



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO PARA ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE CONCRETO ARMADO CON AÑADIDO DE FIBRA DE ACERO RECICLADO EN UN DISEÑO DE MEZCLA OPTIMIZANDO $F'_{C}=210 \text{ KG/CM}^2$ ”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autores:

Jorge Ricardo Crispin Doria

Carlos Javier Macalopu Purisaca

Asesor:

Ing. Manuel Salas Paulet

Lima - Perú

2021

DEDICATORIA

El trabajo de investigación lo dedicamos a nuestras esposas e hijos que una y otra manera nos alentaron con amor, paciencia y motivación ante las dificultades encontradas día a día en el aprendizaje de nuevos conocimientos y a la vez ser un ejemplo de lucha en cumplir los objetivos trazados a la nueva generación y rompiendo las barreras de tiempo y edad.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a Dios por brindarnos la Salud en estos tiempos penosos, seguido de nuestros padres, familiares y amistades en su apoyo incondicional y emocional; motivándonos en la perseverancia de seguir estudiando cada día aprendiendo nuevos conocimientos teóricos prácticos en el sector de la construcción, conllevando a la par con nuestras responsabilidades laborales empresariales; la lucha constante ante dificultades que otros no logran culminar sus objetivos , nos enseña a ser más perseverantes y digno de admiración ante la sociedad.

Asimismo, a los docentes con su gran profesionalidad y motivación lograron renacer un profesional de alta calidad para el servicio y desarrollo de nuestra sociedad.

En este espacio, con mucho sentir, agradecemos a familiares y amistades que en vida fue, lograron marcar una lucha constante ante la epidemia que atravesamos hoy en día, y que desde aquí prometemos hacer realidad nuestros ideales.

Tabla de contenido

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTO	II
ÍNDICE DE TABLAS	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	XII
RESUMEN	XV
ABSTRACT	XVI
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Realidad problemática	1
1.1.1 Enfoque Internacional	1
1.1.2 Enfoque Nacional	22
1.2. Marco Teórico	43
1.2.1. Comportamiento mecánico del concreto	43
1.2.2. Fibras de Acero	49
1.2.3. Estructura, elementos y sistemas estructurales	52
1.2.4. Definición de términos básicos	54
1.2.5. Marco Normativo	56
1.3. Formulación del problema	58
1.3.1. Problema General	58
1.3.2. Problemas específicos	58
1.3.3. Justificación de la investigación	58
1.4. Objetivos	60
1.4.1. Objetivo General	60
1.4.2. Objetivos específicos	60
1.5. Hipótesis	60
1.5.1. Hipótesis general	60
1.5.2. Hipótesis específicas	61
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	63
2.1. Tipo de investigación	63
2.1.1. Tipo	63
2.1.2. Diseño de investigación.	63
2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)	65
2.2.1. Población.	65
2.2.2. Muestra.	65

2.2.3.	Unidad de Estudio.	66
2.2.4.	Materiales:	66
2.2.5.	Equipos.	69
2.2.6.	Método	73
2.3	Técnicas e instrumentos	75
2.3.1.	Técnicas:	75
2.3.2.	Instrumentos de recolección datos.	75
2.3.3.	Técnicas de análisis de datos	75
2.4	Procedimiento	76
2.4.1.	Marco Teórico	76
2.4.2.	Datos de los ensayos de laboratorio para la obtención de las propiedades físicas de los agregados	85
2.4.3.	Datos de los ensayos de laboratorio de Diseño de mezcla	91
2.4.4.	Ensayo de concreto fresco.	104
2.4.5.	Ensayo de concreto endurecido.	111
2.4.6.	Secuencia temporal de la preparación de los Diseños y Ensayos: Diagrama de Gant.	119
CAPITULO III. RESULTADOS		120
3.1.	Análisis del Diseño Patrón y Diseño Patrón optimizado.	120
3.2.	Análisis del Objetivo 1	121
3.2.1.	Objetivo:	121
3.2.2.	Hipótesis específico 1.	122
3.2.3.	Consideraciones del Diseño experimental:	122
3.2.4.	Decisión para aceptar o rechazar la hipótesis nula para cualquier prueba	123
3.2.5.	Análisis Descriptivo para la Resistencia a la compresión a los 7 días.	124
3.2.6.	Análisis Inferencial para la Resistencia a la compresión a los 7 días	126
3.2.7.	Análisis Descriptivo para la Resistencia a la compresión a los 14 días.	129
3.2.8.	Análisis Inferencial para la Resistencia a la compresión a los 14 días	131
3.2.9.	Análisis Descriptivo para la Resistencia a la compresión a los 28 días.	134
3.2.10.	Análisis Inferencial para la Resistencia a la compresión a los 28 días	136
3.2.11.	Resumen Estadístico del Objetivo 1.	139
3.3.	Análisis del Objetivo 2	139
3.3.1.	Objetivo :	139
3.3.2.	Hipótesis específico 2.	140
3.3.3.	Consideraciones del Diseño Experimental:	141
3.3.4.	Decisión para aceptar o rechazar la hipótesis nula para cualquier prueba	142

3.3.5.	Inferencia para Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 1/2" a una edad de 7 días	142
3.3.6.	Inferencia para Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 3/8" a una edad de 7 días	145
3.3.7.	Inferencia para Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 4mm a una edad de 7 días	147
3.3.8.	Inferencia para Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 1/2" a una edad de 14 días	149
3.3.9.	Inferencia para Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 3/8" a una edad de 14 días	151
3.3.10.	Inferencia para Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 4mm a una edad de 14 días	152
3.3.11.	Inferencia para Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 1/2" a una edad de 28 días	155
3.3.12.	Inferencia para Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 3/8" a una edad de 28 días	157
3.3.13.	Inferencia para Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 4mm a una edad de 14 días	159
3.3.14.	Resumen Estadístico del Objetivo 2.	161
3.4.	Análisis del Objetivo 3	162
3.4.1.	Objetivo.	162
CAPITULO IV. DISCUSIONES Y CONCLUSIONES		167
4.1.	Discusiones.	167
4.2.	Conclusiones.	167
4.3.	Recomendaciones.	169
REFERENCIAS		170
ANEXOS		173
Anexo 1: Matriz de Consistencia		173
Anexo 2: Certificados de laboratorio		176
Anexo 3. Panel Fotográfico		195

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Componentes del Concreto	44
Tabla 2: Resistencia a la Compresión	46
Tabla 3: Número de probetas ensayadas a compresión.	65
Tabla 4: Número de vigas ensayadas a flexión.	66
Tabla 5: CH% del Agregado Grueso	82
Tabla 6: CH% del Agregado Fino	83
Tabla 7: Agregado Fino ASTM C33 - Arena Gruesa	85
Tabla 8: Valores para el módulo de finura – agregado fino.	86
Tabla 9: Agregado Grueso ASTM C33 HUSO # 67	86
Tabla 10: Valores para el módulo de finura – agregado grueso.	87
Tabla 11: Peso unitario de los agregados en laboratorio.	87
Tabla 12: Contenido de humedad de los agregados en laboratorio.	88
Tabla 13: Peso específico y absorción del agregado fino en laboratorio.	88
Tabla 14: Peso específico y absorción del agregado grueso en laboratorio.	89
Tabla 15: Características físicas del Agregado Fino en laboratorio.	89
Tabla 16: Características físicas del Agregado Grueso en laboratorio.	90
Tabla 17: Datos de Laboratorio: Diseño Patrón.	91
Tabla 18: Calculo de volumen de agregados en laboratorio: Diseño Patrón.	92

Tabla 19: Datos de laboratorio: Diseño Patrón Optimizado.	93
Tabla 20: Calculo de volumen de agregados en laboratorio: Diseño Patrón Optimizado.	94
Tabla 21: Datos de laboratorio: Diseño Patrón Optimizado con 5% Fibra de Acero Reciclado.	96
Tabla 22: Calculo de volumen de agregados en laboratorio: Diseño Patrón Optimizado con 5% Fibra de Acero Reciclado.	96
Tabla 23: Datos de laboratorio: Diseño Patrón Optimizado con 10% Fibra de Acero Reciclado.	98
Tabla 24: Calculo de volumen de agregados en laboratorio: Diseño Patrón Optimizado con 10% Fibra de Acero Reciclado.	98
Tabla 25: Datos de laboratorio: Diseño Patrón Optimizado con 15% Fibra de Acero Reciclado.	100
Tabla 26: Calculo de volumen de agregados en laboratorio: Diseño Patrón Optimizado con 15% Fibra de Acero Reciclado.	100
Tabla 27: Resumen de los diseños de mezcla húmedo en Laboratorio.	102
Tabla 28: Cuadro comparativo de porcentaje de mezcla.	103
Tabla 29: Diseño de mezcla húmedo porcentual con incorporación de FAR.	103
Tabla 30: Diseño de mezcla húmedo con tanda de llenado para 12 probetas.	104
Tabla 31: Ensayo de Asentamiento en Laboratorio.	106

Tabla 32: Ensayo de Compresión a 07 días.	112
Tabla 33: Ensayo de Compresión a 14 días.	112
Tabla 34: Ensayo de Compresión a 28 días.	113
Tabla 35: Ensayo de Flexión a 7 días sin refuerzo de acero.	115
Tabla 36: Ensayo de Flexión a 7 días con refuerzo de acero.	115
Tabla 37: Ensayo de Flexión a 14 días sin refuerzo de acero.	116
Tabla 38: Ensayo de Flexión a 14 días con refuerzo de acero.	116
Tabla 39: Ensayo de Flexión a 28 días sin refuerzo de acero.	117
Tabla 40: Ensayo de Flexión a 28 días con refuerzo de acero.	117
Tabla 41: Comparativo de los resultados a compresión entre el diseño patrón y el diseño patrón optimizado	121
Tabla 42: Resultados de los ensayos a compresión a los 7 días	124
Tabla 43: Estadísticas de la Resistencia a la compresión a los 7 días.	125
Tabla 44: Resultados de la prueba de Normalidad.	126
Tabla 45: Resultados de la prueba de Homogeneidad.	127
Tabla 46: Prueba de ANOVA de un factor para ensayo a compresión a 7 días	128
Tabla 47: Prueba de post hoc de Tukey para ensayo a compresión a 7 días	128
Tabla 48: Resultados de los ensayos a compresión a los 14 días.	129
Tabla 49: Estadísticas de la Resistencia a la compresión a los 14 días	130

Tabla 50: Resultados de la prueba de Normalidad	131
Tabla 51: Resultados de la prueba de Homogeneidad	132
Tabla 52: Prueba de ANOVA de un factor para ensayo a compresión a 14 días	132
Tabla 53: Prueba de post hoc de T3 de Dunnett para el ensayo a compresión a 14 días.	133
Tabla 54: Resultados de los ensayos a compresión a los 28 días.	134
Tabla 55: Estadísticas de la Resistencia a la compresión a los 28 días	135
Tabla 56: Resultados de la prueba de Normalidad	136
Tabla 57: Resultados de la prueba de Homogeneidad	137
Tabla 58: Prueba de ANOVA de un factor para el ensayo a compresión a 28 días	137
Tabla 59: Prueba de post hoc de Tukey para el ensayo a compresión a 28 días.	138
Tabla 60: Resultados del análisis estadístico – Objetivo 1.	139
Tabla 61: Resultados de los ensayos a la flexión a los 7 días.	142
Tabla 62: Pruebas de normalidad – Flexión con refuerzo de acero de ½” a 7 días.	143
Tabla 63: Prueba de muestras independientes – Flexión con refuerzo de acero de ½” a 7 días	144
Tabla 64: Pruebas de normalidad – Flexión con refuerzo de acero de 3/8” a 7 días.	145
Tabla 65: Estadísticos de prueba flexión con refuerzo de acero de 3/8" a 7 días	146
Tabla 66: Pruebas de normalidad – Flexión con refuerzo de acero de 4mm. a 7 días.	147

Tabla 67: Prueba de muestras independientes – Flexión con refuerzo de acero de 4mm. a 7 días.	148
Tabla 68: Resultados de los ensayos a la flexión a los 14 días.	149
Tabla 69: Pruebas de normalidad – Flexión con refuerzo de acero de ½” a 14 días.	149
Tabla 70: Estadísticos de prueba flexión con refuerzo de acero de 1/2" a 14 días.	150
Tabla 71: Pruebas de normalidad – Flexión con refuerzo de acero de 3/8” a 14 días.	151
Tabla 72: Estadísticos de prueba flexión con refuerzo de acero de 3/8" a 14 días.	152
Tabla 73: Pruebas de normalidad – Flexión con refuerzo de acero de 4mm a 14 días.	153
Tabla 74: Prueba de muestras independientes – Flexión con refuerzo de acero de 4mm. a 14 días.	154
Tabla 75: Resultados de los ensayos a la flexión a los 28 días	155
Tabla 76: Pruebas de normalidad – Flexión con refuerzo de acero de ½” a 28 días.	155
Tabla 77: Prueba de muestras independientes – Flexión con refuerzo de acero de ½” a 28 días.	156
Tabla 78: Pruebas de normalidad – Flexión con refuerzo de acero de 3/8” a 28 días.	157
Tabla 79: Prueba de muestras independientes – Flexión con refuerzo de acero de 3/8” a 28 días.	158
Tabla 80: Pruebas de normalidad – Flexión con refuerzo de acero de 4mm. a 28 días.	159
Tabla 81: Prueba de muestras independientes – Flexión con refuerzo de acero de	

4mm. a 28 días.	160
Tabla 82: Resultados del análisis estadístico – Objetivo 2.	161
Tabla 83: Resultados de los ensayos a la flexión a los 28 días.	162
Tabla 84: Comparativo de promedio de módulos de rotura a la flexión a los 28 días.	163
Tabla 85: Análisis de Costos Unitarios por unidad cúbica de concreto de una viga experimental de concreto armado con 5% de fibra de Acero reciclado y refuerzo de acero 3/8”	164
Tabla 86: Análisis de costos unitarios por unidad cúbica de concreto de una viga de concreto tradicional y refuerzo de acero de 1/2”	165
Tabla 87: Comparativo Análisis de costos unitarios entre viga experimental de concreto armado más 5% de fibra de acero reciclado con refuerzo de acero de 3/8”, y viga de concreto tradicional con refuerzo de acero de 1/2”.	166

ÍNDICE DE FIGURAS

Figure 1: Hormigón reforzado con fibras (HRF)	2
Figure 2: Tamaño del Sector Construcción en países de Latinoamérica (en millones de dólares) 3	3
Figure 3: Aplicaciones de Hormigón con Fibra de Acero	4
Figure 4: Fibras como armadura de corte	5
Figure 5: Aplicaciones de Hormigón con Fibra de Acero	7
Figure 6: Déficit Cuantitativo – Cualitativo	8
Figure 7: Tamaño del Sector Construcción en países de Latinoamérica (en millones de dólares) 9	9
Figure 10: Producto Bruto Interno de la Construcción antes del COVID 19	23
Figure 11: Evolución mensual de componente del PBI Construcción 2018 – 2020	24
Figure 12: Composición de los residuos sólidos domiciliarios y no domiciliarios en Trujillo	26
Figure 13: Estructura de concreto armado con fibras de acero.....	26
Figure 14: Túnel construido con concreto reforzado con fibras de acero.....	31
Figure 15: Composición física de los residuos sólidos comerciales.....	32
Figure 16: Concreto con fibra de acero para Shotcrete KF 65/35 CH.....	33
Figure 17: Pisos industriales y losas de concreto con fibras de acero	34
Figure 18: Losa de concreto reforzado con fibra de acero reciclado	35
Figure 19: Manejo de residuos sólidos en Lima	36
Figure 20: Concreto reforzado con fibras de acero.....	38
Figure 21: Componentes del Concreto	44
Figure 22: Tipos de Cemento.....	47
Figure 23: Tipos de Aditivos	49
Figure 24: Geometría de la Fibra	51
Figure 25: Virutas generadas por el torno.....	52
Figure 26: Variables de la investigación.....	64

Figura 27: Viruta de acero reciclado.....	67
Figura 28: Agregado fino y grueso	68
Figura 29: Bolsa de cemento Portland Tipo I.....	69
Figura 30: Agua potable.....	69
Figura 31: Prensa CBR	70
Figura 32: Estufa eléctrica	71
Figure 33: Trompo mezclador	72
Figura 34: Ensayos en el laboratorio MATESTLAB	74
Figura 35: Características físicas.	76
Figure 36: Reciclado y limpieza de fibras de acero.....	77
Figura 37: Selección y pesado de fibras de acero reciclado	77
Figure 38: Obtención del contenido de humedad y absorción de los agregados.....	78
Figure 39: Análisis granulométrico del Agregado Fino ASTM C33 - Arena Gruesa	86
Figura 40: Análisis granulométrico del Agregado Grueso ASTM C33 HUSO # 67.....	87
Figure 41: Cuadro comparativo Diseño Patrón vs Diseño Patrón Optimizado	102
Figura 42: Ensayo de Asentamiento	105
Figure 43: Elaboración de probetas de concreto con fibra de acero reciclada.....	107
Figure 44: Elaboración de viguetas prismáticas armadas con fibra de acero reciclada.....	109
Figure 45: Elaboración de viguetas prismáticas armadas con acero 3/8" y fibra de acero reciclada	110
Figura 46: Tipos de fallas de las muestras cilíndricas.	111
Figure 49: Formula de Resistencia a la Flexión.....	114
Figure 50: Características del ensayo a Flexión ASTM C 78.....	114
Figura 51: Valores de Modulo de Rotura según diseño.....	118
Figure 52: Valores de Modulo de Rotura según Diseño Experimental.	118
Figure 53: Elaboración del Diagrama de Gant.	119

Figure 54: Ensayo a compresión Patrón vs. Optimizado.....	121
Figura 55: Estadísticas de la Resistencia a la compresión a los 7 días.....	125
Figure 56: Resistencia a la compresión a los 14 días.....	130
Figure 57: Resistencia a la compresión a los 28 días.....	135
Figure 58: Comparativo de promedio de módulos de rotura a la flexión a los 28 días	163
Figure 59: Tipo de Viga Vs Costo	166

RESUMEN

El objeto de este trabajo es analizar de manera comparativa las resistencias a la flexión y compresión entre concreto tradicional y el concreto con añadido de aserrín al 5%, 10% y 15% según la norma ACI 211, así como el comparativo en costo de producción.

Para la metodología, por tratarse de una investigación pseudo - experimental, la población es la misma que la muestra, 60 probetas cilíndricas y 66 probetas prismática, de las cuales 24 probetas cilíndricas (12 probetas de diseño patrón y 12 probetas de diseño patrón optimizado) más 30 vigas prismática fueron diseñadas con concreto convencional y 36 probetas cilíndricas más 36 vigas prismática restante fueron diseñadas con concreto convencional adicionando las fibras de acero reciclados con refuerzos de acero de 4 mm, 3/8" y 1/2", lo antes mencionado se ensaya a los: 7 días, 14 días, y 28 días de la fecha del vaciado, al 5%, 10% y 15% con añadido de fibra de acero reciclado .

Los resultados del laboratorio mostraron un aumento significativo de las resistencias a la compresión (probeta) y flexión (viguetas armadas con acero de refuerzo del 3/8") al añadir 5% de fibra de acero reciclado a la mezcla convencional, asimismo, no existe un aumento significativo de las mismas al añadir 10% ni 15% respectivamente, para corroborar lo antes mencionado se realizó la prueba de ANOVA en el programa estadístico IBM SPSS V.25, asimismo, se tiene un ahorro respecto al tradicional de casi el 15%.

Con los resultados se concluyó que la mejor opción es el concreto con añadido de 5% de fibra de acero reciclado y reforzado con acero de 3/8", tanto técnica como económicamente.

Palabras clave: Concreto tradicional, fibra de acero reciclada, compresión y flexión.

ABSTRACT

The purpose of this work is to analyze in a comparative way the resistance to bending and compression between traditional concrete and concrete with added sawdust at 5%, 10% and 15% according to the ACI 211 standard, as well as the comparison in production cost.

For the methodology, since it is a pseudo-experimental investigation, the population is the same as the sample, 60 cylindrical specimens and 66 prismatic specimens, of which 24 cylindrical specimens plus 30 prismatic beams were designed with conventional concrete and 36 more cylindrical specimens. The remaining 36 prismatic beams were designed with conventional concrete adding recycled steel fibers with 4 mm, 3/8" and 1/2" steel reinforcements, the aforementioned is tested at: 7 days, 14 days, and 28 days after the date of casting, 5%, 10% and 15% with added recycled steel fiber.

The results of the laboratory showed a significant increase in the resistance to compression (specimen) and bending (beam reinforced with 3/8" reinforcing steel) when adding 5% of recycled steel fiber to the conventional mixture, likewise, there is no a significant increase in the same by adding 10% and 15% respectively, to corroborate the aforementioned, the ANOVA test was carried out in the statistical program IBM SPSS V.25, likewise, there is a saving compared to the traditional one of almost 15% .

With the results, it was concluded that the best option is concrete with added 5% of recycled steel fiber and reinforced with 3/8" steel, both technically and economically.

Keywords: Traditional concrete, recycled steel fiber, compression and bending.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

1.1.1 Enfoque Internacional

- *Argentina*

En los últimos años se han desarrollado estudios experimentales que muestran las mejoras obtenidas en el comportamiento estructural al incorporar fibras al hormigón. Es evidente que las propiedades de los hormigones reforzados con fibras de acero dependen directamente del tipo, contenido, orientación y distribución de las fibras. Las fibras actúan interceptando las fisuras y retardando su propagación, si hay suficiente cantidad y están uniformemente distribuidas, evitan que las microfisuras se unan, aumentando la resistencia aparente de la matriz. (Isla, 2014).

Los últimos avances tecnológicos en el hormigón estructural permiten alcanzar hormigones con altas resistencias, pero el material se torna muy frágil. La incorporación de fibras en este tipo de hormigón, permite que el mismo se comporte como un material dúctil. Las fibras actúan interceptando las fisuras, retardando su propagación. Si hay suficiente cantidad y están uniformemente distribuidas, evitan que las microfisuras se unan aumentando la resistencia aparente de la matriz. La presencia de fibras favorece el desarrollo de múltiples fisuras de menor tamaño. La principal diferencia en el comportamiento mecánico del hormigón reforzado con fibras (HRF) respecto al del hormigón sin refuerzo se obtiene en tracción. Las fibras controlan la fisuración aumentando la ductilidad de los elementos estructurales. Las mejoras están fundamentalmente relacionadas con el proceso de transferencia de carga de la matriz a las fibras a través de

las fisuras. El arrancamiento de fibras es el principal mecanismo que contribuye a la alta tenacidad del material por su habilidad para redistribuir las tensiones.

En el arrancamiento de fibra se generan fuerzas que resisten el deslizamiento de la misma. Estas fuerzas tienen origen en la adherencia y fricción de la interfaz fibra-matriz, como también en el efecto de anclaje debido a la geometría de la fibra. Según la geometría de la fibra, se puede generar la transferencia de carga a la matriz, con o sin deslizamiento, siendo lo deseable que se produzca deslizamiento de fibra, ya que esto aumenta la tenacidad o ductilidad del compuesto. (Isla, 2014)



Figure 1: Hormigón reforzado con fibras (HRF)

Fuente: www.dehormigon.com.ar

Debido a sus propiedades atractivas el uso del HRF se ha incrementado constantemente durante las últimas décadas. Se aplica actualmente, no solo a los edificios industriales y civiles comunes sino también en muchos otros campos como pavimentos de aeropuertos y autopistas, estructuras sismorresistentes y estructuras resistentes a impacto,

túneles, puentes, estructuras hidráulicas, no sólo en construcciones nuevas sino también en refuerzo y reparación de estructuras existentes. Se utilizaron ampliamente distintos tipos de fibras de acero, textiles, orgánicas, de vidrio y otras para mejorar las prestaciones del hormigón durante alrededor de 90 años. En particular el hormigón de alta resistencia reforzado con fibras de acero se ha convertido en un material muy popular en la ingeniería estructural durante las últimas décadas. La alta prestación (resistencia, ductilidad y durabilidad) atrae a los ingenieros que pueden construir estructuras más esbeltas y durables y a los diseñadores y arquitectos porque permiten aumentar la estética de las construcciones. (Isla, 2014)



Figure 2: Tamaño del Sector Construcción en países de Latinoamérica (en millones de dólares)

Fuente: FIIC, 2015



Figure 3: Aplicaciones de Hormigón con Fibra de Acero

Fuente: Silva, 2014

Una de las tendencias en la construcción de estructuras con este material es proveerlas de un comportamiento dúctil que resulta necesario para una respuesta adecuada frente a cargas dinámicas. Una meta adicional es limitar el desarrollo y la propagación de microfisuras. Se han desarrollado estudios experimentales para seleccionar el contenido de fibras efectivo y los tipos de fibras más eficientes o combinaciones de armaduras con fibras más eficientes. La adecuada selección de otros materiales como humo de sílice, cenizas volcánicas y superplastificantes tiene también alta importancia por su influencia en las propiedades en estado fresco y endurecido del hormigón. También se usan combinaciones de hormigones normales con hormigones de alta resistencia reforzados con fibras en la forma de secciones compuestas que permiten disminuir costos y pueden ser usados en estructuras nuevas o para reparación/refuerzo de estructuras existentes. Como resultado de las aplicaciones crecientes se han desarrollado muchos estudios experimentales para

investigar sus propiedades y desarrollar nuevas reglas para su adecuado diseño. Para el diseño se necesita conocer en detalle el comportamiento en tracción del hormigón con fibras. Este comportamiento está afectado por varios parámetros como el tipo, la geometría y contenido de fibras, la resistencia de adherencia de entre la fibra y la matriz, la resistencia de la matriz, resistencia de la fibra, la retracción del hormigón, la orientación y distribución de las fibras, etc. (Isla, 2014)

Se han desarrollado numerosos estudios para investigar la influencia de la adición de fibras en la mezcla de hormigón en propiedades tales como la resistencia, tenacidad, ductilidad, resistencia post fisuración, durabilidad, etc. También se investigaron experimentalmente los efectos de diferentes tipos de fibras y la composición del hormigón en varios tipos de hormigón. También se estudió la evaluación de la orientación de las fibras y su efecto en la resistencia flexional.

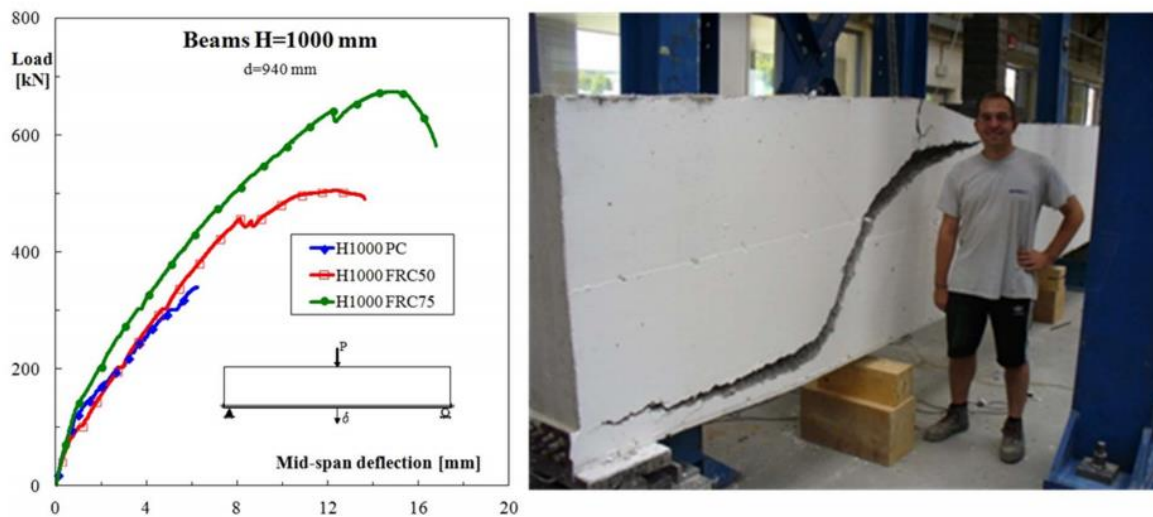


Figure 4: Fibras como armadura de corte

Fuente: Asociación Tecnológica Argentina del Hormigón, 2019

- ***Colombia***

El uso de las fibras en materiales de construcción se remonta hasta antes de la aparición del cemento Portland y del concreto. Fibras naturales como pasto, fique, junco y pelo animal han sido tradicionalmente agregadas al adobe para disminuir su tendencia a la fisuración y mejorar el desempeño del material a esfuerzos de tensión (Subcomité de Fibras ICONTEC, 2007); durante los últimos años se han realizado diversos estudios para desarrollar y fabricar tipos específicos de fibras que respondan a las diversas necesidades constructivas, tal como es el caso de las fibras de acero, que se han convertido en una opción de refuerzo que mejora la matriz del concreto cuando este se somete a esfuerzos de flexión, tracción y compresión; además de ofrecer rapidez en la ejecución de obra y economía, características que lo hacen muy atractivo y competitivo en la industria de la construcción. (Mendieta, 2017).

Investigaciones han demostrado que la adición de fibras de acero mejora las características mecánicas del concreto, ya que, al estar distribuidas por todo el volumen de concreto de manera tridimensional, presentan un mejor comportamiento que el refuerzo convencional (malla electrosoldada o barras de acero) armado en dos direcciones. La aplicación de fibras de acero Dramix RL 45_50 BN en el área de la construcción es bastante variada, pues se aplican a pisos de concreto (industriales y bodegas), recubrimiento de túneles, estabilización de taludes, construcción de piscinas y pavimentos. Ofrecen un importante beneficio, pues reducen directamente los costos de mano de obra y tiempo de ejecución gracias a su sencilla implementación, ya que solo debe mezclarse con el cemento

en estado fresco en cualquier mezclador y no requiere de equipo especializado o mano de obra calificada para su manipulación. (Mendieta, 2017)



Figure 5: Aplicaciones de Hormigón con Fibra de Acero

Fuente: www.soluto.com.co

La iniciativa de construir losas de concreto reforzado con fibras de acero (CRFA) como superficie de rodadura para pisos de fábricas, industrias y almacenaje, fue tomada de los excelentes resultados que reflejó esta práctica en la construcción de losas para pavimento. En estas losas se detectó que la adición de fibras de acero al concreto mejoraba su desempeño, debido a que las fibras refuerzan la matriz frágil y quebradiza del mismo.

De esta manera, las fibras de acero inciden en el comportamiento del concreto ante esfuerzos de tensión, aumentan su módulo de ruptura y su capacidad de absorber energía, disminuyen su desgaste y fisuración, en general, mejoran sus propiedades mecánicas y de durabilidad. En el caso particular de las losas de contrapiso (losas que se apoyan directamente sobre el suelo mejorado), la adición de fibras ha permitido no solo reducir las

juntas de construcción, dilatación y contracción, sino construir losas de dimensiones más grandes, eliminar los pasadores en las juntas y optimizar procesos constructivos, lo que disminuye el tiempo de ejecución de las obras. (Mendieta, 2017)

En Colombia, la problemática habitacional es fundamentalmente económica: las familias no cuentan con suficientes ingresos para acceder a este bien en condiciones de mercado, y el mercado por su parte, no produce suficientes unidades de bajo costo para atender a las familias (Henao Padilla, 2011). Es por esta razón que es de gran importancia estudiar métodos constructivos que permitan producir viviendas VIS (Vivienda de Interés Social) seguras, resistentes y confiables a bajo costo, pues esto repercutiría directamente en el bienestar de las familias, brindándoles la posibilidad de adquirir una unidad de vivienda digna, y que esté al alcance de su presupuesto. (Mendieta, 2017)

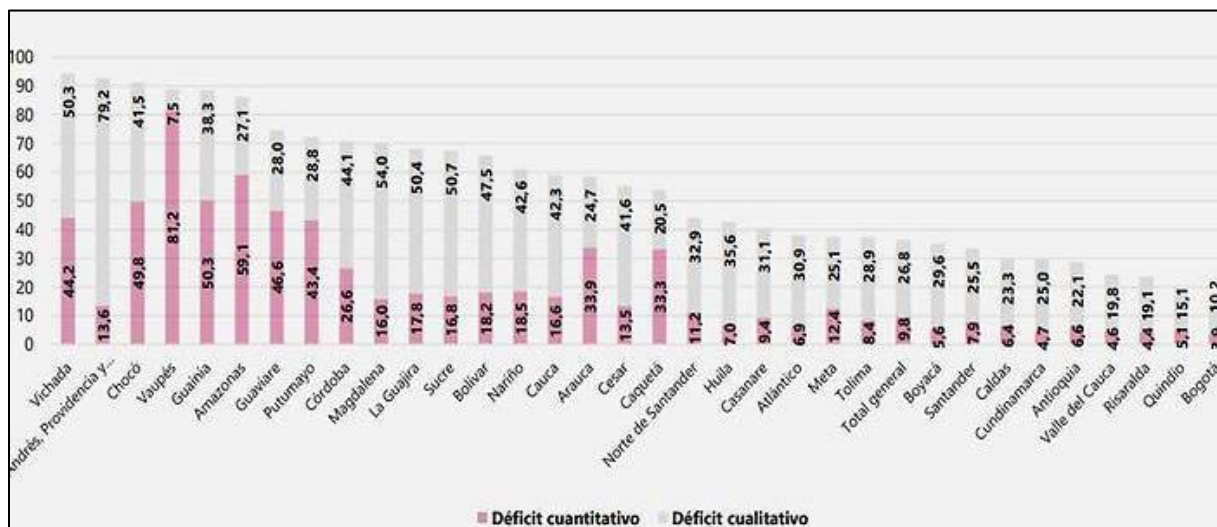


Figure 6: Déficit Cuantitativo – Cualitativo

Fuente: DANE, CNPV 2018

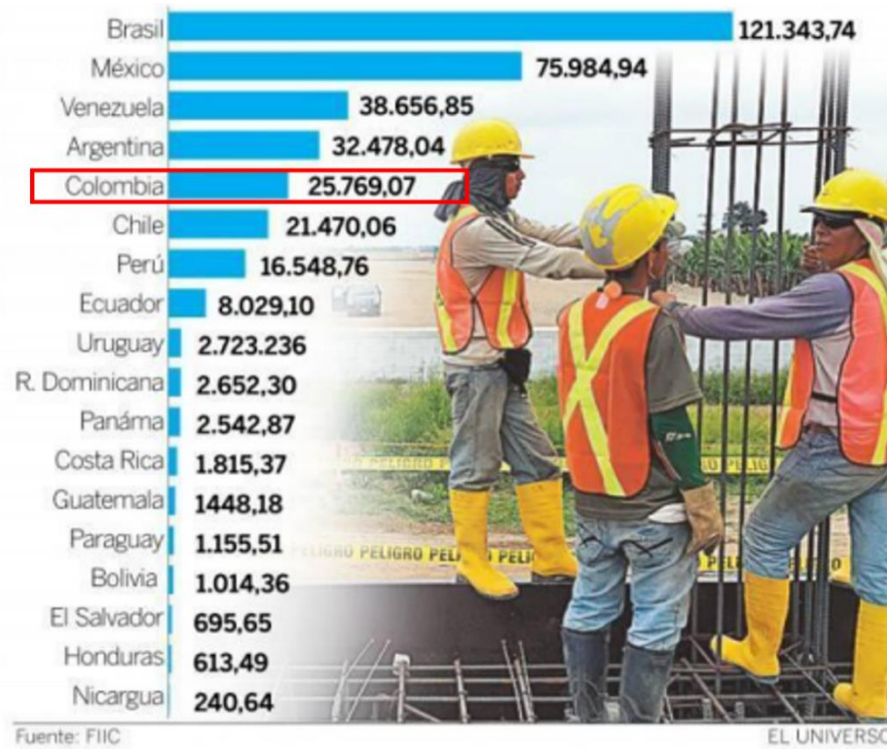


Figure 7: Tamaño del Sector Construcción en países de Latinoamérica (en millones de dólares)

Fuente: FIIC, 2015

- **Antecedentes Internacionales**

Como antecedentes internacionales es importante tener en cuenta que:

Según Isla (2014), en la tesis “MODELO PARA HORMIGONES REFORZADOS CON FIBRAS DE ACERO”, trabajo de investigación presentado para la obtención del título de Doctor en Ingeniería, en Universidad Nacional de Tucumán, Instituto de Estructuras, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, y cuyo objetivo principal fue, desarrollar una herramienta numérica que permita el análisis, cálculo y/o verificación de elementos de hormigón reforzado con fibras o reforzados con este material compuesto, y cuyas conclusiones a las que arribaron fueron que se observa una gran variabilidad en los resultados de fuerza de arrancamiento dentro de un mismo tipo de fibra y matriz. En matrices de hormigón la variabilidad es mayor y se la atribuye principalmente a la presencia

del agregado grueso. Otra causa principal de la variabilidad independiente del tipo de matriz, es la variabilidad de la geometría de la fibra, tanto de la forma del eje longitudinal, como las distorsiones que se generan en las secciones transversales durante el proceso de fabricación de la misma. Esto se evidencia en el hecho de que las fibras lisas poseen menos variabilidad de resultados que las de eje curvo. Existe una gran diferencia en la respuesta de fuerza de arrancamiento de fibras con eje curvo y las fibras lisas, la diferencia se debe al anclaje mecánico de las fibras de eje curvo que incrementan la resistencia al arrancamiento. En fibras lisas el aumento de longitud embebida incrementa la resistencia al arrancamiento. También se puede probar que el aumento de la esbeltez incrementa la resistencia al arrancamiento por unidad de volumen de fibra. En fibras de eje curvo, cuando menor son los radios de curvatura, mayor es la resistencia al arrancamiento y la esbeltez toma un rol secundario. La presencia de agregado grueso en la matriz afecta la fuerza de arrancamiento. Por un lado, reduce la resistencia en la interfaz fibra-matriz, ya que disminuye la retracción de la pasta de cemento alrededor de la fibra, reduciendo el efecto *misfit*. Por otro lado, en fibras de eje curvo, la presencia del agregado grueso incrementa el anclaje mecánico respecto del arrancamiento en matrices de mortero. Este último efecto, es mayor en hormigones de bajas resistencia, donde existe una diferencia notable entre la resistencia del mortero y el agregado grueso. En fibras lisas y fibras de eje curvo, lo deseable es que la fibra deslice antes de romperse durante el proceso de arrancamiento. Pero bajo ciertas condiciones de deformación que experimenta la fibra, se puede alcanzar la rotura parcial o total de la misma. Experimentalmente se observa la rotura total de la fibra en la zona fuera de la matriz o en una sección muy próxima al punto de salida. Esta rotura o corte de la fibra anula totalmente la transferencia de carga y se caracteriza por

presentar un comportamiento en carga-desplazamiento elastoplástico con muy bajo desplazamiento en relación a la longitud de la fibra. Por otro lado, en fibras con ganchos en los extremos, se observa rotura parcial de fibra, a causa de las deformaciones que sufre el gancho, la transferencia de carga se reduce, pero no se anula. Durante el deslizamiento de la fibra con ganchos, cuando el primer tramo curvo pasar por la zona del canal donde originalmente se encontraba el segundo tramo curvo, sufre una gran deformación en su curvatura y se puede alcanzar la rotura parcial. El estado de tensiones de la matriz puede incrementar o reducir la resistencia al arrancamiento. Si el estado es de compresión, se incrementa notablemente la fricción aumentando la resistencia al arrancamiento, en un caso extremo puede resultar perjudicial para el deslizamiento de la fibra, la cual al no poder deslizarse alcanza la rotura y en la mayoría de los casos una rotura total, es decir anulando la transferencia de carga. Este efecto se puede dar por ejemplo en los extremos de vigas, donde las fisuras de corte delimitan bielas de compresión en el hormigón, las fibras que cosen la fisura están bajo un alto estado de compresión que puede afectar el deslizamiento de las mismas. Si el estado de tensiones de tracción, siempre es perjudicial ya que reduce la fricción en la interfaz fibra-matriz y en un caso extremo puede anularla. Este fenómeno se puede presentar en placas de HRF que trabajan en dos direcciones, en la zona inferior de la placa mientras las fibras cosen las fisuras en una dirección, en la dirección perpendicular se generan sollicitaciones de tracción. Las fibras inclinadas presentan un comportamiento particular. Se puede observar en las curvas carga-desplazamiento, que, para un cierto desplazamiento, la fuerza de arrancamiento de la fibra inclinada es menor que la de la fibra alineada. Se debe a que, la fibra inclinada siempre genera rotura de matriz, lo cual reduce la interfaz fibra-matriz y además se genera un cambio de inclinación del

tramo libre de interfaz, produciendo un desplazamiento adicional en el extremo de la fibra, sin necesidad de que ocurra el deslizamiento de la misma en la zona de la interfaz. Es muy importante considerar este efecto en el arrancamiento de la fibra para no sobrevalorar su resistencia al arrancamiento. Se observa que la resistencia al arrancamiento de fibras desde una matriz de hormigón es mayor al de una matriz de mortero. El valor de carga pico alcanzado en el arrancamiento, no varía significativamente entre una matriz de mortero y una de hormigón. Pero la fuerza residual de arrancamiento sí presenta variaciones importantes según el tipo de matriz. Por ello, para estudiar el comportamiento mecánico del HRF, es aconsejable usar matriz de hormigón en los especímenes de arrancamiento de fibras. En base a las campañas experimentales realizadas, se destaca que la metodología de ensayo y el equipo especialmente desarrollado para el mismo, resultaron adecuados para la realización de los ensayos de arrancamiento de fibras desde matrices mortero y desde matrices hormigón y, constituyen un aporte original a las técnicas experimentales de ensayos de arrancamiento de fibras y flexión. Además, ampliaron la infraestructura experimental y la experiencia técnica, del laboratorio donde se desarrolló esta tesis, favoreciendo el desarrollo de futuras campañas de investigación sobre arrancamiento de fibras. El modelo propuesto para simular el comportamiento del HRF está basado en la teoría de mezclas generalizadas para materiales ortótropos. Utiliza para el hormigón un modelo de plasticidad previamente desarrollado y propone un modelo de plasticidad y deslizamiento para las fibras que tiene en cuenta el comportamiento de las fibras y de la interfaz fibra-matriz evitando la consideración explícita de esta última. El modelo de arrancamiento de fibras propuesto, constituye una contribución original ya que permite considerar en forma conjunta los distintos fenómenos que se desarrollan en el proceso de

arrancamiento y es adecuado para su implementación en un modelo de compuestos. Se realizaron simulaciones numéricas de los ensayos de arrancamiento de fibras realizados en esta tesis, obteniendo buenos resultados y permitiendo observar las limitaciones del mismo. El modelo reproduce satisfactoriamente la respuesta en el arrancamiento de fibras, tanto en desplazamiento como en carga. A continuación, se destacan las bondades de cada parte del modelo de arrancamiento de fibras. El modelo de despegue entre fibra y matriz, se aplica a un rango de desplazamientos muy pequeño, siendo lo más relevante la carga pico alcanzada en el proceso elastoplástico de la interfaz.

Los desplazamientos generados se pueden despreciar frente al desplazamiento que se puede alcanzar en el deslizamiento de las fibras alineadas. En fibras inclinadas, donde generalmente se produce la rotura de la matriz, esta rotura libera parte de la fibra permitiendo el giro o cambio de dirección de la fibra lo cual genera un incremento de desplazamiento en el extremo de la fibra fuera de la matriz, sin necesidad que la sección de fibra en el punto de salida sufra desplazamiento considerable. La consideración de este modelo permite evaluar la rotura de la matriz antes que inicie el deslizamiento de la fibra.

En el modelo de deslizamiento y plasticidad, la componente principal es la resistencia al arrancamiento de fibras, está relacionada con la deformación de la fibra, más precisamente con los cambios de curvatura que experimenta el eje longitudinal durante el deslizamiento por el canal de la fibra en la matriz. En esta tesis se planteó la deformación del eje longitudinal de la fibra, obteniendo un modelo de arrancamiento más general, que finalmente deriva en la consideración de las deformaciones plásticas de la fibra, cuando la misma ya no puede deslizar. Esto permite un estudio más completo del arrancamiento de fibras. Complementario a los dos modelos mencionados, se propusieron un modelo de

rotura de matriz en el punto de salida de la fibra inclinada y un modelo de rotura de fibras. Ambos, dan resultados satisfactorios. Por un lado, el modelo de rotura de matriz permite evaluar y obtener la longitud de rotura dando resultados del mismo orden que las longitudes de rotura obtenidas experimentalmente. Por otro lado, el modelo de rotura de fibra, permite definir en base al estado de deformación de la fibra, si la misma alcanza la rotura parcial o total, lo cual también se corresponde con los tipos de rotura de fibras observados experimentalmente. Mediante el modelo de arrancamiento propuesto, se observa la influencia de cada variable en el comportamiento del arrancamiento. Los parámetros materiales de interfaz fibra-matriz no presentan gran variación entre una matriz de mortero u hormigón H30 y otra matriz de mortero u hormigón H80, con lo cual para matrices con resistencias intermedias se pueden estimar los parámetros correspondientes mediante una simple interpolación, obteniendo buenos resultados en la respuesta de carga-desplazamiento del arrancamiento de fibras. La respuesta al arrancamiento de fibras depende fuertemente de la geometría de la fibra y, de las propiedades materiales de la matriz y de la fibra. Pero todos estos son parámetros bien conocidos. Con lo cual, es posible simular numéricamente la respuesta al arrancamiento de distintos tipos de fibra, en cuanto a resistencia, geometría del eje longitudinal y diámetro de la fibra y, diversas resistencias de matrices, con poca información experimental, lo cual potencia la aplicación del modelo. Se observa que, para algunos tipos de fibra, en particular las fibras de menor tamaño, no es posible calibrar los parámetros materiales de la interfaz fibra-matriz, obteniendo un comportamiento subvalorado en la respuesta carga-desplazamiento. Esto se atribuye a las posibles irregularidades geométricas de la fibra, generadas en el proceso de fabricación debido a su tamaño reducido, como puede ser una sección no uniforme a lo largo del eje

longitudinal. La fuerza residual de arrancamiento, tiene un aporte importante en la resistencia al arrancamiento de fibras. Al usar en las simulaciones numéricas, el valor determinado directamente de los resultados experimentales, se obtienen buenos resultados.

La variante propuesta para estimar esta fuerza mediante una fórmula empírica en general da buenos resultados en matrices de hormigones y en algunos casos genera una sobrevaloración de la resistencia. Pero su implementación resulta muy útil cuando no se dispone de datos experimentales. El esfuerzo de corte en tramo fibra inclinada libre de interfaz, introducido por el mecanismo de arrancamiento en Modo 1 de falla, es despreciable. Estimándolo según las solicitaciones del modelo de arrancamiento propuesto, resulta muy bajo, siendo del orden del 5% respecto la carga pico de arrancamiento. El modelo de arrancamiento aplicado a fibras inclinadas, describe bien el comportamiento fenomenológico, tanto en ensayos de arrancamiento, como en HRF. En este último, considerando Modo 1 de falla, se observa poca diferencia entre el comportamiento de la fibra alineada o inclinada. Esto se debe a que, las aperturas de fisuras que normalmente se admiten en estructuras de HRF (Max. 5mm) y hasta la cual se ensayan generalmente los especímenes de caracterización de HRF, la rotura de matriz y el cambio de inclinación de la fibra no es significativo a comparación del ensayo de arrancamiento, donde el cambio de inclinación puede alcanzar la amplitud del ángulo de inclinación de la fibra. El modelo de arrancamiento de fibras, planteado para una fibra discreta, fue implementado dentro de la teoría de mezclas, lo que permite la resolución de sólidos continuos constituidos por materiales compuestos, en particular hormigón con fibras de acero. Como resultado, se obtuvo una herramienta versátil para evaluar el comportamiento mecánico de elementos estructurales de HRF, tanto en el diseño de nuevas estructuras, como de verificación de

estructuras existentes. Al modelar el HRF como un material compuesto mediante la teoría de mezclas, es posible definir más de un tipo de fibras en el compuesto, pudiendo abordarse el caso de fibras mixtas, pero en el caso mencionado sería conveniente ampliar el modelo de rotura de matriz usado en el modelo de arrancamiento de fibras. Con la herramienta numérica desarrollada se reprodujeron ensayos experimentales de elementos de HRF. En general se observa un buen ajuste de los resultados numéricos a los experimentales, teniendo en cuenta la gran variabilidad de estos últimos. Al tratar la fibra como un material ortótropo, se definen direcciones discretas en cuanto a la orientación de las fibras dentro del compuesto. Se observa que, a partir de un número mínimo de direcciones de fibra los resultados no mejoran significativamente, lo cual simplifica la modelación del elemento estructural. En elementos estructurales unidimensionales y bidimensionales, como pueden ser las vigas y las placas respectivamente, es suficiente con definir dos direcciones de fibra ortogonales, una paralela a cada uno de los ejes de coordenadas del elemento estructural, para obtener resultados razonables. El criterio propuesto para definir la relación de fibras eficaces, no siempre da buenos resultados. Es necesario profundizar en el estudio de las fibras eficaces, para poder proponer un modelo que evalúe adecuadamente la relación y permita una buena modelación del HRF. Se observa que, a mayor resistencia de la matriz, aumenta la relación de fibras eficaces. Al usar la proporción de fibras eficaces para modelar el comportamiento mecánico del HRF, se está subvalorando la contribución de las fibras a la resistencia del HRF. En la definición utilizada en esta tesis se consideran fibras eficaces a aquellas que muestran deformación del gancho, evidenciando que las mismas se han deslizado y se consideran no eficaces a aquellas con gancho no deformado y por lo tanto se desprecia su aporte. Pero también en el proceso de despegue se generan cargas de

arrancamiento importantes, es decir un gancho no deformado, no implica que no haya existido transferencia de carga. Es por ello que, es necesario proponer un criterio más amplio para establecer qué fibras trabajan realmente en la transferencia de carga a través de las fisuras. Dentro la gran variabilidad presente en los resultados experimentales del comportamiento mecánico del HRF, se observa que es posible definir numéricamente en forma aproximadamente las curvas envolventes del comportamiento mencionado. Para ello en esta tesis, se propone considerar dos situaciones extremas en base a la proporción de fibras que trabaja en las fisuras. Por un lado, se considera que todas las fibras que atraviesan el plano de fisuración trabajan, con lo cual se obtendría la curva envolvente superior. Por otro lado, se considera que solo trabajan las fibras eficaces que atraviesan el plano de falla, esto define la curva envolvente inferior del comportamiento mecánico del HRF.

En las simulaciones de HRF, no se observa una diferencia considerable de la longitud embebida de fibras en la respuesta al arrancamiento. Esto se debe a que las aperturas de fisuras alcanzadas, no superan la longitud del gancho y por lo tanto el comportamiento del arrancamiento de la fibra, siempre es evaluado en la zona de mayor aporte de la relación carga-desplazamiento del arrancamiento de fibras, el cual corresponde al gancho. Comparando la respuesta del HRF en Modo 1 de falla, donde las fibras en cada una de las direcciones definidas dentro del compuesto, se modela mediante arrancamiento de fibras inclinadas o arrancamiento de fibras alineadas, se obtienen resultados similares, siendo los obtenidos con el modelo de fibras inclinadas levemente inferiores a los resultados del otro modelo. Esto valida como un método aproximado, el uso del modelo de arrancamiento de fibras alineadas para definir el comportamiento del HRF, lo que permite reducir el tiempo de cálculo. En modos combinados de falla tipo Modo 1 y Modo 2, del desplazamiento

paralelo al plano de la fisura, incrementaría el cambio de inclinación de la fibra y en este caso sí se espera una diferencia importante entre los resultados obtenidos con el modelo de fibras alineadas y el modelo de fibras inclinadas, siendo más representativo el modelo de fibras inclinadas para definir el comportamiento del HRF.

De acuerdo a Lara (2016), en la tesis “ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL HORMIGÓN ELABORADO CON FIBRAS DE ACERO RECICLADO” , trabajo de investigación presentado para la obtención del título de Ingeniero Civil, en la Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería Civil, cuyo objetivo principal fue analizar las propiedades físicas y mecánicas del hormigón elaborado con fibras de acero reciclado, y cuyas conclusiones a las que arribaron fueron que el hormigón es un elemento de gran utilidad en nuestro medio debido a su gran resistencia a la compresión, pero como todo material también tiene dificultades, para el hormigón el punto débil es soportar los esfuerzos de tracción y flexión. Las fibras metálicas dentro de la masa de hormigón ayudan a reducir las fisuras por contracción, mejora la resistencia a compresión simple, tracción indirecta y flexión. Las fibras recicladas provienen de un proceso mecánico realizado por el torno, esta máquina desgasta el acero formando laminas delgadas conocidas como virutas, dependiendo del material y muchos otros factores referentes al manipuleo de la maquina se puede tener una gran variedad de fibras. En el mercado existe una gran variedad de fibras metálicas comerciales, cada tipo posee forma distinta y tiene un uso en particular, conocer las características de las fibras ayuda establecer la aplicación estructural que puede cumplir. Tomando en cuenta la cantidad de fibras para cada estado (compresión, tracción, flexión y módulo de elasticidad), se puede determinar que para la compresión no es necesario una gran cantidad de fibras debido a

que es el hormigón que absorbe la mayor cantidad del esfuerzo, mientras que el estado que más fibras requiere es el de tracción debido a que este esfuerzo actúa perpendicular a la carga y en este actúan las fibras directamente. La industria recomienda la cantidad de fibras tomando en cuenta el estado más crítico (tracción), cumpliendo con este la cantidad mínima del estado de compresión y flexión. Los materiales empleados para realizar las mezclas de hormigón necesariamente cumplen con los requisitos de las normas INEN, ASTM o ACI, para tener un hormigón de buena calidad y tener un procedimiento estándar que nos permita obtener valores semejantes. De las propiedades del hormigón fresco se puede concluir que a mayor cantidad de fibras metálicas el valor del asentamiento disminuye teniendo una mezcla poco trabajable, esto hace necesario aplicar mayor esfuerzo para realizar el proceso de mezclado. La resistencia a la compresión simple a los 7, 14 y 28 días de edad muestra que se alcanzan mayores resistencias con las fibras metálicas recicladas aumentando un 30.70% más resistencia con respecto al hormigón simple y un 22.28% con respecto al hormigón con fibras metálicas comerciales, estos valores reflejan el buen funcionamiento de las fibras metálicas ante esfuerzos de compresión. Analizando el comportamiento de las fibras recicladas en la masa de hormigón estas presentan una mejor distribución debido a su flexibilidad. La resistencia a tracción indirecta ensayada a los 28 días muestra que se alcanza mayores esfuerzos de tracción con las fibras metálicas recicladas alcanzando un aumento del 39.08% con respecto al hormigón sin fibras y un 11.64% con respecto al hormigón con fibras metálicas comerciales, estos valores reflejan la gran importancia de las fibras cuando el hormigón es sometido a esfuerzos de tracción.

La tracción está relacionada directamente con las adherencias de las fibras con la pasta del hormigón, las fibras recicladas alcanzan mayor resistencia debido a la forma de espiral

y a la rugosidad que presenta en la superficie. La resistencia a flexión ensayada a los 28 días muestra que se alcanzan mayores módulos de ruptura con las fibras metálicas comerciales, alcanzando el 25.14% con respecto al hormigón sin fibras y 5.90% con respecto al hormigón con fibras metálicas recicladas. En la flexión las fibras metálicas nunca llegan a romperse y las vigas fallan cuando se ha perdido la adherencia entre las fibras y el hormigón. En el estado de tracción y flexión las fibras soportan mayores esfuerzos, teniendo elementos con mayor tenacidad, se considera como tenacidad a la energía total que se requiere para llevar a un elemento hasta la rotura. El análisis de las deformaciones para determinar el valor del módulo de elasticidad nos indica que las fibras metálicas recicladas tienen un mayor valor de módulo de elasticidad y presentan un aumento del 4.46% con respecto al hormigón sin fibras y un 3.64% con respecto al hormigón con fibras metálicas comerciales. Analizando la adherencia entre el acero de refuerzo y el hormigón se observa que las fibras metálicas recicladas proporcionan mayor confinamiento al acero de refuerzo necesitando de esta manera mayor carga para lograr desprender la varilla de acero del hormigón. El hormigón con fibras metálicas recicladas presenta un aumento del 42,45% con respecto al hormigón sin fibras y un aumento del 2.94 con respecto al hormigón con fibras comerciales. Analizando las propiedades físicas y mecánicas del hormigón elaborado con fibras metálicas recicladas se puede concluir que se pueden usar como material alternativo a las fibras comerciales debido a que presentan un mejor comportamiento mecánico ante las cargas de compresión y tracción.

Por su lado Sarta (2017), en la tesis “ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE EL CONCRETO SIMPLE Y EL CONCRETO CON ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO AL 4% Y 6%”, trabajo de investigación presentado para la obtención del Título de Ingeniero

Civil, en la Universidad Católica de Colombia – Bogotá , Facultad de Ingeniería Civil, cuyo objetivo principal fue realizar para un concreto de resistencia a la compresión de 3000 PSI un análisis comparativo de la resistencia a la compresión, tensión indirecta y flexión del concreto convencional y el concreto reforzado con la adición de fibras de acero del 4% y 6% en busca de una mejor resistencia a los esfuerzos, y cuyas conclusiones a las que arribaron fueron que El presente trabajo investigativo complementó los conocimientos educativos teórico-prácticos, adquiridos durante el proceso de formación en la Universidad Católica de Colombia con un enfoque netamente experimental. Con base en los análisis de resultados, se pueden observar los porcentajes de aumento que se tuvieron de los concretos modificados respecto al concreto convencional, en donde en todos los casos se evidenció un aumento considerable en la resistencia del concreto medido por cada uno de los ensayos realizados. Adicionalmente, las fibras de acero generaron la propiedad de la ductilidad, lo que permite que al momento de fallar se muestre como una deformación, mas no una falla explosiva. La resistencia a la compresión de los cilindros de concreto fallados a las edades de 7,14 y 28 días para un concreto de 3000 PSI, presentaron una mejoría debido a la adición de fibras de acero, trayendo consigo beneficios mecánicos y un aumento de su resistencia en 17,54% a la edad de 28 días. La resistencia a la tracción de los cilindros de concreto fallados a sus diferentes edades obtuvieron resultados favorables, frente a los cilindros convencionales demostrando que las fibras reaccionan positivamente frente a las cargas vivas, generando una mejor cohesión con los agregados pétreos de la mezcla con un aumento en su resistencia del 42,26%. La resistencia a la flexión de vigas con la adición de fibras de acero dio resultados favorables y cumplió con las normas establecidas; adicionalmente, las vigas modificadas al 6% presentaron un aumento en la resistencia a la

flexión del 56,26% a la edad de 28 días. La adición de fibras de acero al concreto generó una gran mejoría en la ductilidad, teniendo en cuenta que, al momento de realizarse las pruebas, presentaron deformaciones durante la aplicación de la carga y se evitaron fallas súbitas o explosivas. Con base en los resultados obtenidos en este trabajo de investigación y sus notables mejoras que genera en el concreto, se espera que el uso de las fibras de acero sea contemplado con mayor frecuencia en la construcción de obras de alta infraestructura.

1.1.2 Enfoque Nacional

- *Trujillo*

El sector construcción lleva dos años de caídas consecutivas, desde el 2001 no se observaba un escenario así. Al cierre del 2016, el sector construcción acumuló un decrecimiento de 3.15 %, una caída superior a la última proyección del Banco Central de Reserva, que fue de -2.7 % en diciembre del 2016. En el 2017, el Perú en el sector construcción disminuyó 5.26%, ante un menor consumo interno de cemento en 6.26%, en contraste, el avance físico de obras evolucionó positivamente en 13.5%. (Castañeda, 2018)

Por otro lado, las dificultades que presentó la construcción durante el año 2020 se atribuyen a la práctica paralización que ha afectado desde el inicio de la emergencia declarada por el gobierno nacional a partir del 16 de marzo de este año y que culminaría a fines de junio. Aunque la producción sectorial ya venía de una pronunciada retracción desde el segundo semestre del año anterior, parcialmente revertida en los primeros dos meses del 2020, aunque esta recuperación se explica más por un efecto estadístico, teniendo en cuenta que el volumen de producción en la construcción en el primer bienio apenas

supera el 6% del total anual. Los resultados de marzo y abril grafican los efectos negativos de la declaración de emergencia para el sector. (Capeco, 2020)

Los resultados de cada componente del PBI construcción también tuvo un mal segundo semestre en el 2019. El consumo de cemento entró en escenario negativo en diciembre, mientras que la caída del avance de obras públicas en dicho periodo alcanzó un 12%. En el inicio del 2020, el consumo de cemento volvió a reducirse, aunque ligeramente, y subió 4% en febrero para contraerse a más del 98% para abril, mientras que el avance de obras públicas se duplicó en el primer bimestre de este año, respecto al 2019, sin embargo debe entenderse que dicho periodo apenas representa poco más de 5% del total anual del volumen de obra avanzada en términos monetarios, por lo que este fuerte incremento tiene más un efecto estadístico que real, mostrando abril el retroceso de la obra pública en 75%. (Capeco, 2020)

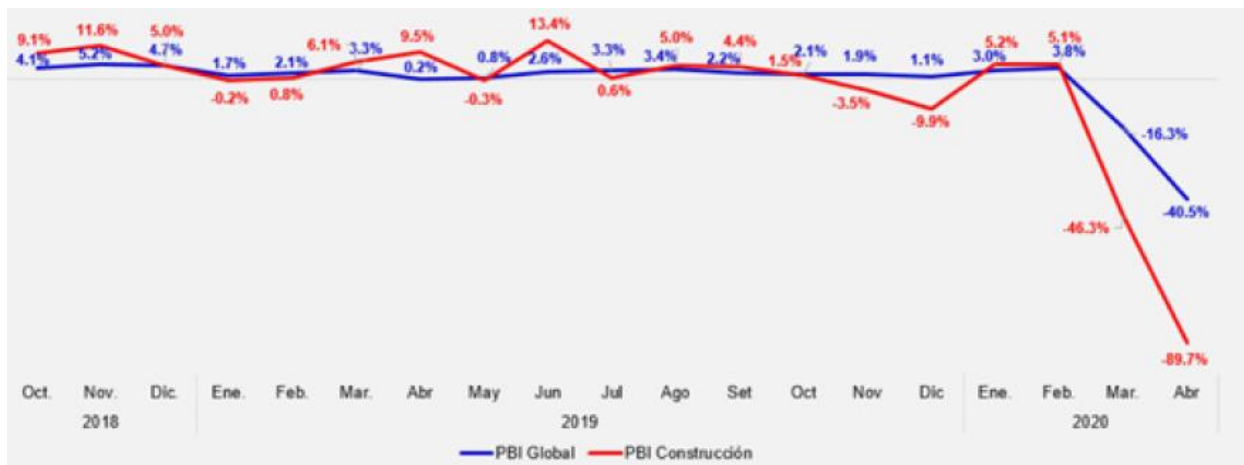


Figure 8: Producto Bruto Interno de la Construcción antes del COVID 19

Fuente: INEI

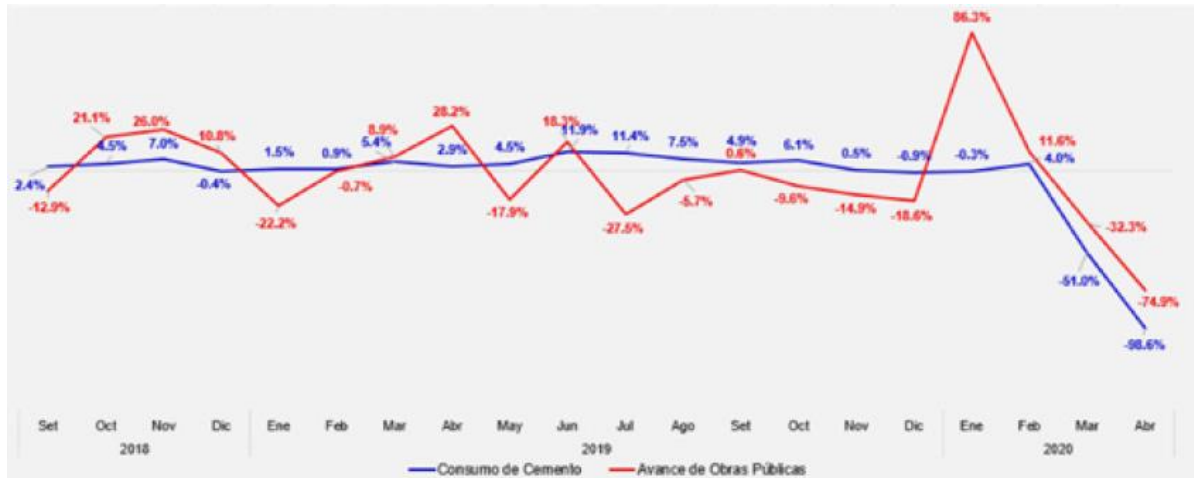


Figure 9: Evolución mensual de componente del PBI Construcción 2018 – 2020

Fuente: INEI

Dentro del sector de la construcción el concreto es la base para la elaboración de cualquier edificación. El concreto es la mezcla de un aglomerante (material cementante que ocupa entre el 7% y el 15% del volumen de la mezcla), un material de relleno (agregados que ocupan entre el 59% y el 76% del volumen de la mezcla), agua (ocupa entre 14% y 18% del volumen de la mezcla) y aditivos (se adicionan con el fin de modificar una o más propiedades del concreto), que al endurecerse forma un todo compacto y después de cierto tiempo es capaz de soportar grandes esfuerzos de compresión. La monotonía y la estandarización del uso del concreto convencional en el proceso de construcción viene siendo un problema en nuestro medio por la falta de aplicación de los conocimientos y métodos actuales dando como resultado la insatisfacción de los gobiernos locales y la población usuaria con la corta duración de las construcciones pese a la inversión requerida y ejecutada no se logra el objetivo trazado, siendo esta de uso temporal debido a la falta de resistencia a compresión del concreto; generando el deterioro prematuro de los elementos estructurales. Los profesionales en Ingeniería debemos tomar plena conciencia del rol

determinante del concreto en el desarrollo nacional, considerando aspectos técnicos inherentes del mismo, así cuando se construyen estructuras de concreto deben cumplir con los requisitos de calidad, seguridad y vigencia (vida útil) que se espera de ellas. (Castañeda, 2018)

En Trujillo, la ciudad se está modernizando, y cada vez hay más construcciones, pero estas se hacen sin tener unas bases sólidas o simplemente se basan en la experiencia del maestro de obra o albañil. Esto hace que las edificaciones sean más vulnerables ante un sismo ya que Trujillo pertenece al círculo de fuego del pacífico, o si es que se quisiera seguir construyendo está no duraría o no tendría la vida útil como debería tener. Los resultados muestran que añadiéndole fibra de acero ya sea reciclado o comercial, a nuestro concreto tradicional podríamos mejorar su resistencia a la compresión como sus demás propiedades mecánicas y así tener unas construcciones muchas más sólidas y duraderas. (Castañeda, 2018)

Materiales	Generadores (%)	
	Domiciliario	No domiciliario
Materia Orgánica	47.08	21.34
Madera, Follaje	15.58	10.16
Papel	6.02	14.2
Cartón	1.77	11.89
Vidrio	2.48	2.48
Plástico PET	1.77	5.21
Plástico duro	1.06	3.36
Bolsas	5.13	7.21
Tetra-Pack	0.71	1.96
Tecnopor y similares	0.35	5.18
Metal	0.71	2.32

Telas, Textiles	0.35	0.28
Caucho, cuero, jebe	0.71	0.69
Pilas	0.18	0.35
Restos de medicinas, focos, etc.	0.18	0.68
Residuos de servicios higiénicos	8.14	5.78
Residuos inertes	0.71	5.83
Otros (Tierra)	7.08	1.08
Total	100.00	100

Figura 10: Composición de los residuos sólidos domiciliarios y no domiciliarios en Trujillo

Fuente: PIGARS , 2016



Figura 11: Estructura de concreto armado con fibras de acero

Fuente: MIXERCON

La entidad que normaliza la resistencia a la compresión en el concreto es el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento mediante las normas técnicas peruanas.

(Sotil A., Zegarra J., 2015), en su tesis precisaron que el concreto, como se ha estudiado extensamente, resiste potencialmente esfuerzos a compresión, sin embargo, falla críticamente en presencia de esfuerzo a tracción. La adicción de fibras, principalmente las de acero, hace que propiedades específicas del concreto, como por ejemplo la resistencia a esfuerzos a flexión, se optimicen. Ellos encontraron que el aumento en compresión obtenido gracias a la adicción de fibras no debe ser considerado en los diseños de mezclas para los proyectos a realizar, este solo debe ser considerado como una ventaja complementaria para efectos constructivos (factor de seguridad).

(De la Cruz W., Quispe W., 2014), encontraron que en cuanto a la propiedad mecánica de resistencia a la compresión axial ($f'c$), la adición de fibra de acero no tiene mayor influencia en el aumento de la $f'c$, pues el incremento es muy pequeño. El aporte de las fibras a la resistencia a la compresión del concreto es que evita que este tenga una falla frágil, dándole ductilidad al compuesto

(Meza A., 2015), en su tesis encontró determinar mediante un análisis experimental las características del concreto reforzado con fibras de acero y polipropileno, enfocadas a la resistencia de compresión en cilindros y flexión en vigas normalizadas, estos resultados de caracterización a compresión de elementos cilíndricos normalizados, se encontró que la adicción de fibras no implica un incremento significativo de resistencia mecánica y de rigidez (módulo de elasticidad) entre un concreto con y sin fibras.

Las tesis presentadas nos proporcionan información realmente verdadera de la influencia de la fibra de acero en distintos porcentajes, tiempos de curado, diámetro de fibra, etc. Se aprecia que la fibra de acero mejora mucho sus propiedades mecánicas del concreto, pero no varía mucho su resistencia de la compresión, este dato es usado como un

factor de seguridad para darle esa resistencia a las construcciones y que su vida útil no se vea perjudicada a poco plazo.

SIKA, participó en la construcción de los canales de irrigación en su última etapa del proyecto TRASVASE OLMOS, utilizó la fibra de acero (SIKA FIBER LHO-45/35 NB) en un túnel de 800 metros de largo donde la mezcla tenga las fibras, sea trabajable y el fraguado sea rápido. A continuación, una lista de sus obras y el tipo de fibra que se utilizó:

- Residencial Villa Marina – Sika Fiber PE
- Mina Chungar (Cerro de Pasco) – Sika Fiber LHO 45/35 NB y CHO 65/35 NB
- Mina consorcio horizonte (la libertad) - Sika Fiber LHO 45/35 NB y cho 65/35 NB
- Mina san Cristóbal - Sika Fiber LHO 45/35 NB
- C.h. Cerro del Aguila (Huancavelica) – Sika Fiber CHO 65/35 NB
- C.h. Guitarasca (Áncash) - Sika Fiber CHO 65/35 NB
- C.h. santa teresa - Sika Fiber CHO 65/35 NB

En Trujillo, las bajas resistencias a la compresión del concreto, tienden a tener muchos problemas en lo que respecta al momento de construir una edificación o alguna obra, puesto que es una propiedad fundamental para que la construcción tenga una buena resistencia (ante sismos o si es que se quisiera seguir construyendo) y así cumpla con los estándares de calidad. A lo largo del tiempo los maestros de obra, albañiles y hasta uno mismo viene construyendo sin tener un control de calidad adecuado (construyen según experiencia o lo que han podido observar), como no tener conocimiento del contenido del cemento, de la relación agua – cemento y contenido de aire, influencia de los agregados, el

tamaño máximo del agregado, fraguado del concreto, edad del concreto, curado del concreto y temperatura, esto hace que verdaderamente la resistencia del concreto sea baja y no la requerida, porque muchas veces el cemento no es fresco o se vende en malas condiciones, asimismo su almacenamiento debe ser en un lugar fresco, con sombra y sin humedad para evitar cualquier reacción del cemento. (Castañeda, 2018)

La relación agua-cemento y contenido de aire esto puede afectar considerablemente si no se cuenta con un cálculo previo, esto afectaría bastante a nuestra resistencia a la compresión. La influencia de los agregados porque su distribución granulométrica y su forma, textura, así como que estén libre de limos hacen que pueda influenciar en la resistencia y el tamaño máximo del agregado debe ser escogido según el concreto que se quiera elaborar (baja, media o alta resistencia). El fraguado del concreto es muy importante para saber la velocidad de endurecimiento que presenta la mezcla al pasar del estado fresco al estado endurecido. La edad del concreto se debe evaluar según las normas (7, 14, 28 días). (Castañeda, 2018)

El curado del concreto es la hidratación del cemento para garantizar una máxima resistencia final, pues si no está curado totalmente la resistencia disminuirá (el agua debe ser pura y no presentar agentes que puedan afectar la resistencia del concreto), así como la temperatura del agua debe ser neutra (ni fría ni caliente). Cada una de estas posibles causas van influenciando para que el concreto elaborado, valla alterando su resistencia deseada y como resultado obtener un concreto de baja resistencia, esto sin contar que en obra pueden ver factores que afecten al concreto como: ausencia del control de asentamientos y de diseño de mezcla (error en el pesaje o en la medida por volumen, mala dosificación),

muchas veces se desconoce las normas, falta de compactación (vibración), el curado en obra es esporádico. (Castañeda, 2018)

La falta de control de calidad y supervisión al momento de elaborarse el concreto, hace que este no llegue a su resistencia requerida. La baja resistencia a la compresión del concreto es uno de los problemas más frecuentes en la construcción, puesto que, si la resistencia no llega a las cantidades admisibles o permitidas, la estructura correría un gran riesgo ante cualquier eventualidad o fenómeno de la naturaleza. Por esta razón, hoy por hoy, el avance tecnológico respecto a este asunto se centró sustancialmente en adicionar fibra de acero para encontrar la proporción adecuada más óptima para que la resistencia a la compresión del concreto pueda llegar a mejorar (como factor de seguridad), y resistir los máximos esfuerzos a compresión para que la construcción tenga una vida útil (durable y resistente) y así sea una apuesta económica para un ahorro a futuro para las posteriores construcciones. (Castañeda, 2018)

Las consecuencias si es que la fibra de acero no fuese considerado al momento de la fabricación de concreto, las resistencias no serían las adecuadas, lo cual a largo plazo ocasionaría pérdidas de materiales, económicas, ante un sismo podría verse afectado la estructura (daños superficiales o colapso de la estructura) dando paso a pérdida de vidas humanas. Otra consecuencia a tener en cuenta es como la resistencia a la compresión del concreto es baja, el elemento estructural o toda la estructura tendría a presentar fisuras, rajaduras o grietas, estas se tendrían ir reparando con el fin de evitar que más adelante produzca una falla, y se tenga que reconstruir el elemento estructural que ha fallado o toda la estructura (reconstruir la edificación). (Castañeda, 2018)

- *Cajamarca*

El concreto es uno de los materiales más usados y versátiles de la construcción, esto permite su utilización en diversas formas estructurales, así también en climas variados, es por ello que siempre se busca la mejora de sus propiedades tanto físicas como mecánicas. Desde el año 1990 se comienza a usar en gran escala el concreto fibroreforzado en países desarrollados. El concreto hecho con la adición de estos elementos que son filamentos de acero y de diferentes formas y diámetros en la actualidad son de uso comercial, siendo también de otra naturaleza como: fibras de acero, fibras de vidrio, fibras sintéticas, y fibras naturales. Sin embargo, todas ellas se usan para lograr el mismo fin: aumento de la resistencia a flexión y tracción, así como anular el proceso de fisuramiento por contracción e incrementar la resistencia al impacto y a la fatiga, también mejora el comportamiento a la contracción y flujo plástico y la durabilidad. Las principales aplicaciones del concreto fibroreforzado son: la construcción de losas, en concreto lanzado, soportes subterráneos, estabilización de taludes y en túneles. (Ortiz, 2015)



Figura 12: Túnel construido con concreto reforzado con fibras de acero

Fuente: Construcción Latinoamericana

En diferentes partes del mundo se viene investigando acerca de los beneficios del uso de fibra en el concreto por los buenos resultados que se obtiene. En el caso de la fibra de acero, ya sea comercial o reciclado, algunos investigadores afirman que esta, en ciertos casos puede llegar a permitir sustituir por completo el armado tradicional del concreto a base de varillas de acero corrugado, lógicamente dependiendo del tipo de fibra, la proporción y el tipo de estructura para la cual se la esté usando. (Ortiz, 2015)

En el Perú, el concreto con fibra de acero, ya sea comercial o reciclada, es un material poco estudiado, a pesar de que es una buena alternativa estructural y económica en las diferentes estructuras que se construyen.

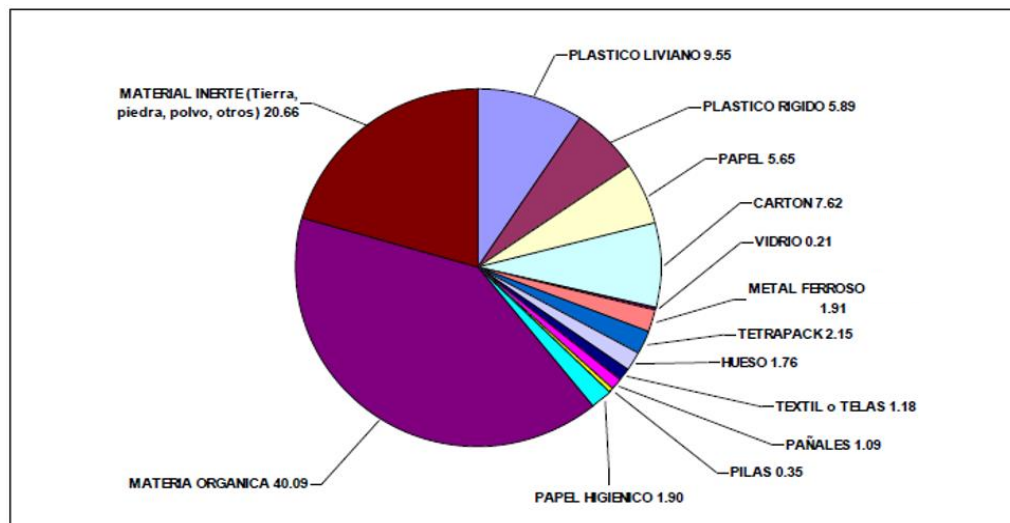


Figura 13: Composición física de los residuos sólidos comerciales

Fuente: Municipalidad provincial de San Pablo, Cajamarca

En nuestro país y particularmente en Cajamarca, el uso de concreto reforzado con fibra es muy limitado, debido a que la información necesaria no es suficiente de igual forma requerimientos normativos no son conocidos, sin embargo en la actualidad se están

desarrollando temas de investigación como el presente para subsanar lo antes mencionado, y lograr que el uso del concreto fibroreforzado sea frecuente ya que tiene un incremento en la resistencia a tracción y flexión, lo que hace un concreto de alta performance. (Ortiz, 2015)



Figura 14: Concreto con fibra de acero para Shotcrete KF 65/35 CH

Fuente: QSI Perú

- **Lima**

Con el pasar de los años el concreto ha sido un elemento primordial en la construcción, esencial para todo tipo de obra civil por lo que se busca mejorar sus características como durabilidad, elasticidad, resistencia, entre otros. Con este propósito se han usado fibras de origen vegetal, animal, y artificiales obteniendo resultados positivos; sin embargo, el uso de la fibra de acero se limita por la reducción de trabajabilidad, es ahí donde podría actuar un aditivo plastificante mitigando este efecto. Este material, concreto con fibra de acero, comercial o reciclado, se está incorporando al sector construcción y su

aceptación es cada vez más progresivo. Tiene características que marcan diferencias por su firmeza a la compresión, la flexión y tracción, además, controla la propagación de fisuras; por ello, hoy en día es usado en muchos pisos industriales, carreteras y proyectos donde se requiera sobrellevar las acciones sísmicas, incrementar la ductilidad y durabilidad de las estructuras. (Ñaupas, 2019)



Figura 15: Pisos industriales y losas de concreto con fibras de acero

Fuente : CODEPA

El término “concreto con fibra de acero” es usado con el objetivo de definir un concreto que controla la fisuración plástica por secado, esencialmente en secciones alargadas y proporcionadas como muros delgados; y también a las losas ya que estas son expuestas a la evaporación. La fibra de acero, comercial o reciclada, ayuda a que el concreto tenga una buena resistencia, incremento a la ductilidad y que las estructuras tengan buena durabilidad. (Ñaupas, 2019)

En Lima, se comparó de manera teórica las propiedades mecánicas: flexión, compresión, módulo elástico y físicas del concreto sin refuerzo y el concreto reforzado con fibras de acero reciclado, como también comparar sus espesores, del cual resultó que las fibras tienen una ventaja con respecto a las losas de concreto simple, ya que contribuyen en todo su espesor gracias a la distribución tridimensional de las fibras dándole al piso una mayor resistencia a las solicitaciones de carga durante su vida útil.



Figura 16: Losa de concreto reforzado con fibra de acero reciclado

Fuente: CODEPA

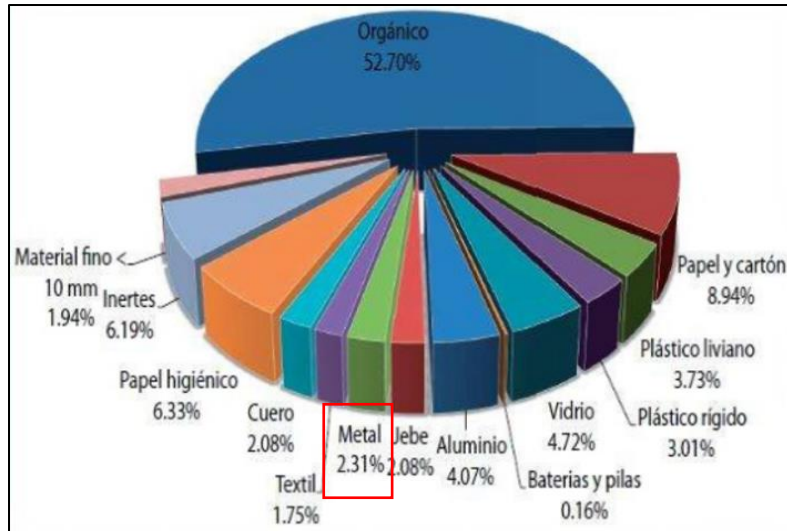


Figura 17: Manejo de residuos sólidos en Lima

Fuente: Méndez, 2013

Sus antecedentes se remontan al año 1847, fecha en que se dio inicio a un estudio técnico donde se complementa al material de concreto con la fibra de acero, yute y otros elementos de origen natural. Después se fue profundizando su uso y en el año 1960 se empezó a experimentar con la fibra de vidrio y de acero. Años más tarde, 1974 con un mejor conocimiento y experiencia en la construcción se consolidó la primera patente de la fibra de acero incorporado en el concreto, teniendo como base una piedra artificial que se le adicionaba un acero granular procedente de desechos para el refuerzo del concreto. Al transcurrir el tiempo, la geometría de la fibra se va desarrollando y en las patentes se utilizan parámetros muy semejantes a los actuales para la fibra de acero. Según López Román J. (2015) nos menciona que “la patente de G. Constantinesco (1954, Estados Unidos) explica el uso de la fibra helicoidales y espirales para incrementar la resistencia a la fisuración y la absorción de energía en el concreto”. El Instituto de Concreto Americano (ACI) en EE. UU funda el Comité 544 para la formación, observación y seguimiento del

Concreto reforzado con fibra de acero. Según López Román J. (2015), "en los años 90, en Europa, aparecen grupos de estudios donde analizan el comportamiento estructural en conglomerados reforzados con fibras y trata de normalizar el empleo de los concretos reforzados con fibras de acero". (Ñaupas, 2019)

Para plantear los posibles problemas en una estructura de concreto es necesario entender su situación actual. La aplicación del concreto es muy extensa en el sector construcción, por ser económico, muy trabajable y tener la capacidad de amoldarse a cualquier diseño, entre otras características; La industria de la construcción presenta grandes retos. Por tal motivo, se vio necesario desarrollar nuevas tecnologías en la elaboración de concretos de calidad superior, prolongada vida útil y resistencia permitiendo edificaciones que cumplan sus objetivos estructurales y arquitectónicos. Las edificaciones no deben poseer irregularidades de ningún tipo según lo estipulado en la norma E 030; sin embargo, no lo hace exento de los desplazamientos generados por los sismos, lo cual da lugar a fisuramientos por flexión y corte, además, de cizalle por agrietamiento en la estructura. (Ñaupas, 2019)

Así, empezaron a surgir nuevos materiales para la construcción, como las fibras, estas pueden ser orgánicas, minerales y metálicas. Diseñar estructuras resistentes que posean una vida útil prolongada es el objetivo de todo ingeniero estructurista, por tal motivo, se busca mejorar las condiciones mecánicas de los materiales de construcción, en especial del concreto. Teniendo una alta resistencia a disposición beneficiará a las empresas constructoras. El concreto posee una gran importancia en el rubro de la construcción, se le han añadido un sinnúmero de materiales entre ellos la fibra de acero. Este otorga,

principalmente, mayor tenacidad a la flexión y compresión viéndose beneficiado el sector de construcción. (Ñaupas, 2019)

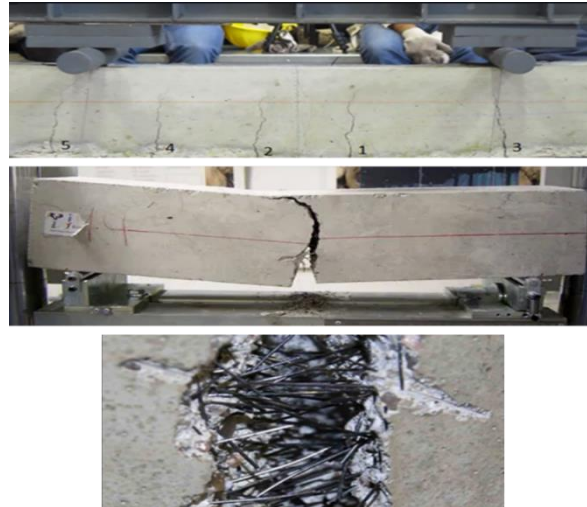


Figure 18: Concreto reforzado con fibras de acero

Fuente: BECOSAN

- ***Antecedentes Nacionales***

En base a los antecedentes nacionales tenemos que:

Según Castañeda (2018), en la tesis “INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO Y PLASTIFICANTE EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CONVENCIONAL, TRUJILLO - 2018” , trabajo de investigación presentado para la obtención del Título de Ingeniero Civil, en la Universidad Privada del Norte, y cuyo principal objetivo es determinar de qué manera influye la fibra de acero y aditivo plastificante en la resistencia a la compresión del concreto , y cuyas conclusiones a las que arribaron fueron que se determinó la influencia de la fibra de acero y aditivo plastificante en la resistencia a la compresión del concreto, obteniendo los mejores resultados de resistencia a la compresión en la dosificación de fibra de acero en 40 kg/m^3 .

Se determinó las características, propiedades y especificaciones técnicas de las fibras de acero como su historia, definición, tipos de fibra de acero, concreto con fibras de acero y sus aportes de las fibras de acero en el concreto. Se explicó la descripción, características y/o ventajas del aditivo plastificante ya que son las más usadas como el principal refuerzo para losas y mejoran las propiedades del concreto, así como un mejor control de fisuras. Se logró realizar un diseño de mezcla para una resistencia de 210 kg/cm^2 , de concreto convencional y con adición de fibra de acero y aditivo plastificante, determinando los criterios de diseño, los cuales se notaron reflejados satisfactoriamente al momento de realizar el ensayo de resistencia a la compresión. Así tenemos como pesos húmedos por m^3 de concreto como el cemento 331 Kg, Agua 178 Litros, Agregado Fino 917 Kg, Agregado Grueso 893 Kg, Fibra de Acero 20 y 40 Kg por m^3 y aditivo plastificante 250 ml por bolsa de cemento de 42.50 Kg. Se determinó la resistencia a la compresión de los cilindros de concreto a 7, 14 y 28 días. Se realizó el ensayo a 90 probetas cilíndricas de concreto de $15 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$, obteniendo para una edad de curado de 7 días; una resistencia a la compresión promedio de 171.40 kg/cm^2 para el concreto patrón, una resistencia promedio de 181.00 kg/cm^2 para el concreto con adición de 20 kg/m^3 de fibra de acero; y una resistencia promedio de 184.10 kg/cm^2 para el concreto con adición de 40 kg/m^3 de fibra de acero. Para una edad de curado de 14 días; una resistencia a la compresión promedio de 198.20 kg/cm^2 para el concreto patrón, una resistencia promedio de 210.70 kg/cm^2 para el concreto con adición de 20 kg/m^3 de fibra de acero; y una resistencia promedio de 211.60 kg/cm^2 para el concreto con adición de 40 kg/m^3 de fibra de acero. Para una edad de curado de 28 días; una resistencia a la compresión promedio de 220.40 kg/cm^2 para el concreto patrón, una resistencia promedio de 230.60 kg/cm^2 para el

concreto con adición de 20 kg/m^3 de fibra de acero; y una resistencia promedio de 238.90 kg/cm^2 para el concreto con adición de 40 kg/m^3 de fibra de acero. La cual implica un incremento en 4.63% con una dosificación de 20 kg/m^3 de fibra de acero y un incremento de 8.39% con una dosificación de 40 kg/m^3 de fibra de acero. Se analizó estadísticamente las muestras de concreto sin/con fibra de acero y aditivo plastificante con la ayuda de la Inferencia Estadística según su instrumento estadístico de la Prueba ANOVA, obteniendo así una confianza mayor al 95% y validando nuestra hipótesis.

De acuerdo a Ñaupas (2019), en la tesis “COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO REFORZADOS CON FIBRA DE ACERO EN EL ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE PLACAS EN EL PROYECTO DE AMPLIACIÓN DEL CENTRO MÉDICO SAN CONRADO EN LOS OLIVOS, LIMA - PERÚ”, trabajo de investigación presentado para la obtención del Título de Ingeniero Civil, en la Universidad San Martín de Porres”, y cuyo principal objetivo es evaluar la influencia del comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibra de acero en el análisis estructural de placas en el proyecto de ampliación del Centro Médico de San Conrado en los Olivos, y cuyas conclusiones a las que arribaron fueron que el concreto reforzado con fibra de acero en combinación con el aditivo plastificante ayuda parcialmente a la trabajabilidad; sin embargo, para inclusiones mayores de 90 Kg de fibra por metro cubico de concreto se pierde totalmente la trabajabilidad de este, generándose bolones de fibra que formaran cangrejas que en consecuencia harán que el concreto falle con una menor carga. Se demuestra el aporte de la fibra de acero en el comportamiento del concreto frente a cargas axiales, aumentando su resistencia hasta en un 28.1% con una proporción de 90 Kg/m^3 de concreto, además, para la presente investigación la considera como el límite de adición de fibra de acero, ya que

en una mayor proporción genera una menor resistencia a la compresión. Lo que sí podemos apreciar en todos los casos es la disminución del desprendimiento de concreto por fisuramiento. También queda demostrado que la resistencia por flexión aumenta hasta en un 80% para inclusiones de 90 Kg/m^3 de concreto, asimismo, en el concreto con fibra se observó un significativo aumento de la ductilidad del concreto y en consecuencia una mayor tenacidad. Un muro estructural está sometido a deflexiones de entrepisos provocados por fuerzas laterales generados por eventos sísmicos, formando fisuras, grietas, en algunos casos aplastamiento y trituración del concreto en los bordes carentes de confinamiento. Entonces, si se tiene un material dúctil con la capacidad de absorber mayor energía post fisuramiento, con una capacidad mayor de resistencia a la compresión y flexión, se obtiene un mejor trabajo de las placas frente a las fallas de corte, flexión y cizallamiento. Por medio del software Etabs 2017 se verifica los aportes significativos de la fibra de acero en conjunto con el aditivo plastificante, donde es posible reducir las secciones de placas conservando un comportamiento acorde a las normas E 030 de la estructura ante eventos sísmicos, cabe resaltar que al tener menos cantidad de placas también significa un menor costo de construcción.

Según Abanto (2017), en la tesis “RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ CON LA Adición DE FIBRAS DE ACERO DRAMIX y SIKA”, trabajo de investigación presentado para la obtención del Título Profesional de Ingeniero Civil, en la Universidad Privada del Norte, y cuyo principal objetivo es determinar la variación de la resistencia mecánica del concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ con la adición de dos porcentajes (1.0% y 1.5%) de fibras de acero DRAMIX y SIKA, y cuyas conclusiones a las que arribaron fueron que la hipótesis se cumple parcialmente ya que a los 28 días de curado el

concreto con adición de fibras al 1% y 1.5%, el ensayo de resistencia a compresión axial, llegó a más de 15%, logrando aumentar hasta un 40% de la resistencia de diseño, Sin embargo no cumple en los ensayos de resistencia a la flexión a los tercios de la luz y resistencia a la tracción por compresión diametral debido a que el módulo de rotura alcanzado en estos ensayos no fue superior sino que se mantuvo entre los parámetros de las normas. Las propiedades físicas y mecánicas de los agregados procedentes de la cantera "Chancadora Bazán" cumplen con lo establecido en la norma NTP. 400,037, ambas curvas granulométricas, de los agregados están dentro de los estándares de calidad que la norma estipula, también tiene una buena resistencia a la abrasión ya que su porcentaje obtenido fue del 25.83% ya que es menor al 50% establecido por la norma. Los resultados obtenidos del ensayo de resistencia a la compresión axial realizados en el laboratorio observamos que las fibras de acero Dramix con adición del 1%, ya había alcanzado una resistencia muy alta, llegando alcanzar a los 7 días de curado una resistencia de 195.55 kg/cm^2 , a los 14 días ya había superado la resistencia para la cual fue diseñada llegando alcanzar 262.47 kg/cm^2 y a los 28 días llego alcanzar un 35% más en su resistencia de diseño, obteniendo 283.74 kg/cm^2 , por lo que las fibras fueron muy eficientes en este ensayo. Conforme se fueron aumentando las fibras de acero fue aumentando la resistencia compresión axial, las fibras de acero Dramix con adición del 1.5%, a los 7 días obtuvo una resistencia de 210.27 kg/cm^2 , por lo que a esa edad ya había alcanzado la resistencia para la cual fue diseñada, a los 14 días obtuvo una resistencia de 268.14 kg/cm^2 y a los 28 días llego a una resistencia de 298.22 kg/cm^2 , vemos que supero en un 40% a la resistencia patrón a los 28 días, de igual manera las fibras de acero Sika obtuvieron unas resistencias parecidas a las mostradas, por lo que se concluye que las fibras de acero en los porcentajes mostrados

fueron de gran importancia para este ensayo ya que aportó una gran resistencia al concreto.

En los ensayos de resistencia a la flexión en los tercios de la luz y tracción por compresión diametral se concluye que las fibras de acero no fueron un gran aporte para el módulo de rotura ya que en estos dos ensayos se mantuvo en los rangos de que la norma establece por lo que no fue muy significativo el porcentaje de fibras de acero que se le adicionó al concreto.

1.2. Marco Teórico

1.2.1. Comportamiento mecánico del concreto

✓ Definición del concreto

Se refiere a una parte de la Ingeniería que comprende los conocimientos que aportaron en el manejo técnico, práctico y eficaz de la construcción a lo largo del tiempo.

Según De la Cruz & Quispe (2014), “En el Perú hacia finales del Siglo XIX se importaba cemento en barriles de madera y las obras en concreto eran ejecutadas empíricamente siendo encargadas a Ingenieros extranjeros o algunos Ingenieros peruanos con formación en Europa”. Es un material de la construcción, la cual está conformada por la combinación de diferentes proporciones de cemento, agregado grueso, agregado fino, agua y aditivo (dependiendo el uso al que se dé la mezcla). El concreto al realizarse tiende a tener una mezcla en estado fresco, donde es trabajable y moldeable; y el estado endurecido, que adquiere una mezcla con mayor resistencia e ideal para la obra que se desee realizar.



Figura 19: Componentes del Concreto

Fuente: Ñaupás, 2019

✓ Tipos de Concreto

Según Sánchez de Guzmán, D. (2005), “Como punto de partida, y teniendo en cuenta: las propiedades y características de los ingredientes usados, y las especificaciones y condiciones de servicio del concreto o morteros solicitados, se pueden considerar las siguientes clases de concretos”. Por ello, podemos clasificarlos de la siguiente manera:

- Según tamaño máximo del agregado

Se puede subclasificar como se indica en la Tabla 1

Tabla 1

Componentes del Concreto

TIPOS	TAMAÑO MAXIMO	USOS
Concreto de Grava Fina	4.76mm-19.10mm	Columnas, paredes o elementos esbeltos
Concreto de Grava Común	19.10mm-38.10mm	Estructuras convencionales
Concreto de Grava Gruesa	38.10mm-152.40mm	Pavimentos y presas

Fuente: Ñaupás , 2019

- Según su consistencia

Según Sánchez de Guzmán, D. (2005), refiere que “La consistencia del concreto en estado fresco, depende de: el tamaño de la sección que se va a construir, la

cantidad y espaciamiento del acero de refuerzo, las condiciones de colocación de la mezcla, y el sistema de compactación”, las cuales se clasifican en:

- Muy seca: Su asentamiento es de 0-20 mm y se usa mayormente en prefabricados de alta resistencia, revestimiento de pantallas de cimentación.
 - Seca: Su asentamiento es de 20-35 mm y se usa en pavimentos.
 - Semi-seca: Su asentamiento es de 35-50 mm y se usa en pavimentos, fundaciones en concreto simple.
 - Media: Su asentamiento es de 50-100 mm y se emplea en pavimentos compactados o mano, losas, muros y vigas.
 - Húmeda: Su asentamiento es de 100-150 mm y se emplea en elementos estructurales esbeltos.
 - Muy húmeda: Su asentamiento es mayor a 150 mm, y se usa en elementos muy esbeltos, pilotes fundidos in situ.
- Según tiempo de fraguado

Según Sánchez de Guzmán, D. (2005), “El tipo de cemento empleado y el estado del tiempo en la obra, la determinación de los tiempos de fraguado es importante para saber si es necesario utilizar aditivos que controlen la velocidad de fraguado”.

Por ello se clasifican de la siguiente manera:

- Lento: Se usa un aditivo retardante y se retarda entre 1 a 3:30 horas después.
- Normal: Se utiliza un aditivo reductor de agua, y el tiempo que demora es no más temprano de 1:00, ni más de 1:30 hora.

- Rápido: Se usa un acelerante como aditivo y fragua entre 1:00 a 3:30 horas antes.

- Según resistencia a la compresión

A continuación, sus detalles, según el diseño del concreto y el uso.

Tabla 2
Resistencia a la Compresión

Tipos	RESISTENCIA A LA COMPRESION
Normal	70-420 kg/cm ²
Alta resistencia	420-1000 kg/cm ²
Ultra Alta Resistencia	Mayor a 1000 kg/cm ²

Fuente: Ñaupás, 2019

✓ Componentes del concreto

Según Mamlouk & Zaniewski (2009), manifiesta que los componen el cemento, agregados, agua para la mezcla y aditivo.

▪ Cemento

Es un tipo de conglomerante que está formado por la mezcla de arcilla calcinada y caliza. Es el elemento esencial del concreto y ocupa entre el 7% y el 15% del volumen de la mezcla. Su presentación viene en bolsas de 42.5 kg que se usan la proporción a la cantidad de concreto que se va a realizar. Existen cementos Tipo I, II, III, IV y V, las cuales se detallará en la Figura 22 según su aplicación y se usaran dependiendo el diseño que se requiere. Presenta características de adherencia y cohesión, las mismas que contribuyen a que los fragmentos minerales se combinen

entre sí, dando un resistente compacto y efectiva resistencia a la compresión y durabilidad.

TIPO	APLICACIÓN
I	Adecuado para suelos, estructuras, de hormigón reforzado, pavimentos, etc.
II	Es de resistencia moderada a los sulfatos, y tiene protección frente a una exposición moderada de 0.1%-0.2% de peso de sulfatos solubles en agua
III	Es de alta resistencia, utilizado para la construcción rápida cuando es necesario eliminar los encofrados lo más deprisa posible o cuando haya que poner en servicio la estructura lo antes posible.
IV	Es de bajo calor de hidratación, se utiliza cuando la masa de la estructura como en el caso de presas de gran tamaño, requiera un control cuidadoso del calor deshidratación
V	Exposición severa de sulfatos, de entre 0.2% - 2% de peso de sulfatos solubles en agua para suelos, 0 de 1500 - 10800 ppm de sulfatos en agua

Figure 20: Tipos de Cemento

Fuente: Ñaupás, 2019

- **Agregados**

Este componente ocupa la mayor parte del volumen de la mezcla. Existen dos tipos de agregados que se utilizan: el grueso y el fino. Estos son sacados de canteras

naturales o artificiales para poder hacer el concreto. Se realizan tamices de los agregados para poder saber el uso de su granulometría y así poder saber que malla se utilizaran en la mezcla.

- **Agua para la mezcla**

El tipo de agua que se utiliza para una mezcla es la potable, ya que es la más adecuada para realizar la mezcla del concreto; así también, hay tipos de agua no potables que son utilizados para el concreto. Por lo general, la mayoría de las mezclas se realizan con agua no procesada por reducción de costos, pero esto puede afectar al momento de fraguado, a su resistencia y su durabilidad a largo plazo. Por ello, es recomendable usar el agua potable para poder obtener mejor resultados al diseñar la mezcla.

- **Aditivos**

Son un complemento utilizado en la mezcla de concreto para poder aumentar o mejorar propiedades del diseño. Existen diferentes tipos de aditivos dependiendo el uso al que se le quiera dar. Estas vienen en presentaciones líquidas o en forma de soluciones. Según Mamlouk & Zaniewski (2009), “Si los aditivos no pueden añadirse en solución, se pesan o se miden su volumen, según recomiende el fabricante”.

En la Figura 23 se mencionará la clasificación de los aditivos según la característica que se desee.

TIPOS DE ADITIVOS

1. Agentes aireantes
 2. Reductores de agua
 3. Aditivos de control de hidratación
 4. Aceleradores
 5. Aditivos especializados
-

Figura 21: Tipos de Aditivos

Fuente: Ñaupás, 2019

1.2.2. Fibras de Acero

✓ Reseña Histórica

Según De la Cruz & Quispe (2014), la adición de material fibroso en los principales conglomerados usados en construcción se remonta muchos años atrás; desde los egipcios que introducían paja en la arcilla para la fabricación de ladrillos, dándole mayor resistencia. Como también los constructores griegos y romanos perfeccionaron sus materiales de construcción para obtener mejores resultados introduciendo pelos de caballo y otras fibras vegetales.

Portter (1910) y Ficklen (1914) fueron los primeros en dar una sugerencia sobre la adición de la fibra de acero en el concreto mejorando efectivamente su comportamiento mecánico; sin embargo, recién en 1963 cuando Romualdi y Batson postulan “el concreto de las fibras metálicas como elementos inhibidores del agrietamiento”.

Hoy existen muchas investigaciones sobre el concreto con fibra de acero, dando mayor entendimiento sobre sus ventajas, desventajas, dosificaciones según los requerimientos. La industria concretera ahora dispone de este tipo de fibras con el

objeto de reforzar losas de pisos industriales, pavimentos rígidos, concreto lanzado, entre otros.

✓ **Definición de la Fibra de Acero**

Se define como un conjunto de alambres de acero estirados en frío (tetrifilación), diseñados específicamente para el reforzamiento del concreto asegurando una resistencia superior a la tracción, flexión y compresión. Según sea su forma garantizara su anclaje al concreto reduciendo las fisuras en el mismo.

Según Antonio Gallovich et al. (2007) “Las fibras son filamentos discontinuos, producidos con una variada gama de formas, dimensiones y destinados específicamente para uso en concreto y argamasas. Tiene como finalidad principal inhibir el surgimiento de fisuras, así como su propagación en elementos estructurales.”

✓ **Clasificación de Fibra de Acero según sus características geométricas**

Depende mucho de su fabricación, hay fibras de diferentes longitudes, secciones, superficie pareja o trabajada, y también de formas rectilínea o doblada. En esta clasificación se diferencian las fibras una de la otra según estos tres conceptos: Anclaje, resistencia a la tracción y relación de esbeltez del alambre.

La norma ASTM 820 considera la siguiente simbología:

A = Área de la sección transversal

D = Diámetro

L = Longitud

λ = Relación de aspecto = Longitud/Diámetro Equivalente

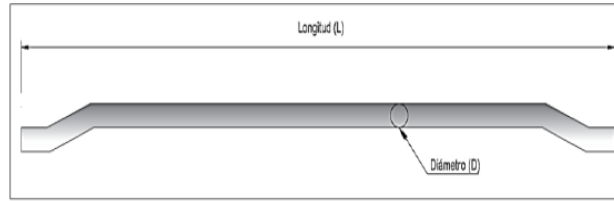


Figure 22: Geometría de la Fibra

Fuente: Ñaupás, 2019

La esbeltez está dada por la longitud de la fibra versus el diámetro en milímetros de su sección transversal. Entonces si tenemos una fibra con mayor longitud y menor diámetro como resultado tendremos una mayor esbeltez.

Clasificación según el método de fabricación de la fibra, norma ASTM A820:

Tipo I Alambre estirado en frío

Tipo II Láminas cortadas

Tipo III Fundido y Tipo IV Otras fibras

✓ **Fibra de acero en el concreto**

Se adiciona al concreto con el propósito de reforzar sus características mecánicas, esta se configura dentro de la matriz de manera dispersa y uniforme. Actuando directamente cuando se originan fisuras y transfiriendo las tensiones a lo largo de estas, consiguiendo una mayor energía de rotura y ductilidad en la estructura.

Como lo menciona Antonio Gallovich et al. (2007) “Las fibras con una adecuada resistencia mecánica a la tracción constituyen una micro armadura la cual se muestra extremadamente eficaz para contrastar el fenómeno de la fisuración por retracción”.

✓ **Fibras de acero recicladas**

Las fibras de acero recicladas son obtenidas de los desperdicios generados por la industria metal mecánica, específicamente por los tornos. El desperdicio generado es almacenado y colocado en lugares de acopio para posteriormente ser llevados a las recicladoras.



Figura 23: Virutas generadas por el torno

Fuente: Moya, 2017

Debido al gran volumen que ocupan las fibras, los propietarios deben deshacerse rápidamente de estos residuos, en algunos de los casos al no existir ningún tipo de control les resulta fácil colocar en los depósitos de basura domésticos, terminando finalmente en los botaderos de basura o rellenos sanitarios sin ningún tipo de control.

Cabe mencionar que los desechos metálicos son considerados como materiales peligrosos y necesitan un tratamiento específico.

1.2.3. Estructura, elementos y sistemas estructurales

✓ Estructura

Es el armazón que le da forma a un edificio (Esqueleto). Sostiene a un edificio, lo fija al suelo y hace que las cargas se transmitan a éste. Lo que hace resistente a una edificación ante movimientos sísmicos.

✓ Cimiento Corrido

Son los elementos que soportan los esfuerzos y deformaciones que tiene una determinada estructura, son parte de la estructura. Al diseñar debemos tener en cuenta las deformaciones permisibles y los esfuerzos admisibles. Es recomendable que la profundidad del cimiento sea un metro como mínimo.

✓ Zapata centrada

Elemento estructural de concreto armado cuya función es la de recibir las cargas provenientes de la columna (de menor área) y transmitir las al terreno portante por medio de la zapata (de área mayor) repartiendo así mejor las cargas a través de una mayor área.

✓ Zapata excéntrica

Cuando la columna está a un lado del centro de la zapata. Se usa generalmente para columnas aisladas en el perímetro del terreno.

✓ Zapata esquinada

Cuando la columna está en una de las esquinas de la zapata. Se usa generalmente para columnas aisladas y que se encuentren en las esquinas del terreno a construir.

✓ Zapatas Combinadas

Aquellas zapatas que tienen dos o más columnas en su estructura o cuando se traslapan 2 zapatas.

✓ Zapatas Conectadas

Son aquellas zapatas que están conectadas por una viga de cimentación. Se utilizan generalmente cuando el terreno es de baja capacidad portante o cuando se quiere aliviar las presiones de la zapata al terreno.

✓ Platea de Cimentación

Son cimentaciones que se utilizan por ejemplo en terrenos de poca capacidad portante debido a que transmiten las cargas de manera uniforme por toda el área de contacto con el terreno de fundación.

✓ Columnas

Elementos estructurales que soportan tanto cargas verticales (peso propio) como fuerzas horizontales (sismos y vientos) y trabajan a flexo- compresión.

✓ Columnas de Acero

Estructuras esbeltas, debe tenerse cuidado con el pandeo de piezas; el costo para este tipo de estructuras dependerá del peso de toda la edificación, el factor tiempo en la construcción es muy favorable por la rapidez del ensamblado.

✓ Columnas de Concreto

Elemento más robusto en su sección, pero más económico. Tiene en su interior refuerzos en base a varillas de acero.

✓ Vigas

Resisten cargas transversales en ángulo recto con respecto al eje longitudinal de la viga. Trabaja a flexión. Recibe las cargas de las losas transmitiéndolas a las columnas y/o muros. Sus apoyos se encuentran en los extremos.

1.2.4. Definición de términos básicos

✓ **Acero:** “Aleación de hierro y carbono, en diferentes proporciones, que, según su tratamiento, adquiere especial elasticidad, dureza o resistencia.” (RAE, 2011, p.95)

✓ **Aditivo:** “Un material que, no siendo agua, agregado, cemento hidráulico, o fibra de refuerzo, es empleado como un ingrediente del mortero o concreto.” (ASTM C-494)

- ✓ **Aditivo plastificante:** “También llamados plastificadores, son aditivos que suavizan los materiales de las mezclas de concreto.” (ASTM C-494)
- ✓ **Agregado:** Material usado en la construcción como grueso y fino, que forma una mezcla de concreto con el cemento y el agua.
- ✓ **Concreto:** Conjunto de materiales, compuesto principalmente por cemento, agregados, agua y aditivos según la especificación requerida.
- ✓ **Compactación:** Reducción de los vacíos de la masa de concreto cuando se hacen los varillados.
- ✓ **Fibras:** “Filamentos delgados discontinuos, provenientes de un proceso industrial, como acero, vidrio, carbón y polímero o de carácter natural como asbesto, celulosa y otro.” (NTP 339.047-2006)
- ✓ **Fibra de acero:** Filamento metálico con un diámetro y longitud determinada, hecho de acero estirado en frío para asegurar una alta resistencia a la tracción.
- ✓ **Fibras encoladas:** “Fibras empaquetadas y adheridas unas a las otras a partir de medios químicos o mecánicos. Durante el proceso de mezclado, las fibras son soltadas y se convierten en fibras individuales.” (ASTM A 820)
- ✓ **Fisura:** Grieta que aparece cuando existe fuerzas externas e internas que superen su capacidad.
- ✓ **Flexión:** “Encorvamiento transitorio que experimenta un sólido elástico por la acción de una fuerza que lo deforma.” (RAE, 2011, p. 3879)
- ✓ **Fraguar:** “Dicho de la cal, del yeso o de otras masas: trabar y endurecerse consistentemente en la obra fabricada con ellos.” (RAE, 2011, p. 3938)

- ✓ **Granulometría:** “Dicho de la cal, del yeso o de otras masas: trabar y endurecerse consistentemente en la obra fabricada con ellos.” (NTP 400.011-2008)
- ✓ **Mezcla de Concreto:** Combinación de agregados y cemento según el huso que se determine del diseño del concreto.
- ✓ **Peso unitario:** “Se lo define como el peso (masa) por unidad de volumen de la masa material del agregado, en que el volumen incluye el volumen de las partículas individuales y el volumen de vacíos entre partículas, expresado en kg/m^3 .” (NTP 400.017 - 2011)
- ✓ **Resistencia:** “Acción y efecto de resistir o resistirse. Causa que se opone a la acción de una fuerza; fuerza que se opone al movimiento de una máquina y ha de ser vencida por la potencia.” (RAE, 2011, p. 7067)
- ✓ **Tamizar:** Es la malla por donde se pasan los agregados para poder determinar el huso que se necesita para el diseño del concreto.

1.2.5. Marco Normativo

Se mencionará en el marco normativo nacional las Normas Técnicas Peruana (NTP) y en las internacionales la American Concrete Institute (ACI).

✧ Nacionales

NTP 339.034 – “Método de ensayo para el esfuerzo a la compresión de muestras cilíndricas de concreto”.

NTP 339.078 – “Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo”.

NTP 339.079 – “Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas en el centro del tramo”.

NTP 400.043 – “Práctica normalizada para reducir las muestras de agregados a tamaño de ensayo”.

NTP 339.185 – “Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado”.

NTP 400.012 – “Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global”.

NTP 350.001 – “Tamices de ensayo”

NTP 400.017 – “Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado”.

NTP 400.021 – “Método de ensayo normalizado para el peso específico y absorción del agregado grueso”.

✧ **Internacionales**

ACI 211.1 – “Práctica Estándar para seleccionar el proporcionamiento de concreto de peso normal, pesado y masivo”.

ACI 544.3R – “Guía para especificar, proporcionar, mezclar, colocar y acabar el concreto reforzado con fibra de acero”.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema General

¿De qué manera elaborar un análisis técnico económico para elementos estructurales de concreto armado con añadido de fibra de acero reciclado en un diseño de mezcla optimizando $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$?

1.3.2. Problemas específicos

- ¿Cómo influye la fibra de acero reciclado en la resistencia a la compresión del concreto para elementos estructurales con añadido de fibra de acero reciclado en un diseño de mezcla optimizando $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$?
- ¿Cómo influye la fibra de acero reciclado en la resistencia a la flexión del concreto para viguetas de concreto armado con añadido de fibra de acero reciclado en un diseño de mezcla optimizando $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$?
- ¿Cuál vendría a ser el costo para la producción de la mezcla de concreto con fibra de acero reciclado que da el óptimo comportamiento mecánico a compresión y flexión en comparación al concreto patrón para elementos estructurales con añadido de fibra de acero reciclado en un diseño de mezcla optimizando $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$?

1.3.3. Justificación de la investigación

La presente investigación tiene como justificación el propósito de aportar información conceptual nutrida y consistente acerca del análisis técnico económico para elementos estructurales de concreto armado con añadido de fibra de acero reciclado en un diseño de mezcla optimizando $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, ya que en la actualidad los desechos generados por la actividad humana se han convertido en un problema por una serie de factores y posibles consecuencias, entre las cuales se tiene: problemas sanitarios, contaminación, impacto ambiental y desperdicio de recursos materiales que pueden

ser reutilizados o reciclados, como el acero en este caso; además de ello, cumplir con la resistencia a la compresión del concreto es algo muy importante al momento de construir por las deficientes resistencias y la poca vida útil que presentan las construcciones, es por ello que tendremos la oportunidad de incorporar fibra de acero reciclado para llegar a los requerimientos del concreto. Esta investigación se realiza porque existe la necesidad de incrementar la resistencia a la compresión en el concreto para la aplicación en obras donde se utilicen concreto, ya que el sector construcción desconoce de información técnica de la influencia de la fibra de acero en un diseño de mezcla de concreto. Esta investigación contribuirá a futuros tesis a tener una mayor comprensión y ampliar el conocimiento constructivo en tema de adición de fibra de acero reciclada (aditivo), así se sabrá la influencia que ofrecerá la fibra de acero para un mayor rendimiento en la propiedad mecánica de la resistencia a la compresión del concreto. Esta investigación servirá como fuente para estudios futuros que se vean incluidos en el rubro la construcción de manera que se trate de implementar nuevas adiciones al concreto y así poder sobre pasar los rangos establecidos de la resistencia a la compresión. Finalmente, terminada la investigación, se concluirá si la influencia de la fibra de acero reciclada aumentará o disminuirá la resistencia a la compresión del concreto. Con esto se espera que motive el origen a nuevas investigaciones con respecto a la variación de la cantidad/porcentaje de la fibra de acero, así como su influencia en más propiedades mecánicas, siendo beneficioso para las empresas constructoras y/o que quieran elaborar este concreto, ofreciéndoles una guía detallada de distintas dosificaciones para que las mezclas tengan la resistencia suficiente para ser utilizada de manera industrial.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Elaborar el análisis técnico económico para elementos estructurales de concreto armado con añadido de fibra de acero reciclado al 5% , 10% y 15% en un diseño de mezcla optimizando $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar la influencia de la fibra de acero reciclado en la resistencia a la compresión del concreto para elementos estructurales con añadido de fibra de acero reciclado en un diseño de mezcla optimizando $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.
- Determinar la influencia de la fibra de acero reciclado en la resistencia a la flexión del concreto para viguetas de concreto armado con añadido de fibra de acero reciclado en un diseño de mezcla optimizando $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.
- Determinar el costo para la producción de la mezcla de concreto con fibra de acero reciclado con el óptimo comportamiento mecánico a compresión y flexión, en comparación al concreto patrón, elementos estructurales con añadido de fibra de acero reciclado en un diseño de mezcla optimizando $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

La elaboración del análisis técnico económico para elementos estructurales de concreto armado con añadido de fibra de acero reciclado en un diseño de mezcla optimizando $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, permite identificar y/o demostrar si responde igual o mejor que el concreto convencional.

1.5.2. Hipótesis específicas

1.5.2.1. Hipótesis específica 1

- **Hipótesis Nula (H_0):** La influencia de la fibra de acero reciclado es ineficiente en resistencia a la compresión del concreto para elementos estructurales con añadido de fibra de acero reciclado en un diseño de mezcla optimizando $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.
- **Hipótesis Alterna (H_a):** La influencia de la fibra de acero reciclado es eficiente en la resistencia a la compresión del concreto para elementos estructurales con añadido de fibra de acero reciclado en un diseño de mezcla optimizando $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

1.5.2.2. Hipótesis específica 2

- **Hipótesis Nula (H_0):** La influencia de la fibra de acero reciclado es ineficiente en la resistencia a la flexión del concreto para viguetas de concreto armado con añadido de fibra de acero reciclado en un diseño de mezcla optimizando $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.
- **Hipótesis Alterna (H_a):** La influencia de la fibra de acero reciclado es eficiente en la resistencia a la flexión del concreto para viguetas de concreto armado con añadido de fibra de acero reciclado en un diseño de mezcla optimizando $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

1.5.2.3. Hipótesis específica 3

- **Hipótesis Nula (H_0):** El costo para la producción de la mezcla de concreto con fibra de acero reciclado con el óptimo comportamiento mecánico a compresión y flexión, no es más barato en comparación al concreto patrón,

para elaborar elementos estructurales con añadido de fibra de acero reciclado en un diseño de mezcla optimizando $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

- **Hipótesis Alternativa (Ha):** El costo para la producción de la mezcla de concreto con fibra de acero reciclado con el óptimo comportamiento mecánico a compresión y flexión, es más barato en comparación al concreto patrón, para elaborar elementos estructurales con añadido de fibra de acero reciclado en un diseño de mezcla optimizando $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

2.1.1. Tipo

El tipo de investigación es **aplicada**, porque servirá como una técnica nueva para el desarrollo y elaboración de un concreto con adición de fibra de acero reciclado optimizando $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, permitiendo obtener materiales alternativos para elementos estructurales con propiedades mecánicas similares o mejores a los elementos estructurales convencionales y asimismo reducir el impacto medioambiental.

2.1.2. Diseño de investigación.

El diseño de investigación es **cuasi-experimental** porque las muestras no son escogidas de manera aleatoria, asimismo, se establece una situación de control en donde se puede manipular de manera intencional la variable independiente de la fibra de acero reciclado en un diseño de mezcla optimizado concreto de $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$, para poder analizar la influencia sobre la variable dependiente que son los elementos estructurales en las probetas a ensayar.

Siendo la investigación transversal, con la manipulación de una variable y la comparación con el parámetro de control.

Variable Independiente: Concreto con adición de fibras de acero reciclado al 5%, 10% y 15 % en un diseño de mezcla optimizando $f'c = 210\text{kg/cm}^2$.

Variable Dependiente: Análisis técnico económico para elementos estructurales a ensayar.

VARIABLES		DIMENSIONES			INDICADORES
ANÁLISIS ECONÓMICO ELEMENTOS ESTRUCTURALES ARMADO A ENSAYAR	TÉCNICO	Propiedades del concreto fresco			Asentamiento
	PARA				Peso unitario
		Propiedades del concreto endurecido			Esfuerzo
					Módulo de ruptura
					Deformación unitaria
		Resistencia a la flexión			Volumen
CONCRETO CON ADICIÓN DE FIBRAS DE ACERO RECICLADO EN UN DISEÑO DE MEZCLA OPTIMIZANDO $F'c =$ $210\text{KG}/\text{CM}^2$		Fibras de acero reciclado			Porcentaje de adición
		Agregado grueso			Granulometría
		Agregado fino			$F'c \text{ (kg/cm}^2\text{)}$

Figure 24: Variables de la investigación

Fuente; Elaboración propia

2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

2.2.1. Población.

Por tratarse de una investigación cuasi-experimental, la población y la muestra son lo mismo, estando compuesta por un conjunto de 60 probetas cilíndricas (Ensayos de Compresión) y 66 probetas prismática (Flexión) de concreto diseñadas y ensayadas bajo las normas NTP 334 / NTP 339 una parte diseñada de manera convencional y la otra diseñada de modo cuasi experimental con la incorporación de la fibra de acero reciclados en 5 %, 10 % y 15% al diseño de mezcla optimizado $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

2.2.2. Muestra.

El tipo de muestreo es no probabilístico por conveniencia en el cual se tomó 60 probetas cilíndricas y 66 probetas prismática, de las cuales 24 probetas cilíndricas más 30 vigas prismática fueron diseñadas con concreto convencional y 36 probetas cilíndricas más 36 vigas prismática restante fueron diseñadas con concreto convencional adicionando las fibras de acero reciclados con refuerzos de acero de 4 mm, 3/8" y 1/2", lo antes mencionado se ensaya a los: 7 días, 14 días, y 28 días de la fecha del vaciado.

Tabla 3

Número de probetas ensayadas a compresión.

Descripción	Ensayos a la compresión		
	7 días	14 días	28 días
Diseño patrón	4.00	4.00	4.00
Diseño patrón optimizado	4.00	4.00	4.00
Diseño optimizado 5% de fibra de acero reciclado	4.00	4.00	4.00
Diseño optimizado 10% de fibra de acero reciclado	4.00	4.00	4.00
Diseño optimizado 15% de fibra de acero reciclado	4.00	4.00	4.00
Subtotal	20.00	20.00	20.00
Total		60.00	

Tabla 4
Número de vigas ensayadas a flexión.

Descripción	Ensayos a la flexión		
	7 días	14 días	28 días
Diseño patrón	2.00	2.00	2.00
Diseño patrón optimizado	2.00	2.00	2.00
Diseño patrón optimizado con refuerzo	6.00	6.00	6.00
Diseño optimizado 5% de fibra de acero reciclado	2.00	2.00	2.00
Diseño optimizado 10% de fibra de acero reciclado	2.00	2.00	2.00
Diseño optimizado 15% de fibra de acero reciclado	2.00	2.00	2.00
Diseño optimizado 5% de fibra de acero reciclado reforzado	6.00	6.00	6.00
Subtotal	22.00	22.00	22.00
Total		66.0	

2.2.3. Unidad de Estudio.

La probeta o espécimen de concreto:

- Para compresión de $\varnothing = 6$ “y $L = 12$ “. (ASTM C39)
- Para flexión sección cuadrada 150 x 150 milímetros y 500 milímetros de longitud. (ASTM C78).

2.2.4. Materiales:

- **Fibra de acero Reciclado:**

Las fibras de acero recicladas son obtenidas de los desperdicios generados por la industria metal mecánica, específicamente por los tornos, que es almacenado y colocado en lugares de acopio para posteriormente ser llevados a las recicladoras.

Debido al gran volumen que ocupan las fibras, los propietarios deben deshacerse rápidamente de estos residuos, en algunos de los casos al no existir ningún tipo de

control les resulta fácil colocar en los depósitos de basura domésticos, terminando finalmente en los botaderos de basura o rellenos sanitarios sin ningún tipo de control.

Las fibras están relacionadas directamente con la forma de las fibras, las fibras laminares presentan mejor facilidad para ser manipuladas ya que pueden tener la longitud deseada sin modificar las características de la fibra, por otro lado, las fibras en forma de zuncho o espiral también se pueden manipular, pero tienen la dificultad que al estirarse no recuperan su forma original y se rompen con facilidad.

La variedad de virutas metálicas depende en gran medida del tipo de acero y del tipo de desgaste que realice el torno, es necesario determinar las fibras más adecuadas para realizar la investigación. Como se pretende realizar una comparación con las fibras comerciales.

Para nuestros ensayos experimentales seleccionamos los puntos de manufactura de procesos por mecanizado en acero SAE 1045 que es un material de uso común y de mecanizado suave con la obtención de virutas onduladas uniformes en su totalidad.

Las fibras o viruta se habilitan en una longitud de 60 mm aprox.



Figura 25: Viruta de acero reciclado

Fuente; Elaboración propia

- **Agregados:**

Los agregados no son simples elementos de relleno, sino que tienen objetivos claros que cumplir y más cuando participan en el concreto entre 65% y 70% del volumen de materiales que lo constituyen. Para nuestro proyecto escogimos los agregados de una Ferretería que proviene de la Cantera de Jicamarca en Huachipa Provincia de Lima.



Figura 26: Agregado fino y grueso

Fuente; Elaboración propia

- **Cemento**

Cemento utilizado para los ensayos es **Cemento Sol tipo I** que es un producto de uso general y de acelerado desarrollo de resistencias iniciales permitiendo un menor tiempo en el desencofrado y excelente desarrollo de resistencias en shotcrete. y de buena trabajabilidad.



Figura 27: Bolsa de cemento Portland Tipo I

Fuente; Elaboración propia

- **Agua**

El tipo de agua que se utiliza para una mezcla es la potable, ya que es la más adecuada para realizar la mezcla del concreto y ocupa entre 14% y 18% del volumen de la mezcla.



Figura 28: Agua potable

Fuente; Elaboración propia

2.2.5. Equipos.

2.2.5.1 Prensa Hidráulica CBR a ensayo de compresión y flexión

La prensa hidráulica está diseñada para los ensayos a probetas cilíndricas y prismáticas de Hormigón de acuerdo a las normas establecidas. El equipo esta con la certificación LFP-328-2020 de Laboratorio de calibración.

Datos Técnicos:

- Marca: Rumistone
- Modelo: no indica.
- Dimensiones de la máquina: 350 x 520x 720 mm.
- Pistón: 100 x 50 x 80 mm.
- Peso: 35 Kg.
- Bomba hidráulica: 6 GPM.
- Motor Eléctrico: 220V. monofásico.

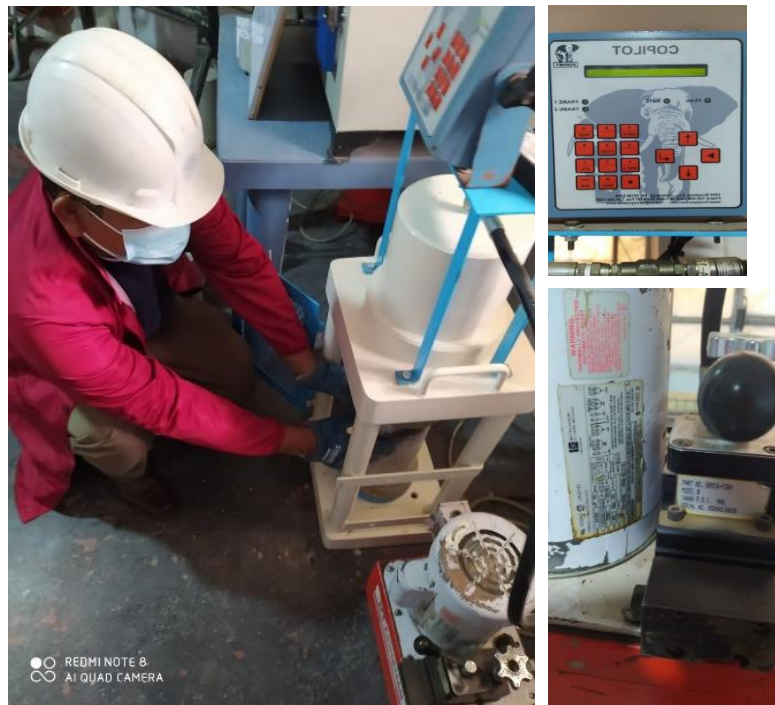


Figura 29: Prensa CBR

Fuente; Elaboración propia

2.2.5.2 Estufa Digital.

Equipo térmico se empleó para los ensayos de las propiedades físicas de los agregados con una temperatura límite de $110 \text{ }^\circ\text{C}$.

Datos Técnicos:

- Marca: PERUTEST
- Modelo: PT- H136.
- Serie: 120.
- Capacidad: 134 L.
- Indicador: AUTOCOMP.



Figura 30: Estufa eléctrica

Fuente; Elaboración propia

2.2.5.3 Mezcladora de concreto:

Equipo mezclador tipo Trompo Mezclador, ideal para mezclar concreto de manera efectiva y precisa, gracias a su base inferior para lograr estabilidad durante su uso. Cuenta además con gran resistencia y durabilidad.

Datos técnicos:

- Marca: Bauker.
- Modelo: XH-PCM130.
- Potencia: 0.8 HP.
- Dimensiones: 1300 x 1200x 750 mm.
- Volumen de Tambor: 130 L.
- Material: Fierro
- Velocidad: 2800 RPM / 35 RPM.
- Peso: 59 Kilos.
- Motor: 220 V. Monofásico.
- Color: Amarillo



Figure 31: Trompo mezclador
Fuente; Elaboración propia

2.2.6. Método

Análisis de diseño de mezcla:

El diseño es de acuerdo a las normativas ACI 211, en lo cual, este procedimiento es bastante flexible implementándose el uso de las tablas correspondientes y poder establecer las cantidades de cada material en una proporción de volumen establecido.

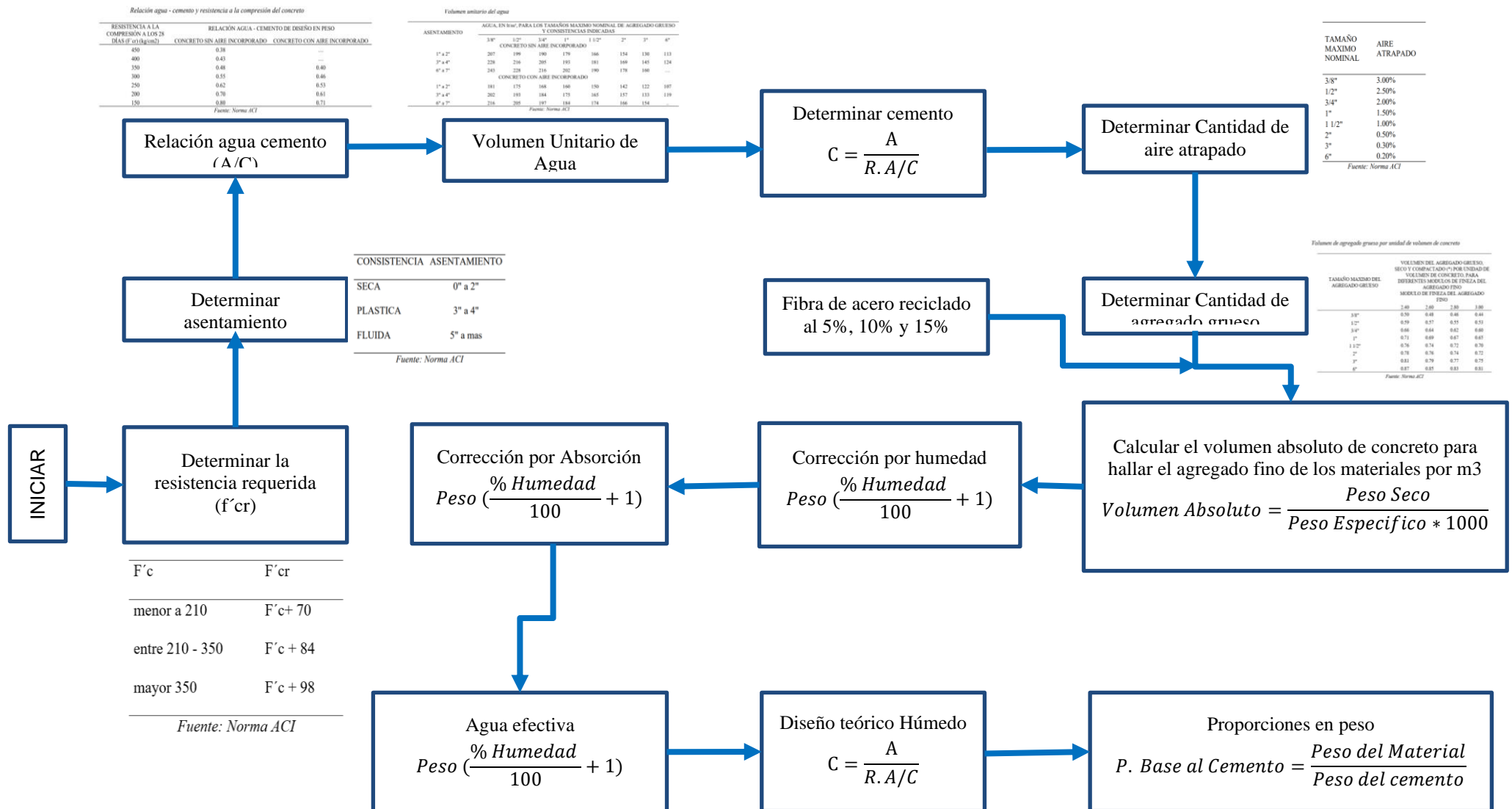


Figura 32: Ensayos en el laboratorio MATESTLAB

2.3 Técnicas e instrumentos

2.3.1. Técnicas:

- La observación directa.
- Análisis de materiales.
- Fórmulas
- Diseño de mezclas
- Ensayos

2.3.2. Instrumentos de recolección datos.

Ficha de observación directa. Este instrumento permite ser metódico en cuanto al cumplimiento del cronograma para recolección de datos: recolección de las muestras de los agregados, pruebas de los respectivos ensayos de los agregados para la obtención del módulo de finura, contenido de humedad, pesos específicos, tamaño máximo nominal, Método del ACI para el diseño de mezcla a la que incluiremos un porcentaje de fibra de acero reciclado, ruptura de probetas y vigas en sus diferentes edades de 7, 14 y 28 días.

2.3.3. Técnicas de análisis de datos

Se procedió a la comparación y análisis porcentual de los resultados que arrojaron los resultados de los ensayos realizados en el laboratorio a las muestras de concreto patrón y concreto al añadirle un porcentaje de fibra de acero reciclado.

Asimismo, se ha utilizado el programa estadístico IBM SPSS v25, el cual es un software de análisis estadístico predictivo que ofrece técnicas avanzadas fácil de usar. A fin de validar nuestra herramienta, se analizó en el IBM SPSS v25 la prueba de “T-Student” con un nivel de significancia del 5%, los cuales nos determinarán la fiabilidad del instrumento de investigación.

2.4 Procedimiento

2.4.1. Marco Teórico

2.4.1.1. Descripción secuencia de actividades

A continuación, se describe la secuencia lógica de actividades que se realizaron para desarrollar el diseño de mezcla según la norma ACI 211, para ello es importante saber las características físicas a requerir para este diseño:

P. Especif. De Masa Seco (kg/m^3)
P. Especif. De Masa SSS (kg/m^3)
P. Especif. De masa Aparente (kg/m^3)
P. Unitario Compactado (kg/m^3)
P. Unitario Suelto (kg/m^3)
Absorción (%)
Contenido de Humedad %)
Módulo de Fineza

Figura 33: Características físicas.

Fuente: Samuel Huaquisto Cáceres & Germán Belizario Quispe, 2018.

Los ensayos se realizaron en el laboratorio MATESTLAB SAC, el mismo que se encuentra ubicado en Lima, distrito de san Martín de Porres a una temperatura ambiente de 22 grados centígrados.

La técnica que se está implementando es de **observación directa** apoyándonos en la norma del diseño de mezcla ACI 211, adicionando las fibras de acero reciclado como resistencia para un concreto convencional de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ lo que denominaremos como probetas de control.

Teniendo en cuenta el diseño de mezcla según la norma ACI 211, se siguió el siguiente procedimiento:

- a) Se recolectó las fibras de acero reciclados mediante el proceso de reciclaje en factorías automotrices y talleres electros mecánicos comunes.
- b) Se procedió a la limpieza, selección y habilitado del material reciclado para su posterior almacenamiento.



Figure 34: Reciclado y limpieza de fibras de acero
Fuente, Elaboración propia



Figura 35: Selección y pesado de fibras de acero reciclado
Fuente, Elaboración propia

- c) Ensayo granulométrico del agregado grueso y fino.
- d) Se determinó el Tamaño máximo (TM) y tamaño máximo nominal (TMN) de los agregados.
- e) Ensayo de los pesos específicos, contenido de humedad y absorción de los agregados.



Figure 36: Obtención del contenido de humedad y absorción de los agregados.

Fuente, Elaboración propia

- f) Se determinó la resistencia requerida ($f'cr$) y posteriormente el diseño de mezcla para los ensayos.

2.4.1.2. Ensayo Granulométrico de los agregados

- **Materiales y equipo:**

En los materiales se utilizaron el agregado grueso, agregado fino; dentro de los equipos se utilizan una columna de tamices de: $1 \frac{1}{2}$ ", 1", $\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{8}$ ", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 y N°200, balanza, taras y un cucharón metálico.

- **Procedimiento:**

- ✓ **Agregado Fino**

Se tomó una muestra de la cantera seleccionada (Cantera Jicamarca), se procedió a cuartear, luego se pasó a pesar la muestra, para eso ya se tiene listo la columna de tamices ordenadas según la norma ASTM D-422, ASSHTO T88, llenamos el agregado tapamos la columna y se procede a agitar por un prólogo de 10min, una vez ya terminado se procede a pesar lo que ha sido retenido por cada malla y en el fondo de la cacerola.

Este ensayo nos permite como resultado el Módulo de finura del Agregado Fino

✓ **Agregado grueso**

Se tomó muestra de la cantera seleccionada (Cantera Jicamarca), se procedió a cuartear, y al peso de la muestra obtenida, se introdujo el agregado en las mallas correctamente ordenadas de acuerdo a la norma ASTM D-422, ASSHTO T88, se agito, una vez terminado el tamizado se procede a pesar lo que ha retenido cada malla.

2.4.1.3. Ensayo de Peso Unitario (NTP 400.017, 1999)

Es el peso de la unidad de volumen de material a granel en las condiciones de compactación y humedad en que se efectúa el ensayo, expresada en kg/m^3 . Se puede realizar el ensayo sobre agregado fino y agregado grueso. Se aplicará el siguiente procedimiento para obtener el Peso Unitario según la Norma Técnica Peruana (NTP 400.017).

$$P.U = \frac{G - T}{V} \quad (1)$$

$$P.U = \frac{G - T}{F} \quad (2)$$

Donde:

P.U: Peso Unitario del agregado en kg/m^3 (lb/p3)

G: Peso del recipiente de medida más agregado en kg (lb)

T: Peso del recipiente de medida en kg (lb)

V: Volumen de la medida en m^3 (p3)

F: Factor de medida en m^{-3} (p-3)

Para obtener el peso unitario por este método de ensayo solo para agregado en estado seco. Si se tiene saturado con superficie seca (SSS) para calcular el peso unitario se requiere el siguiente procedimiento.

$$P. U_{SSS} = P. U \left(1 + \frac{A}{100} \right) \quad (3)$$

Donde:

P. U_{SSS}: Peso Unitario en la condición Saturado Superficial Seco en kg/m^3 (lp/p3).

A: Porcentaje de absorción del agregado determinado de acuerdo con la norma NTP 400.021 o NTP 400.022.

Para obtener el contenido de vacíos del agregado utilizando el peso unitario calculado según el peso unitario del agregado (1) (2)

$$\% \text{ vacíos} = 100 \frac{(P. E * W) - P. U}{P. E * W} \quad (4)$$

Donde:

P.E: Peso Específico de masa (base seca) de acuerdo a la norma NTP 400.022

P.U: Peso Unitario del agregado en kg/m^3 (lb/p3)

W: Densidad del agua, 998 kg/m^3 (62.3 lb/p^3).

- **Materiales y equipos.**

Entre los materiales se utilizó agregado grueso y agregado fino, y como equipo una balanza con presión de 0.1%, una varilla compactadora, una varilla lisa

redonda de acero de 5/8" de diámetro y 24" de largo, teniendo un extremo o ambos redondeando a una punta semiesférica de 5/8" de diámetro, un recipiente volumétrico para el molde y un cucharón metálico de tamaño convencional para llenar el molde.

- **Procedimiento.**

Se desarrollará este método de ensayo el cual relaciona la masa/volumen del agregado, en condiciones suelto y compactadas como también se determinará el cálculo de porcentaje de vacíos entre las partículas del agregado según su densidad de masa.

- ✓ **Peso Unitario Suelto para el Agregado Fino y Grueso.**

Se determina el peso del molde, se coloca un molde en un lugar nivelado sobre la bandeja metálica, luego con el cucharón metálico se coloca el agregado en el molde hasta una altura que no exceda 2", se procedió a nivelar con una varilla, luego se pesa el molde con el agregado incluido, se debe de hacer 3 repeticiones.

- ✓ **Peso Unitario Compactado para el Agregado Fino y Grueso**

Se determina el peso del molde, se coloca un molde en un lugar nivelado sobre la bandeja metálica, luego con el cucharón metálico se coloca el agregado en el molde hasta una altura de un tercio del molde luego se da 25 golpes con la varilla, se le agrega hasta los dos tercios del molde luego se da 25 golpes con la varilla luego se pesa el molde con el agregado incluido, se le agrega hasta rebosar el molde luego se da 25 golpes con la varilla, luego se pesa el molde con el agregado incluido.

2.4.1.4. Ensayo de Contenido de Humedad.

La humedad o contenido de humedad de un suelo es la relación, expresada como porcentaje, del peso de agua en una masa dada de suelo, al peso de las partículas sólidas. Se determina el peso de agua eliminada, secando el suelo húmedo hasta un peso constante en un horno controlado a $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$. (NTP 339.185)

- **Materiales y equipos.**

Como material se utilizó el agregado grueso o fino con humedad natural; con los equipos se utilizó un horno con un intervalo de 95°C a 105°C , una balanza, taras, guantes que protejan del calor, un cucharón metálico y recipiente para muestras.

- **Procedimiento.**

El material utilizado ya sea agregado grueso o fino, en primer lugar, se pesa la tara, luego se toma un cálculo aproximado de material, se llena el agregado húmedo en las taras y se pesó, es llevado al horno durante 24 horas a una temperatura de 100°C , se saca del horno para dejarlo enfriar y se vuelve a pesar (tara + muestra seca).

Culminado el ensayo se procede a realizar los cálculos de contenido de humedad.

Para el agregado grueso se utilizaron piedras chancadas

Tabla 5
CH% del Agregado Grueso

N° de muestra	1	2	3
P. T			
P.T + A.G			
P.T + A. S			

Para el agregado fino se utilizaron arena gruesa

Tabla 6

CH% del Agregado Fino

N° de muestra	1	2	3
P. T			
P.T + A.F			
P.T + A. S			

Donde:

P.T: Peso de la tara

A.G: Agregado Grueso

A.F: Agregado Fino

A.S: Agregado seco.

2.4.1.5. Ensayo de Peso Específico y Absorción del Agregado Fino.

Este tipo de ensayo se realiza a los materiales para determinar, las propiedades física y mecánicas del agregado (VTP 400.021/ASTM C127).

- **Materiales y equipos.**

En este ensayo se utilizó un cono con su respectivo pisón estandarizado, una fiola o balón de 500 cm³ de capacidad, una balanza con aprox. 0.1 gr. Con capacidad de 2000 gr., un horno eléctrico con un intervalo de 95°C a 105°C, taras, guantes que protejan del calor, un cucharón metálico.

- **Procedimiento.**

Tomar una cantidad de la muestra y saturarlo con agua por 24 horas; vaciar el exceso de agua y extender el material en una superficie no absorbente de tal forma que el agregado pueda perder humedad progresivamente hasta llegar a la condición de Saturado con Superficie Seca mediante el proceso con el cono y pisón dejándolo caer a una altura de ½” por encima del material; logrando que se mantenga su forma en condición

húmeda. Luego se extrae una muestra de la condición S.S.S. y se introduce al balón con ayuda de un embudo, se le adiciona agua hasta la marca y se comienza dar giros al balón para eliminar el aire atrapado entre las partículas, luego se completa el agua según sea necesario, y se pesa posteriormente. Posteriormente se retire el contenido del balón en un recipiente previamente tarado y llevarlo al horno por 24 horas; después del tiempo pesarlo y anotar los resultados.

Datos

- Peso de la muestra SSS + Peso de balón + Peso agua.
- Peso del agua.
- Peso de la arena secada al horno + Peso de balón.
- Peso de balón.
- Peso de la arena secada.
- Volumen del balón.

2.4.1.6. Ensayo de Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso.

Este tipo de ensayo se realiza a los materiales para determinar, las propiedades física y mecánicas del agregado (VTP 400.021/ASTM C127). Los ensayos se realizan en Laboratorio a una temperatura de 23 °C

- **Materiales y equipos.**

En este ensayo se utilizó una balanza hidrostática con aprox. 1 gr. Con capacidad de 10 Kg., una cesta metálica de malla N. 300 y con un volumen de 3000 cm³, un horno eléctrico con un intervalo de 95°C a 105°C, taras, franelas, guantes que protejan del calor y un cucharón metálico.

- **Procedimiento.**

Tamizar por el tamiz No 4, lavar la muestra para eliminar los finos, luego saturar por 24 horas. Vaciar el exceso de agua y secar superficialmente el agregado grueso con la ayuda de una franela. Extraer una muestra pesada y colocarlo dentro de la canastilla para sumergirlo dentro del recipiente de agua y pesarlo. Extraer la muestra en un recipiente con tara conocido y llevarlo al horno por 24 horas para luego enfriarlo, pesarlo y anotar en los registros de pesos.

Datos

- Peso de la muestra seca al horno.
- Peso de la muestra SSS.
- Peso de la muestra saturada dentro del agua

2.4.2. Datos de los ensayos de laboratorio para la obtención de las propiedades físicas de los agregados

2.4.2.1. Análisis Granulométrico del Agregado Fino

Tabla 7
Agregado Fino ASTM C33 - ARENA GRUESA

Malla	Peso Ret. (gr)	Peso Ret. (%)	Peso Ret. Acum. (%)	% Pasa Acum.	ASTM "LIM SUP"	ASTM "LIM INF"
4"	101.60 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00
3 1/2"	88.90 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00
3"	76.20 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00
2 1/2"	63.50 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00
2"	50.80 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00
1 1/2"	38.10 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00
1"	25.40 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00
3/4"	19.05 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00
1/2"	12.70 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00
3/8"	9.53 mm	0.0	0.00	0.00	100.00	100.00
# 4	4.75 mm	12.2	1.88	1.88	98.12	95.00
# 8	2.36 mm	101.2	15.56	17.44	82.56	80.00
# 16	1.18 mm	160.5	24.68	42.12	57.88	50.00
# 30	0.59 mm	155.2	23.87	65.98	34.02	25.00
# 50	0.30 mm	108.2	16.64	82.62	17.38	5.00
# 100	0.15 mm	89.0	13.69	96.31	3.69	0.00
# 200	0.07 mm	0.0	0.00	96.31	3.69	0.00
Fondo	0.01 mm	24.0	3.69	100.00	0.00	0.00

Tabla 8
Valores para el módulo de finura agregado Fino.

6"	3"	1 1/2"	3/4"	3/8"	#4	#8	#16	#30	#50	#100
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.88	17.44	42.12	65.98	82.62	96.31

mf= 3.06

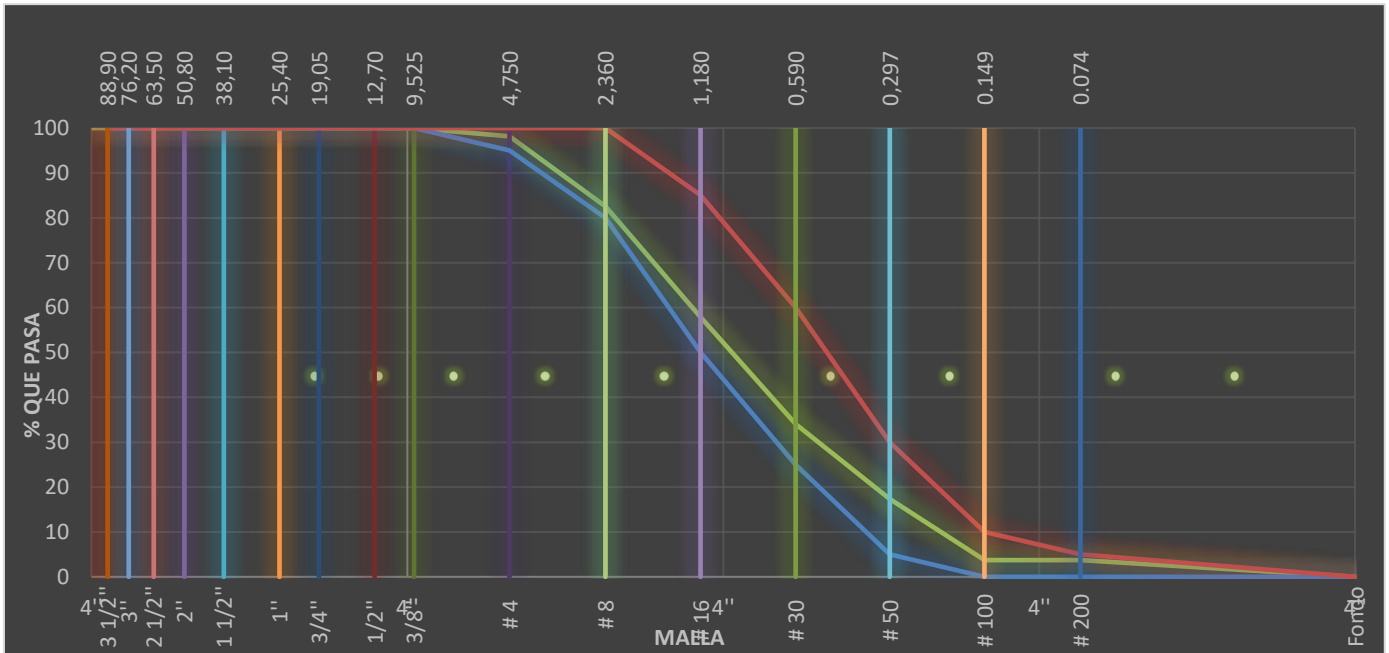


Figure 37: Análisis granulométrico del Agregado Fino ASTM C33 - Arena Gruesa

2.4.2.2. Análisis Granulométrico del Agregado Grueso.

Tabla 9
Agregado Grueso ASTM C33 - HUSO 67

Malla	Peso Ret. (gr)	Peso Ret. (%)	Peso Ret. Acum. (%)	% Pasa Acum.	ASTM "LIM SUP"	ASTM "LIM INF"
4"	101.60 mm	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3 1/2"	88.90 mm	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3"	76.20 mm	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
2 1/2"	63.50 mm	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
2"	50.80 mm	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
1 1/2"	38.10 mm	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
1"	25.40 mm	0.0	0.00	100.00	100.00	100.00
3/4"	19.05 mm	65.2	1.16	98.84	90.00	100.00
1/2"	12.70 mm	2234.5	39.62	40.77	50.00	79.00
3/8"	9.53 mm	1610.2	28.55	69.32	20.00	55.00
#4	4.75 mm	1690.2	29.97	99.29	0.00	10.00
#8	2.36 mm		0.00	99.29	0.00	5.00

# 16	1.18 mm		0.00	99.29	0.71	0.00	0.00
# 30	0.59 mm		0.00	99.29	0.71	0.00	0.00
# 50	0.30 mm		0.00	99.29	0.71	0.00	0.00
# 100	0.15 mm		0.00	99.29	0.71	0.00	0.00
# 200	0.07 mm		0.00	99.29	0.71	0.00	0.00
Fondo	0.01 mm	40.2	0.71	100.00	0.00	0.00	0.00

Tabla 10

Valores para el módulo de finura – agregado grueso.

1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	#4	#8	#16	#30	#50	#100
0.00	0.00	1.16	40.77	69.32	99.29	99.29	99.29	99.29	99.29	99.29

100.00

mf=

6.66

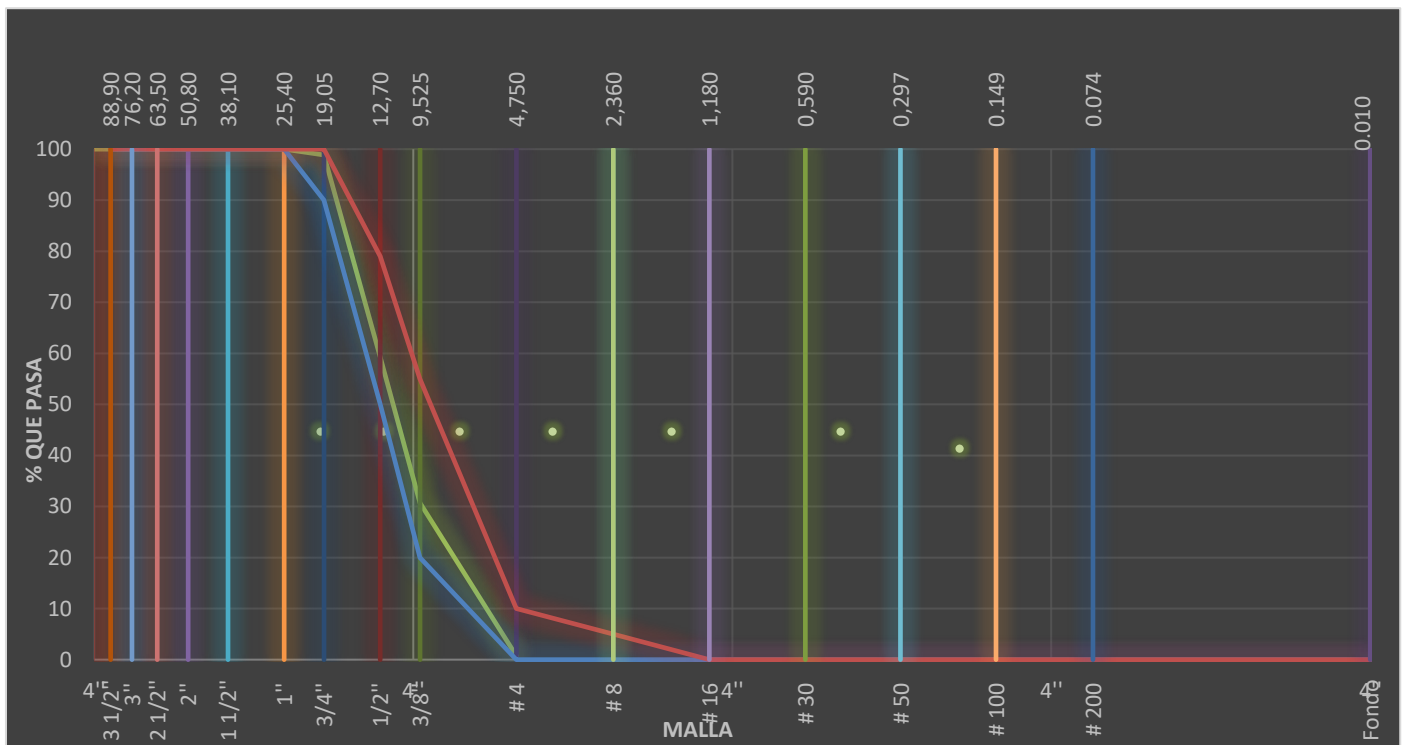


Figura 38: Análisis granulométrico del Agregado Grueso ASTM C33 HUSO # 67

2.4.2.3. Peso Unitario suelto y compactado de agregado fino y grueso.

Tabla 11

Peso unitario de los agregados en laboratorio.

Datos	AF	AG
-------	----	----

A	Peso del molde (kg.)	6.28	3.51
B	Volumen del molde (m3)	0.002127	0.007056
C	Peso del molde con muestra suelta (Kg)	9.60	14.27
D	Peso del molde con muestra compactada (Kg)	10.13	15.40
Peso Unitario Suelto (C-A)/ B (Kg/m3)		1560	1525
Peso Unitario Compactado (D-A) / B (Kg/m3)		1810	1685

2.4.2.4. Contenido de humedad de agregado fino y grueso.

Tabla 12

Contenido de humedad de los agregados en laboratorio.

	<i>Datos</i>	<i>AF</i>	<i>AG</i>
A	<i>Peso de la Tara (gr.)</i>	28	42
B	<i>Pt + Muestra humeda (gr.)</i>	890	1230
C	<i>Pt + Muestra seca (gr.)</i>	868.16	1211.29
D	<i>Peso de la muestra seca (C-A)</i>	840.16	1169.29
E	<i>Contenido de Agua (B-A-D) (gr)</i>	21.84	18.71
	<i>% CU (B-C) /D</i>	2.6	1.6

2.4.2.5. Peso específico y absorción de agregado fino

Tabla 13

Peso específico y absorción del agregado fino en laboratorio.

	<i>Datos</i>	<i>AF</i>
A	Peso de la muestra SSS + Peso balón + Peso agua (gr)	970.05
B	Peso de la arena SSS + Peso balón (gr)	649.40
C	Peso del agua (A - B) (gr)	320.65
D	Peso de la arena secada al Horno + Peso balón (gr)	642.60
E	Peso balón (gr)	149.40
F	Peso de la arena secada al horno (D - E) (gr)	493.20
G	Volumen del balón (V=500)	500.00

Peso Específico de masa $F / (G-C) * 1000 \text{ (kg/m}^3)$	2750
Peso Específico de masa SSS $500 / (G-C) * 1000 \text{ (kg/m}^3)$	2788
Peso Específico aparente $F / ((G-C) - (500-F)) * 1000 \text{ (Kg/m}^3)$	2858
Porcentaje de Absorción $(500-F) / F * 100 \text{ (%)}$	1.38

2.4.2.6. Peso específico y absorción de agregado grueso

Tabla 14

Peso específico y absorción del agregado grueso en laboratorio.

Datos	AG
A Peso de la muestra seca al horno (gr)	2758.00
B Peso de la muestra SSS (gr)	2775.00
C Peso de la muestra saturada dentro del agua (gr)	1713.00
Peso Específico de masa $A / (B-C) * 1000 \text{ (kg/m}^3)$	2597
Peso Específico de masa SSS $B / (B-C) * 1000 \text{ (kg/m}^3)$	2613
Peso Específico aparente $A / (A-C) * 1000 \text{ (Kg/m}^3)$	2639
Porcentaje de Absorción $(B-A) / A * 100 \text{ (%)}$	0.62

2.4.2.7. Resumen de las características Físicas de los agregados

Tabla 15

Características físicas del agregado fino en laboratorio

P. Especific. de Masa Seco (kg/m ³)	2750.000
P. Especific. de Masa SSS (kg/m ³)	2788.000
P. Especific. de Masa Aparente (kg/m ³)	2858.000
P. Unitario Compactado (kg/m ³)	1810
P. Unitario Suelto (kg/m ³)	1560

Absorción (%)	1.38
Contenido de Humedad (%)	2.60
Módulo de Fineza	3.06
% < Malla N.º 200 (0.75 mm)	2.54

Tabla 16

Características físicas del agregado grueso en laboratorio

P. Especif. de Masa Seco (kg/m^3)	2597.000
P. Especif. de Masa SSS (kg/m^3)	2613.000
P. Especif. de Masa Aparente (kg/m^3)	2639.000
P. Unitario Compactado (kg/m^3)	1685
P. Unitario Suelto (kg/m^3)	1525
Absorción (%)	0.62
Tamaño Máximo	1 "
Tamaño Máximo Nominal	3/4"
Módulo de Fineza	6.66

% < Malla N° 200 (0.75 mm)	0.17
----------------------------	------

Contenido de Humedad (%)	1.60
--------------------------	------

2.4.3. Datos de los ensayos de laboratorio de Diseño de mezcla

2.4.3.1. Diseño de mezcla para el CONCRETO PATRON.

Según los datos obtenidos y el diseño de mezcla según la norma ACI 211, se obtendrá el siguiente procedimiento:

1. $F'_{cr} = 294 \text{ kg/cm}^2$.
2. Relación agua/cemento: 0.56
3. Determinación del agua: 205 litros.
4. Aire atrapado: 2 %
5. Cantidad de cemento: 366 kg
6. Factor cemento: $366/42.5: 8.6 \text{ bls/m}^3$.
7. Datos de laboratorio

Tabla 17

Datos de Laboratorio: Diseño Patrón

INSUMO	PESO ESPECÍFICO						
Cemento SOL Tipo 1	3150 kg/m ³						
Agua	1000 kg/m ³						
Aire	---						
		HUMEDAD	ABS	MF	PUS	PUC	TMN
Agregado grueso	2597 kg/m ³	1.60%	0.62%	6.66	1525	1685	3/4
Agregado fino	2750 kg/m ³	2.60%	1.38%	3.06	1560	1810	

8. Cálculo de volumen de agregados.

Tabla 18

Cálculo de volumen de agregados en laboratorio: Diseño Patrón.

INSUMO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO					
Cemento SOL Tipo 1	3150 kg/m ³	0.1162 m ³					
Agua	1000 kg/m ³	0.2050 m ³					
Aire	---	0.0200 m ³					
			HUMEDAD	ABSORCIÓN	MÓD. FINEZA	P.U. SUELTO	TM
Agregado grueso	2597 kg/m ³	---	1.60%	0.62%	6.66	1525	3/4
Agregado fino	2750 kg/m ³	---	2.60%	1.38%	3.06	1560	

9. Volumen de pasta: 0.3412 m³.

10. Volumen de agregados: 0.6588 m³

11. Proporción de agregados secos.

✧ Agregado grueso $\approx 0.3828 \text{ m}^3 \approx 994 \text{ kg}$.

✧ Agregado fino $\approx 0.2760 \text{ m}^3 \approx 759 \text{ kg}$.

12. Peso húmedo de los agregados – Corrección por humedad.

✧ Agregado grueso: 1010 kg.

✧ Agregado fino: 779 kg.

13. Agua efectiva corregida por absorción y humedad.

✧ Agua: 186 Litros.

14. Volumen de tanda de prueba: 0.03 m³

✧ Cemento SOL Tipo 1 10.98 kg

✧ Agua 5.58 L

✧	Agregado grueso	30.30 kg.
✧	Agregado Fino	23.36 Kg.
✧	Slump obtenido	3".

15. Proporción en volumen de obra.

Cem. A.F. A.G. Agua

1 : 2.1: 2.76: 21.6 L / bolsa

2.4.3.2. Diseño de mezcla para el CONCRETO PATRON OPTIMIZADO.

Según los datos obtenidos y el diseño de mezcla según la norma ACI 211, se obtendrá el siguiente procedimiento:

1. $F'_{cr} = 250 \text{ kg/cm}^2$.
2. Relación agua/cemento: 0.62
3. Determinación del agua: 205 litros.
4. Aire atrapado: 2 %
5. Cantidad de cemento: 331 kg
6. Factor cemento: $331/42.5: 7.8 \text{ bl/m}^3$.
7. Datos de laboratorio

Tabla 19

Datos de Laboratorio: Diseño Patrón Optimizado.

INSUMO	PESO ESPECÍFICO						
Cemento SOL Tipo 1	3150 kg/m ³						
Agua	1000 kg/m ³						
Aire	---						
		HUMEDAD	ABS	MF	PUS	PUC	TMN
Agregado grueso	2597 kg/m ³	1.60%	0.62%	6.66	1525	1685	3/4
Agregado fino	2750 kg/m ³	2.60%	1.38%	3.06	1560	1810	

8. Cálculo de volumen de agregados.

Tabla 20

Cálculo de volumen de agregados en laboratorio: Diseño Patrón Optimizado.

INSUMO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO					
Cemento SOL Tipo 1	3150 kg/m ³	0.1050 m ³					
Agua	1000 kg/m ³	0.2050 m ³					
Aire	---	0.0200 m ³					
			HUMEDAD	ABSORCIÓN	MÓD. FINEZA	P.U. SUELTO	TM
Agregado grueso	2597 kg/m ³	---	1.60%	0.62%	6.66	1525	3/4
Agregado fino	2750 kg/m ³	---	2.60%	1.38%	3.06	1560	

9. Volumen de pasta: 0.3300 m³.

10. Volumen de agregados: 0.6700 m³

11. Proporción de agregados secos.

✧ Agregado grueso $\approx 0.3828 \text{ m}^3 \approx 994 \text{ kg}$.

✧ Agregado fino $\approx 0.2872 \text{ m}^3 \approx 790 \text{ kg}$.

12. Peso húmedo de los agregados – Corrección por humedad.

✧ Agregado grueso: 1010 kg.

✧ Agregado fino: 810 kg.

13. Agua efectiva corregida por absorción y humedad.

✧ Agua: 186 Litros.

14. Volumen de tanda de prueba: 0.03 m³

✧ Cemento SOL Tipo 1 9.92 kg

✧ Agua 5.57 L

✧ Agregado grueso 30.30 kg.

✧ Agregado Fino 24.31 Kg.

✧ Slump obtenido 4".

15. Proporción en volumen de obra.

Cem. A.F. A.G. Agua

1 : 2.5 : 3.05: 23.9 L / bolsa

2.4.3.3. Diseño de mezcla para el CONCRETO PATRON OPTIMIZADO CON AÑADIDO DE 5% DE FIBRA DE ACERO RECICLADO

Según los datos obtenidos y el diseño de mezcla según la norma ACI 211, se obtendrá el siguiente procedimiento:

1. $F'_{cr} = 250 \text{ kg/cm}^2$.
2. Relación agua/cemento: 0.62
3. Determinación del agua: 205 litros.
4. Aire atrapado: 2 %
5. Cantidad de cemento: 331 kg
6. Factor cemento: $331/42.5: 7.8 \text{ bl/m}^3$.
7. Cálculo de fibra de acero reciclado: $5\% \times 331 \text{ Kg.} = 16.53 \text{ Kg.}$
8. Datos de laboratorio.

Tabla 21

Datos de laboratorio: Diseño Patrón Optimizado con 5% Fibra de Acero Reciclado

INSUMO	PESO ESPECÍFICO						
Cemento SOL Tipo 1	3150 kg/m ³						
Agua	1000 kg/m ³						
Aire	---						
		HUMEDAD	ABS	MF	PUS	PUC	TMN
Agregado grueso	2597 kg/m ³	1.60%	0.62%	6.66	1525	1685	3/4
Agregado fino	2750 kg/m ³	2.60%	1.38%	3.06	1560	1810	

9. Cálculo de volumen de agregados.

Tabla 22

Cálculo de volumen de agregados en laboratorio: Diseño Patrón Optimizado con 5% Fibra de Acero Reciclado.

INSUMO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO					
Cemento SOL Tipo 1	3150 kg/m ³	0.1050 m ³					
Agua	1000 kg/m ³	0.2050 m ³					
Aire	---	0.0200 m ³					
			HUMEDAD	ABSORCIÓN	MÓD. FINEZA	P.U. SUELTO	TM
Agregado grueso	2597 kg/m ³	---	1.60%	0.62%	6.66	1525	3/4
Agregado fino	2750 kg/m ³	---	2.60%	1.38%	3.06	1560	

10. Volumen de pasta: 0.3300 m³.

11. Volumen de agregados: 0.6700 m³

12. Proporción de agregados secos.

✧ Agregado grueso $\approx 0.3828 \text{ m}^3 \approx 994 \text{ kg}$.

✧ Agregado fino $\approx 0.2872 \text{ m}^3 \approx 790 \text{ kg}$.

13. Peso húmedo de los agregados – Corrección por humedad.

✧ Agregado grueso: 1010 kg.

✧ Agregado fino: 810 kg.

14. Agua efectiva corregida por absorción y humedad.

✧ Agua: 186 Litros.

15. Volumen de tanda de prueba: 0.03 m³

✧ Cemento SOL Tipo 1 9.92 kg

✧ Agua 5.57 L

✧ Agregado grueso 30.30 kg.

✧ Agregado Fino 24.31 Kg.

✧ Slump obtenido 3".

✧ Fibra de acero reciclado 0.50 Kg.

16. Proporción en volumen de obra.

Cem. A.F. A.G. Agua

1: 2.5 : 3.05: 23.9 L / bolsa

2.4.3.4. Diseño de mezcla para el CONCRETO PATRON OPTIMIZADO CON AÑADIDO DE 10% DE FIBRA DE ACERO RECICLADO

Según los datos obtenidos y el diseño de mezcla según la norma ACI

211, se obtendrá el siguiente procedimiento:

1. $f'_{cr} = 250 \text{ kg/cm}^2$.
2. Relación agua/cemento: 0.62
3. Determinación del agua: 205 litros.
4. Aire atrapado: 2 %
5. Cantidad de cemento: 331 kg

6. Factor cemento: $331/42.5: 7.8 \text{ bls/m}^3$.

7. Cálculo de fibra de acero reciclado: $10\% \times 331 \text{ Kg.} = 33.06 \text{ Kg.}$

8. Datos de laboratorio.

Tabla 23

Datos de laboratorio: Diseño Patrón Optimizado con 10% Fibra de Acero Reciclado

INSUMO	PESO ESPECÍFICO						
Cemento SOL Tipo 1	3150 kg/m ³						
Agua	1000 kg/m ³						
Aire	---						
		HUMEDAD	ABS	MF	PUS	PUC	TMN
Agregado grueso	2597 kg/m ³	1.60%	0.62%	6.66	1525	1685	3/4
Agregado fino	22750 kg/m ³	2.60%	1.38%	3.06	1560	1810	

9. Cálculo de volumen de agregados.

Tabla 24

Cálculo de volumen de agregados en laboratorio: Diseño Patrón Optimizado con 10% Fibra de Acero Reciclado

INSUMO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO					
Cemento SOL Tipo 1	3150 kg/m ³	0.1050 m ³					
Agua	1000 kg/m ³	0.2050 m ³					
Aire	---	0.0200 m ³					
			HUMEDAD	ABSORCIÓN	MÓD. FINEZA	P.U. SUELTO	TM
Agregado grueso	2597 kg/m ³	---	1.60%	0.62%	6.66	1525	3/4
Agregado fino	2750 kg/m ³	---	2.60%	1.38%	3.06	1560	

10. Volumen de pasta: 0.3300 m³.

11. Volumen de agregados: 0.6700 m³

12. Proporción de agregados secos.

✧ Agregado grueso $\approx 0.3828 \text{ m}^3 \approx 994 \text{ kg.}$

✧ Agregado fino $\approx 0.2872 \text{ m}^3 \approx 790 \text{ kg.}$

13. Peso húmedo de los agregados – Corrección por humedad.

✧ Agregado grueso: 1010 kg.

✧ Agregado fino: 810 kg.

14. Agua efectiva corregida por absorción y humedad.

✧ Agua: 186 Litros.

15. Volumen de tanda de prueba: 0.03 m³

✧ Cemento SOL Tipo 1 9.92 kg

✧ Agua 5.57 L

✧ Agregado grueso 30.30 kg.

✧ Agregado Fino 24.31 Kg.

✧ Slump obtenido 3".

✧ Fibra de acero reciclado 0.99 Kg.

16. Proporción en volumen de obra.

Cem. A.F. A.G. Agua

1 : 2.5 : 3.05: 23.9 L / bolsa.

2.4.3.5. Diseño de mezcla para el CONCRETO PATRON OPTIMIZADO CON AÑADIDO DE 15% DE FIBRA DE ACERO RECICLADO

Según los datos obtenidos y el diseño de mezcla según la norma ACI

211, se obtendrá el siguiente procedimiento:

1. $f'cr = 250 \text{ kg/cm}^2$.

2. Relación agua/cemento: 0.62

3. Determinación del agua: 205 litros.
4. Aire atrapado: 2 %
5. Cantidad de cemento: 331 kg
6. Factor cemento: $331/42.5: 7.8 \text{ bl/m}^3$.
7. Cálculo de fibra de acero reciclado: $15\% \times 331 \text{ Kg.} = 49.60 \text{ Kg.}$
8. Datos de laboratorio.

Tabla 25

Datos de laboratorio: Diseño Patrón Optimizado con 15% Fibra de Acero Reciclado

INSUMO	PESO ESPECÍFICO						
Cemento SOL Tipo 1	3150 kg/m ³						
Agua	1000 kg/m ³						
Aire	---						
		HUMEDAD	ABS	MF	PUS	PUC	TMN
Agregado grueso	2597 kg/m ³	1.60%	0.62%	6.66	1525	1685	3/4
Agregado fino	2750 kg/m ³	2.60%	1.38%	3.06	1560	1810	

9. Cálculo de volumen de agregados.

Tabla 26

Cálculo de volumen de agregados en laboratorio: Diseño Patrón Optimizado con 15% Fibra de Acero Reciclado

INSUMO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO					
Cemento SOL Tipo 1	3150 kg/m ³	0.1050 m ³					
Agua	1000 kg/m ³	0.2050 m ³					
Aire	---	0.0200 m ³					
			HUMEDAD	ABSORCIÓN	MÓD. FINEZA	P.U. SUELTO	TM
Agregado grueso	2597 kg/m ³	---	1.60%	0.62%	6.66	1525	3/4
Agregado fino	2750 kg/m ³	---	2.60%	1.38%	3.06	1560	

10. Volumen de pasta: 0.3300 m³.

11. Volumen de agregados: 0.6700 m³

12. Proporción de agregados secos.

✧ Agregado grueso $\approx 0.3828 \text{ m}^3 \approx 994 \text{ kg}$.

✧ Agregado fino $\approx 0.2872 \text{ m}^3 \approx 790 \text{ kg}$.

13. Peso húmedo de los agregados – Corrección por humedad.

✧ Agregado grueso: 1010 kg.

✧ Agregado fino: 810 kg.

14. Agua efectiva corregida por absorción y humedad.

✧ Agua: 186 Litros.

15. Volumen de tanda de prueba: 0.03 m³

✧ Cemento SOL Tipo 1 9.92 kg

✧ Agua 5.57 L

✧ Agregado grueso 30.30 kg.

✧ Agregado Fino 24.31 Kg.

✧ Slump obtenido 2".

✧ Fibra de acero reciclado 1.49 Kg.

16. Proporción en volumen de obra.

Cem. A.F. A.G. Agua

1 : 2.5 : 3.05: 23.9 L / bolsa.

2.4.3.6. Resumen de los DISEÑO DE MEZCLA.

Tabla 27

Resumen de los diseños de mezcla húmedo en Laboratorio.

	DISEÑO PATRON	DISEÑO PATRON OPTIMIZADO	DISEÑO PATRON OPTIMIZADO CON 5% FAR	DISEÑO PATRON OPTIMIZADO CON 10% FAR	DISEÑO PATRON OPTIMIZADO CON 15% FAR
CEMENTO (Kg)	366.07	330.65	330.65	330.65	330.65
AGUA (Lt)	186.00	185.62	185.62	185.62	185.62
AGREGADO GRUESO (Kg)	1010.06	1010.06	1010.06	1010.06	1010.06
AGREGADO FINO (Kg)	778.68	810.41	810.41	810.41	810.41
FIBRA DE ACERO RECICLADO (Kg)			16.53	33.06	49.60

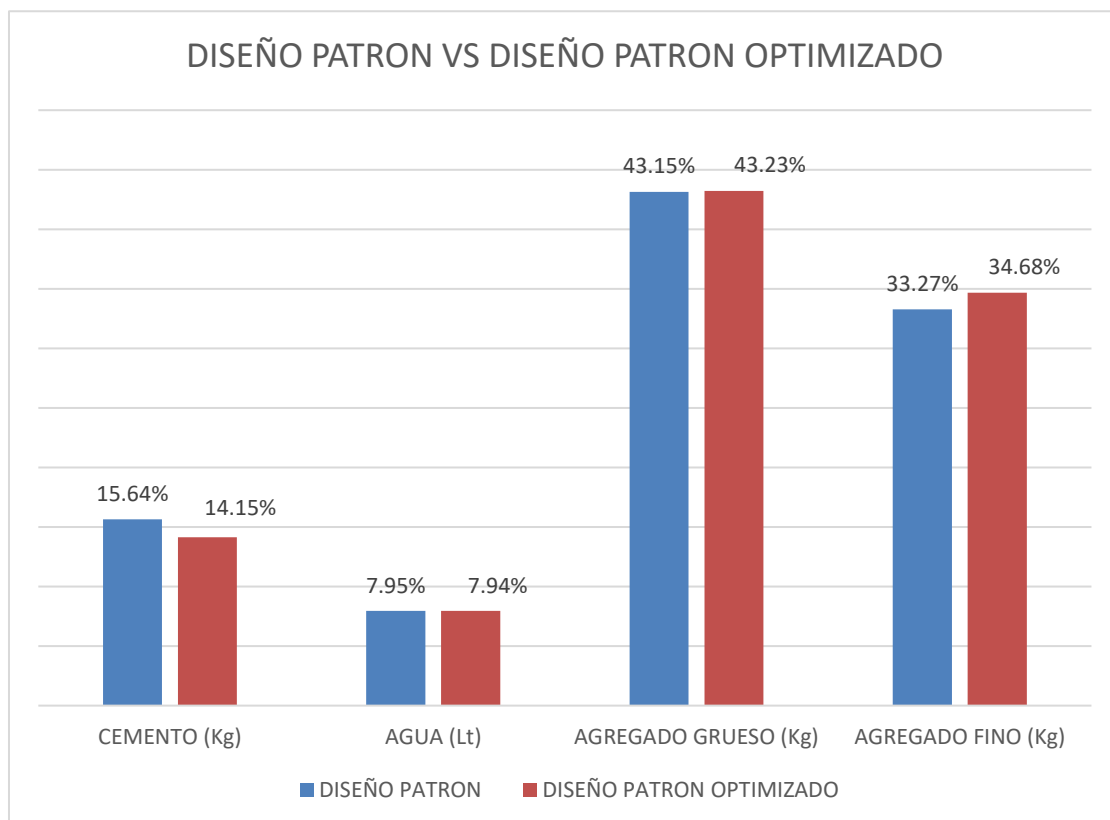


Figure 39: Cuadro comparativo Diseño Patrón vs Diseño Patrón Optimizado

Tabla 28

Cuadro comparativo de porcentaje de mezcla

	DISEÑO PATRON OPTIMIZADO CON 5% FAR	DISEÑO PATRON OPTIMIZADO CON 10% FAR	DISEÑO PATRON OPTIMIZADO CON 15% FAR	
CEMENTO (Kg)	14.15%	14.15%	14.15%	
AGUA (Lt)	7.94%	7.94%	7.94%	
AGREGADO GRUESO (Kg)	43.23%	43.23%	43.23%	
AGREGADO FINO (Kg)	34.68%	34.68%	34.68%	
FIBRA DE ACERO RECICLADO (Kg)	0.71%	1.41%	2.12%	% CEMENTO
	100.71%	101.41%	102.12%	

FAR: FIBRA DE ACERO RECICLADO

En los Diseños de mezcla experimentales, el **añadido** de fibras de acero reciclado al 5%, 10% y 15% están en relación a la cantidad de cemento. El porcentaje de añadido de Fibra de acero reciclado, como detalla la tabla 29 es por encima del 100% (Cantidad de material por metro cubico). Por lo tanto, se referencia la relación cuantitativa entre los materiales del diseño de mezcla húmedo inicial, a un m³ de concreto incluido la fibra de acero reciclado, como se aprecia en la tabla 30.

Tabla 29

Diseño de mezcla húmedo porcentual con incorporación de FAR.

	DISEÑO PATRON OPTIMIZADO CON 5% FAR	DISEÑO PATRON OPTIMIZADO CON 10% FAR	DISEÑO PATRON OPTIMIZADO CON 15% FAR
CEMENTO (Kg)	14.05%	13.95%	13.86%
AGUA (Lt)	7.89%	7.83%	7.78%
AGREGADO GRUESO (Kg)	42.92%	42.62%	42.33%
AGREGADO FINO (Kg)	34.44%	34.20%	33.96%
FIBRA DE ACERO RECICLADO (Kg)	0.70%	1.40%	2.08%

En el llenado de un lote de 12 probetas cilíndricas necesitaremos un volumen de 0.06672 m³ de mezcla, basándonos en la tabla 28, por ejemplo, para un **Diseño Patrón Optimizado con 5% FAR de:**

Tabla 30

Diseño de mezcla húmedo con tanda de llenado para 12 probetas.

CEMENTO	23.15 KG
AGUA	12.99 LT
AGREGADO GRUESO	70.70 KG
AGREGADO FINO	56.73 KG
FIBRA DE ACERO	1.16 KG

2.4.4. Ensayo de concreto fresco.

2.4.4.1. Ensayo de cono de Abrams

Para realizar este ensayo se inicia con el mezclado de los materiales de acuerdo a la dosificación realizada anteriormente en una mezcladora electromecánica; para determinar la ductilidad del concreto fresco, se realizó por el método de la prueba de revenimiento (asentamiento) con el cono de Abrams, elaborado en el laboratorio (NTP 339.035, 1999).

- **Material y equipos.**
 - Muestras de concreto fresco.
 - Como de Abrams.
 - Varilla pisón compactador de acero loso (5/8" x 0.60cm)
 - Una bandeja metálica.
 - Un cucharón metálico.
 - Una Wincha

- **Procedimiento.**

Se coloca una chapa de acero base lisa limpia y humedecida para que la mezcla no se quiere adherida, apoyar el molde sobre la placa de acero , presionar con los dos pies sobre los estribos del molde, llenar el molde en tres capas , compactar con la varilla pisón compactadora con 25 penetraciones en forma de espiral, en toda su profundidad (primera capa).En la segunda y tercera capa la compactación será con una penetración de 1” de la capa anterior posteriormente la última capa se adiciona un excedente de concreto para luego hacer el varillado y enrasado del concreto. Hacer presión con los dos brazos sobre las asas y dejamos de hacer presión con los pies retirando suavemente de los estribos del cono. Levantar el molde suavemente de un tiempo de 5 a 10 segundos, en forma vertical de un solo movimiento. Finalmente realizamos la medición del asentamiento, volteando el cono de Abrams y colocando sobre ella la varilla.



Figura 40: Ensayo de Asentamiento

Tabla 31

Ensayo de asentamiento en Laboratorio.

ASENTAMIENTO (SLUMP)

DISEÑO PATRON	DISEÑO PATRON OPTIMIZADO	DISEÑO PATRON OPTIMIZADO CON 5% FAR	DISEÑO PATRON OPTIMIZADO CON 10% FAR	DISEÑO PATRON OPTIMIZADO CON 15% FAR
3"	4"	3"	3"	2"

2.4.4.2. Elaboración de probetas cilíndricas.

La elaboración de las probetas cilíndricas para ensayos a compresión es para determinar que la mezcla de concreto suministrada cumpla con los objetivos de los requerimientos de la resistencia especificada $f'c$. Estos ensayos son utilizados para fines de control de calidad según la norma ASTM C39.

- **Material y equipos.**

- Muestras de concreto fresco.
- Molde tipo Cilindro de acero de diámetro 6" x 12" de altura.
- Varilla pisón compactador de acero liso (5/8" x 0.60cm)
- Un cucharón metálico.
- Mazo de caucho de 0.6 Kg.
- Tanque de agua para curado.
- Guantes de protección.

- **Procedimiento.**

El cilindro metálico debe estar limpio y compacto, se rellena la primera tercera parte del molde con la muestra y se apisona 25 veces y luego golpee 10 a 15 veces con el mazo al lado exterior del molde, rellene la 2/3 parte del cilindro y repita los pasos anteriores, una vez rellenado; enrase la superficie con la varilla para obtener una superficie lisa y nivelada. Después de 24 horas se desmolda las muestras y se lleva a un tanque de agua con una temperatura de $23 \text{ }^\circ\text{C}$. El transporte de las muestras al laboratorio debe hacerse dentro de las 04 horas.



Figure 41: Elaboración de probetas de concreto con fibra de acero reciclada

2.4.4.3. Elaboración de probetas prismáticas

La elaboración de las probetas prismáticas para ensayos a flexión es para determinar que la mezcla de concreto suministrada cumpla con los objetivos de los requerimientos del esfuerzo a la flexión. Estos ensayos son utilizados para fines de control de calidad según la norma ASTM C78

- **Material y equipos.**

- Muestras de concreto fresco.
- Molde tipo prismática de acero 150 x 150 x 500mm.
- Varilla pisón compactador de acero liso (5/8" x 0.60cm)
- Un cucharón metálico.
- Mazo de caucho de 0.6 Kg.
- Tanque de agua para curado.
- Guantes de protección.

- **Procedimiento.**

El Molde metálico debe estar limpio y compacto en una superficie plana y nivelada, aplicar una capa de Desmoldante. Colocar la muestra en tres capas, la primera capa se llena y se apisona 25 veces y luego golpee 10 a 15 veces con el mazo al lado exterior del molde, rellene la 2/3 parte del cilindro y repita los pasos anteriores, una vez relleno; enrase la superficie con la varilla para obtener una superficie lisa y nivelada. Después de 48 horas desencofrar las muestras y dejarlo por 30 minutos para luego sumergirlo en un tanque de agua a una temperatura de 23 °C. El transporte de las muestras al laboratorio debe hacerse dentro de las 04 horas.



Figure 42: Elaboración de viguetas prismáticas armadas con fibra de acero reciclada

2.4.4.4. Elaboración de probetas prismáticas con refuerzos de acero

La elaboración de las probetas prismáticas con refuerzos de acero, se realiza con el objetivo de comparar el esfuerzo de flexión y módulo de rotura en sus distintas áreas de acero longitudinal.

El objetivo es de comprobar la eficacia de una reducción del diámetro de la barra al adicionar un porcentaje definido de fibra de acero reciclado. Estos ensayos son utilizados como norma referencial ASTM C78.

- **Material y equipos.**
 - Barra corrugada $\frac{1}{2}$ ".
 - Barra corrugada de $\frac{3}{8}$ ".
 - Barra corrugada de 4 mm.
 - Estribos de $\frac{1}{4}$ " y 4 mm.
 - Alambre N° 16
 - Amoladora eléctrica para corte de las barrillas.

- Wincha.
- Meza para dobles de estribos.
- Guantes de protección.
- Lentes de seguridad.
- Tapones de Oído seguridad.
- **Procedimiento.**

Habilitar las barras corrugadas de acuerdo al molde, respetando el recubrimiento básico de acuerdo a norma; colocar los estribos a cada 15 cm.



Figure 43: Elaboración de viguetas prismáticas armadas con acero 3/8" y fibra de acero reciclada

2.4.5. Ensayo de concreto endurecido.

2.4.5.1. Ensayo de Resistencia a la compresión.

Este ensayo se realiza mediante una maquina hidráulica de gran capacidad para el rompimiento de las probetas; con la finalidad de comprobar la resistencia real de las muestras. Las muestras son de forma cilíndrica de 6" de diámetro (15 cm.) por una altura de 12" (30 cm.), se realizan en tres tiempos 7, 14, 28 días.

Para el resultado, se procede a dividir la fuerza aplicada entre el área de sección circular de las probetas de contacto. Además, se observa una forma de rotura de acuerdo las tablas normalizadas adjuntan.

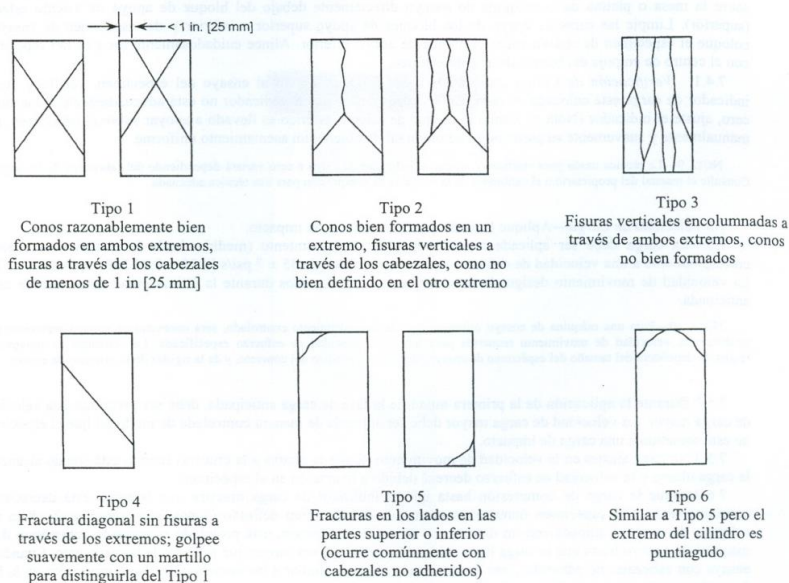


Figura 44: Tipos de fallas de las muestras cilíndricas.

$$f'c = \frac{P}{A} \left(\text{Kg/cm}^2 \right); \quad A = \frac{\pi \phi^2}{4}$$

Figure 45: Fórmula de Resistencia a la compresión.

Tabla 32
Ensayo de Compresión a 07 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN CONCRETO ENDURECIDO ASTM C39								
NUMERO PROBETA	IDENTIFICACIÓN	EDAD Días	DIÁMETRO cm	ALTURA cm	FUERZA MÁXIMA Kg	TIPO DE FALLA	ESFUERZO Kg/cm2	% F'c
1	DISEÑO PATRON $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	7	15	30	34251	3	193.82	92.3
2	DISEÑO PATRON $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	7	15	30	34382	3	194.56	92.6
3	DISEÑO PATRON $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	7	15	30	34852	3	197.22	93.9
4	DISEÑO PATRON $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	7	15	30	34821	4	197.05	93.8
1	DISEÑO PATRON OPTIMIZADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	7	15	30	32258	3	182.54	86.9
2	DISEÑO PATRON OPTIMIZADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	7	15	30	32250	3	182.50	86.9
3	DISEÑO PATRON OPTIMIZADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	7	15	30	32481	3	183.80	87.5
4	DISEÑO PATRON OPTIMIZADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	7	15	30	32671	2	184.88	88.0
1	DISEÑO OPTIMIZADO 5% DE FIBRA DE ACERO RECICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	7	15	30	33852	3	191.56	91.2
2	DISEÑO OPTIMIZADO 5% DE FIBRA DE ACERO RECICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	7	15	30	34851	4	197.22	93.9
3	DISEÑO OPTIMIZADO 5% DE FIBRA DE ACERO RECICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	7	15	30	34851	3	197.22	93.9
4	DISEÑO OPTIMIZADO 5% DE FIBRA DE ACERO RECICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	7	15	30	34917	4	197.59	94.1
1	DISEÑO OPTIMIZADO 10% DE FIBRA DE ACERO RECICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	7	15	30	29571	4	167.34	79.7
2	DISEÑO OPTIMIZADO 10% DE FIBRA DE ACERO RECICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	7	15	30	29715	4	168.15	80.1
3	DISEÑO OPTIMIZADO 10% DE FIBRA DE ACERO RECICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	7	15	30	29415	4	166.45	79.3
4	DISEÑO OPTIMIZADO 10% DE FIBRA DE ACERO RECICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	7	15	30	29841	4	168.87	80.4
1	DISEÑO OPTIMIZADO 15% DE FIBRA DE ACERO RECICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	7	15	30	28541	4	161.51	76.9
2	DISEÑO OPTIMIZADO 15% DE FIBRA DE ACERO RECICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	7	15	30	28914	4	163.62	77.9
3	DISEÑO OPTIMIZADO 15% DE FIBRA DE ACERO RECICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	7	15	30	28841	4	163.21	77.7
4	DISEÑO OPTIMIZADO 15% DE FIBRA DE ACERO RECICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	7	15	30	28716	4	162.50	77.4

Tabla 33
Ensayo de Compresión a 14 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN CONCRETO ENDURECIDO ASTM C39								
NUMERO PROBETA	IDENTIFICACIÓN	EDAD Días	DIÁMETRO cm	ALTURA cm	FUERZA MÁXIMA Kg	TIPO DE FALLA	ESFUERZO Kg/cm2	% F'c
5	DISEÑO PATRON $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	14	15	30	38152	3	215.90	102.8
6	DISEÑO PATRON $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	14	15	30	38251	3	216.46	103.1
7	DISEÑO PATRON $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	14	15	30	39701	3	224.66	107.0
8	DISEÑO PATRON $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	14	15	30	38107	4	215.64	102.7
5	DISEÑO PATRON OPTIMIZADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	14	15	30	34812	3	197.00	93.8
6	DISEÑO PATRON OPTIMIZADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	14	15	30	34914	3	197.57	94.1
7	DISEÑO PATRON OPTIMIZADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	14	15	30	34715	3	196.45	93.5
8	DISEÑO PATRON OPTIMIZADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	14	15	30	34764	2	196.72	93.7
5	DISEÑO OPTIMIZADO 5% DE FIBRA DE ACERO RECICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	14	15	30	37814	3	213.98	101.9
6	DISEÑO OPTIMIZADO 5% DE FIBRA DE ACERO RECICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	14	15	30	36917	4	208.91	99.5
7	DISEÑO OPTIMIZADO 5% DE FIBRA DE ACERO RECICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	14	15	30	37048	3	209.65	99.8
8	DISEÑO OPTIMIZADO 5% DE FIBRA DE ACERO RECICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	14	15	30	37841	4	214.14	102.0
5	DISEÑO OPTIMIZADO 10% DE FIBRA DE ACERO RECICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	14	15	30	34258	4	193.86	92.3
6	DISEÑO OPTIMIZADO 10% DE FIBRA DE ACERO RECICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	14	15	30	34821	4	197.05	93.8
7	DISEÑO OPTIMIZADO 10% DE FIBRA DE ACERO RECICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	14	15	30	34971	4	197.90	94.2
8	DISEÑO OPTIMIZADO 10% DE FIBRA DE ACERO RECICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	14	15	30	34294	4	194.06	92.4
5	DISEÑO OPTIMIZADO 15% DE FIBRA DE ACERO RECICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	14	15	30	31941	4	180.75	86.1
6	DISEÑO OPTIMIZADO 15% DE FIBRA DE ACERO RECICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	14	15	30	31492	4	178.21	84.9
7	DISEÑO OPTIMIZADO 15% DE FIBRA DE ACERO RECICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	14	15	30	31972	4	180.92	86.2
8	DISEÑO OPTIMIZADO 15% DE FIBRA DE ACERO RECICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	14	15	30	31594	4	178.79	85.1

Tabla 34

Ensayo de Compresión de a 28 días.

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN CONCRETO ENDURECIDO ASTM C39								
NUMERO PROBETA	IDENTIFICACIÓN	EDAD Dias	DIÁMETRO cm	ALTURA cm	FUERZA MÁXIMA Kg	TIPO DE FALLA	ESFUERZO Kg/cm2	% F'c
9	DISEÑO PATRON $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	28	15	30	44921	3	254.20	121.0
10	DISEÑO PATRON $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	28	15	30	43821	3	247.98	118.1
11	DISEÑO PATRON $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	28	15	30	44875	3	253.94	120.9
12	DISEÑO PATRON $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	28	15	30	44931	4	254.26	121.1
9	DISEÑO PATRON OPTIMIZADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	28	15	30	38514	3	217.94	103.8
10	DISEÑO PATRON OPTIMIZADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	28	15	30	38671	3	218.83	104.2
11	DISEÑO PATRON OPTIMIZADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	28	15	30	37981	3	214.93	102.3
12	DISEÑO PATRON OPTIMIZADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	28	15	30	38675	2	218.86	104.2
9	DISEÑO OPTIMIZADO 5% DE FIBRA DE ACERO RECICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	28	15	30	40912	3	231.51	110.2
10	DISEÑO OPTIMIZADO 5% DE FIBRA DE ACERO RECICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	28	15	30	40571	4	229.58	109.3
11	DISEÑO OPTIMIZADO 5% DE FIBRA DE ACERO RECICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	28	15	30	41824	3	236.68	112.7
12	DISEÑO OPTIMIZADO 5% DE FIBRA DE ACERO RECICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	28	15	30	40821	4	231.00	110.0
9	DISEÑO OPTIMIZADO 10% DE FIBRA DE ACERO RECICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	28	15	30	36421	4	206.10	98.1
10	DISEÑO OPTIMIZADO 10% DE FIBRA DE ACERO RECICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	28	15	30	36714	4	207.76	98.9
11	DISEÑO OPTIMIZADO 10% DE FIBRA DE ACERO RECICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	28	15	30	35987	4	203.64	97.0
12	DISEÑO OPTIMIZADO 10% DE FIBRA DE ACERO RECICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	28	15	30	35842	4	202.82	96.6
9	DISEÑO OPTIMIZADO 15% DE FIBRA DE ACERO RECICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	28	15	30	33794	4	191.23	91.1
10	DISEÑO OPTIMIZADO 15% DE FIBRA DE ACERO RECICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	28	15	30	33724	4	190.84	90.9
11	DISEÑO OPTIMIZADO 15% DE FIBRA DE ACERO RECICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	28	15	30	33954	4	192.14	91.5
12	DISEÑO OPTIMIZADO 15% DE FIBRA DE ACERO RECICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	28	15	30	33824	4	191.40	91.1

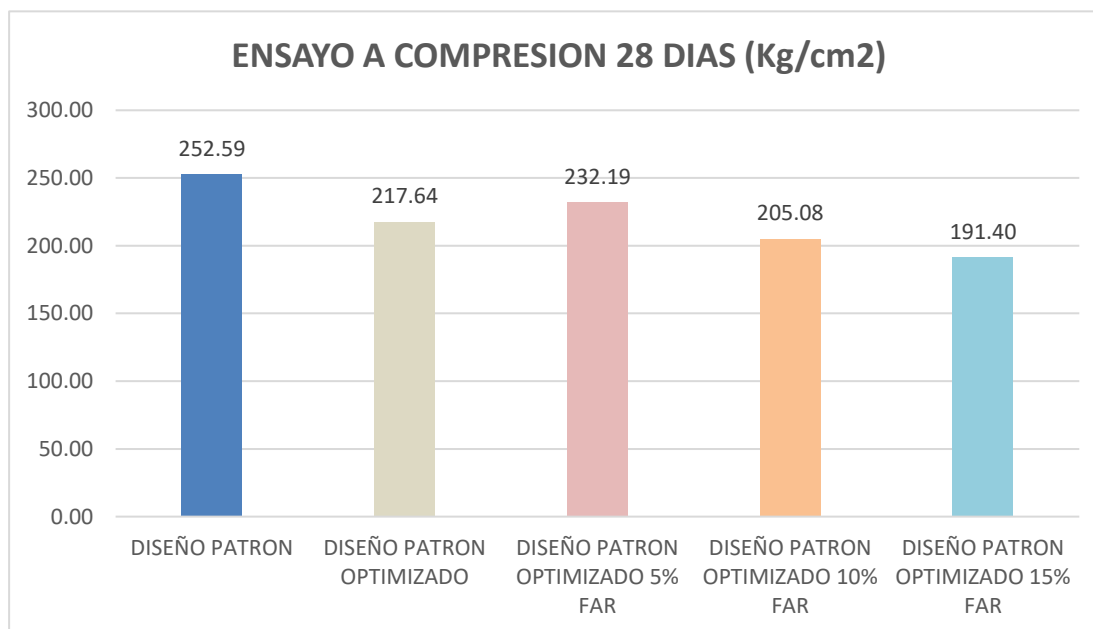


Figura 46: Valores de Ensayo a compresión según diseño

2.4.5.2. Ensayo de Resistencia a la Flexión.

Las muestras son de forma prismática de 15cm x 15 cm x 50 cm. Para el desarrollo se procede a marcar una pulgada de los extremos hacia dentro de la vigueta en su longitud; luego la longitud restante se divide entre tres partes con la finalidad de centrar los apoyos. En nuestros ensayos la fractura se inicia en la zona de tensión dentro del tercio medio de la luz libre por lo que el Módulo de Rotura se calcula:

$$Mr = \frac{P \cdot L}{b \cdot h^2}$$

Figure 47: Formula de Resistencia a la Flexión.

Donde:

- Mr. = Modulo de rotura (Kg/cm²)
- P = Máxima carga aplicada por la prensa (Kg.)
- L = Luz libre entre apoyos (cm)
- b = Ancho promedio de la viga en sección de falla (cm)
- h = Altura promedio de la viga sección de falla (cm)

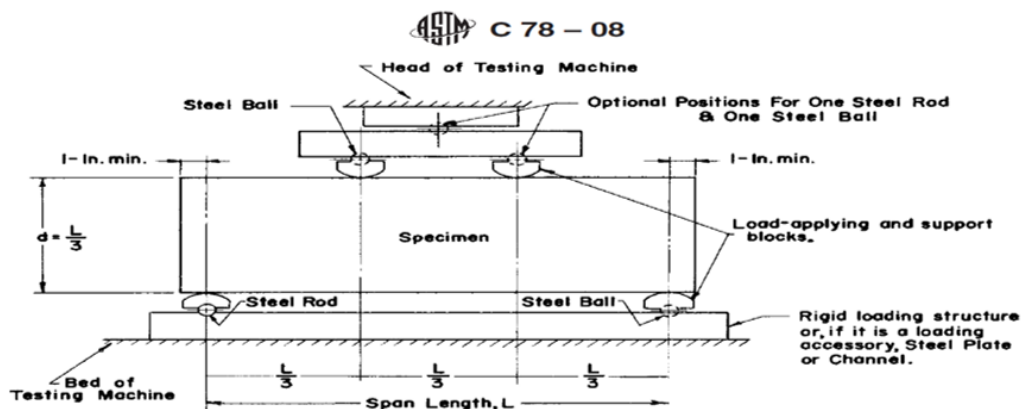


Figure 48: Características del ensayo a Flexión ASTM C 78

Tabla 35
Ensayo de Flexión a 7 días sin refuerzo de acero.

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXION EN CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78						
IDENTIFICACIÓN	EDAD	ALTURA	ANCHO	FUERZA MÁXIMA	UBICACIÓN DE FALLA	MODULO DE ROTURA
	días	cm	cm	Kg		Kg/cm ²
Concreto Patrón	7	15.1	15.1	2984	TERCIO CENTRAL	39.0
Concreto Patrón	7	15.1	15.1	3060	TERCIO CENTRAL	40.0
Concreto Diseño Patrón Optimizado	7	15.1	15.1	2831	TERCIO CENTRAL	37.0
Concreto Diseño Patrón Optimizado	7	15.1	15.1	2831	TERCIO CENTRAL	37.0
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado	7	15.1	15.1	3213	TERCIO CENTRAL	42.0
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado	7	15.1	15.1	3137	TERCIO CENTRAL	41.0
Concreto Optimizado con 10% de Fibra de Acero Reciclado	7	15.1	15.1	2525	TERCIO CENTRAL	33.0
Concreto Optimizado con 10% de Fibra de Acero Reciclado	7	15.1	15.1	2601	TERCIO CENTRAL	34.0
Concreto Optimizado con 15% de Fibra de Acero Reciclado	7	15.1	15.1	2295	TERCIO CENTRAL	30.0
Concreto Optimizado con 15% de Fibra de Acero Reciclado	7	15.1	15.1	2372	TERCIO CENTRAL	31.0

Tabla 36
Ensayo de Flexión a 7 días con refuerzo de acero.

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXION EN CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78						
IDENTIFICACIÓN	EDAD	ALTURA	ANCHO	FUERZA MÁXIMA	UBICACIÓN DE FALLA	MODULO DE ROTURA
	días	cm	cm	Kg		Kg/cm ²
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 1/2"	7	15.1	15.1	5050	TERCIO CENTRAL	66.0
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 1/2"	7	15.1	15.1	5126	TERCIO CENTRAL	67.0
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 3/8"	7	15.1	15.1	4973	TERCIO CENTRAL	65.0
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 3/8"	7	15.1	15.1	4973	TERCIO CENTRAL	65.0
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 4 mm	7	15.1	15.1	2984	TERCIO CENTRAL	39.0
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 4mm	7	15.1	15.1	2907	TERCIO CENTRAL	38.0
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 1/2"	7	15.1	15.1	4897	TERCIO CENTRAL	64.0
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 1/2"	7	15.1	15.1	4897	TERCIO CENTRAL	64.0
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 3/8"	7	15.1	15.1	4438	TERCIO CENTRAL	58.0
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 3/8"	7	15.1	15.1	4514	TERCIO CENTRAL	59.0
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 4 mm	7	15.1	15.1	2984	TERCIO CENTRAL	39.0
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 4mm	7	15.1	15.1	3060	TERCIO CENTRAL	40.0

Tabla 37
Ensayo de Flexión a 14 días sin refuerzo de acero

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXION EN CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78						
IDENTIFICACIÓN	EDAD	ALTURA	ANCHO	FUERZA MÁXIMA	UBICACIÓN DE FALLA	MODULO DE ROTURA
	días	cm	cm	Kg		Kg/cm ²
Concreto Patrón	14	15.1	15.1	3213	TERCIO CENTRAL	42.0
Concreto Patrón	14	15.1	15.1	3290	TERCIO CENTRAL	43.0
Concreto Diseño Patrón Optimizado	14	15.1	15.1	2907	TERCIO CENTRAL	38.0
Concreto Diseño Patrón Optimizado	14	15.1	15.1	2907	TERCIO CENTRAL	38.0
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado	14	15.1	15.1	3366	TERCIO CENTRAL	44.0
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado	14	15.1	15.1	3366	TERCIO CENTRAL	44.0
Concreto Optimizado con 10% de Fibra de Acero Reciclado	14	15.1	15.1	2678	TERCIO CENTRAL	35.0
Concreto Optimizado con 10% de Fibra de Acero Reciclado	14	15.1	15.1	2754	TERCIO CENTRAL	36.0
Concreto Optimizado con 15% de Fibra de Acero Reciclado	14	15.1	15.1	2448	TERCIO CENTRAL	32.0
Concreto Optimizado con 15% de Fibra de Acero Reciclado	14	15.1	15.1	2448	TERCIO CENTRAL	32.0

Tabla 38
Ensayo de Flexión a 14 días con refuerzo de acero

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXION EN CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78						
IDENTIFICACIÓN	EDAD	ALTURA	ANCHO	FUERZA MÁXIMA	UBICACIÓN DE FALLA	MODULO DE ROTURA
	días	cm	cm	Kg		Kg/cm ²
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 1/2"	14	15.1	15.1	5585	TERCIO CENTRAL	73.0
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 1/2"	14	15.1	15.1	5585	TERCIO CENTRAL	73.0
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 3/8"	14	15.1	15.1	5356	TERCIO CENTRAL	70.0
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 3/8"	14	15.1	15.1	5356	TERCIO CENTRAL	70.0
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 4 mm	14	15.1	15.1	3213	TERCIO CENTRAL	42.0
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 4mm	14	15.1	15.1	3290	TERCIO CENTRAL	43.0
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 1/2"	14	15.1	15.1	5279	TERCIO CENTRAL	69.0
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 1/2"	14	15.1	15.1	5356	TERCIO CENTRAL	70.0
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 3/8"	14	15.1	15.1	4897	TERCIO CENTRAL	64.0
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 3/8"	14	15.1	15.1	4897	TERCIO CENTRAL	64.0
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 4 mm	14	15.1	15.1	3213	TERCIO CENTRAL	42.0
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 4mm	14	15.1	15.1	3290	TERCIO CENTRAL	43.0

Tabla 39
Ensayo de Flexión a 28 días sin refuerzo de acero

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXION EN CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78						
IDENTIFICACIÓN	EDAD	ALTURA	ANCHO	FUERZA MÁXIMA	UBICACIÓN DE FALLA	MODULO DE ROTURA
	días	cm	cm	Kg		Kg/cm ²
Concreto Patrón	28	15.1	15.1	3320	TERCIO CENTRAL	43.4
Concreto Patrón	28	15.1	15.1	3345	TERCIO CENTRAL	43.7
Concreto Diseño Patrón Optimizado	28	15.1	15.1	3074	TERCIO CENTRAL	40.2
Concreto Diseño Patrón Optimizado	28	15.1	15.1	3091	TERCIO CENTRAL	40.4
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado	28	15.1	15.1	3420	TERCIO CENTRAL	44.7
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado	28	15.1	15.1	3440	TERCIO CENTRAL	45.0
Concreto Optimizado con 10% de Fibra de Acero Reciclado	28	15.1	15.1	2791	TERCIO CENTRAL	36.5
Concreto Optimizado con 10% de Fibra de Acero Reciclado	28	15.1	15.1	2981	TERCIO CENTRAL	39.0
Concreto Optimizado con 15% de Fibra de Acero Reciclado	28	15.1	15.1	2510	TERCIO CENTRAL	32.8
Concreto Optimizado con 15% de Fibra de Acero Reciclado	28	15.1	15.1	2510	TERCIO CENTRAL	32.8

Tabla 40
Ensayo de Flexión a 28 días con refuerzo de acero

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXION EN CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78						
IDENTIFICACIÓN	EDAD	ALTURA	ANCHO	FUERZA MÁXIMA	UBICACIÓN DE FALLA	MODULO DE ROTURA
	días	cm	cm	Kg		Kg/cm ²
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 1/2"	28	15.1	15.1	6147	TERCIO CENTRAL	80.3
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 1/2"	28	15.1	15.1	6285	TERCIO CENTRAL	82.1
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 3/8"	28	15.1	15.1	5568	TERCIO CENTRAL	72.8
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 3/8"	28	15.1	15.1	5489	TERCIO CENTRAL	71.7
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 4 mm	28	15.1	15.1	4054	TERCIO CENTRAL	53.0
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 4mm	28	15.1	15.1	4085	TERCIO CENTRAL	53.4
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 1/2"	28	15.1	15.1	5545	TERCIO CENTRAL	72.5
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 1/2"	28	15.1	15.1	5596	TERCIO CENTRAL	73.1
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 3/8"	28	15.1	15.1	4985	TERCIO CENTRAL	65.2
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 3/8"	28	15.1	15.1	4979	TERCIO CENTRAL	65.1
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 4 mm	28	15.1	15.1	3875	TERCIO CENTRAL	50.6
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 4mm	28	15.1	15.1	3839	TERCIO CENTRAL	50.2

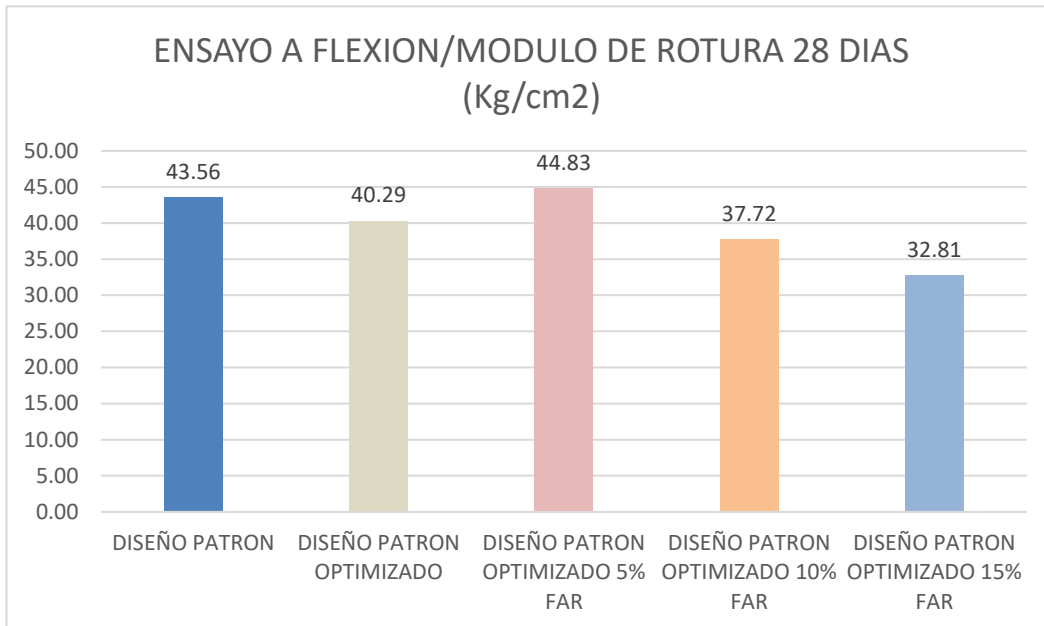


Figura 49: Valores de Modulo de Rotura según diseño.

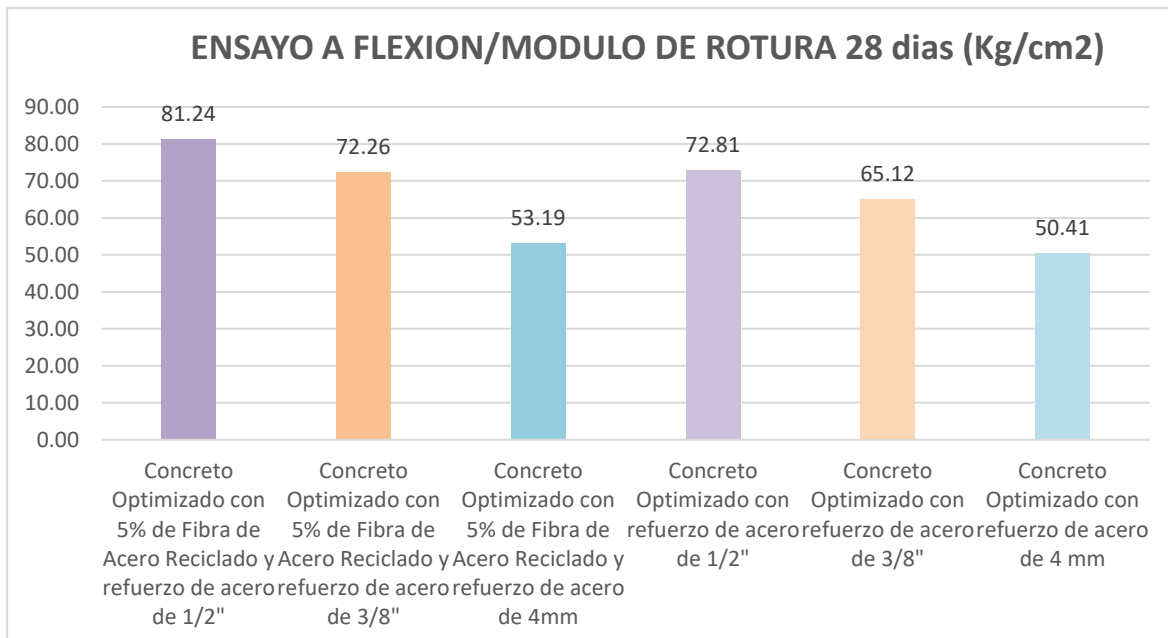


Figure 50: Valores de Modulo de Rotura según Diseño Experimental.

CAPITULO III. RESULTADOS

3.1. Análisis del Diseño Patrón y Diseño Patrón optimizado.

Este concreto mostrado ha sido diseñado y ensayado con el fin obtener resultados que demuestren el aumento a la compresión del concreto y el esfuerzo de flexión con el añadido de 5%, 10%, 15% de Fibra de Acero Reciclado.

De acuerdo a los ensayos a compresión obtenidos a partir de la tabla 35 señalado arriba, se realizó los Diseño Patrón con un $F'_{cr} = 294 \text{ Kg/cm}^2$ y el Diseño Patrón Optimizado con un $F'_{cr} = 250 \text{ Kg/cm}^2$; este último se basa en los valores del historial de pruebas experimentales obtenidas en laboratorio, sin descender del límite inferior de diseño de $F'_{cr} = 210 \text{ Kg/cm}^2$ establecido.

El Diseño optimizado se opta por aprovechamiento de los materiales para la mezcla y el incremento del añadido de la fibra de acero reciclado llegando al supuesto F'_{cr} requerido por el Método ACI 211.

Tabla 41

Comparativo de los resultados a compresión entre el diseño patrón y el diseño patrón optimizado

Tipo de diseño	Número de días	Esfuerzo (kg/cm ²)
Diseño patrón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	28.00	254.00
	28.00	248.00
	28.00	254.00
	28.00	254.00
Diseño patrón optimizado $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	28.00	218.00
	28.00	219.00
	28.00	215.00
	28.00	219.00

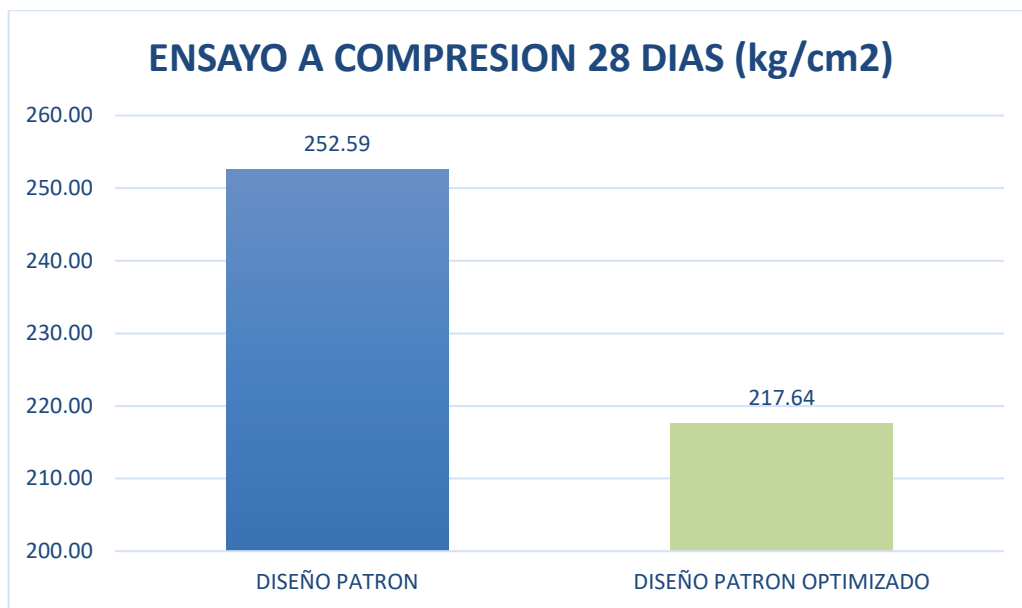


Figure 52: Ensayo a compresión Patrón vs. Optimizado.

Se aprecia que el diseño patrón es mayor que el diseño patrón optimizado, aunque este último, sigue siendo mayor que el valor base, que es, $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, por lo que para el análisis se tomarán en cuenta:

- Diseño Patrón (Diseño Patrón Optimizado)
- Diseño Patrón Optimizado con 5% de Fibra de acero reciclado.
- Diseño Patrón Optimizado con 10% de Fibra de acero reciclado.
- Diseño Patrón Optimizado con 15% de Fibra de acero reciclado.

3.2. Análisis del Objetivo 1

Los resultados en el presente capítulo se fundamentan en el orden de los objetivos e hipótesis como se detalla a continuación.

3.2.1. Objetivo:

Determinar la influencia de la fibra de acero reciclado en la resistencia a la compresión del concreto para elementos estructurales con añadido de fibra de acero reciclado en un diseño de mezcla optimizando $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

3.2.2. Hipótesis específico 1.

A. Planteamiento de la prueba de hipótesis del investigador:

La influencia de la fibra de acero reciclado es eficiente en la resistencia a la compresión del concreto para elementos estructurales con añadido de fibra de acero reciclado en un diseño de mezcla optimizado $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

B. Planteamiento estadístico de la prueba de hipótesis:

- **Hipótesis Nula (H_0):** No existe un efecto significativo en la media de la resistencia a la compresión en los diseños experimentales frente al diseño patrón, sobre la influencia de añadir fibra de acero reciclado en un diseño de mezcla optimizado $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

$$\mu_{R1} = \mu_{R2} = \mu_{R3} = \mu_{\text{Patrón}}$$

- **Hipótesis Alterna (H_a):** Si existe un efecto significativo en la media de la resistencia a la compresión en los diseños experimentales frente al diseño patrón, sobre la influencia de añadir fibra de acero reciclado en un diseño de mezcla optimizado $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

$$\text{Existe al menos un } i / \mu_{Ri} \neq \mu_{R_patrón}$$

Donde μ_R , es la resistencia a la compresión.

3.2.3. Consideraciones del Diseño experimental:

- **Factor:** Es el porcentaje de fibra de acero reciclado.
- **Tratamiento:** Dosificaciones del % de fibra de acero reciclado en el diseño de mezcla optimizado $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.
- **Niveles del factor:** 5% 10% y 15% de fibra de acero reciclado.
- **Variable Respuesta o dependiente:** Resistencia a la compresión.

- **Observaciones o unidades de estudio:** Valores de la resistencia a la compresión para cada grupo y nivel de tratamiento a una edad de 7, 14 y 28 días.

- **Estadístico de Prueba**

Dado que la variable respuesta es cuantitativa, el tipo de prueba es de diferencia de medias para más de dos grupos y el tamaño de la muestra es pequeña e iguales a 4, se utilizó el análisis de varianza ANOVA de un factor para contrastar las hipótesis y la prueba de rango post hoc de Tukey para comparar cuál de los tratamientos es la que mejor efecto tiene.

- **Requerimientos para el ANOVA:**

Para el programa estadístico se requiere probar los supuestos:

- ✓ Normalidad mediante la Prueba de Chápiro Wilk
- ✓ Homocedasticidad (igualdad de varianzas) mediante la Prueba de Levene.

Los resultados de los supuestos y de las pruebas de hipótesis se realizaron en el programa estadístico SPSS v.25.

En caso no cumpla el supuesto de normalidad, se aplicará la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis.

En caso no se pruebe la igualdad de varianzas se aplicaba la prueba T3 de Dunnett en vez de la prueba de rango post hoc de Tukey.

3.2.4. Decisión para aceptar o rechazar la hipótesis nula para cualquier prueba

Si el p-valor (sig.) o significancia de la prueba es menor a α entonces se rechaza la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis alterna o del investigador H_a . Esto es si, $\text{sig.} < \alpha$ entonces se acepta H_a .

Donde α es el nivel de significancia y representa el % de error que estamos dispuesto a asumir. Tomaremos el valor de significancia $\alpha = 0.05$.

3.2.5. Análisis Descriptivo para la Resistencia a la compresión a los 7 días.

Tabla 42

Resultados de los ensayos a compresión a los 7 días.

Tipo de diseño	Número de días	Esfuerzo (kg/cm ²)
Diseño patrón optimizado f'c = 210 kg/cm²	7.00	182.54
	7.00	182.50
	7.00	183.80
	7.00	184.88
Diseño patrón optimizado con 5% fibra de acero reciclado f'c = 210 kg/cm²	7.00	191.56
	7.00	197.22
	7.00	197.22
	7.00	197.59
Diseño patrón optimizado con 10% fibra de acero reciclado f'c = 210 kg/cm²	7.00	167.34
	7.00	168.15
	7.00	166.45
	7.00	168.87
Diseño patrón optimizado con 15% fibra de acero reciclado f'c = 210 kg/cm²	7.00	161.51
	7.00	163.62
	7.00	163.21
	7.00	162.50

Se determinaron las principales medidas descriptivas como las medias, variabilidad, mediana, máximos y mínimos para cada diseño según como se muestra en el cuadro descriptivo y grafico de cajas.

Tabla 43

Estadísticas de la Resistencia a la compresión a los 7 días

Descriptivos								
COMPRESIÓN A 7 DÍAS								
	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Mezcla Patrón	4	183,4300	1,13965	,56982	181,6166	185,2434	182,50	184,88
Tratamiento 1 al 5%	4	195,8975	2,89692	1,44846	191,2879	200,5071	191,56	197,59
Tratamiento 2 al 10%	4	167,7025	1,04299	,52149	166,0429	169,3621	166,45	168,87
Tratamiento 3 al 15%	4	162,7100	,92416	,46208	161,2395	164,1805	161,51	163,62
Total	16	177,4350	13,63403	3,40851	170,1699	184,7001	161,51	197,59

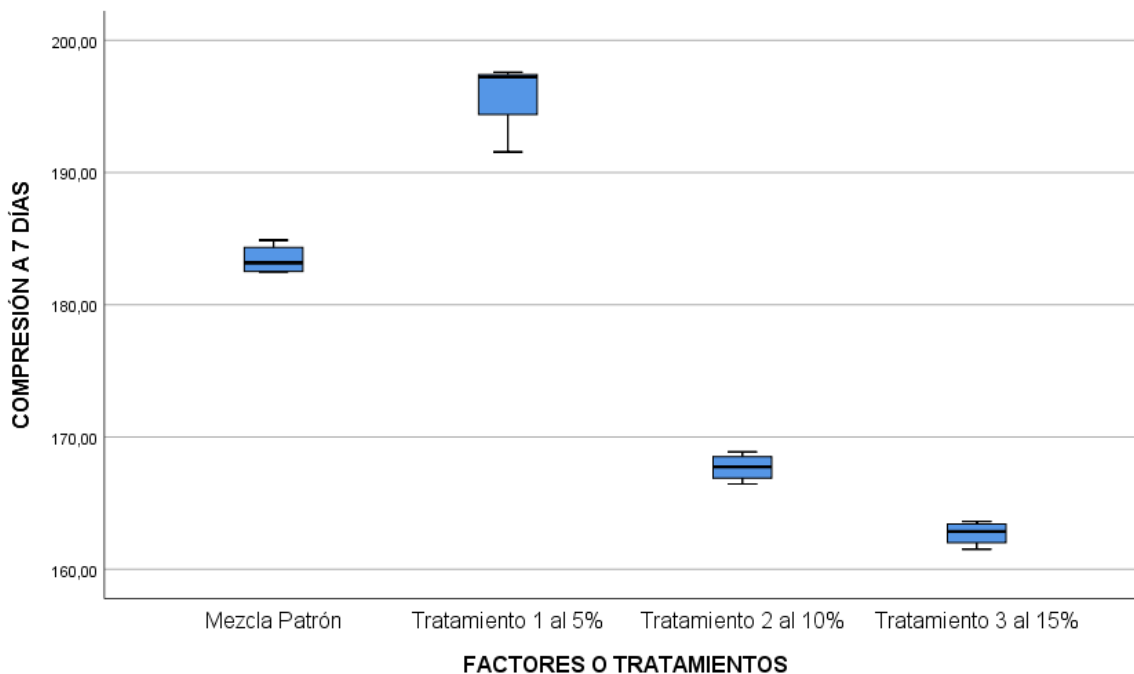


Figura 53: Estadísticas de la Resistencia a la compresión a los 7 días.

De los resultados obtenidos notamos que la media y la mediana de la resistencia a la compresión de los tratamientos difieren del diseño patrón, siendo el tratamiento del 5% la que tiene mayor incremento, ahora mediante la prueba del ANOVA de un factor comprobaremos si estas diferencias son significativas o no.

3.2.6. Análisis Inferencial para la Resistencia a la compresión a los 7 días

- **Prueba de Normalidad**
 - ✓ **Planteamiento de las hipótesis**

Ho: Los datos provienen de una distribución normal

Ha: Los datos no provienen de una distribución normal

Tabla 44

Resultados de la prueba de Normalidad

		Pruebas de normalidad					
FACTORES	O	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
TRATAMIENTOS							
Mezcla Patrón		,283	4	.	,874	4	,313
COMPRESIÓN	Tratamiento 1 al 5%	,331	4	.	,798	4	,099
A 7 DÍAS	Tratamiento 2 al 10%	,166	4	.	,991	4	,960
	Tratamiento 3 al 15%	,206	4	.	,960	4	,778

a. Corrección de significación de Lilliefors

Los resultados indican que para todos los diseños el valor sig. es mayor a 0.05, por lo que aceptamos la hipótesis nula, que indican que existe normalidad en los datos.

- **Prueba de Homogeneidad o Varianzas iguales**

- ✓ **Planteamiento de las hipótesis**

Ho: Si existe igualdad de varianzas entre los grupos

Ha: No existe igualdad de varianzas entre los grupos

Tabla 45

Resultados de la prueba de Homogeneidad

Prueba de homogeneidad de varianzas					
	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.	
COMPRESIÓN A 7 DÍAS	Se basa en la media	2,761	3	12	,088
	Se basa en la mediana	,246	3	12	,863
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,246	3	3,581	,860
	Se basa en la media recortada	2,126	3	12	,150

Los resultados de la prueba de Levene que se basa en la media indica que el valor sig. igual a 0.088 es mayor a 0.05, por lo que aceptamos la hipótesis nula, esto existe igualdad de varianzas entre los grupos.

Una vez probado los supuestos de normalidad y homogeneidad de las varianzas procedemos a la probar la hipótesis a través del ANOVA y TUKEY en caso exista algún efecto significativo.

- **Prueba de ANOVA de un factor**

Tabla 46

Prueba de ANOVA de un factor para ensayo a compresión a 7 días.

ANOVA					
COMPRESIÓN A 7 DÍAS					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	2753,404	3	917,801	315,590	,000
Dentro de grupos	34,899	12	2,908		
Total	2788,303	15			

Los resultados de la prueba indican que, con un nivel de significancia del 5% existe evidencia suficiente para aceptar la hipótesis del investigador, debido a que el valor sig. de la prueba es menor a 0.05, ahora a través de la prueba de Tukey veremos cuál de los tratamientos es el que mejor efecto positivo tiene.

- **Prueba de Post Hoc de Tukey**

Tabla 47

Prueba de post hoc de Tukey para ensayo a compresión a 7 días.

COMPRESIÓN A 7 DÍAS					
HSD Tukey ^a					
FACTORES	O	Subconjunto para alfa = 0.05			
TRATAMIENTOS	N	1	2	3	4
Tratamiento 3 al 15%	4	162,7100			
Tratamiento 2 al 10%	4		167,7025		
Mezcla Patrón	4			183,4300	
Tratamiento 1 al 5%	4				195,8975
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

Mediante la prueba de Tukey podemos observar claramente que existe 4 subconjuntos totalmente diferenciados, esto es existe diferencias significativas entre sus medias, y la que mayor efecto positivo tiene con respecto al diseño patrón es la del tratamiento con el 5% de fibra de acero reciclado, mientras que las del 10% y 15% han tenido un efecto negativo.

3.2.7. Análisis Descriptivo para la Resistencia a la compresión a los 14 días.

Tabla 48

Resultados de los ensayos a compresión a los 14 días

Tipo de diseño	Número de días	Esfuerzo (kg/cm²)
Diseño patrón optimizado f'c = 210 kg/cm²	14.00	197.00
	14.00	198.00
	14.00	196.00
	14.00	197.00
Diseño patrón optimizado con 5% fibra de acero reciclado f'c = 210 kg/cm²	14.00	214.00
	14.00	209.00
	14.00	210.00
	14.00	214.00
	14.00	194.00
Diseño patrón optimizado con 10% fibra de acero reciclado f'c = 210 kg/cm²	14.00	197.00
	14.00	198.00
	14.00	194.00
	14.00	181.00
Diseño patrón optimizado con 15% fibra de acero reciclado f'c = 210 kg/cm²	14.00	178.00
	14.00	181.00
	14.00	179.00
	14.00	179.00

Se determinaron las principales medidas descriptivas como las medias, variabilidad, mediana, máximos y mínimos para cada diseño según como se muestra en el cuadro descriptivo y grafico de cajas.

Tabla 49

Estadísticas de la Resistencia a la compresión a los 14 días

Descriptivos								
COMPRESIÓN A 14 DÍAS								
	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Mezcla Patrón	4	197,0000	,81650	,40825	195,7008	198,2992	196,00	198,00
Tratamiento 1 al 5%	4	211,7500	2,62996	1,31498	207,5652	215,9348	209,00	214,00
Tratamiento 2 al 10%	4	195,7500	2,06155	1,03078	192,4696	199,0304	194,00	198,00
Tratamiento 3 al 15%	4	179,7500	1,50000	,75000	177,3632	182,1368	178,00	181,00
Total	16	196,0625	11,81789	2,95447	189,7652	202,3598	178,00	214,00

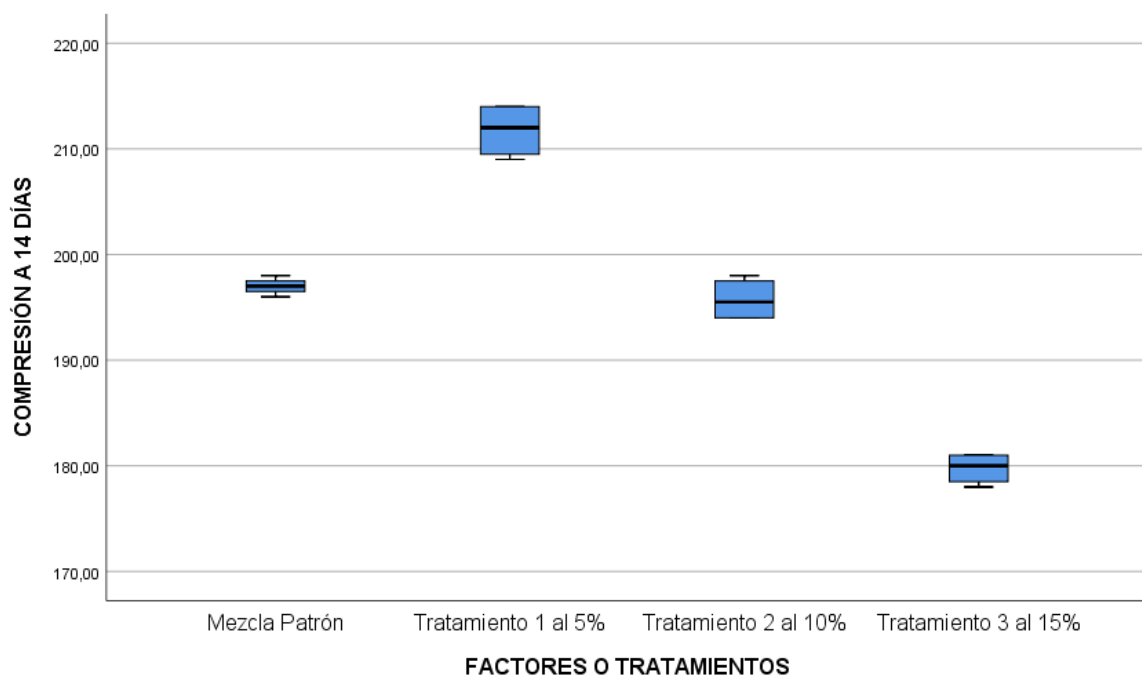


Figure 54: Resistencia a la compresión a los 14 días

De los resultados obtenidos notamos que la media y la mediana de la resistencia a la compresión de los tratamientos 1 y 3 difieren del diseño patrón, mientras que el

tratamiento 2 es similar al diseño patrón, pero siendo el tratamiento del 5% la que tiene mayor incremento, ahora mediante la prueba del ANOVA de un factor comprobaremos si estas diferencias son significativas o no.

3.2.8. Análisis Inferencial para la Resistencia a la compresión a los 14 días

- **Prueba de Normalidad**

- ✓ **Planteamiento de las hipótesis**

Ho: Los datos provienen de una distribución normal

Ha: Los datos no provienen de una distribución normal

Tabla 50

Resultados de la prueba de Normalidad

Pruebas de normalidad							
FACTORES	O	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		Sig.
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	
TRATAMIENTOS							
Mezcla Patrón		,250	4	.	,945	4	,683
COMPRESIÓN							
A 14 DÍAS							
Tratamiento 1 al 5%		,304	4	.	,811	4	,123
Tratamiento 2 al 10%		,302	4	.	,827	4	,161
Tratamiento 3 al 15%		,298	4	.	,849	4	,224

a. Corrección de significación de Lilliefors

Los resultados indican que para todos los diseños el valor sig son mayores a 0.05, por lo que aceptamos la hipótesis nula, que indican que existe normalidad en los datos.

- **Prueba de Homogeneidad o Varianzas iguales**

- ✓ **Planteamiento de las hipótesis**

Ho: Si existe igualdad de varianzas entre los grupos

Ha: No existe igualdad de varianzas entre los grupos

Tabla 51

Resultados de la prueba de Homogeneidad

Prueba de homogeneidad de varianzas					
		Estadístico de		g12	Sig.
		Levene	g1		
COMPRESIÓN A 14 DÍAS	Se basa en la media	10,700	3	12	,001
	Se basa en la mediana	8,231	3	12	,003
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	8,231	3	11,791	,003
	Se basa en la media recortada	10,661	3	12	,001

Los resultados de la prueba de Levene que se basa en la media indica que el valor sig igual a 0.001 y es menor a 0.05, por lo que no aceptamos la hipótesis nula, esto es porque no existe igualdad de varianzas entre los grupos, por tanto, en vez de aplicar la prueba de Tukey realizaremos la prueba de T3 Dunnett.

Probado el supuesto de normalidad y de que no existe homogeneidad de las varianzas aplicaremos el ANOVA y T3 DUNNETT en caso exista algún efecto significativo.

- **Prueba de ANOVA de un factor**

Tabla 52

Prueba de ANOVA de un factor para ensayo a compresión a 14 días.

ANOVA					
COMPRESIÓN A 14 DÍAS					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	2052,688	3	684,229	194,337	,000
Dentro de grupos	42,250	12	3,521		
Total	2094,938	15			

Los resultados de la prueba indican que, con un nivel de significancia del 5% existe evidencia suficiente para aceptar la hipótesis del investigador, debido a que el valor sig de la prueba es menor a 0.05, ahora a través de la prueba de T3 Dunnett veremos cuál de los tratamientos es el que mejor efecto positivo tiene.

- **Prueba de Post Hoc de T3 de Dunnett.**

Tabla 53

Prueba de post hoc de T3 de Dunnett para el ensayo a compresión a 14 días.

Comparaciones múltiples									
Variable dependiente: COMPRESIÓN A 14 DÍAS									
T3 Dunnett									
(I) FACTORES TRATAMIENTOS	O (J) FACTORES TRATAMIENTOS	O	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%		Límite inferior	Límite superior
Mezcla Patrón	Tratamiento 1 al 5%		-14,75000*	1,37689	,003	-21,1608	-8,3392		
	Tratamiento 2 al 10%		1,25000	1,10868	,815	-3,6447	6,1447		
	Tratamiento 3 al 15%		17,25000*	,85391	,000	13,7831	20,7169		
Tratamiento 1 al 5%	Mezcla Patrón		14,75000*	1,37689	,003	8,3392	21,1608		
	Tratamiento 2 al 10%		16,00000*	1,67083	,001	9,7558	22,2442		
	Tratamiento 3 al 15%		32,00000*	1,51383	,000	25,9300	38,0700		
Tratamiento 2 al 10%	Mezcla Patrón		-1,25000	1,10868	,815	-6,1447	3,6447		
	Tratamiento 1 al 5%		-16,00000*	1,67083	,001	-22,2442	-9,7558		
	Tratamiento 3 al 15%		16,00000*	1,27475	,000	11,1735	20,8265		
Tratamiento 3 al 15%	Mezcla Patrón		-17,25000*	,85391	,000	-20,7169	-13,7831		
	Tratamiento 1 al 5%		-32,00000*	1,51383	,000	-38,0700	-25,9300		
	Tratamiento 2 al 10%		-16,00000*	1,27475	,000	-20,8265	-11,1735		

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

Mediante la prueba de T3 de Dunnett podemos observar claramente que al comparar cada tratamiento con respecto a los demás, observamos que el tratamiento 1 y 3 tienen diferencias significativas entre sus medias con respecto al diseño patrón

debido a que el valor sig. es menor a 0.05, mientras que con el tratamiento 2 no existe diferencia significativa, ahora las diferencias de medias indican que con el tratamiento 1 en el diseño patrón el resultado es negativo, lo que al final resulta que la media del tratamiento 1 es significativamente mayor al diseño patrón, caso contrario ocurre con el tratamiento 3.

3.2.9. Análisis Descriptivo para la Resistencia a la compresión a los 28 días.

Tabla 54

Resultados de los ensayos a compresión a los 28 días

Tipo de diseño	Número de días	Esfuerzo (kg/cm ²)
Diseño patrón optimizado f'c = 210 kg/cm²	28.00	218.00
	28.00	219.00
	28.00	215.00
	28.00	219.00
Diseño patrón optimizado con 5% fibra de acero reciclado f'c = 210 kg/cm²	28.00	232.00
	28.00	230.00
	28.00	237.00
	28.00	231.00
Diseño patrón optimizado con 10% fibra de acero reciclado f'c = 210 kg/cm²	28.00	206.00
	28.00	208.00
	28.00	204.00
	28.00	203.00
Diseño patrón optimizado con 15% fibra de acero reciclado f'c = 210 kg/cm²	28.00	191.00
	28.00	191.00
	28.00	192.00
	28.00	191.00

Se determinaron las principales medidas descriptivas como las medias, variabilidad, mediana, máximos y mínimos para cada diseño según como se muestra en el cuadro descriptivo y grafico de cajas.

Tabla 55

Estadísticas de la Resistencia a la compresión a los 28 días

Descriptivos								
COMPRESIÓN A 28 DÍAS								
	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Mezcla Patrón	4	217,7500	1,89297	,94648	214,7379	220,7621	215,00	219,00
Tratamiento 1 al 5%	4	232,5000	3,10913	1,55456	227,5527	237,4473	230,00	237,00
Tratamiento 2 al 10%	4	205,2500	2,21736	1,10868	201,7217	208,7783	203,00	208,00
Tratamiento 3 al 15%	4	191,2500	,50000	,25000	190,4544	192,0456	191,00	192,00
Total	16	211,6875	15,85652	3,96413	203,2382	220,1368	191,00	237,00

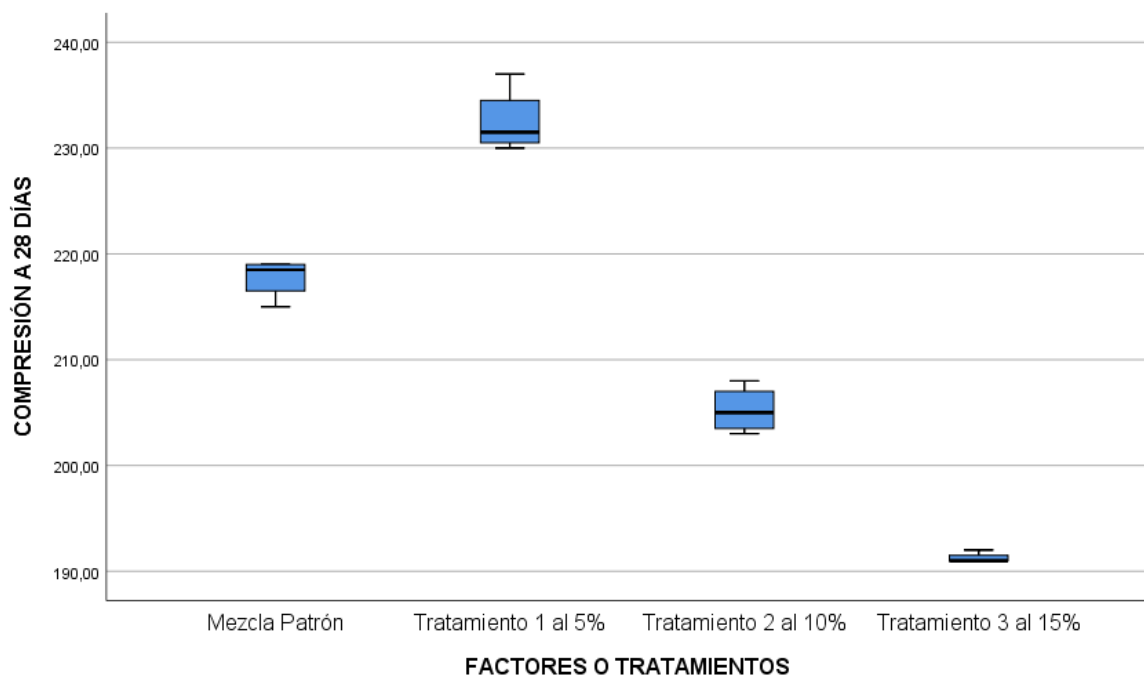


Figure 55: Resistencia a la compresión a los 28 días

De los resultados obtenidos notamos que la media y la mediana de la resistencia a la compresión de los tratamientos difieren del diseño patrón, siendo el tratamiento del 5% la que tiene mayor incremento, ahora mediante la prueba del ANOVA de un factor comprobaremos si estas diferencias son significativas o no.

3.2.10. Análisis Inferencial para la Resistencia a la compresión a los 28 días

- **Prueba de Normalidad**

- ✓ **Planteamiento de las hipótesis**

Ho: Los datos provienen de una distribución normal

Ha: Los datos no provienen de una distribución normal

Tabla 56

Resultados de la prueba de Normalidad

		Pruebas de normalidad						
FACTORES		O	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
TRATAMIENTOS			Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
COMPRESIÓN A 28 DÍAS	Mezcla Patrón		,303	4	.	,791	4	,086
	Tratamiento 1 al 5%		,314	4	.	,854	4	,240
	Tratamiento 2 al 10%		,214	4	.	,963	4	,798
	Tratamiento 3 al 15%		,151	4	.	,993	4	,972

a. Corrección de significación de Lilliefors

Los resultados indican que para todos los diseños el valor sig son mayores a 0.05, por lo que aceptamos la hipótesis nula, que indican que existe normalidad en los datos.

- **Prueba de Homogeneidad o Varianzas iguales**

- ✓ **Planteamiento de las hipótesis**

Ho: Si existe igualdad de varianzas entre los grupos

Ha: No existe igualdad de varianzas entre los grupos.

Tabla 57

Resultados de la prueba de Homogeneidad

Prueba de homogeneidad de varianzas					
		Estadístico de	g1	g2	Sig.
		Levene			
COMPRESIÓN A 28 DÍAS	Se basa en la media	2,068	3	12	,158
	Se basa en la mediana	1,055	3	12	,404
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	1,055	3	6,501	,430
	Se basa en la media recortada	1,816	3	12	,198

Los resultados de la prueba de Levene que se basa en la media indica que el valor sig igual a 0.158 y es mayor a 0.05, por lo que aceptamos la hipótesis nula, esto es existe igualdad de varianzas entre los grupos.

Una vez probado los supuestos de normalidad y homogeneidad de las varianzas procedemos a la probar la hipótesis a través del ANOVA y TUKEY en caso exista algún efecto significativo.

- **Prueba de ANOVA de un factor.**

Tabla 58

Prueba de ANOVA de un factor para el ensayo a compresión a 28 días.

ANOVA					
COMPRESIÓN A 28 DÍAS					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	3716,188	3	1238,729	266,632	,000
Dentro de grupos	55,750	12	4,646		
Total	3771,938	15			

Los resultados de la prueba indican que, con un nivel de significancia del 5% existe evidencia suficiente para aceptar la hipótesis del investigador, debido a que el valor sig de la prueba es menor a 0.05, ahora a través de la prueba de Tukey veremos cuál de los tratamientos es el que mejor efecto positivo tiene.

- **Prueba de Post Hoc de Tukey.**

Tabla 59

Prueba de post hoc de Tukey para el ensayo a compresión a 28 días.

COMPRESIÓN A 28 DÍAS						
HSD Tukey ^a						
FACTORES	O	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
TRATAMIENTOS			1	2	3	4
Tratamiento 3 al 15%		4	191,2500			
Tratamiento 2 al 10%		4		205,2500		
Mezcla Patrón		4			217,7500	
Tratamiento 1 al 5%		4				232,5000
Sig.			1,000	1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

Mediante la prueba de Tukey podemos observar claramente que existe 4 subconjuntos totalmente diferenciados, esto es existe diferencias significativas entre sus medias, y la que mayor efecto positivo tiene con respecto al diseño patrón es la del tratamiento 1 con el 5% de fibra de acero reciclado, mientras que las del 10% y 15% han tenido un efecto negativo.

3.2.11. Resumen Estadístico del Objetivo 1.

Tabla 60

Resultados del análisis estadístico – Objetivo 1

ANOVA DE UN FACTOR		Edad en Días	Resultado de la hipótesis $H_a / \alpha=0.05$	Conclusión
Diseño Patrón	Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado	7	Significativo: Diseño 5% > Patrón	La Resistencia a la compresión aumentó significativamente
	Concreto Optimizado con 10% de Fibra de Acero Reciclado	7	Significativo: Diseño 10% < Patrón	La Resistencia a la compresión disminuyó significativamente
	Concreto Optimizado con 15% de Fibra de Acero Reciclado	7	Significativo: Diseño 15% < Patrón	La Resistencia a la compresión disminuyó significativamente
Diseño Patrón	Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado	14	Significativo: Diseño 5% > Patrón	La Resistencia a la compresión aumentó significativamente
	Concreto Optimizado con 10% de Fibra de Acero Reciclado	14	Significativo: Diseño 10% = Patrón	La Resistencia a la compresión permaneció igual al patrón
	Concreto Optimizado con 15% de Fibra de Acero Reciclado	14	Significativo: Diseño 15% < Patrón	La Resistencia a la compresión disminuyó significativamente
Diseño Patrón	Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado	28	Significativo: Diseño 5% > Patrón	La Resistencia a la compresión aumentó significativamente
	Concreto Optimizado con 10% de Fibra de Acero Reciclado	28	Significativo: Diseño 10% < Patrón	La Resistencia a la compresión disminuyó significativamente
	Concreto Optimizado con 15% de Fibra de Acero Reciclado	28	Significativo: Diseño 15% < Patrón	La Resistencia a la compresión disminuyó significativamente

3.3. Análisis del Objetivo 2

3.3.1. Objetivo :

Determinar la influencia de la fibra de acero reciclado en la resistencia a la flexión del concreto para viguetas de concreto armado con añadido de fibra de acero reciclado en un diseño de mezcla optimizando $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

3.3.2. Hipótesis específico 2.

A. Planteamiento de la prueba de hipótesis del investigador:

La influencia de la fibra de acero reciclado fue eficiente en la resistencia a la flexión del concreto para viguetas de concreto armado con añadido de fibra de acero reciclado en un diseño de mezcla optimizado $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

Dado que se desea saber la influencia de la fibra de acero reciclado en la vigueta de concreto armado, solo se van a comparar las viguetas armadas, teniendo en cuenta, que las otras viguetas, como se aprecia en la Tabla 42, tienen un valor muy por debajo de las antes mencionadas, asimismo, el ensayo solo será respecto al Concreto Optimizado con añadido de 5% de Fibra de Acero Reciclado ante los refuerzos de acero de distintos diámetros, ya que con 10% y 15%, de Fibra de acero reciclado los valores del concreto son menores, como se aprecia en las tablas anteriores.

B. Planteamiento estadístico de la prueba de hipótesis:

• **Hipótesis Nula (H_0):** No existe un efecto significativo en la media de la resistencia a la flexión en los diseños experimentales frente al diseño patrón, sobre la influencia de añadir 5% de fibra de acero reciclado en un diseño de mezcla optimizado $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

$$\mu_{\text{Rexperimental}} = \mu_{\text{Patrón}}$$

• **Hipótesis Alterna (H_a):** Si existe un efecto significativo en la media de la resistencia a la flexión en los diseños experimentales frente al diseño patrón, sobre la influencia de añadir 5% de fibra de acero reciclado en un diseño de mezcla optimizado $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

$$\mu_{\text{Rexperimental}} \neq \mu_{\text{Patrón}}$$

Donde μR , es la resistencia a la flexión.

3.3.3. Consideraciones del Diseño Experimental:

- **Factor:** Es el porcentaje de fibra de acero reciclado.
- **Tratamiento:** Dosificación del 5% de fibra de acero reciclado en el diseño de mezcla optimizado $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.
- **Variable Respuesta o dependiente:** Resistencia a la flexión
- **Observaciones o unidades de estudio:**
 - ✓ Valores de la resistencia a la flexión para cada grupo comparativo a una edad de 7, 14 y 28 días.
 - ✓ Diseño Experimental: Concreto optimizado con 5% de Fibra de acero Reciclado y refuerzo de acero de 1/2", 3/8" y 4mm.
 - ✓ Diseño Patrón: Concreto Optimizado
 - ✓ Refuerzo de acero de 1/2", 3/8" y 4mm.

- **Estadístico de Prueba**

Dado que la investigación es de tipo transversal, es decir se trata de dos grupos en comparación, la variable respuesta es cuantitativa y el tamaño de la muestra es pequeña menor a 30, se utilizó la prueba paramétrica T-student para muestras independientes.

- **Requisitos para la prueba T.**

Para el programa estadístico se requiere probar los supuestos:

- Normalidad mediante la Prueba de Chapiro Wilk
- Homocedasticidad (igualdad de varianzas) mediante la Prueba de Levene en la tabla de T- Student.

Los resultados de los supuestos y de las pruebas de hipótesis se realizaron en el programa estadístico SPSS v.25.

En caso no cumpla el supuesto de normalidad, se aplicará la prueba no paramétrica de Mann-Whitney.

3.3.4. Decisión para aceptar o rechazar la hipótesis nula para cualquier prueba

Si el p-valor (sig) o significancia de la prueba es menor a α entonces se Rechaza la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis alterna o del investigador H_a .

Esto es si, $\text{sig} < \alpha$ entonces se acepta H_a .

Donde α es el nivel de significancia y representa el % de error que estamos dispuesto a asumir. Tomaremos el valor de significancia $\alpha = 0.05$.

3.3.5. Inferencia para Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 1/2" a una edad de 7 días

Tabla 61

Resultados de los ensayos a la flexión a los 7 días

Identificación	Edad (días)	Módulo de rotura (kg/cm ²)
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 1/2"	7.00	66.00
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 1/2"	7.00	67.00
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 3/8"	7.00	65.00
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 3/8"	7.00	65.00
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 4 mm	7.00	39.00
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 4mm	7.00	38.00
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 1/2"	7.00	64.00
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 1/2"	7.00	64.00
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 3/8"	7.00	58.00
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 3/8"	7.00	59.00
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 4 mm	7.00	39.00
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 4mm	7.00	40.00

- **Supuesto de Normalidad**

Ho: Los datos provienen de una distribución normal

Ha: Los datos no provienen de una distribución normal

Se aplicó mediante la prueba de Shapiro Wilk

Tabla 62

Pruebas de normalidad – Flexión con refuerzo de acero de 1/2" a 7 días

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
FLEXIÓN CON REFUERZO DE ACERO DE 1/2" A 7 DÍAS	,199	6	,200*	,917	6	,484

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.
a. Corrección de significación de Lilliefors

Como el p-valor sig igual a 0.484 es mayor a 0.05 entonces aceptamos la hipótesis nula **Ho**, por tanto, se concluye que la variable resistencia a la flexión en ambos grupos se distribuyen normalmente.

- **Supuesto de Homogeneidad de las varianzas**

Ho: Las varianzas en ambos grupos son iguales

Ha: Las varianzas en ambos grupos no son iguales

La prueba de homogeneidad de varianzas que se prueba a través de la prueba de Levene, se mostrará en la tabla de resultados de la prueba T-Student

- **Resultados de la prueba de Homogeneidad y la prueba t Student**

Tabla 63

Prueba de muestras independientes - Flexión con refuerzo de acero de 1/2" a 7 días.

Prueba de muestras independientes											
		Prueba de Levene				prueba t para la igualdad de medias				95% de intervalo de	
		de igualdad de						Diferencia		confianza de la	
		varianzas						de error		diferencia	
		F	Sig.	t	gl	Sig.	Diferencia	Diferencia			
						(bilateral)	de medias	estándar	Inferior	Superior	
FLEXIÓN CON REFUERZO DE ACERO DE 1/2" A 7 DÍAS	Se asumen										
	varianzas	,000	1,000	6,124	4	,004	2,50000	,40825	1,36652	3,63348	
	iguales										
	No se asumen										
	varianzas			6,124	4,000	,004	2,50000	,40825	1,36652	3,63348	
	iguales										

De la prueba de Levene de igualdad de varianzas se nota que el p valor Sig es igual a 1.000 y mayor a 0.05, entonces no se rechaza la hipótesis nula **H₀**, por lo tanto, se concluye estadísticamente que las varianzas en ambos grupos son iguales.

De la prueba T-Student para muestras independientes donde se asumen varianzas iguales se nota que el p valor Sig. bilateral es igual a 0.004 y es menor a 0.05, entonces rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis del investigador **H_a**.

Decisión: Se concluye estadísticamente con un nivel de significancia del 5% que SI existe diferencias significativas entre la Resistencia a la Flexión del Diseño Experimental y el Diseño Patrón al añadir 5% de FAR y refuerzo de acero 1/2" a una edad de 07 días.

3.3.6. Inferencia para Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero

Reciclado y refuerzo de acero de 3/8" a una edad de 7 días

- **Supuesto de Normalidad**

Ho: Los datos provienen de una distribución normal

Ha: Los datos no provienen de una distribución normal

Se aplicó mediante la prueba de Shapiro Wilk.

Tabla 64

Pruebas de normalidad – Flexión con refuerzo de acero de 3/8" a 7 días.

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
FLEXIÓN CON REFUERZO DE ACERO DE 3/8" A 7 DÍAS	,278	6	,161	,790	6	,048

a. Corrección de significación de Lilliefors

Como el p-valor sig igual a 0.048 es menor a 0.05 entonces no aceptamos la hipótesis nula, por tanto, se concluye que la variable resistencia a la flexión no se distribuyen normalmente.

Entonces para probar la hipótesis se aplicará la prueba no paramétrica U de Mann Whitney para dos muestras independientes.

- **Prueba de Mann-Whitney**

Tabla 65

Estadísticos de prueba flexión con refuerzo de acero de 3/8" a 07 días

Estadísticos de prueba^a	
FLEXIÓN CON REFUERZO DE ACERO DE 3/8" A 7 DÍAS	
U de Mann-Whitney	,000
W de Wilcoxon	6,000
Z	-1,993
Sig. asintótica(bilateral)	,046
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	,100 ^b
a. Variable de agrupación: TIPO DE DISEÑO	
b. No corregido para empates.	

Como el p valor Sig. asintótica de la prueba de U de Mann Whitney es igual a 0.046 y menor a 0.05, entonces rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis del investigador.

Decisión: Se concluye estadísticamente con un nivel de significancia del 5% que **SI** existe diferencias significativas entre la Resistencia a la Flexión del Diseño Experimental y el Diseño Patrón al añadir 5% de FAR y refuerzo de acero 1/2" a una edad de 07 días.

3.3.7. Inferencia para Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero

Reciclado y refuerzo de acero de 4mm a una edad de 7 días

- **Supuesto de Normalidad**

Ho: Los datos provienen de una distribución normal

Ha: Los datos no provienen de una distribución normal

Se aplicó mediante la prueba de Shapiro Wilk

Tabla 66

Pruebas de normalidad – Flexión con refuerzo de acero de 4mm. a 7 días.

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
FLEXIÓN CON REFUERZO						
DE ACERO DE 4mm A 7	,167	6	,200*	,982	6	,960
DÍAS						

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.
a. Corrección de significación de Lilliefors

Decisión: Como el p-valor sig. igual a 0.960 es mayor a 0.05 entonces aceptamos la hipótesis nula **Ho**, por tanto, se concluye que la variable resistencia a la flexión en ambos grupos se distribuyen normalmente.

- **Supuesto de Homogeneidad de las varianzas**

Ho: Las varianzas en ambos grupos son iguales

Ha: Las varianzas en ambos grupos no son iguales

La prueba de homogeneidad de varianzas que se prueba a través de la prueba de Levene, se mostrará en la tabla de resultados de la prueba T-Student

- **Resultados de la prueba de Homogeneidad y la prueba T Student**

Tabla 67

Prueba de muestras independientes - Flexión con refuerzo de acero de 4mm. a 7 días

Prueba de muestras independientes											
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas				prueba t para la igualdad de medias				95% de intervalo de confianza de la diferencia	
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferenci a de medias	Diferencia de error estándar	Inferior	Superior	
FLEXIÓN	Se asumen										
CON	varianzas	,000	1,000	-2,449	4	,070	-1,00000	,40825	-2,13348	,13348	
REFUERZO	iguales										
DE ACERO	No se asumen										
DE 4mm A 7	varianzas			-2,449	4,000	,070	-1,00000	,40825	-2,13348	,13348	
DÍAS	iguales										

De la prueba de Levene de igualdad de varianzas se nota que el p valor Sig es igual a 1.000 y mayor a 0.05, entonces no se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto, se concluye estadísticamente que las varianzas en ambos grupos son iguales.

De la prueba T-Student para muestras independientes donde se asumen varianzas iguales se nota que el p valor Sig. bilateral es igual a 0.070 y es mayor a 0.05, entonces no rechazamos la hipótesis nula **H₀**.

Decisión: Se concluye estadísticamente con un nivel de significancia del 5% que **NO** existe diferencias significativas entre la Resistencia a la Flexión del Diseño Experimental y el Diseño Patrón al añadir 5% de FAR y refuerzo de acero 4 mm. a una edad de 07 días.

3.3.8. Inferencia para Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero

Reciclado y refuerzo de acero de 1/2" a una edad de 14 días

Tabla 68

Resultados de los ensayos a la flexión a los 14 días

Identificación	Edad (días)	Módulo de rotura (kg/cm ²)
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 1/2"	14.00	73.00
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 1/2"	14.00	73.00
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 3/8"	14.00	70.00
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 3/8"	14.00	70.00
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 4 mm	14.00	42.00
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 4mm	14.00	43.00
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 1/2"	14.00	69.00
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 1/2"	14.00	70.00
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 3/8"	14.00	64.00
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 3/8"	14.00	64.00
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 4 mm	14.00	42.00
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 4mm	14.00	43.00

- **Supuesto de Normalidad**

Ho: Los datos provienen de una distribución normal

Ha: Los datos no provienen de una distribución normal

Se aplicó mediante la prueba de Shapiro Wilk

Tabla 69

Pruebas de normalidad – Flexión con refuerzo de acero de 1/2" a 14 días.

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
FLEXIÓN CON REFUERZO DE ACERO DE 1/2" A 14 DÍAS	,316	6	,061	,773	6	,033

a. Corrección de significación de Lilliefors

Como el p-valor sig. igual a 0.033 es menor a 0.05 entonces no aceptamos la hipótesis nula, por tanto, se concluye que la variable resistencia a la flexión no se distribuyen normalmente.

Entonces para probar la hipótesis se aplicará la prueba no paramétrica U de Mann Whitney para dos muestras independientes.

- **Prueba de Mann-Whitney**

Tabla 70

Estadísticos de prueba flexión con refuerzo de acero de 1/2" a 14 días

Estadísticos de prueba^a	
	FLEXIÓN CON REFUERZO DE ACERO DE 1/2" A 14 DÍAS
U de Mann-Whitney	,000
W de Wilcoxon	6,000
Z	-2,087
Sig. asintótica(bilateral)	,037
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	,100 ^b
a. Variable de agrupación: TIPO DE DISEÑO	
b. No corregido para empates.	

Como el p valor Sig. asintótica de la prueba de U de Mann Whitney es igual a 0.037 y menor a 0.05, entonces rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis del investigador **H_a**.

Decisión: Se concluye estadísticamente con un nivel de significancia del 5% que **SI** existe diferencias significativas entre la Resistencia a la Flexión del Diseño Experimental y el Diseño Patrón al añadir 5% de FAR y refuerzo de acero 1/2" a una edad de 14 días.

3.3.9. Inferencia para Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero

Reciclado y refuerzo de acero de 3/8" a una edad de 14 días

- **Supuesto de Normalidad**

Ho: Los datos provienen de una distribución normal

Ha: Los datos no provienen de una distribución normal

Se aplicó mediante la prueba de Shapiro Wilk

Tabla 71

Pruebas de normalidad – Flexión con refuerzo de acero de 3/8" a 14 días

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
FLEXIÓN CON REFUERZO DE ACERO DE 3/8" A 14 DÍAS	,319	6	,056	,683	6	,004

a. Corrección de significación de Lilliefors

Como el p-valor sig igual a 0.004 es menor a 0.05 entonces no aceptamos la hipótesis nula, por tanto, se concluye que la variable resistencia a la flexión no se distribuyen normalmente.

Entonces para probar la hipótesis se aplicará la prueba no paramétrica U de Mann Whitney para dos muestras independientes.

- **Prueba de Mann-Whitney**

Tabla 72

Estadísticos de prueba flexión con refuerzo de acero de 3/8" a 14 días

Estadísticos de prueba^a	
FLEXIÓN CON REFUERZO DE ACERO DE 3/8" A 14 DÍAS	
U de Mann-Whitney	,000
W de Wilcoxon	6,000
Z	-2,236
Sig. asintótica(bilateral)	,025
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	,100 ^b
a. Variable de agrupación: TIPO DE DISEÑO	
b. No corregido para empates.	

Como el p valor Sig. asintótica de la prueba de U de Mann Whitney es igual a 0.025 y menor a 0.05, entonces rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis del investigador **H_a**.

Decisión: Se concluye estadísticamente con un nivel de significancia del 5%, que existe diferencias significativas entre las resistencias a la flexión del diseño experimenta y el diseño patrón al añadir el 5% de fibra de acero reciclado y refuerzo de acero de 3/8" a una edad de 14 días.

3.3.10. Inferencia para Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero

Reciclado y refuerzo de acero de 4mm a una edad de 14 días

- **Supuesto de Normalidad**

H₀: Los datos provienen de una distribución normal

H_a: Los datos no provienen de una distribución normal

Se aplicó mediante la prueba de Shapiro Wilk

Tabla 73

Pruebas de normalidad – Flexión con refuerzo de acero de 4mm. a 14 días

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
FLEXIÓN CON REFUERZO DE ACERO DE 4mm A 14 DÍAS	,202	6	,200*	,853	6	,167

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.
a. Corrección de significación de Lilliefors

Como el p-valor sig igual a 0.167 es mayor a 0.05 entonces aceptamos la hipótesis nula H_0 , por tanto, se concluye que la variable resistencia a la flexión en ambos grupos se distribuyen normalmente.

- **Supuesto de Homogeneidad de las varianzas**

H_0 : Las varianzas en ambos grupos son iguales

H_a : Las varianzas en ambos grupos no son iguales

La prueba de homogeneidad de varianzas que se prueba a través de la prueba de Levene, se mostrará en la tabla de resultados de la prueba T-Student

- **Resultados de la prueba de Homogeneidad y la prueba t Student**

Tabla 74

Prueba de muestras independientes - Flexión con refuerzo de acero de 4mm. a 14 días.

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas			prueba t para la igualdad de medias					
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
FLEXIÓN CON	Se asumen									
REFUERZO DE	varianzas	,000	1,000	,000	4	1,000	,00000	,40825	-1,13348	1,13348
ACERO DE	iguales									
4mm A 14 DÍAS	No se asumen									
	varianzas			,000	4,000	1,000	,00000	,40825	-1,13348	1,13348
	iguales									

De la prueba de Levene de igualdad de varianzas se nota que el p valor Sig es igual a 0.000 y menor a 0.05, entonces se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto, se concluye estadísticamente que las varianzas en ambos grupos no son iguales.

De la prueba T-Student para muestras independientes donde se no asumen varianzas iguales se nota que el p valor Sig. bilateral es igual a 1.000 y es mayor a 0.05, entonces no rechazamos la hipótesis nula.

Decisión: Se concluye estadísticamente con un nivel de significancia del 5%, que **SI** existe diferencias significativas entre las resistencias a la flexión del diseño experimenta y el diseño patrón al añadir el 5% de fibra de acero reciclado y refuerzo de acero de 4mm a una edad de 14 días.

3.3.11. Inferencia para Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero

Reciclado y refuerzo de acero de 1/2" a una edad de 28 días

Tabla 75

Resultados de los ensayos a la flexión a los 28 días

Identificación	Edad (días)	Módulo de rotura (kg/cm ²)
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 1/2"	28.00	80.34
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 1/2"	28.00	82.15
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 3/8"	28.00	72.77
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 3/8"	28.00	71.74
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 4 mm	28.00	52.99
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 4mm	28.00	53.39
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 1/2"	28.00	72.47
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 1/2"	28.00	73.14
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 3/8"	28.00	65.15
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 3/8"	28.00	65.08
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 4 mm	28.00	50.65
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 4mm	28.00	50.18

- **Supuesto de Normalidad**

Ho: Los datos provienen de una distribución normal

Ha: Los datos no provienen de una distribución normal

Se aplicó mediante la prueba de Shapiro Wilk

Tabla 76

Pruebas de normalidad – Flexión con refuerzo de acero de 1/2" a 28 días

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
FLEXIÓN CON REFUERZO DE ACERO DE 1/2" A 28 DÍAS	,298	6	,104	,783	6	,141

a. Corrección de significación de Lilliefors

Como el p-valor sig. igual a 0.141 es mayor a 0.05 entonces aceptamos la hipótesis nula, por tanto, se concluye que la variable resistencia a la flexión en ambos grupos se distribuyen normalmente.

- **Supuesto de Homogeneidad de las varianzas**

Ho: Las varianzas en ambos grupos son iguales

Ha: Las varianzas en ambos grupos no son iguales

La prueba de homogeneidad de varianzas que se prueba a través de la prueba de Levene, se mostrará en la tabla de resultados de la prueba T-Student

- **Resultados de la prueba de Homogeneidad y la prueba T Student**

Tabla 77

Prueba de muestras independientes - Flexión con refuerzo de acero de 1/2" a 28 días.

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene				prueba t para la igualdad de medias			95% de intervalo de	
		de igualdad de							confianza de la	
		varianzas							diferencia	
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	Inferior	Superior
FLEXIÓN CON REFUERZO DE ACERO DE 1/2" A 28 DÍAS	Se asumen varianzas iguales	1,408	,301	15,148	4	,000	8,44000	,55716	6,89309	9,98691
	No se asumen varianzas iguales			15,148	2,538	,001	8,44000	,55716	6,46955	10,41045

De la prueba de Levene de igualdad de varianzas se nota que el p valor Sig es igual a 0.301 y mayor a 0.05, entonces no se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto, se concluye estadísticamente que las varianzas en ambos grupos si son iguales.

De la prueba T-Student para muestras independientes donde se asumen varianzas iguales se nota que el p valor Sig bilateral es igual a 0.000 y es menor a 0.05, entonces rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis del investigador.

Decisión: Se concluye estadísticamente con un nivel de significancia del 5%, que **SI** existe diferencias significativas entre las resistencias a la flexión del diseño experimenta y el diseño patrón al añadir el 5% de fibra de acero reciclado y refuerzo de acero de 1/2" a una edad de 28 días.

3.3.12. Inferencia para Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 3/8" a una edad de 28 días

- **Supuesto de Normalidad**

Ho: Los datos provienen de una distribución normal

Ha: Los datos no provienen de una distribución normal

Se aplicó mediante la prueba de Shapiro Wilk

Tabla 78

Pruebas de normalidad – Flexión con refuerzo de acero de 3/8" a 28 días

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
FLEXIÓN CON REFUERZO DE ACERO DE 3/8" A 28 DÍAS	,305	6	,085	,795	6	,053

a. Corrección de significación de Lilliefors

Como el p-valor sig igual a 0.053 es mayor a 0.05 entonces aceptamos la hipótesis nula, por tanto, se concluye que la variable resistencia a la flexión en ambos grupos se distribuyen normalmente.

- **Supuesto de Homogeneidad de las varianzas**

Ho: Las varianzas en ambos grupos son iguales

Ha: Las varianzas en ambos grupos no son iguales

La prueba de homogeneidad de varianzas que se prueba a través de la prueba de Levene, se mostrará en la tabla de resultados de la prueba T-Student

- **Resultados de la prueba de Homogeneidad y la prueba t Student**

Tabla 79

Prueba de muestras independientes - Flexión con refuerzo de acero de 3/8" a 28 días

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene		prueba t para la igualdad de medias						
		de igualdad de varianzas						95% de intervalo de confianza de la diferencia		
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	Inferior	Superior
FLEXIÓN CON REFUERZO DE ACERO DE 3/8" A 28 DÍAS	Se asumen varianzas iguales	2,679	,177	12,278	4	,000	6,81000	,55464	5,27008	8,34992
	No se asumen varianzas iguales			12,278	2,208	,004	6,81000	,55464	4,62619	8,99381

De la prueba de Levene de igualdad de varianzas se nota que el p valor Sig es igual a 0.177 y mayor a 0.05, entonces no se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto, se concluye estadísticamente que las varianzas en ambos grupos si son iguales.

De la prueba T-Student para muestras independientes donde se asumen varianzas iguales se nota que el p valor Sig. bilateral es igual a 0.000 y es menor a

0.05, entonces rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis del investigador.

Decisión: Se concluye estadísticamente con un nivel de significancia del 5%, que **SI** existe diferencias significativas entre las resistencias a la flexión del diseño experimental y el diseño patrón al añadir el 5% de fibra de acero reciclado y refuerzo de acero de 3/8" a una edad de 28 días.

3.3.13. Inferencia para Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 4mm a una edad de 14 días

- **Supuesto de Normalidad**

Ho: Los datos provienen de una distribución normal

Ha: Los datos no provienen de una distribución normal

Se aplicó mediante la prueba de Shapiro Wilk

Tabla 80

Pruebas de normalidad – Flexión con refuerzo de acero de 4mm. a 28 días.

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
FLEXIÓN CON REFUERZO DE ACERO DE 4mm A 28 DÍAS	,287	6	,133	,801	6	,059

a. Corrección de significación de Lilliefors

Decisión: Como el p-valor sig. igual a 0.059 es mayor a 0.05 entonces aceptamos la hipótesis nula, por tanto, se concluye que la variable resistencia a la flexión en ambos grupos se distribuyen normalmente.

- **Supuesto de Homogeneidad de las varianzas**

Ho: Las varianzas en ambos grupos son iguales

Ha: Las varianzas en ambos grupos no son iguales

La prueba de homogeneidad de varianzas que se prueba a través de la prueba de Levene, se mostrará en la tabla de resultados de la prueba T-Student

- **Resultados de la prueba de Homogeneidad y la prueba T Student**

Tabla 81

Prueba de muestras independientes - Flexión con refuerzo de acero de 4mm. a 28 días.

Prueba de muestras independientes											
		Prueba de Levene				prueba t para la igualdad de medias				95% de intervalo de confianza de la diferencia	
		de igualdad de varianzas						Diferencia de error estándar		Inferior	Superior
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar			
FLEXIÓN	Se asumen										
CON	varianzas	,037	,857	13,825	4	,000	2,71667	,19650	2,17110	3,26223	
REFUERZO	iguales										
DE ACERO	No se asumen										
DE 4mm A 28	varianzas			13,825	3,998	,000	2,71667	,19650	2,17100	3,26234	
DÍAS	iguales										

De la prueba de Levene de igualdad de varianzas se nota que el p valor Sig es igual a 0.857 y mayor a 0.05, entonces no se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto, se concluye estadísticamente que las varianzas en ambos grupos si son iguales.

De la prueba T-Student para muestras independientes donde se asumen varianzas iguales se nota que el p valor Sig. bilateral es igual a 0.000 y es menor a

0.05, entonces rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis del investigador.

Decisión: Se concluye estadísticamente con un nivel de significancia del 5%, que si existe diferencias significativas entre las resistencias a la flexión del diseño experimental y el diseño patrón al añadir el 5% de fibra de acero reciclado y refuerzo de acero de 4mm a una edad de 28 días.

3.3.14. Resumen Estadístico del Objetivo 2.

Tabla 82

Resultados del análisis estadístico – Objetivo 2

Resumen

Diseño Experimental	Diseño Patrón	Edad en Días	Resultado de la hipótesis H_0	Conclusión
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 1/2"	Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 1/2"	7	Significativo	La influencia de la fibra de acero fue eficiente en la resistencia a la flexión
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 1/2"	Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 1/2"	14	Significativo	La influencia de la fibra de acero fue eficiente en la resistencia a la flexión
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 1/2"	Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 1/2"	28	Significativo	La influencia de la fibra de acero fue eficiente en la resistencia a la flexión
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 3/8"	Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 3/8"	7	Significativo	La influencia de la fibra de acero fue eficiente en la resistencia a la flexión
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 3/8"	Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 3/8"	14	Significativo	La influencia de la fibra de acero fue eficiente en la resistencia a la flexión
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 3/8"	Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 3/8"	28	Significativo	La influencia de la fibra de acero fue eficiente en la resistencia a la flexión

Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 4mm"	Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 4mm"	7	No Significativo	La influencia de la fibra de acero no fue eficiente en la resistencia a la flexión
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 4mm"	Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 4mm"	14	No Significativo	La influencia de la fibra de acero no fue eficiente en la resistencia a la flexión
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 4mm"	Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 4mm"	28	Significativo	La influencia de la fibra de acero no fue eficiente en la resistencia a la flexión

3.4. Análisis del Objetivo 3

3.4.1. Objetivo.

Determinar el costo para la producción de la mezcla de concreto con fibra de acero reciclado con el óptimo comportamiento mecánico a compresión y flexión, en comparación al concreto patrón, elementos estructurales con añadido de fibra de acero reciclado en un diseño de mezcla optimizando $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

Para ello mostramos la siguiente tabla:

Tabla 83

Resultados de los ensayos a la flexión a los 28 días

Identificación	Edad (días)	Módulo de rotura (kg/cm ²)
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 1/2"	28.00	80.34
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 1/2"	28.00	82.15
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 3/8"	28.00	72.77
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 3/8"	28.00	71.74
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 4 mm	28.00	52.99
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 4mm	28.00	53.39
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 1/2"	28.00	72.47
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 1/2"	28.00	73.14
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 3/8"	28.00	65.15
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 3/8"	28.00	65.08
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 4 mm	28.00	50.65
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 4mm	28.00	50.18

Se aprecia que el valor de la flexión del concreto optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 1/2" en promedio (81.24 kg/cm²) es mayor que valor promedio del concreto optimizado con refuerzo de acero de 1/2" (72.81 kg/cm²), en un 10.37%, asimismo, se logra verificar que este último es prácticamente igual que el valor promedio del concreto optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 3/8" (72.26 kg/cm²), siendo superior solo en 0.76%.

Tabla 84

Comparativo de promedio de módulos de rotura a la flexión a los 28 días

Identificación	Promedio Módulo de rotura (kg/cm ²)
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 1/2"	81.24
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 3/8"	72.26
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 1/2"	72.81

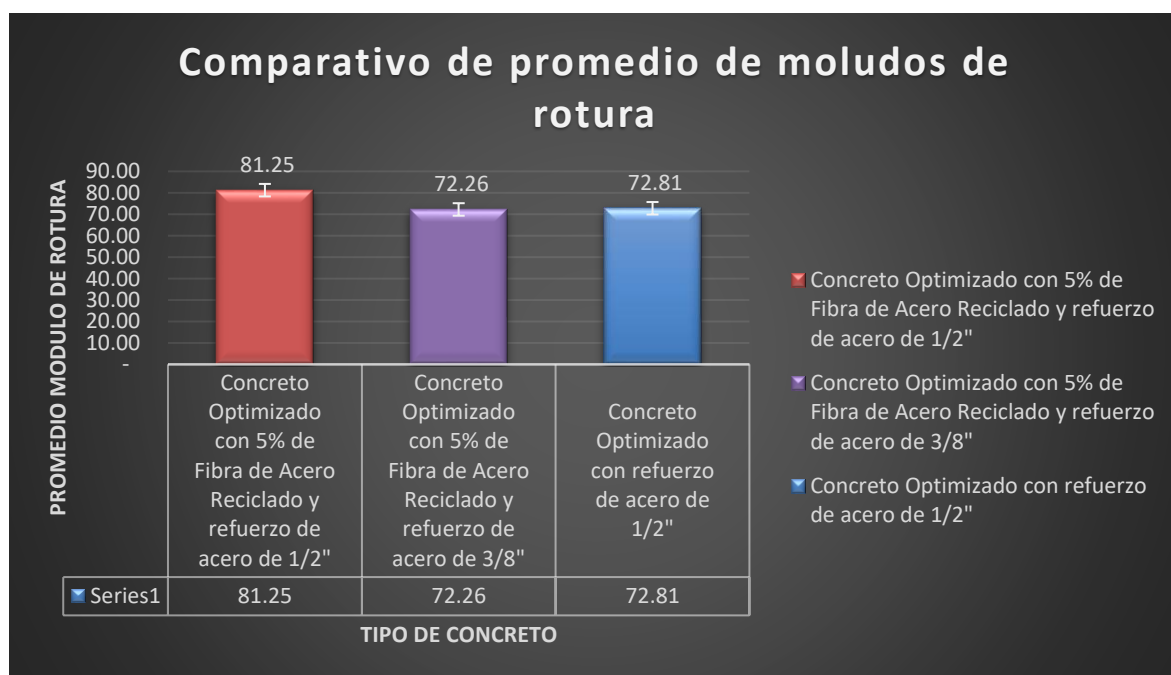


Figure 56: Comparativo de promedio de módulos de rotura a la flexión a los 28 días

La comparación de las probetas prismáticas de ser con un volumen de 0.01125 m³ ha de emplearse refuerzos de acero con un peso promedio:

- Peso refuerzo de acero 1/2 longitudinal con 3 estribos de 1/4" = 2054 gr

- Peso refuerzo de acero 3/8 longitudinal con 3 estribos de 1/4". =1496 gr
- Peso refuerzo de acero 4mm longitudinal con 3 estribos de 4mm. =510 gr

Por lo que, el ahorro en producción por m^3 entre una viga experimental de Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 3/8" con viga de Concreto tradicional con refuerzo de acero de 1/2", se demuestra en el siguiente análisis:

Tabla 85

Análisis de Costos Unitarios por unidad cúbica de concreto de una viga experimental de concreto armado con 5% de fibra de Acero reciclado y refuerzo de acero 3/8"

Partida	Concreto Viga experimental con 5% de fibra de acero reciclado y refuerzo de acero de 3/8"					
	m3	1.0000	EQ.	1.0000	Costo unitario directo por :	1,420.87
					m3	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.
		Mano de Obra				
0147010001	CAPATAZ		HH	0.1853	27.46	5.09
0147010002	OPERARIO		HH	1.8267	23.46	42.85
0147010003	OFICIAL		HH	1.8000	18.56	33.41
0147010004	PEON		HH	6.9267	16.78	116.23
						197.58
		Materiales				
0205000003	PIEDRA CHANCADA DE 1/2"		M3	0.6600	60.00	39.60
0205010004	ARENA GRUESA		M3	0.5200	60.00	31.20
0221000000	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)		BLS	8.0000	22.50	180.00
0239050000	AGUA		M3	0.1860	2.50	0.47
0202000020	FIBRA DE ACERO RECICLADO AL 5%		kg	16.5300	0.15	2.48
0202000008	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 8		KG	0.4000	5.51	2.20
0202010005	CLAVOS PARA MADERA C/C 3"		KG	0.9600	4.12	3.96
0245010001	MADERA TORNILLO INC.CORTE P/ENCOFRADO		P2	55.5000	5.40	299.70
0202000009	PUNTAL METÁLICO TELESCÓPICO, DE HASTA 3m DE ALTURA		Und	0.1110	39.56	4.28
0202000011	PUNTAS DE ACERO DE 20x100 mm		kg	0.1670	20.20	3.37
0202000012	AGENTE DESMOLDANTE, A BASE DE ACEITES ESPECIALES, EMULSIONABLE EN AGUA PARA		lt	0.1260	6.33	0.80

ENCOFRADOS METÁLICOS, FENÓLICOS O DE MADERA						
0202000013	SEPARADOR HOMOLOGADO DE VIGAS	Und	4.0000	0.23	0.92	
0202000007	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16	KG	3.5037	5.51	19.31	
0203030031	FIERRO CO. FY=4200 KG/CM2 G-60 Y3/8"	KG	132.9778	4.38	582.44	
0239020020	HOJA DE SIERRA	PZA	3.9417	3.60	14.19	
						1,184.91
Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%	2.000	1,382.49	27.65	
0349070004	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40"	HM	0.5280	5.63	2.97	
0349100007	MEZCLADORA CONCRETO TAMBOR 18HP 11P3	HM	0.8000	9.60	7.68	
0348960003	CIZALLA PARA FIERRO 3/4"	HM	0.0133	5.85	0.08	
						38.38

Fuente propia

Tabla 86

Análisis de costos unitarios por unidad cúbica de concreto de una viga de concreto tradicional y refuerzo de acero de 1/2"

Partida	Concreto de una viga de concreto tradicional y refuerzo de acero de 1/2"					
	m3	1.0000	EQ.	1.0000	Costo unitario directo por : m3	1,664.89
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0147010001	CAPATAZ	HH		0.1853	27.46	5.09
0147010002	OPERARIO	HH		1.8267	23.46	42.85
0147010003	OFICIAL	HH		1.8000	18.56	33.41
0147010004	PEON	HH		6.9267	16.78	116.23
						197.58
Materiales						
0205000003	PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	M3		0.6600	60.00	39.60
0205010004	ARENA GRUESA	M3		0.4900	60.00	29.40
0221000000	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	BLS		8.6100	22.50	193.73
0239050000	AGUA	M3		0.1900	2.50	0.48
0202000008	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 8	KG		0.4000	5.51	2.20
0202010005	CLAVOS PARA MADERA C/C 3"	KG		0.9600	4.12	3.96
0245010001	MADERA TORNILLO INC.CORTE P/ENCOFRADO	P2		55.5000	5.40	299.70
0202000009	PUNTAL METÁLICO TELESCÓPICO HASTA 3m DE ALTURA	Und		0.1110	38.56	4.28
0202000011	PUNTAS DE ACERO DE 20x100 mm	kg		0.1670	20.20	3.37
0202000012	AGENTE DESMOLDANTE, EMULSIONABLE EN AGUA	lt		0.1260	6.33	0.80

0202000013	SEPARADOR HOMOLOGADO DE VIGAS	Und	4.0000	0.23	0.92
0202000007	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16	KG	4.8144	5.51	26.53
0203030031	FIERRO CO. FY=4200 KG/CM2 G-60 Y3/8"	KG	182.5758	4.38	799.85
0239020020	HOJA DE SIERRA	PZA	5.4162	3.60	19.50
					1,424.15
Equipos					
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%	2.0000	1,621.73	32.43
0349070004	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40"	HM	0.5280	5.63	2.97
0349100007	MEZCLADORA CONCRETO TAMBOR 18HP 11P3	HM	0.8000	9.60	7.68
0348960003	CIZALLA PARA FIERRO 3/4"	HM	0.0133	5.85	0.08
					43.16

Fuente propia

Tabla 87

Comparativo Análisis de costos unitarios entre viga experimental de concreto armado más 5% de fibra de acero reciclado con refuerzo de acero de 3/8", y viga de concreto tradicional con refuerzo de acero de 1/2".

Descripción	COSTO DIRECTO	DIFERENCIA	PORCENTAJE	DIFERENCIA PORCENTUAL
Viga exp. de concreto armado con 5% de fibra de acero reciclado y refuerzo de acero de 3/8"	S/1,420.87		85.34%	
Viga de concreto tradicional y refuerzo de acero de 1/2"	S/1,664.89	S/244.02	100%	14.66%

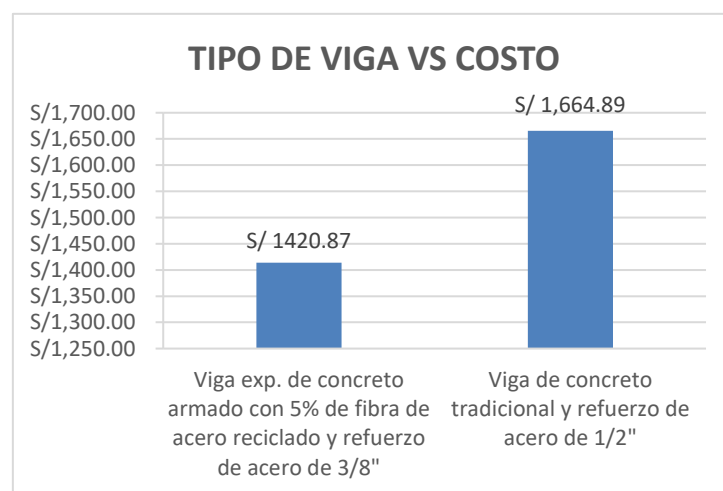


Figure 57: Tipo de Viga Vs Costo

Fuente propia

CAPITULO IV. DISCUSIONES Y CONCLUSIONES

4.1. Discusiones.

Respecto al objetivo 1, se puede referir a Sarta (2017), en la tesis “ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE EL CONCRETO SIMPLE Y EL CONCRETO CON ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO AL 4% Y 6%”, se verificó que la resistencia a compresión incrementó en un 17.65% alcanzando su $f'c = 305 \text{ kg/cm}^2$, en este caso se trabajó sin optimizar el $f'c$ según la norma ACI 211; asimismo, las fibras utilizadas no son recicladas; sin embargo, en esta investigación el concreto con 5% de añadido de fibra de acero reciclado, tiene un $f'c$ de 232.50 kg/cm^2 con optimización del $f'c$; además, este material añadido es reciclado.

Por otro lado, para los objetivos 2 y 3, ninguno de los antecedentes menciona algo sobre la flexión de la muestra armada del concreto experimental, que, en este caso, más eficiente viene a ser el concreto con 5% de añadido y una armadura de acero de $3/8''$, asimismo, un análisis profundo del costo de producción del mismo.

4.2. Conclusiones.

- ✓ De acuerdo a la determinación de la influencia de la fibra de acero reciclado en la resistencia a la compresión del concreto para elementos estructurales con añadido de fibra de acero reciclado en un diseño de mezcla optimizando $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, se puede concluir que con un nivel de significancia del 5% , a los 7, 14 y 28 días la influencia de añadir 5% de fibra de acero reciclado fue eficiente en el incremento a la resistencia a la compresión del concreto en un 6.65% de mejora a los 28 días, con respecto al diseño patrón optimizado, mientras que en los otros dos tratamientos del 10% y 15% de fibra de acero

reciclado tuvieron un efecto negativo, con una reducción del 6 % y 12.4% respectivamente, en relación al concreto patrón optimizado

- ✓ De acuerdo a la determinación de la influencia de la fibra de acero reciclado en la resistencia a la flexión del concreto para viguetas de concreto armado con añadido de fibra de acero reciclado en un diseño de mezcla optimizando $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, a una edad de 7, 14 y 28 días y con un nivel de significancia del 5%, existe diferencias significativas eficientes entre las resistencias a la flexión del diseño experimental y el diseño patrón, al añadir el 5% de fibra de acero reciclado y refuerzo de acero de 1/2" y 3/8" y por último no existe diferencias significativas eficiente entre las resistencias a la flexión del diseño experimental y el diseño patrón al añadir el 5% de fibra de acero reciclado y refuerzo de acero de 4mm .
- ✓ Para el objetivo donde se analiza el costo de producción, se aprecia en la tabla N° 87 , donde se realiza el comparativo de Análisis de Costos Unitarios entre viga experimental de concreto armado más 5% de fibra de acero reciclado con refuerzo de acero de 3/8" , y viga de concreto tradicional con refuerzo de acero de 1/2", donde se obtuvo como resultado, el precio por metro cúbico para la viga experimental de concreto armado con 5% de fibra de acero reciclado y refuerzo de acero de 3/8" siendo **S/1,420.87**, mientras que para la viga de concreto tradicional y refuerzo de acero de 1/2" es de **S/1,664.89**, es decir, se puede apreciar una diferencia de **S/244.02** soles entre ambas opciones a favor de la primera, asimismo, una diferencia porcentual de 14.66% con respecto de la viga de concreto tradicional y refuerzo de acero de 1/2".

4.3. Recomendaciones.

- ✓ Optimizar un diseño de mezcla a una resistencia a la compresión ajustada al 50 % de la constante indicada por la norma ACI 211, debe ser controlada por personal calificado al momento de su elaboración.
- ✓ Desarrollar ensayos de probetas cilíndricas para hallar el porcentaje de añadido óptimo de fibra de acero reciclado en relación al diseño patrón, de manera que se alcance la resistencia máxima en un rango de 5 a 10% de fibra de acero reciclado en relación a la cantidad del cemento.
- ✓ Seleccionar uniformemente la fibra de acero reciclado en cuanto tamaño y forma para una mejor trabajabilidad durante el mezclado según norma ACI 318.

REFERENCIAS

Abdullah M. y Jallo E. (2011). “Mechanical Properties of Glass Fiber Reinforced Concrete”.

Department of Civil Engineering. University of Mosul.

BEKAERT. (s.f.). Fibras de acero Dramix® 3D para refuerzo de hormigón. Obtenido de

[http://www.bekaert.com/es-MX/productos/construccion/refuerzo-de-](http://www.bekaert.com/es-MX/productos/construccion/refuerzo-de-hormigon/fibras-de-acero-dramix-3d-para-refuerzo-de-hormigon)

[hormigon/fibras-de-acero-dramix-3d-para-refuerzo-de-hormigon](http://www.bekaert.com/es-MX/productos/construccion/refuerzo-de-hormigon/fibras-de-acero-dramix-3d-para-refuerzo-de-hormigon)

BELTRÁN L., “Hormigón reforzado con fibras de polipropileno”, Tesis de Grado de la

Escuela Politécnica Nacional, pp. 6, 12, 14, 39, 62, Quito, (1986).

CAMANIERO, R., “Dosificación de Mezclas”, p. 48, Quito, (2006).

Castiblanco C. D. y Carrero L. A. (2015). “Estudio Teórico y Experimental del

Comportamiento del Hormigón con Materiales no Convencionales: Fibras de vidrio y

Fibras de carbono, Sometido a Esfuerzos de Compresión”. Universidad Católica de

Colombia. Bogotá.

Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras y Comerciales No Arancelarias.

Cementos: definiciones y nomenclaturas. NTP 334.001. Lima: INDECOPI, 2011. 9pp.

Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras y Comerciales No Arancelarias.

Requisitos de calidad del agua para el concreto. NTP 339.088. Lima: INDECOPI,

2014. 13pp.

Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras y Comerciales No Arancelarias.

Unidades de albañilería: métodos de muestreo y ensayos de unidades de albañilería de

concreto. NTP 399.604. Lima: INDECOPI, 2002. 16pp.

Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras y Comerciales No Arancelarias.

Unidades de albañilería: bloque de concreto para uso estructural. NTP 399.602. Lima:

INDECOPI, 2002. 20pp.

García, I. (2015). Tecnología del concreto. [En línea]. Recuperado de

<http://tecnconcreto2015irvingarcia.blogspot.pe>

Fernández Cánovas, M. (1981). Hormigones Reforzados con Fibras de Acero. Madrid.

HANNANT, L., (1994), "Fiber – Reinforced Cements and Concrets". En: ILLSTON, J.,

"Materiales de Construcción; su naturaleza y problemas", p. 359, Londres, (2002).

INDECOPI. N T P 339.035. Método de ensayo para la medición del asentamiento del

concreto de cemento Portland. Lima: 2009.

INDECOPI. N T P 339.036. Practica normalizada para muestreo de mezclas de concreto

fresco. Lima: 2011.

INDECOPI. N T P 339.077. Métodos de ensayo normalizado para la exudación del

hormigón (concreto). Lima, 2003

Luna G., Orosco M., Ramos N. (2017). Análisis de precios unitarios. En Revista Costos,

(278.^a ed) pp.85-124.

MACAFFERI. (2007). Fibras como Elemento Estructural para el Refuerzo del Hormigón.

Brasilia.

Moretti, J. (2016). 7 materiales de construcción inusuales pero increíbles. [En línea].

Recuperado de https://www.homify.com.ar/libros_de_ideas/520535/7-materiales-de-construccion-inusuales-pero-increibles

Pasquel, E. (1998). Tópicos de la Tecnología de Concreto. Lima: Colegio de Ingenieros del

Perú.

TAYLOR, G., "Materials in Construction", p. 284, Londres, Segunda Edición, (1994).

Wight, J., & MacGregor, J. (2011). Reinforced Concrete. Mechanics and design. New Jersey: Pearson.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de Consistencia

ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO PARA ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE CONCRETO ARMADO CON AÑADIDO DE FIBRA DE ACERO RECICLADO EN UN DISEÑO DE MEZCLA OPTIMIZANDO $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables $y=f(x)$	Indicadores	Diseño de la investigación
	<p>Problema general: ¿ De qué manera elaborar un análisis técnico económico para elementos estructurales de concreto armado con añadido de fibra de acero reciclado en un diseño de mezcla optimizando $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$?</p>	<p>Objetivo general: Elaborar el análisis técnico económico para elementos estructurales de concreto armado con añadido de fibra de acero reciclado en un diseño de mezcla optimizando $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$</p>	<p>Hipótesis general: Hipótesis Nula (Ho): La elaboración del análisis técnico económico para elementos estructurales con añadido de fibra de acero reciclado en un diseño de mezcla optimizando $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, no permitió identificar y/o demostrar si responde igual o mejor que el concreto convencional. Hipótesis Alterna(Ha): La elaboración del análisis técnico económico para elementos estructurales con añadido de fibra de acero reciclado en un diseño de mezcla optimizando $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, sí permitió identificar y/o demostrar si responde igual o mejor que el concreto convencional.</p>	<p>Variable dependiente (y): Análisis técnico económico para elementos estructurales a ensayar <u>DIMENSIONES</u> D1. Propiedades del concreto fresco. D2. Propiedades del concreto endurecido. D3. Resistencia a la compresión. D4: Resistencia a la flexión D5: Fibras de acero reciclado D6: Agregado grueso D7: Agregado fino</p>	<p>Asentamiento Peso unitario Esfuerzo Módulo de ruptura Deformación unitaria Volumen</p>	<p>Tipo: Investigación Aplicada. Método: Enfoque Cuantitativo Diseño: cuasi experimental. En tiempo: Transversal</p>
	<p>Problemas específicos: ¿ ¿Cómo influye la fibra de acero reciclado en la resistencia a la compresión del concreto para elementos estructurales con añadido de fibra de acero reciclado en un diseño de mezcla optimizando $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$? ¿Cómo influye la fibra de acero reciclado en la resistencia a la flexión del concreto para</p>	<p>Objetivos específicos: Determinar la influencia de la fibra de acero reciclado en la resistencia a la compresión del concreto para elementos estructurales con añadido de fibra de acero reciclado en un diseño de mezcla optimizando $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.</p>	<p>Hipótesis específicas: Hipótesis Nula (Ho): La influencia de la fibra de acero reciclado no fue eficiente en la resistencia a la compresión del concreto para elementos estructurales con añadido de fibra de acero reciclado en un diseño de mezcla optimizando $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ Hipótesis Alterna (Ha): La influencia de la fibra de acero</p>	<p>Variable independiente (x): Concreto con adición de fibras de acero reciclado en un diseño de mezcla optimizando $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$</p>	<p>Porcentaje de adición Granulometría $F'c \text{ (kg/cm}^2)$</p>	

<p>viguetas de concreto armado con añadido de fibra de acero reciclado en un diseño de mezcla optimizando $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$?</p> <p>¿Cuál vendría a ser el costo para la producción de la mezcla de concreto con fibra de acero reciclado que da el óptimo comportamiento mecánico a compresión y flexión en comparación al concreto patrón para elementos estructurales con añadido de fibra de acero reciclado en un diseño de mezcla optimizando $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$?</p>	<p>Determinar la influencia de la fibra de acero reciclado en la resistencia a flexión de concreto para viguetas de concreto armado con añadido de fibra de acero reciclado en un diseño de mezcla optimizando $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.</p> <p>Determinar el costo para la producción de la mezcla de concreto con fibra de acero reciclado con el óptimo comportamiento mecánico a compresión y flexión, en comparación al concreto patrón, elementos estructurales con añadido de fibra de acero reciclado en un diseño de mezcla optimizando $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.</p>	<p>reciclado si fue eficiente en la resistencia a la compresión del concreto para elementos estructurales con añadido de fibra de acero reciclado en un diseño de mezcla optimizando $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$.</p> <p>Hipótesis Nula (H_0): La influencia de la fibra de acero reciclado no fue eficiente en la resistencia a la flexión del concreto para viguetas de concreto armado con añadido de fibra de acero reciclado en un diseño de mezcla optimizando $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.</p> <p>Hipótesis Alterna (H_a): La influencia de la fibra de acero reciclado sí fue eficiente en la resistencia a la flexión del concreto para viguetas de concreto armado con añadido de fibra de acero reciclado en un diseño de mezcla optimizando $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.</p> <p>Hipótesis Nula (H_0): El costo para la producción de la mezcla de concreto con fibra de acero reciclado con el óptimo comportamiento mecánico a compresión y flexión ,no es más barato en comparación al concreto patrón, para elaborar elementos estructurales con añadido de fibra de acero reciclado en un diseño de mezcla optimizando $f'c =210 \text{ kg/cm}^2$.</p> <p>Hipótesis Alterna (H_a): El costo para la producción de la mezcla de concreto con fibra de acero reciclado con el óptimo comportamiento mecánico a compresión y</p>			
---	--	---	--	--	--

		flexión , es más barato en comparación al concreto patrón, para elaborar elementos estructurales con añadido de fibra de acero reciclado en un diseño de mezcla optimizando $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.			
--	--	---	--	--	--

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 2: Certificados de laboratorio

ENSAYOS DE CONTROL DE CALIDAD DEL AGREGADO FINO

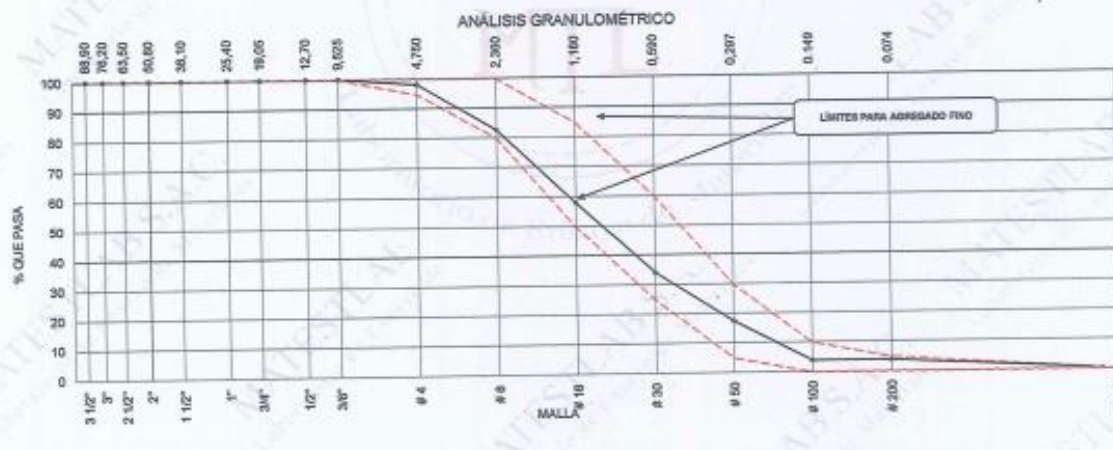
PROYECTO	ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO PARA ELEMENTOS ESTRUCTURALES CON AÑADIDO DE FIBRA DE ACERO RECICLADO EN UN DISEÑO DE MEZCLA OPTIMIZADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	REGISTRO N°: 2020 - TS48
SOLICITANTE	JORGE RICARDO CRISPIN DORIA / CARLOS JAVIER MACALOPU PURISACA	REALIZADO POR: J. Escobedo
CÓDIGO DE PROYECT	---	REVISADO POR: H. Flores
UBICACIÓN DE PROYE	Desarrollado en las instalaciones de MATESTLAB SAC	FECHA DE VACIADO: 27/11/2020
FECHA DE EMISIÓN	30/11/2020	TURNO: Diurno




Código de Muestra	---
Lote	---
N° de Muestra	---
Progresiva	---


AGREGADO FINO ASTM C33 - ARENA CRUESA							
Malla	Peso Ret. (g)	Peso Ret. (%)	% Ret. Acum. (%)	% Peso Acum.	ASTM "LIM SUP"	ASTM "LIM INF"	
4"	101,00 mm	0,0	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00
3 1/2"	88,90 mm	0,0	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00
3"	76,20 mm	0,0	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00
2 1/2"	63,50 mm	0,0	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00
2"	50,80 mm	0,0	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00
1 1/2"	38,10 mm	0,0	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00
1"	25,40 mm	0,0	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00
3/4"	19,05 mm	0,0	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00
1/2"	12,70 mm	0,0	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00
3/8"	9,53 mm	0,0	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00
# 4	4,75 mm	12,2	1,88	1,88	88,12	85,00	100,00
# 8	2,36 mm	101,2	15,56	17,44	82,56	80,00	100,00
# 16	1,18 mm	160,5	24,69	42,12	57,88	50,00	85,00
# 30	0,60 mm	155,2	23,87	65,98	34,02	25,00	60,00
# 50	0,30 mm	108,2	16,64	82,62	17,38	5,00	30,00
# 100	0,15 mm	89,0	13,69	96,31	3,69	0,00	10,00
# 200	0,07 mm	0,0	0,00	96,31	3,69	0,00	5,00
Fondo	0,01 mm	34,0	3,69	100,00	0,00	0,00	0,00


CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
P. Específ. de Masa Seco (kg/m ³)	2700,000
P. Específ. de Masa BSS (kg/m ³)	2787,916
P. Específ. de Masa Aparente (kg/m ³)	2858,377
P. Unitario Compactado (kg/m ³)	1810
P. Unitario Suelto (kg/m ³)	1560
Absorción (%)	1,58
Contenido de Humedad (%)	2,00
Módulo de Flexión	3,06
% < Malla N° 200 (0,75 µm)	2,54


ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO



MATESTLAB SAC		
REALIZADO POR	VERIFICADO POR	AUTORIZADO POR
 MATESTLAB S.A.C. Laboratorio de Ensayo de Materiales	Nombre y firma:  HENRY W. SANTIAGO FLORES INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 205749 MATESTLAB S.A.C.	Nombre y firma:  MATESTLAB S.A.C. RUC: 29004758572 NICOLE OLUMPA BARRETO GERENTE GENERAL


Jr. Arequipa 3197, San Martin de Porres


948650513
912462558


informes@laboratoriomatestlab.com
www.laboratoriomatestlab.com

ENSAYOS DE CONTROL DE CALIDAD DEL AGREGADO GRUESO


PROYECTO	ANÁLISIS TÉCNICO (ECONÓMICO PARA ELEMENTOS ESTRUCTURALES CON AÑADIDO DE FIBRA DE ACERO REICLADO EN UN DISEÑO DE MEZCLA OPTIMIZADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$)	REGISTRO N°:	2020 - TS48
SOLICITANTE	JORGE RICARDO CRISPIN DORIA / CARLOS JAVIER MACALOPU PURISACA	REALIZADO POR :	J. Escobedo
CÓDIGO DE PROYECTO	---	REVISADO POR :	H. Flores
UBICACIÓN DE PROYECTO	Desarrollado en las instalaciones de MATESTLAB S.A.C	FECHA DE VACIADO :	27/11/2020
FECHA DE EMISIÓN	30/11/2020	TURNO :	Diumo



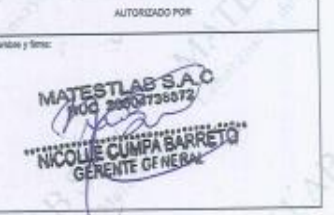
Código de Muestra	---
Lote	---
N° de Muestra	---
Progresiva	---





AGREGADO GRUESO ASTM C33 HUSO # 67					
Malta	Peso Ret. (gr)	Peso Ret. (%)	Peso-Ret. Acum. (%)	ASTM "LIM SUP"	ASTM "LIM INF"
4"	101,60 mm	0,00	0,00	100,00	100,00
3 1/2"	88,90 mm	0,00	0,00	100,00	100,00
3"	76,20 mm	0,00	0,00	100,00	100,00
2 1/2"	63,50 mm	0,00	0,00	100,00	100,00
2"	50,80 mm	0,00	0,00	100,00	100,00
1 1/2"	38,10 mm	0,00	0,00	100,00	100,00
1"	25,40 mm	0,0	0,00	100,00	100,00
3/4"	19,05 mm	65,2	1,16	98,84	90,00
1/2"	12,70 mm	2234,5	39,62	40,77	50,00
3/8"	9,53 mm	1610,2	28,55	69,32	30,68
# 4	4,75 mm	1690,2	28,97	99,29	0,71
# 8	2,36 mm		0,00	99,29	0,71
# 16	1,18 mm		0,00	99,29	0,71
# 30	0,59 mm		0,00	99,29	0,71
# 50	0,30 mm		0,00	99,29	0,71
# 100	0,15 mm		0,00	99,29	0,71
# 200	0,07 mm		0,00	99,29	0,71
Fondo	0,01 mm	40,2	0,71	100,00	0,00

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
P. Especif. de Masa Seco (kg/m ³)	2568,867
P. Especif. de Masa SSS (kg/m ³)	2612,994
P. Especif. de Masa Aparente (kg/m ³)	2639,234
P. Unitario Compactado (kg/m ³)	1885
P. Unitario Suelto (kg/m ³)	1525
Absorción (%)	0,62
Tamaño Máximo	1"
Tamaño Máximo Nominal	3/4"
Módulo de Fineza	6,66
% < Malla N° 200 (0,75 µm)	0,17
Contenido de Humedad (%)	1,50

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO



MATESTLAB S.A.C		
<p>REALIZADO POR</p> <p>Nombre y firma:</p>  <p>MATESTLAB S.A.C Laboratorio de Ensayo de Materiales</p>	<p>VERIFICADO POR</p> <p>Nombre y firma:</p>  <p>HENRY W. SANTIAGO FLORES INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 206749 MATESTLAB S.A.C.</p>	<p>AUTORIZADO POR</p> <p>Nombre y firma:</p>  <p>MATESTLAB S.A.C REG 2002736872 NICOLIE CUMPA BARRETO GERENTE GENERAL</p>

 Jr. Arequipa 3197, San Martín de Porres	 948650513  912462558	 informes@laboratoriomatestlab.com www.laboratoriomatestlab.com
---	--	---

DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO
MÉTODO DEL AGI 211

PROYECTO: ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO PARA ELEMENTOS ESTRUCTURALES CON AÑADIDO DE FIBRA DE ACERO REICLADO EN UN DISEÑO DE MEZCLA OPTIMIZADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ REGISTRO N°: 2020 - T948

SOLICITANTE: JORGE RICARDO CRISPIN DORIA / CARLOS JAVIER MACALOPU PURISACA REALIZADO POR: J. Escobedo

CÓDIGO DE PROYECTO: --- REVISADO POR: H. Flores

UBICACIÓN DE PROYECTO: Desmontado en las instalaciones de MATESTLAB SAC FECHA DE VACIADO: 01/12/2020

FECHA DE EMISIÓN: 01/12/2020 TURNO: Diurno

Agregado: Ag. Grueso / Ag. Fino $f'c$ de diseño: 210 kg/cm²

Procediendo: AGREGADOS DE FERRETERIA Acabamiento: 3" - 4"

Cemento: Cemento SOL Tipo 1 Código de mezcla: PATRON

1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN REQUERIDA $f'_{cr} = 204$

2. RELACIÓN AGUA CEMENTO $R_{ac} = 0.58$

3. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA Agua = 200 L

4. CANTIDAD DE AIRE ATRAPADO Aire = 3.0%

5. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE CEMENTO Cemento = 366 kg

6. FACTOR CEMENTO Bolsas x m³ = 8.8 Bolsas

7. CÁLCULO DEL VOLUMEN DE AGREGADOS

INGREDIENTE	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO	HUMEDAD	ABSORCIÓN	MÓD. FINIZA	P.U. SUELTO	TM
Cemento SOL Tipo 1	3150 kg/m ³	0.1162 m ³					
Agua	1000 kg/m ³	0.2000 m ³					
Aire	---	0.0200 m ³					
Agregado grueso	2587 kg/m ³	---	1.07%	6.62%	0.56	1525	3M
Agregado fino	2750 kg/m ³	---	3.88%	1.39%	2.00	1568	
Volumen de pasta		0.3412 m ³					
Volumen de agregados		0.6966 m ³					

8. PROPORCIÓN DE AGREGADOS SECOS
Agregado grueso = 0.3528 m³ = 904 kg
Agregado fino = 0.2700 m³ = 759 kg



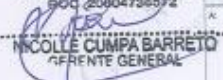
9. PESO HÚMEDO DE LOS AGREGADOS - CORRECCIÓN POR HUMEDAD
Agregado grueso 1019 kg
Agregado fino 779 kg

10. AGUA EFECTIVA CORREGIDA POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD
Agua 188 L

11. VOLUMEN DE TANDA DE PRUEBA 0.03 m³
Cemento SOL Tipo 1 10.99 kg
Agua 5.55 L
Agregado grueso 30.30 kg
Agregado fino 23.36 kg
Slump Obtenido 3"

12. PROPORCIÓN EN VOLUMEN DE OBRA
CEM A.F. AG. AGUA
1 : 2.1 : 2.78 : 21.8 L / bolsa

OBSERVACIONES:
* Muestras provisionales a identificadas por el solicitante.
* Prohíbe la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de MATESTLAB SAC

MATESTLAB SAC			
TECNICO LEM	DISEÑO	COC - LEM	D
 MATESTLAB SAC <small>Laboratorio de Ensayo de Materiales</small>	 HENRY W. SANTIAGO FLORES INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 205749 MATESTLAB S.A.C.	 MATESTLAB S.A.C. RUC 20904736072 NICOLÉ CUMPA BARRETO GERENTE GENERAL	

Jr. Arequipa 3197, San Martín de Porres 948650513 / 912462558 informes@laboratoriomatestlab.com / www.laboratoriomatestlab.com

DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO MÉTODO DEL ACI 211

<p>PROYECTO : ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO PARA ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE CONCRETO ARMADO CON AÑADIDO DE FIBRA DE ACERO REICLADO EN UN DISEÑO DE MEZCLA OPTIMIZANDO $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$</p> <p>SOLICITANTE : JORGE RICARDO CRISPIN DORIA I CARLOS JAVIER MACALOPU PURISACA</p> <p>CODIGO DE PROYECTO : ---</p> <p>UBICACIÓN DE PROYECTO : Desarrollado en las instalaciones de MATESTLAB S.A.C</p> <p>FECHA DE EMISIÓN : 01/12/2020</p>	<p>REGISTRO N°: 2020 - TS48</p> <p>REALIZADO POR : J. Escobedo</p> <p>REVISADO POR : H. Flores</p> <p>FECHA DE VACIADO : 01/12/2020</p> <p>TURNO : Diurno</p>	
<p>Agregado : Ag. Grueso / Ag. Fino</p> <p>Procedencia : AGREGADOS DE FERRETERIA</p> <p>Cemento : Cemento SOL Tipo 1</p>	<p>$f'c$ de diseño: 210 kg/cm²</p> <p>Asentamiento: 3" - 4"</p> <p>Código de mezcla: D. P. OPTIMIZADO</p>	

1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN REQUERIDA

$f'_{cr} = 210$

2. RELACIÓN AGUA CEMENTO

$R_{a/c} = 0.62$

3. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA

Agua = 206 L

4. CANTIDAD DE AIRE ATRAPADO

Aire = 2.0%

5. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE CEMENTO

Cemento = 331 kg

6. FACTOR CEMENTO

Bolsas x m³ = 7.8 Bolsas

7. CÁLCULO DEL VOLUMEN DE AGREGADOS

INSUMO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO					
Cemento SOL Tipo 1	3150 kg/m ³	0.1050 m ³					
Agua	1000 kg/m ³	0.2050 m ³					
Aire	---	0.0250 m ³					
			HUMEDAD	ABSORCIÓN	MOD. FINEZA	P. U. SUELTO	TM
Agregado grueso	2697 kg/m ³	---	1.60%	0.62%	6.66	1525	3M
Agregado fino	2750 kg/m ³	---	2.60%	1.38%	3.05	1590	-
Volumen de pasta		0.3300 m ³					
Volumen de agregados		0.6700 m ³					

8. PROPORCIÓN DE AGREGADOS SECOS

Agregado grueso = 0.3628 m³ = 994 kg

Agregado fino = 0.2872 m³ = 790 kg

9. PESO HÚMEDO DE LOS AGREGADOS - CORRECCIÓN POR HUMEDAD

Agregado grueso 1010 kg

Agregado fino 810 kg

10. AGUA EFECTIVA CORREGIDA POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD

Agua 186 L

11. VOLUMEN DE TANDA DE PRUEBA 0.05 m³

Cemento SOL Tipo 1 5.82 kg

Agua 5.57 L

Agregado grueso 30.30 kg

Agregado fino 24.31 kg

Slump Obtenido 4"


12. PROPORCIÓN EN VOLUMEN DE OBRA

CEM A.F. A.G. AGUA

1 : 2.5 : 3.05 : 23.9 L/ bolsa

OBSERVACIONES:

- * Muestras provistas e identificadas por el solicitante
- * Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de MATESTLAB S.A.C

	<p>MATESTLAB S.A.C</p> <p>REGISTRO N° 1111111111</p> <p>HENRY W. SANTIAGO FLORES</p> <p>INGENIERO CIVIL</p> <p>Reg. CIP N° 205749</p> <p>MATESTLAB S.A.C.</p>	<p>MATESTLAB S.A.C</p> <p>RUC 20904736572</p> <p>NICOLLE CUMPA BARRETO</p> <p>GERENTE GENERAL</p>
---	--	--

Jr. Arequipa 3197, San Martín de Porres

948650513
912462558

informes@laboratoriomatestlab.com
www.laboratoriomatestlab.com

DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO MÉTODO DEL ACI 211

REGISTRO N°: 2020 - TS48

PROYECTO: ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO PARA ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE CONCRETO ARMADO CON AÑADIDO DE FIBRA DE ACERO RECICLADO EN UN DISEÑO DE MEZCLA OPTIMIZANDO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

SOLICITANTE: JORGE RICARDO CRISPIN DORIA / CARLOS JAVIER MACALOPU PURISACA

CÓDIGO DE PROYECTO: ---

UBICACIÓN DE PROYECTO: Desarrollado en las instalaciones de MATESTLAB SAC

FECHA DE EMISIÓN: 01/12/2020

REALIZADO POR: J. Escobedo

REVISADO POR: H. Flores

FECHA DE VACIADO: 01/12/2020

TURNO: Diurno

Agregado: Ag. Grueso / Ag. Fino

Procedencia: AGREGADOS DE FERRETERIA

Cemento: Cemento SOL Tipo 1

F'c de diseño: 210 kg/cm²

Asentamiento: 3" - 4"

Código de mezcla: D. P. O. 5% F.A.R.

1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN REQUERIDA
 $F'_{cr} = 250$

2. RELACIÓN AGUA CEMENTO
 $R_{a/c} = 0,62$

3. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA
Agua = 205 L

4. CANTIDAD DE AIRE ATRAPADO
Aire = 2,5%

5. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE CEMENTO
Cemento = 331 kg

6. FACTOR CEMENTO
Bolsas x m³ = 7,8 Bolsas

7. CÁLCULO DE FIBRA DE ACERO RECICLADO
16,53 kg x m³ = 5,0% / Cto

8. CÁLCULO DEL VOLUMEN DE AGREGADOS

INSUMO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO
Cemento SOL Tipo 1	3150 kg/m ³	0,1050 m ³
Agua	1000 kg/m ³	0,2050 m ³
Aire	---	0,0250 m ³
Volumen de pasta		0,3300 m ³
Volumen de agregados		0,5700 m ³

	HUMEDAD	ABSORCIÓN	MÓD. FINEZA	P. U. SUELTO	TM
Agregado grueso	2597 kg/m ³	---	1,80%	0,52%	6,66
Agregado fino	2750 kg/m ³	---	2,50%	1,36%	3,06
Volumen de pasta		0,3300 m ³			
Volumen de agregados		0,5700 m ³			

9. PROPORCIÓN DE AGREGADOS SECOS

Agregado grueso = 0,3828 m³ = 994 kg

Agregado fino = 0,2872 m³ = 780 kg

10. PESO HÚMEDO DE LOS AGREGADOS - CORRECCIÓN POR HUMEDAD

Agregado grueso 1010 kg

Agregado fino 810 kg

11. AGUA EFECTIVA CORREGIDA POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD

Agua 185 L

12. VOLUMEN DE TANDA DE PRUEBA 0,03 m³

Cemento SOL Tipo 1 9,92 kg

Agua 5,57 L

Agregado grueso 30,30 kg

Agregado fino 24,21 kg

Slump Obtenido 3"

Fibra de acero reciclado 0,50 kg



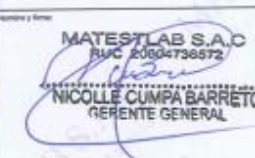
13. PROPORCIÓN EN VOLUMEN DE OBRA

CEM A.F. A.G. AGUA

1 : 2,5 : 3,06 : 23,9 L / bolsa

OBSERVACIONES:

- Muestras previstas e identificadas por el solicitante
- Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de MATESTLAB SAC

MATESTLAB SAC			
TECNICO LEM	D	JEFE LEM	ODC-LEM
 Nombre y Firma:		 Nombre y Firma: HENRY W. SANTIAGO FLORES INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 205749 MATESTLAB S.A.C.	 Nombre y Firma: MATESTLAB S.A.C RUC 20004736572 NICOLLE CUMPA BARRETO GERENTE GENERAL

Jr. Arequipa 3197, San Martín de Porres

948650513
912462558

informes@laboratoriomatestlab.com
www.laboratoriomatestlab.com

DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO MÉTODO DEL ACI 211

PROYECTO	ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO PARA ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE CONCRETO ARMADO CON AÑADIDO DE FIBRA DE ACERO RECICLADO EN UN DISEÑO DE MEZCLA OPTIMIZANDO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	REGISTRO N°:	2020 - TS48
SOLICITANTE	JORGE RICARDO CRISPIN DORIA / CARLOS JAVIER MACALOPU PURISACA	REALIZADO POR :	J. Escobedo
CÓDIGO DE PROYECTO	---	REVISADO POR :	H Flores
UBICACIÓN DE PROYECTO	Desarrollado en las instalaciones de MATESTLAB SAC	FECHA DE VACIADO :	01/12/2020
FECHA DE EMISIÓN	01/12/2020	TURNO :	Díurno
Agregado	Ag. Grueso / Ag. Fino	F'c de diseño:	210 kg/cm ²
Procedencia	AGREGADOS DE FERRETERIA	Asentamiento:	3" - 4"
Cemento	Cemento SOL Tipo 1	Código de mezcla:	D. P. Q. 10% F.A.R




<p>1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN REQUERIDA</p> <p>$F'_{cr} = 250$</p> <p>2. RELACIÓN AGUA CEMENTO</p> <p>$R_{a/c} = 0.62$</p> <p>3. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA</p> <p>Agua = 205 L</p> <p>4. CANTIDAD DE AIRE ATRAPADO</p> <p>Aire = 2,0%</p>	<p>5. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE CEMENTO</p> <p>Cemento = 331 kg</p> <p>6. FACTOR CEMENTO</p> <p>Bolsas x m³ = 7,8 Bolsas</p> <p>7. CÁLCULO DE FIBRA DE ACERO RECICLADO</p> <p>33,05 kg x m³ = 10,0% / Cto</p>
---	---


8. CÁLCULO DEL VOLUMEN DE ADREGADOS							
INSUMO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO					
Cemento SOL Tipo 1	3150 kg/m ³	0,1050 m ³					
Agua	1000 kg/m ³	0,2050 m ³					
Aire	---	0,0200 m ³					
			HUMEDAD	ABSORCIÓN	MOD. FINEZA	P.U. SUELTO	TM
Agregado grueso	2597 kg/m ³	---	1,60%	0,62%	6,66	1525	34
Agregado fino	2760 kg/m ³	---	2,60%	1,38%	3,06	1550	-
Volumen de pasta		0,3300 m ³					
Volumen de agregados		0,6700 m ³					



<p>9. PROPORCIÓN DE ADREGADOS SECOS</p> <p>Agregado grueso = 0,3828 m³ = 994 kg</p> <p>Agregado fino = 0,2872 m³ = 790 kg</p> <p>10. PESO HÚMEDO DE LOS ADREGADOS - CORRECCIÓN POR HUMEDAD</p> <p>Agregado grueso 1010 kg</p> <p>Agregado fino 810 kg</p> <p>11. AGUA EFECTIVA CORREGIDA POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD</p> <p>Agua 185 L</p>	<p>12. VOLUMEN DE TANDA DE PRUEBA 0,05 m³</p> <p>Cemento SOL Tipo 1 9,92 kg</p> <p>Agua 0,57 L</p> <p>Agregado grueso 30,30 kg</p> <p>Agregado fino 24,21 kg</p> <p>Slump Obtenido 3"</p> <p>Fibra de acero reciclado 0,99 kg</p> <p>13. PROPORCIÓN EN VOLUMEN DE OBRA</p> <p>CEM. A.F. A.G. AGUA</p> <p>1 : 2,5 : 3,05 : 23,9 L / bolsa</p>
--	---



OBSERVACIONES:

- * Muestras provistas e identificadas por el solicitante
- * Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de MATESTLAB SAC

MATESTLAB SAC			
TECNICO USR	D	D	000 - USR
	 <p>HENRY W. SANTIAGO FLORES INGENIERO CIVIL Reg. CIR N° 205749 MATESTLAB S.A.C.</p>	 <p>MATESTLAB S.A.C RUC 20704736572 NICOLLE CUMPA BARRETO GERENTE GENERAL</p>	D

 Jr. Arequipa 3197, San Martín de Porres

 948650513
 912462558

 informes@laboratoriomatestlab.com
 www.laboratoriomatestlab.com

DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO MÉTODO DEL ACI 211

PROYECTO	ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO PARA ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE CONCRETO ARMADO CON AÑADIDO DE FIBRA DE ACERO REICLADO EN UN DISEÑO DE MEZCLA OPTIMIZANDO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	REGISTRO N°:	2020 - TS48
SOLICITANTE	JORGE RICARDO CRISPIN DORIA / CARLOS JAVIER MACALOPU PURISACA	REALIZADO POR :	J. Escobedo
CÓDIGO DE PROYECTO	---	REVISADO POR :	H. Flores
UBICACIÓN DE PROYECTO	Desarrollado en las instalaciones de MATESTLAB S.A.C.	FECHA DE VACIADO :	01/12/2020
FECHA DE EMISIÓN	01/12/2020	TURNO :	Diurno
Agregado	: Ag. Grueso / Ag. Fino	$f'c$ de diseño:	210 kg/cm ²
Procedencia	: AGREGAGOS DE FERRETERIA	Asentamiento:	3" - 4"
Cemento	: Cemento SOL Tipo 1	Código de mezcla:	D. P. O. 15% F.A.R


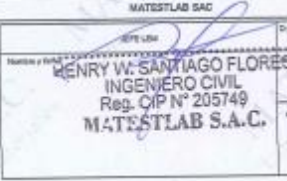


<p>1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN REQUERIDA</p> <p>$f'_{cr} = 250$</p> <p>2. RELACIÓN AGUA CEMENTO</p> <p>$R_{a/c} = 0.82$</p> <p>3. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA</p> <p>Agua = 206 L</p> <p>4. CANTIDAD DE AIRE ATRAPADO</p> <p>Aire = 2,0%</p>	<p>5. CÁLCULO DE LA CANTIDAD DE CEMENTO</p> <p>Cemento = 331 kg</p> <p>6. FACTOR CEMENTO</p> <p>Bolsas x m³ = 7,8 Bolsas</p> <p>7. CÁLCULO DE FIBRA DE ACERO REICLADO</p> <p>49,50 kg x m³ = 15,0% / Cto</p>
---	--

INSUMO	PESO ESPECÍFICO	VOLUMEN ABSOLUTO	HUMEDAD	ABSORCIÓN	MÓD. FINEZA	P. U. SUELTO	TM
Cemento SOL Tipo 1	3150 kg/m ³	0,1090 m ³					
Agua	1000 kg/m ³	0,2060 m ³					
Aire	---	0,0200 m ³					
Agregado grueso	2597 kg/m ³	---	1,50%	0,52%	6,05	1025	3/4
Agregado fino	2750 kg/m ³	---	2,50%	1,36%	3,05	1950	-
Volumen de pasta		0,3300 m ³					
Volumen de agregados		0,6700 m ³					

<p>9. PROPORCIÓN DE AGREGADOS SECCOS</p> <p>Agregado grueso = 0,3823 m³ = 994 kg</p> <p>Agregado fino = 0,2872 m³ = 790 kg</p> <p>10. PESO HÚMEDO DE LOS AGREGADOS - CORRECCIÓN POR HUMEDAD</p> <p>Agregado grueso 1010 kg</p> <p>Agregado fino 810 kg</p> <p>11. AGUA EFECTIVA CORREGIDA POR ABSORCIÓN Y HUMEDAD</p> <p>Agua 188 L</p>	<p>12. VOLUMEN DE TANDA DE PRUEBA 0,03 m³</p> <p>Cemento SOL Tipo 1 9,52 kg</p> <p>Agua 5,57 L</p> <p>Agregado grueso 30,30 kg</p> <p>Agregado fino 24,31 kg</p> <p>Slump Obtenido 2"</p> <p>Fibra de acero reciclado 1,49 kg</p> <p>13. PROPORCIÓN EN VOLUMEN DE OBRA</p> <p>CEM A.F. A.F. AGUA</p> <p>1 : 2,5 : 3,05 : 23,9 L / bolsa</p>
---	--

OBSERVACIONES:

- Muestras provistas e identificadas por el solicitante.
- Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de MATESTLAB S.A.C.

MATESTLAB S.A.C.			
TÉCNICO LEV	D.	D.	D.
			
MATESTLAB S.A.C. Laboratorio de Ensayo de Materiales	Nombre y Firma: HENRY W. SANTIAGO FLORES INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 205749 MATESTLAB S.A.C.	Nombre y Firma: MATESTLAB S.A.C. RUC: 20004738572	Nombre y Firma: NICOLLE CUMPA BARRETO GERENTE GENERAL

Jr. Arequipa 3197, San Martin de Porres

948650313
912462558

informes@laboratoriomatestlab.com
www.laboratoriomatestlab.com

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN


PROYECTO	ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO PARA ELEMENTOS ESTRUCTURALES CON AÑADIDO DE FIBRA DE ACERO REICLADO EN UN DISEÑO DE MEZCLA OPTIMIZADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	REGISTRO N°: 2020 - 7848
SOLICITANTE	JORGE RICARDO CRISPIN DORIA / CARLOS JAVIER MACALOPU PURISACA	REALIZADO POR: J. Escobedo
CÓDIGO DE PROYECTO	---	REVISADO POR: H. Flores
UBICACIÓN DE PROYECTO	Desarrollado en las instalaciones de MATESTLAB SAC	FECHA DE ENSAYO: 09/12/2020
FECHA DE EMISIÓN	09/12/2020	TURNO: Diurno
Tipo de muestra	Concreto endurecido	
Presentación	Especímenes cilíndricos 6" x 12"	
Fc de diseño	210 kg/cm ²	

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN CONCRETO ENDURECIDO
ASTM C39**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	DIÁMETRO	ALTURA	FUERZA MÁXIMA	TIPO DE FALLA
PROBETA N° 01 DISEÑO PATRON $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	09/12/2020	09/12/2020	7	15	30	34251	3
PROBETA N° 02 DISEÑO PATRON $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	09/12/2020	09/12/2020	7	15	30	34582	3
PROBETA N° 03 DISEÑO PATRON $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	09/12/2020	09/12/2020	7	15	30	34802	3
PROBETA N° 04 DISEÑO PATRON $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	09/12/2020	09/12/2020	7	15	30	34921	4
PROBETA N° 01 DISEÑO PATRON OPTIMIZADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	09/12/2020	09/12/2020	7	15	30	32258	3
PROBETA N° 02 DISEÑO PATRON OPTIMIZADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	09/12/2020	09/12/2020	7	15	30	32250	3
PROBETA N° 03 DISEÑO PATRON OPTIMIZADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	09/12/2020	09/12/2020	7	15	30	32481	3
PROBETA N° 04 DISEÑO PATRON OPTIMIZADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	09/12/2020	09/12/2020	7	15	30	32671	2
PROBETA N° 01 DISEÑO OPTIMIZADO 5% DE FIBRA DE ACERO REICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	09/12/2020	09/12/2020	7	15	30	33852	3
PROBETA N° 02 DISEÑO OPTIMIZADO 5% DE FIBRA DE ACERO REICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	09/12/2020	09/12/2020	7	15	30	34851	4
PROBETA N° 03 DISEÑO OPTIMIZADO 5% DE FIBRA DE ACERO REICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	09/12/2020	09/12/2020	7	15	30	34851	3
PROBETA N° 04 DISEÑO OPTIMIZADO 5% DE FIBRA DE ACERO REICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	09/12/2020	09/12/2020	7	15	30	34917	4
PROBETA N° 01 DISEÑO OPTIMIZADO 10% DE FIBRA DE ACERO REICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	09/12/2020	09/12/2020	7	15	30	29571	4
PROBETA N° 02 DISEÑO OPTIMIZADO 10% DE FIBRA DE ACERO REICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	09/12/2020	09/12/2020	7	15	30	29715	4
PROBETA N° 03 DISEÑO OPTIMIZADO 10% DE FIBRA DE ACERO REICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	09/12/2020	09/12/2020	7	15	30	29415	4
PROBETA N° 04 DISEÑO OPTIMIZADO 10% DE FIBRA DE ACERO REICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	09/12/2020	09/12/2020	7	15	30	29641	4
PROBETA N° 01 DISEÑO OPTIMIZADO 15% DE FIBRA DE ACERO REICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	09/12/2020	09/12/2020	7	15	30	29541	4
PROBETA N° 02 DISEÑO OPTIMIZADO 15% DE FIBRA DE ACERO REICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	09/12/2020	09/12/2020	7	15	30	29914	4
PROBETA N° 03 DISEÑO OPTIMIZADO 15% DE FIBRA DE ACERO REICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	09/12/2020	09/12/2020	7	15	30	29641	4
PROBETA N° 04 DISEÑO OPTIMIZADO 15% DE FIBRA DE ACERO REICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	09/12/2020	09/12/2020	7	15	30	29715	4

OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el personal técnico de MATESTLAB SAC.
- * Las muestras cumplen con la relación altura / diámetro por lo que no fue necesaria la corrección de esfuerzo

MATESTLAB SAC			
 TÉCNICO LEM D: M: A:	JEFE GEN D: M: A:	COORDINADOR D: M: A:	D: M: A:
HENRY W. SANTIAGO FLORES INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 205749 MATESTLAB S.A.C.	NICOLLE CUMPA BARRETO GERENTE GENERAL		

Jr. Arequipa 3197, San Martín de Porres

948650513
 912462558

informes@laboratoriomatestlab.com
 www.laboratoriomatestlab.com

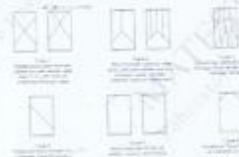
MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN

PROYECTO	ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO PARA ELEMENTOS ESTRUCTURALES CON AÑADIDO DE FIBRA DE ACERO REICLADO EN UN DISEÑO DE MEZCLA OPTIMIZADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	REGISTRO N°:	2020 - TS48
SOLICITANTE	JORGE RICARDO CRISPIN DORIA / CARLOS JAVIER MACALOPU PURISACA	REALIZADO POR :	J. Escobedo
CÓDIGO DE PROYEC	---	REVISADO POR :	H Flores
UBICACIÓN DE PROY	Desarrollado en las instalaciones de MATESTLAB SAC	FECHA DE ENSAYO:	09/12/2020
FECHA DE EMISIÓN	09/12/2020	TURNO:	Duino

Tipo de muestra	Concreto endurecido
Presentación	Especímenes cilíndricos 6" x 12"
Fc de diseño	210 kg/cm ²

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO ENDURECIDO ASTM C39

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	RELACIÓN ALTURA / DIÁMETRO	ESFUERZO	% Fc
PROBETA N° 01 DISEÑO PATRON $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	09/12/2020	7 días	2,00	194 kg/cm ²	92,3
PROBETA N° 02 DISEÑO PATRON $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	09/12/2020	7 días	2,00	195 kg/cm ²	92,6
PROBETA N° 03 DISEÑO PATRON $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	09/12/2020	7 días	2,00	197 kg/cm ²	93,9
PROBETA N° 04 DISEÑO PATRON $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	09/12/2020	7 días	2,00	197 kg/cm ²	93,8
PROBETA N° 01 DISEÑO PATRON OPTIMIZADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	09/12/2020	7 días	2,00	183 kg/cm ²	86,9
PROBETA N° 02 DISEÑO PATRON OPTIMIZADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	09/12/2020	7 días	2,00	182 kg/cm ²	86,9
PROBETA N° 03 DISEÑO PATRON OPTIMIZADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	09/12/2020	7 días	2,00	184 kg/cm ²	87,5
PROBETA N° 04 DISEÑO PATRON OPTIMIZADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	09/12/2020	7 días	2,00	185 kg/cm ²	88,0
PROBETA N° 01 DISEÑO OPTIMIZADO 5% DE FIBRA DE ACERO REICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	09/12/2020	7 días	2,00	192 kg/cm ²	91,2
PROBETA N° 02 DISEÑO OPTIMIZADO 5% DE FIBRA DE ACERO REICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	09/12/2020	7 días	2,00	197 kg/cm ²	93,9
PROBETA N° 03 DISEÑO OPTIMIZADO 5% DE FIBRA DE ACERO REICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	09/12/2020	7 días	2,00	197 kg/cm ²	93,9
PROBETA N° 04 DISEÑO OPTIMIZADO 5% DE FIBRA DE ACERO REICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	09/12/2020	7 días	2,00	198 kg/cm ²	94,1
PROBETA N° 01 DISEÑO OPTIMIZADO 10% DE FIBRA DE ACERO REICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	09/12/2020	7 días	2,00	187 kg/cm ²	79,7
PROBETA N° 02 DISEÑO OPTIMIZADO 10% DE FIBRA DE ACERO REICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	09/12/2020	7 días	2,00	188 kg/cm ²	80,1
PROBETA N° 03 DISEÑO OPTIMIZADO 10% DE FIBRA DE ACERO REICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	09/12/2020	7 días	2,00	186 kg/cm ²	79,3
PROBETA N° 04 DISEÑO OPTIMIZADO 10% DE FIBRA DE ACERO REICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	09/12/2020	7 días	2,00	189 kg/cm ²	80,4
PROBETA N° 01 DISEÑO OPTIMIZADO 15% DE FIBRA DE ACERO REICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	09/12/2020	7 días	2,00	182 kg/cm ²	76,9
PROBETA N° 02 DISEÑO OPTIMIZADO 15% DE FIBRA DE ACERO REICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	09/12/2020	7 días	2,00	184 kg/cm ²	77,9
PROBETA N° 03 DISEÑO OPTIMIZADO 15% DE FIBRA DE ACERO REICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	05/12/2020	7 días	2,00	163 kg/cm ²	77,7
PROBETA N° 04 DISEÑO OPTIMIZADO 15% DE FIBRA DE ACERO REICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	09/12/2020	7 días	2,00	162 kg/cm ²	77,4




Fuente: ASTM C39

Coefficient of Variation*		Acceptable Range* of Individual Cylinder Strengths 3 cylinders	
6 by 12 in. (150 by 300 mm)			
Laboratory conditions	2,4%	6,5%	7,8%
Field conditions	2,9%	8,0%	9,5%
4 by 8 in. (100 by 200 mm)			
Laboratory conditions	3,2%	9,0%	10,6%

Fuente: ASTM C39

OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el personal técnico de MATESTLAB SAC.
- * Las muestras cumplen con la relación altura / diámetro por lo que no fue necesaria la corrección de esfuerzo.




MATESTLAB S.A.C.

HENRY W. SANTIAGO FLORES

INGENIERO CIVIL

Reg. CIP N° 205749

MATESTLAB S.A.C.



MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN

PROYECTO: ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO PARA ELEMENTOS ESTRUCTURALES CON AÑADIDO DE FIBRA DE ACERO REICLADO EN UN DISEÑO DE MEZCLA OPTIMIZADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ REGISTRO N°: 2020 - 7948

SOLICITANTE: JORGE RICARDO CRISPIN DORIA / CARLOS JAVIER MACALOPU PURISACA REALIZADO POR: J. Escobedo
CÓDIGO DE PROYECTO: ... REVISADO POR: H. Flores
UBICACIÓN DE PROYECTO: ... DESARROLLADO EN LAS INSTALACIONES DE MATESTLAB S.A.C. FECHA DE ENSAYO: 16/12/2020
FECHA DE EMISIÓN: 16/12/2020 TURNO: Día

Tipo de muestra: Concreto endurecido
Presentación: Especímenes cilíndricos 6" x 12"
Fz de diseño: 210 kg/cm²

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN CONCRETO ENDURECIDO
ASTM C39**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	DIÁMETRO	ALTURA	FUERZA MÁXIMA	TIPO DE FALLA
PROBETA N° 01 DISEÑO PATRON $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	16/12/2020	14	15	30	38152	3
PROBETA N° 02 DISEÑO PATRON $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	03/12/2020	16/12/2020	14	15	30	38251	3
PROBETA N° 03 DISEÑO PATRON $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	03/12/2020	16/12/2020	14	15	30	38791	3
PROBETA N° 04 DISEÑO PATRON $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	03/12/2020	16/12/2020	14	15	30	38157	4
PROBETA N° 05 DISEÑO PATRON OPTIMIZADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	16/12/2020	14	15	30	34812	3
PROBETA N° 06 DISEÑO PATRON OPTIMIZADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	16/12/2020	14	15	30	34914	3
PROBETA N° 07 DISEÑO PATRON OPTIMIZADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	16/12/2020	14	15	30	34715	3
PROBETA N° 08 DISEÑO PATRON OPTIMIZADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	16/12/2020	14	15	30	34794	2
PROBETA N° 09 DISEÑO OPTIMIZADO 5% DE FIBRA DE ACERO REICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	16/12/2020	14	15	30	37614	3
PROBETA N° 010 DISEÑO OPTIMIZADO 6% DE FIBRA DE ACERO REICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	16/12/2020	14	15	30	36917	4
PROBETA N° 011 DISEÑO OPTIMIZADO 5% DE FIBRA DE ACERO REICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	16/12/2020	14	15	30	37043	3
PROBETA N° 012 DISEÑO OPTIMIZADO 5% DE FIBRA DE ACERO REICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	16/12/2020	14	15	30	37541	4
PROBETA N° 013 DISEÑO OPTIMIZADO 10% DE FIBRA DE ACERO REICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	16/12/2020	14	15	30	34228	4
PROBETA N° 014 DISEÑO OPTIMIZADO 10% DE FIBRA DE ACERO REICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	16/12/2020	14	15	30	34821	4
PROBETA N° 015 DISEÑO OPTIMIZADO 10% DE FIBRA DE ACERO REICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	16/12/2020	14	15	30	34071	4
PROBETA N° 016 DISEÑO OPTIMIZADO 10% DE FIBRA DE ACERO REICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	16/12/2020	14	15	30	34294	4
PROBETA N° 017 DISEÑO OPTIMIZADO 15% DE FIBRA DE ACERO REICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	16/12/2020	14	15	30	31941	4
PROBETA N° 018 DISEÑO OPTIMIZADO 15% DE FIBRA DE ACERO REICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	16/12/2020	14	15	30	31482	4
PROBETA N° 019 DISEÑO OPTIMIZADO 15% DE FIBRA DE ACERO REICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	16/12/2020	14	15	30	31872	4
PROBETA N° 020 DISEÑO OPTIMIZADO 16% DE FIBRA DE ACERO REICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	16/12/2020	14	15	30	31594	4

OBSERVACIONES:
* Muestras elaboradas y ensayadas por el personal técnico de MATESTLAB S.A.C.
* Las muestras cumplen con la relación altura / diámetro por lo que no fue necesaria la corrección de esfuerzos

MATESTLAB S.A.C.

TÉCNICO LEM D: Nombre y firma:  M: MATESTLAB S.A.C. Laboratorio de Ensayo de Materiales	JEFE LEM D: Nombre y firma:  M: HENRY W. SANTIAGO FLORES INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 205749 MATESTLAB S.A.C.	CCC - LEM D: Nombre y firma:  M: MATESTLAB S.A.C. RUC: 20204738572 NICOLLE CUMPA BARRETO GERENTE GENERAL
--	--	--

 Jr. Arequipa 3197, San Martín de Porres

 948650513
 912462558

 informes@laboratoriomatestlab.com
 www.laboratoriomatestlab.com

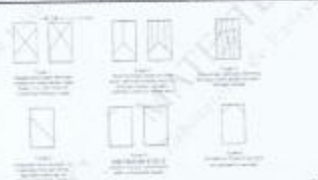
MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN

PROYECTO	ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO PARA ELEMENTOS ESTRUCTURALES CON AÑADIDO DE FIBRA DE ACERO REICLADO EN UN DISEÑO DE MEZCLA OPTIMIZADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	REGISTRO N°:	2020 - TS48
SOLICITANTE	JORGE RICARDO CRISPIN DORIA / CARLOS JAVIER MACALOPU PURISACA	REALIZADO POR:	J. Escobedo
CÓDIGO DE PROYEC	---	REVISADO POR:	H. Flores
UBICACIÓN DE PROJ	Desarrollado en las instalaciones de MATESTLAB SAC	FECHA DE ENSAYO:	16/12/2020
FECHA DE EMISIÓN	16/12/2020	TURNO:	Diurno

Tipo de muestra	Concreto endurecido
Presentación	Especímenes cilíndricos 6" x 12"
F'c de diseño	210 kg/cm ²

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO ENDURECIDO ASTM C39

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	RELACIÓN ALTURA / DIÁMETRO	ESFUERZO	% F'c
PROBETA N° 05 DISEÑO PATRON $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	16/12/2020	14 días	2,00	216 kg/cm ²	102,8
PROBETA N° 06 DISEÑO PATRON $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	16/12/2020	14 días	2,00	216 kg/cm ²	103,1
PROBETA N° 07 DISEÑO PATRON $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	16/12/2020	14 días	2,00	226 kg/cm ²	107,0
PROBETA N° 08 DISEÑO PATRON $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	16/12/2020	14 días	2,00	216 kg/cm ²	102,7
PROBETA N° 05 DISEÑO PATRON OPTIMIZADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	16/12/2020	14 días	2,00	197 kg/cm ²	93,8
PROBETA N° 06 DISEÑO PATRON OPTIMIZADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	16/12/2020	14 días	2,00	198 kg/cm ²	94,1
PROBETA N° 07 DISEÑO PATRON OPTIMIZADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	16/12/2020	14 días	2,00	196 kg/cm ²	93,5
PROBETA N° 08 DISEÑO PATRON OPTIMIZADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	16/12/2020	14 días	2,00	197 kg/cm ²	93,7
PROBETA N° 05 DISEÑO OPTIMIZADO 5% DE FIBRA DE ACERO REICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	16/12/2020	14 días	2,00	214 kg/cm ²	101,9
PROBETA N° 06 DISEÑO OPTIMIZADO 5% DE FIBRA DE ACERO REICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	16/12/2020	14 días	2,00	209 kg/cm ²	99,5
PROBETA N° 07 DISEÑO OPTIMIZADO 5% DE FIBRA DE ACERO REICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	16/12/2020	14 días	2,00	210 kg/cm ²	99,8
PROBETA N° 08 DISEÑO OPTIMIZADO 5% DE FIBRA DE ACERO REICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	16/12/2020	14 días	2,00	214 kg/cm ²	102,0
PROBETA N° 05 DISEÑO OPTIMIZADO 10% DE FIBRA DE ACERO REICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	16/12/2020	14 días	2,00	194 kg/cm ²	92,3
PROBETA N° 06 DISEÑO OPTIMIZADO 10% DE FIBRA DE ACERO REICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	16/12/2020	14 días	2,00	197 kg/cm ²	93,8
PROBETA N° 07 DISEÑO OPTIMIZADO 10% DE FIBRA DE ACERO REICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	16/12/2020	14 días	2,00	198 kg/cm ²	94,2
PROBETA N° 08 DISEÑO OPTIMIZADO 10% DE FIBRA DE ACERO REICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	16/12/2020	14 días	2,00	194 kg/cm ²	92,4
PROBETA N° 05 DISEÑO OPTIMIZADO 15% DE FIBRA DE ACERO REICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	16/12/2020	14 días	2,00	181 kg/cm ²	86,1
PROBETA N° 06 DISEÑO OPTIMIZADO 15% DE FIBRA DE ACERO REICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	16/12/2020	14 días	2,00	178 kg/cm ²	84,9
PROBETA N° 07 DISEÑO OPTIMIZADO 15% DE FIBRA DE ACERO REICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	16/12/2020	14 días	2,00	181 kg/cm ²	86,2
PROBETA N° 08 DISEÑO OPTIMIZADO 15% DE FIBRA DE ACERO REICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	16/12/2020	14 días	2,00	179 kg/cm ²	85,1




Fuente: ASTM C39

Coefficient of Variation ^a	Acceptable Range ^a of Individual Cylinder Strengths	
	2 cylinders	3 cylinders
6 by 12 in. (150 by 300 mm) Laboratory conditions	2.4%	2.8%
Field conditions	2.9%	3.5%
4 by 8 in. (100 by 200 mm) Laboratory conditions	3.2%	3.8%


Fuente: ASTM C39

OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el personal técnico de MATESTLAB SAC.
- * Las muestras cumplen con la relación altura / diámetro por lo que no fue necesaria la corrección de esfuerzo.



INGENIERO CIVIL
HENRY W. SANTIAGO FLORES
Reg. CIP N° 205749
MATESTLAB S.A.C.



GERENTE GENERAL
NICOLE CUMBAR BARRETO

Jr. Arequipa 3197, San Martín de Porres

948650513
912462558

informes@laboratoriomatestlab.com
www.laboratoriomatestlab.com

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN


PROYECTO	ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO PARA ELEMENTOS ESTRUCTURALES CON AÑADIDO DE FIBRA DE ACERO RECIKLADO EN UN DISEÑO DE MEZCLA OPTIMIZADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	REGISTRO N°:	2020 - T848
SOLICITANTE	JORGE RICARDO CRISPIN DORIA / CARLOS JAVIER MACALOPU PURISACA	REALIZADO POR:	J. Espinosa
CÓDIGO DE PROYECTO	---	REVISADO POR:	H. Flores
UBICACIÓN DE PROYECTO	Desarrollado en las instalaciones de MATESTLAB SAC	FECHA DE ENSAYO:	30/12/2020
FECHA DE EMISIÓN	30/12/2020	TURNO:	Diurno

Tipo de muestra	Concreto endurecido
Presentación	Especímenes cilíndricos 6" x 12"
Peso de diseño	210 kg/cm ²

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN CONCRETO ENDURECIDO
ASTM C39**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	DIÁMETRO	ALTURA	FUERZA MÁXIMA	TIPO DE FALLA
PROBETA N° 09 DISEÑO PATRON $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	30/12/2020	28	15	30	44921	3
PROBETA N° 10 DISEÑO PATRON $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	30/12/2020	28	15	30	43821	3
PROBETA N° 11 DISEÑO PATRON $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	30/12/2020	28	15	30	44875	3
PROBETA N° 12 DISEÑO PATRON $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	30/12/2020	28	15	30	44931	4
PROBETA N° 08 DISEÑO PATRON OPTIMIZADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	30/12/2020	28	15	30	38514	3
PROBETA N° 10 DISEÑO PATRON OPTIMIZADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	30/12/2020	28	15	30	38671	3
PROBETA N° 11 DISEÑO PATRON OPTIMIZADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	30/12/2020	28	15	30	37981	3
PROBETA N° 12 DISEÑO PATRON OPTIMIZADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	30/12/2020	28	15	30	38675	3
PROBETA N° 09 DISEÑO OPTIMIZADO 5% DE FIBRA DE ACERO RECIKLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	30/12/2020	28	15	30	40512	3
PROBETA N° 10 DISEÑO OPTIMIZADO 5% DE FIBRA DE ACERO RECIKLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	30/12/2020	28	15	30	40571	4
PROBETA N° 11 DISEÑO OPTIMIZADO 5% DE FIBRA DE ACERO RECIKLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	30/12/2020	28	15	30	41824	3
PROBETA N° 12 DISEÑO OPTIMIZADO 5% DE FIBRA DE ACERO RECIKLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	30/12/2020	28	15	30	40921	4
PROBETA N° 09 DISEÑO OPTIMIZADO 10% DE FIBRA DE ACERO RECIKLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	30/12/2020	28	15	30	36421	4
PROBETA N° 10 DISEÑO OPTIMIZADO 10% DE FIBRA DE ACERO RECIKLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	30/12/2020	28	15	30	38714	4
PROBETA N° 11 DISEÑO OPTIMIZADO 10% DE FIBRA DE ACERO RECIKLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	30/12/2020	28	15	30	36887	4
PROBETA N° 12 DISEÑO OPTIMIZADO 10% DE FIBRA DE ACERO RECIKLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	30/12/2020	28	15	30	36642	4
PROBETA N° 09 DISEÑO OPTIMIZADO 15% DE FIBRA DE ACERO RECIKLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	30/12/2020	28	15	30	33794	4
PROBETA N° 10 DISEÑO OPTIMIZADO 15% DE FIBRA DE ACERO RECIKLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	30/12/2020	28	15	30	33734	4
PROBETA N° 11 DISEÑO OPTIMIZADO 15% DE FIBRA DE ACERO RECIKLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	30/12/2020	28	15	30	33854	4
PROBETA N° 12 DISEÑO OPTIMIZADO 15% DE FIBRA DE ACERO RECIKLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	30/12/2020	28	15	30	33824	4

OBSERVACIONES:
 * Muestras elaboradas y curadas por el personal técnico de MATESTLAB SAC.
 * Las muestras cumplen con la relación altura / diámetro por lo que no fue necesaria la corrección de esfuerzos

MATESTLAB SAC			
TECNICO LEM	JEFE LEM	CCC - LEM	
 Nombre y Firma: _____ MATESTLAB S.A.C. Laboratorio de Ensayo de Materiales	Nombre y Firma: _____ HENRY W. SANTIAGO FLORES INGENIERO CIVIL Reg. CIR N° 205749 MATESTLAB S.A.C.	Nombre y Firma: _____ MATESTLAB S.A.C. RUC 20904736572 Nombre y Firma: _____ NICOLLE CUMPA BARRETO GERENTE GENERAL	

Jr. Arequipa 3197, San Martín de Porres

948650513
912462558

informes@laboratoriomatestlab.com
www.laboratoriomatestlab.com

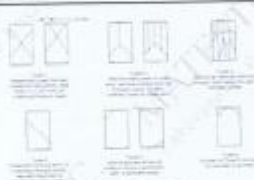
MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN

PROYECTO	ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO PARA ELEMENTOS ESTRUCTURALES CON AÑADIDO DE FIBRA DE ACERO REICLADO EN UN DISEÑO DE MEZCLA OPTIMIZADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	REGISTRO N°:	2020 - TS48
SOLICITANTE	JORGE RICARDO CRISPIN DORIA / CARLOS JAVIER MACALOPU PURISACA	REALIZADO POR :	J. Escobedo
CÓDIGO DE PROYEC	---	REVISADO POR :	H. Flores
UBICACIÓN DE PROY	Desarrollado en las instalaciones de MATESTLAB SAC	FECHA DE ENSAYO :	30/12/2020
FECHA DE EMISIÓN	30/12/2020	TURNO :	Diurno

Tipo de muestra	Concreto endurecido
Presentación	Especímenes cilíndricos 6" x 12"
Fc de diseño	210 kg/cm ²

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO ENDURECIDO ASTM C39

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	RELACIÓN ALTURA / DIÁMETRO	ESFUERZO	% Fc
PROBETA N° 09 DISEÑO PATRON $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	30/12/2020	28 días	2,00	254 kg/cm ²	121,0
PROBETA N° 10 DISEÑO PATRON $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	30/12/2020	28 días	2,00	248 kg/cm ²	118,1
PROBETA N° 11 DISEÑO PATRON $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	30/12/2020	28 días	2,00	254 kg/cm ²	120,9
PROBETA N° 12 DISEÑO PATRON $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	30/12/2020	28 días	2,00	254 kg/cm ²	121,1
PROBETA N° 09 DISEÑO PATRON OPTIMIZADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	30/12/2020	28 días	2,00	218 kg/cm ²	103,8
PROBETA N° 10 DISEÑO PATRON OPTIMIZADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	30/12/2020	28 días	2,00	219 kg/cm ²	104,2
PROBETA N° 11 DISEÑO PATRON OPTIMIZADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	30/12/2020	28 días	2,00	215 kg/cm ²	102,3
PROBETA N° 12 DISEÑO PATRON OPTIMIZADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	30/12/2020	28 días	2,00	219 kg/cm ²	104,2
PROBETA N° 09 DISEÑO OPTIMIZADO 0% DE FIBRA DE ACERO REICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	30/12/2020	28 días	2,00	232 kg/cm ²	110,2
PROBETA N° 10 DISEÑO OPTIMIZADO 5% DE FIBRA DE ACERO REICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	30/12/2020	28 días	2,00	230 kg/cm ²	109,3
PROBETA N° 11 DISEÑO OPTIMIZADO 5% DE FIBRA DE ACERO REICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	30/12/2020	28 días	2,00	237 kg/cm ²	112,7
PROBETA N° 12 DISEÑO OPTIMIZADO 5% DE FIBRA DE ACERO REICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	30/12/2020	28 días	2,00	231 kg/cm ²	110,0
PROBETA N° 09 DISEÑO OPTIMIZADO 10% DE FIBRA DE ACERO REICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	30/12/2020	28 días	2,00	206 kg/cm ²	98,1
PROBETA N° 10 DISEÑO OPTIMIZADO 10% DE FIBRA DE ACERO REICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	30/12/2020	28 días	2,00	208 kg/cm ²	98,9
PROBETA N° 11 DISEÑO OPTIMIZADO 10% DE FIBRA DE ACERO REICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	30/12/2020	28 días	2,00	204 kg/cm ²	97,0
PROBETA N° 12 DISEÑO OPTIMIZADO 10% DE FIBRA DE ACERO REICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	30/12/2020	28 días	2,00	203 kg/cm ²	96,5
PROBETA N° 09 DISEÑO OPTIMIZADO 15% DE FIBRA DE ACERO REICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	30/12/2020	28 días	2,00	191 kg/cm ²	91,1
PROBETA N° 10 DISEÑO OPTIMIZADO 15% DE FIBRA DE ACERO REICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	30/12/2020	28 días	2,00	191 kg/cm ²	90,9
PROBETA N° 11 DISEÑO OPTIMIZADO 15% DE FIBRA DE ACERO REICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	30/12/2020	28 días	2,00	192 kg/cm ²	91,5
PROBETA N° 12 DISEÑO OPTIMIZADO 15% DE FIBRA DE ACERO REICLADO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	02/12/2020	30/12/2020	28 días	2,00	191 kg/cm ²	91,1




6 by 12 in.
(150 by 305 mm)
Laboratory conditions:
Field conditions:

Coefficient of Variation*

2.4 %
2.9 %

Acceptable Range* of Individual Cylinder Strengths
2 cylinders
3 cylinders

6.6 %
8.6 %
7.8 %
9.5 %



4 by 8 in.
(100 by 200 mm)
Laboratory conditions:

Coefficient of Variation*

3.2 %


Acceptable Range* of Individual Cylinder Strengths
2 cylinders
3 cylinders

9.0 %
10.6 %

Fuente: ASTM C39 Fuente: ASTM C38

OBSERVACIONES:

- * Muestras elaboradas y curadas por el personal técnico de MATESTLAB SAC.
- * Las muestras cumplen con la relación altura / diámetro por lo que no fue necesaria la corrección de esfuerzo.

	<p style="font-size: x-small;">JEFE LAB</p> <p>HENRY W. SANTIAGO FLORES INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 285749 MATESTLAB S.A.C.</p>	<p style="font-size: x-small;">GERENTE GENERAL</p> <p>MATESTLAB S.A.C. RUC: 21609738972</p> <p>NICOLLE GUMPA BARRETO GERENTE GENERAL</p>
---	---	--

Jr. Arequipa 3197, San Martín de Porres

948650513
912462558

informes@laboratoriomatestlab.com
www.laboratoriomatestlab.com

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN - CONCRETO

PROYECTO	ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO PARA ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE CONCRETO ARMADO CON AÑADIDO DE FIBRA DE ACERO RECIKLADO EN UN DISEÑO DE MEZCLA OPTIMIZANDO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$		
SOLICITANTE	JORGE RICARDO CRISPIN DORIA / CARLOS JAVIER MACALOPU PURISACA		
CÓDIGO DE PROYECTO	---		
UBICACIÓN DE PROYECTO	Desarrollado en las instalaciones de MATESTLAB SAC		
FECHA DE EMISIÓN	10/12/2020		
	REALIZADO POR :	J. Escobedo	
	REVISADO POR :	H. Flores	
	FECHA DE ENSAYO :	10/12/2020	
	TURNO :	Día	
Tipo de muestra	: Viga de concreto		
Presentación	: Prismas de concreto endurecido		
$f'c$ de diseño	: 210 kg/cm^2		

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE	MÓDULO DE ROTURA
Concreto Patrón	03/12/2020	10/12/2020	7 días	TERCIO CENTRAL	45,0	39 kg/cm^2
Concreto Patrón	03/12/2020	10/12/2020	7 días	TERCIO CENTRAL	45,0	40 kg/cm^2
Concreto Diseño Patrón Optimizado	03/12/2020	10/12/2020	7 días	TERCIO CENTRAL	45,0	37 kg/cm^2
Concreto Diseño Patrón Optimizado	03/12/2020	10/12/2020	7 días	TERCIO CENTRAL	45,0	37 kg/cm^2
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado	03/12/2020	10/12/2020	7 días	TERCIO CENTRAL	45,0	42 kg/cm^2
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado	03/12/2020	10/12/2020	7 días	TERCIO CENTRAL	45,0	41 kg/cm^2
Concreto Optimizado con 10% de Fibra de Acero Reciclado	03/12/2020	10/12/2020	7 días	TERCIO CENTRAL	45,0	33 kg/cm^2
Concreto Optimizado con 10% de Fibra de Acero Reciclado	03/12/2020	10/12/2020	7 días	TERCIO CENTRAL	45,0	34 kg/cm^2
Concreto Optimizado con 15% de Fibra de Acero Reciclado	03/12/2020	10/12/2020	7 días	TERCIO CENTRAL	45,0	30 kg/cm^2
Concreto Optimizado con 15% de Fibra de Acero Reciclado	03/12/2020	10/12/2020	7 días	TERCIO CENTRAL	45,0	31 kg/cm^2

OBSERVACIONES:

- * MUESTRAS CURADAS Y ENSAYADAS POR EL PERSONAL DE MATESTLAB SAC
- * LA LONGITUD DE LOS PRISMAS DE CONCRETO ES DE 50,00 cm

MATESTLAB SAC			
TECNICO LEM	JEFE LEM	OCC - LEM	
 Nombre y Firma: _____ M. _____ A. _____	Nombre y Firma: _____ M. _____ A. _____ HENRY W. SANTIAGO FLORES INGENIERO CIVIL Reg. CIP/N° 205749 MATESTLAB S.A.C.	Nombre y Firma: _____ M. _____ A. _____ MATESTLAB S.A.C. RUC 29804738672 NICOLE CUMPA BARRETO GERENTE GENERAL	

 Jr. Arequipa 3197, San Martín de Porres

 948650513
 912462558

 informes@laboratoriomatestlab.com
 www.laboratoriomatestlab.com

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN - CONCRETO

PROYECTO	ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO PARA ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE CONCRETO ARMADO CON AÑADIDO DE FIBRA DE ACERO RECICLADO EN UN DISEÑO DE MEZCLA OPTIMIZANDO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$		
SOLICITANTE	JORGE RICARDO CRISPIN DORIA / CARLOS JAVIER MACALOPU PURISACA		
CÓDIGO DE PROYECTO	---		
UBICACIÓN DE PROYECTO	Desarrollado en las instalaciones de MATESTLAB S.A.C		
FECHA DE EMISIÓN	17/12/2020		
	REALIZADO POR :	J. Escobedo	
	REVISADO POR :	H. Flores	
	FECHA DE ENSAYO :	17/12/2020	
	TURNO :	Diurno	
Tipo de muestra	: Viga de concreto		
Presentación	: Prismas de concreto endurecido		
$f'c$ de diseño	: 210 kg/cm^2		

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE	MÓDULO DE ROTURA
Concreto Patrón	03/12/2020	17/12/2020	14 días	TERCIO CENTRAL	45,0	42 kg/cm^2
Concreto Patrón	03/12/2020	17/12/2020	14 días	TERCIO CENTRAL	45,0	43 kg/cm^2
Concreto Diseño Patrón Optimizado	03/12/2020	17/12/2020	14 días	TERCIO CENTRAL	45,0	38 kg/cm^2
Concreto Diseño Patrón Optimizado	03/12/2020	17/12/2020	14 días	TERCIO CENTRAL	45,0	38 kg/cm^2
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado	03/12/2020	17/12/2020	14 días	TERCIO CENTRAL	45,0	44 kg/cm^2
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado	03/12/2020	17/12/2020	14 días	TERCIO CENTRAL	45,0	44 kg/cm^2
Concreto Optimizado con 10% de Fibra de Acero Reciclado	03/12/2020	17/12/2020	14 días	TERCIO CENTRAL	45,0	35 kg/cm^2
Concreto Optimizado con 10% de Fibra de Acero Reciclado	03/12/2020	17/12/2020	14 días	TERCIO CENTRAL	45,0	36 kg/cm^2
Concreto Optimizado con 15% de Fibra de Acero Reciclado	03/12/2020	17/12/2020	14 días	TERCIO CENTRAL	45,0	32 kg/cm^2
Concreto Optimizado con 15% de Fibra de Acero Reciclado	03/12/2020	17/12/2020	14 días	TERCIO CENTRAL	45,0	32 kg/cm^2

OBSERVACIONES:

- * MUESTRAS CURADAS Y ENSAYADAS POR EL PERSONAL DE MATESTLAB S.A.C
- * LA LONGITUD DE LOS PRISMAS DE CONCRETO ES DE 50,00 cm

MATESTLAB S.A.C					
TECNICO LEM Nombre y Firma:  MATESTLAB S.A.C Laboratorio de Ensayo de Materiales	D	JEFE LEM Nombre y Firma:  HENRY W. SANTIAGO FLORES INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 205749 MATESTLAB S.A.C.	D	COC - LEM Nombre y Firma:  MATESTLAB S.A.C RUC 2009736672 NICOLLE CUMPA BARRETO GERENTE GENERAL	D

 Jr. Arequipa 3197, San Martín de Porres

 948650513
 912462558

 informes@laboratoriomatestlab.com
 www.laboratoriomatestlab.com

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN - CONCRETO

PROYECTO	ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO PARA ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE CONCRETO ARMADO CON AÑADIDO DE FIBRA DE ACERO REICLADO EN UN DISEÑO DE MEZCLA OPTIMIZANDO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$			REALIZADO POR	J. Escobedo
SOLICITANTE	JORGE RICARDO CRISPIN DORIA / CARLOS JAVIER MACALOPU PURISACA			REVISADO POR	H. Flores
CÓDIGO DE PROYECTO	---			FECHA DE ENSAYO	31/12/2020
UBICACIÓN DE PROYECTO	Desarrollada en las instalaciones de MATESTLAB S.A.C			TURNO	Diurno
FECHA DE EMISIÓN	31/12/2020				

Tipo de muestra	Viga de concreto
Presentación	Prismas de concreto endurecido
Fc de diseño	210 kg/cm ²

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE	MÓDULO DE ROTURA
Concreto Patrón	03/12/2020	31/12/2020	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	43 kg/cm ²
Concreto Patrón	03/12/2020	31/12/2020	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	44 kg/cm ²
Concreto Diseño Patrón Optimizado	03/12/2020	31/12/2020	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	40 kg/cm ²
Concreto Diseño Patrón Optimizado	03/12/2020	31/12/2020	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	40 kg/cm ²
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado	03/12/2020	31/12/2020	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	45 kg/cm ²
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado	03/12/2020	31/12/2020	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	45 kg/cm ²
Concreto Optimizado con 10% de Fibra de Acero Reciclado	03/12/2020	31/12/2020	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	36 kg/cm ²
Concreto Optimizado con 10% de Fibra de Acero Reciclado	03/12/2020	31/12/2020	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	39 kg/cm ²
Concreto Optimizado con 15% de Fibra de Acero Reciclado	03/12/2020	31/12/2020	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	33 kg/cm ²
Concreto Optimizado con 15% de Fibra de Acero Reciclado	03/12/2020	31/12/2020	28 días	TERCIO CENTRAL	45.0	33 kg/cm ²

OBSERVACIONES:

- * MUESTRAS CURADAS Y ENSAYADAS POR EL PERSONAL DE MATESTLAB S.A.C
- * LA LONGITUD DE LOS PRISMAS DE CONCRETO ES DE 50,00 cm

MATESTLAB S.A.C					
TECNICO LEM	D.	JEFE LEM	D.	COC - LEM	D.
Nombre y firma:  	M.	Nombre y firma: HENRY W. SANTIAGO FLORES INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 205749 MATESTLAB S.A.C.	M.	Nombre y firma:  MATESTLAB S.A.C RUC 20604738572 NICOLLE CUMPA BARRETO GERENTE GENERAL	M.

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL
HORMIGÓN - CONCRETO





PROYECTO	ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO PARA ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE CONCRETO ARMADO CON AÑADIDO DE FIBRA DE ACERO REICLADO EN UN DISEÑO DE MEZCLA OPTIMIZANDO $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	REALIZADO POR :	J. Escobedo
SOLICITANTE	JORGE RICARDO CRISPIN DORIA / CARLOS JAVIER MACALOPU PURISACA	REVISADO POR :	H. Flores
CÓDIGO DE PROYECTO	---	FECHA DE ENSAYO :	11/01/2021
UBICACIÓN DE PROYECTO	Desarrollado en las instalaciones de MATESTLAB SAC	TURNO :	Diurno
FECHA DE EMISIÓN	11/01/2021		
Tipo de muestra	: Viga de concreto		
Presentación	: Prismas de concreto endurecido		
Fc de diseño	: 210 kg/cm ²		

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE	MÓDULO DE ROTURA
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 1/2"	04/01/2021	11/01/2021	7 días	TERCIO CENTRAL	45,0	66 kg/cm ²
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 1/2"	04/01/2021	11/01/2021	7 días	TERCIO CENTRAL	45,0	67 kg/cm ²
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 3/8"	04/01/2021	11/01/2021	7 días	TERCIO CENTRAL	45,0	65 kg/cm ²
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 3/8"	04/01/2021	11/01/2021	7 días	TERCIO CENTRAL	45,0	65 kg/cm ²
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 4 mm	04/01/2021	11/01/2021	7 días	TERCIO CENTRAL	45,0	39 kg/cm ²
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 4mm	04/01/2021	11/01/2021	7 días	TERCIO CENTRAL	45,0	38 kg/cm ²
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 1/2"	04/01/2021	11/01/2021	7 días	TERCIO CENTRAL	45,0	64 kg/cm ²
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 1/2"	04/01/2021	11/01/2021	7 días	TERCIO CENTRAL	45,0	64 kg/cm ²
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 3/8"	04/01/2021	11/01/2021	7 días	TERCIO CENTRAL	45,0	58 kg/cm ²
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 3/8"	04/01/2021	11/01/2021	7 días	TERCIO CENTRAL	45,0	59 kg/cm ²
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 4 mm	04/01/2021	11/01/2021	7 días	TERCIO CENTRAL	45,0	39 kg/cm ²
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 4mm	04/01/2021	11/01/2021	7 días	TERCIO CENTRAL	45,0	40 kg/cm ²

OBSERVACIONES:

- * MUESTRAS CURADAS Y ENSAYADAS POR EL PERSONAL DE MATESTLAB SAC
- * LA LONGITUD DE LOS PRISMAS DE CONCRETO ES DE 50,00 cm
- * EL PESO DEL ACERO DE REFUERZO PROMEDIO ES DE 7,054 g PARA EL ACERO DE 1/2", 1496,0 g PARA EL ACERO DE 3/8" Y DE 418,0 g PARA EL ACERO DE 4mm

MATESTLAB SAC			
TECNICO LEM	D:	JEFE LEM	D:
Nombre y firma:	M:	Nombre y firma:	M:
			
		HENRY W. SANTIAGO FLORES INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 205749 MATESTLAB S.A.C.	
	A:		A:
		Nombre y firma:	M:
			
		MATESTLAB S.A.C RUC 20004739572 NICOLLE CUMPA BARRETO GERENTE GENERAL	
	A:		A:

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN - CONCRETO

PROYECTO	ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO PARA ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE CONCRETO ARMADO CON AÑADIDO DE FIBRA DE ACERO REICLADO EN UN DISEÑO DE MEZCLA OPTIMIZANDO $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$			REALIZADO POR :	J. Escobedo
SOLICITANTE	JORGE RICARDO CRISPIN DORIA / CARLOS JAVIER MACALOPU PURISACA			REVISADO POR :	H. Flores
CÓDIGO DE PROYECTO	---			FECHA DE ENSAYO :	18/01/2021
UBICACIÓN DE PROYECTO	Desarrollado en las instalaciones de MATESTLAB SAC			TURNO :	Diurno
FECHA DE EMISIÓN	18/01/2021				

Tipo de muestra	: Viga de concreto
Presentación	: Prismas de concreto endurecido
Fc de diseño	: 210 kg/cm ²

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE	MÓDULO DE ROTURA
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 1/2"	04/01/2021	18/01/2021	14 días	TERCIO CENTRAL	45,0	73 kg/cm ²
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 1/2"	04/01/2021	18/01/2021	14 días	TERCIO CENTRAL	45,0	73 kg/cm ²
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 3/8"	04/01/2021	18/01/2021	14 días	TERCIO CENTRAL	45,0	70 kg/cm ²
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 3/8"	04/01/2021	18/01/2021	14 días	TERCIO CENTRAL	45,0	70 kg/cm ²
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 4 mm	04/01/2021	18/01/2021	14 días	TERCIO CENTRAL	45,0	42 kg/cm ²
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 4mm	04/01/2021	18/01/2021	14 días	TERCIO CENTRAL	45,0	43 kg/cm ²
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 1/2"	04/01/2021	18/01/2021	14 días	TERCIO CENTRAL	45,0	69 kg/cm ²
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 1/2"	04/01/2021	18/01/2021	14 días	TERCIO CENTRAL	45,0	70 kg/cm ²
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 3/8"	04/01/2021	18/01/2021	14 días	TERCIO CENTRAL	45,0	64 kg/cm ²
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 3/8"	04/01/2021	18/01/2021	14 días	TERCIO CENTRAL	45,0	64 kg/cm ²
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 4 mm	04/01/2021	18/01/2021	14 días	TERCIO CENTRAL	45,0	42 kg/cm ²
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 4mm	04/01/2021	18/01/2021	14 días	TERCIO CENTRAL	45,0	43 kg/cm ²

OBSERVACIONES:

- * MUESTRAS CURADAS Y ENSAYADAS POR EL PERSONAL DE MATESTLAB SAC
- * LA LONGITUD DE LOS PRISMAS DE CONCRETO ES DE 90,00 cm
- * EL PESO DEL ACERO DE REFUERZO PROMEDIO ES DE 2,254 g PARA EL ACERO DE 1/2", 1486,0 g PARA EL ACERO DE 3/8" Y DE 610,0 g PARA EL ACERO DE 4mm

MATESTLAB SAC			
TÉCNICO LEM	JEFE LEM	COD - LEM	D
 MATESTLAB S.A.C. <small>Laboratorio de Ensayo de Materiales</small>	 HENRY W. SANTIAGO FLORES INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 205749 MATESTLAB S.A.C.	 MATESTLAB S.A.C. RUC 2004738872 NICOLE CUMPA BARRETO GERENTE GENERAL	



Jr. Arequipa 3197, San Martín de Porres



94865013
912462558



informes@laboratoriomatestlab.com
www.laboratoriomatestlab.com

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN - CONCRETO

PROYECTO : ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO PARA ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE CONCRETO ARMADO CON AÑADIDO DE FIBRA DE ACERO REICLADO EN UN DISEÑO DE MEZCLA OPTIMIZANDO $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

SOLICITANTE : JORGE RICARDO CRISPIN DORIA / CARLOS JAVIER MACALOPU PURISACA

CÓDIGO DE PROYECTO : ---

UBICACIÓN DE PROYECTO : Desarrollado en las instalaciones de MATESTLAB SAC

FECHA DE EMISIÓN : 01/02/2021

REALIZADO POR : J. Escobedo

REVISADO POR : H. Flores

FECHA DE ENSAYO : 01/02/2021

TURNO : Diurno

Tipo de muestra : Viga de concreto

Presentación : Prismas de concreto endurecido

F'c de diseño : 210 kg/cm²

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE	MÓDULO DE ROTURA
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 1/2"	04/01/2021	01/02/2021	28 días	TERCIO CENTRAL	45,0	80 kg/cm ²
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 1/2"	04/01/2021	01/02/2021	28 días	TERCIO CENTRAL	45,0	82 kg/cm ²
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 3/8"	04/01/2021	01/02/2021	28 días	TERCIO CENTRAL	45,0	73 kg/cm ²
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 3/8"	04/01/2021	01/02/2021	28 días	TERCIO CENTRAL	45,0	72 kg/cm ²
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 4 mm	04/01/2021	01/02/2021	28 días	TERCIO CENTRAL	45,0	53 kg/cm ²
Concreto Optimizado con 5% de Fibra de Acero Reciclado y refuerzo de acero de 4 mm	04/01/2021	01/02/2021	28 días	TERCIO CENTRAL	45,0	53 kg/cm ²
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 1/2"	04/01/2021	01/02/2021	28 días	TERCIO CENTRAL	45,0	72 kg/cm ²
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 1/2"	04/01/2021	01/02/2021	28 días	TERCIO CENTRAL	45,0	73 kg/cm ²
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 3/8"	04/01/2021	01/02/2021	28 días	TERCIO CENTRAL	45,0	65 kg/cm ²
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 3/8"	04/01/2021	01/02/2021	28 días	TERCIO CENTRAL	45,0	65 kg/cm ²
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 4 mm	04/01/2021	01/02/2021	28 días	TERCIO CENTRAL	45,0	51 kg/cm ²
Concreto Optimizado con refuerzo de acero de 4 mm	04/01/2021	01/02/2021	28 días	TERCIO CENTRAL	45,0	50 kg/cm ²

OBSERVACIONES:

- * MUESTRAS CURADAS Y ENSAYADAS POR EL PERSONAL DE MATESTLAB SAC
- * LA LONGITUD DE LOS PRISMAS DE CONCRETO ES DE 90,00 cm
- * EL PESO DEL ACERO DE REFUERZO PROMEDIO ES DE 2,954 g PARA EL ACERO DE 1/2", 1456,0 g PARA EL ACERO DE 3/8" Y DE 610,0 g PARA EL ACERO DE 4mm

MATESTLAB SAC			
TECNICO LEM	DI	JEFES LEM	DOC - LEM
Nombre y firma: 	SI	Nombre y firma: HENRY W. SANTIAGO FLORES INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 205749 MATESTLAB S.A.C.	Nombre y firma: MATESTLAB S.A.C RUC# 30902706572 NICOLLE CUMPA BARRETO GERENTE GENERAL

Jr. Arequipa 3197, San Martín de Porres

948650513
912462558

informes@laboratoriomatestlab.com
www.laboratoriomatestlab.com

Anexo 3. Panel Fotográfico

Selección de los materiales a utilizar para los ensayos a compresión (muestras cilíndricas) y flexión (muestras prismáticas); Agregados grueso y fino proveniente de la cantera Jicamarca; Cemento Sol Tipo I y fibra de acero reciclado proveniente de factorías.



Equipos y herramientas utilizados para ensayos



✓ Tamizes (ASTM D-422, ASSHTO T88)



✓ Horno eléctrico



✓ Máquina para ensayo a flexión de viguetas prismáticas



✓ Máquina para ensayo de compresión de probetas cilíndricas



✓ Trompo mezclador en laboratorio



✓ Trompo mezclador Obra Capilla Famesa



- ✓ Moldes de probetas cilíndricas $d=6''$, $h=12''$, Obra Capilla Famesa y Laboratorio Mastestlab SAC



- ✓ Moldes probetas prismáticas de $15 \times 15 \times 50 \text{ cm}$, Obra Capilla Famesa y Laboratorio Mastestlab SAC



✓ Balanza digital



✓ Fiola



✓ Bandejas



✓ Cono de Abrams

Granulometría y tamizado



✓ Cuarteo muestras



✓ Granulometria



✓ Muestra y Pesado de agregado de cada tamiz



✓ Varillado para determinar el peso unitario compactado



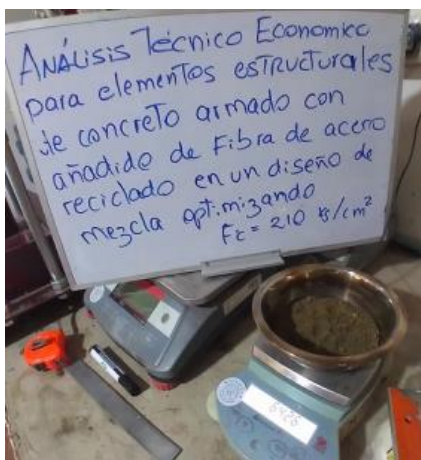
✓ Ppeso unitario compactado



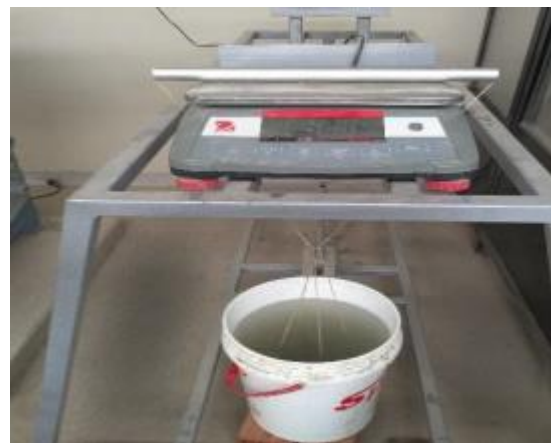
✓ Colocación de muestra en horno para determinar el contenido de humedad



✓ Puesta de muestra en horno para contenido de humedad y retiro despues de 24 horas



✓ Peso de muestras despues de secado al horno



✓ Muestra para determinar el peso específico de los agregado grueso



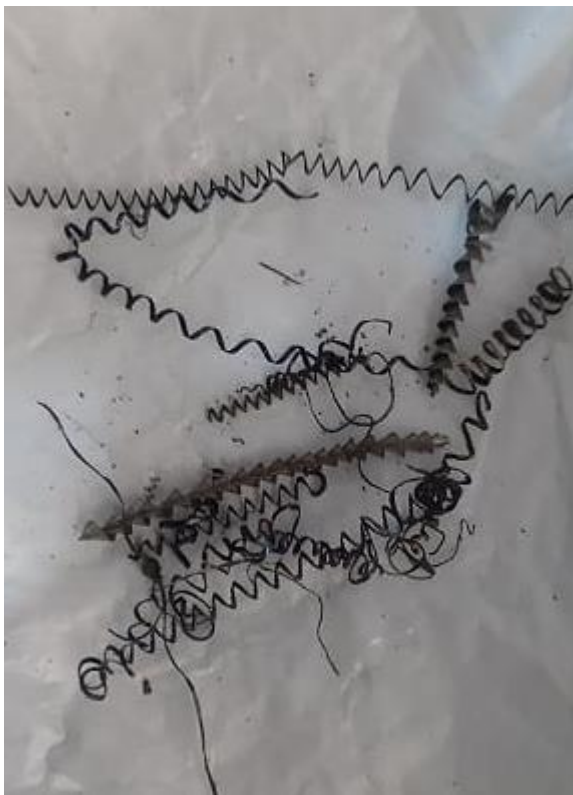
- ✓ Muestra para determinar el peso específico y absorción de los agregado fino



✓ Selección de fibra de acero reciclado



✓ Fibra de acero reciclado seleccionado



✓ Tamaño de fibra de acero reciclada no menor a 60mm ni mayor a 100mm



✓ Pesado de fibra de acero reciclado para cada diseño de mezcla requerido en la presente tesis



- ✓ Elaboración de concreto de acuerdo a diseño de mezcla realizado para cada muestra :
Agregado Grueso, agregado fino, cemento y fibra de acero reciclado según caso









