 0% | 17.00 | 0% |
| CRF-0.4(20) | 12.95 | 4.41% | 16.84 | .92% |
| CRF-0.7(20) | 13.55 | -.01% | 16.61 | 2.31% |
| CRF-1.2(20) | 12.48 | 7.92% | 16.88 | .74% |

Nota: Revisar el ver Anexos D para mas detalles.

La figura 4.26 nos muestra las disminuciones de 16.84, 16.61, 16.88 y de 12.95, 13.55, 12.48 generados en los concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$ por sus dosis respectivamente.

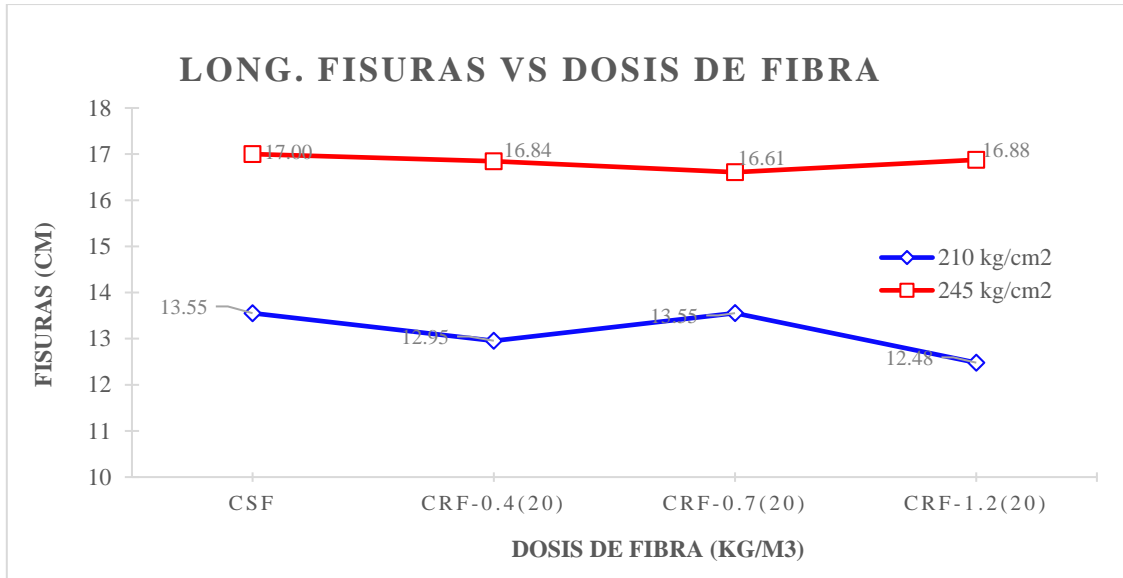


Figura 4. 26 Long. de fisuras Vs dosis de fibra en losas f'c=210kg/cm² y f'c=245kg/cm²

La figura 4.24 muestra la disminución de espesores de fisura en 4.41% para CRF210-0.4(20), 0% para CRF210-0.7(20) y de 7.92% para CRF210-1.2(20) con respecto al CSF210.

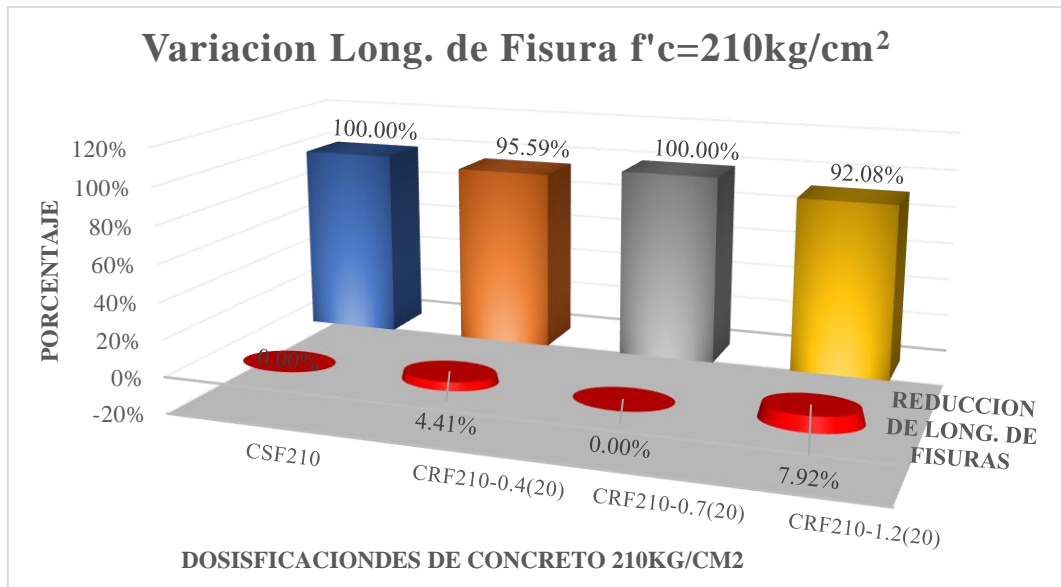


Figura 4. 27 Variación de longitud de fisuras en losas f'c=210kg/cm²

La figura 4.28 muestra la disminución de espesores de fisura en 0.92% para CRF245-0.4(20), 2.31% para CRF245-0.7(20) y de 1.74% para CRF245-1.2(20) con respecto al CSF245.

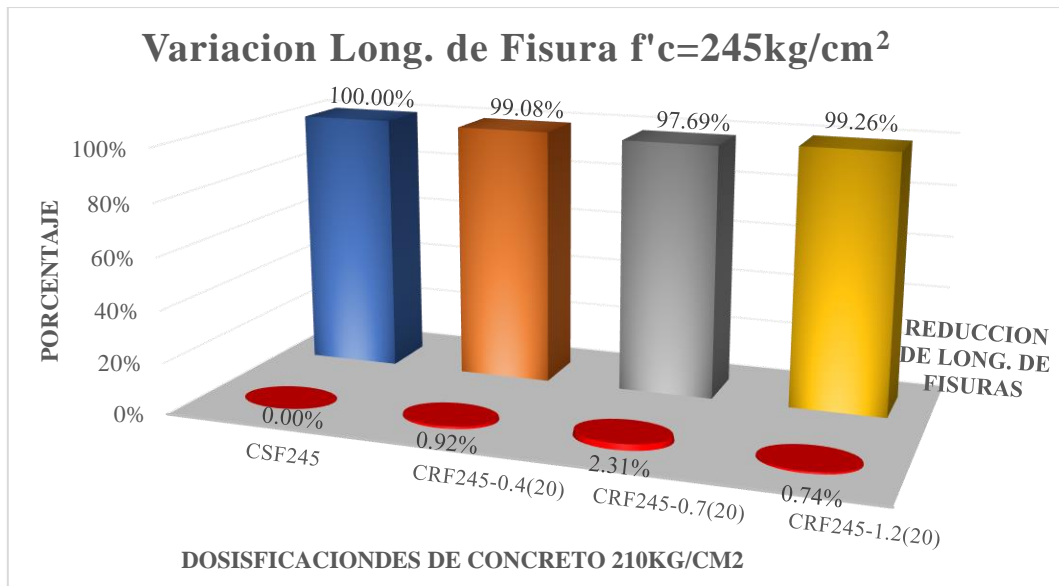


Figura 4. 28 Variación de longitud de fisuras en losas $f'c=245\text{kg/cm}^2$

4.3. Resultados de Ensayos al Concreto Endurecido.

Para el análisis de resultados de los ensayos a la compresión de concreto en laboratorio se usara la norma (Comité ACI 214-65, 1965), el cual nos indica el concreto proceso para el cálculo de la desviación estándar (dispersión) y el coeficiente de variación de los ensayos para especímenes menores a iguales a 10.

La formulas son las siguientes;

$$\sigma_1 = \frac{1}{d_2} R \quad y \quad V_1 = \frac{\sigma_1}{X} \times 100$$

Donde:

σ_1 = desviacion estandar de los ensayos (dispersion).

$\frac{1}{d_2}$ = constante depende del numero de cilindros de cada grupo (Tabla 4.8).

R = intervalo promedio de los cilindros conpañeros.

V_1 = coeficiente de variacion de los ensayos.

X = resistencia promedio.

La Tabla 4.8 muestra los valores de la constante que depende del número de muestras roturadas.

Tabla 4. 8*Factor para calculo de la desviación estandar en los ensayos*

| Nº Muestra | d ₂ | 1/d ₂ |
|------------|----------------|------------------|
| 2 | 1.128 | .8865 |
| 3 | 1.693 | .5907 |
| 4 | 2.059 | .4857 |
| 5 | 2.326 | .4299 |
| 6 | 2.534 | .3946 |
| 7 | 2.704 | .3698 |
| 8 | 2.847 | .3512 |
| 9 | 2.97 | .3367 |
| 10 | 3.078 | .3249 |

FUENTE: ACI 214.1-65.

Tabla 4.9 muestran la dispersión de resultados de tres probetas de 4" x 8" para condiciones de laboratorio la (N(NTP 339.034, 200 esta permite una dispersión máxima de 10.60 el cual cumplen todos los concretos a edades progresivas, esta misma limita los coeficientes de dispersión en 3.2% para probetas de 4" x 8" en condiciones de laboratorio, del total de probetas el 29.17% sobrepasa la dispersión para los distintos concretos f'c=210kg/cm².

Tabla 4. 9*Dispersión y coeficiente de variación de roturas de f'c=210kg/cm²*

| Edad | Dispersión CSF210 | Dispersión CRF210-0.4(20) | Dispersión CRF210-0.7(20) | Dispersión CRF210-1.2(20) |
|--------|----------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Día 1 | .22 | 2.19 | 1.38 | 2.24 |
| Día 3 | 9.57 | 3.33 | 6.46 | 1.85 |
| Día 7 | 10.39 | 8.48 | 4.68 | 2.09 |
| Día 14 | 0.84 | 1.49 | 6.24 | 2.10 |
| Día 28 | 3.24 | 3.30 | 3.63 | 2.58 |
| Día 60 | 3.92 | 1.70 | 1.36 | 4.65 |
| Edad | Coef. Variación | Coef. Variación | Coef. Variación | Coef. Variación |
| Día 1 | .49% | 4.45% | 3.59% | 5.29% |
| Día 3 | 6.35% | 2.25% | 5.41% | 1.53% |
| Día 7 | 4.89% | 4.02% | 2.68% | 1.17% |
| Día 14 | .34% | .58% | 2.92% | .97% |
| Día 28 | 1.07% | 1.12% | 1.34% | .96% |
| Día 60 | 1.16% | .58% | .40% | 1.35% |

Nota: Revisar el Anexos E para más detalles.

La Tabla 4.10 muestran la dispersión de resultados de tres probetas de 4" x 8" para condiciones de laboratorio la (NTP 339.034, 2008) esta permite una dispersión máxima de

10.60 el cual cumplen todos los concretos a edades progresivas, esta misma limita los coeficientes de dispersión en 3.2% para probetas de 4" x 8" en condiciones de laboratorio, del total de probetas el 37.50% sobrepasa la dispersión para los distintos concretos $f'_c=245\text{kg/cm}^2$.

Tabla 4. 10

Dispersión y coeficiente de variación de roturas de $f'_c=245\text{kg/cm}^2$

| | Dispersión CSF245 | Dispersión CRF245-0.4(20) | Dispersión CRF245-0.7(20) | Dispersión CRF245-1.2(20) |
|--------|------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Día 1 | 2.42 | 1.44 | 1.69 | .75 |
| Día 3 | 1.27 | 6.23 | 2.76 | 4.04 |
| Día 7 | 3.74 | 4.90 | 2.45 | 2.36 |
| Día 14 | 3.64 | 3.46 | 2.90 | 5.42 |
| Día 28 | 6.97 | 4.07 | 3.57 | 4.69 |
| Día 60 | 3.36 | 1.96 | 2.48 | 2.72 |
| | Coef. Variación | Coef. Variación | Coef. Variación | Coef. Variación |
| Día 1 | 4.98% | 2.38% | 2.55% | 1.07% |
| Día 3 | .82% | 3.47% | 1.51% | 2.41% |
| Día 7 | 1.70% | 1.99% | 1.01% | 1.08% |
| Día 14 | 1.35% | 1.09% | .99% | 2.01% |
| Día 28 | 2.35% | 1.23% | 1.09% | 1.50% |
| Día 60 | .90% | .50% | .63% | .75% |

Nota: Revisar el Anexos E para más detalles.

4.3.1. Resistencia a la Compresión.

La Tabla 4.11 muestra una disminución en la resistencia de los concreto $f'_c=210\text{ kg/cm}^2$ contrastándolos con el concreto patrón y sus respectivas dosis de fibra de polipropileno a edades de 1,3,7, 14, 28 y 60 días nos brinda un decrecimiento en ña resistencia a la compresión de un 4.07% a 15.24%.

Tabla 4. 11

Variación de la resistencia a la con respecto de $f'_c=210\text{ kg/cm}^2$

| Edad | CSF210 | | CRF210-0.4(20) | | CRF210-0.7(20) | | CRF210-1.2(20) | |
|-------------|---------------|-----------|-----------------------|-----------|-----------------------|-----------|-----------------------|-----------|
| | Resistía | Variación | Resistía | Variación | Resistía | Variación | Resistía | Variación |
| Día 1 | 44.31 | 100% | 49.06 | 110.73% | 38.31 | 86.47% | 42.28 | 95.43% |
| Día 3 | 150.76 | 100% | 148.31 | 98.37% | 119.42 | 79.21% | 121.59 | 80.65% |
| Día 7 | 212.53 | 100% | 210.81 | 99.19% | 174.53 | 82.12% | 178.52 | 84.00% |
| Día 14 | 249.62 | 100% | 255.28 | 102.27% | 213.98 | 85.72% | 215.29 | 86.25% |
| Día 28 | 304.31 | 100% | 293.01 | 96.29% | 271.56 | 89.24% | 269.46 | 88.55% |
| Día 60 | 336.81 | 100% | 291.29 | 86.48% | 343.84 | 102.09% | 345.86 | 102.69% |

Nota: Revisar el Anexos E para más detalles.

La figura 4.29 muestra una relación inversamente proporcional a la dosis de fibra con respecto a la resistencia a edades de 1 a 60 días.

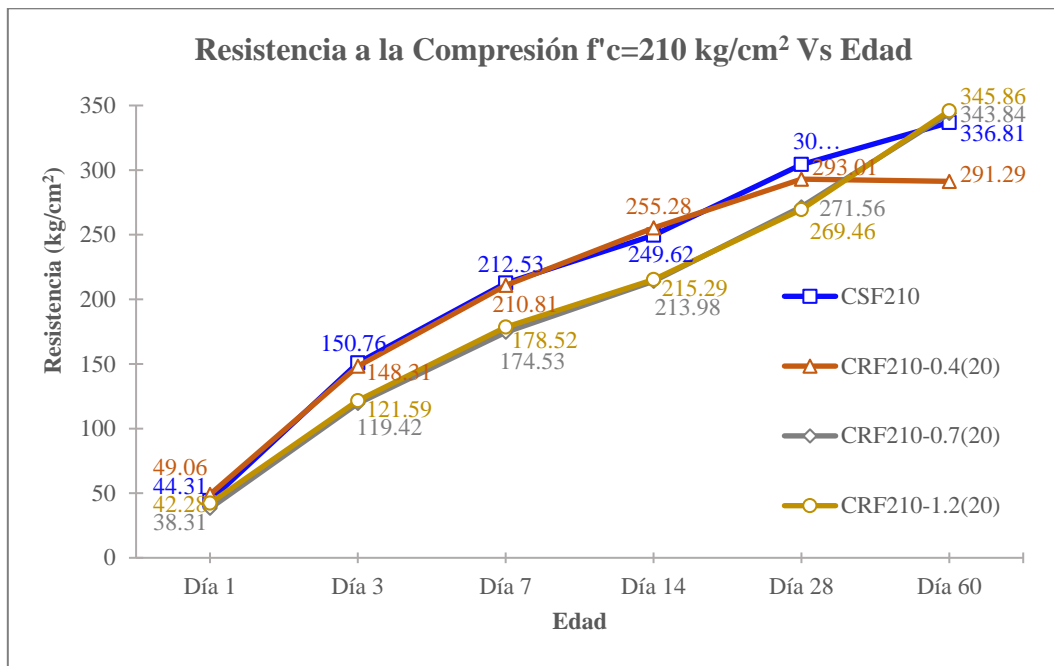


Figura 4. 29 Resistencia a la compresión f'c=210 kg/cm² Vs edad

La Tabla 4.12 muestra el aumento en la resistencia de los concreto f'c=245 kg/cm² contrastándolos con el concreto patrón y sus respectivas dosis de fibra de polipropileno a edades de 1,3,7, 14, 28 y 60 días nos brinda un decrecimiento en ña resistencia a la compresión de un 8.67% a 18.12%

Tabla 4. 12

Variación de la resistencia a la con respecto de f'c=245 kg/cm²

| Edad | CSF245 | | CRF256-0.4(20) | | CRF245-0.7(20) | | CRF245-1.2(20) | |
|--------|----------|-----------|----------------|-----------|----------------|-----------|----------------|-----------|
| | Resistía | Variación | Resistía | Variación | Resistía | Variación | Resistía | Variación |
| Día 1 | 48.67 | 100% | 60.30 | 123.89% | 66.22 | 136.06% | 70.26 | 144.35% |
| Día 3 | 154.36 | 100% | 179.61 | 116.36% | 182.51 | 118.24% | 167.67 | 108.63% |
| Día 7 | 220.26 | 100% | 246.67 | 111.99% | 243.23 | 110.43% | 218.58 | 99.24% |
| Día 14 | 268.62 | 100% | 316.05 | 117.66% | 293.56 | 109.28% | 269.62 | 100.37% |
| Día 28 | 297.08 | 100% | 332.18 | 111.81% | 327.37 | 110.20% | 312.80 | 105.29% |
| Día 60 | 374.99 | 100% | 387.97 | 103.46% | 392.49 | 104.67% | 361.10 | 96.30% |

Nota: Revisar el Anexos E para más detalles.

La figura 4.30 no muestra una relación proporcional con respecto a todas las dosis, la dosis CRF25-0.4(20) muestra una relación directamente proporcional a la dosis de fibra con respecto a la resistencia a edades de 1 a 60 días.

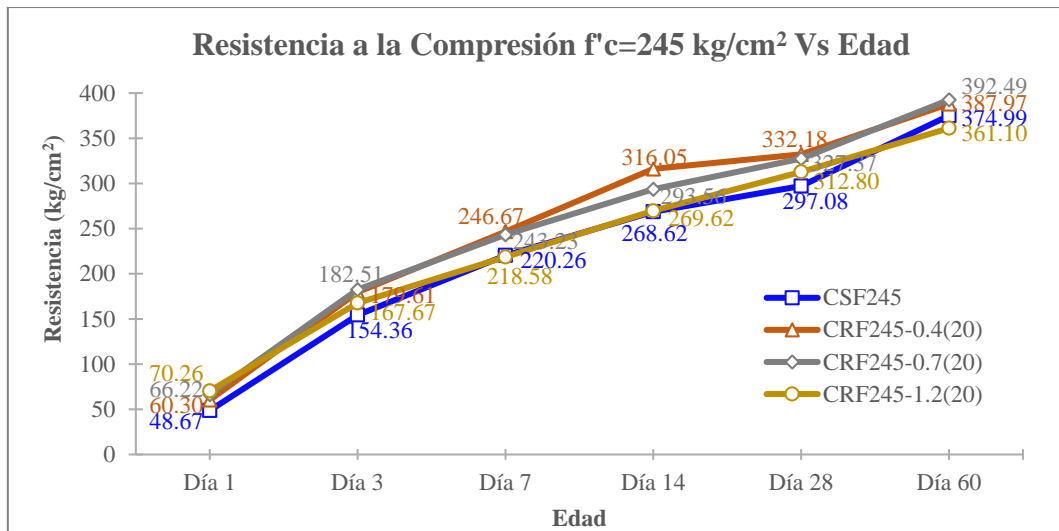


Figura 4.30 Resistencia a la compresión $f'_c=245 \text{ kg/cm}^2$ Vs Edad

4.4. Análisis Estadístico y Resultados.

El proceso de recolección de datos para realizar la investigación se dio en el laboratorio QA/QC con la aceptación institucional por medio de un contrato para realizar experimentos y aplicar los instrumentos necesarios para la investigación.

Los instrumentos de la investigación son; formatos para el control de concreto en estado fresco (tiempo de fragua, contenido de aire atrapado, asentamiento, temperatura, exudación, peso unitario y rendimiento), formatos para el control de concreto en estado plástico (ancho, longitud, tiempo de aparición de fisuras) y formatos para el control de concreto en estado endurecido (resistencia a la compresión). Los cuales fueron suministrados por la institución para la investigación.

Finalmente, la recolección de datos sobre el control de concreto sin fibra y con fibra en sus estados fresco, plástico y endurecido, se realizó con apoyo del ing. Responsable de laboratorio en el periodo 2017.

4.4.1. Análisis Estadístico.

Para el análisis de los datos se usó tanto la estadística descriptiva como la estadística inferencial, las pruebas estadísticas utilizadas son las siguientes:

1. **Prueba de normalidad:** Medida que sirve para comparar las magnitudes de los coeficientes de correlación observados con las magnitudes de los coeficientes de correlación parcial.
2. **La media aritmética:** Es una medida de tendencia central y a la vez es una medida descriptiva que mide la suma de todos los valores de una muestra dividida por el número de casos.
3. **Varianza:** Es una medida de variabilidad que toma en cuenta el 100% de las puntuaciones de manera individual; además, se define como la media aritmética de las desviaciones respecto a la media aritmética elevada al cuadrado.
4. **Coefficiente de correlación:** El coeficiente de correlación de Spearman ρ (r_o) es una medida de la correlación de la asociación o interdependencia entre las variables aleatorias continuas.
5. **Regresión lineal:** La regresión lineal o ajuste lineal es el método matemático que permite modelar la relación entre las variables dependientes con la variable independiente.
6. **Pruebas de homogeneidad de varianzas:** La prueba producen la homogeneidad de varianzas de Levene para cada variable dependiente en todas las combinaciones de nivel de los factores inter-sujetos sólo para factores inter-sujetos.
7. **Prueba t para una muestra:** Contrasta si la media de una sola variable difiere de una constante especificada.
8. **Anova de un variable:** genera un análisis de varianza de un factor para una variable dependiente cuantitativa respecto a una única variable de factor (la variable independiente).
9. **Bonferroni:** Utiliza las pruebas de t para realizar comparaciones por pares entre las medias de los grupos, pero controla la tasa de error global estableciendo que la tasa de error de cada prueba sea igual a la tasa de error por experimento dividida entre el número total de

contrastes. Así, se corrige el nivel de significación observado por el hecho de que se están realizando múltiples comparaciones.

4.4.1.1. Redacción de Hipótesis Específica-01 y Nivel de Confiabilidad.

Hipótesis Científica: El empleo de la fibra sintética de polipropileno disminuye el espesor de las fisuras causadas por la retracción plástica de losas aligeradas de concreto con resistencia $f'c=210$ kg/cm² y $f'c=245$ kg/cm².

H₀: **No existe** una disminución del espesor de las fisuras causadas por la retracción plástica en losas aligeradas de concreto con resistencia $f'c=210$ kg/cm² y $f'c=245$ kg/cm².

H₁: **Existe** una disminución del espesor de las fisuras causadas por la retracción plástica en losas aligeradas de concreto con resistencia $f'c=210$ kg/cm² y $f'c=245$ kg/cm².

Todas las pruebas estadísticas se realizarán a un nivel de confianza del 5%.

4.4.1.1.1. Análisis Estadístico para Espesor de Fisuras para CSF210.

Se homogeneizará la variable espesor de fisuras generadas en la losa de CSF210 para un correcto análisis por medio del diagrama de cajas, la Figura 4.31 nos muestra que la data obtenida en la investigación se encuentra normalizada, esto tienden a un sesgo negativo el cual indica que los espesores de fisuras son minúsculos.

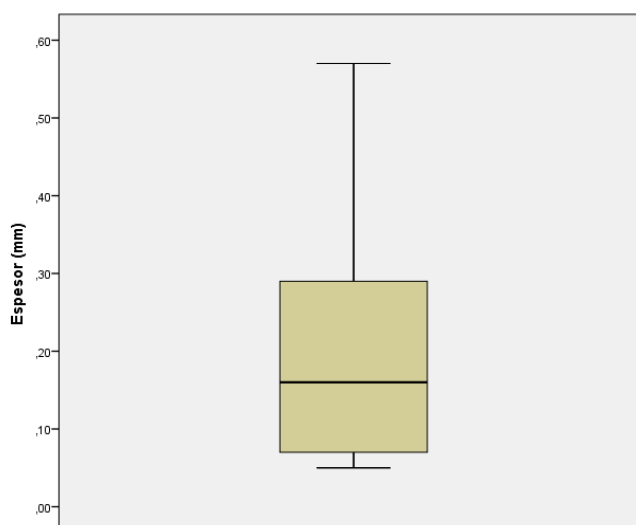


Figura 4. 31 Diagrama de caja de homogeneización de variables de CSF210

La Tabla 4.13 muestra la prueba t para una muestra sin contrastar una hipótesis la cual se realizó y muestra el límite inferior de .1536 mm y superior de .2401 mm de espesor de fisura con la data ya homogeneizada. Los límites inferior y superior nos indican los parámetros del ancho de fisuras generados en la etapa de retracción plástica para la losa de CSF210.

Tabla 4. 13

Prueba T para una muestra (espesor) sin hipótesis para CSF210

| | Valor de prueba = 0 | | | | | |
|--------------|---------------------|----|---------------------|-------------------------|---|----------|
| | t | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | 95% de intervalo de confianza de la diferencia | |
| | | | | | Inferior | Superior |
| Espesor (mm) | 9.159 | 47 | .000 | .19688 | .1536 | .2401 |

Nota: gl = Grados de libertad, t = Prueba t de Student, Sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

La Tabla 4.14 muestra la prueba t para una muestra que contrasta la hipótesis; el espesor máximo de fisura por clima secos es de 0.41 mm según la norma ACI 224R-01, el cual al ser comparado con los rangos de espesor de fisuras de la losa de CSF210 nos indica que los espesores obtenidos son menores que el permitido según norma ACI.

Tabla 4. 14

Prueba T para una muestra (espesor) con hipótesis para CSF210

| | Valor de prueba = .45 | | | | | |
|--------------|-----------------------|----|---------------------|-------------------------|---|----------|
| | t | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | 95% de intervalo de confianza de la diferencia | |
| | | | | | Inferior | Superior |
| Espesor (mm) | -11.776 | 47 | .000 | -.25312 | -.2964 | -.2099 |

Nota: gl = Grados de libertad, t = Prueba t de Student, Sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

Se realizará el análisis estadístico a una cola, al ser negativo el valor de t ($\text{Sig.}/2 < .05$) por lo que la prueba t para una muestra afirma que el espesor de fisuras encontrados en la losa aligerada de CSF210 es menor a lo permitido según la norma ACI 224R-01 de 0.41mm.

4.4.1.1.2. Análisis Estadístico para Espesor de Fisuras para CRF210-0.4(20).

Se homogeneizará la variable espesor de fisuras generadas en la losa de CRF210-0.4(20) para un correcto análisis por medio del diagrama de cajas, la Figura 4.32 nos muestra

la normalización de la variable por medio de la eliminación de los datos 3 y 22. Los resultados normalizados tienden a un sesgo negativo el cual indica que los espesores de fisuras son minúsculos.

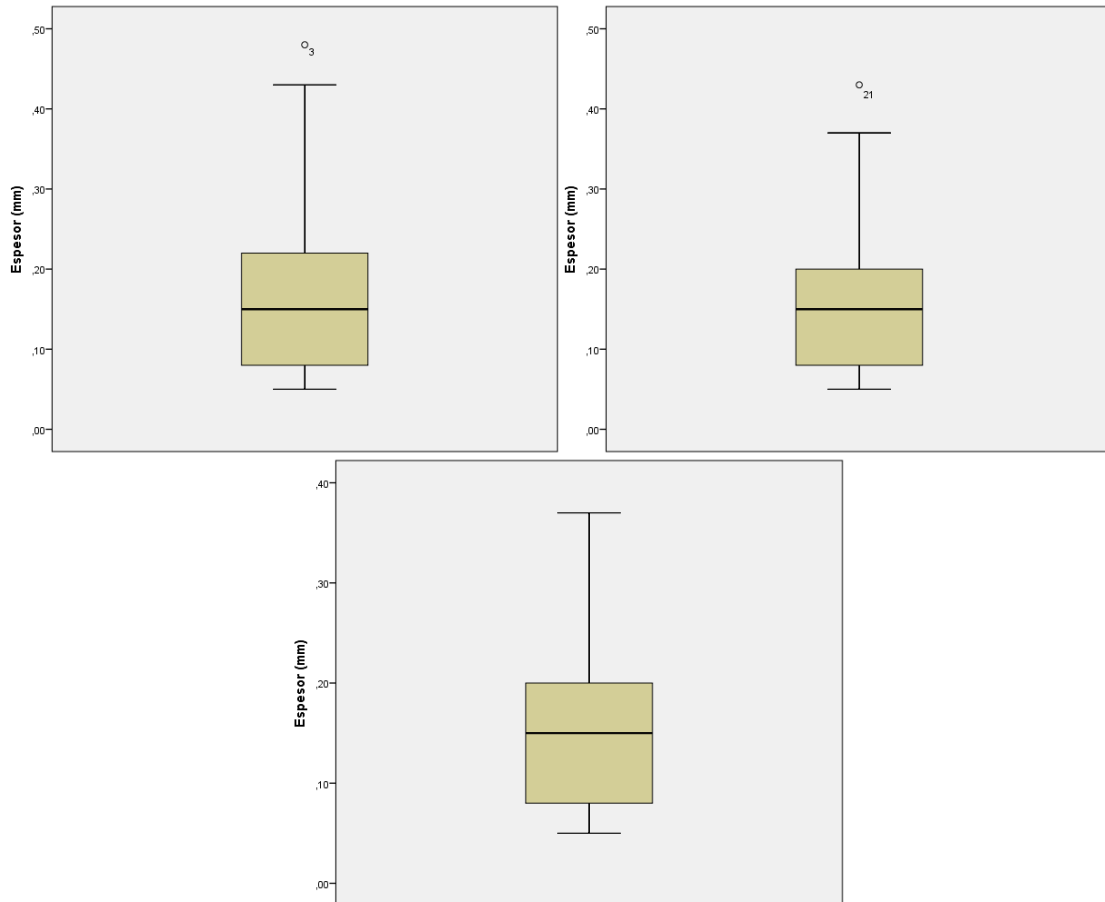


Figura 4. 32 Diagrama de caja de homogeneización de variables de CRF210-0.4(20)

La Tabla 4.15 muestra la prueba t para una muestra sin contrastar una hipótesis la cual se realizó y muestra el límite inferior de .1028 mm y superior de .1536 mm de espesor de fisura con la data ya homogeneizada. Los límites inferior y superior nos indican los parámetros del ancho de fisuras generados en la etapa de retracción plástica para la losa de CRF210-0.4(20).

Tabla 4. 15

Prueba T para una muestra (espesor) sin hipótesis para CRF210-0.4(20)

| Valor de prueba = 0 | | | | | | |
|---------------------|--------|----|---------------------|-------------------------|---|----------|
| | t | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | 95% de intervalo de confianza de la diferencia | |
| | | | | | Inferior | Superior |
| Espesor (mm) | 10.289 | 32 | .000 | .12818 | .1028 | .1536 |

Nota: gl = Grados de libertad, t = Prueba t de Student, Sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

La Tabla 4.16 muestra la prueba t para una muestra que contrasta la hipótesis; el espesor máximo de fisura por clima secos es de .41 mm según la norma ACI 224R-01, el cual al ser comparado con los rangos de espesor de fisuras de la losa de CRF210-0.4(20) nos indica que los espesores obtenidos son menores que el permitido según norma ACI.

Tabla 4. 16

Prueba T para una muestra (espesor) con hipótesis para CRF210-0.4(20)

| | Valor de prueba = .41 | | | | | |
|--------------|-----------------------|----|---------------------|-------------------------|---|----------|
| | t | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | 95% de intervalo de confianza de la diferencia | |
| | | | | | Inferior | Superior |
| Espesor (mm) | -22.622 | 32 | .000 | -.28182 | -.3072 | -.2564 |

Nota: gl = Grados de libertad, t = Prueba t de Student, Sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

Se realizará el análisis estadístico a una cola, al ser negativo el valor de t ($\text{Sig.}/2 < .05$) por lo que la prueba t para una muestra afirma que el espesor de fisuras encontrados en la losa aligerada de CRF210-0.4(20) es menor a lo permitido según la norma ACI 224R-01 de 0.41mm.

4.4.1.1.3. Análisis Estadístico para Espesor de Fisuras para CRF210-0.7(20).

Se homogeneizará la variable espesor de fisuras generadas en la losa de CRF210-0.7(20) para un correcto análisis por medio del diagrama de cajas, la Figura 4.33 nos muestra la normalización de la variable por medio de eliminar el dato 20. Los resultados normalizados tienden a un sesgo negativo el cual indica que los espesores de fisuras son minúsculos.

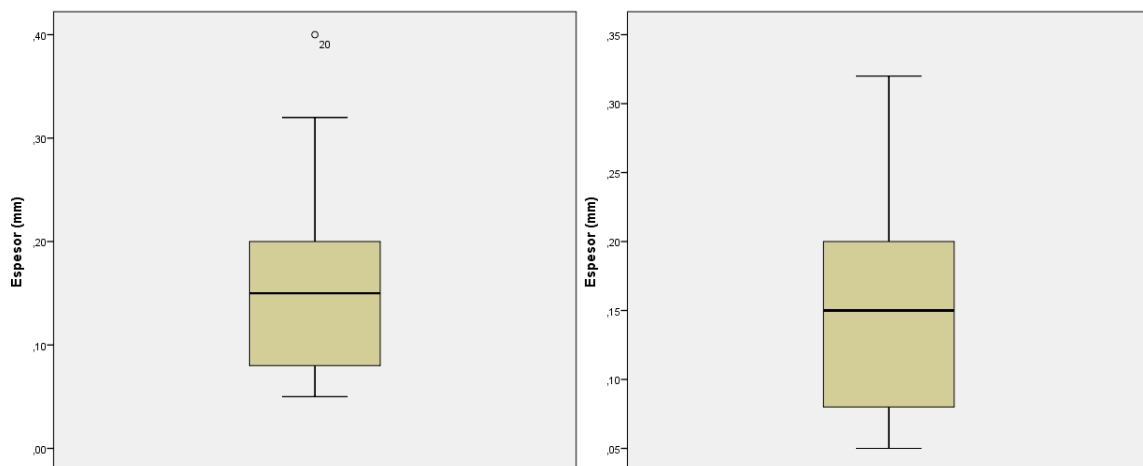


Figura 4. 33 Diagrama de caja de homogeneización de variables de CRF210-0.7(20)

La Tabla 4.17 muestra la prueba t para una muestra sin contrastar una hipótesis la cual se realizó y muestra el límite inferior de .1130 mm y superior de .1699 mm de espesor de fisura con la data ya homogeneizada. Los límites inferior y superior nos indican los parámetros del ancho de fisuras generados en la etapa de retracción plástica para la losa de CRF210-0.7(20).

Tabla 4. 17

Prueba T para una muestra (espesor) sin hipótesis para CRF210-0.7(20)

| | Valor de prueba = 0 | | | | | |
|--------------|---------------------|----|---------------------|-------------------------|---|----------|
| | t | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | 95% de intervalo de confianza de la diferencia | |
| | | | | | Inferior | Superior |
| Espesor (mm) | 10.027 | 27 | .000 | .14143 | .1130 | .1699 |

Nota: gl = Grados de libertad, t = Prueba t de Student, Sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

La Tabla 4.18 muestra la prueba t para una muestra que contrasta la hipótesis; el espesor máximo de fisura por clima secos es de .41 mm según la norma ACI 224R-01, el cual al ser comparado con los rangos de espesor de fisuras de la losa de CRF210-0.7(20) nos indica que los espesores obtenidos son menores que el permitido según norma ACI.

Tabla 4. 18

Prueba T para una muestra (espesor) con hipótesis para CRF210-0.7(20)

| | Valor de prueba = .41 | | | | | |
|--------------|-----------------------|----|---------------------|-------------------------|---|----------|
| | t | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | 95% de intervalo de confianza de la diferencia | |
| | | | | | Inferior | Superior |
| Espesor (mm) | -19.383 | 27 | .000 | -.26857 | -.2970 | -.2401 |

Nota: gl = Grados de libertad, t = Prueba t de Student, Sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

Se realizará el análisis estadístico a una cola, al ser negativo el valor de t ($\text{Sig.}/2 < .05$) por lo que la prueba t para una muestra afirma que el espesor de fisuras encontrados en la losa aligerada de CRF210-0.7(20) es menor a lo permitido según la norma ACI 224R-01 de 0.41mm.

4.4.1.1.4 Análisis Estadístico para Espesor de Fisuras para CRF210-1.2(20.)

Se homogeneizará la variable espesor de fisuras generadas en la losa de CRF210-1.2(20). para un correcto análisis por medio del diagrama de cajas, la Figura 4.34 nos muestra la normalización de la variable por medio de la eliminar el dato 9. Los resultados normalizados tienden a un sesgo negativo el cual indica que los espesores de fisuras son minúsculos.

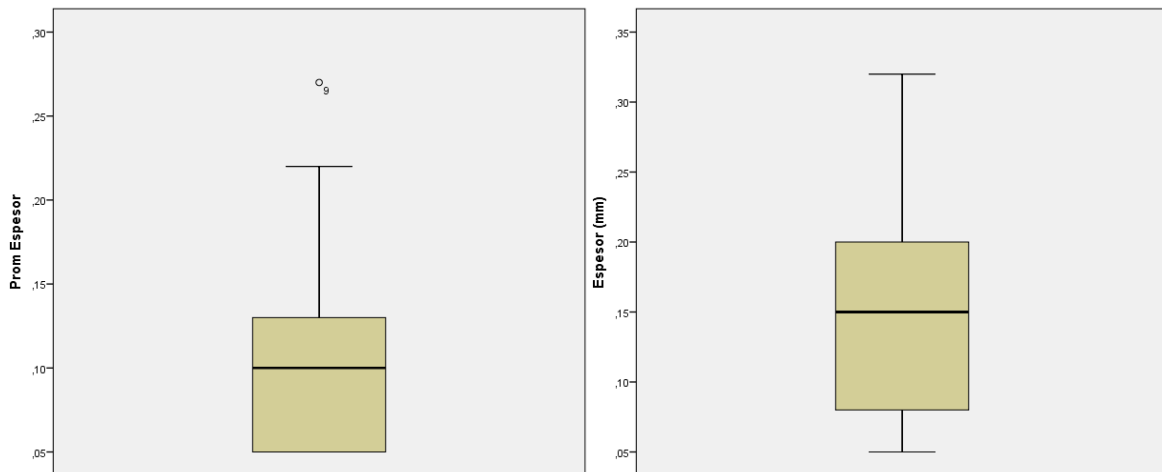


Figura 4. 34 Diagrama de caja de homogeneización de variables de CRF210-1.2(20)

La Tabla 4.19 muestra la prueba t para una muestra sin contrastar una hipótesis la cual se realizó y muestra el límite inferior de .1174 mm y superior de .1777 mm de espesor de fisura con la data ya homogeneizada. Los límites inferior y superior nos indican los parámetros del ancho de fisuras generados en la etapa de retracción plástica para la losa de CRF210-1.2(20).

Tabla 4. 19

Prueba T para una muestra (espesor) sin hipótesis para CRF210-1.2(20)

| Valor de prueba = 0 | | | | | | |
|---------------------|-------|----|---------------------|-------------------------|---|----------|
| | t | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | 95% de intervalo de confianza de la diferencia | |
| | | | | | Inferior | Superior |
| Espesor (mm) | 8.946 | 23 | .000 | .09875 | .0759 | .1216 |

Nota: gl = Grados de libertad, t = Prueba t de Student, Sig = Índice de significancia.

La Tabla 4.20 muestra la prueba t para una muestra que contrasta la hipótesis; el espesor máximo de fisura por clima secos es de .41 mm según la norma ACI 224R-01, el cual al ser comparado con los rangos de espesor de fisuras de la losa de CRF210-1.2(20) nos indica que los espesores obtenidos son menores que el permitido según norma ACI.

Tabla 4. 20*Prueba T para una muestra (espesor) con hipótesis para CRF210-1.2(20)*

| | Valor de prueba = .41 | | | | | |
|--------------|-----------------------|----|---------------------|-------------------------|---|----------|
| | t | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | 95% de intervalo de confianza de la diferencia | |
| | | | | | Inferior | Superior |
| Espesor (mm) | -28.196 | 23 | .000 | -.31125 | -.3341 | -.2884 |

Nota: gl = Grados de libertad, t = Prueba t de Student, Sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

Se realizará el análisis estadístico a una cola, al ser negativo el valor de t ($\text{Sig.}/2 < .05$) por lo que la prueba t para una muestra afirma que el espesor de fisuras encontrados en la losa aligerada de CRF210-1.2(20) es menor a lo permitido según la norma ACI 224R-01 de 0.41mm.

Los valores de la $\frac{\text{sig.}}{2}$ son menores a .05 en todas las pruebas de concretos $f'c=210$ kg/cm² con y sin fibra por lo que se rechaza H_0 : **No existe una disminución del espesor de las fisuras causadas por la retracción plástica en losas aligeradas de concreto con resistencia $f'c=210$ kg/cm²** por medio de la prueba t para una muestra con la hipótesis a contrastar de espesor máximo para clima seco .41 mm.

4.4.1.1.5. Análisis Estadístico para Espesor de Fisuras para CSF245.

Se homogeneizará la variable espesor de fisuras generadas en la losa de CSF245 para un correcto análisis por medio del diagrama de cajas, la Figura 4.35 nos muestra que la data obtenida en la investigación se encuentra normalizada, esto tienden a un sesgo negativo el cual indica que los espesores de fisuras son minúsculos.

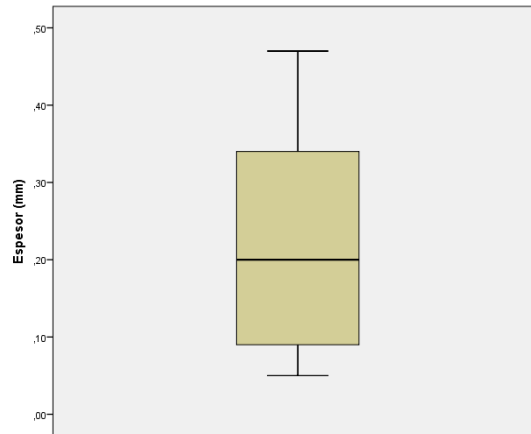


Figura 4. 35 Diagrama de caja de homogeneización de variables de CSF245

La Tabla 4.21 muestra la prueba t para una muestra sin contrastar una hipótesis la cual se realizó y muestra el límite inferior de .1805 mm y superior de .2652 mm de espesor de fisura con la data ya homogeneizada. Los límites inferior y superior nos indican los parámetros del ancho de fisuras generados en la etapa de retracción plástica para la losa de CSF245.

Tabla 4. 21

Prueba T para una muestra (espesor) sin hipótesis para CSF24

| | Valor de prueba = 0 | | | | | |
|--------------|---------------------|----|---------------------|-------------------------|---|----------|
| | t | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | 95% de intervalo de confianza de la diferencia | |
| | | | | | Inferior | Superior |
| Espesor (mm) | 10.649 | 38 | .000 | .22282 | .1805 | .2652 |

Nota: gl = Grados de libertad, t = Prueba t de Student, Sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

La Tabla 4.22 muestra la prueba t para una muestra que contrasta la hipótesis; el espesor máximo de fisura por clima secos es de .41 mm según la norma ACI 224R-01, el cual al ser comparado con los rangos de espesor de fisuras de la losa de CSF245 nos indica que los espesores obtenidos son menores que el permitido según norma ACI.

Tabla 4. 22

Prueba T para una muestra (espesor) con hipótesis para CSF245

| | Valor de prueba = .41 | | | | | |
|--------------|-----------------------|----|---------------------|-------------------------|---|----------|
| | t | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | 95% de intervalo de confianza de la diferencia | |
| | | | | | Inferior | Superior |
| Espesor (mm) | -8.946 | 38 | .000 | -.18718 | -.2295 | -.1448 |

Nota: gl = Grados de libertad, t = Prueba t de Student, Sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

Se realizará el análisis estadístico a una cola, al ser negativo el valor de t ($\text{Sig.}/2 < .05$) por lo que la prueba t para una muestra afirma que el espesor de fisuras encontrados en la losa aligerada de CSF245 es menor a lo permitido según la norma ACI 224R-01 de 0.41mm.

4.4.1.1.6. *Análisis Estadístico para Espesor de Fisuras para CRF245-0.4(20).*

Se homogeneizará la variable espesor de fisuras generadas en la losa de CRF245-0.4(20) para un correcto análisis por medio del diagrama de cajas, la Figura 4.36 nos muestra que la data obtenida en la investigación se encuentra normalizada, esto tienden a un sesgo negativo el cual indica que los espesores de fisuras son minúsculos.

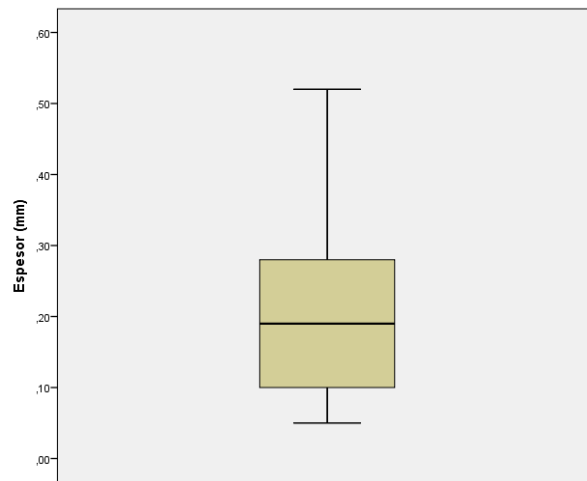


Figura 4. 36 Diagrama de caja de homogeneización de variables de CRF245-0.4(20)

La Tabla 4.23 muestra la prueba t para una muestra sin contrastar una hipótesis la cual se realizó y muestra el límite inferior de .1536 mm y superior de .2401 mm de espesor de fisura con la data ya homogeneizada. Los límites inferior y superior nos indican los parámetros del ancho de fisuras generados en la etapa de retracción plástica para la losa de CRF245-0.4(20).

Tabla 4. 23

Prueba T para una muestra (espesor) sin hipótesis para CRF245-0.4(20)

| | Valor de prueba = 0 | | | | | |
|--------------|---------------------|----|---------------------|-------------------------|---|----------|
| | t | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | 95% de intervalo de confianza de la diferencia | |
| | | | | | Inferior | Superior |
| Espesor (mm) | 9.314 | 31 | .000 | .21125 | .1650 | .2575 |

Nota: gl = Grados de libertad, t = Prueba t de Student, Sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

La Tabla 4.24 muestra la prueba t para una muestra que contrasta la hipótesis; el espesor máximo de fisura por clima secos es de .41 mm según la norma ACI 224R-01, el cual al ser comparado con los rangos de espesor de fisuras de la losa de CRF245-0.4(20) nos indica que los espesores obtenidos son menores que el permitido según norma ACI.

Tabla 4. 24

Prueba T para una muestra (espesor) con hipótesis para CRF245-0.4(20)

| | Valor de prueba = .41 | | | | | |
|--------------|-----------------------|----|---------------------|-------------------------|---|----------|
| | t | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | 95% de intervalo de confianza de la diferencia | |
| | | | | | Inferior | Superior |
| Espesor (mm) | -8.763 | 31 | .000 | -.19875 | -.2450 | -.1525 |

Nota: gl = Grados de libertad, t = Prueba t de Student, Sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

Se realizará el análisis estadístico a una cola, al ser negativo el valor de t ($\text{Sig.}/2 < .05$) por lo que la prueba t para una muestra afirma que el espesor de fisuras encontrados en la losa aligerada de CRF245-0.4(20) es menor a lo permitido según la norma ACI 224R-01 de 0.41mm.

4.4.1.1.7. Análisis Estadístico para Espesor de Fisuras para CRF245-0.7(20).

Se homogeneizará la variable espesor de fisuras generadas en la losa de CRF245-0.7(20) para un correcto análisis por medio del diagrama de cajas, la Figura 4.37 nos muestra que la data obtenida en la investigación se encuentra normalizada, esto tienden a un sesgo negativo el cual indica que los espesores de fisuras son minúsculos.

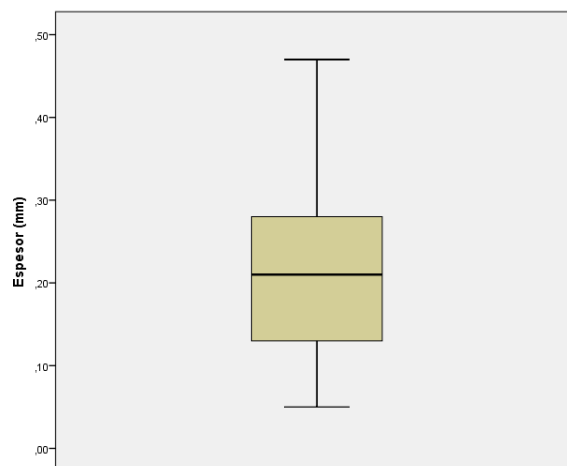


Figura 4. 37 Diagrama de caja de homogeneización de variables de CRF245-0.7(20)

La Tabla 4.25 muestra la prueba t para una muestra sin contrastar una hipótesis la cual se realizó y muestra el límite inferior de .1536 mm y superior de .2401 mm de espesor de fisura con la data ya homogeneizada. Los límites inferior y superior nos indican los parámetros del ancho de fisuras generados en la etapa de retracción plástica para la losa de CRF245-0.7(20).

Tabla 4. 25

Prueba T para una muestra (espesor) sin hipótesis para CRF245-0.7(20)

| | Valor de prueba = 0 | | | | | |
|--------------|---------------------|----|---------------------|-------------------------|---|----------|
| | t | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | 95% de intervalo de confianza de la diferencia | |
| | | | | | Inferior | Superior |
| Espesor (mm) | 10.096 | 25 | .000 | .22308 | .1776 | .2686 |

Nota: gl = Grados de libertad, t = Prueba t de Student, Sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

La Tabla 4.26 muestra la prueba t para una muestra que contrasta la hipótesis; el espesor máximo de fisura por clima secos es de .41 mm según la norma ACI 224R-01, el cual al ser comparado con los rangos de espesor de fisuras de la losa de CRF245-0.7(20) nos indica que los espesores obtenidos son menores que el permitido según norma ACI.

Tabla 4. 26

Prueba T para una muestra (espesor) con hipótesis para CRF245-0.7(20)

| | Valor de prueba = .41 | | | | | |
|--------------|-----------------------|----|---------------------|-------------------------|---|----------|
| | t | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | 95% de intervalo de confianza de la diferencia | |
| | | | | | Inferior | Superior |
| Espesor (mm) | -8.460 | 25 | .000 | -.18692 | -.2324 | -.1414 |

Nota: gl = Grados de libertad, t = Prueba t de Student, Sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

Se realizará el análisis estadístico a una cola, al ser negativo el valor de t ($\text{Sig.}/2 < .05$) por lo que la prueba t para una muestra afirma que el espesor de fisuras encontrados en la losa aligerada de CRF245-0.7(20) es menor a lo permitido según la norma ACI 224R-01 de 0.41mm.

4.4.1.1.8. Análisis Estadístico para Espesor de Fisuras para CRF245-1.2(20)

Se homogeneizará la variable espesor de fisuras generadas en la losa de CRF245-1.2(20) para un correcto análisis por medio del diagrama de cajas, la Figura 4.38 nos muestra que la data obtenida en la investigación se encuentra normalizada, esto tienden a un sesgo negativo el cual indica que los espesores de fisuras son minúsculos.

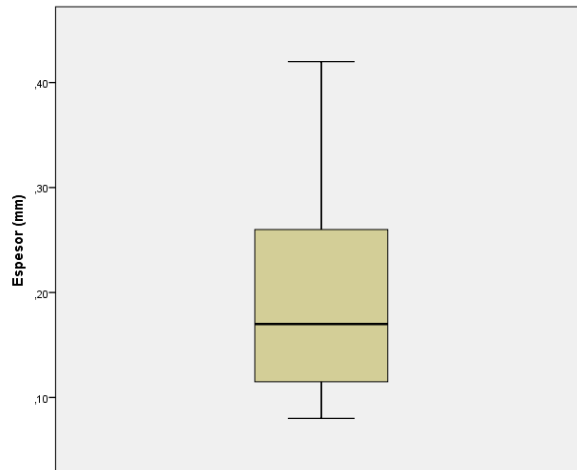


Figura 4. 38 Diagrama de caja de homogeneización de variables de CRF245-1.2(20)

La Tabla 4.27 muestra la prueba t para una muestra sin contrastar una hipótesis la cual se realizó y muestra el límite inferior de .1536 mm y superior de .2401 mm de espesor de fisura con la data ya homogeneizada. Los límites inferior y superior nos indican los parámetros del ancho de fisuras generados en la etapa de retracción plástica para la losa de CRF245-1.2(20).

Tabla 4. 27

Prueba T para una muestra (espesor) sin hipótesis para CRF245-1.2(20)

| | Valor de prueba = 0 | | | | | |
|--------------|---------------------|----|---------------------|-------------------------|---|----------|
| | t | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | 95% de intervalo de confianza de la diferencia | |
| | | | | | Inferior | Superior |
| Espesor (mm) | 6.403 | 11 | .000 | .19583 | .1285 | .2632 |

Nota: gl = Grados de libertad, t = Prueba t de Student, Sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

La Tabla 4.28 muestra la prueba t para una muestra que contrasta la hipótesis; el espesor máximo de fisura por clima secos es de .41 mm según la norma ACI 224R-01, el cual al ser

comparado con los rangos de espesor de fisuras de la losa de CRF245-1.2(20) nos indica que los espesores obtenidos son menores que el permitido según norma ACI.

Tabla 4. 28

Prueba T para una muestra (espesor) con hipótesis para CRF245-1.2(20)

| | Valor de prueba = .41 | | | | | |
|--------------|-----------------------|----|---------------------|-------------------------|---|----------|
| | t | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | 95% de intervalo de confianza de la diferencia | |
| | | | | | Inferior | Superior |
| Espesor (mm) | -7.002 | 11 | .000 | -.21417 | -.2815 | -.1468 |

Nota: gl = Grados de libertad, t = Prueba t de Student, Sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

Se realizará el análisis estadístico a una cola, al ser negativo el valor de t ($\text{Sig.}/2 < .05$) por lo que la prueba t para una muestra afirma que el espesor de fisuras encontrados en la losa aligerada de CRF245-1.2(20) es menor a lo permitido según la norma ACI 224R-01 de 0.41mm.

Los valores de la $\frac{\text{sig.}}{2}$ son menores a .05 en todas las pruebas de concretos $f'c=245$ kg/cm² con y sin fibra por lo que se rechaza **H₀: No existe una disminución del espesor de las fisuras causadas por la retracción plástica en losas aligeradas de concreto con resistencia $f'c=245$ kg/cm²** por medio de la prueba t para una muestra con la hipótesis a contrastar de espesor máximo para clima seco .41 mm.

4.4.1.2. Redacción de Hipótesis Especifica-02 y Nivel de Confiabilidad.

Hipótesis Científica: El empleo de la fibra sintética de polipropileno disminuye las longitudes de fisuras causadas por la retracción plástica de losas aligeradas de concreto con resistencia $f'c=210$ kg/cm² y $f'c=245$ kg/cm².

H₀: No existe una reducción de las longitudes de fisuras causadas por la retracción plástica de losas aligeradas de concreto con resistencia $f'c=210$ kg/cm² y $f'c=245$ kg/cm².

H₁: Existe una reducción de las longitudes de fisuras causadas por la retracción plástica de losas aligeradas de concreto con resistencia $f'c=210$ kg/cm² y $f'c=245$ kg/cm².

Todas las pruebas estadísticas se realizarán a un nivel de confianza del 5%.

4.4.1.2.1. Análisis Estadístico para la Longitud de Fisuras para CSF210.

Se homogeneizará la variable longitud de fisuras generadas en la losa de CSF210 para un correcto análisis por medio del diagrama de cajas, la Figura 4.39 nos muestra que los valores una vez normalizados, tienden a un sesgo negativo el cual indica que los espesores de fisuras son minúsculos.

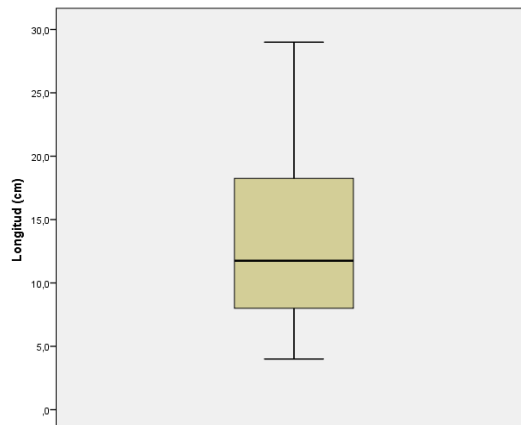


Figura 4. 39 Diagrama de caja de homogeneización de Variables de CSF210

La Tabla 4.29 muestra la prueba t para una muestra sin contrastar una hipótesis la cual se realizó a un 95% de confianza se afirma que el promedio de la longitud de fisuras se encuentra entre 11,471 y 15,633 cm que fueron generados en la losa de CSF210.

Tabla 4. 29

Prueba T para una muestra (longitud) sin hipótesis para CSF210

| Prueba de muestra única | | | | | | |
|--------------------------------|--------|----|---------------------|-------------------------|---|----------|
| Valor de prueba = 0 | | | | | | |
| | t | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | 95% de intervalo de confianza de la diferencia | |
| | | | | | Inferior | Superior |
| Longitud (cm) | 13.103 | 47 | .000 | 13.5521 | 11.471 | 15.633 |

Nota: gl = Grados de libertad, t = Prueba t de Student, Sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

La norma ACI 224R-01 nos indica que la longitud de las fisuras va de unos pocos milímetros a unos cuantos metros, al no encontrar una norma, reglamento o bibliografía que rijan un parámetro máximo o mínimo de la longitud de fisura, los siguientes análisis estadísticos se contrastarán con la hipótesis del promedio más alto de longitud de fisura de la población del concreto patrón (CSF210 longitud superior 15.633 cm).

4.4.1.2.2. Análisis Estadístico para la Longitud de Fisuras para CRF210-0.4(20).

Se homogeneizará la variable espesor de fisuras generadas en la losa de CRF210-0.4(20) para un correcto análisis por medio del diagrama de cajas, la Figura 4.40 nos muestra la normalización de la variable por medio de la eliminación de los datos 2, 3, 4, 9, 12, 14, 16, 22 y 32. Los resultados normalizados tienden a un sesgo negativo el cual indica que los espesores de fisuras son minúsculos.

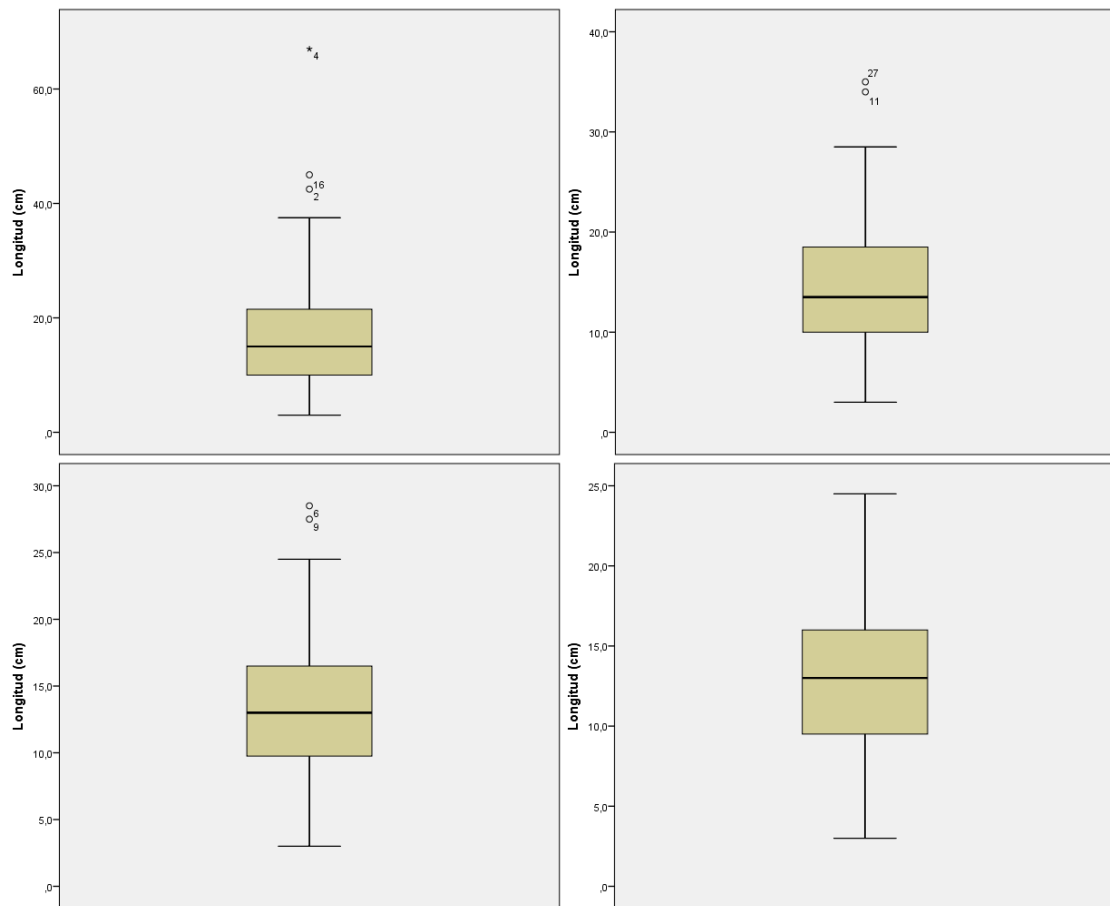


Figura 4. 40 Diagrama de caja de homogeneización de variables de CRF210-0.4(20)

La Tabla 4.30 muestra la prueba t para una muestra sin contrastar una hipótesis la cual se realizó y muestra el límite inferior de 11,170 cm y superior de 14,739 cm de espesor de fisura con la data ya homogeneizada. Los límites inferior y superior nos indican los parámetros del ancho de fisuras generados en la etapa de retracción plástica para la losa de CRF210-0.4(20).

Tabla 4. 30*Prueba T para una muestra (longitud) sin hipótesis para CRF210-0.4(20)*

| | Valor de prueba = 0 | | | | | |
|---------------|---------------------|----|---------------------|-------------------------|---|----------|
| | t | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | 95% de intervalo de confianza de la diferencia | |
| | | | | | Inferior | Superior |
| Longitud (cm) | 14.785 | 32 | .000 | 12.9545 | 11.170 | 14.739 |

Nota: gl = Grados de libertad, t = Prueba t de Student, Sig = Índice de significancia.**Fuente:** Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

La Tabla 4.31 muestra la prueba t para una muestra que contrasta la hipótesis; la longitud de fisuras máxima de CSF210 es de 15.633 cm, el cual al ser comparado con los rangos de longitud de fisuras de la losa de CRF210-0.4(20) nos indica que los espesores obtenidos son menores.

Tabla 4. 31*Prueba T para una muestra (longitud) con hipótesis para CRF210-0.4(20)*

| | Valor de prueba = 15.633 | | | | | |
|---------------|--------------------------|----|---------------------|-------------------------|---|----------|
| | t | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | 95% de intervalo de confianza de la diferencia | |
| | | | | | Inferior | Superior |
| Longitud (cm) | -3.057 | 32 | .004 | -2.6785 | -4.463 | -.894 |

Nota: gl = Grados de libertad, t = Prueba t de Student, Sig = Índice de significancia.**Fuente:** Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

Se realizará el análisis estadístico a una cola, al ser negativo el valor de t ($\text{Sig.}/2 < .05$) por lo que la prueba t para una muestra afirma que la longitud de fisuras encontrados en la losa aligerada de CRF210-0.4(20) es menor a la longitud de fisuras máxima de CSF210 es de 15,633 cm

4.4.1.2.3. Análisis Estadístico para la Longitud de Fisuras para CRF210-0.7(20)

Se homogeneizará la variable espesor de fisuras generadas en la losa de CRF210-0.7(20) para un correcto análisis por medio del diagrama de cajas, la Figura 4.41 nos muestra la normalización de la variable por medio de eliminar el dato 1. Los resultados normalizados tienden a un sesgo negativo el cual indica que los espesores de fisuras son minúsculos.

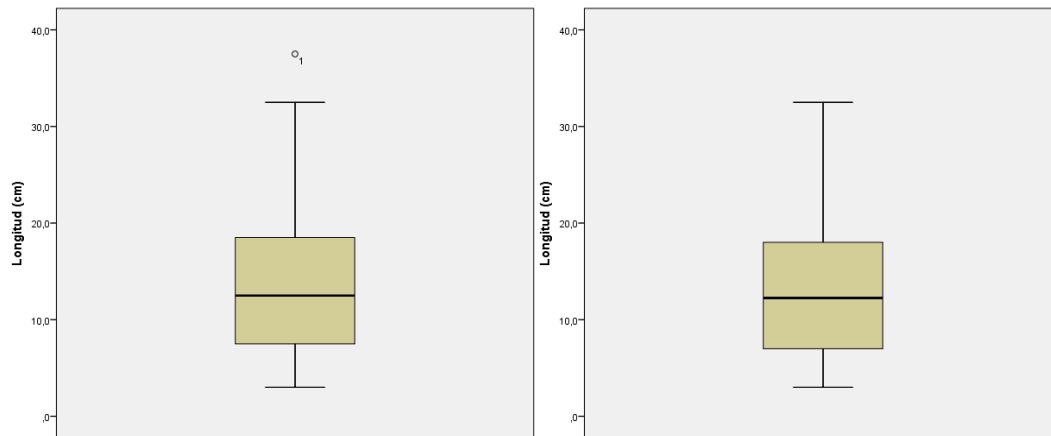


Figura 4. 41 Diagrama de caja de homogeneización de variables de CRF210-0.7(20)

La Tabla 4.32 muestra la prueba t para una muestra sin contrastar una hipótesis la cual se realizó y muestra el límite inferior de 10.486 cm y superior de 16.622 cm de espesor de fisura con la data ya homogeneizada. Los límites inferior y superior nos indican los parámetros del ancho de fisuras generados en la etapa de retracción plástica para la losa de

Tabla 4. 32

Prueba T para una muestra (longitud) sin hipótesis para CRF210-0.7(20)

| | Valor de prueba = 0 | | | | | |
|---------------|---------------------|----|---------------------|-------------------------|---|----------|
| | t | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | 95% de intervalo de confianza de la diferencia | |
| | | | | | Inferior | Superior |
| Longitud (cm) | 9.065 | 27 | .000 | 13.5536 | 10.486 | 16.622 |

Nota: gl = Grados de libertad, t = Prueba t de Student, Sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

La Tabla 4.33 muestra la prueba t para una muestra que contrasta la hipótesis; la longitud de fisuras máxima de CSF210 es de 15.633 cm, el cual al ser comparado con los rangos de longitud de fisuras de la losa de CRF210-0.4(20) nos indica que los espesores obtenidos son menores.

Tabla 4. 33

Prueba T para una muestra (longitud) con hipótesis para CRF210-0.7(20)

| | Valor de prueba = 15.633 | | | | | |
|---------------|--------------------------|----|---------------------|-------------------------|---|----------|
| | t | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | 95% de intervalo de confianza de la diferencia | |
| | | | | | Inferior | Superior |
| Longitud (cm) | -1.391 | 27 | .176 | -2.0794 | -5.147 | .989 |

Nota: gl = Grados de libertad, t = Prueba t de Student, Sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

Se realizará el análisis estadístico a una cola, al ser negativo el valor de t (Sig./2 > .05) por lo que la prueba t para una muestra afirma que la longitud de fisuras encontrados en la losa aligerada de CRF210-0.7(20) es igual a la longitud de fisuras máxima de CSF210 es de 15.633 cm

4.4.1.2.4. Análisis Estadístico para la Longitud de Fisuras para CRF210-1.2(20).

Se homogeneizará la variable longitud de fisuras generadas en la losa de CRF210-1.2(20) para un correcto análisis por medio del diagrama de cajas, la Figura 4.42 nos muestra que los valores una vez normalizados, tienden a un sesgo negativo el cual indica que los espesores de fisuras son minúsculos.

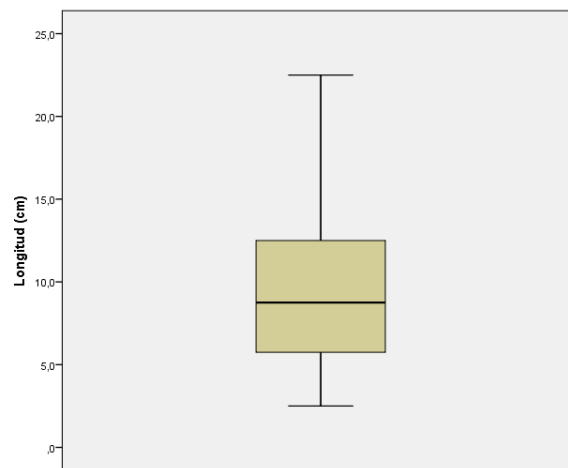


Figura 4. 42 Diagrama de caja de homogeneización de variables de CRF210-1.2(20)

La Tabla 4.34 muestra la prueba t para una muestra sin contrastar una hipótesis la cual se realizó y muestra el límite inferior de 7.558 cm y superior de 11.567 cm de espesor de fisura con la data ya homogeneizada. Los límites inferior y superior nos indican los parámetros del ancho de fisuras generados en la etapa de retracción plástica para la losa de

Tabla 4. 34

Prueba T para una muestra (longitud) sin hipótesis para CRF210-1.2(20)

| Valor de prueba = 0 | | | | | | |
|---------------------|-------|----|---------------------|-------------------------|---|----------|
| | t | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | 95% de intervalo de confianza de la diferencia | |
| | | | | | Inferior | Superior |
| Longitud (cm) | 9.870 | 23 | .000 | 9.5625 | 7.558 | 11.567 |

Nota: gl = Grados de libertad, t = Prueba t de Student, Sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

La Tabla 4.35 muestra la prueba t para una muestra que contrasta la hipótesis; la longitud de fisuras máxima de CSF210 es de 15.633 cm, el cual al ser comparado con los rangos de longitud de fisuras de la losa de CRF210-0.4(20) nos indica que los espesores obtenidos son menores.

Tabla 4. 35

Prueba T para una muestra (longitud) con hipótesis para CRF210-1.2(20)

| Prueba de muestra única | | | | | | |
|--------------------------------|--------|----|---------------------|-------------------------|---|----------|
| Valor de prueba = 15.633 | | | | | | |
| | t | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | 95% de intervalo de confianza de la diferencia | |
| | | | | | Inferior | Superior |
| Longitud (cm) | -6.266 | 23 | ,000 | -6,0705 | -8.075 | -4.066 |

Nota: gl = Grados de libertad, t = Prueba t de Student, Sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

Se realizará el análisis estadístico a una cola, al ser negativo el valor de t ($\text{Sig.}/2 < .05$) por lo que la prueba t para una muestra afirma que la longitud de fisuras encontrados en la losa aligerada de CRF210-1.2(20) es menor a la longitud de fisuras máxima de CSF210 es de 15.633 cm.

Los valores de la $\frac{\text{sig.}}{2}$ son menores a .05 en todas las pruebas de concretos $f'c=210$ kg/cm² con fibra por lo que se rechaza **H₀: No existe una reducción de las longitudes de fisuras causadas por la retracción plástica de losas aligeradas de concreto con resistencia $f'c=210$ kg/cm²**, por medio de la prueba t para una muestra, con la hipótesis a contrastar de longitud máxima de 15.633 cm encontrada en las losa CSF210 que se usó al no encontrar una restricción normada.

4.4.1.2.5. Análisis Estadístico para la Longitud de Fisuras para CSF245

Se homogeneizará la variable longitud de fisuras generadas en la losa de CSF245 para un correcto análisis por medio del diagrama de cajas, la Figura 4.43 nos muestra la normalización de la variable por medio de eliminar el dato 7. Los resultados normalizados tienden a un sesgo negativo el cual indica que los espesores de fisuras son minúsculos.

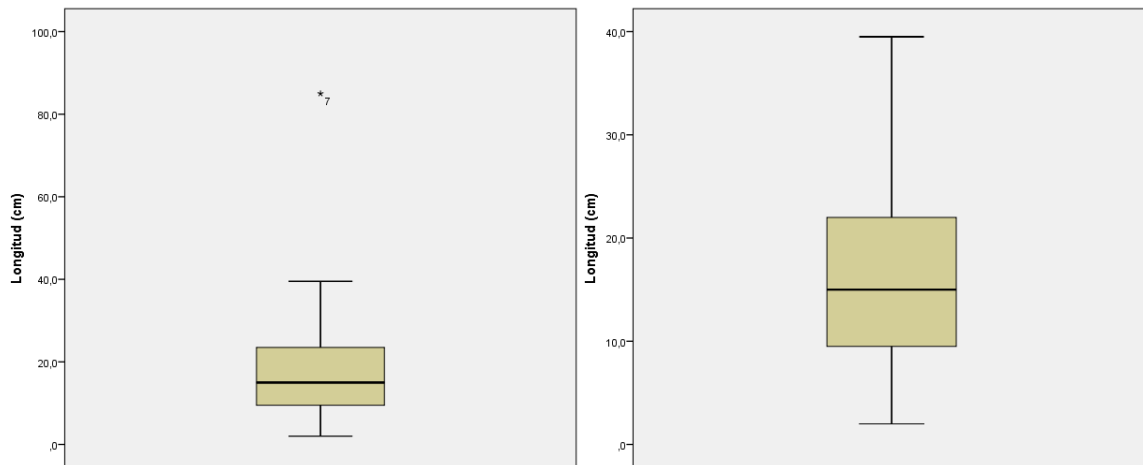


Figura 4. 43 Diagrama de caja de homogeneización de variables de CSF245

La Tabla 4.36 muestra la prueba t para una muestra sin contrastar una hipótesis la cual se realizó a un 95% de confianza se afirma que el promedio de la longitud de fisuras se encuentra entre 13.690 y 20.310 cm que fueron generados en la etapa de retracción plástica para la losa de CSF245.

Tabla 4. 36

Prueba T para una muestra (longitud) sin hipótesis para CSF245

| | Valor de prueba = 0 | | | | | |
|---------------|---------------------|----|---------------------|-------------------------|---|----------|
| | t | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | 95% de intervalo de confianza de la diferencia | |
| | | | | | Inferior | Superior |
| Longitud (cm) | 10.398 | 38 | .000 | 17.0000 | 13.690 | 20.310 |

Nota: gl = Grados de libertad, t = Prueba t de Student, Sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

La norma ACI 224R-01 nos indica que la longitud de las fisuras va de unos pocos milímetros a unos cuantos metros, al no encontrar una norma, reglamento o bibliografía que rija un parámetro de la longitud de fisura, los siguientes análisis estadísticos se contrastaran con la hipótesis del promedio más alto de longitud de fisura de la población del concreto patrón (CSF245 longitud superior 20.31 cm).

4.4.1.2.6. Análisis Estadístico para la Longitud de Fisuras para CRF245-0.4(20).

Se homogeneizará la variable espesor de fisuras generadas en la losa de CRF245-0.4(20) para un correcto análisis por medio del diagrama de cajas, la Figura 4.44 nos muestra

la normalización de la variable por medio de eliminar el dato 2. Los resultados normalizados tienden a un sesgo negativo el cual indica que los espesores de fisuras son minúsculos.

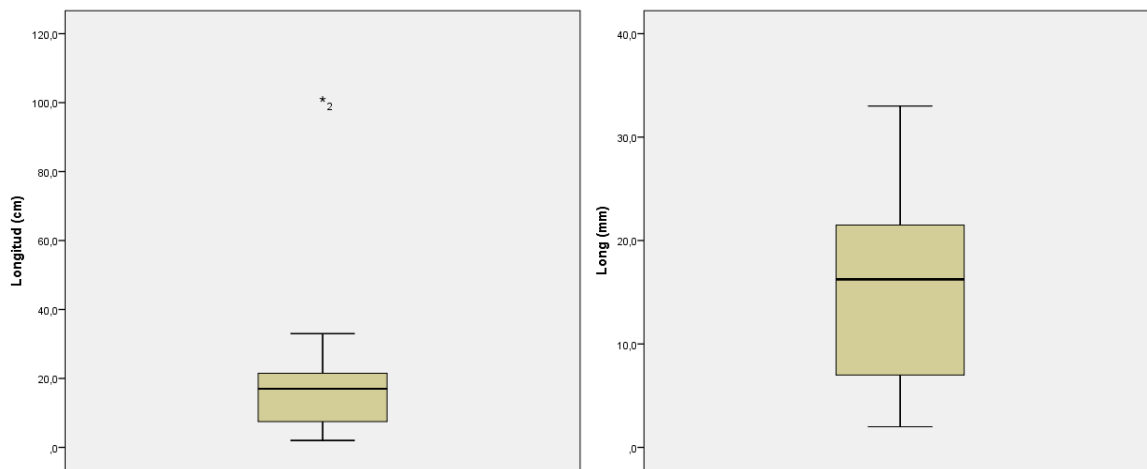


Figura 4. 44 Diagrama de caja de homogeneización de variables de CRF245-0.4(20)

La Tabla 4.37 muestra la prueba t para una muestra sin contrastar una hipótesis la cual se realizó y muestra el límite inferior de 12.521 cm y superior de 19.291 cm de espesor de fisura con la data ya homogeneizada. Los límites inferior y superior nos indican los parámetros del ancho de fisuras generados en la etapa de retracción plástica para la losa de

Tabla 4. 37

Prueba T para una muestra (longitud) sin hipótesis para CRF245-0.4(20)

| Valor de prueba = 0 | | | | | | |
|---------------------|-------|----|---------------------|-------------------------|---|----------|
| | t | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | 95% de intervalo de confianza de la diferencia | |
| | | | | | Inferior | Superior |
| Longitud (cm) | 9.584 | 31 | .000 | 15.9063 | 12.521 | 19.291 |

Nota: gl = Grados de libertad, t = Prueba t de Student, Sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

La Tabla 4.38 muestra la prueba t para una muestra que contrasta la hipótesis; la longitud de fisuras máxima de CSF245 es de 20.31 cm, el cual al ser comparado con los rangos de longitud de fisuras de la losa de CRF210-0.4(20) nos indica que los espesores obtenidos son menores.

Tabla 4. 38*Prueba T para una muestra (longitud) con hipótesis para CRF245-0.4(20)*

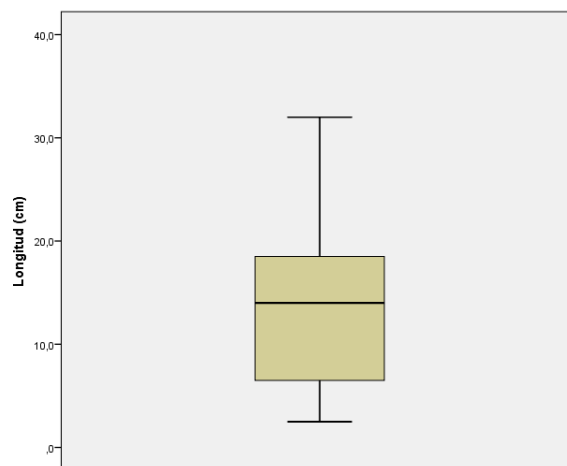
| Prueba de muestra única | | | | | | |
|-------------------------|--------|----|---------------------|-------------------------|---|----------|
| Valor de prueba = 20.31 | | | | | | |
| | t | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | 95% de intervalo de confianza de la diferencia | |
| | | | | | Inferior | Superior |
| Longitud (cm) | -2.653 | 31 | .012 | -4.4037 | -7.789 | -1.019 |

Nota: gl = Grados de libertad, t = Prueba t de Student, Sig = Índice de significancia.**Fuente:** Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

Se realizará el análisis estadístico a una cola, al ser negativo el valor de t ($\text{Sig.}/2 < .05$) por lo que la prueba t para una muestra afirma que la longitud de fisuras encontrados en la losa aligerada de CRF245-0.4(20) es menor a la longitud de fisuras máxima de CSF245 es de 20.31 cm.

4.4.1.2.7. Análisis Estadístico para la Longitud de Fisuras para CRF245-0.7(20).

Se homogeneizará la variable espesor de fisuras generadas en la losa de CRF245-0.7(20) para un correcto análisis por medio del diagrama de cajas, la Figura 4.45 nos muestra que los valores una vez normalizados, tienden a un sesgo negativo el cual indica que los espesores de fisuras son minúsculos.

**Figura 4. 45** Diagrama de caja de homogeneización de variables de CRF245-0.7(20)

La Tabla 4.39 muestra la prueba t para una muestra sin contrastar una hipótesis la cual se realizó y muestra el límite inferior de 10.982 cm y superior de 17.618 cm de espesor de

fisura con la data ya homogeneizada. Los límites inferior y superior nos indican los parámetros del ancho de fisuras generados en la etapa de retracción plástica para la losa de

Tabla 4. 39

Prueba T para una muestra (longitud) sin hipótesis para CRF245-0.7(20)

| | Valor de prueba = 0 | | | | | |
|---------------|---------------------|----|---------------------|-------------------------|---|----------|
| | t | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | 95% de intervalo de confianza de la diferencia | |
| | | | | | Inferior | Superior |
| Longitud (cm) | 8.877 | 25 | .000 | 14.3000 | 10.982 | 17.618 |

Nota: gl = Grados de libertad, t = Prueba t de Student, Sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

La Tabla 4.40 muestra la prueba t para una muestra que contrasta la hipótesis; la longitud de fisuras máxima de CSF245 es de 20.31 cm, el cual al ser comparado con los rangos de longitud de fisuras de la losa de CRF210-0.7(20) nos indica que los espesores obtenidos son menores.

Tabla 4. 40

Prueba T para una muestra (longitud) con hipótesis para CRF245-0.7(20)

| | Valor de prueba = 20.31 | | | | | |
|---------------|-------------------------|----|---------------------|-------------------------|---|----------|
| | t | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | 95% de intervalo de confianza de la diferencia | |
| | | | | | Inferior | Superior |
| Longitud (cm) | -3.731 | 25 | .001 | -6.0100 | -9.328 | -2.692 |

Nota: gl = Grados de libertad, t = Prueba t de Student, Sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

Se realizará el análisis estadístico a una cola, al ser negativo el valor de t ($\text{Sig.}/2 < .05$) por lo que la prueba t para una muestra afirma que la longitud de fisuras encontrados en la losa aligerada de CRF245-0.7(20) es menor a la longitud de fisuras máxima de CSF245 es de 20.31 cm.

4.4.1.2.8. Análisis Estadístico para la Longitud de Fisuras para CRF245-1.2(20).

Se homogeneizará la variable espesor de fisuras generadas en la losa de CRF245-1.2(20) para un correcto análisis por medio del diagrama de cajas, la Figura 4.46 nos muestra

que los valores una vez normalizados, tienden a un sesgo negativo el cual indica que los espesores de fisuras son minúsculos.

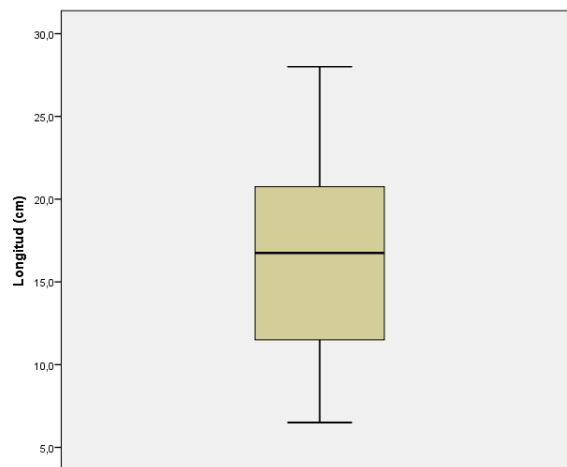


Figura 4. 46 Diagrama de caja de homogeneización de variables de CRF245-1.2(20)

La Tabla 4.41 muestra la prueba t para una muestra sin contrastar una hipótesis la cual se realizó y muestra el límite inferior de 12.656 cm y superior de 21.094 cm de espesor de fisura con la data ya homogeneizada. Los límites inferior y superior nos indican los parámetros del ancho de fisuras generados en la etapa de retracción plástica para la losa de

Tabla 4. 41

Prueba T para una muestra (longitud) sin hipótesis para CRF245-1.2(20)

| | Valor de prueba = 0 | | | | | |
|---------------|---------------------|----|---------------------|-------------------------|---|----------|
| | t | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | 95% de intervalo de confianza de la diferencia | |
| | | | | | Inferior | Superior |
| Longitud (cm) | 8.803 | 11 | .000 | 16.8750 | 12.656 | 21.094 |

Nota: gl = Grados de libertad, t = Prueba t de Student, Sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

La Tabla 4.42 muestra la prueba t para una muestra que contrasta la hipótesis; la longitud de fisuras máxima de CSF245 es de 20.31 cm, el cual al ser comparado con los rangos de longitud de fisuras de la losa de CRF210-1.2(20) nos indica que los espesores obtenidos son menores.

Tabla 4. 42*Prueba T para una muestra (longitud) con hipótesis para CRF245-1.2(20)*

| | Valor de prueba = 20.31 | | | | | |
|---------------|-------------------------|----|---------------------|-------------------------|---|----------|
| | t | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | 95% de intervalo de confianza de la diferencia | |
| | | | | | Inferior | Superior |
| Longitud (cm) | -1.792 | 11 | .101 | -3.4350 | -7.654 | .784 |

Nota: gl = Grados de libertad, t = Prueba t de Student, Sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

Se realizará el análisis estadístico a una cola, al ser negativo el valor de t ($\text{Sig.}/2 > .05$) por lo que la prueba t para una muestra afirma que la longitud de fisuras encontrados en la losa aligerada de CRF245-1.2(20) es igual a la longitud de fisuras máxima de CSF245 es de 20.31 cm.

Los valores de la $\frac{\text{sig.}}{2}$ son menores a .05 en todas las pruebas de concretos $f'c=210$ kg/cm² con fibra por lo que se rechaza **H₀: No existe una reducción de las longitudes de fisuras causadas por la retracción plástica de losas aligeradas de concreto con resistencia $f'c=245$ kg/cm²**, por medio de la prueba t para una muestra, con la hipótesis a contrastar de longitud máxima de 20.31 cm encontrada en las losa CSF245 que se usó al no encontrar una restricción normada.

4.4.1.3. Redacción de Hipótesis Específica-03 y Nivel de Confiabilidad.

Hipótesis Científica: El empleo de la fibra sintética de polipropileno modifica la resistencia de los concreto $f'c=210$ kg/cm² y $f'c=245$ kg/cm².

H₀: **No existe** una diferencia significativa en la resistencia de los concretos $f'c=210$ kg/cm² y $f'c=245$ kg/cm² con sus dosis de fibra.

H₁: **Existe** una diferencia significativa en la resistencia de los concreto $f'c=210$ kg/cm² y $f'c=245$ kg/cm² con sus dosis de fibra.

Todas las pruebas estadísticas se realizarán a un nivel de confianza del 5%.

4.4.1.3.1. Análisis Estadístico de Resistencia a la Compresión de CSF210 edad 1 Día.

Para analizar la resistencia a la compresión a una edad de 1 día de CSF210 se usará el análisis estadístico de anova de un factor, ya que la data cumple con las condiciones de equivalencia de grupos, independencia de observaciones, la tabla 4.43 indica que cumple con la homogeneidad de varianza según el estadístico de levene (Sig. > .05).

Tabla 4. 43

Homogeneidad de varianza de resistencia $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ a 1 día

| Estadístico de Levene | gl1 | gl2 | Sig. |
|-----------------------|-----|-----|------|
| 2,800 | 3 | 8 | .109 |

Nota: gl1 = Grados de libertad 1, gl2 = Grados de libertad 2, Sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

La tabla 4.44 muestra los resultados de la prueba anova de un factor el cual compara la resistencia a la compresión a una edad de 1 día de los diferentes concretos $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ adicionados con la fibra de polipropileno, hay diferencias en la resistencia del concreto patrón y los concretos reforzados con fibra (Sig. < .05).

Tabla 4. 44

Anova de un factor de resistencia $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ a 1 día

| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|------------------|-------------------|----|------------------|--------|------|
| Entre grupos | 179.941 | 3 | 59.980 | 25.743 | .000 |
| Dentro de grupos | 18.640 | 8 | 2.330 | | |
| Total | 198.580 | 11 | | | |

Nota: gl = Grados de libertad, F = Distribución F de Fisher. Sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

Al no saber entre que concretos existe las diferencias se realiza la prueba post hoc de Bonferroni, la tabla 4.45 indica que las diferencias significativas (Sig. < .05) se encuentran entre los grupos de CSF210 – CRF210-0.4(20) y CSF210 – CRF210-0.7(20).

Tabla 4. 45*Bonferroni comparacion de resistencia $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ edad 1 día*

| (I) Tipo de Concreto | (J) Tipo de Concreto | Diferencia de medias (I-J) | Error estándar | Sig. | Intervalo de confianza al 95% | |
|----------------------|----------------------|----------------------------|----------------|------|-------------------------------|-----------------|
| | | | | | Límite inferior | Límite superior |
| CSF210 | CRF210-0.4(20) | -4.75333* | 1.24631 | .031 | -9.0891 | -.4176 |
| | CRF210-0.7(20) | 5.99667* | 1.24631 | .008 | 1.6609 | 10.3324 |
| | CRF210-1.2(20) | 2.02333 | 1.24631 | .859 | -2.3124 | 6.3591 |

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel .05.

Nota: Sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

4.4.1.3.2. Análisis Estadístico de Resistencia a la Compresión de CSF210 edad 3 Días.

Para analizar la resistencia a la compresión a una edad de 3 días de CSF210 se usará el análisis estadístico de anova de un factor, ya que la data cumple con las condiciones de equivalencia de grupos, independencia de observaciones, la tabla 4.46 indica que cumple con la homogeneidad de varianza según el estadístico de levene (Sig. > .05).

Tabla 4. 46*Homogeneidad de varianzas de resistencia $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ a 3 días*

| Estadístico de Levene | gl1 | gl2 | Sig. |
|-----------------------|-----|-----|------|
| 3,503 | 3 | 8 | .069 |

Nota: gl1 = Grados de libertad 1, gl2 = Grados de libertad 2, Sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

La tabla 4.47 muestra los resultados de la prueba anova de un factor el cual compara la resistencia a la compresión a una edad de 3 días de los diferentes concretos $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ adicionados con la fibra de polipropileno, hay diferencias en la resistencia del concreto patrón y los concretos reforzados con fibra (Sig. < .05).

Tabla 4. 47*Anova de un factor de resistencia $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ a 3 días*

| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|------------------|-------------------|----|------------------|--------|------|
| Entre grupos | 2,544.339 | 3 | 848.113 | 27,677 | .000 |
| Dentro de grupos | 245.148 | 8 | 30.644 | | |
| Total | 2,789.489 | 11 | | | |

Nota: gl = Grados de libertad, F = Distribución F de Fisher. Sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

Al no saber entre que concretos existe las diferencias se realiza la prueba post hoc de Bonferroni, la tabla 4.48 indica que las diferencias significativas (Sig. < .05) se encuentran entre los grupos de CSF210 – CRF210-0.7(20) y CSF210 – CRF210-1.2(20)

Tabla 4. 48

Bonferroni comparacion de resistencia $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ edad de 3 días

| (I) Tipo de Concreto | (J) Tipo de Concreto | Diferencia de medias (I-J) | Error estándar | Sig. | Intervalo de confianza al 95% | |
|----------------------|----------------------|----------------------------|----------------|-------|-------------------------------|-----------------|
| | | | | | Límite inferior | Límite superior |
| | CRF210-0.4(20) | 2.45667 | 4.51985 | 1.000 | -13.2673 | 18.1807 |
| CSF210 | CRF210-0.7(20) | 31.34333* | 4.51985 | .001 | 15.6193 | 47.0673 |
| | CRF210-1.2(20) | 29.17333* | 4.51985 | .001 | 13.4493 | 44.8973 |

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Nota: Sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

4.4.1.3.3. Análisis Estadístico de Resistencia a la Compresión de CSF210 edad 7 Días

Para analizar la resistencia a la compresión a una edad de 7 días de CSF210 se usará el análisis estadístico de anova de un factor, ya que la data cumple con las condiciones de equivalencia de grupos, independencia de observaciones, la tabla 4.49 indica que cumple con la homogeneidad de varianza según el estadístico de levene (Sig. > .05).

Tabla 4. 49

Homogeneidad de varianza de resistencia $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ a 7 días

| Estadístico de Levene | g1 | g2 | Sig. |
|-----------------------|----|----|------|
| 1,540 | 3 | 8 | .278 |

Nota: g1 = Grados de libertad 1, g2 = Grados de libertad 2, Sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

La tabla 4.50 muestra los resultados de la prueba anova de un factor el cual compara la resistencia a la compresión a una edad de 7 días de los diferentes concretos $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ adicionados con la fibra de polipropileno, hay diferencias en la resistencia del concreto patrón y los concretos reforzados con fibra (Sig. < .05).

Tabla 4. 50*Anova de un factor de resistencia $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ a 7 días*

| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|------------------|-------------------|----|------------------|--------|------|
| Entre grupos | 3,734.165 | 3 | 1,244.722 | 32.962 | .000 |
| Dentro de grupos | 302.100 | 8 | 37.763 | | |
| Total | 4036.265 | 11 | | | |

Nota: gl = Grados de libertad, F = Distribución F de Fisher. Sig = Índice de significancia.*Fuente:* Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

Al no saber entre que concretos existe las diferencias se realiza la prueba post hoc de Bonferroni, la tabla 4.51 indica que las diferencias significativas (Sig. < .05) se encuentran entre los grupos de CSF210 – CRF210-0.7(20) y CSF210 – CRF210-1.2(20).

Tabla 4. 51*Bonferroni comparaciones de resistencia $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ Edad de 7 Días*

| (I) Tipo de Concreto | (J) Tipo de Concreto | Diferencia de medias (I-J) | Error estándar | Sig. | Intervalo de confianza al 95% | |
|----------------------|----------------------|----------------------------|----------------|-------|-------------------------------|-----------------|
| | | | | | Límite inferior | Límite superior |
| CSF210 | CRF210-0.4(20) | 1.71667 | 5.01747 | 1,000 | -15.7385 | 19.1718 |
| | CRF210-0.7(20) | 38.00000* | 5.01747 | ,000 | 20.5448 | 55.4552 |
| | CRF210-1.2(20) | 34.01000* | 5.01747 | ,001 | 16.5548 | 51.4652 |

* La diferencia de medias es significativa en el nivel .05.

Nota: Sig = Índice de significancia.*Fuente:* Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

4.4.1.3.4. Análisis Estadístico de Resistencia a la Compresión de CSF210 edad 14 Días.

Para analizar la resistencia a la compresión a una edad de 14 días de CSF210 se usará el análisis estadístico de anova de un factor, ya que la data cumple con las condiciones de equivalencia de grupos, independencia de observaciones, la tabla 4.52 indica que cumple con la homogeneidad de varianza según el estadístico de levene (Sig. > .05).

Tabla 4. 52*Homogeneidad de varianza de resistencia $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ a 14 días*

| Estadístico de Levene | gl1 | gl2 | Sig. |
|-----------------------|-----|-----|------|
| 1,540 | 3 | 8 | .077 |

Nota: gl1 = Grados de libertad 1, gl2 = Grados de libertad 2, Sig = Índice de significancia.*Fuente:* Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

La tabla 4.53 muestra los resultados de la prueba anova de un factor el cual compara la resistencia a la compresión a una edad de 14 días de los diferentes concretos $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ adicionados con la fibra de polipropileno, hay diferencias en la resistencia del concreto patrón y los concretos reforzados con fibra (Sig. < .05).

Tabla 4. 53

Anova de un factor de resistencia $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ a 14 días

| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|------------------|-------------------|----|------------------|---------|------|
| Entre grupos | 4,339.403 | 3 | 1,446.468 | 170.842 | .000 |
| Dentro de grupos | 67.734 | 8 | 8.467 | | |
| Total | 4,407.136 | 11 | | | |

Nota: gl = Grados de libertad, F = Distribución F de Fisher. Sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

Al no saber entre que concretos existe las diferencias se realiza la prueba post hoc de Bonferroni, la tabla 4.54 indica que las diferencias significativas (Sig. < .05) se encuentran entre los grupos de CSF210 – CRF210-0.7(20) y CSF210 – CRF210-1.2(20).

Tabla 4. 54

Bonferroni comparacion de resistencia $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ edad 14 días

| (I) Tipo de Concreto | (J) Tipo de Concreto | Diferencia de medias (I-J) | Error estándar | Sig. | Intervalo de confianza al 95% | |
|----------------------|----------------------|----------------------------|----------------|------|-------------------------------|-----------------|
| | | | | | Límite inferior | Límite superior |
| CSF210 | CRF210-0.4(20) | -5.66000 | 2.37581 | ,266 | -13.9252 | 2.6052 |
| | CRF210-0.7(20) | 35.63333* | 2.37581 | ,000 | 27.3682 | 43.8985 |
| | CRF210-1.2(20) | 34.32667* | 2.37581 | ,000 | 26.0615 | 42.5918 |

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Nota: Sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

4.4.1.3.5. Análisis Estadístico de Resistencia a la Compresión de CSF210 edad 28 Días.

Para analizar la resistencia a la compresión a una edad de 28 días de CSF210 se usará el análisis estadístico de anova de un factor, ya que la data cumple con las condiciones de equivalencia de grupos, independencia de observaciones, la tabla 4.55 indica que cumple con la homogeneidad de varianza según el estadístico de levene (Sig. > .05).

Tabla 4. 55*Homogeneidad de varianza de resistencia $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ a 28 días*

| Estadístico de Levene | gl1 | gl2 | Sig. |
|-----------------------|-----|-----|------|
| ,199 | 3 | 8 | .894 |

Nota: gl1 = Grados de libertad 1, gl2 = Grados de libertad 2, Sig = Índice de significancia.**Fuente:** Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

La tabla 4.56 muestra los resultados de la prueba anova de un factor el cual compara la resistencia a la compresión a una edad de 28 días de los diferentes concretos $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ adicionados con la fibra de polipropileno, hay diferencias en la resistencia del concreto patrón y los concretos reforzados con fibra (Sig. < .05).

Tabla 4. 56*Anova de un factor de resistencia $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ a 28 días*

| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|------------------|-------------------|----|------------------|---------|------|
| Entre grupos | 2,575.115 | 3 | 858.372 | 109.904 | .000 |
| Dentro de grupos | 62.481 | 8 | 7.810 | | |
| Total | 2,637.596 | 11 | | | |

Nota: gl = Grados de libertad, F = Distribución F de Fisher. Sig = Índice de significancia.**Fuente:** Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

Al no saber entre que concretos existe las diferencias se realiza la prueba post hoc de Bonferroni, la tabla 4.57 indica que la diferencia significativa (Sig. < .05) se encuentran entre los grupos de CSF210 – CRF210-0.7(20) y CSF210 – CRF210-1.2(20).

Tabla 4. 57*Bonferroni comparacion de resistencia $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ edad 28 días*

| (I) Tipo de Concreto | (J) Tipo de Concreto | Diferencia de medias (I-J) | Error estándar | Sig. | Intervalo de confianza al 95% | |
|----------------------|----------------------|----------------------------|----------------|------|-------------------------------|-----------------|
| | | | | | Límite inferior | Límite superior |
| CSF210 | CRF210-0.4(20) | 11.30000* | 228184 | .007 | 3.3618 | 19.2382 |
| | CRF210-0.7(20) | 32.75000* | 2.28184 | .000 | 24.8118 | 40.6882 |
| | CRF210-1.2(20) | 34.84667* | 2.28184 | .000 | 26.9084 | 42.7849 |

* La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Nota: Sig = Índice de significancia.**Fuente:** Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

4.4.1.3.6. Análisis Estadístico de Resistencia a la Compresión de CSF210 edad 60 días.

Para analizar la resistencia a la compresión a una edad de 60 días de CSF210 se usará el análisis estadístico de anova de un factor, ya que la data cumple con las condiciones de equivalencia de grupos, independencia de observaciones, la tabla 4.58 indica que cumple con la homogeneidad de varianza según el estadístico de levene (Sig. > .05).

Tabla 4. 58

Homogeneidad de varianza de resistencia $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ a 60 días

| Estadístico de Levene | gl1 | gl2 | Sig. |
|-----------------------|-----|-----|------|
| 1,296 | 3 | 8 | .341 |

Nota: gl1 = Grados de libertad 1, gl2 = Grados de libertad 2, Sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

La tabla 4.59 muestra los resultados de la prueba anova de un factor el cual compara la resistencia a la compresión a una edad de 60 días de los diferentes concretos $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ adicionados con la fibra de polipropileno, hay diferencias en la resistencia del concreto patrón y los concretos reforzados con fibra (Sig. < .05).

Tabla 4. 59

Anova de un factor de resistencia $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ a 60 días

| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|------------------|-------------------|----|------------------|---------|------|
| Entre grupos | 5,960.622 | 3 | 1,986.874 | 264.149 | .000 |
| Dentro de grupos | 60.174 | 8 | 7.522 | | |
| Total | 6,020.796 | 11 | | | |

Nota: gl = Grados de libertad, F = Distribución F de Fisher. Sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23

Al no saber entre que concretos existe las diferencias se realiza la prueba post hoc de Bonferroni, la tabla 4.60 indica que la diferencia significativa (Sig. < .05) se encuentran entre los grupos de CSF210 – CRF210-0.4(20) y CSF210 – CRF210-1.2(20).

Tabla 4. 60

Bonferroni comparacion de resistencia $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ edad 60 días

| (I) Tipo de Concreto | (J) Tipo de Concreto | Diferencia de medias (I-J) | Error estándar | Sig. | Intervalo de confianza al 95% | |
|----------------------|----------------------|----------------------------|----------------|------|-------------------------------|-----------------|
| | | | | | Límite inferior | Límite superior |

| | | | | | | |
|--------|----------------|-----------|---------|------|----------|---------|
| | CRF210-0.4(20) | 45.52333* | 2.23931 | .000 | 37.7330 | 53.3136 |
| CSF210 | CRF210-0.7(20) | -7.02667 | 2.23931 | .083 | -14.8170 | .7636 |
| | CRF210-1.2(20) | -905000* | 2.23931 | .022 | -16.8403 | -1.2597 |

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel .05.

Nota: Sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

Los valores de la Sig. son menores a .05 en todas las pruebas de anova de un factor de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ por lo que se rechazamos **Ho: No existe una diferencia significativa en la resistencia de los concretos $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con sus dosis de fibra.**

4.4.1.3.7. Análisis Estadístico de Resistencia a la Compresión de CSF245 edad 1 Día.

Para analizar la resistencia a la compresión a una edad de 1 día de CSF245 se usará el análisis estadístico de anova de un factor, ya que la data cumple con las condiciones de equivalencia de grupos, independencia de observaciones, la tabla 4.61 indica que cumple con la homogeneidad de varianza según el estadístico de levene (Sig. > .05).

Tabla 4. 61

Homogeneidad de varianza de resistencia $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ a 1 día

| Estadístico de Levene | gl1 | gl2 | Sig. |
|-----------------------|-----|-----|------|
| 1,019 | 3 | 8 | .434 |

Nota: gl1 = Grados de libertad 1, gl2 = Grados de libertad 2, Sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

La tabla 4.62 muestra los resultados de la prueba anova de un factor el cual compara la resistencia a la compresión a una edad de 1 día de los diferentes concretos $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ adicionados con la fibra de polipropileno, hay diferencias en la resistencia del concreto patrón y los concretos reforzados con fibra (Sig. < .05).

Tabla 4. 62

Anova de un factor de resistencia $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ a 1 día

| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|------------------|-------------------|----|------------------|---------|------|
| Entre grupos | 794.790 | 3 | 264.930 | 122.524 | .000 |
| Dentro de grupos | 17.298 | 8 | 2.162 | | |
| Total | 812.088 | 11 | | | |

Nota: gl = Grados de libertad, F = Distribución F de Fisher. Sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

Al no saber entre que concretos existe las diferencias se realiza la prueba post hoc de Bonferroni, la tabla 4.63 indica que las diferencias significativas (Sig. < .05) se encuentran entre los grupos de CSF245 – CRF245-0.4(20), CSF245 – CRF210-0.7(20) y CSF245 – CRF210-1.2(20).

Tabla 4. 63

Bonferroni comparacion de resistencia $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ edad 1 día

| (I) Tipo de Concreto | (J) Tipo de Concreto | Diferencia de medias (I-J) | Error estándar | Sig. | Intervalo de confianza al 95% | |
|----------------------|----------------------|----------------------------|----------------|------|-------------------------------|-----------------|
| | | | | | Límite inferior | Límite superior |
| CSF245 | CRF245-0.4(20) | -11.6300* | 1.20063 | .000 | -15.8069 | -7.4531 |
| | CRF245-0.7(20) | -17.5500* | 1.20063 | .000 | -21.7269 | -13.3731 |
| | CRF245-1.2(20) | -21.5866* | 1.20063 | .000 | -25.7635 | -17.4098 |

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Nota: Sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

4.4.1.3.8. Análisis Estadístico de Resistencia a la Compresión de CSF245 edad 3 días.

Para analizar la resistencia a la compresión a una edad de 3 días de CSF245 se usará el análisis estadístico de anova de un factor, ya que la data cumple con las condiciones de equivalencia de grupos, independencia de observaciones, la tabla 4.64 indica que cumple con la homogeneidad de varianza según el estadístico de levene (Sig. > .05).

Tabla 4. 64

Homogeneidad de varianza de resistencia $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ a 3 días

| Estadístico de Levene | gl1 | gl2 | Sig. |
|-----------------------|-----|-----|------|
| 2,986 | 3 | 8 | .096 |

Nota: gl1 = Grados de libertad 1, gl2 = Grados de libertad 2, Sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

La tabla 4.65 muestra los resultados de la prueba anova de un factor el cual compara la resistencia a la compresión a una edad de 3 días de los diferentes concretos $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ adicionados con la fibra de polipropileno, hay diferencias en la resistencia del concreto patrón y los concretos reforzados con fibra (Sig. < .05).

Tabla 4. 65*Anova de un factor de resistencia $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ a 3 días*

| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|------------------|-------------------|----|------------------|--------|------|
| Entre grupos | 1,484.147 | 3 | 494.716 | 38.401 | .000 |
| Dentro de grupos | 103.063 | 8 | 12.883 | | |
| Total | 1,587.210 | 11 | | | |

Nota: gl = Grados de libertad, F = Distribución F de Fisher. Sig = Índice de significancia.**Fuente:** Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

Al no saber entre que concretos existe las diferencias se realiza la prueba post hoc de Bonferroni, la tabla 4.66 indica que las diferencias significativas (Sig. < .05) se encuentran entre los grupos de CSF245 – CRF245-0.7(20) y CSF245 – CRF245-1.2(20)

Tabla 4. 66*Bonferroni comparacion de resistencia $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ edad 3 días*

| (I) Tipo de Concreto | (J) Tipo de Concreto | Diferencia de medias (I-J) | Error estándar | Sig. | Intervalo de confianza al 95% | |
|----------------------|----------------------|----------------------------|----------------|------|-------------------------------|-----------------|
| | | | | | Límite inferior | Límite superior |
| CSF245 | CRF245-0.4(20) | -25,2500* | 2.93063 | .000 | -35.4453 | -15.0547 |
| | CRF245-0.7(20) | -28,1566* | 2.93063 | .000 | -38.3520 | -17.9614 |
| | CRF245-1.2(20) | -13,3133* | 2.93063 | .011 | -23.5086 | -3.1180 |

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Nota: Sig = Índice de significancia.**Fuente:** Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

4.4.1.3.9. Análisis Estadístico de Resistencia a la Compresión de CSF245 edad 7 días.

Para analizar la resistencia a la compresión a una edad de 7 días de CSF245 se usará el análisis estadístico de anova de un factor, ya que la data cumple con las condiciones de equivalencia de grupos, independencia de observaciones, la tabla 4.67 indica que cumple con la homogeneidad de varianza según el estadístico de levene (Sig. > .05).

Tabla 4. 67*Homogeneidad de varianza de resistencia $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ a 7 días*

| Estadístico de Levene | gl1 | gl2 | Sig. |
|-----------------------|-----|-----|------|
| ,802 | 3 | 8 | .527 |

Nota: gl1 = Grados de libertad 1, gl2 = Grados de libertad 2, Sig = Índice de significancia.**Fuente:** Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

La tabla 4.68 muestra los resultados de la prueba anova de un factor el cual compara la resistencia a la compresión a una edad de 7 días de los diferentes concretos $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ adicionados con la fibra de polipropileno, hay diferencias en la resistencia del concreto patrón y los concretos reforzados con fibra (Sig. < .05).

Tabla 4. 68

Anova de un factor de resistencia $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ a 7 días

| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|------------------|-------------------|----|------------------|--------|------|
| Entre grupos | 1,976.595 | 3 | 658.865 | 70.415 | .000 |
| Dentro de grupos | 74.85 | 8 | 9.357 | | |
| Total | 2,051.450 | 11 | | | |

Nota: gl = Grados de libertad, F = Distribución F de Fisher. Sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

Al no saber entre que concretos existe las diferencias se realiza la prueba post hoc de Bonferroni, la tabla 4.69 indica que las diferencias significativas (Sig. < .05) se encuentran entre los grupos de CSF245 – CRF245-0.4(20) y CSF245 – CRF245-0.7(20)

Tabla 4. 69

Bonferroni comparacion de resistencia $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ edad 7 días

| (I) Tipo de Concreto | (J) Tipo de Concreto | Diferencia de medias (I-J) | Error estándar | Sig. | Intervalo de confianza al 95% | |
|----------------------|----------------------|----------------------------|----------------|-------|-------------------------------|-----------------|
| | | | | | Límite inferior | Límite superior |
| CSF245 | CRF245-0.4(20) | -26.4066* | 2.49759 | .000 | -35.0955 | -17.7179 |
| | CRF245-0.7(20) | -22.9633* | 2.49759 | .000 | -31.6521 | -14.2745 |
| | CRF245-1.2(20) | 1.68000 | 2.49759 | 1.000 | -7.0088 | 10.3688 |

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Nota: Sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

4.4.1.3.10. Análisis Estadístico de Resistencia a la Compresión de CSF245 edad 14 días.

Para analizar la resistencia a la compresión a una edad de 14 días de CSF245 se usará el análisis estadístico de anova de un factor, ya que la data cumple con las condiciones de equivalencia de grupos, independencia de observaciones, la tabla 4.70 indica que cumple con la homogeneidad de varianza según el estadístico de levene (Sig. > .05).

Tabla 4. 70*Homogeneidad de varianza de resistencia $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ a 14 días*

| Estadístico de Levene | gl1 | gl2 | Sig. |
|-----------------------|-----|-----|------|
| ,649 | 3 | 8 | .605 |

Nota: gl1 = Grados de libertad 1, gl2 = Grados de libertad 2, Sig = Índice de significancia.**Fuente:** Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

La tabla 4.71 muestra los resultados de la prueba anova de un factor el cual compara la resistencia a la compresión a una edad de 14 días de los diferentes concretos $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ adicionados con la fibra de polipropileno, hay diferencias en la resistencia del concreto patrón y los concretos reforzados con fibra (Sig. < .05).

Tabla 4. 71*Anova de un factor de resistencia $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ a 14 días*

| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|------------------|-------------------|----|------------------|---------|------|
| Entre grupos | 4,579.397 | 3 | 1,526.466 | 131.184 | .000 |
| Dentro de grupos | 93.089 | 8 | 11.636 | | |
| Total | 4,672.486 | 11 | | | |

Nota: gl = Grados de libertad, F = Distribución F de Fisher. Sig = Índice de significancia.**Fuente:** Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

Al no saber entre que concretos existe las diferencias se realiza la prueba post hoc de Bonferroni, la tabla 4.72 indica que las diferencias significativas (Sig. < .05) se encuentran entre los grupos de CSF245 – CRF245-0.4(20) y CSF245 – CRF245-0.7(20)

Tabla 4. 72*Bonferroni comparacion de resistencia $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ edad 14 días*

| (I) Tipo de Concreto | (J) Tipo de Concreto | Diferencia de medias (I-J) | Error estándar | Sig. | Intervalo de confianza al 95% | |
|----------------------|----------------------|----------------------------|----------------|-------|-------------------------------|-----------------|
| | | | | | Límite inferior | Límite superior |
| CSF245 | CRF245-0.4(20) | -47.4266* | 2.78521 | .000 | -57.1161 | -37.7373 |
| | CRF245-0.7(20) | -24.9366* | 2.78521 | .000 | -34.6261 | -15.2473 |
| | CRF245-1.2(20) | -1.00333 | 2.78521 | 1.000 | -10.6927 | 8.6861 |

* La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Nota: Sig = Índice de significancia.**Fuente:** Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

4.4.1.3.11. Análisis Estadístico de Resistencia a la Compresión de CSF210 edad 28 días.

Para analizar la resistencia a la compresión a una edad de 28 días de CSF245 se usará el análisis estadístico de anova de un factor, ya que la data cumple con las condiciones de equivalencia de grupos, independencia de observaciones, la tabla 4.73 indica que cumple con la homogeneidad de varianza según el estadístico de levene (Sig. > .05).

Tabla 4. 73

Homogeneidad de varianza de resistencia $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ a 28 días

| Estadístico de Levene | gl1 | gl2 | Sig. |
|-----------------------|-----|-----|------|
| 1,105 | 3 | 8 | .402 |

Nota: gl1 = Grados de libertad 1, gl2 = Grados de libertad 2, Sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

La tabla 4.74 muestra los resultados de la prueba anova de un factor el cual compara la resistencia a la compresión a una edad de 28 días de los diferentes concretos $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ adicionados con la fibra de polipropileno, hay diferencias en la resistencia del concreto patrón y los concretos reforzados con fibra (Sig. < .05).

Tabla 4. 74

Anova de un factor de resistencia $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ a 28 días

| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|------------------|-------------------|----|------------------|--------|------|
| Entre grupos | 2255.896 | 3 | 751.965 | 36.963 | .000 |
| Dentro de grupos | 162.751 | 8 | 20.344 | | |
| Total | 2418.647 | 11 | | | |

Nota: gl = Grados de libertad, F = Distribución F de Fisher. Sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

Al no saber entre que concretos existe las diferencias se realiza la prueba post hoc de Bonferroni, la tabla 4.75 indica que las diferencias significativas (Sig. < .05) se encuentran entre los grupos de CSF245 – CRF245-0.4(20), CSF245 – CRF245-0.7(20) y CSF245 – CRF245-0.7(20).

Tabla 4. 75*Bonferroni comparacion de resistencia $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ edad 28 días*

| (I) Tipo de Concreto | (J) Tipo de Concreto | Diferencia de medias (I-J) | Error estándar | Sig. | Intervalo de confianza al 95% | |
|----------------------|----------------------|----------------------------|----------------|------|-------------------------------|-----------------|
| | | | | | Límite inferior | Límite superior |
| CSF245 | CRF245-0.4(20) | -35.10000* | 3.68274 | .000 | -47.9118 | -22.2882 |
| | CRF245-0.7(20) | -30.29000* | 3.68274 | .000 | -43.1018 | -17.4782 |
| | CRF245-1.2(20) | -15.71333* | 3.68274 | .016 | -28.5252 | -2.9015 |

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Nota: Sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

4.4.1.3.12. Análisis Estadístico de Resistencia a la Compresión de CSF245 edad 60 días.

Para analizar la resistencia a la compresión a una edad de 60 días de CSF245 se usará el análisis estadístico de anova de un factor, ya que la data cumple con las condiciones de equivalencia de grupos, independencia de observaciones, la tabla 4.76 indica que cumple con la homogeneidad de varianza según el estadístico de levene (Sig. > .05).

Tabla 4. 76*Homogeneidad de varianza de resistencia $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ a 60 días*

| Estadístico de Levene | gl1 | gl2 | Sig. |
|-----------------------|-----|-----|------|
| ,314 | 3 | 8 | .815 |

Nota: gl1 = Grados de libertad 1, gl2 = Grados de libertad 2, Sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

La tabla 4.77 muestra los resultados de la prueba anova de un factor el cual compara la resistencia a la compresión a una edad de 60 días de los diferentes concretos $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ adicionados con la fibra de polipropileno, hay diferencias en la resistencia del concreto patrón y los concretos reforzados con fibra (Sig. < .05).

Tabla 4. 77*Anova de un factor de resistencia $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ a 60 días*

| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|------------------|-------------------|----|------------------|---------|------|
| Entre grupos | 1,796.927 | 3 | 598.976 | 108.944 | .000 |
| Dentro de grupos | 43.984 | 8 | 5.498 | | |
| Total | 1,840.911 | 11 | | | |

Nota: gl = Grados de libertad, F = Distribución F de Fisher. Sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

Al no saber entre que concretos existe las diferencias se realiza la prueba post hoc de Bonferroni, la tabla 4.78 indica que las diferencias significativas (Sig. < .05) se encuentran entre los grupos de CSF245 – CRF245-0.4(20), CSF245 – CRF245-0.7(20) y CSF245 – CRF245-1.2(20).

Tabla 4. 78

Bonferroni comparacion de resistencia $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ edad 60 días

| (I) Tipo de Concreto | (J) Tipo de Concreto | Diferencia de medias (I-J) | Error estándar | Sig. | Intervalo de confianza al 95% | |
|----------------------|----------------------|----------------------------|----------------|------|-------------------------------|-----------------|
| | | | | | Límite inferior | Límite superior |
| CSF245 | CRF245-0.4(20) | -12.9800* | 1.91451 | .001 | -19.6404 | -6.3196 |
| | CRF245-0.7(20) | -17.5000* | 1.91451 | .000 | -24.1604 | -10.8396 |
| | CRF245-1.2(20) | 13.89333* | 1.91451 | .001 | 7.2330 | 20.5537 |

* La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Nota: Sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

Los valores de la Sig. son menores a .05 en todas las pruebas de anova de un factor de $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ por lo que se rechazamos **Ho: No existe una diferencia significativa en la resistencia de los concretos $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ con sus dosis de fibra.**

4.4.2. Resultados Estadístico.

4.4.2.1. Comparaciones Múltiples de Variable Espesor.

El objetivo de esta sección es comparar datos muestrales obtenidos independientemente, determinar si se encuentra igualdades o diferencias entre el concreto patrón y los concretos adicionados con fibras en distintas dosis.

4.4.2.1.1. Anova de una Factor (Tipos De Concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$).

Por medio de esta prueba se compararán los espesores de fisuras obtenidos en las losas de CSF210, CRF210-0.4(20), CRF210-0.7(20) y CRF210-1.2(20) buscando una igualdad entre todas o al menos una es diferente.

Para analizar el espesor de fisuras de CSF210 se usará el análisis estadístico de anova de un factor, ya que la data cumple con las condiciones de normalidad, independencia de

observaciones y homogeneidad de varianza según el estadístico de Levene (Sig. < .05). La tabla 4.79 indica que no cumple.

Tabla 4. 79

Homogeneidad de varianzas espesor de fisuras $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.

| Estadístico de Levene | gl1 | gl2 | Sig. |
|-----------------------|-----|-----|------|
| 13,949 | 3 | 129 | .000 |

Nota: gl1 = Grados de libertad 1, gl2 = Grados de libertad 2, Sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

La tabla 4.80 muestra los resultados de la prueba anova de un factor el cual compara los espesores de fisuras con los diferentes concretos $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ adicionados con la fibra de polipropileno, indica que hay diferencias entre los espesores del concreto patrón y los concretos reforzados con fibra (Sig. < .05).

Tabla 4. 80

Anova de un factor (concretos $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$) para espesor de fisuras

| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|------------------|-------------------|-----|------------------|-------|------|
| Entre grupos | .186 | 3 | .062 | 5.645 | .001 |
| Dentro de grupos | 1.419 | 129 | .011 | | |
| Total | 1.605 | 132 | | | |

Nota: gl = Grados de libertad, F = Distribución F de Fisher. Sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

Ya encontrando que los concretos $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ en sus distintas dosis al menos una es diferente, al no saber entre que concretos existe las diferencias se realiza la prueba post hoc de Bonferroni, la tabla 4.81 indica que las diferencias significativas (Sig. < .05) se encuentran entre los grupos de CSF210 – CRF210-0.4(20) y CSF210 – CRF210-1.2(20).

Tabla 4. 81

Bonferroni comparaciones de variable (espesor) según $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

| (I) Tipo de Concreto | (J) Tipo de Concreto | Diferencia de medias (I-J) | Error estándar | Sig. | Intervalo de confianza al 95% | |
|----------------------|----------------------|----------------------------|----------------|------|-------------------------------|-----------------|
| | | | | | Límite inferior | Límite superior |
| CSF210 | CRF210-0.4(20) | .06869* | .02371 | .027 | .0051 | .1322 |
| | CRF210-0.7(20) | .05545 | .02494 | .168 | -.0114 | .1223 |
| | CRF210-1.2(20) | .09813* | .02622 | .002 | .0279 | .1684 |

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Nota: Sig = Índice de significancia.

4.4.2.1.2. Anova de una Factor (Tipos De Concreto $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$).

Por medio de esta prueba se compararán los espesores de fisuras obtenidos en las losas de CSF245, CRF245-0.4(20), CRF245-0.7(20) y CRF245-1.2(20) buscando una igualdad entre todas o al menos una es diferente.

Para analizar el espesor de fisuras de CSF245 se usará el análisis estadístico de anova de un factor, ya que la data cumple con las condiciones de normalidad, independencia de observaciones y homogeneidad de varianza según el estadístico de levene (Sig. > .05). La tabla 4.82 indica que cumple.

Tabla 4. 82
Homogeneidad de varianzas espesor de fisuras $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$

| Estadístico de Levene | gl1 | gl2 | Sig. |
|-----------------------|-----|-----|------|
| 1,002 | 3 | 105 | .395 |

Nota: gl1 = Grados de libertad 1, gl2 = Grados de libertad 2, Sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

La tabla 4.83 muestra los resultados de la prueba anova de un factor el cual compara los espesores de fisuras con los diferentes concretos $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ adicionados con la fibra de polipropileno, la prueba indica que no hay diferencias entre los espesores del concreto patrón y los concretos reforzados con fibra (Sig. > .05).

Tabla 4. 83
Anova de un factor (concretos $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$) para espesor de fisuras

| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|------------------|-------------------|-----|------------------|------|------|
| Entre grupos | .009 | 3 | .003 | .190 | .903 |
| Dentro de grupos | 1.600 | 105 | .015 | | |
| Total | 1.609 | 108 | | | |

Nota: gl = Grados de libertad, F = Distribución F de Fisher. Sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

4.4.2.1. Comparaciones Múltiples de Variable Longitud.

El objetivo de esta sección es comparar datos muestrales obtenidos independientemente, determinar si se encuentra igualdades o diferencias entre el concreto patrón y los concretos adicionados con fibras en distintas dosis.

4.4.2.1.1. Anova de una Factor (Tipos De Concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$).

Por medio de esta prueba se compararán los espesores de fisuras obtenidos en las losas de CSF210, CRF210-0.4(20), CRF210-0.7(20) y CRF210-1.2(20) buscando una igualdad entre todas o al menos una es diferente.

Para analizar el espesor de fisuras de CSF210 se usará el análisis estadístico de anova de un factor, ya que la data cumple con las condiciones de normalidad, independencia de observaciones y homogeneidad de varianza según el estadístico de Levene (Sig. < .05). La tabla 4.84 indica que no cumple.

Tabla 4. 84

Homogeneidad de varianzas longitud de fisura $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

| Estadístico de Levene | gl1 | gl2 | Sig. |
|-----------------------|-----|-----|------|
| 3,410 | 3 | 129 | .020 |

Nota: gl1 = Grados de libertad 1, gl2 = Grados de libertad 2, Sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

La tabla 4.85 muestra los resultados de la prueba anova de un factor el cual compara la longitud de fisuras de los diferentes concretos $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ adicionados con la fibra de polipropileno, la prueba indica que no hay diferencias entre los espesores del concreto patrón y los concretos reforzados con fibra (Sig. > .05).

Tabla 4. 85

Anova de un factor (concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$) para longitud

| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|------------------|-------------------|-----|------------------|-------|------|
| Entre grupos | 293.609 | 3 | 97.870 | 2.324 | .078 |
| Dentro de grupos | 5432.128 | 129 | 42.110 | | |
| Total | 5725.737 | 132 | | | |

Nota: gl = Grados de libertad, F = Distribución F de Fisher. Sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

4.4.2.1.2. Anova de una Factor (concretos $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$).

Por medio de esta prueba se compararán las longitudes de fisuras obtenidos en las losas de CSF245, CRF245-0.4(20), CRF245-0.7(20) y CRF245-1.2(20) buscando una igualdad entre todas o al menos una es diferente.

Para analizar el espesor de fisuras de CSF245 se usará el análisis estadístico de anova de un factor, ya que la data cumple con las condiciones de normalidad, independencia de observaciones y homogeneidad de varianza según el estadístico de Levene (Sig. < .05). La tabla 4.86 indica que no cumple.

Tabla 4. 86

Estadístico de Levene $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ longitud

| Estadístico de Levene | gl1 | gl2 | Sig. |
|-----------------------|-----|-----|------|
| 19,202 | 3 | 105 | .000 |

Nota: gl1 = Grados de libertad 1, gl2 = Grados de libertad 2, Sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

La tabla 4.87 muestra los resultados de la prueba anova de un factor el cual compara la longitud de fisuras de los diferentes concretos $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ adicionados con la fibra de polipropileno, la prueba indica que no hay diferencias entre los espesores del concreto patrón y los concretos reforzados con fibra (Sig. > .05).

Tabla 4. 87

Anova de un factor (concretos $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$) para longitud

| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|------------------|-------------------|-----|------------------|------|------|
| Entre grupos | 123.560 | 3 | 41.187 | .488 | .691 |
| Dentro de grupos | 8,865.681 | 105 | 84.435 | | |
| Total | 8,989.241 | 108 | | | |

Nota: gl = Grados de libertad, F = Distribución F de Fisher. Sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

4.4.2.2. Relación entre Variables.

Se usó la prueba de Correlación de Pearson con el fin de determinar si parece haber una relación entre dos variables que presenten únicamente relaciones lineales, lo que significa que cuando se grafican los puntos, se aproximan a un patrón de línea recta.

4.4.2.2.1. Correlación de Pearson de Espesor y Longitud de Fisura de CSF210.

La tabla 4.88 indica que presenta una moderada correlación de variables (R= .497 y Sig. < .05) espesor de fisuras y la longitud de fisuras en el CSF210.

Tabla 4. 88*Correlación de Pearson de espesor y longitud de fisuras de CSF210*

| | | Espesor (mm) | Longitud (cm) |
|------------------|------------------------|-----------------|------------------|
| Espesor (mm) | Correlación de Pearson | 1 | .494** |
| | Sig. (bilateral) | | .000 |
| | N | 48 | 48 |
| Longitud (cm) | Correlación de Pearson | .494** | 1 |
| | Sig. (bilateral) | .000 | |
| | N | 48 | 48 |

** La correlación es significativa en el nivel .01 (bilateral).

Nota: N = Tamaño de la muestra, Sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

4.4.2.2.2. Correlación de Pearson de Espesor y Longitud de Fisura de CRF210-0.4(20).

La tabla 4.89 indica que presenta una buena correlación de variables ($R = .618$ y $\text{Sig.} < .05$) espesor de fisuras y la longitud de fisuras en el CRF210-0.4(20).

Tabla 4. 89*Correlación de Pearson de espesor y longitud de fisuras de CRF210-0.4(20)*

| | | Espesor (mm) | Longitud (cm) |
|------------------|------------------------|-----------------|------------------|
| Espesor (mm) | Correlación de Pearson | 1 | .618** |
| | Sig. (bilateral) | | .000 |
| | N | 33 | 33 |
| Longitud (cm) | Correlación de Pearson | .618** | 1 |
| | Sig. (bilateral) | .000 | |
| | N | 33 | 33 |

** La correlación es significativa en el nivel .01 (bilateral).

Nota: N = Tamaño de la muestra, Sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

4.4.2.2.3. Correlación de Pearson de Espesor y Longitud de Fisura de CRF210-0.7(20).

La tabla 4.90 indica que presenta una moderada correlación de variables ($R = .445$ y $\text{Sig.} < .05$) espesor de fisuras y la longitud de fisuras en el CRF210-0.7(20).

Tabla 4. 90*Correlación de Pearson de espesor y longitud de fisuras de CRF210-0.7(20)*

| | | Espesor (mm) | Longitud (cm) |
|------------------|------------------------|-----------------|------------------|
| Espesor (mm) | Correlación de Pearson | 1 | .445* |
| | Sig. (bilateral) | | .018 |
| | N | 28 | 28 |
| Longitud (cm) | Correlación de Pearson | .445* | 1 |
| | Sig. (bilateral) | .018 | |
| | N | 28 | 28 |

** . La correlación es significativa en el nivel .01 (bilateral).

Nota: N = Tamaño de la muestra, Sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

4.4.2.2.4. Correlación de Pearson de Espesor y Longitud de Fisura de CRF210-1.2(20).

La tabla 4.91 indica que presenta una moderada correlación de variables ($R = .544$ y $\text{Sig.} < .05$) espesor de fisuras y la longitud de fisuras en el CRF210-1.2(20).

Tabla 4. 91*Correlación de Pearson de espesor y longitud de fisuras de CRF210-1.2(20)*

| | | Espesor (mm) | Longitud (cm) |
|------------------|------------------------|-----------------|------------------|
| Espesor (mm) | Correlación de Pearson | 1 | .544** |
| | Sig. (bilateral) | | .006 |
| | N | 24 | 24 |
| Longitud (cm) | Correlación de Pearson | .544** | 1 |
| | Sig. (bilateral) | .006 | |
| | N | 24 | 24 |

** . La correlación es significativa en el nivel .01 (bilateral).

Nota: N = Tamaño de la muestra, Sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

4.4.2.2.5. Correlación de Pearson de Espesor y Longitud de Fisura de CSF245.

La tabla 4.92 indica que presenta una moderada correlación variables ($R = .544$ $\text{Sig.} < .05$) espesor de fisuras y la longitud de fisuras en el CSF245.

Tabla 4. 92*Correlación de Pearson de espesor y longitud de fisuras de CSF245*

| | | Espesor (mm) | Longitud (cm) |
|------------------|------------------------|-----------------|------------------|
| Espesor (mm) | Correlación de Pearson | 1 | .544** |
| | Sig. (bilateral) | | .000 |
| | N | 39 | 39 |
| Longitud (cm) | Correlación de Pearson | .544** | 1 |
| | Sig. (bilateral) | .000 | |
| | N | 39 | 39 |

** . La correlación es significativa en el nivel .01 (bilateral).

Nota: N = Tamaño de la muestra, Sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

4.4.2.2.6. Correlación de Pearson de Espesor y Longitud de Fisura de CRF245-0.4(20).

La tabla 4.93 indica que presenta una buena correlación de variables ($R = .630$ y $\text{Sig.} < .05$) espesor de fisuras y la longitud de fisuras en el CRF245-0.4(20).

Tabla 4. 93*Correlación de Pearson de espesor y longitud de fisuras de CRF245-0.4(20)*

| | | Espesor (mm) | Longitud (cm) |
|------------------|------------------------|-----------------|------------------|
| Espesor (mm) | Correlación de Pearson | 1 | .630** |
| | Sig. (bilateral) | | .000 |
| | N | 32 | 32 |
| Longitud (cm) | Correlación de Pearson | .630** | 1 |
| | Sig. (bilateral) | .000 | |
| | N | 32 | 32 |

** . La correlación es significativa en el nivel .01 (bilateral).

Nota: N = Tamaño de la muestra, Sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

4.4.2.2.7. Correlación de Pearson de Espesor y Longitud de Fisura de CRF2450.7(20).

La tabla 4.94 indica que presenta una moderada correlación de variables ($R = .468$ y $\text{Sig.} < .05$) espesor de fisuras y la longitud de fisuras en el CRF245-0.7(20).

Tabla 4. 94*Correlación de Pearson de espesor y longitud de fisuras de CRF245-0.7(20).*

| | | Espesor (mm) | Longitud (cm) |
|------------------|------------------------|-----------------|------------------|
| Espesor (mm) | Correlación de Pearson | 1 | .468* |
| | Sig. (bilateral) | | .016 |
| | N | 26 | 26 |
| Longitud (cm) | Correlación de Pearson | .468* | 1 |
| | Sig. (bilateral) | .016 | |
| | N | 26 | 26 |

** . La correlación es significativa en el nivel .01 (bilateral).

Nota: N = Tamaño de la muestra, Sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

4.4.2.2.8. Correlación de Pearson de Espesor y Longitud de Fisura de CRF245-1.2(20).

La tabla 4.95 indica que no presenta una correlación de variables (Sig. > .05) espesor de fisuras y la longitud de fisuras en el CRF245-1.2(20)

Tabla 4. 95*Correlación de Pearson de espesor y longitud de fisuras de CRF245-1.2(20).*

| | | Espesor (mm) | Longitud (cm) |
|------------------|------------------------|-----------------|------------------|
| Espesor (mm) | Correlación de Pearson | 1 | .333 |
| | Sig. (bilateral) | | .291 |
| | N | 12 | 12 |
| Longitud (cm) | Correlación de Pearson | .333 | 1 |
| | Sig. (bilateral) | .291 | |
| | N | 12 | 12 |

** . La correlación es significativa en el nivel .01 (bilateral).

Nota: N = Tamaño de la muestra, Sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

4.4.2.2. Regresión Lineal Múltiple y Creación de Modelo Predictivo

Se ha utilizado la Regresión Lineal Múltiple (RLM) para explorar y cuantificar la relación entre la variable longitud y espesor de fisura. Para así desarrollar una ecuación lineal con fines predictivos.

4.4.2.2.1. Regresión Lineal Múltiple de Longitud y Espesor de Fisura CSF210.

La tabla 4.96 indica que si es posible elaborar un modelo de regresión lineal a partir de estas dos variables según la relación analizada (Sig. < .05).

Tabla 4. 96
Contraste de hipótesis anova de la regresión de CSF210

| Modelo | | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|--------|-----------|-------------------|----|------------------|--------|-------------------|
| 1 | Regresión | 588.000 | 1 | 588.000 | 14.820 | .000 ^b |
| | Residuo | 1,828.120 | 46 | 39.677 | | |
| | Total | 2,413.120 | 47 | | | |

Nota: Variable dependiente: Longitud (cm), b = Predictores: (Constante), Espesor (mm), F = Distribución F de Fisher, gl = Grados de libertad, Sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

la tabla 4.97 nos brinda los valores de la caución lineal para elaborar un modelo de predicción para la longitud de fisura en función del espesor de fisuras generado en la losa aligerada de CSR210, nos muestra el valor de la constante 8,876 y el coeficiente para el espesor 23,75 los cuales son significativos (Sig. < .05).

Tabla 4. 97
Coefficientes de regresión lineal CSF210

| Modelo | Coeficientes no estandarizados | | Coeficientes estandarizados | t | Sig. |
|--------|--------------------------------|----------------|-----------------------------|-------|-------|
| | B | Error estándar | Beta | | |
| 1 | (Constante) | 8.876 | 1.517 | 5.850 | .000 |
| | Espesor (mm) | 23.750 | 6.169 | .494 | 3.850 |

Nota: B = Coeficiente del modelo Beta, t = Prueba t de Student, sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

La figura 4.47 muestra la ecuación de regresión y coeficiente del modelo final longitud de fisura.

$$ESP_1 = 8.876 + 23.75 * Long$$

Figura 4. 47 Ecuación de regresión y coeficiente del modelo final longitud de fisura

Nota: ESP₁ = Espesor de fisura, Long = Longitud de fisura.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

4.4.2.2.2. Regresión Lineal Múltiple de Longitud y Espesor de Fisura CRF210-0.4(20).

La tabla 4.98 indica que si es posible elaborar un modelo de regresión lineal a partir de estas dos variables según la relación analizada (Sig. < .05).

Tabla 4. 98*Contraste de hipótesis anova de la regresión de CRF210-0.4(20)*

| Modelo | | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|--------|-----------|-------------------|----|------------------|--------|-------------------|
| 1 | Regresión | 309.515 | 1 | 309.515 | 19.145 | .000 ^b |
| | Residuo | 501.166 | 31 | 16.167 | | |
| | Total | 810.682 | 32 | | | |

Nota: Variable dependiente: Longitud (cm), b = Predictores: (Constante), Espesor (mm), F = Distribución F de Fisher, gl = Grados de libertad, Sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

la tabla 4.9 nos brinda los valores de la caución lineal para elaborar un modelo de predicción para la longitud de fisura en función del espesor de fisuras generado en la losa aligerada de CRF210-0.4(20), nos muestra el valor de la constante 7.384 y el coeficiente para el espesor 43,457 los cuales son significativos (Sig. < .05).

Tabla 4. 99*Coefficientes de regresión lineal CRF210-0.4(20)*

| Modelo | Coeficientes no estandarizados | | Coeficientes estandarizados | t | Sig. |
|--------|--------------------------------|----------------|-----------------------------|-------|-------|
| | B | Error estándar | Beta | | |
| 1 | (Constante) | 7.384 | 1.453 | 5.083 | .000 |
| | Espesor (mm) | 43.457 | 9.932 | .618 | 4.376 |

Nota: B = Coeficiente del modelo Beta, t = Prueba t de Student, sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

La figura 4.48 muestra la ecuación de regresión y coeficiente del modelo final longitud de fisura.

$$ESP_1 = 7.387 + 43.457 * Long$$

Figura 4. 48 Ecuación de regresión y coeficiente del modelo final longitud de fisura

Nota: ESP₁ = Espesor de fisura, Long = Longitud de fisura.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

4.4.2.2.3. Regresión Lineal Múltiple de Longitud y Espesor de Fisura CRF210-0.7(20).

La tabla 4.100 indica que si es posible elaborar un modelo de regresión lineal a partir de estas dos variables según la relación analizada (Sig. < .05).

Tabla 4. 100*Contraste de hipótesis anova de la regresión de CRF210-0.7(20)*

| Modelo | | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|--------|-----------|-------------------|----|------------------|-------|-------------------|
| 1 | Regresión | 334.025 | 1 | 334.025 | 6.404 | .018 ^b |
| | Residuo | 1,356.144 | 26 | 52.159 | | |
| | Total | 1,690.170 | 27 | | | |

Nota: Variable dependiente: Longitud (cm), b = Predictores: (Constante), Espesor (mm), F = Distribución F de Fisher, gl = Grados de libertad, Sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

la tabla 4.101 nos brinda los valores de la caución lineal para elaborar un modelo de predicción para la longitud de fisura en función del espesor de fisuras generado en la losa aligerada de CRF210-0.7(20), nos muestra el valor de la constante 6.769 y el coeficiente para el espesor 47.972 los cuales son significativos (Sig. < .05).

Tabla 4. 101*Coefficientes de regresión lineal CRF210-0.7(20)*

| Modelo | Coeficientes no estandarizados | | Coeficientes estandarizados | t | Sig. |
|--------|--------------------------------|----------------|-----------------------------|-------|-------|
| | B | Error estándar | Beta | | |
| 1 | (Constante) | 6.769 | 3.008 | 2.250 | .033 |
| | Espesor (mm) | 47.972 | 18.957 | .445 | 2.531 |

Nota: B = Coeficiente del modelo Beta, t = Prueba t de Student, sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

La figura 4.49 muestra la ecuación de regresión y coeficiente del modelo final longitud de fisura.

$$ESP_1 = 6.769 + 47.972 * Long$$

Figura 4. 49 Ecuación de regresión y coeficiente del modelo final longitud de fisura.

Nota: ESP₁ = Espesor de fisura, Long = Longitud de fisura.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

4.4.2.2.4. Regresión Lineal Múltiple de Longitud y Espesor de Fisura CRF210-1.2(20).

La tabla 4.102 indica que si es posible elaborar un modelo de regresión lineal a partir de estas dos variables según la relación analizada (Sig. < .05).

Tabla 4. 102*Contraste de hipótesis anova de la regresión de CRF210-1.2(20)*

| Modelo | | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|--------|-----------|-------------------|----|------------------|-------|-------------------|
| 1 | Regresión | 153.371 | 1 | 153.371 | 9.250 | .006 ^b |
| | Residuo | 364.785 | 22 | 16.581 | | |
| | Total | 518.156 | 23 | | | |

Nota: Variable dependiente: Longitud (cm), b = Predictores: (Constante), Espesor (mm), F = Distribución F de Fisher, gl = Grados de libertad, Sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

la tabla 4.103 nos brinda los valores de la caución lineal para elaborar un modelo de predicción para la longitud de fisura en función del espesor de fisuras generado en la losa aligerada de CRF210-1.2(20), nos muestra el valor de la constante 4.847 y el coeficiente para el espesor 47.751 los cuales son significativos (Sig. < .05).

Tabla 4. 103*Coefficientes de regresión lineal CRF210-1.2(20)*

| Modelo | Coeficientes no estandarizados | | Coeficientes estandarizados | t | Sig. |
|--------|--------------------------------|----------------|-----------------------------|-------|------|
| | B | Error estándar | Beta | | |
| 1 | (Constante) | 4.847 | 1.759 | .2755 | .012 |
| | Espesor (mm) | 47.751 | 15.701 | .544 | .006 |

Nota: B = Coeficiente del modelo Beta, t = Prueba t de Student, sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

La figura 4.50 muestra la ecuación de regresión y coeficiente del modelo final longitud de fisura.

$$ESP_1 = 4.847 + 47.751 * Long$$

Figura 4. 50 Ecuación de regresión y coeficiente del modelo final longitud de fisura

Nota: ESP₁ = Espesor de fisura, Long = Longitud de fisura.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

4.4.2.2.5. Regresión Lineal Múltiple de Longitud y Espesor de Fisura CSF245.

La tabla 4.104 indica que si es posible elaborar un modelo de regresión lineal a partir de estas dos variables según la relación analizada (Sig. < .05).

Tabla 4. 104*Contraste de hipótesis anova de la regresión de CSF245*

| Modelo | | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|--------|-----------|-------------------|----|------------------|--------|-------------------|
| 1 | Regresión | 1,171.574 | 1 | 1171.574 | 15.540 | .000 ^b |
| | Residuo | 2,789.426 | 37 | 75.390 | | |
| | Total | 3,961.000 | 38 | | | |

Nota: Variable dependiente: Longitud (cm), b = Predictores: (Constante), Espesor (mm), F = Distribución F de Fisher, gl = Grados de libertad, Sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

la tabla 4.105 nos brinda los valores de la caución lineal para elaborar un modelo de predicción para la longitud de fisura en función del espesor de fisuras generado en la losa aligerada de CSR245, nos muestra el valor de la constante 7.531 y el coeficiente para el espesor 42.495 los cuales son significativos (Sig. < .05).

Tabla 4. 105*Coefficientes de regresión lineal CSF450*

| Modelo | Coeficientes no estandarizados | | Coeficientes estandarizados | t | Sig. | |
|--------|--------------------------------|----------------|-----------------------------|------|-------|------|
| | B | Error estándar | Beta | | | |
| 1 | (Constante) | 7.531 | 2.775 | | 2.714 | .010 |
| | Espesor (mm) | 42.495 | 10.780 | .544 | 3.942 | .000 |

Nota: B = Coeficiente del modelo Beta, t = Prueba t de Student, sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

La figura 4.51 muestra la ecuación de regresión y coeficiente del modelo final longitud de fisura.

$$ESP_1 = 7.531 + 42.495 * Long$$

Figura 4. 51 Ecuación de regresión y coeficiente del modelo final longitud de fisura

Nota: ESP₁ = Espesor de fisura, Long = Longitud de fisura.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

4.4.2.2.6. Regresión Lineal Múltiple de Longitud y Espesor de Fisura CRF245-0.4(20).

La tabla 4.106 indica que si es posible elaborar un modelo de regresión lineal a partir de estas dos variables según la relación analizada (Sig. < .05).

Tabla 4. 106*Contraste de hipótesis anova de la regresión de CRF245-0.4(20)*

| Modelo | | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|--------|-----------|-------------------|----|------------------|--------|-------------------|
| 1 | Regresión | 1,082.906 | 1 | 1,082.906 | 19.691 | .000 ^b |
| | Residuo | 1,649.812 | 30 | 54.994 | | |
| | Total | 2,732.719 | 31 | | | |

Nota: Variable dependiente: Longitud (cm), b = Predictores: (Constante), Espesor (mm), F = Distribución F de Fisher, gl = Grados de libertad, Sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

la tabla 4.107 nos brinda los valores de la caución lineal para elaborar un modelo de predicción para la longitud de fisura en función del espesor de fisuras generado en la losa aligerada de CRF245-0.4(20), nos muestra el valor de la constante 6.175 y el coeficiente para el espesor 46.064 los cuales son significativos (Sig. < .05).

Tabla 4. 107*Coefficientes de regresión lineal CRF245-0.4(20)*

| Modelo | Coeficientes no estandarizados | | Coeficientes estandarizados | t | Sig. |
|--------|--------------------------------|----------------|-----------------------------|-------|------|
| | B | Error estándar | Beta | | |
| 1 | (Constante) | 6.175 | 2.555 | 2.417 | .022 |
| | Espesor (mm) | 46.064 | 10.381 | .630 | .000 |

Nota: B = Coeficiente del modelo Beta, t = Prueba t de Student, sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

La figura 4.52 muestra la ecuación de regresión y coeficiente del modelo final longitud de fisura.

$$ESP_1 = 6.175 + 46.064 * Long$$

Figura 4. 52 Ecuación de regresión y coeficiente del modelo final longitud de fisura

Nota: ESP₁ = Espesor de fisura, Long = Longitud de fisura.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

4.4.2.2.7. Regresión Lineal Múltiple de Longitud y Espesor de Fisura CRF245-0.720).

La tabla 4.108 indica que si es posible elaborar un modelo de regresión lineal a partir de estas dos variables según la relación analizada (Sig. < .05).

Tabla 4. 108*Contraste de hipótesis anova de la regresión de CRF245-0.720)*

| Modelo | | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|--------|-----------|-------------------|----|------------------|-------|-------------------|
| 1 | Regresión | 369.925 | 1 | 369.925 | 6.741 | .016 ^b |
| | Residuo | 1,316.975 | 24 | 54.874 | | |
| | Total | 1,686.900 | 25 | | | |

Nota: Variable dependiente: Longitud (cm), b = Predictores: (Constante), Espesor (mm), F = Distribución F de Fisher, gl = Grados de libertad, Sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

la tabla 4.109 nos brinda los valores de la caución lineal para elaborar un modelo de predicción para la longitud de fisura en función del espesor de fisuras generado en la losa aligerada de CRF245-0.720), nos muestra el valor de la constante 6.684 y el coeficiente para el espesor 34.142 los cuales son significativos (Sig. < .05).

Tabla 4. 109*Coefficientes de regresión lineal CRF245-0.720)*

| Modelo | Coeficientes no estandarizados | | Coeficientes estandarizados | t | Sig. |
|--------|--------------------------------|----------------|-----------------------------|-------|-------|
| | B | Error estándar | Beta | | |
| 1 | (Constante) | 6.684 | 3.273 | 2.042 | .052 |
| | Espesor (mm) | 34.142 | 13.150 | .468 | 2.596 |

Nota: B = Coeficiente del modelo Beta, t = Prueba t de Student, sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

La figura 4.53 muestra la ecuación de regresión y coeficiente del modelo final longitud de fisura.

$$ESP_1 = 6.684 + 34.142 * Long$$

Figura 4. 53 Ecuación de regresión y coeficiente del modelo final longitud de fisura

Nota: ESP₁ = Espesor de fisura, Long = Longitud de fisura.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

4.4.2.2.8. Regresión Lineal Múltiple de Longitud y Espesor de Fisura CRF245-1.2(20).

La tabla 4.110 indica que no es posible elaborar un modelo de regresión lineal a partir de estas dos variables según la relación analizada (Sig. > .05).

Tabla 4. 110*Contraste de hipótesis anova de la regresión de CSF210*

| Modelo | | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|--------|-----------|-------------------|----|------------------|-------|-------------------|
| 1 | Regresión | 53.641 | 1 | 53.641 | 1.243 | .291 ^b |
| | Residuo | 431.422 | 10 | 43.142 | | |
| | Total | 485.063 | 11 | | | |

Nota: Variable dependiente: Longitud (cm), b = Predictores: (Constante), Espesor (mm), F = Distribución F de Fisher, gl = Grados de libertad, Sig = Índice de significancia.

Fuente: Programa IBM SPSS Statistics V. 23.

4.5. ANÁLISIS ECONÓMICO

Para el análisis económico se tomarán los precios para el mes de agosto del 2017 en la cual se ejecutó la investigación, se calculará el precio de concreto por m³ de acuerdo al f'c requerido tanto para el concreto patrón y los concretos adicionados con fibra.

Se muestran los precios de los distintos concretos de la Tabla 4.111 a la Tabla 4.118.

Tabla 4. 111*Precio de CSF210 por m³*

| CSF210 x m ³ - Método Global | | | | |
|---|----------------|----------|--------------|---------------|
| Materiales | UND | Cantidad | Precio (S/.) | Parcial (S/.) |
| Cemento | bolsa | 8.43 | 20.50 | 172.76 |
| Agua | m ³ | .21 | 2.10 | .45 |
| Piedra | m ³ | .43 | 60.00 | 26.09 |
| Arena | m ³ | .68 | 60.00 | 40.79 |
| Fibra | kg | 0 | 43.00 | 0 |
| Total (S/.) | | | | 240.09 |

Tabla 4. 112*Precio de CRF210-0.4(20) por m³*

| CRF210-0.4(20) x m ³ - Método Global | | | | |
|---|----------------|----------|--------------|---------------|
| Materiales | UND | Cantidad | Precio (S/.) | Parcial (S/.) |
| Cemento | bolsa | 8.43 | 20.50 | 172.76 |
| Agua | m ³ | 0.21 | 2.10 | 0.45 |
| Piedra | m ³ | 0.43 | 60.00 | 25.84 |
| Arena | m ³ | 0.67 | 60.00 | 40.13 |
| Fibra | kg | 0.00 | 43.00 | 0.00 |
| Total (S/.) | | | | 239.19 |

Tabla 4. 113*Precio de CRF210-0.7(20) por m³*

| CRF210-0.7(20) x m ³ - Método Global | | | | |
|---|------------|-----------------|---------------------|----------------------|
| Materiales | UND | Cantidad | Precio (S/.) | Parcial (S/.) |
| Cemento | bolsa | 8.67 | 20.50 | 177.80 |
| Agua | m3 | 0.22 | 2.10 | 0.46 |
| Piedra | m3 | 0.42 | 60.00 | 25.48 |
| Arena | m3 | 0.66 | 60.00 | 39.56 |
| Fibra | kg | 0.70 | 43.00 | 30.10 |
| Total (S/.) | | | | 273.40 |

Tabla 4. 114*Precio de CRF210-1,2(20) por m³*

| CRF210-1,2(20) x m ³ - Método Global | | | | |
|---|------------|-----------------|---------------------|----------------------|
| Materiales | UND | Cantidad | Precio (S/.) | Parcial (S/.) |
| Cemento | bolsa | 8.81 | 20.50 | 180.68 |
| Agua | m3 | .22 | 2.10 | .47 |
| Piedra | m3 | .43 | 60.00 | 25.50 |
| Arena | m3 | .66 | 60.00 | 39.88 |
| Fibra | kg | 1.200 | 43.00 | 51.60 |
| Total (S/.) | | | | 297.25 |

La figura 4.54 muestra la variación de precios, los concretos adicionados con fibra sintética de polipropileno son más elevados con respecto al concreto patrón (CSF210) el CRF210-0.4(20) muestra un costo elevado de 8.66%, CRF210-0.7(20) muestra un costo elevado de 14.30% y por último el CRF210-1,2(20) muestra un costo elevado de 24.28% todos estos por m³ de concreto.

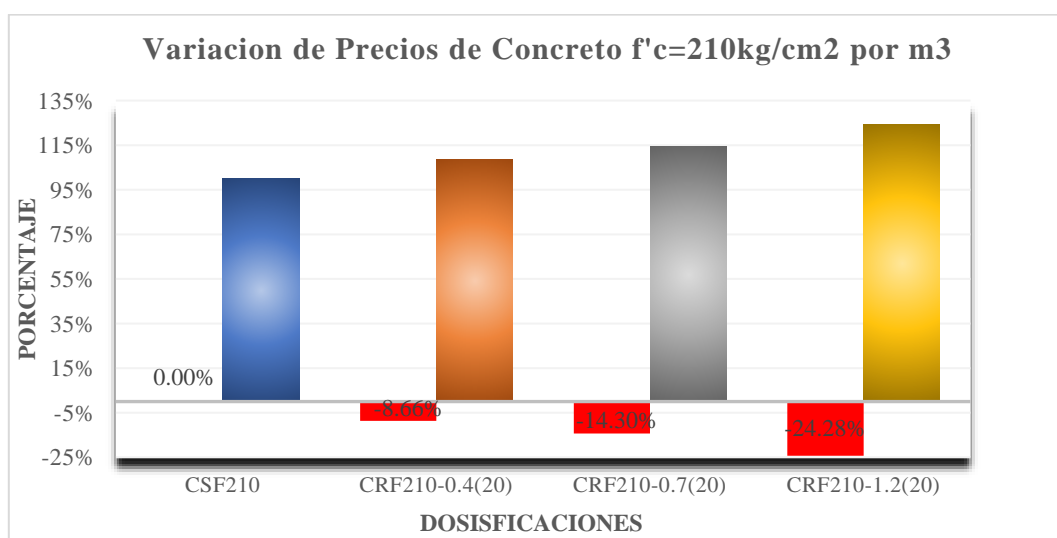
**Figura 4. 54** Variación de precios de concreto f'c=210kg/cm² por m³

Tabla 4. 115*Precio de CSF245 por m³*

| CSF245 x m ³ - Método Global | | | | |
|---|------------|-----------------|---------------------|----------------------|
| Materiales | UND | Cantidad | Precio (S/.) | Parcial (S/.) |
| Cemento | bolsa | 9.24 | 20.50 | 189.38 |
| Agua | m3 | 0.21 | 2.10 | 0.45 |
| Piedra | m3 | 0.42 | 60.00 | 25.39 |
| Arena | m3 | 0.66 | 60.00 | 39.42 |
| Fibra | kg | 0.00 | 43.00 | 0.00 |
| Total (S/.) | | | | 254.64 |

Tabla 4. 116*Precio de CRF245-0.4(20) por m³*

| CRF245-0.4(20) x m ³ - Método Global | | | | |
|---|------------|-----------------|---------------------|----------------------|
| Materiales | UND | Cantidad | Precio (S/.) | Parcial (S/.) |
| Cemento | bolsa | 9.39 | 20.50 | 192.54 |
| Agua | m3 | 0.22 | 2.10 | 0.46 |
| Piedra | m3 | 0.42 | 60.00 | 25.17 |
| Arena | m3 | 0.65 | 60.00 | 39.09 |
| Fibra | kg | 0.40 | 43.00 | 17.20 |
| Total (S/.) | | | | 274.45 |

Tabla 4. 117*Precio de CRF450-0.7(20) por m³*

| CRF245-0.7(20) x m ³ - Método Global | | | | |
|---|------------|-----------------|---------------------|----------------------|
| Materiales | UND | Cantidad | Precio (S/.) | Parcial (S/.) |
| Cemento | bolsa | 9.51 | 20.50 | 194.90 |
| Agua | m3 | 0.22 | 2.10 | 0.46 |
| Piedra | m3 | 0.42 | 60.00 | 25.01 |
| Arena | m3 | 0.65 | 60.00 | 38.83 |
| Fibra | kg | 0.70 | 43.00 | 30.10 |
| Total (S/.) | | | | 289.31 |

Tabla 4. 118*Precio de CRF245-1,2(20) por m³*

| CRF245-1,2(20) x m ³ - Método Global | | | | |
|---|------------|-----------------|---------------------|----------------------|
| Materiales | UND | Cantidad | Precio (S/.) | Parcial (S/.) |
| Cemento | bolsa | 9.55 | 20.50 | 195.70 |
| Agua | m3 | 0.22 | 2.10 | 0.46 |
| Piedra | m3 | 0.42 | 60.00 | 24.95 |
| Arena | m3 | 0.65 | 60.00 | 38.75 |
| Fibra | kg | 1.20 | 43.00 | 51.60 |
| Total (S/.) | | | | 311.46 |

La figura 4.55 muestra la variación de precios, los concretos adicionados con fibra sintética de polipropileno son más elevados con respecto al concreto patrón (CSF245) el CRF245-0.4(20) muestra un costo elevado de 7.78%, CRF245-0.7(20) muestra un costo

elevado de 13.61% y por último el CRF245-1,2(20) muestra un costo elevado de 22.31% todos estos por m³ de concreto.

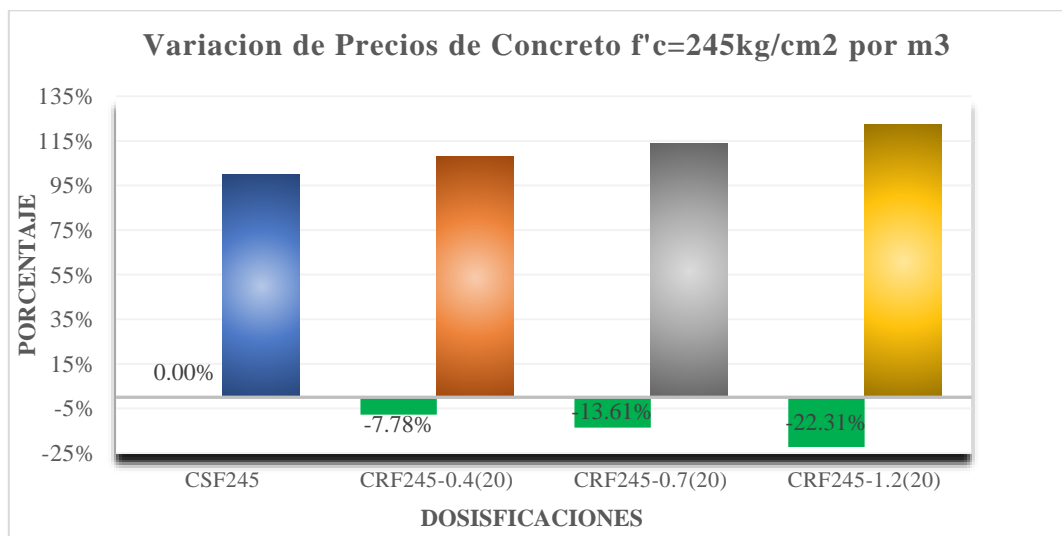


Figura 4. 55 Variación de precios de concreto f'c=245kg/cm² por m³

CAPÍTULO V

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A partir de los resultados encontrados, aceptamos la hipótesis alternativa general que establece que la utilización de las fibras sintéticas de polipropileno controla las fisuras por retracción plástica en losas aligeradas de concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ de la ciudad de Huancayo.

Estos resultados guardan relación con lo que sostienen GARCIA (2007), DÀVILA (2010), GUTIERREZ-PALOMINO (2015) y VALLERO (2015) quienes sostienen que la adición de fibra de polipropileno en el concreto genera un considerable aporte en la disminución de fisuras por retracción plástica. Ello es acorde con lo que en este estudio se halla.

Se acepta la primera hipótesis específica que establece, el empleo de la fibra sintética de polipropileno disminuye el espesor de las fisuras causadas por la retracción plástica de losas aligeradas de concreto con resistencia $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$.

Estos resultados se encuentran dentro del rango máximo permisible de grietas en el concreto según el comité ACI 224-01, el cual indica un ancho de espesor para clima seco de .41 mm, los resultados encontrados tanto de concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ sin fibra y con adición de fibra se encuentran dentro del parámetro normado.

Se acepta la segunda hipótesis específica que establece, el empleo de la fibra sintética de polipropileno disminuye las longitudes de fisuras causadas por la retracción plástica de losas aligeradas de concreto con resistencia $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$.

Estos resultados al no tener un estudio previo o una norma en la cual sea parametrada, se ha generaran parámetros basados en la comparación de longitudes de fisura entre el concreto patrón y los concretos adicionados con fibra de polipropileno encontrando que los concretos adicionados con fibras en distintas dosis disminuyen su longitud ante el concreto patrón.

Se acepta la tercera hipótesis específica que establece, el empleo de la fibra sintética de polipropileno modifica la resistencia de los concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ para losas aligeradas.

Las muestras cilíndricas de 4" x 8" obtenidas de cada losa cumplen con los requisitos de la NTP 339.034, 2008 los resultados de compresión cumplen con el rango de dispersión aceptable para tres probetas en condiciones de laboratorio el cual es 10.6%.

Los resultados guardan relación con lo que sostiene TORO (2017) con respecto al ensayo de compresión se puede observar que el concreto patrón $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ alcanza una resistencia máxima y la adición de fibra influye negativamente teniendo una disminución entre 4.41% a 18.71%, ello es acorde con lo que en este estudio se encontró, la disminución de la resistencia de 4.07% a 15.24%.

Los resultados de compresión de $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ alcanzan una resistencia máxima y la adición de fibra influye positivamente teniendo un aumento de 8.67% a 18.12%, este no presenta estudios anteriores de comparación.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La investigación de adición de fibra de polipropileno de 20 mm en los concretos de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ para su estado fresco determinó que:

La trabajabilidad presenta una relación inversa a la dosis de fibra adicionada, es decir a mayor cantidad de fibra añadida al concreto pierde trabajabilidad, el CRF210-0.4(20), CRF210-0.7(20) y CRF210-1.2(20) disminuyen su trabajabilidad con respecto al CSF210 en 37.50%, 46.75% y 68.75% respectivamente, para los CRF245-0.4(20), CRF245-0.7(20) y CRF245-1.2(20) disminuyen su trabajabilidad con respecto al CSF245 en 22.92%, 43.75% y 50.00% respectivamente.

El tiempo de fragua presenta una relación variable de acuerdo a la dosis de fibra adicionada, es decir a aumenta y disminuye el tiempo de fraguado con respecto a la dosis añadida de fibra, el CRF210-0.4(20), aumenta en 47.56%, CRF210-0.7(20) disminuye en 24.03% y el CRF210-1.2(20) disminuyen en 20.94% con respecto al CSF210, en los CRF245-0.4(20) aumenta en 67.03%, CRF245-0.7(20) disminuye en 16.57% y el CRF245-1.2(20) aumenta en 46.66% con respecto al CSF245.

El aire atrapado presenta una relación variable con la dosis de fibra adicionada, para el concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ presenta una relación inversa el CRF210-0.4(20), CRF210-0.7(20) y CRF210-1.2(20) disminuyen el porcentaje de aire atrapado con respecto al CSF210 en 4.55%, 13.64% y 18.18% respectivamente, el concreto $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ presenta una relación directa el CRF245-0.4(20), CRF245-0.7(20) y CRF245-1.2(20) aumenta su porcentaje de aire atrapado con respecto al CSF245 en 21.05%, 31.58% y 36.84% respectivamente.

El peso unitario presenta una relación variable con la dosis de fibra adicionada, para el concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ presenta una relación inversa el CRF210-0.4(20), CRF210-0.7(20) y CRF210-1.2(20) disminuyen el peso unitario con respecto al CSF210 en .12%, .12% y .18% respectivamente, el concreto $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ presenta una relación variable el CRF245-0.4(20)

aumenta en .12%, CRF245-0.7(20) disminuye en .12% y CRF245-1.2(20) mantiene porcentaje de aire atrapado con respecto al CSF245.

La exudación muestra una relación inversa con la dosis de fibra adicionada, es decir que mayor cantidad de fibra la exudación disminuye, el CRF210-0.4(20), CRF210-0.7(20) y CRF210-1.2(20) disminuyen su exudación con respecto al CSF210 en 11.27%, 18.31% y 47.89% respectivamente. Para los CRF245-0.4(20), CRF245-0.7(20) y CRF245-1.2(20) disminuyen su exudación con respecto al CSF245 en 13.24%, 32.35% y 64.71% respectivamente.

El análisis estadístico de la adición de fibra a concretos de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ en su estado plástico determinó que:

La cantidad de fisuras generados en las losas de CRF210-0.4(20), CRF210-0.7(20) y CRF210-1.2(20) disminuyen con respecto al CSF210 en valores porcentuales de 31.25%, 41.67% y 50.00% respectivamente, para las losas de CRF245-0.4(20), CRF245-0.7(20) y CRF245-1.2(20) se presenta una disminución con respecto al CSF245 en 17.95%, 33.33% y 69.23% respectivamente.

El espesor de fisuras generados en las losas de CRF210-0.4(20), CRF210-0.7(20) y CRF210-1.2(20) disminuyen su espesor con respecto al CSF210 en valores porcentuales de 34.91%, 28.14% y 50.12% respectivamente, para las losas de CRF245-0.4(20), CRF245-0.7(20) y CRF245-1.2(20) se presenta mínimas variaciones en el espesor con respecto al CSF245 en 5.58%, 1.91% y 6.17% respectivamente.

La longitud de fisuras generados en las losas de CRF210-0.4(20), CRF210-0.7(20) y CRF210-1.2(20) disminuyen su longitud con respecto al CSF210 en valores porcentuales mínimos 4.41%, .00% y 7.92% respectivamente, para las losas de CRF245-0.4(20), CRF245-0.7(20) y CRF245-1.2(20) se presenta mínimas variaciones en el espesor con respecto al CSF245 en .92%, 2.31% y .74% respectivamente.

El análisis la adición de fibra a concretos de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ en su estado endurecido determinó que:

El concreto de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ mas cualquier dosis planteada en este estudio presenta una disminución en la resistencia que fluctúa entre 4.07% a 15.24% a sus distintas edades (1, 3, 7 y 14) el cual se normaliza pasando la edad optima de 28 días, se estandariza a una edad 60 días. Caso contrario del concreto $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ el cual aumenta su resistencia entre 8.67% a 18.12% en sus distintas edades (1, 3, 7 y 14) llegando a superar lo requerido a los 28 días, se estandariza a una edad 60 días.

Se logró predecir la longitud de fisura con tan solo tener el espesor de la misma, con los modelos matemáticos planteados para cada losa aligerada, se le sugiere usar estos modelos matemáticos solo en losas aligeradas.

Se le recomienda no realizar un desencofrado prematuro antes de 28 días en los concretos $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ adicuinados con fibras por que no generan altas resistencias iniciales.

Para el concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ la dosis optima que reduce el espesor en un 50.12% y la longitud de fisura en un 7.92% es la que contiene una dosis de 1.200 gr/m³ de fibra de polipropileno monofilamento de 20 mm, para el concreto $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ no se encuentra una dosis adecuada que pueda mejorar el concreto tanto en el espesor como en la longitud de las fisuras, pero si deseamos mejorar el espesor de las fisuras se use una dosis de 1.200 gr/m³ y si desea disminuir la longitud use la dosis de 700 gr/m³ los cuales mejoran al concreto en 6.17% y 2.31% respectivamente.

BIBLIOGRAFÍA

- Directiva 88/379/CEE. 1988.** *Aproximación de las Disposiciones Legales, Reglamentarias y Administrativas de los Estados Miembros Relativas a la Clasificación, Envasado y Etiquetado de Preparados Peligrosos.* Europa : Diario Oficial de las Comunidades Europeas, 1988.
- A. M., Neville y J. J., Brooks. 1998.** *Tecnología del Concreto.* México : Trillas, 1998.
- Abanto Castillo, Flavio. 1997.** *Tecnología del Concreto: Teoría y Problemas.* Lima : San Marcos, 1997.
- Barros Fierro, Verónica Paulina y Ramírez Cueva, Hugo Cesar. 2012.** *Diseño de Hormigones con Fibras de Polipropileno para Resistencias a la Compresión de 21 Y 28 Mpa con Agregados de la Cantera de Pifo.* Quito : Universidad Central de Ecuador, 2012.
- Blanco Álvarez, Ana. 2008.** *Durabilidad del Hormigón con Fibras de Acero.* Barcelona : Universidad Politécnica de Cataluña, 2008.
- Comité ACI 214-65. 1965.** *Práctica Recomendada para la Evaluación de Resultados de Ensayos de Compresión de Concreto en Campo.* Mexico : Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, 1965.
- Comité ACI 224.1R-93. 1993.** *Causas, Evaluación y Reparación de Fisuras en Estructuras de Hormigón.* USA : American Concrete Institute, 1993.
- Comité ACI 224R-01. 2001.** *Control de la Fisuración en Estructuras de Hormigón.* USA : American Concrete Institute, 2001.
- Committee ACI 211.1-91. 2002.** *Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete.* USA : American Concrete Institute, 2002.
- Committee ACI 318. 1999.** *Building code requirements for structural concrete (ACI 318m-99) and commentary (ACI 318rm-99).* USA : American Concrete Institute, 1999.
- Committee ACI 544.1R-96. 2002.** *State-of-the-Art Report in Fiber Reinforced Concrete.* USA : American Concrete Institute, 2002.
- Dávila Mercado, María Paula. 2010.** *Efecto de la Adición de Fibras Sintéticas sobre las Propiedades Plásticas y Mecánicas Del Concreto.* México : Universidad Nacional Autónoma de México, 2010.
- García Aymar, Pedro Antonio. 2007.** *Verificación de la Dosificación de Fibras Sintéticas para Neutralizar las Fisuras Causadas por Contracción Plástica en el Concreto.* Lima : Universidad Ricardo Palma, 2007.
- Gutiérrez Ramos, María Milagros y Palomino Lazo, Katia del Pilar. 2015.** *Análisis de la Propiedades Mecánicas del Concreto Reforzado con Fibras de Polipropileno y Acero, y su uso*

en el Control de Fisuras por Contracción Plástica. Arequipa : Universidad Católica de Santa María, 2015.

Hernández Sampieri, Roberto, Fernández Collado, Carlos y Baptista Lucio, María del Pilar. 2010. *Metodología de la Investigación*. Mexico : Mc Graw Hill,, 2010.

Millán Castro, María Fernanda. 2013. *Comportamiento del Hormigón Reforzado con Fibras de Polipropileno y su Influencia en sus Propiedades Mecánicas en el Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua*. Ecuador : Universidad Técnica de Ambato , 2013.

NTP 334.009. 2013. CEMENTOS. Cementos Portland. Requisitos. 5ª Edición Lima : INDECOPI, 2013.

NTP 334.082. 2000. CEMENTOS. Cemento Portland. Requisitos de desempeño. 2ª Edición Lima : INDECOPI, 2000.

NTP 334.090. 2013. CEMENTOS. Cementos Portland Adicionados. Requisitos. 5ª Edición Lima : INDECOPI, 2013.

NTP 339.034. 2008. CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. 3ª Edición Lima : INDECOPI, 2008.

NTP 339.035. 2009. HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland. 3ª Edición Lima : INDECOPI, 2009.

NTP 339.036. 2011. CONCRETO. Práctica para muestreo de mezclas de concreto fresco. 3ª Edición Lima : INDECOPI, 2011.

NTP 339.046. 2013. HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del hormigón (concreto). 2ª Edición Lima : INDECOPI, 2013.

NTP 339.077. 2013. CONCRETO. Métodos de ensayo normalizados para exudación del concreto. 3ª Edición Lima : INDECOPI, 2013.

NTP 339.081. 2011. CONCRETO. Método de ensayo volumétrico para determinar el contenido de aire del concreto fresco. 2ª Edición Lima : INDECOPI, 2011.

NTP 339.082. 2011. CONCRETO. Método de ensayo para la determinación del tiempo de fraguado de mezclas por medio de la resistencia a la penetración. 3ª Edición Lima : INDECOPI, 2011.

NTP 339.088. 2006. HORMIGÓN (CONCRETO). Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland. Requisitos. 2ª Edición Lima : INDECOPI, 2006.

NTP 339.183. 2003. CONCRETO. Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio. 1ª Edición Lima : INDECOPI, 2003.

NTP 339.184. 2013. CONCRETO. Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas de concreto. 2ª Edición Lima : INDECOPI, 2013.

NTP 339.185. 2002. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. 2ª Edición Lima : INDECOPI, 2002.

NTP 400.010. 2001. AGREGADOS. Extracción y preparación de las muestras. 2ª Edición Lima : INDECOPI, 2001.

NTP 400.012. 2001. AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado. 2ª Edición Lima : INDECOPI, 2001.

NTP 400.017. 1999. AGREGADOS. Método de ensayo para determinar el peso. 2ª Edición Lima : INDECOPI, 1999.

NTP 400.021. 2002. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso. 2ª Edición Lima : INDECOPI, 2002.

NTP 400.022. 2002. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino. 2ª Edición Lima : INDECOPI, 2002.

NTP 400.037. 2002. AGREGADOS. Especificaciones para agregados en concreto. 2ª Edición Lima : INDECOPI, 2002.

NTP 400.043. 2006. AGREGADOS. Práctica normalizada para reducir las muestras de agregados a tamaño de ensayo. 1ª Edición Lima : INDECOPI, 2006.

Pasquel Carbajal, Enrique. 1998. *Temas de Tecnología del Concreto*. Lima : Colegio de Ingenieros del Perú, 1998.

Rivva López, Enrique. 2008. *Materiales para el Concreto*. Lima : ICG, 2008.

Rodríguez Sierra, Fabián Andrés . 2014. *Uso de Polímeros en la Reducción de Patologías de Origen Químico en Estructuras de Concreto*. Bogotá : Universidad Católica De Colombia, 2014.

Serrano Domingo, Angel Luis. 2013. *Análisis de la Adición de Fibras de Polipropileno en Hormigones Mediante Métodos Computacionales*. España : Universidad de Cantabria, 2013.

Toro Rosario, Daniel Alberto. 2017. *Influencia de la Fibra de Polipropileno con 5%, 10% y 15% del Volumen del Cemento en la Resistencia a la Compresión y Tracción del Concreto $f_c=210\text{kg/cm}^2$* . Chiclayo : Universidad César Vallejo, 2017.

UNE-EN 14889-2. 2008. *Fibras para el Hormigón Definición, especificaciones y Conformidad*. España : AENOR, 2008.

Valero Galarza, Jhoner Frank. 2015. *Influencia de las Fibras de Polipropileno en la Fisuración asociadas a la retracción plástica en pavimentos de concreto, Huancayo 2014*.. Huancayo : Universidad Nacional del Centro del Perú, 2015.

ANEXOS

Anexo A: Ensayos y Características de los Materiales

- Anexo A-1 Peso específico, absorción y humedad del agregado fino y grueso.
- Anexo A-2 PUC y PUS del agregado fino y grueso.
- Anexo A-3 PUC del agregado global.
- Anexo A-4 Granulometría del agregado grueso.
- Anexo A-5 Granulometría del agregado fino.
- Anexo A-6 Granulometría del agregado global.
- Anexo A-7 Características físicas y químicas del cemento andino portland tipo I.
- Anexo A-8 Hoja de seguridad de fibra Sika Cem-1 Fiber.
- Anexo A-9 Hoja técnica de fibra Sika Cem-1 Fiber.

Anexo B: -Diseño de Mezcla.

- Anexo B-1 Diseño de mezcla de concretos $f'c=210$ kg/cm² con y sin fibra.
- Anexo B-2 Diseño de mezcla de concretos $f'c=245$ kg/cm² con y sin fibra.

Anexo C: -Concreto Fresco.

- Anexo C-1 Asentamiento de concretos $f'c=210$ kg/cm² con y sin fibra.
- Anexo C-2 Asentamiento de concretos $f'c=245$ kg/cm² con y sin fibra.
- Anexo C-3 Tiempo de fragua de concretos $f'c=210$ kg/cm² con y sin fibra.
- Anexo C-4 Tiempo de fragua de concretos $f'c=245$ kg/cm² con y sin fibra.
- Anexo C-5 % Aire atrapado de concretos $f'c=210$ kg/cm² con y sin fibra.
- Anexo C-6 % Aire atrapado de concretos $f'c=245$ kg/cm² con y sin fibra.
- Anexo C-7 Peso unitario de concretos $f'c=210$ kg/cm² con y sin fibra.
- Anexo C-8 Peso unitario de concretos $f'c=245$ kg/cm² con y sin fibra.
- Anexo C-9 Exudación de concretos $f'c=210$ kg/cm² con y sin fibra.
- Anexo C-10 Exudación de concretos $f'c=245$ kg/cm² con y sin fibra.

Anexo D: Concreto en estado Plástico.

- Anexo D-1 Registro de fisuras de losas aligeradas $f'c=210$ kg/cm² con y sin fibra.
- Anexo D-2 Registro de fisuras en losas aligeradas $f'c=245$ kg/cm² con y sin fibra.

Anexo E: Concreto Endurecido.

- Anexo E-1 Resistencia a la compresión de concretos $f'c=210$ kg/cm² con y sin fibra.
- Anexo E-2 Resistencia a la compresión de concretos $f'c=210$ kg/cm² con y sin fibra.

Anexo F: Panel Fotográfico de Vaciado de Losas Aligerada.

Anexo G: Certificados de Calibración de Equipos.