

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“INFLUENCIA DE LA FIBRA SINTÉTICA (SIKA® FIBER FORCE
PP-48) EN EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN
CONCRETO AUTOCOMPACTANTE CON $F'c=280 \text{ Kg/cm}^2$ ”**

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

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:
CHILÓN QUISPE, SANDER NEKER**

ASESOR :
M.en.I HÉCTOR A. PÉREZ LOAYZA

Cajamarca, Perú 2018

AGRADECIMIENTO

A Dios por su infinito amor y bondad, por prestarme la vida y permitirme llegar hasta esta etapa de mi vida, en el cual logro uno de mis más grandes sueños, el ser profesional.

A mi asesor M.en.I. Héctor A. Pérez Loayza, por su incondicional apoyo en todo el proceso y desarrollo de la presente investigación.

A la Universidad Nacional de Cajamarca por mi formación académica.

A mis amigos y compañeros, en especial a Javier Aquino y Dilmer Astochado, por su apoyo.

DEDICATORIA

A Dios por brindarme la vida y fuerza necesaria para lograr este objetivo.

A mis padres Samuel Chilón Ayay y Rosa Quispe García por su apoyo incondicional y desmedido, por ser el pilar fundamental de lo que soy, todo se lo debo a ustedes.

A mi hermano Kevin Chilón Quispe, por su amistad, comprensión y valioso apoyo en el desarrollo de este proyecto.

A mis tíos Hiliberto, Manuel, Edwin y Rosa, por haberme apoyado en todo el transcurso de mi carrera.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTO.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE IMÁGENES	ix
ÍNDICE DE GRÁFICAS	x
RESUMEN.....	xii
SUMMARY	xii
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	13
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.....	13
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	13
1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	13
1.4. OBJETIVOS	13
1.4.1. Objetivo General	13
1.4.2. Objetivos Específicos	14
1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	14
1.6. ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN.....	14
1.7. DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	14
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	15
2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN	15
2.1.1. Antecedentes Internacionales:	15
2.1.2. Antecedentes Nacionales:.....	15
2.1.3. Antecedentes Locales:.....	16
2.2. BASES TEÓRICAS.....	17
2.2.1. CONCRETO AUTOCOMPACTANTE	17
2.2.2. MATERIALES PARA EL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE.....	17
2.2.2.1. CEMENTO	17
2.2.2.2. AGREGADOS.....	18
2.2.2.3. PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS	19
2.2.2.3.4. Peso unitario.....	24
2.2.2.4. AGUA	27
2.2.2.5. ADITIVO	27
2.2.2.6. FIBRAS	29
2.2.3. CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS	32

2.2.3.1.	USOS DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS.....	33
2.2.3.2.	INFLUENCIA DE LAS FIBRAS EN UN CONCRETO	33
	AUTOCOMPACTANTE.....	33
2.2.4.	CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ESTADO FRESCO.....	34
2.2.4.1.	CARACTERIZACIÓN DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ESTADO FRESCO MEDIANTE ENSAYOS	35
2.2.5.	CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DEL CONCRETO.....	43
2.2.6.	VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL CAC	45
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS.....		47
3.1.	UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	47
3.2.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	48
3.2.1.	TIPO, NIVEL, DISEÑO Y MÉTODO DE	48
3.2.2.	VARIABLES.....	48
3.2.3.	UNIDAD DE ANÁLISIS.....	48
3.2.4.	PROCEDIMIENTO Y TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	49
3.3.	CANTERA DE ESTUDIO	50
3.4.	DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS	51
3.4.1.	NORMAS	52
3.5.	CEMENTO	53
3.6.	AGUA	53
3.7.	ADITIVO	53
3.8.	FIBRA	54
3.9.	DISEÑO DE MEZCLAS	54
3.11.	ELABORACIÓN DE ESPECÍMENES DE CONCRETO	56
3.11.1.1.	CURADO DE PROBETAS.....	57
3.11.1.2.	PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS DEL CAC EN ESTADO	57
3.11.1.3.	ENSAYOS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE ENDURECIDO.....	60
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS		64
4.1.	ELECCIÓN DEL PORCENTAJE ÓPTIMO DE ADITIVO.....	64
4.2.	PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS	64
4.3.	ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DEL CAC EN ESTADO FRESCO	66
4.3.1.	ENSAYO DE ESCURRIMIENTO (Cono de Abrams)	66
4.3.2.	ENSAYO DE EMBUDO EN V	66
4.3.3.	ENSAYO DE CAJA EN L.....	67
4.4.	ANÁLISIS DEL PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO	67

4.5.	ANÁLISIS DEL PESO UNITARIO DEL CONCRETO SECO	69
4.6.	PROPIEDADES DEL CAC EN ESTADO ENDURECIDO.....	70
4.6.1.	ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN	70
4.6.2.	ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA.....	72
4.6.3.	ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN	75
4.6.4.	ANÁLISIS DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD	77
4.7.	ANÁLISIS DE FISURAS Y FALLAS DE LAS PROBETAS.....	79
4.7.1.	ENSAYOS A TRACCIÓN INDIRECTA	79
4.7.2.	ENSAYOS A FLEXIÓN.....	81
4.7.3.	ENSAYOS A COMPRESIÓN	83
4.8.	ANÁLISIS DE LOS MATERIALES POR METRO CÚBICO.....	85
4.9.	ANÁLISIS DE COSTOS	86
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		88
5.1.	CONCLUSIONES	88
5.2.	RECOMENDACIONES	89
CAPÍTULO VI: BIBLIOGRAFÍA.....		90
CAPÍTULO VII: ANEXOS		94
7.1.	TABLAS PARA EL ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS	94
7.2.	PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS	96
7.3.	CERTIFICADO DEL LABORATORIO DONDE SE REALIZÓ LA INVESTIGACIÓN.	106
7.4.	CERTIFICADOS DE LOS ESTUDIOS QUÍMICOS DE LOS AGREGADOS.	107
7.4.1.	ANÁLISIS DE IMPUREZAS ORGÁNICAS TOTALES DEL AGREGADO FINO. 107	
7.4.2.	ANÁLISIS DE IMPUREZAS ORGÁNICAS TOTALES DEL AGREGADO GRUESO.	108
7.5.	FICHA TÉCNICA DE LA FIBRA SINTÉTICA UTILIZADA EN LA INVESTIGACIÓN	111
7.6.	FICHA TÉCNICA DEL ADITIVO USADO	115
7.7.	FICHA TÉCNICA DEL CEMENTO	118
7.8.	TABLAS PARA EL DISEÑO DE MEZCLAS	119
7.9.	DISEÑO DE MEZCLAS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE.....	122
7.10.	ENSAYOS DEL CAC EN ESTADO FRESCO	136
7.11.	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS EN LABORATORIO.....	138
7.12.	GRÁFICOS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN DE LAS PROBETAS DE CONCRETO ENSAYADOS	150
7.11.	PANEL FOTOGRÁFICO	170

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Límites que deben cumplir las propiedades del agregado fino.....	25
Tabla N° 2: Límites que deben cumplir las propiedades del agregado grueso.	26
Tabla N° 3: Tipos de Aditivos.....	28
Tabla N° 4: Ensayos para determinar las propiedades en estado fresco	35
Tabla N° 5: Requisitos generales para la autocompactabilidad.	43
Tabla N° 6: Distribución de probetas.....	49
Tabla N° 7: Dosis óptima	64
Tabla N° 8: Resumen de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados	64
Tabla N° 9: Valores promedio del ensayo de escurrimiento.....	66
Tabla N° 10: Valores promedio del ensayo de relleno.....	66
Tabla N° 11: Valores promedio del ensayo de capacidad de paso.....	67
Tabla N° 12: Valores del peso unitario del CAC fresco.	67
Tabla N° 13: Valores del peso unitario del CAC seco.	69
Tabla N° 14: Resistencia a compresión a los 7,14 y 28 días de curado.	70
Tabla N° 15: Resumen de resultados de resistencia promedio a la compresión.	71
Tabla N° 16: Resistencia a la tracción indirecta a los 7,14 y 28 días de curado.	73
Tabla N° 17: Resumen de resultados de resistencia promedio a la tracción indirecta.	73
Tabla N° 18: Resistencia a la flexión a los 7,14 y 28 días de curado.	75
Tabla N° 19: Resumen de resultados de resistencia promedio a la flexión.	75
Tabla N° 20: Módulo de Elasticidad según la Norma E-060.....	78
Tabla N° 21: Módulo de Elasticidad según las gráficas.....	79
Tabla N° 22: Ancho y longitud de fisuras de probetas prismáticas sometidas a flexión	79
Tabla N° 23: Ancho y longitud de fisuras de probetas prismáticas sometidas a flexión	81
Tabla N° 24: Tipo de falla de las probetas sometidas a compresión	83
Tabla N° 25: Modo de falla de las probetas sometidas a compresión.....	84
Tabla N° 26: Variación de la cantidad de materiales por metro cúbico para cada tipo de concreto.....	85
Tabla N° 27: Costos del concreto autocompactante por unidad cubica.	86
Tabla N° 28: Requisitos granulométricos del agregado fino.....	94
Tabla N° 29: Requisitos granulométricos del agregado grueso	95
Tabla N° 30: Granulometría del agregado fino – Ensayo N°1	96
Tabla N° 31: Granulometría del agregado fino – Ensayo N°2.....	97
Tabla N° 32: Granulometría del agregado fino – Ensayo N°3.....	98
Tabla N° 33: Granulometría del agregado grueso – Ensayo N°1.....	99
Tabla N° 34: Granulometría del agregado grueso – Ensayo N°2.....	100
Tabla N° 35: Granulometría del agregado grueso – Ensayo N°3.....	101
Tabla N° 36: Peso específico y absorción de agregado fino.	102
Tabla N° 37: Peso específico y absorción de agregado grueso.	102
Tabla N° 38: Contenido de humedad del agregado fino.	103
Tabla N° 39: Contenido de humedad del agregado grueso.	103
Tabla N° 40: Factor “f” para determinar los Pesos Unitarios del agregado fino	104
Tabla N° 41: Peso unitario suelto seco del agregado fino.....	104
Tabla N° 42: Peso unitario seco compactado del agregado fino	104
Tabla N° 43: Factor “f” para determinar los Pesos Unitarios del agregado grueso	105
Tabla N° 44: Peso unitario suelto seco del agregado grueso	105

Tabla N° 45: Peso unitario seco compactado del agregado grueso.....	105
Tabla N° 46: Porcentaje de desgaste del agregado grueso	105
Tabla N° 47: Resistencia a la compresión promedio	119
Tabla N° 48: Consistencia y asentamientos	119
Tabla N° 49: Requerimientos de agua en L/m ³ y contenido de aire del concreto para los tamaños nominales máximos del agregado grueso y consistencia indicada	119
Tabla N° 50: Contenido de aire atrapado para diferentes valores de asentamiento y tamaños máximos de agregados	120
Tabla N° 51: Módulo de finura de la combinación de agregados	120
Tabla N° 52: Relación agua/cemento del concreto por resistencia.	121
Tabla N° 53: Ensayos de extensión de flujo (Cono de Abrams)	136
Tabla N° 54: Ensayos de embudo (V).....	136
Tabla N° 55: Ensayos de resistencia al paso (Caja L).....	137
Tabla N° 56: Resultados de los ensayos a compresión de las probetas sin adición de fibra a los 7, 14 y 28 días de edad.	138
Tabla N° 57: Resultados de los ensayos a compresión de las probetas con adición de 2kg/m ³ de fibra a los 7, 14 y 28 días de edad	139
Tabla N° 58: Resultados de los ensayos a compresión de las probetas con adición de 3kg/m ³ de fibra a los 7, 14 y 28 días de edad.	140
Tabla N° 59: Resultados de los ensayos a compresión de las probetas con adición de 4kg/m ³ de fibra a los 7, 14 y 28 días de edad.	141
Tabla N° 60: Resultados de los ensayos a flexión de las probetas sin adición de fibra a los 7, 14 y 28 días de edad.	142
Tabla N° 61: Resultados de los ensayos a flexión de las probetas con adición de 2kg/m ³ de fibra a los 7, 14 y 28 días de edad.	143
Tabla N° 62: Resultados de los ensayos a flexión de las probetas con adición de 3kg/m ³ de fibra a los 7, 14 y 28 días de edad.	144
Tabla N° 63: Resultados de los ensayos a flexión de las probetas con adición de 4 kg/m ³ de fibra a los 7, 14 y 28 días de edad.	145
Tabla N° 64: Resultados de los ensayos a tracción indirecta de las probetas sin adición de fibra a los 7, 14 y 28 días de edad.....	146
Tabla N° 65: Resultados de los ensayos a tracción indirecta de las probetas con adición de 2kg/m ³ de fibra a los 7, 14 y 28 días de edad.	147
Tabla N° 66: Resultados de los ensayos a tracción indirecta de las probetas con adición de 3kg/m ³ de fibra a los 7, 14 y 28 días de edad.	148
Tabla N° 67: Resultados de los ensayos a tracción indirecta de las probetas con adición de 4kg/m ³ de fibra a los 7, 14 y 28 días de edad.	149
Tabla N° 68: Resumen de la variación de la resistencia mecánica por la adición de fibra sintética a los 28 días.....	150

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen N° 1: Fibras sintéticas	31
Imagen N° 2: Representación de placa base con sus medidas	36
Imagen N° 3: Representación esquemática del embudo en V con sus medidas	38
Imagen N° 4: Dimensiones y características de la Caja L	39
Imagen N° 5: Sección transversal del ensayo con el anillo japonés	41
Imagen N° 6: Anillo japonés de barras poco separadas y anillo japonés de barras muy separadas	41
Imagen N° 7: Curva Esfuerzo vs Deformación Unitaria.....	45
Imagen N° 8: Ubicación de la Investigación.....	47
Imagen N° 9: Diagrama del circuito experimental para la evaluación de concreto autocompactante.....	49
Imagen N° 10: Ubicación geográfica de la cantera "Roca Fuerte"	50
Imagen N° 11: Fibra sintética SIKA® FIBER FORCE PP-48	54
Imagen N° 12: Expansión de la mezcla del CAC.	57
Imagen N° 13: Llenado del molde V, y de salida del CAC.	58
Imagen N° 14: Momento de llenado del molde, y de salida del CAC.	59
Imagen N° 15: Esquema de tipos de fractura.....	60
Imagen N° 16: Ensayo de flexión método de carga en el punto medio.	62
Imagen N° 17: Selección de agregados en la cantera “Roca Fuerte”.....	170
Imagen N° 18: Análisis Granulométrico de los Agregados	170
Imagen N° 19 : Peso Unitario Seco Compactado del Agregado	171
Imagen N° 20: Peso Unitario Seco Suelto del agregado.....	171
Imagen N° 21: Peso Específico del Agregado Grueso.....	172
Imagen N° 22: Peso Específico del Agregado Fino.....	172
Imagen N° 23: Ensayo de abrasión en la maquina loa Ángeles.....	173
Imagen N° 24: Medición del aditivo Masterglenium® SCC 3800 y fibra sintética	173
Imagen N° 25: Indicaciones de mi asesor sobre el adecuado mezclado de la tanda.....	174
Imagen N° 26: Mezclado de la tanda	174
Imagen N° 27: Medición de la extensión de flujo (propiedades en estado fresco).	175
Imagen N° 28: En sayo de caja en V (propiedades en estado fresco).....	175
Imagen N° 29: Elaboración de los especímenes de concreto.	176
Imagen N° 30: Curado y extracción de las probetas para sus respectivos ensayos en estado endurecido.....	176
Imagen N° 31: Ensayo a compresión de las probetas cilíndricas.....	177
Imagen N° 32: Distribución de las fibras	177
Imagen N° 33: Fallas típicas de las probetas ensayadas a compresión.	178
Imagen N° 34: Ensayo a tracción indirecta de las probetas cilíndricas de concreto	179
Imagen N° 35: Fallas típicas de las probetas ensayadas a tracción indirecta.....	179
Imagen N° 36: Ensayo a flexión de las probetas prismáticas.	180
Imagen N° 37: Fallas típicas de las probetas prismáticas ensayadas a flexión	180

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfico N° 1: Gráfica Esfuerzo Vs Deformación de un CAC	33
Gráfico N° 2: Peso Unitario del CAC fresco para cada porcentaje de fibra	68
Gráfico N° 3: Peso Unitario del CAC seco para cada porcentaje de fibra	69
Gráfico N° 4: Resistencia promedio a la compresión de las diferentes probetas de CAC.....	71
Gráfico N° 5: Evolución de la resistencia a compresión de los diferentes ensayos realizados a través del tiempo.	72
Gráfico N° 6: Resistencia promedio a la tracción indirecta de las diferentes probetas de CAC.	73
Gráfico N° 7: Evolución de la resistencia a tracción indirecta de los diferentes ensayos realizados a través del tiempo.	74
Gráfico N° 8: Resistencia promedio a la flexión de las diferentes probetas de CAC.	75
Gráfico N° 9: Evolución de la resistencia a flexión de los diferentes ensayos realizados a través del tiempo.....	77
Gráfico N° 10: Comparación de los Módulo de Elasticidad según la Norma E-060, para cada dosificación.	78
Gráfico N° 11: Comparación del ancho de fisuras de las probetas sometidas a tracción.	80
Gráfico N° 12: Comparación la longitud de fisuras de las probetas sometidas a tracción.....	81
Gráfico N° 13: Comparación del ancho de fisuras de las probetas sometidas a flexión.	82
Gráfico N° 14: Comparación la longitud de las probetas sometidas a flexión.	83
Gráfico N° 15: Comparación de la cantidad de tipos de fallas para cada dosificación.....	84
Gráfico N° 16: Comparación de la cantidad de modos de fallas para cada dosificación.....	85
Gráfico N° 17: Comparación del costo del concreto por m ³ , para diferentes dosis de fibra.	87
Gráfico N° 18: Curva de distribución granulométrica del agregado fino – Ensayo N° 1	96
Gráfico N° 19: Curva de distribución granulométrica del agregado fino – Ensayo N° 2	97
Gráfico N° 20: Curva de distribución granulométrica del agregado fino – Ensayo N° 3	98
Gráfico N° 21: Curva de distribución granulométrica del agregado grueso – Ensayo N° 1	99
Gráfico N° 22: Curva de distribución granulométrica del agregado grueso – Ensayo N° 2	100
Gráfico N° 23: Curva de distribución granulométrica del agregado grueso – Ensayo N° 3	101

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo principal, determinar el comportamiento mecánico del concreto autocompactante (CAC) con resistencia $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ al adicionar fibra sintética “SIKA® FIBER FORCE PP-48”, contempla además la determinación de propiedades del concreto autocompactante en estado fresco como su fluidez empleando ensayos de escurrimiento, caja en L y Caja V. Este concreto fue elaborado con agregados de la planta de chancado “Roca Fuerte”, áridos que son extraídos del río Chonta, con cemento “Pacasmayo Tipo I”, aditivo MasterGlenium® SCC 3800 y agua de la ciudad Universitaria. Se determinaron las características físicas y mecánicas de los materiales y luego se elaboraron los diseños de mezcla según el método del “Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados”, tanto para el concreto patrón como para los concretos con fibra en cantidades de 2, 3 y 4 kg/m³. Se elaboraron 180 probetas, 108 cilíndricas y 72 prismáticas, las cuales fueron ensayadas a los 7, 14 y 28 días tanto a compresión, tracción indirecta y flexión. Los resultados manifiestan que, la adición de fibra aumenta la resistencia a compresión hasta un máximo de 17.3% para una dosificación de 4kg/m³ de fibra, la resistencia a la tracción indirecta incrementa hasta un 26.73% para una dosificación de 4kg/m³ de fibra, en tanto la resistencia a flexión aumenta hasta 7% para una dosificación de 2kg/m³ de fibra. Según los ensayos realizados, las propiedades en estado se encuentran dentro del rango establecido por la normativa internacional.

Palabras claves: Concreto autocompactante (CAC), Resistencia Mecánica, Fibra sintética, Aditivo, Segregación, Fluidez.

SUMMARY

The main objective of this research was to determine the mechanical behavior of self-compacting concrete (CAC) with resistance $F'c = 280 \text{ kg / cm}^2$ by adding synthetic fiber "SIKA® FIBER FORCE PP-48", also contemplates the determination of concrete properties self-compacting in its fresh state, using runoff tests, L-box and V-box. This concrete was made with aggregates from the "Roca Fuerte" crushing plant, aggregates extracted from the Chonta river, with "Pacasmayo Type I" cement. , MasterGlenium ® SCC 3800 additive and University City water. The physical and mechanical characteristics of the materials were determined and then the mixing designs were elaborated according to the method of "Fineness Module of the Aggregate Aggregation", both for the concrete pattern and for concrete with fiber in quantities of 2, 3 and 4 kg / m³. 180 test tubes were made, 108 cylindrical and 72 prismatic, which were tested at 7, 14 and 28 days both compression, indirect traction and flexion. The results show that, the addition of fiber increases the resistance to compression up to a maximum of 17.3% for a dosage of 4kg / m³ of fiber, the indirect tensile strength increases up to 26.73% for a dosage of 4kg / m³ of fiber, while the bending strength increases to 7% for a dosage of 2kg / m³ of fiber. According to the tests carried out, the state properties are within the range established by international regulations.

Key words: Self-Compacting Concrete (CAC), Mechanical Resistance, Synthetic Fiber, Additive, Segregation, Fluency.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

La mayoría de las construcciones civiles en la ciudad de Cajamarca utilizan un concreto convencional, debido a la necesidad cada vez más grande que se tiene de realizar construcciones que requieren concretos con mayor trabajabilidad, fluidez, tenacidad, ductilidad y buena resistencia a flexo-tracción, se cree necesario realizar una investigación en concretos aucompactantes adicionando fibra sintética, de tal manera mejorar las propiedades en los materiales y la situación socioeconómica junto con el déficit de vivienda existente en la ciudad y el país.

Por tanto se ha propuesto realizar esta investigación, la cual brindara información sobre el comportamiento de las mezclas del CAC, utilizando diferentes dosificaciones de fibra sintética por metro cúbico de concreto, en estado fresco mediante los diferentes ensayos se analizara su capacidad de paso, capacidad de llenado y resistencia a la segregación, como en estado endurecido mediante los ensayos se evaluará su resistencia a compresión, tracción indirecta y flexión.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Debido a las exigencias que se requieren para obtener un concreto de mejor calidad, el problema de investigación de esta tesis se precisa mediante la siguiente pregunta:

¿Cuál es la influencia de la fibra sintética (Sika® Fiber Force PP-48) en el comportamiento mecánico de un concreto autocompactante con $F'_{C}=280 \text{ KG/CM}^2$?

1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

La resistencia mecánica del concreto autocompactante con $F'_{c}=280\text{kg/cm}^2$ aumenta en más del 10% al agregarle fibra sintética SIKA® FIBER FORCE PP-48.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General

Determinar la influencia de la fibra sintética (Sika® Fiber Force PP-48) en el comportamiento mecánico de un concreto autocompactante con $f'_{c}=280 \text{ kg/cm}^2$.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Determinar la resistencia a flexión de las probetas.
- Determinar la resistencia a compresión de las probetas.
- Determinar la resistencia a tracción indirecta de las probetas.
- Determinar las propiedades del concreto en estado fresco.

1.5.JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La combinación sinérgica entre las ventajas propias del concreto autocompactante (eliminación del trabajo de compactación, reducción del tiempo de construcción, menor contaminación acústica, mejor homogeneidad del material, facilidad de operación, acceso a zonas densamente armadas, excelente terminación superficial) y las que aporta el refuerzo con las fibras (aumento de ductilidad y tenacidad estructural, mejoras de durabilidad), da como resultado un material de altas prestaciones.

1.6.ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación será de utilidad para estudiantes, profesionales y otros investigadores; así como también contribuirá a la mejora de la calidad de construcción con concreto en la ciudad.

1.7.DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se realizó con agregados de la planta de chancado "Roca Fuerte" la cual extrae sus agregados del río Chonta, se optó el uso de piedra chancada TMN de 1/2".

Así mismo se optó por el uso de cemento Pacasmayo Tipo I, debido a su uso general en las estructuras de concreto, agua potable, aditivo Master Glenium ® SCC 3800.

Se evaluará el comportamiento mecánico de un concreto autocompactante con resistencia a compresión (280 kg/cm²), las dosificaciones de fibra sintética son en proporciones de 2 kg/m³, 3 kg/m³ y 4 kg/m³, para lo cual se realizará ensayos en el laboratorio, resistencia a flexión, tracción indirecta y compresión.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. Antecedentes Internacionales:

Okamura H. 1986. Japón. Universidad de Tokio.

Realizó los primeros desarrollos sobre concreto autocompactante acuñando previamente el nombre de "High Performance Concrete" y empleándose el término concreto autocompactante (Self Compacting Concrete) unos años más tarde. Fue planteado como la solución para aumentar la durabilidad de las estructuras de concreto y para racionalizar los sistemas constructivos.

Álvarez Gonzales, J. 2014. "Hormigón Autocompactante Nano Adiciones y Fibras". Tesis. Master. España. Universidad Politécnica de Madrid.

Que para su investigación elaboró un concreto autocompactante con fibras de acero y fibras de poliolefina, más nano sílice y nano alúmina. Para analizar sus propiedades en estado fresco y en estado endurecido, llegando a la conclusión de que:

Las fibras al ser incorporadas disminuyen de gran manera la docilidad de un hormigón autocompactante en estado fresco en especial las fibras de acero. Pero esto se ve mejorado cuando se le añade el aditivo superplastificante.

Los hormigones autocompactantes reforzados con fibras de acero y fibras de poliolefina con baja fracción volumétrica (0.25% (20 kg/m³) de fibras de acero y 0.27% (2.5 kg/m³) de fibras de poliolefina) mantuvieron unas buenas propiedades mecánicas, siendo así un aumento para la resistencia a tracción indirecta de un 32.3% y para la resistencia a flexotracción de 35.2% al ser comparados con el hormigón autocompactante control.

2.1.2. Antecedentes Nacionales:

Molina Segura, C.; Saldaña Pacheco, S.O. 2014. "Influencia del aditivo Hiperplastificante Plastol 200 ext en las propiedades del concreto autocompactante en estado fresco y endurecido.". Tesis. Ing. Civil. TRUJILLO. UPAO.

Cuya principal conclusión es:

La cantidad óptima de porcentaje de aditivo Hiperplastificante Plastol 200 Ext. que se debe agregar a una mezcla de concreto autocompactante para mejorar las propiedades en estado fresco y endurecido, que se encuentre dentro de los parámetros de diseño de este

estudio es de 1.2 % del peso del cemento, por no presentar exudación ni segregación y estar dentro de los rangos permitidos de fluidez y tiempos.

2.1.3. Antecedentes Locales:

Pérez Villar C.G. 2015, “Influencia del aditivo Sika ViscoCrete 3330 en la durabilidad del concreto autocompactante elaborado con cemento tipo ii y tipo V.”. Tesis. Ing Civil. Cajamarca. UNC.

Cuya principal conclusión es:

El aditivo Sika ViscoCrete 3330, tiene una influencia positiva en el diseño de concretos autocompactantes, considerando un concreto durable, basado en parámetros de durabilidad (Normas) y en función a la resistencia a la compresión, siendo el óptimo el 1.3% para concretos elaborados con cementos Pacasmayo tipo V, incrementando la resistencia a la compresión en un 14.60% y 1.4% para concretos elaborados con cementos Pacasmayo tipo II, incrementando la resistencia en compresión en un 6.51% en función al concepto patrón.

Sánchez Hidalgo L.Y.Y .2014. “Efecto del aditivo superplastificante Sika Viscocrete en la resistencia mecánica del concreto autocompactante.” Tesis. Ing Civil. Cajamarca. UNC.

Cuya principal conclusión es:

La resistencia mecánica a compresión del concreto autocompactante, se incrementa en comparación del concreto patrón para dosificaciones de 1% y 1.5%, mientras que para la máxima dosificación (2%) la resistencia disminuye en 10% a la obtenida con el concreto patrón a los 28 días. A pesar que la resistencia disminuye con el incremento de la dosificación, todas están cumpliendo con ser mayor a la resistencia de diseño ($f'c=280\text{kg/cm}^2$).

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. CONCRETO AUTOCOMPACTANTE

Es el resultado de una tecnología que permite por primera vez que una propiedad del concreto en estado fresco pueda garantizar la correcta compactación y consolidación del concreto directamente en el elemento estructural. Esta propiedad es su capacidad de autocompactación. De esta forma se logran conectar las propiedades del concreto en estado fresco con el desempeño del elemento de concreto en estado endurecido debido a la homogeneidad en el comportamiento mecánico y durabilidad del concreto colocado en la estructura. El concreto autocompactante, se puede definir como: aquel que tiene la propiedad de consolidarse bajo su propio peso sin necesidad de vibrado, aún en elementos estrechos y densamente armados. Este concreto pertenece a la familia de los concretos de alto desempeño y tiene la propiedad de fluir sin segregación autocompactándose por sí solo, asegurando así la continuidad del concreto endurecido. (Chutan, 2004)

Los materiales deben ser los adecuados para el uso previsto en el hormigón y no pueden contener ingredientes dañinos en tales cantidades que puedan suponer un detrimento de la calidad o durabilidad del hormigón, o que puedan causar la corrosión de la armadura. (EFNARC 2002)

2.2.2. MATERIALES PARA EL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE

2.2.2.1. CEMENTO

Un material cementante es aquel que tiene las propiedades de adhesión y cohesión necesarias para unir agregados inertes y conformar una masa sólida de resistencia y durabilidad adecuadas. (Nilson, 2001)

Para un hormigón autocompactante al igual que un hormigón convencional se puede utilizar cualquier tipo de cemento. Todo dependerá del uso que se le va a dar, la disponibilidad en el mercado, su finura a emplearse, y la calidad de hormigón que se desee, entiéndase esto último como durabilidad, resistencia, etc. Álvarez (2014)

Rivva (2014), los cementos peruanos según la Norma ASTM C150 y la Norma NTP 339.009 especifican 5 tipos de cementos Portland de los cuales en el Perú utilizan los tres tipos estándar siguientes:

Tipo I, que es un cemento de uso general cuando no se necesitan propiedades especiales de otros cementos.

Tipo II, que es un cemento de uso general que tiene resistencia moderada a los sulfatos y moderado calor de hidratación.

Tipo V, que es un cemento recomendado en aquellos casos en que se requiere resistencia a los sulfatos.

Recomendaciones para un concreto autocompactante

Según EFNARC (2002) en un concreto autocompactante:

El contenido habitual de cemento es de 350-450 kg/m³.

Más de 500 kg/m³ de cemento pueden resultar peligrosos y aumentar la retracción.

Menos de 350 kg/m³ sólo resultan adecuados si se incluye otro tipo de fino, como cenizas volantes, puzolanas, etc.

2.2.2.2. AGREGADOS

La Norma (NTP 400.011) define a los agregados como un conjunto de partículas pétreas de origen natural o artificial, que pueden ser tratadas o elaboradas y cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la NTP 400.037.

Al igual que para el uso de cemento, los agregados usados para la fabricación de un concreto autocompactante son los mismos que se utilizan para elaborar el hormigón convencional.

Una de las características del hormigón autocompactante es que por lo general el contenido de agregado grueso es menor o igual que el del agregado fino, y también por regla general menor al que se utiliza en el hormigón convencional. Siendo la relación árido fino/totalidad de áridos, de gran importancia en el hormigón autocompactante ya que sus propiedades reológicas mejoran al incrementarse esa relación. Por otro lado, si el contenido de árido grueso en el hormigón autocompactante excede de cierto límite, la mezcla se bloqueará independientemente de la viscosidad de ella. (Okamura, 1997).

2.2.2.2.1. AGREGADO FINO

Agregado artificial de rocas o piedras proveniente de la desintegración natural o artificial, que pasa el tamiz normalizado 9,5mm (3/8 pulg) y que cumple con los límites establecidos en la NTP 400.037 (Norma NTP 400.011).

El agregado fino deberá estar compuesto por partículas limpias, de un perfil angular, duro, compactado y resistente, libre de polvo, terrones, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas. (Rivva, 2014)

Recomendaciones para un concreto autocompactante

Según la (EFNARC 2002), la cantidad de grano fino inferior a 0,125 mm se considera polvo (fino) y es muy importante para la reología del CAC. Debe alcanzarse una cantidad mínima de fino (procedente de los aglomerantes y la arena) para evitar la segregación.

2.2.2.2. AGREGADO GRUESO

Agregado retenido en el tamiz normalizado 4,75 mm (N° 4) que cumple los límites establecidos en la NTP 400.037, proveniente de la desintegración natural o artificial de la roca (Norma NTP 400.011).

Recomendaciones para un concreto autocompactante

Según la (EFNARC 2002), son adecuados todo tipo de áridos. El tamaño máximo normal suele ser de 16-20 mm; sin embargo, se han empleado tamaños de partícula de hasta 40 mm en CAC. La consistencia en la granulometría es de vital importancia.

En cuanto a las características de los distintos tipos de áridos, los áridos triturados tienden a mejorar la resistencia gracias al enclavamiento de las partículas angulares, mientras que los áridos redondeados mejoran el flujo debido a su menor fricción interna.

Las mezclas de áridos de granulometría discontinua suelen ser mejores que las de granulometría continua, que pueden experimentar una mayor fricción interna y producir una reducción del flujo.

2.2.2.3. PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS

Las propiedades de los materiales utilizadas en la presente investigación se determinaron mediante ensayos basados en las Normas Técnicas Peruanas (NTP) y las normas de la American Society for Testing and Materials (ASTM).

2.2.2.3.1. Granulometría ASTM C136 / NTP 400.012

Se define así a la distribución por tamaños de las partículas de agregado. Ello se logra separando el material por procedimiento mecánico empleando tamices de aberturas cuadradas determinadas. (Rodríguez, 2008)

Según (Rivera, s.f), la granulometría nos ayuda a determinar:

- **Tamaño máximo:** Está definido como la menor abertura del tamiz que permite el paso de la totalidad del agregado. De manera práctica representa el tamaño de la partícula más grande que tiene el material.

- **Tamaño máximo nominal:** El tamaño nominal máximo de las partículas es el mayor tamaño del tamiz, listado en la norma aplicable, sobre el cual se permite la retención de cualquier material.

Es más útil que el tamaño máximo porque indica de mejor manera el promedio de la fracción gruesa, mientras que el tamaño máximo solo indica el tamaño de la partícula más grande de la masa de agregados, la cual puede ser única. El tamaño máximo y el tamaño máximo nominal se determinan generalmente al agregado grueso únicamente.

- **Módulo de finura:** (Norma ASTM C 125, ASTM C 136, NTP 334.045)

Es un índice aproximado del tamaño medio de los agregados. Cuando este índice es bajo quiere decir que el agregado es fino, cuando es alto es señal de lo contrario. El módulo de finura, no distingue las granulometrías, pero en caso de agregados que estén dentro de los porcentajes especificados en las normas granulométricas, sirve para controlar la uniformidad de los mismos.

El módulo de fineza de un agregado se calcula sumando los porcentajes acumulativos retenidos en la serie de mallas estándar 3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N° 16, N° 30, N°50, N°100 y dividiendo entre 100.

Para el agregado fino

Viene a ser la relación entre la sumatoria de los porcentajes retenidos acumulados en cada uno de los tamices (N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100) sobre 100.

$$mf = \frac{\% \text{ ret. acum. malla}(N^{\circ} 4, N^{\circ} 8, N^{\circ} 16, N^{\circ} 30, N^{\circ} 50, N^{\circ} 100)}{100} \dots \dots (1)$$

Los valores de M.F. deben ser menor a 2.3 ni mayor a 3.1, para el agregado fino.

Para el agregado grueso

Viene a ser la relación entre la sumatoria de los porcentajes retenidos acumulados en cada uno de los tamices (3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100) sobre 100.

$$mf = \frac{\% \text{ ret. acum. malla}(3", 1 \ 1/2", 3/4", 3/8", N^{\circ} 4) + 500}{100} \dots \dots (2)$$

2.2.2.3.2. **Peso específico y absorción**

(Norma ASTM C 127, ASTM C 128, NTP 400.021, NTP 400.022)

- **Peso específico:** Se define como la relación entre la masa de un volumen unitario del material y la masa de igual volumen de agua destilada, libre de gas a una temperatura constante

Según el sistema internacional de unidades el término correcto es densidad.

- **Peso específico de masa:** Viene la relación entre la masa en el aire de un volumen unitario del material permeable (incluyendo los poros permeables e impermeables, naturales del material) a la masa en el aire (de igual densidad) de un volumen igual de agua destilada, libre de gas y a una temperatura especificada.

- Para el agregado fino

$$P. e. m = \frac{W_o}{V - V_a} \quad \dots \dots (3)$$

Donde:

P.e.m: peso específico de masa

W_o: peso en el aire de la muestra seca al horno (gr)

V: volumen de la frasco o fiola (cm³)

V_a: peso (gr) o volumen (cm³) del agua añadida

- Para el agregado grueso

$$P. e. m = \frac{A}{B - C} \quad \dots \dots (4)$$

Donde:

P.e.m: peso específico de masa

A: peso en el aire de la muestra seca al horno (gr)

B: peso de la muestra de ensayo de superficie saturada en aire (gr)

C: peso aparente de la muestra saturada en el agua (gr)

- **Peso específico de masa saturada superficialmente seca:** tiene la misma definición que peso específico de masa pero con la salvedad de que la masa incluye el agua de los poros permeables.

- Para el agregado fino

$$P. e. s. s = \frac{500}{V - V_a} \quad \dots \dots (5)$$

Donde:

P.e.s.s.s: peso específico de masa saturada superficialmente seca.

V: volumen de la frasco o fiola (cm³)

V_a: peso (gr) o volumen (cm³) del agua añadida

- Para el agregado grueso

$$P. e. s. s = \frac{B}{B - C} \quad \dots \dots (6)$$

Donde:

P.e.s.s.s: peso específico de masa

B: peso de la muestra de ensayo de superficie saturada en aire (gr)

C: peso aparente de la muestra saturada en el agua (gr)

- **Peso específico aparente:** es la relación de la masa en el aire un volumen unitario de material, a la masa en el aire (de igual densidad) de un volumen igual de agua destilada libre de gas, a una temperatura especificada. Cuando el material es un sólido, se considera el volumen de la porción permeable.

- Para el agregado fino

$$P. e. a = \frac{W_o}{(V - V_a)(500 - W_o)} \quad \dots \dots (7)$$

Donde:

P.e.a: peso específico aparente

W_o: peso en el aire de la muestra seca al horno (gr)

V: volumen de la frasco o fiola (cm³)

V_a: peso (gr) o volumen (cm³) del agua añadida

- Para el agregado grueso

$$P. e. a = \frac{A}{A - C} \quad \dots \dots (8)$$

Donde:

P.e.a: peso específico aparente

A: peso en el aire de la muestra seca al horno (gr)

C: peso aparente de la muestra saturada en el agua (gr)

El peso específico que más se utiliza por su fácil determinación, para calcular el rendimiento del concreto o la cantidad necesaria de agregado para un volumen determinado de concreto; es aquel que está referido a la condición de saturado superficialmente seca.

- **Absorción:** es el aumento de la masa de los agregados debido al agua que penetra en los poros de las partículas, durante un periodo de tiempo prescrito, pero sin incluir el agua que se adhiere a la superficie exterior de las partículas, que se expresa como porcentaje de masa seca.

Para el agregado fino

$$\text{Abs} = \frac{500 - W_o}{W_o} * 100 \quad \dots \dots (9)$$

Donde:

Abs: porcentaje de absorción

Wo: peso en el aire de la muestra seca al horno (gr)

Para el agregado grueso

$$\text{Abs} = \frac{B - A}{A} * 100 \quad \dots \dots (10)$$

Donde:

Abs: porcentaje de absorción

A: peso en el aire de la muestra seca al horno (gr)

B: peso de la muestra de ensayo de superficie saturada en aire (gr)

2.2.2.3.3. Contenido de humedad

Es la cantidad de agua que contiene un material (agregado) en su estado natural. Se puede expresar en porcentaje de contenido de humedad sobre la muestra seca (Norma: ASTM C 566, NTP 339.185).

$$w(\%) = \frac{Ph - Ps}{PS} \times 100 \quad \dots \dots (11)$$

Donde:

Ps: Peso de la muestra secada al horno (gr.)

Ph: Peso de la muestra humedad (gr.)

2.2.2.3.4. Peso unitario

Es el peso (masa) de muestra seca al ocupar un recipiente de volumen conocido en estado suelto o compactado. (Norma: ASTM C 29, NTP 400.017).

$$PU = \frac{(A - B)}{V} \quad \dots \dots (12)$$

$$PU = (A - B) \times f \quad \dots \dots (13)$$

Donde:

A: peso del recipiente más agregado (kg).

B: peso del recipiente.

V: volumen del recipiente (m³)

f: factor de calibración del recipiente (1/m³).

$$f = \frac{P.e \text{ agua}}{Wa} \quad \dots \dots (14)$$

P.e agua= peso específico del agua (kg/m³)

Wa = peso del agua para llenar el recipiente a 16.7°C (kg)

2.2.2.3.5. Abrasión

Es la oposición que presentan los agregados sometidos a fuerzas de impacto y al desgaste por abrasión y frotamiento, ya sea de carácter mecánico o hidráulico.

Se mide en función inversa al incremento del agregado fino, y cuando la pérdida de peso se expresa en porcentaje de la muestra original se le denomina porcentaje de desgaste (Norma: ASTM C 131, NTP 400.019).

$$De = \frac{W_o - W_f}{W_o} * 100 \quad \dots \dots (15)$$

Donde:

De: porcentaje de desgaste (%).

W_o: peso original de la muestra (gr).

W_f: peso final de la muestra (gr).

2.2.2.3.6. REQUERIMIENTOS QUE DEBEN CUMPLIR LOS AGREGADOS PARA LA ELABORACIÓN DE UN CONCRETO

Tabla N° 1: Límites que deben cumplir las propiedades del agregado fino

Agregado fino		
Ensayo	Requisito-NTP 400.037	Otras Especificaciones.
Muestreo.	Muestra Mín. ≥ 10 kg.	-
Forma y textura superficial.	Las que generen > durabilidad y resistencia al C°	
Análisis granulométrico.	Husos granulométricos.	-
Módulo de finura.	(2.3 – 3.1)	-
Material < pasa tamiz N° 200:		
Agregado fino natural.	Máx. 3% (C° sujeto a abrasión).	-
Agregado fino chancado.	Máx. 5% (otros concretos).	-
Partículas deleznales.	Máx. 3%.	-
Peso específico, (gr/cm ³).	-	(2.3 – 2.9)
Absorción, (%).	-	(0.2 – 3.5)
Contenido de humedad, (%).	-	8 Aprox.
Peso unitario, (kg/m ³):		
Compactado.	-	(1550 – 1750)
Suelto.	-	(20% menos)

Fuente: Normas ASTM C33/C33M-11, NTP 400.037.

Tabla N° 2: Límites que deben cumplir las propiedades del agregado grueso.

Agregado grueso		
Ensayo	Requisito-NTP 400.037	Otras Especificaciones
Muestreo.	Medida: Tabla N° 1, NTP 400.010.	-
Forma y textura superficial.	Las que generen > durabilidad y resistencia al concreto	
Análisis granulométrico.	Husos granulométricos.	-
Tamaño máximo	En el C° no se encontrarán partículas más grandes. Será el pasante por el tamiz de 2 ½" (según RNE).	
Material < pasa tamiz N° 200.	Máx. 1%.	-
Partículas deleznales.	Máx. 5%.	-
Resistencia a la abrasión.	Máx. Pérdida 50%.	-
Peso específico, (gr/cm³).	-	(2.3 – 2.9)
Absorción, (%).	-	(0.2 – 3.5)
Contenido de humedad, (%).	-	4 Aprox.
Peso unitario, (kg/m³):		
Compactado.	-	(1620 - 2016)
Suelto.	-	(1350 – 1680)

Fuente: Normas ASTM C33/C33M-11, NTP 400.037.

2.2.2.4. AGUA

Elemento fundamental en la preparación del concreto, permite que el cemento desarrolle su capacidad ligante, estando relacionado con la resistencia, trabajabilidad y propiedades del concreto endurecido; por ello es importante que el cemento y el agua sean usados en las proporciones adecuadas para obtener buenos resultados (NTP 339.088).

Como en los hormigones convencionales, el agua de amasado del hormigón de estar limpia y encontrarse libre de impurezas para no producir alteraciones en la hidratación del cemento, retrasos en el fraguado y en su endurecimiento, ni permitir reducciones en sus resistencias o afectar su durabilidad. Su misión, además de la hidratación del cemento y del resto de componentes activos, es de actuar como lubricante haciendo que la masa en estado fresco sea trabajable y también la de crear espacios en la pasta para albergar los productos resultantes de la hidratación del cemento. (Nieto, 2015)

2.2.2.5. ADITIVO

Se entiende por aditivos aquellas sustancias o productos que, incorporados al concreto antes del amasado (o durante el mismo o en el transcurso de un amasado suplementario) en una proporción no superior al 5% del peso del cemento, producen la modificación deseada, en estado fresco o endurecido, de alguna de sus características, de sus propiedades habituales o de su comportamiento. (EHE-08)

El uso de aditivos está condicionado por:

- Que se obtenga el resultado deseado sin tener que variar sustancialmente la dosificación básica.
- Que el producto no tenga efectos negativos en otras propiedades del concreto.
- Que un análisis de costo justifique su empleo.

2.2.2.5.1. CLASIFICACIÓN DE LOS ADITIVOS

La Norma ASTM C 494, clasifica los aditivos de la siguiente manera:

- TIPO A: Reductores de agua.
- TIPO B: Retardadores de fragua.
- TIPO C: Acelerantes.
- TIPO D: Reductores de agua-retardadores de fragua.
- TIPO E: Reductores de agua - acelerantes.
- TIPO F: Súper Reductores de agua.

- TIPO G: Súper Reductores de agua - acelerantes.

La (EHE-08) nos presenta la siguiente clasificación:

Tabla N° 3: Tipos de Aditivos

TIPO DE ADITIVO	FUNCIÓN PRINCIPAL
Reductores de agua / Plastificantes	Disminuir el contenido de agua de un hormigón para una misma trabajabilidad o aumentar la trabajabilidad sin modificar el contenido de agua.
Reductores de agua de alta actividad / Superplastificante	Disminuir significativamente el contenido de agua de un hormigón sin modificar la trabajabilidad o aumentar significativamente la trabajabilidad sin modificar el contenido de agua.
Modificadores de fraguado / Aceleradores, retardadores	Modificar el tiempo de fraguado de un hormigón.
Inclusores de aire	Producir en el hormigón un volumen controlado de finas burbujas de aire, uniformemente repartidas, para mejorar su comportamiento frente a las heladas.
Multifuncionales	Modificar más de una de las funciones principales definidas con anterioridad.

Fuente: Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08)

Según la (EFNARC (2002) para un concreto autocompactante, los aditivos más importantes son los reductores de agua de alta actividad/ superplastificantes.

El uso de aditivos modificadores de la viscosidad ofrece mayores posibilidades de controlar la segregación cuando la cantidad de fino está limitada. Este aditivo contribuye a ofrecer una muy buena homogeneidad y reduce la tendencia a la segregación.

2.2.2.5.1.1. SUPERPLASTIFICANTES

Los superplastificantes son aditivos que reducen en gran cantidad el agua de amasado necesaria, sin producir segregación ni otros efectos negativos, además de reducir el contenido de aire dentro del hormigón. Son esenciales en la producción de hormigones autocompactantes, debido a que entregan una gran fluidez, manteniendo la consistencia y relación agua/cemento deseada. (Bornand, 2016)

2.2.2.5.1.2. ADITIVOS REDUCTORES DE AGUA.

Los aditivos reductores de agua pertenecen al grupo de reguladores de fragua que reducen los requisitos de agua de la mezcla o modifican las condiciones de fraguado o ambas.

- Reductores de agua.
- Reducen el contenido de agua de la mezcla manteniendo el slump.
- Como resultado de reducir la relación a/c mejora la resistencia y durabilidad.
- Plastificantes y superplastificantes.
- Incrementan la trabajabilidad manteniendo el contenido de agua.
- Mejoran las características de colocación sin afectar la resistencia y durabilidad.
- Los superplastificantes pueden reducir los requisitos de agua en el concreto en el orden del 15 % al 30% sin afectar la trabajabilidad.
- El concreto resultante presentar mayor resistencia y menor permeabilidad.

2.2.2.6. FIBRAS

2.2.2.6.1. DEFINICIÓN

Las fibras son elementos de corta longitud y pequeña sección que se incorporan a la masa del hormigón a fin de conferirle ciertas propiedades específicas.

De una manera general se pueden clasificar como fibras estructurales, aquellas que proporcionan una mayor energía de rotura al hormigón en masa (en el caso de las fibras estructurales, la contribución de las mismas puede ser considerada en el cálculo de la respuesta de la sección de hormigón), o como fibras no estructurales, a aquellas que sin considerar en el cálculo esta energía suponen una mejora ante determinadas propiedades como por ejemplo el control de la fisuración por retracción, incremento de la resistencia a fuego, abrasión, impacto y otros. (EHE-08)

2.2.2.6.2. CARACTERÍSTICAS DE LAS FIBRAS

Es importante que al momento de elegir un tipo de fibra para incorporarla como refuerzo en un concreto se tomen en consideración sus características como lo manifiestan Barros, Ramírez (2012):

- **Propiedades geométricas:** Longitud, sección transversal, relación de aspecto, forma.
- **Propiedades físico-químicas:** Rugosidad de la superficie, densidad, estabilidad química, resistencia al fuego.
- **Propiedades mecánicas:** Rigidez, resistencia, ductilidad, elongación a la rotura.

Para el uso efectivo de fibras en el hormigón endurecido se deben tener contempladas las siguientes características:

- Las fibras deben ser significativamente más rígidas que la matriz, es decir, un módulo de elasticidad más alto.
- El contenido de fibras por volumen debe ser adecuado.
- Debe haber una buena adherencia entre la fibra y la matriz.
- La longitud de las fibras debe ser suficiente.
- Las fibras deben tener una alta relación de aspecto; es decir, deben ser largas con relación a su diámetro.

2.2.2.6.3. CLASIFICACIÓN DE LAS FIBRAS

El código A.C.I 544, establece la siguiente clasificación.

- Fibra Natural: bagazo de caña de azúcar, coco, yute, maguey, bambú.
- Fibra Sintética: acrílica, carbono, nylon, poliéster, polipropileno.
- Fibra de Vidrio
- Fibra de Acero

2.2.2.6.3.1. FIBRAS SINTÉTICAS

Estas fibras primero fueron usadas para hormigón reforzado en los años sesentas. El polipropileno es un polímero de hidrocarburo sintético cuya fibra está hecha usando procesos de extrusión por medio de estiramiento en caliente del material a través de un troquel.

Este tipo de fibras tienen ciertas propiedades, que las hacen más favorables para su mezclado en el hormigón. No tienen reacción química y son muy estables, presentan una

superficie impermeable por lo cual no quita agua de mezclado, son livianas y pueden alcanzar medianas resistencias a la tensión, sin embargo son tenaces. Pueden ser fabricadas en diversas formas y con costos más bajos que otros tipos de fibras. Barros, Ramírez (2012)

Estas pueden ser adicionadas homogéneamente al hormigón, mortero o pasta. Se rigen por la norma UNE 83500-2 y, se clasifican en:

Según el material: Las fibras plásticas están formadas por un material polimérico (polipropileno, polietileno de alta densidad, aramida, alcohol de polivinilo, acrílico, nylon, poliéster) extrusionado y posteriormente cortado.

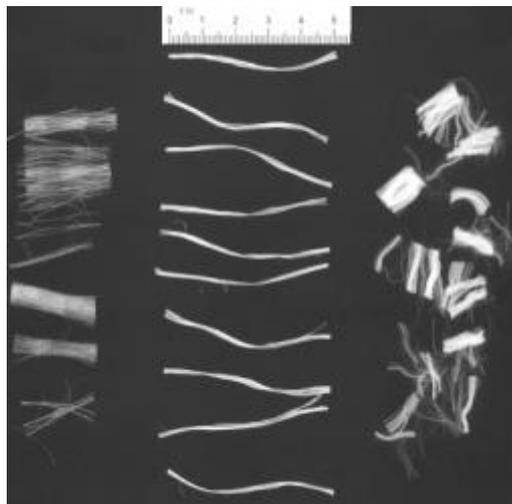
Según el proceso de fabricación:

- Monofilamentos extruidos (Tipo I),
- Láminas fibriladas (Tipo II).

Según sus dimensiones: Pueden ser variables al igual que su diámetro y su formato:

- Micro-fibras: < 0,30 mm diámetro
- Macro-fibras: \geq 0,30 mm diámetro

Imagen N° 1: Fibras sintéticas



Fuente: Chioma, P (2013)

Las macro-fibras pueden colaborar estructuralmente, siendo su longitud variable (desde 20 mm a 60 mm), que debe guardar relación con el tamaño máximo del árido (relación de longitud 3:1 fibra: TM).

Las micro-fibras se emplean para reducir la fisuración por retracción plástica del hormigón, especialmente en pavimentos y soleras, pero no pueden asumir ninguna

función estructural. También se utilizan para mejorar el comportamiento frente al fuego, siendo conveniente en este caso que el número de fibras por kg sea muy elevado.

Además de por sus características físico-químicas, las micro-fibras se caracterizan por su frecuencia de fibra, que indica el número de fibras presentes en 1 kg, y que depende de la longitud de fibra y muy especialmente de su diámetro.

Según lo que manifiesta Castro (2016), las ventajas y desventajas que presentan las fibras poliméricas son:

Ventajas

No absorben agua.

- Son estables y livianas dentro de la mezcla.
- Su baja densidad hace que éste tipo de fibras queden embebida en el hormigón o mortero, de forma que no afloran a la superficie.
- Disminuyen las fisuras en el hormigón.
- Aumentan la resistencia al impacto.

Desventajas

- Poseen un bajo módulo de elasticidad que hace que los hormigones fabricados con ellas sean muy deformables, aunque la resistencia a tracción no aumente significativamente, sin embargo, mejoran ligeramente la resistencia al impacto y reducen la posible fisuración por retracción.
- Tienen baja capacidad de adherencia a la matriz, debido a que no absorben agua durante la mezcla ni el posterior fraguado.

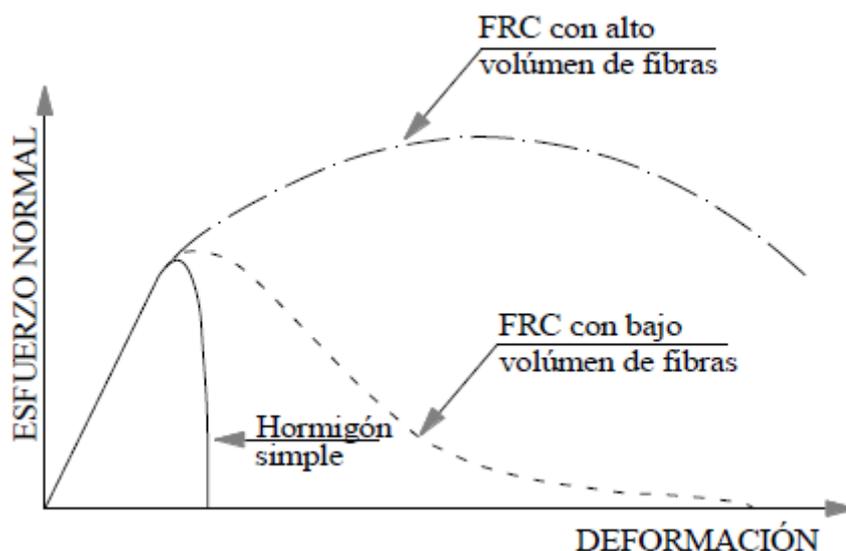
2.2.3. CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS

Los hormigones y morteros de cemento tienen como característica principal su elevada resistencia a compresión, pero escasa resistencia a tracción. Dichos hormigones y morteros son reforzados con armaduras convencionales de acero para soportar esfuerzos de tracción, generando un refuerzo continuo de gran efectividad y utilidad en la construcción de estructuras para edificación y obra civil. (Cuenca, 2008)

Según el ACI-American Concrete Institute, el HRF es una combinación de cemento hidráulico, agua, áridos finos y gruesos, aditivos, adiciones y fibras dispersas aleatoriamente orientadas. Las fibras pueden ser naturales o artificiales según su naturaleza y tienen como fin reforzar la masa del cemento incrementando la resistencia a la tracción disminuyendo la fisuración y aumentando la tenacidad mediante la transmisión

de esfuerzos a través de la sección fisurada. Por otro lado la adición de fibras disminuye los efectos de la retracción por fraguado y aumenta la resistencia al impacto y la resistencia a la fatiga.

Gráfico N° 1: Gráfica Esfuerzo Vs Deformación de un CAC



Fuente: “El hormigón en la obra: problemas, causas y soluciones”, Revista Mensual del Instituto Mexicano del Cemento y el Hormigón, p. 68, México D.F., (2007).

2.2.3.1. USOS DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS

Melián, Barluenga y Hernández, (2010), manifiestan que el uso de hormigones reforzados con fibras es variado, destacando su aplicación en hormigón proyectado, elementos prefabricados, protección contra el desprendimiento por fuego, hormigones masivos, como remplazo de malla secundaria en la construcción de túneles, losas (pisos industriales, caminos, aeropuertos, overlays, vías de tren) eliminando parcial o totalmente la armadura, reparaciones de estructuras en ambientes marinos y terrestres (puentes, túneles, edificios), estructura expuestas a impactos y explosiones, entre muchos otros.

2.2.3.2. INFLUENCIA DE LAS FIBRAS EN UN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE

Raby (2016), manifiesta que las fibras influyen en la fluidez y la viscosidad. La fluidez del hormigón baja, mientras la viscosidad aumenta, esto debido a que las fibras aumentan la cohesión entre los elementos del compuesto.

Para mantener las características de autocompactabilidad en hormigones reforzado con fibras, las dosis de fibras y de aditivos deben ser estudiadas realizando ensayos en estado fresco a los hormigones de prueba hasta obtener valores adecuados correspondientes a los de un concreto autocompactante.

Además, al confeccionar un concreto autocompactante se debe tener cuidado al incorporar las fibras, de forma que éstas no se aglomeren, y puedan provocar problemas en el hormigón.

2.2.4. CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ESTADO FRESCO

En estado fresco, el comportamiento del hormigón autocompactante difiere mucho con respecto al del hormigón convencional, de hecho, los ensayos para su caracterización son distintos. Esas características en estado fresco deben cumplir con tres requisitos fundamentales a la hora de elaborar el hormigón autocompactante, las cuales son: capacidad de paso, capacidad de llenado y resistencia a la segregación. (Vilanova, 2009) Rigueira (2007) nos presenta las definiciones correspondientes de cada una de las características mencionadas anteriormente.

Capacidad de paso: Se define como la capacidad que el hormigón debe tener para pasar por sitios estrechos sin que el contacto entre los áridos cause el bloqueo de la mezcla. La obtención de esta propiedad se da incrementando la fluidez de la pasta con la utilización de superplastificantes, reduciendo el volumen de árido grueso de la mezcla y ajustando el diámetro máximo del árido en función de los espacios por donde el hormigón debe pasar. Así, la geometría de la pieza a hormigonar y la distribución de las armaduras son los principales factores a tenerse en cuenta.

• **Capacidad de llenado:** Es la capacidad que el hormigón debe tener a la hora de fluir dentro del encofrado rellenando todas las superficies. Por un lado esta propiedad garantiza la calidad del acabado, de manera que este presentará una superficie lisa, con color homogéneo y libre de coqueras. Por otra parte, las armaduras deben estar perfectamente recubiertas evitando la ocurrencia de bolsas de aire en la parte inferior de las mismas.

• **Resistencia a la segregación:** Esta propiedad está relacionada con la estabilidad del hormigón. En un HAC la mezcla debe permanecer homogénea durante y tras el proceso de hormigonado sin que ocurra separación de los áridos o exudación.

Este factor influye directamente sobre las dos propiedades citadas anteriormente afectando la calidad final de la pieza hormigonada. En general se busca la estabilidad de la mezcla por medio de la inclusión de filleres o por la utilización de agentes modificadores de la viscosidad (AMV). La utilización de cualquiera de ellos tiende a incrementar la viscosidad de la pasta evitando la segregación.

2.2.4.1. CARACTERIZACIÓN DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE EN ESTADO FRESCO MEDIANTE ENSAYOS

Existen diversos métodos de ensayo para determinar las características del concreto autocompactante en estado fresco.

Tabla N° 4: Ensayos para determinar las propiedades en estado fresco

	Método	Propiedad
1	Ensayo de flujo de asentamiento con cono Abrams	Capacidad de relleno
2	Flujo de asentamiento T50 cm	Capacidad de relleno
3	Anillo J	Capacidad de paso
4	Embudo V	Capacidad de relleno
5	Embudo V a Tv (minutos)	Resistencia a la segregación
6	Caja en L	Capacidad de paso
7	Caja en U	Capacidad de paso
8	Caja de relleno	Capacidad de paso
9	Ensayo de estabilidad GTM	Resistencia a la segregación
10	Orimet	Capacidad de relleno

Fuente: (EFNARC 2002)

2.2.4.1.1. ENSAYO DEL ESCURRIMIENTO (UNE - EN 12350-8:2011)

Este ensayo evalúa la fluidez del hormigón fresco bajo su propio peso. Además, nos aporta, cualitativamente, una idea de si el hormigón tiene o no tendencia a la segregación.

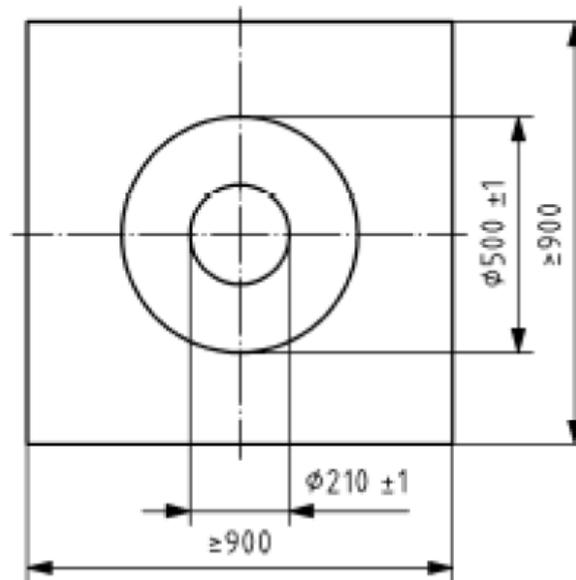
Para la realización de este ensayo se necesita materiales como:

- Un cono de Abrams
- Una base de acero
- Un recipiente
- Un cronómetro
- Cinta métrica

El cono de Abrams debe cumplir con lo establecido en la norma UNE 83-301 o UNE-EN 12350-2, el cual tiene que tener un diámetro superior de 100 ± 2 , un diámetro inferior de 200 ± 2 mm u na altura de 300 ± 2 mm.

La base de acero tiene que tener un área mínima de 900 mm x 900mm, y un espesor de 2 mm. Sobre esta base se marcan dos circunferencias con diámetro de 210 ± 1 mm y 500 ± 1 mm.

Imagen N° 2: Representación de placa base con sus medidas



Fuente: UNE-EN 12350-8 2011

El procedimiento para este ensayo es el siguiente:

- Verificar que la superficie esté libre de impurezas, sea plana y firme.
- El cono se coloca sobre el diámetro de 210 ± 1 mm, en el centro del mismo.
- Sujetando firmemente el cono, se va rellenado sin compactar la mezcla, se nivela la superficie de la mezcla con el cono, se levanta el cono antes que hayan transcurrido 30 segundos de haber vertido la mezcla.
- El cono se debe levantar de forma vertical por el espacio de 1 a 3 segundos.
- De este ensayo se obtendrán unos resultados, que son importantes para medir los siguientes parámetros:
 - T500, es el tiempo transcurrido en que el hormigón se tarda en alcanzar el círculo de diámetro 500mm, medidos en segundos.
 - Df, es el diámetro final alcanzado por la mezcla, una vez ha dejado de fluir el hormigón. Se toma la primera medida d1, que equivale al lado más ancho, y d2, es la medida perpendicular a d1, con lo cual el cual se determina una media aritmética. Si los dos diámetros perpendiculares

difieren más de 5 cm se deberá repetir el ensayo con otra porción de muestra. Los resultados se expresan en milímetros.

Según se menciona en la Guía Europea para el ensayo de Ecurrimiento, los valores normales para los distintos tipos de asentamiento y su campo de aplicaciones se describen a continuación:

SF1 (550 – 650 mm) es apropiado para:

- Estructuras en masa o poca densidad de armaduras que sean llenadas desde la parte superior con desplazamiento libre desde el punto de entrega (losas de cimentación o pavimentos).
- Hormigones de relleno por bombeo (encofrados de túneles).
- Elementos suficientemente pequeños que no precisen largos flujos horizontales (pilares y algunas cimentaciones profundas).

SF2 (660 – 750 mm) es adecuado para:

- Muchas aplicaciones normales (muros, pilares).

SF3 (760 – 850 mm) se elabora normalmente con una limitación del tamaño máximo de los áridos (menor de 16 mm) y se usa para:

- Aplicaciones verticales en estructuras muy armadas, estructuras de formas complejas, o rellenos bajo los encofrados.

El SF3 da normalmente un mejor acabado superficial que el SF2 para aplicaciones verticales pero la segregación es más difícil de controlar. Valores mayores de 850 mm pueden especificarse en algunos casos especiales, pero deberán extremarse las precauciones, considerando la segregación y el tamaño máximo de los áridos será normalmente menor de 12 mm.

2.2.4.1.2. ENSAYO DE EMBUDO EN V (UNE - EN 12350-9:2011)

Este ensayo tiene como propósito medir la capacidad de relleno, la viscosidad plástica y la capacidad de paso del hormigón autocompactante en estado fresco. Permite saber la autocompactabilidad del hormigón, con lo cual se puede valorar la capacidad de fluir por zonas muy armadas bajo su propio peso. Fundamentalmente se obtiene el tiempo en que el hormigón tarda en pasar por un recipiente en forma de V. Álvarez (2014)

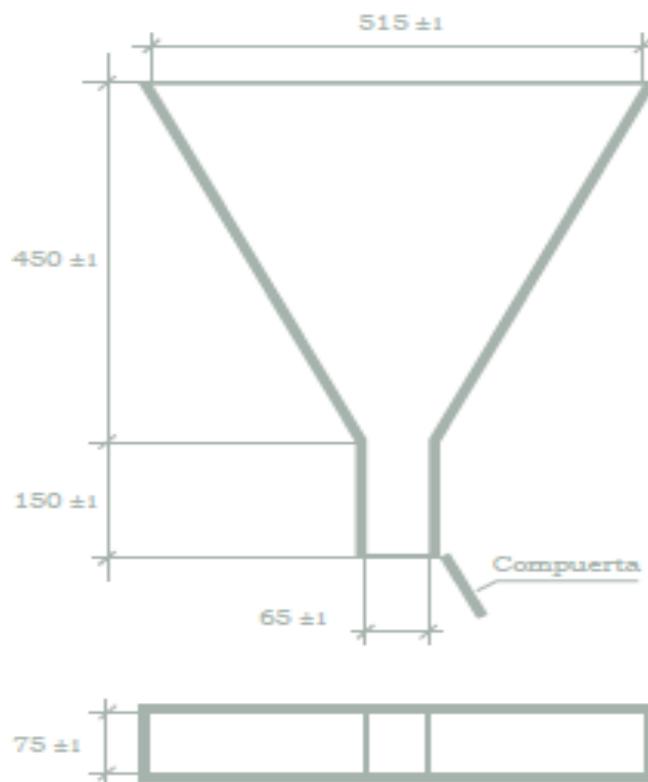
Para la realización de este ensayo se necesitan materiales como:

- Embudo en V de sección rectangular,
- Un recipiente, cronómetro
- Una barra de enrasar.

El molde en forma de embudo en V consta con una altura total de 600 ± 4 mm dividida en dos partes: una altura desde la parte superior de 450 ± 2 mm y siguiendo a esta medida una de 150 ± 2 mm, una boca superior de 515 ± 2 mm x 75 ± 1 mm, boca inferior más estrecha de 65 ± 1 mm x 75 ± 1 mm. Tiene una capacidad aproximada de 13 litros de hormigón. El recipiente se utiliza para recoger la mezcla de hormigón mientras se va vertiendo.

Raby (2016) nos describe el procedimiento para realizar el ensayo: Con el embudo en V limpio, se cierra la compuerta inferior, se llena con la muestra de hormigón de manera continua sin compactar, se nivela la parte superior y se coloca un contenedor bajo el embudo. Después de transcurridos (10 ± 2) segundos se abre la compuerta inferior y se mide el tiempo desde la apertura de la compuerta hasta cuando es posible ver verticalmente a través del embudo hacia el contenedor debajo.

Imagen N° 3: Representación esquemática del embudo en V con sus medidas



Fuente: UNE-EN 12350-9

2.2.4.1.3. ENSAYO EN CAJA EN L (UNE - EN 12350-10:2011)

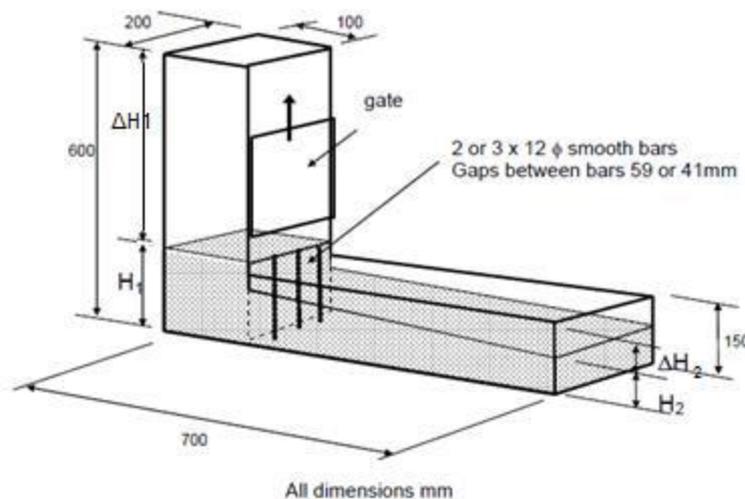
Según lo describe Álvarez (2014), el ensayo de la caja en L es utilizado para evaluar la capacidad de paso o resistencia al bloqueo de hormigones autocompactantes sin segregación. Se realiza de acuerdo a la norma europea EN 12350-10,

Para lograr este ensayo se necesitan una serie de equipos tales como:

- Un molde en forma de L
- Unas barras de acero
- Un cronómetro
- Una cinta métrica
- Una barra para enrasar.

El molde o caja en L tiene que tener una forma rectangular, que se compone de un depósito vertical y depósito horizontal. El depósito vertical consta con una altura máxima de 600 mm y una boca de 100 mm x 200 mm y el depósito horizontal tiene una longitud máxima de 700 mm, un ancho de 200 mm y una altura de 150 mm, para una capacidad aproximada de 13 litros de hormigón. Las barras que tendrán función de armadura para confinar el flujo van estar dentro de la caja en L, y serán de dos a tres barras dependiendo del tamaño máximo de los áridos. Se utilizaran tres barras de 12 ± 0.2 mm de diámetro cuando el tamaño máximo de los áridos sean 20 mm o menor, y dos barras de 16 mm de diámetro cuando el tamaño máximo de los áridos superior a 20 mm.

Imagen N° 4: Dimensiones y características de la Caja L



Fuente: Directrices Europeas para el hormigón autocompactante (2006)

Tiene un procedimiento fácil y sencillo para su ejecución. Primeramente hay que colocar las barras a elegir dentro de la caja en L dependiendo del tamaño máximo a ensayarse en el CAC. Luego hay que verificar que el molde este nivelado y de forma horizontal. Se humedece el molde con agua sin dejar exceso. Siempre verificando que la compuerta este cerrada y se comienza a rellenar el depósito vertical con la mezcla de hormigón sin ningún medio de compactación. Se enrasa la mezcla con la parte superior del depósito vertical dejándolo reposar por 60 ± 10 segundos. Después de transcurrir el tiempo de reposo se abre rápidamente la compuerta dejando fluir el hormigón.

Finalizando el ensayo de forma correcta se obtendrán unos resultados que permiten conocer los siguientes parámetros:

- T60 es el tiempo que se tarda el CAC en llegar al extremo horizontal de la caja en L desde su salida, donde la distancia es 600 mm y se mide en segundos.
- Se miden las alturas H1 y H2, obtenidas de la medición de la altura del hormigón cuando este toca el extremo de la caja y frente a la compuerta como se muestra en la figura n° 3. Con esta altura se obtiene un coeficiente de bloque expresado en milímetros.

2.2.4.1.4. ENSAYO CON ANILLO JAPONÉS (UNE - EN 12350-12:2011)

El ensayo de escurrimiento con el anillo japonés, J-Ring en inglés, evalúa la resistencia al bloqueo del hormigón autocompactante a través de barras de armadura, en condiciones de flujo libre. Además se puede observar si hay segregación, exudación, o si se produce una mayor concentración de árido grueso en la zona central. (Nieto, 2015)

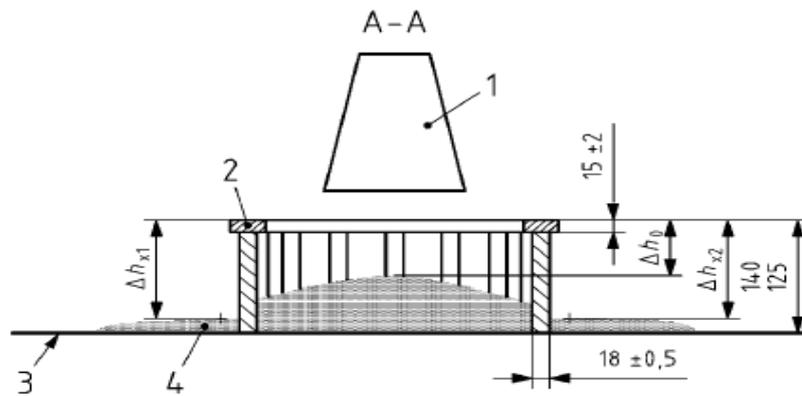
Según Álvarez (2014), se realiza de acuerdo a la norma europea EN 12350-12:

El equipo necesario para cumplir con este ensayo es el siguiente:

- Un cono de Abrams
- Base de acero
- Un anillo japonés
- Embudo
- Cronómetro
- Cinta métrica
- Barra para enrasar

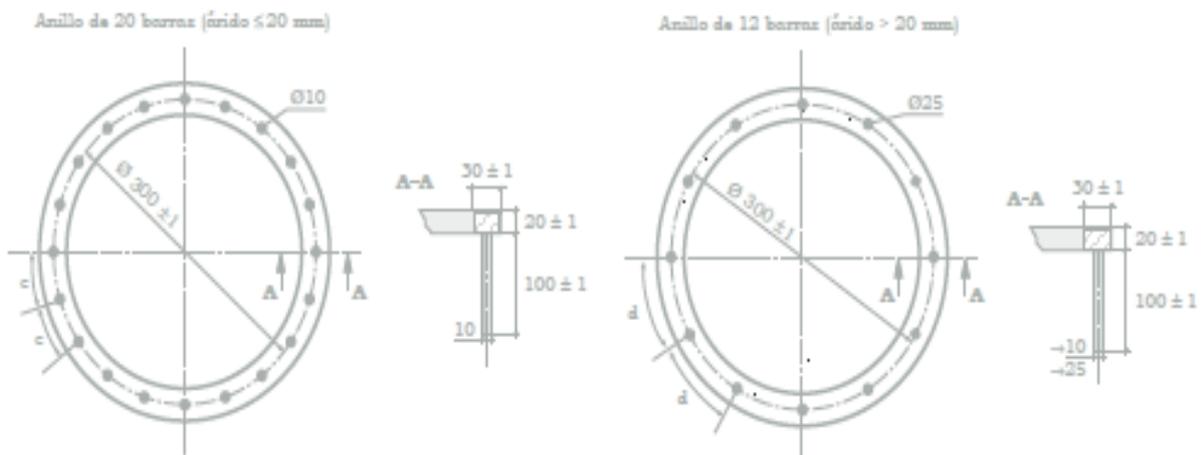
El cono de Abrams consta de dos aberturas con diámetros superior e inferior de 100 mm y 200 mm respectivamente y una altura de 300 mm. Tiene una capacidad aproximada de 7 litros de hormigón. La base de acero debe tener 900 mm x 900 mm x 2 mm. En la base se deben realizar tres círculos con diámetros de 210 mm, 300±2 mm, y 500 mm. El anillo japonés consiste de un anillo con diámetro de 300 mm y una altura de 120 mm. Posee unas barras perimetrales que su tamaño van a variar en función del tamaño máximo de los áridos. Es recomendable usar 20 barras de 10 mm diámetro para un tamaño máximo de áridos igual o menor a 20mm, y 12 barras de 28 mm de diámetro para un tamaño máximo de áridos a 20 mm (EFNARC, 2002).

Imagen N° 5: Sección transversal del ensayo con el anillo japonés



Fuente: UNE-EN 12350-12

Imagen N° 6: Anillo japonés de barras poco separadas y anillo japonés de barras muy separadas



Fuente: UNE-EN 12350-12

El procedimiento de este ensayo es muy similar al ensayo de escurrimiento. Se comienza verificando que la base y el cono estén limpios de impurezas. Ambos aparatos deben estar nivelados y horizontalmente con la superficie sólida. Se debe humedecer con agua sin dejar un exceso de la misma. Colocar de forma centrada el cono de Abrams en el círculo de 210 mm de diámetro y el anillo japonés en el círculo de 300 ± 2 mm de diámetro realizados previamente. Sujutando firmemente el cono, se va vertiendo la mezcla de hormigón de forma continua, sin ningún medio de compactación. Hay que enrasar ambas superficie, antes de transcurrir 30 segundos de haber vertido la mezcla, el cono se levanta verticalmente por el espacio de 1 a 3 segundos, dejando fluir la mezcla.

Esto permite conocer los resultados de los siguientes parámetros:

- D_{fj} , es el diámetro final alcanzado por la mezcla, una vez ha dejado de fluir el hormigón. Se toma la primera medida d_1 , que equivale al lado más ancho, y d_2 , es la medida perpendicular a d_1 . De estas dos medidas se calcula una media aritmética. Si los dos diámetros perpendiculares difieren más de 5 cm se deberá repetir el ensayo con otra porción de muestra. El resultado es expresado en milímetros. Cabe mencionar que si entre el ensayo de escurrimiento y el ensayo con el anillo japonés hay una diferencia de 50 mm, este último se repite ($D_{fj} - D_f \geq 50\text{mm}$).
- T_{j500} , es el tiempo transcurrido en que el hormigón se tarda en alcanzar el círculo de diámetro 500mm, medidos en segundos.
- h_1 y h_2 , que son las alturas medidas del hormigón en la cara interior y exterior del anillo, lo que permite calcular un coeficiente de bloqueo.

2.2.4.1.5. RANGOS DE ACEPCIÓN DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

Los rangos de los parámetros que se mencionarán a continuación no están estandarizados en una norma sino que son unos criterios que dan una idea según el ensayo a ejecutarse, y qué valor tiene que dar aproximadamente. Esta información fue tomada de la publicación ‘‘Especificaciones y Directrices para el Hormigón Autocompactable’’ - HAC de EFNARC en Febrero de 2002. La EFNARC es la Federación Europea que se dedica a los sistemas específicos de hormigón y productos químicos especializados para la construcción.

Tabla N° 5: Requisitos generales para la autocompactabilidad.

VALORES TÍPICOS				
Ensayos	Variable	Mínimo	Máximo	Unidad
Ensayo de Ecurrimiento	d_f	550	850	mm
Ensayo de Ecurrimiento	t_{50}	2	8	segundos
Ensayo de Embudo en V	t_v	4	20	segundos
Ensayo en Caja de L	h_2/h_1	0.75	1	adimensional

Fuente: EHE- 08

2.2.5. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE

Mientras que las propiedades en estado fresco del hormigón autocompactante difieren en gran medida de las del hormigón de compactación convencional, su comportamiento en términos de resistencias, durabilidad y demás prestaciones en estado endurecido pueden considerarse similares a las de un hormigón convencional de igual relación agua/cemento y elaborado con los mismos materiales componentes. (EHE-08)

2.2.5.1.1. RESISTENCIA MECÁNICA A LA COMPRESIÓN

La resistencia a la compresión es la medida más común de desempeño que emplean los ingenieros para diseñar edificios y otras estructuras. La resistencia a la compresión mide el fracturado de probetas cilíndricas de concreto en una máquina de ensayos a la compresión. La resistencia a la compresión se calcula a partir de la carga de rotura dividida entre el área de sección resistente y se reporta en unidades de libra-fuerza por pulgada (psi) unidades del sistema inglés o en mega pascales unidades del Sistema internacional (Norma: NTP 339.033).

2.2.5.1.2. RESISTENCIA A TRACCIÓN

En un hormigón autocompactante como en el resto de hormigones la resistencia a la tracción tiene una relación de proporcionalidad a la resistencia a compresión, entiéndase por esto si ocurre un aumento en la resistencia a compresión lo mismo ocurre en la resistencia a tracción indirecta, pero no necesariamente con la misma magnitud.

La semejanza entre ambas resistencias, y una posible mejora frente al hormigón convencional se relaciona a que ambos hormigones deben tener el mismo tamaño del árido (ACHE, 2008).

Según manifiesta (Vilanova, 2010), las propiedades mecánicas como lo es la resistencia a tracción en un hormigón autocompactante no depende de los mismo factores que un convencional. Las diferencias entre estos dos hormigones pueden ser por las modificaciones en las proporciones y características de las dosificaciones, la mejora de la microestructura y homogeneidad del material, y la no existencia de vibración durante la colocación del hormigón.

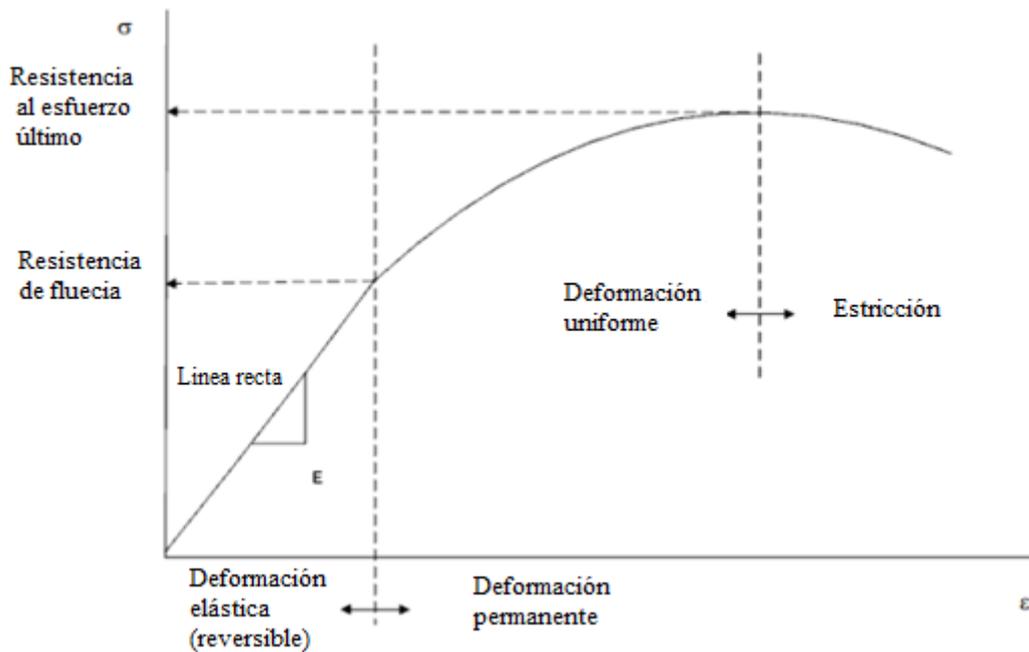
2.2.5.1.3. RESISTENCIA A FLEXIÓN

La resistencia a la flexión es una medida de la resistencia a la tracción del concreto (hormigón). Es una medida de la resistencia a la falla por momento de una viga o losa de concreto no reforzada. Se mide mediante la aplicación de cargas a vigas de concreto de 6 x 6 pulgadas (150 x 150 mm) de sección transversal y con luz de como mínimo tres veces el espesor. La resistencia a la flexión se expresa como el Módulo de Rotura (MR) en libras por pulgada cuadrada (MPa) y es determinada mediante los métodos de ensayo ASTM C78 (cargada en los puntos tercios) o ASTM C293 (cargada en el punto medio). El Módulo de Rotura es cerca del 10% al 20% de la resistencia a compresión, en dependencia del tipo, dimensiones y volumen del agregado grueso utilizado, sin embargo, la mejor correlación para los materiales específicos es obtenida mediante ensayos de laboratorio para los materiales dados y el diseño de la mezcla. El Módulo de Rotura determinado por la viga cargada en los puntos tercios es más bajo que el módulo de rotura determinado por la viga cargada en el punto medio, en algunas ocasiones tanto como en un 15%.

2.2.5.1.4. MÓDULO DE ELASTICIDAD

Relación entre el esfuerzo normal y la deformación unitaria correspondiente para esfuerzos de tensión o compresión menores que el límite de proporcionalidad del material. También conocido como módulo de Young (E) [NTP 339.047 - 2006]

Imagen N° 7: Curva Esfuerzo vs Deformación Unitaria



Fuente: Cervera. M & Blanco. E (2001) “Resistencia de Materiales”

El módulo de elasticidad es la pendiente de la línea recta que se forma en la zona elástica de la curva.

El módulo de elasticidad es una medida de la rigidez del material, el material es más rígido mientras mayor sea su módulo de elasticidad.

2.2.6. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL CAC

Burón, Fernández y Garrido (2006) consideran que las características prestacionales específicas que aporta la autocompactabilidad son:

- Gran facilidad de colocación que permite que el hormigón alcance lugares de difícil acceso y rellene completamente secciones con elevada densidad de armaduras.
- Elimina los medios de compactación, ahorrando la energía correspondiente y evitando el elevado nivel de ruido que genera la vibración.
- Mejora la seguridad y salud en la obra al evitar, durante el proceso de puesta en obra del hormigón, el uso de mangueras con conductores de electricidad, la

generación de ruidos y la realización de una actividad poco ergonómica como es el vibrado interno de la sección de hormigón.

- Mejora las condiciones medio ambientales en el entorno de las obras al evitar ruidos y reducir los plazos de ejecución.
- Es un material adecuado para colocarlo mediante bombeo.
- Ahorra el coste de los equipos de compactación y el correspondiente a la conservación y mantenimiento de los mismos, así como el inmovilizado en lista de repuestos.
- Mejora la calidad de acabado de las superficies vistas, aumentando su uniformidad como consecuencia de eliminar la heterogeneidad que produce el vibrado.
- Acorta los plazos de ejecución.
- Aumenta el número de puestas del encofrado en la misma cantidad de tiempo.
- Reduce el coste global de la obra.
- Aumenta la productividad del proceso de puesta en obra del hormigón.

El CAC tiene también ciertas limitaciones que deben ser consideradas para poder implementarlo en las obras de nuestro país, entre las que se mencionan:

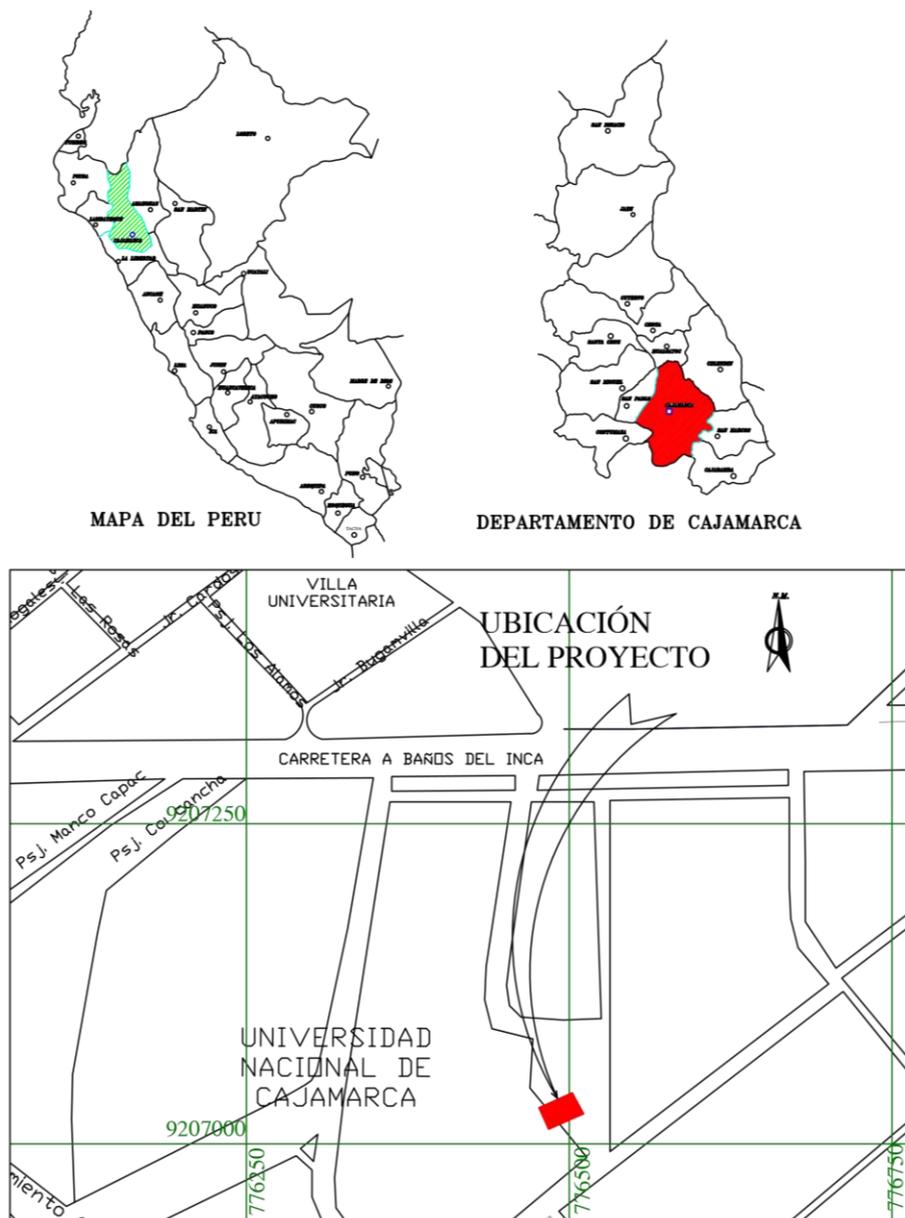
- Una de las limitaciones en la producción del CAC, es el alto costo de los materiales, especialmente los aditivos superplastificantes, necesarios para obtener la autocompactabilidad de este concreto.
- La mayoría del equipo para realizar los ensayos al CAC en estado fresco, es de uso específico en los países precursores sobre la investigación de esta tecnología; debido a esto la evaluación de las características de la trabajabilidad, es limitada.
- Estricto control de dosificación: Uno de los inconvenientes en estos hormigones puede encontrarse en las dosificaciones según fabricantes, que debido a ciertas mínimas variaciones en los tenores de humedad en encofrados, pueden alterarlos; para evitarlo se recurre a moduladores de viscosidad, que controlan la segregación dando homogeneidad a la masa.
- En la colocación del CAC, la elevada fluidez de la mezcla podría causar dificultades en el encofrado, debido a los esfuerzos de presión y la ausencia de un sellado completo; aunque por la naturaleza tixotrópica del CAC, esta última consideración no debería ser calificada como un problema.

CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La investigación fue realizada en el Laboratorio de Ensayo de Materiales “Carlos Esparza Díaz” de la facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca, ubicada en la Av. Atahualpa N°1050.

Imagen N° 8: Ubicación de la Investigación



<i>Coordenadas Geográficas</i>		<i>Coordenadas UTM</i>	
Latitud	Longitud	Este	Norte
7° 10' 1.77" S	78° 29 '47.42" W	776499.93	9207018.19

3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.2.1. TIPO, NIVEL, DISEÑO Y MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

Tipo: Aplicada y/o tecnológica, ya que se aplicarán los conocimientos existentes en la práctica.

Nivel: Explicativa, ya que se ocupa de analizar el comportamiento mecánico que tiene el concreto autocompactante al añadirle fibra sintética Sika® fiber force pp-48.

Diseño: Experimental

Método: Experimental debido a que se manipulan variables independientes para ver sus efectos sobre las variables dependientes, de igual manera es un experimento puro, debido a que existe una manipulación intencional de las variables independientes, se mide el efecto que tiene ésta sobre la variable dependiente y tiene una validez interna ya que se sabe que está ocurriendo realmente con la relación entre las dos variables.

3.2.2. VARIABLES

Variable Dependiente

Comportamiento mecánico del concreto autocompactante.

Variable Independiente

Dosis de fibra sintética (kg/m³).

Variables Intervinientes

Cemento Portland tipo I (cementos Pacasmayo).

Agua potable.

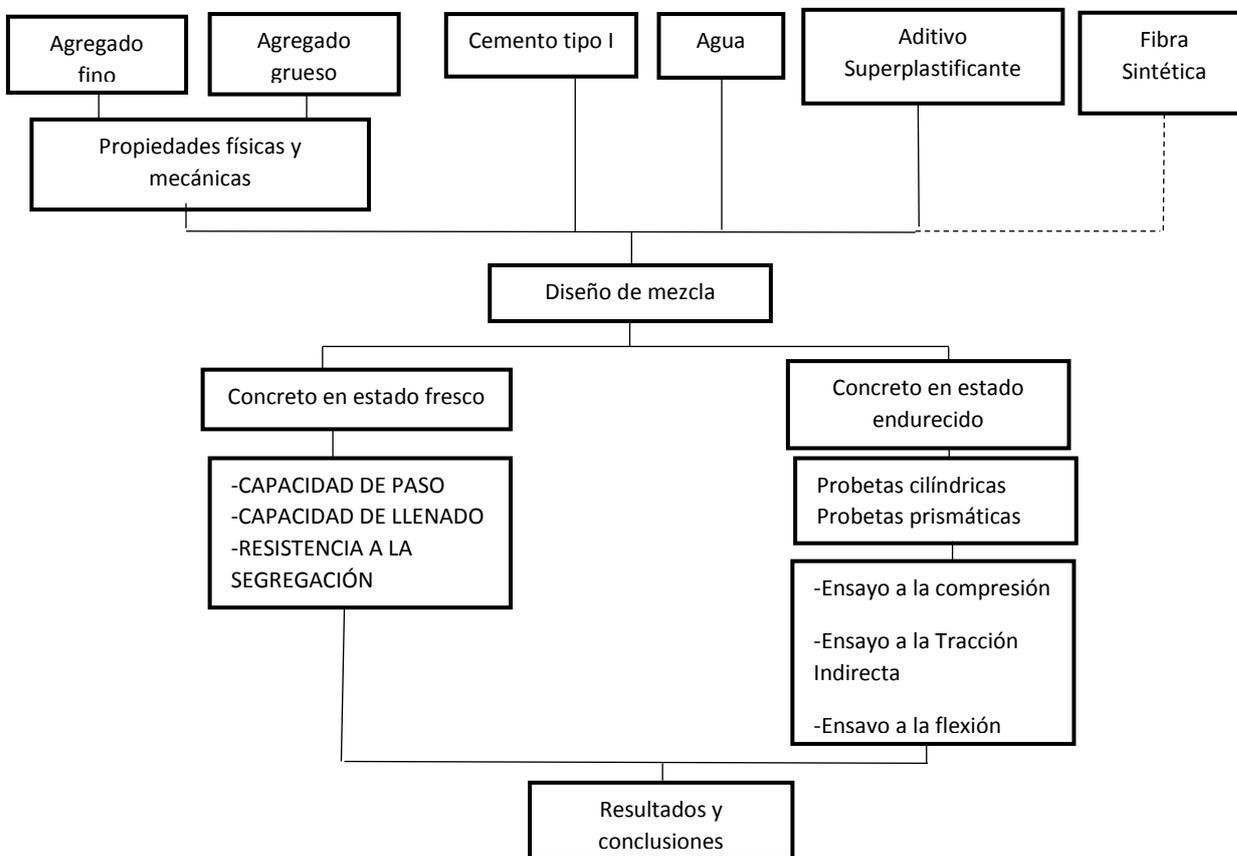
Aditivo Masterglenium® SCC 3800

3.2.3. UNIDAD DE ANÁLISIS

La unidad de análisis será las probetas de concreto autocompactante con adiciones de fibra sintética SIKA® FIBER FORCE PP-48.

3.2.4. PROCEDIMIENTO Y TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Imagen N° 9: Diagrama del circuito experimental para la evaluación de concreto autocompactante



3.2.5. MUESTRA

El tamaño de la muestra es de 180 probetas, cilíndricas y prismáticas, distribuidas de la siguiente manera.

Tabla N° 6: Distribución de probetas

RESULTADOS		FACTORES DE ANÁLISIS			
		CAC PATRÓN	CAC CON FIBRA		
DOSIFICACIÓN		Sin fibra	2 kg/m ³	3 kg/m ³	4 kg/m ³
Resistencia a la compresión	7 días	6	6	6	6
	14 días	6	6	6	6
	28 días	6	6	6	6
Resistencia a la flexión	7 días	6	6	6	6
	14 días	6	6	6	6
	28 días	6	6	6	6
Resistencia a la tracción	7 días	3	3	3	3
	14 días	3	3	3	3
	28 días	3	3	3	3

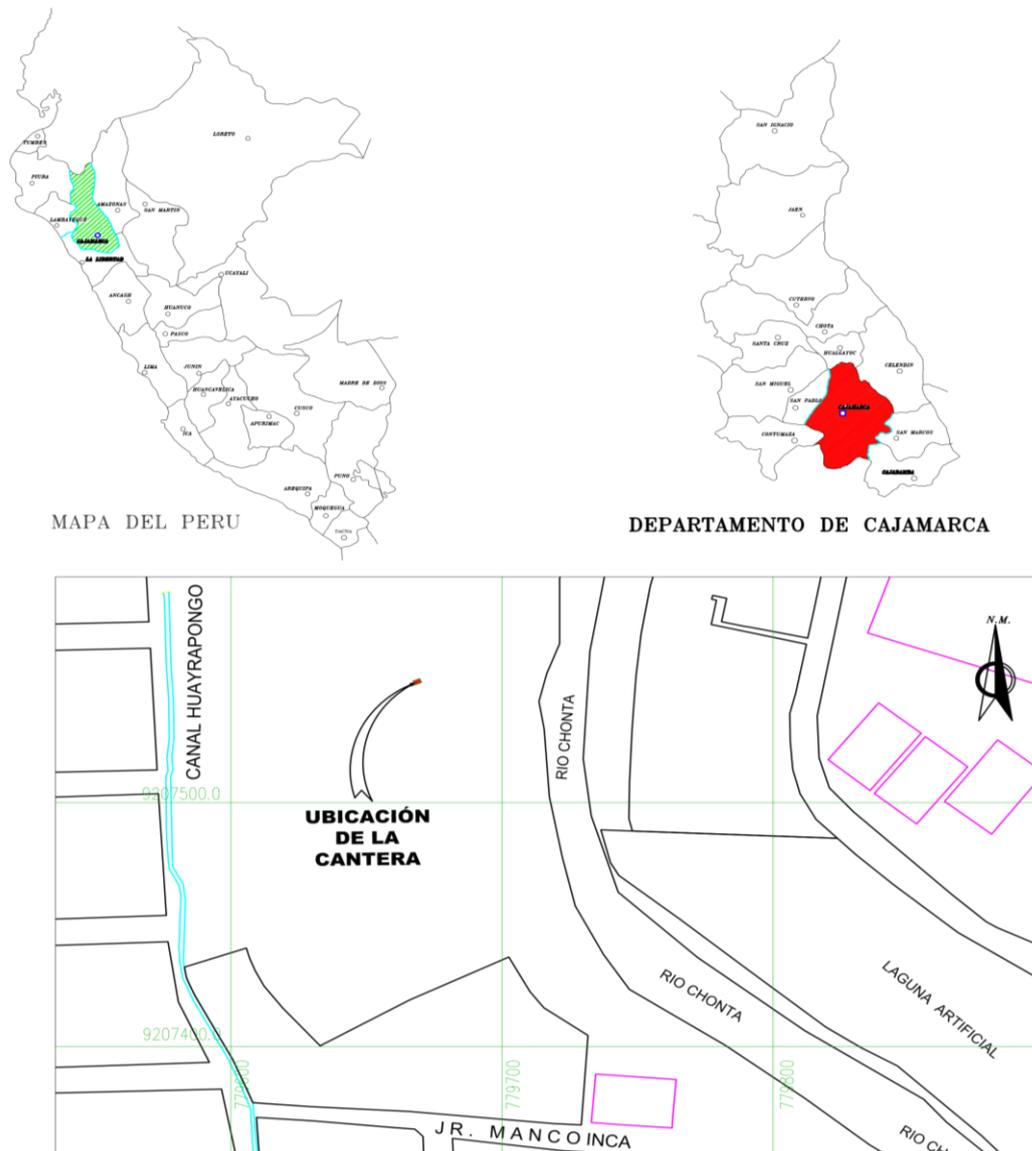
3.3. CANTERA DE ESTUDIO

Para el desarrollo de la presente investigación se utilizó agregados de la Planta de Chancado “Roca Fuerte” ya que es una de las principales canteras con la cual se abastece la ciudad de Cajamarca para la ejecución de obras.

3.3.1. Ubicación

En el departamento y provincia de Cajamarca, distrito de Baños del Inca. Geográficamente en las coordenadas UTM según Datum WGS-84.

Imagen N° 10: Ubicación geográfica de la cantera "Roca Fuerte"



Coordenadas Geográficas		Coordenadas UTM	
Latitud	Longitud	Este	Norte
7° 9' 43.88" S	78° 28 '4.29" W	779668.92	9207550.8

3.3.2. Geología

Constituida por depósitos Fluviales siendo considerados a los materiales que encontramos dentro y fuera del cauce de los ríos Mashcón y Chonta, constituyendo además los depósitos que se han formado su desarrollo geológico reciente.

Están compuestos mayormente por cantos rodados hasta 25'' a 30'', gravas, arenas gruesas y finas, de forma plana, semiesférica y semiángular, los semiangulosos se encuentran con los bordes erosionados. Estas geoformas de los cantos nos indican la distancia y origen de los materiales que fueron erosionados y transportados por éstos dos ríos que cruzan la ciudad de Baños del Inca, encontrándose en sus lechos cantos de rocas volcánicas traquítas y andesítas, calcáreas, margas, graníticas, cuarzosas, formando así los depósitos para mencionada cantera. (Vásquez, 2015)

3.3.3. Extracción de agregados

Los agregados usados para la investigación, se encuentran de forma dispersa a lo largo del Río Chonta, en un área de explotación de la cantera de aproximadamente dos mil metros cuadrados (2000 m²), aproximadamente la potencia de explotación de la cantera llega en su punto más profundo a un metro con ochenta centímetros (1.80 m). Los materiales son extraídos desde los márgenes del río con maquinaria pesada y transportado a la zona de proceso, donde son lavados, reducidos a través de trituración y tamizados para su futura venta.

El material es triturado y separado mecánicamente a través de la máquina aquí se hace una clasificación en TMN de 1/2", 3/4" y 1" para su posterior despacho. (Vásquez, 2015)

3.4. DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS

La determinación de las propiedades y características de los agregados es de mucha importancia, ya que de ello depende la obtención de un concreto de alta calidad y su buen comportamiento estructural.

Para la verificación de las propiedades de los agregados es necesario que estos sean comparados con los parámetros establecidos en las NTP o sus equivalentes en normas internacionales como las ASTM.

a) Materiales

- Agregado fino de cantera de rio chonta.
- Agregado grueso de 1/2'' de la cantera de rio chonta.
- Agua potable de la ciudad universitaria.

b) Equipo

- Juego de tamices conformados por: 3/4", 1/2", 3/8", N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N°100.
- Bandeja metálica.
- Balanza de sensibilidad de 0.1 gr.
- Estufa a temperatura constante de 110±5°C
- Recipiente adecuado que permiten saturar las muestras a trabajar.
- Frascos volumétrico: fiola y beaker con capacidad de 500cm³ y 400cm³ respectivamente.
- Molde cónico metálico de diámetro menor 4cm y diámetro mayor 9cm.
- Varilla de metal con estremo redondeado.
- Balanza de sensibilidad de 0.5 gr y capacidad no menor de 5kg
- Cesta de malla de alambre, con abertura de no mayor a 3mm.
- Deposito adecuado para sumergir la cesta de malla de alambre
- Máquina de los ángeles: con una carga abrasiva que consiste en esferas de acero de aproximadamente 4.7cm de diámetro y cada una con un peso entre 390 y 445gr.
- Recipiente cilíndrico de metal, suficientemente rígido para condiciones duras de trabajo.
- Barra compactadora de acero, circular y recta.

c) Metodología

Los ensayos realizados para determinar las propiedades físico mecánicas de los agregados, siguieron los procedimientos indicados en las especificaciones de las norma técnicas peruanas (NTP) y ASTM (American Section of the International Association for Testing Materials).

3.4.1. NORMAS

- **Granulometría (análisis granulométrico):** Del agregado grueso y fino según la norma ASTM C 136/ NTP 400.037.
- **Contenido de humedad natural:** Del agregado grueso y fino (contenido de humedad) según la norma ASTM C 566 / NTP 339.185.
- **Peso unitario suelto y compactado:** Del agregado grueso y fino según la norma ASTM C 29 / NTP 400.017.

- **Peso específico aparente y real del agregado grueso (Peso específico de masa):**
Según la norma ASTM C 127 / NTP 400.021
- **Peso específico aparente y real del agregado fino (Peso específico de masa):**
Según la norma ASTM C 128 / NTP 400.022
- **Resistencia a la abrasión (prueba en la máquina los ángeles):** Según la norma ASTM C131 / NTP 400.019.
- **Verificación del cumplimiento de los agregados con las especificaciones normalizadas para agregados en hormigón:** según la norma ASTM C 33 / NTP 400.037. 976315220

3.5. CEMENTO

El cemento que se empleó para elaborar las dosificaciones de estudio, fue Cemento portland tipo I de Cementos Pacasmayo S.A.A. destinado para uso general en la construcción, para emplearse en obras que no requieran propiedades especiales. Que cumple con los requisitos de las normas técnicas NTP 334.009 y ASTM C 150.

La ficha técnica del Cemento portland tipo I de Cementos Pacasmayo S.A.A. se presenta en anexos 7.5.

3.6. AGUA

El agua empleada en la preparación y curado de los especímenes cilíndricos y prismáticos de concreto, fue el agua del campus de la Universidad Nacional de Cajamarca, esta agua es extraída de pozos subterráneos, cumple con los límites máximos y mínimos permisibles según el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano según el **DS N° 031-2010-SA**; cumpliendo así los requisitos de calidad para la elaboración y curado del concreto indicado en la Norma **NTP 339.088**.

3.7. ADITIVO

Para la elaboración del concreto autocompactante en estudio se utilizó un aditivo superplastificante, con el fin de obtener un hormigón fluido que cumpla con las principales características de un autocompactante.

Masterglenium

Masterglenium es un aditivo superplastificante, es un aditivo reductor de agua de alto rango listo para usarse, pertenece a una nueva generación de aditivos patentados basados

en la tecnología del policarboxilato. Reduce la cantidad de agua necesaria de entre 5% a 40%. Recomendado para mezclas de concreto con diferentes niveles de manejabilidad incluyendo aplicaciones que requieran el uso de concreto autocompactante, entre otros. La dosis recomendada es de 0,3% a 1,6% respecto al peso del cemento.

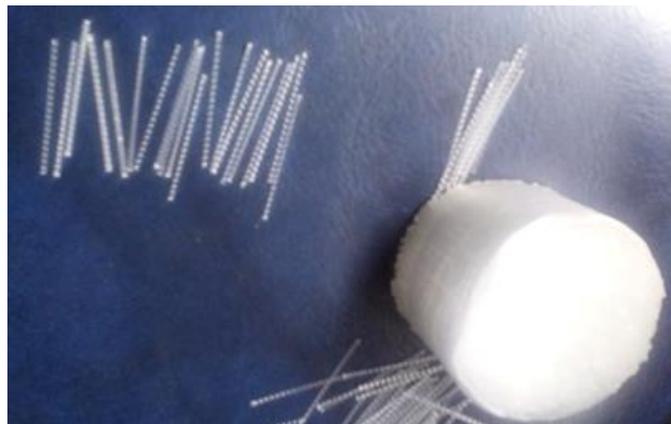
Las características de la fibra se muestran en su hoja técnica (Anexos 7.4)

3.8. FIBRA

Las fibras utilizadas para el desarrollo de esta investigación es una fibra de polipropileno macro sintética estructural, diseñada y usada como el refuerzo secundario de concreto, es fabricada a partir de polímeros de polyolefina de alto desempeño y deformadas mecánicamente. La dosificación recomendada de esta fibra varía en un rango de entre 2 a 9 kg/m³ de un concreto.

Las características de la fibra se muestran en su hoja técnica (Anexos 7.3).

Imagen N° 11: Fibra sintética SIKA® FIBER FORCE PP-48



3.9. DISEÑO DE MEZCLAS

Se diseñó un concreto autocompactante con $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, usando cemento Pacasmayo Tipo I, se realizó una mezcla de control (Concreto patrón), posteriormente se diseñó mezclas de prueba con diferentes proporciones de fibra sintética Sika® Fiber Force PP-48, con el fin de determinar la proporción óptima.

El método que se usó para el diseño, fue el de combinación de agregados, este método considera que el módulo de finura del agregado fino y grueso, es un índice de la superficie específica y a medida que esta aumenta se incrementa la demanda de pasta (Rivva 2007).

Descripción del método

- Determinación de la resistencia de diseño (f'_{cr}).
- Selección del Tamaño Máximo Nominal del Agregado.
- Selección del asentamiento.
- Volumen Unitario del agua.
- Selección del contenido de aire.
- Determinación de la relación Agua / Cemento.
- Factor Cemento.
- Calculo del volumen absoluto de la pasta.
- Calculo del volumen absoluto del agregado.
- Calculo del módulo de fineza de la combinación de agregados.
- Cálculo del valor de r_f .
- Calculo de los Volúmenes absoluto del agregado.
- Peso secos de los agregados.
- Valores de diseño.
- Corrección por humedad del agregado.
- Proporción en peso.

Elección de Dosificación

Para obtener la dosis utilizada en la elaboración de los hormigones de prueba, primero se hicieron mezclas para definir las dosis de aditivos con el fin de evaluar la compatibilidad entre los materiales disponibles y obtener hormigones con características autocompactantes, esto se logró mediante ensayos de prueba y error, variando la cantidad de aditivo y el porcentaje de reducción de agua.

La dosis de fibra en estudio fue elegida según los parámetros brindados en la hoja técnica, y las recomendaciones para un concreto autocompactante.

3.10. CORRECCIÓN POR RESISTENCIA

Como se obtuvieron especímenes cuya resistencia promedio ensayada a los 7 días por encima del 70% de la resistencia requerida f'_{c} , se reajustó la relación agua/cemento debido a la hidratación del concreto como sigue, considerando la resistencia posible a los 28 días, para esto se utilizó la Ley de Powers:

Ley de Powers

La resistencia del concreto es función del grado de hidratación del cemento, de la relación gel/ espacio ocupada por el gel y de la relación agua cemento, es decir:

$$R = 2380 \times X^3 \quad \dots\dots (16)$$

$$X = \frac{0.687 \times \alpha}{0.319 \times \alpha + \frac{a}{c}} \quad \dots\dots (17)$$

Dónde:

R = Resistencia a la compresión a 28 días (kg/cm²)

X = Relación Gel/Espacio

α = Grado de hidratación

a/c = Relación agua/cemento

3.11. ELABORACIÓN DE ESPECÍMENES DE CONCRETO

Se realizó según la NTP 339.183.

Materiales

- Cemento Pacasmayo tipo I (Norma ASTM C-150)
- Agregado fino de cantera de rio
- Agregado grueso de cantera de rio
- Agua potable (ciudad universitaria U.N.C)
- Aditivo súper plastificante MasterGlenium 3800 (Norma ASTM 494).
- Aceite para moldes.

a) Equipo

- Juego de tamices conformados por: 3/4", 3/8", N° 4.
- Balanza de sensibilidad de 0.5 gr y capacidad apropiada (30kg).
- Recipientes para pesar materiales.
- Probeta graduada 500 ml
- Herramientas. Palana, badilejo, cucharón, enrazador.
- Mezclador
- Cono de Abrams
- Caja L

b) Metodología

Durante la elaboración de especímenes se realizó ensayos para evaluar las características concreto autocompactante patrón, dentro de estos ensayos determinaron la capacidad de paso, capacidad de relleno, resistencia a la segregación.

3.11.1.1. CURADO DE PROBETAS

El curado de las probetas se realizó en base a las especificaciones brindadas en la norma peruana **NTP 339.116**, en las instalaciones del laboratorio de la Universidad Nacional de Cajamarca, se realizaron pruebas a los 7,14 y 28 días.

3.11.1.2. PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS DEL CAC EN ESTADO FRESCO

La principal propiedad del concreto autocompactante en estado fresco es la autocompactabilidad. Para lograr esta propiedad hay que desarrollar un concreto que reúna unas características como fluidez, viscosidad, y cohesión. Estas propiedades del concreto autocompactante las determinaremos mediante ensayos en estado fresco.

Tal como se describe en el ítem 2.2.2.10, existen varios ensayos que permiten conocer la autocompactabilidad del hormigón. Para la presente investigación se realizaron los siguientes.

3.11.1.2.1. ENSAYO DE ESCURRIMIENTO

Este ensayo nos permite observar si existe segregación y/o exudación, y la distribución de los agregados como se muestra en la figura.

Imagen N° 12: Expansión de la mezcla del CAC.



El procedimiento se detalla en el ítem 2.2.2.10.3, pero de manera sucinta lo que se realizó fue:

- Humedecer el cono de Abrams y la placa metálica.
- Ubicamos el cono sobre la placa metálica
- Verter el concreto autocompactante dentro del cono
- Enrazamos y levantamos el cono.
- Tomamos el tiempo que tarda en alcanzar un diámetro de 50 cm (T50)
- Finalmente medimos el diámetro alcanzado.

3.11.1.2.2. ENSAYO DE EMBUDO EN V

Este ensayo mide la capacidad relleno, la viscosidad plástica y la capacidad de paso. Se realizó según lo descrito en el apartado 2.2.2.10.4, de forma resumida lo que se realizó fue:

- Humedecer el equipo.
- Llenar el molde en forma de embudo con la mezcla de concreto autocompactante, enrazamos.
- Finalmente dejamos salir la mezcla de forma continua y sin interrupción como se presenta en la figura.

Imagen N° 13: Llenado del molde V, y de salida del CAC.



De este ensayo se determina el parámetro t_v , que es el tiempo en que tarda en salir la mezcla de concreto autocompactante del embudo y la clase de viscosidad.

3.11.1.2.3. ENSAYO DE CAJA EN L

Este ensayo es utilizado para evaluar la capacidad de paso o resistencia al bloqueo del concreto autocompactante sin segregación.

El procedimiento se detalla en el apartado 2.2.2.10.5, pero de manera resumida se realizó fue lo siguiente:

- Humedecer la caja L
- Ubicarla en una parte plana
- Cerrar la compuerta
- Llenar la caja con concreto autocompactante
- Enrazar
- Abrimos la compuerta y controlamos tiempos
- Medimos las alturas respectivas

Imagen N° 14: Momento de llenado del molde, y de salida del CAC.



3.11.1.3. ENSAYOS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE ENDURECIDO

3.11.1.3.1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

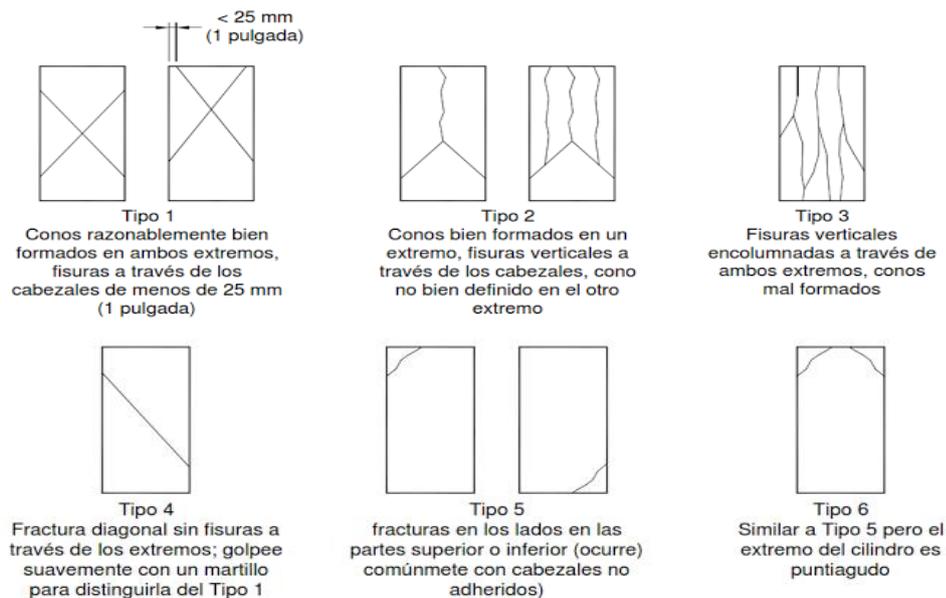
Este ensayo se realizó de acuerdo a lo establecido en las normas **NTP 339.034 – ASTM C 39**, estas normas establecen un procedimiento para determinar la resistencia del concreto sometido a compresión.

Para la presente investigación dicho ensayo se realizó a los 7, 14 y 28 días, tanto para el CAC patrón y el concreto autocompactante con fibra sintética.

a) Procedimiento

- Codificamos
- Medimos el diámetro de las caras, y la altura de la probeta
- Pesamos la probeta
- Ensayamos la probeta tomando en cuenta lo siguiente:
 - Ubicar la probeta, con las caras paralelas a la placa inferior de la máquina compresora.
 - La carga axial aplicada, debe ser sin choques y de forma continua, a una velocidad constante normalizada, en un rango prescrito mientras ocurre una falla.
- Análisis del tipo de fractura

Imagen N° 15: Esquema de tipos de fractura



Fuente: NTP 339.034

b) Expresión de resultados

$$R_c = \frac{P}{S} \quad \dots\dots (18)$$

Donde:

R_c = Resistencia a Compresión (Kg/cm²).

P = Carga Máxima (Kg).

S = Superficie de carga (cm²).

3.11.1.3.2. RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA

Este ensayo se realizó de acuerdo a lo establecido en las normas **NTP 339.084 – ASTM C496**, estas normas establecen un procedimiento para determinar la resistencia del concreto sometido tracción indirecta.

Para la presente investigación dicho ensayo se realizó a los 7, 14 y 28 días, tanto para el CAC patrón y el concreto autocompactante con fibra sintética.

a) Procedimiento

- Codificamos
- Medimos el diámetro de las caras, y la altura de la probeta
- Pesamos la probeta
- Ensayamos la probeta tomando en cuenta lo siguiente:
 - Ubicar la probeta, con las caras en un plano perpendicular a la placa inferior y superior de la máquina compresora, de esta manera se logrará ubicar a la probeta de forma echada.
 - La carga aplicada, debe ser sin choques y de forma continua, a una velocidad constante normalizada, en un rango prescrito mientras ocurre una falla, de forma similar al ensayo de compresión.

b) Expresión de resultados

$$St = \frac{2*P}{\pi*d*t} \quad \dots\dots (19)$$

Donde:

St = Resistencia a la Tracción Indirecta (Kg/cm²).

P = Carga Máxima (Kg).

d = Diámetro de la probeta (cm).

t = Altura de la probeta (cm).

π = Pi con valor de 3.1416.

3.11.1.3.3. RESISTENCIA A FLEXIÓN

Este ensayo se realizó de acuerdo a lo establecido en las normas **NTP 339.070 – ASTM C293**, estas normas establecen un procedimiento para determinar la resistencia del concreto sometido flexión.

El ensayo consiste en someter a una viga de hormigón simplemente apoyada, a una sollicitación de flexión mediante la acción de carga en el centro de la luz de la probeta.

La luz de ensayo cumplirá con las siguientes condiciones, según la forma de aplicación de la carga:

Cargas P aplicadas en el centro de la luz.

$$L > 3 h$$

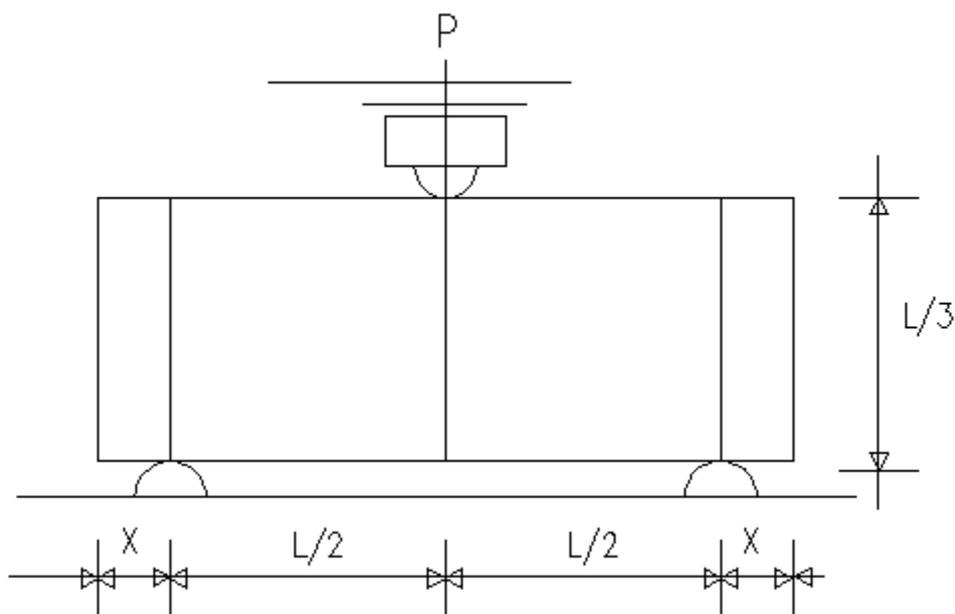
Donde:

L = luz de ensayo;

h = altura de la probeta.

La distancia “ X ” entre cada línea de apoyo y el extremo más cercano de la probeta será igual o mayor a 2.5 cm.

Imagen N° 16: Ensayo de flexión método de carga en el punto medio.



Fuente: Norma NTP 339.079.

a) Procedimiento

- Codificamos
- Medimos los lados y aristas de la probeta
- Trazamos rectas con un plumón indeleble sobre las cuatro caras mayores que marquen las secciones de apoyo y de carga.
- Pesamos la probeta
- Ensayamos la probeta tomando en cuenta lo siguiente:
 - Ubicar la probeta, haciendo coincidir las líneas trazadas con las piezas de carga y apoyo.
 - La carga aplicada, debe ser sin choques y de forma continua, a una velocidad constante normalizada.
 - El contacto entre la probeta y las piezas de apoyo o de carga debe ser total.

b) Expresión de resultados

$$R = \frac{3 \cdot P \cdot L}{2 \cdot b \cdot h^2} \quad \dots\dots (20)$$

Donde:

R = Tensión de rotura (Kg/cm²)

P = Carga máxima aplicada (kg).

L = Luz de ensayo de la probeta (cm).

b = Ancho promedio de la probeta en la sección de rotura (cm).

h = Altura promedio de la probeta en la sección de rotura (cm).

3.11.1.3.4. MÓDULO DE ELASTICIDAD

El módulo de elasticidad del concreto se determinó en base a:

- La NORMA **E0.60**.

$$E = 15000 \cdot \sqrt{f'_c} \quad \dots\dots(21)$$

Donde:

E = Módulo de elasticidad

F'c = Resistencia a compresión del concreto

- GRÁFICAS: Para lo cual se realizaron gráficas con los valores promedio de las deformaciones unitarias y esfuerzos.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1.ELECCIÓN DEL PORCENTAJE ÓPTIMO DE ADITIVO

Se realizó con el método de prueba y error, tomando en cuenta que las propiedades en estado fresco cumplan con los límites establecidos para un concreto autocompactante y se llegue a la resistencia propuesta.

Se realizaron una serie de CAC, modificando la dosis de aditivo MasterGlenium® SCC 3800, de tal forma se cumpla con lo mencionado anteriormente, siendo la dosis óptima la siguiente.

Tabla N° 7: Dosis óptima

CEMENTO:	363.27 kg
A. FINO:	974.67 kg
A. GRUESO:	810.55 kg
AGUA:	162.52 Lt
ADITIVO:	4.93 Lt

El cuadro muestra valores de los materiales de diseño después de haber realizado la corrección por resistencia.

4.2.PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS

Tabla N° 8: Resumen de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados

DESCRIPCIÓN	Unidad	AF	AG
Peso Unitario Suelto	kg/m ³	1633.05	1481.69
Peso Unitario Compactado	kg/m ³	1800	1611.49
Peso específico de masa	(gr/cm ³)	2.59	2.55
Peso específico de masa SSS	(gr/cm ³)	2.62	2.58
Peso Específico Aparente	(gr/cm ³)	2.67	2.62
Porcentaje de absorción	%	1.18	1.04
Contenido de humedad	%	3.58	0.68
Módulo de finura	-	2.99	6.93
Abrasión	%	-	21.2
Tamaño máximo nominal	-	-	1/2

- **El Peso Unitario Suelto**

El peso unitario suelto del agregado fino no se adecúa con la NTP, pero el agregado grueso si se encuentra en el límite permisible, ya que según la norma NTP 400.037, los límites permisibles para el peso unitario suelto son:

Agregado Fino: (1250 – 1400) kg/m³

Agregado Grueso: (1350 – 1680) kg/m³

Tomando las recomendaciones para los agregados finos en Cajamarca, el valor obtenido es aceptable ya que el peso unitario suelto varía entre 1400 kg/m³ y 1700 kg/m³. (Lezama ,1996)

- **Peso específico de masa**

El peso específico de masa del agregado fino y el agregado grueso se encuentran en el límite permisible según la norma NTP 400.037 el cual es de (2.3 – 2.9) gr/cm³.

- **Absorción**

El valor obtenido para ambos agregados está dentro de los parámetros según las especificaciones que se nos muestra en la tabla N° 1 los límites para la absorción de los agregados son (0.2 – 3.5) %.

- **Contenido de Humedad**

El contenido de humedad del agregado fino y del agregado grueso están dentro de los límites establecidos en la norma tal como se muestra en la tabla N° 1 y 2, los límites son 8% y 4% respectivamente.

- **Módulo de Finura**

La NTP 400.037, manifiesta que el agregado fino debe tener un módulo de finura no menor a 2.3 y no mayor a 3.1 gr/cm³, por lo que el agregado fino usado se encuentra dentro de los límites establecidos.

- **Abrasión**

La norma técnica peruana 400.037, manifiesta que el agregado grueso adecuado para el concreto debe tener una máxima pérdida de 50% del peso original, por lo cual podemos decir que el agregado usado para esta investigación cumple con lo establecido.

- **Tamaño Máximo Nominal**

Se optó por trabajar con un agregado de tamaño máximo nominal de media pulgada (1/2”), siguiendo las recomendaciones de la (Norma: UNE-EN 12620), la cual manifiesta que el tamaño máximo del agregado grueso debe ser menor a 20 mm.

4.3. ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DEL CAC EN ESTADO FRESCO

4.3.1. ENSAYO DE ESCURRIMIENTO (Cono de Abrams)

Tabla N° 9: Valores promedio del ensayo de escurrimiento.

Parámetros		CANTIDAD DE FIBRA			
		Patrón	2Kg/m3	3 Kg/m3	4 Kg/m3
Promedio	T50(s)	4.4	4.5	5.7	6.6
	Dmax (cm)	74.58	70.42	68.75	66.17
	Segregación	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ligera

Los valores obtenidos por el T (50) es aceptable en cada una de las dosificaciones, ya que la norma establece un rango de aceptación $T50 \leq 8$ seg, en cuanto al diámetro máximo obtenido se encuentra en un rango mayor a 660 mm y menor a 750mm perteneciente a un concreto autocompactante SF2, vemos también que el diámetro máximo va disminuyendo conforme la dosificación de fibra incrementa y el tiempo para alcanzar un diámetro de 50 cm (T 50) va aumentando, en lo que respecta a la segregación solo se presenta en el CAC con 4kg/m3 de fibra.

4.3.2. ENSAYO DE EMBUDO EN V

Tabla N° 10: Valores promedio del ensayo de relleno.

Ensayo	Parámetros	CANTIDAD DE FIBRA			
		Patrón	2Kg/m3	3 Kg/m3	4 Kg/m3
1°	Tv	5.8	8	9	9.5
2°	Tv	6	8.1	8.7	9.3
3°	Tv	6.5	8.4	8.9	9.3
Promedio	Tv	6.1	8.2	8.9	9.4

Podemos ver en el cuadro que el tiempo (Tv) va aumentando conforme se incrementa la cantidad de fibra en el concreto autocompactante, pero estos valores se encuentran dentro del rango que establece la EHE-08 la cual nos da un límite entre 4 y 20 segundos, gracias a este ensayo se pudo determinar que el concreto patrón y el CAC con fibra, presenta una gran resistencia a la segregación.

4.3.3. ENSAYO DE CAJA EN L

Tabla N° 11: Valores promedio del ensayo de capacidad de paso.

PROMEDIO	Parámetros	Dosificación	Dosificación	Dosificación	Dosificación
		(patrón)	2kg/m3(fibra)	3kg/m3(fibra)	4kg/m3(fibra)
	T(s)	5.45	8.28	8.92	9.88
	H1(cm)	9.03	6.13	6.33	5.87
	H2 (cm)	8.78	3.28	3.12	2.79
	H2/H1 (cm)	0.97	0.54	0.49	0.47
	Bloqueo	No	Si	Si	Si

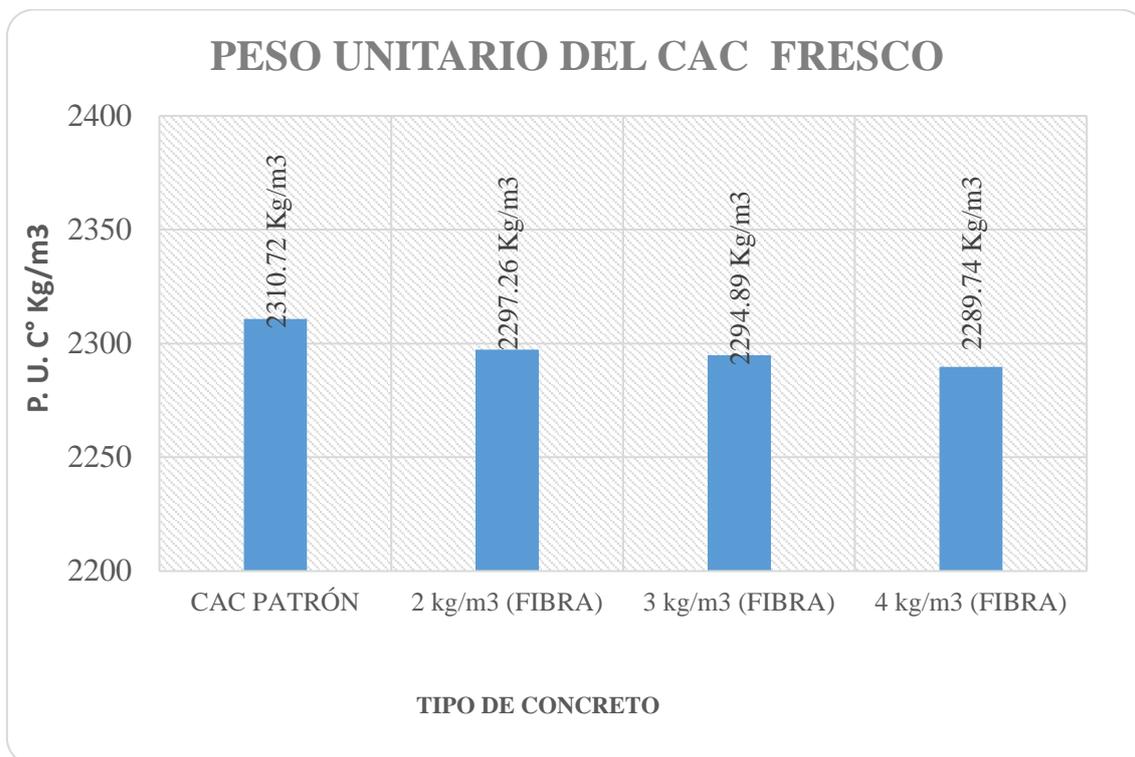
El cuadro nos muestra los valores obtenidos al realizar el ensayo de caja L, para el concreto patrón, observamos que los resultados se encuentran dentro de los parámetros proporcionados por la EHE-08 la cual nos da un límite (0.75-1), vemos también que para el concreto con fibra los valores son inferiores al límite mínimo (0.75), esto se debe a que la separación entre las barras es corta respecto al largo de la fibra de tal manera que las fibras forman un bloqueo que impide el paso adecuado del concreto. Es posible que este ensayo no sea el más adecuado para medir la capacidad de paso de un concreto autocompactante reforzado con fibras.

4.4. ANÁLISIS DEL PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO

Tabla N° 12: Valores del peso unitario del CAC fresco.

TANDA	CAC	ADICIÓN DE	ADICIÓN DE	ADICIÓN DE
	PATRÓN	2 Kg/m3 DE FIBRA	3 Kg/m3 DE FIBRA	4 Kg/m3 DE FIBRA
PESO UNITARIO DEL CAC FRESCO EN "Kg/m ³ "				
N° 01	2311.25	2298.58	2297.00	2292.25
N° 02	2304.12	2295.41	2294.62	2290.66
N° 03	2308.87	2300.96	2297.79	2281.95
N° 04	2318.38	2292.25	2291.45	2293.04
N° 05	2317.58	2300.16	2292.25	2286.70
N° 06	2304.12	2296.21	2296.21	2293.83
PROMEDIO	2310.72	2297.26	2294.89	2289.74

Gráfico N° 2: Peso Unitario del CAC fresco para cada porcentaje de fibra



El peso unitario del concreto autocompactante (CAC) no presenta variación relevante al añadir las fibras a la mezcla. Como podemos observar, el peso unitario del concreto patrón es decir sin fibra, es **2310.72 kg/m³**, y para las mezclas con fibra es de **2293.96 kg/m³**, en promedio, manteniéndose dentro del límite según la NTP 339.046, el cual es (2240-2400) kg/m³

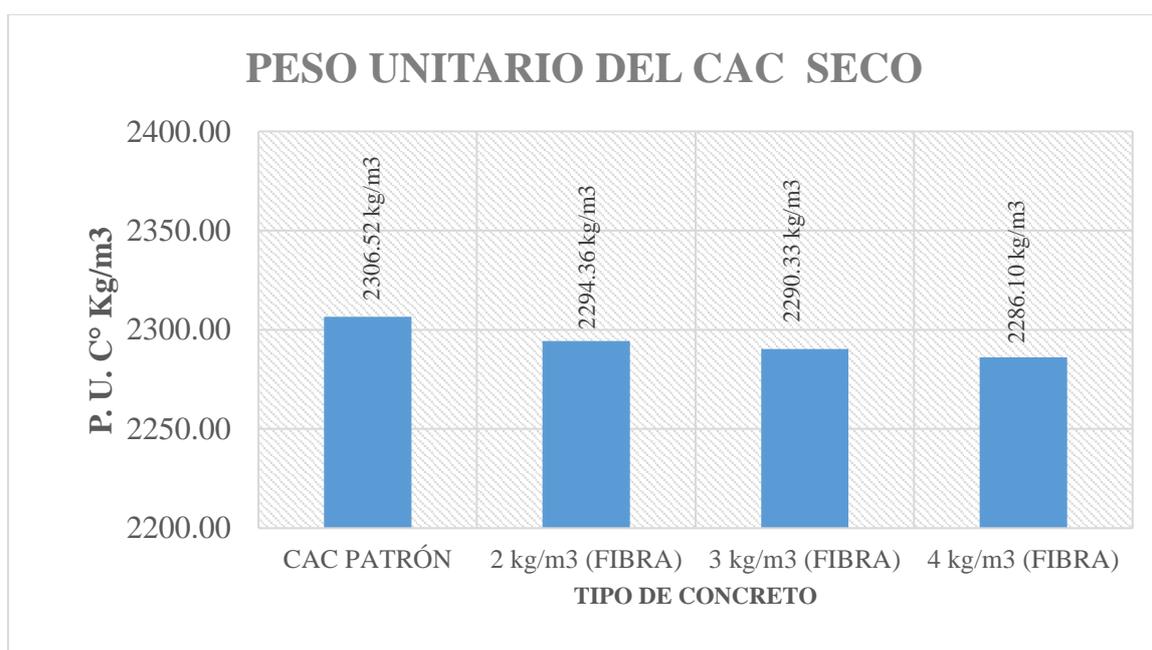
Esa ligera variación del peso unitario en estado fresco es debido a que conforme se va incrementando la dosis de fibra, se va disminuyendo la cantidad de agregados, ya que son sustituidos por la fibra, la cual es menos densa, por ende el peso del concreto disminuye.

4.5. ANÁLISIS DEL PESO UNITARIO DEL CONCRETO SECO

Tabla N° 13: Valores del peso unitario del CAC seco.

PESO UNITARIO DEL CONCRETO SECO A LOS 28 DÍAS "Kg/m ³ "					
ENSAYO	PROBETA	CAC PATRÓN	CAC CON 2Kg/m ³ DE FIBRA	CAC CON 3Kg/m ³ DE FIBRA	CAC CON 4Kg/m ³ DE FIBRA
COMPRESIÓN	N° 01	2308.08	2293.83	2292.25	2280.37
	N° 02	2301.75	2289.87	2289.87	2289.87
	N° 03	2300.16	2298.58	2285.91	2288.29
	N° 04	2311.25	2292.25	2291.45	2288.29
	N° 05	2312.83	2297.00	2290.66	2285.91
	N° 06	2302.54	2293.04	2293.04	2283.54
TRACCIÓN	N° 01	2309.67	2308.87	2283.54	2290.66
	N° 02	2312.04	2286.70	2285.12	2285.91
	N° 03	2297.79	2284.33	2299.37	2279.58
FLEXIÓN	N° 01	2303.80	2295.45	2291.05	2285.34
	N° 02	2309.96	2291.05	2285.78	2289.73
	N° 03	2300.73	2304.24	2290.17	2291.05
	N° 04	2312.16	2286.66	2295.45	2282.26
	N° 05	2308.64	2302.49	2294.57	2286.66
	N° 06	2306.44	2291.05	2286.66	2284.02
PROMEDIO		2306.52	2294.36	2290.33	2286.10

Gráfico N° 3: Peso Unitario del CAC seco para cada porcentaje de fibra



Los resultados que se muestran son para probetas curadas a los 28 días, estos valores son muy similares a los del peso unitario del CAC fresco, ya que presentan una ligera disminución con respecto al CAC patrón el cual tiene un peso unitario seco de 2306.52 kg/m³, y el CAC con fibra para 2, 3 y 4kg/m³, tiene un peso unitario en estado seco de 2294.36 , 2290.33 y 2286.10 kg/m³ respectivamente, en promedio el CAC con adiciones de fibra tiene un peso unitario seco de 2290.25 kg/m³.

4.6.PROPIEDADES DEL CAC EN ESTADO ENDURECIDO

4.6.1. ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN

Para obtener estos resultados se elaboraron 6 probetas cilíndricas por cada dosificación, las cuales se ensayaron a los 7, 14 y 28 días, los resultados se muestran a continuación.

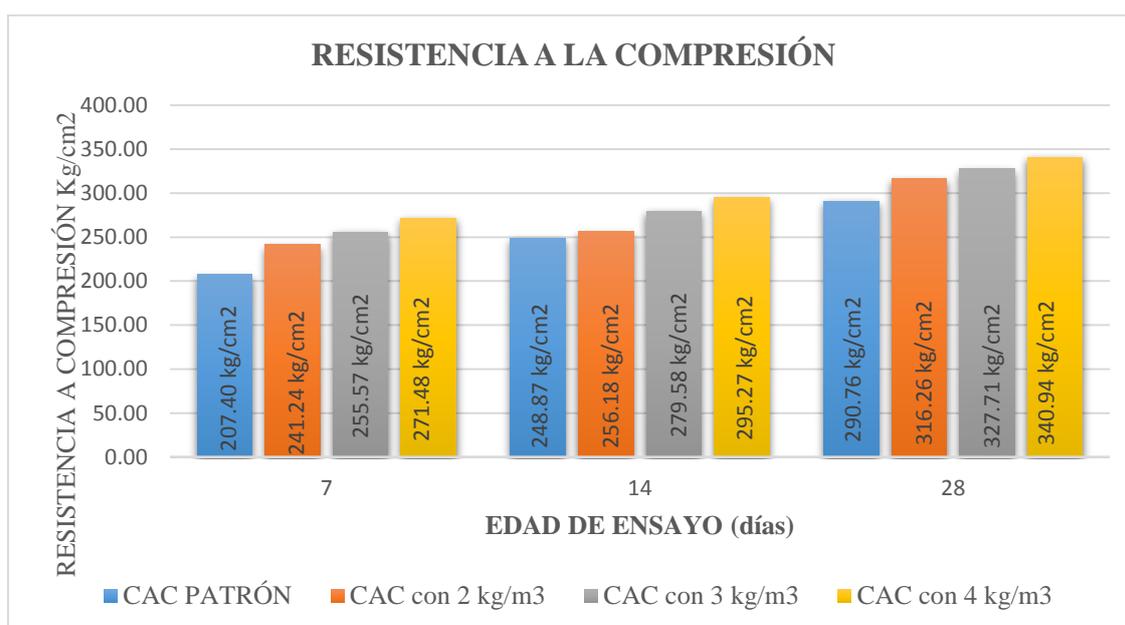
Tabla N° 14: Resistencia a compresión a los 7,14 y 28 días de curado.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm²)				
EDAD (días)	Patrón	P (2 Kg Fibra)	P (3 Kg Fibra)	P (4 Kg Fibra)
7	192.88	230.47	246.68	280.32
	219.12	242.27	243.76	259.70
	219.70	246.53	261.74	274.46
	199.70	251.29	253.17	262.80
	206.66	251.62	260.40	273.87
	206.34	225.26	267.68	277.76
14	246.68	267.37	284.63	310.00
	262.11	233.60	268.39	296.00
	232.68	259.70	272.18	279.58
	245.24	236.66	275.44	296.04
	244.08	270.65	293.17	288.46
	262.45	269.11	283.66	301.54
28	294.01	330.07	329.03	335.49
	294.01	314.38	319.99	349.48
	300.35	317.03	332.70	332.40
	276.48	309.33	313.01	326.04
	290.76	307.53	335.28	347.63
	288.94	319.21	336.26	354.61

Tabla N° 15: Resumen de resultados de resistencia promedio a la compresión.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm ²)				
EDAD (días)	Patrón	P (2 Kg Fibra)	P (3 Kg Fibra)	P (4 Kg Fibra)
	0	2	3	4
0	0.00	0.00	0.00	0.00
7	207.40	241.24	255.57	271.48
14	248.87	256.18	279.58	295.27
28	290.76	316.26	327.71	340.94
Variación (28 días)	100%	108.77%	112.7%	117.3%

Gráfico N° 4: Resistencia promedio a la compresión de las diferentes probetas de CAC.

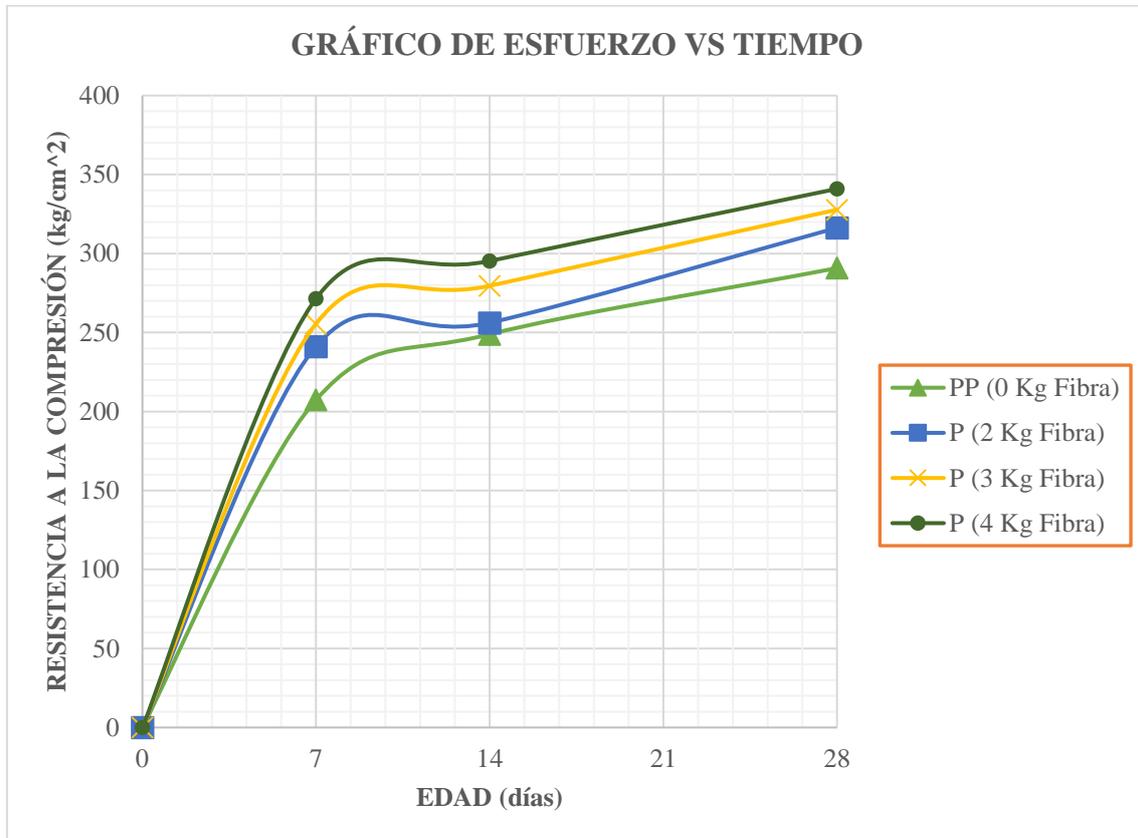


Existe un aumento de la resistencia a compresión a medida que se incrementa la cantidad de la fibra en la mezcla.

Los especímenes con adición de fibra, alcanzan una resistencia superior a 70% y 80% para edades de 7 y 14 días respectivamente.

El incremento de la resistencia con respecto al CAC patrón oscila entre 16 a 50 kg/cm² a los 28 días, puede considerarse un incremento significativo para el CAC con adiciones de 4kg/m³ de fibra.

Gráfico N° 5: Evolución de la resistencia a compresión de los diferentes ensayos realizados a través del tiempo.



El gráfico resistencia a compresión vs tiempo muestra la manera cómo va evolucionando la resistencia a compresión del CAC patrón y CAC con fibra a través del tiempo, podemos observar que la mayor evolución de ésta se produce hasta los 14 días, de los 14 a 28 días el incremento en la resistencia no es muy amplia, como se mencionó anteriormente la resistencia a compresión va incrementando a medida que se aumenta la dosificación de fibra, logrando un óptimo en el concreto autocompactante con 4kg/m³ de fibra sintética.

4.6.2. ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA

Para obtener estos resultados se elaboraron 3 probetas cilíndricas por cada dosificación y para cada edad, las cuales se ensayaron a los 7, 14 y 28 días, los resultados obtenidos se muestran a continuación.

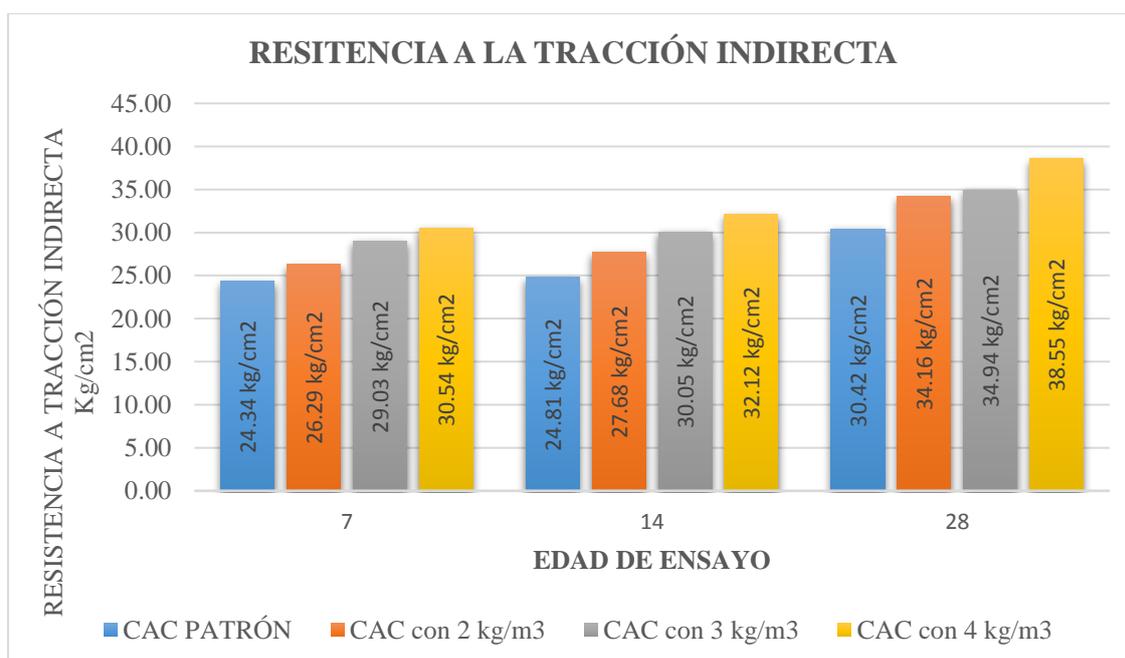
Tabla N° 16: Resistencia a la tracción indirecta a los 7,14 y 28 días de curado.

RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA (kg/cm²)				
EDAD (días)	Patrón	P (2 Kg Fibra)	P (3 Kg Fibra)	P (4 Kg Fibra)
7	19.47	26.49	29.26	29.40
	31.35	25.23	28.60	31.94
	22.20	27.15	29.24	30.29
14	25.31	27.53	30.75	32.28
	22.82	29.10	31.64	30.86
	26.30	26.40	27.76	33.22
28	30.77	31.83	36.68	40.84
	32.77	34.74	36.13	37.52
	27.72	35.91	32.02	37.30

Tabla N° 17: Resumen de resultados de resistencia promedio a la tracción indirecta.

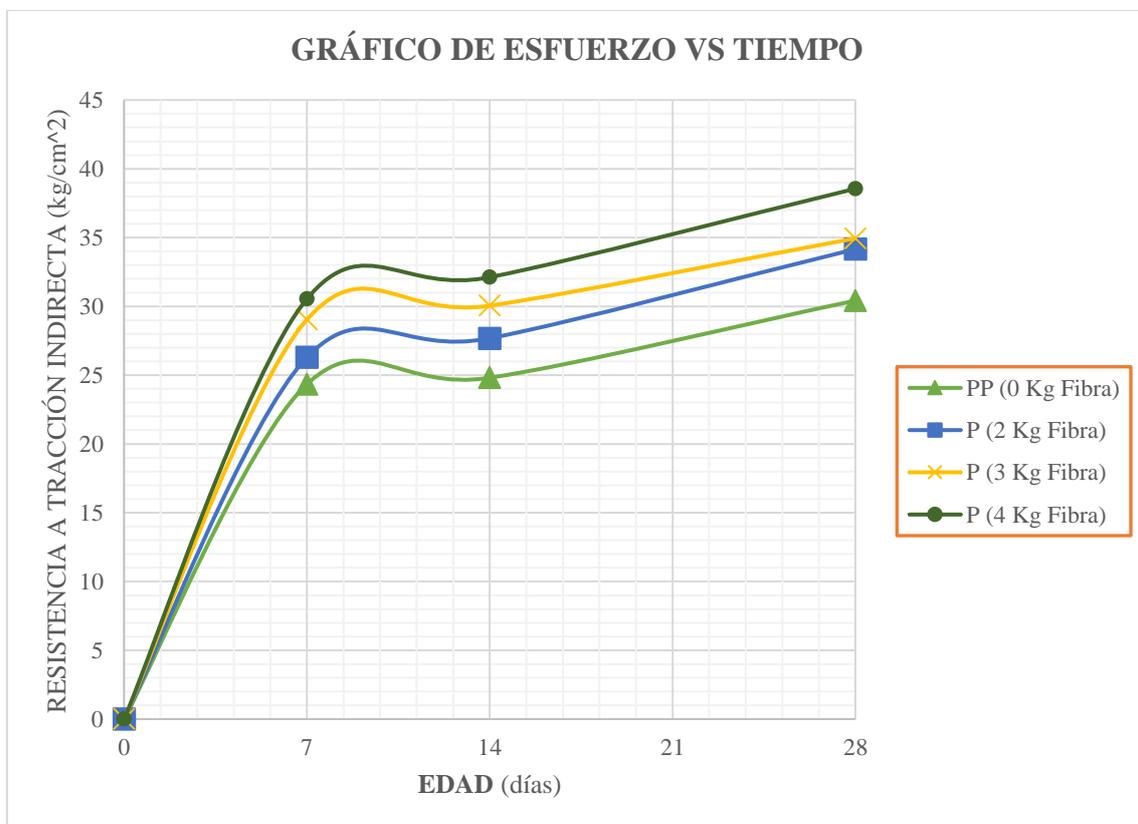
RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA (kg/cm²)				
EDAD (días)	Patrón	P (2 Kg Fibra)	P (3 Kg Fibra)	P (4 Kg Fibra)
	0	2	3	4
0	0.00	0.00	0.00	0.00
7	24.34	26.29	29.03	30.54
14	24.81	27.68	30.05	32.12
28	30.42	34.16	34.94	38.55
Variación (28 días)	100%	112.29%	114.87%	126.73%

Gráfico N° 6: Resistencia promedio a la tracción indirecta de las diferentes probetas de CAC.



Las tablas y gráfico que se muestran, nos presentan los resultados correspondientes a la resistencia promedio a la tracción indirecta, como podemos apreciar conforme se incrementa la cantidad de fibra, la resistencia a la tracción indirecta va aumentando, pero este incremento no es muy significativo ya que oscila entre 4 y 8 kg/cm² con respecto al CAC patrón, el cual alcanza una resistencia de 32.42 kg/cm² a los 28 días, y la resistencia más elevada de las probetas con adiciones de fibra sintética es de 38.55 kg/cm², corresponde a la de 4 kg/cm².

Gráfico N° 7: Evolución de la resistencia a tracción indirecta de los diferentes ensayos realizados a través del tiempo.



El gráfico muestra la manera como va evolucionando la resistencia a tracción indirecta del CAC patrón y CAC con fibra a través del tiempo, podemos observar que la mayor evolución de ésta se produce hasta los 14 días, de los 14 a 28 días el incremento en la resistencia no es muy pronunciada, tal como se mencionó anteriormente la resistencia a tracción indirecta va incrementando a medida que se aumenta la dosificación de fibra, podemos observar también que la resistencia a la tracción indirecta alcanzada con 2 y 3 kg/m³ a los 28 días es muy similar, siendo en promedio 34.55 kg/cm².

4.6.3. ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

Para obtener los resultados de la resistencia a flexión se elaboraron 6 probetas prismáticas por cada dosificación (0, 2, 3 y 4 kg/m³ de fibra), las cuales se ensayaron a los 7, 14 y 28 días, los resultados obtenidos se muestran en las siguientes tablas y gráficos.

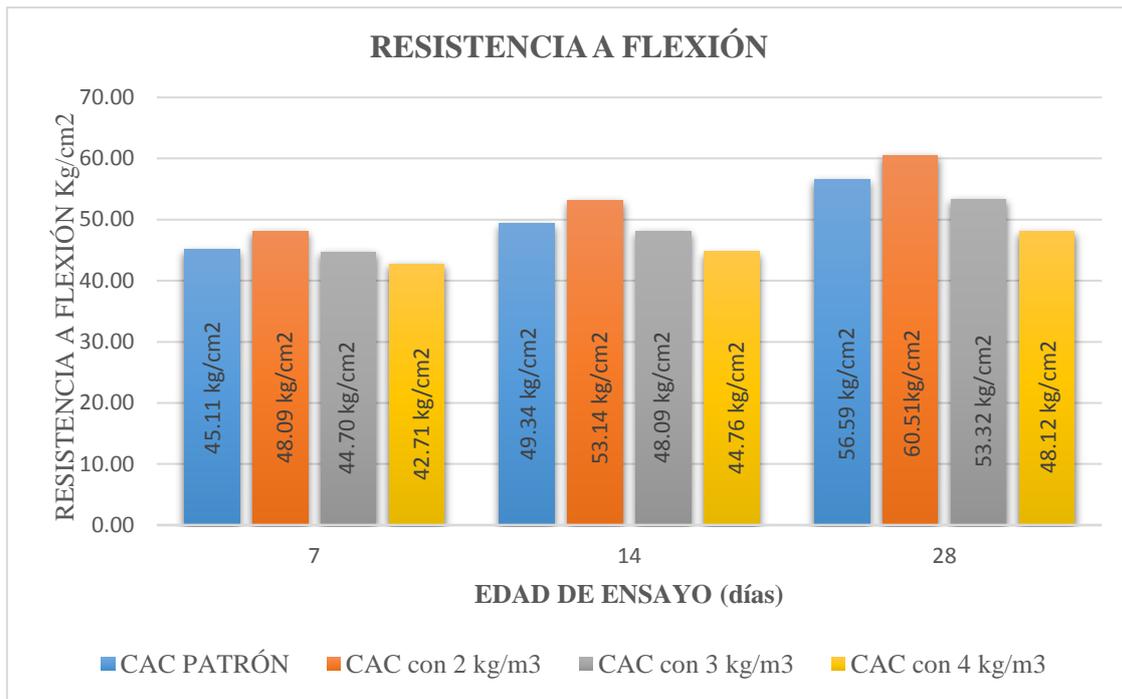
Tabla N° 18: Resistencia a la flexión a los 7,14 y 28 días de curado.

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (kg/cm ²)				
EDAD (días)	Patrón	P (2 Kg Fibra)	P (3 Kg Fibra)	P (4 Kg Fibra)
7	44.05	47.90	45.02	43.13
	44.99	47.82	44.88	43.19
	46.15	49.11	44.86	41.75
	46.92	46.76	45.45	41.98
	45.45	48.41	43.72	42.75
	43.13	48.53	44.26	43.48
14	48.42	53.78	47.62	44.74
	49.31	52.75	47.94	44.08
	50.70	53.46	48.43	45.77
	48.91	53.12	49.21	44.82
	49.50	52.26	48.52	44.19
	49.21	53.49	46.79	44.98
28	55.44	62.03	54.85	46.04
	56.13	61.71	53.89	48.72
	57.20	61.02	53.20	48.34
	56.07	59.17	52.75	47.43
	57.88	60.20	54.67	48.52
	56.80	58.93	50.58	49.70

Tabla N° 19: Resumen de resultados de resistencia promedio a la flexión.

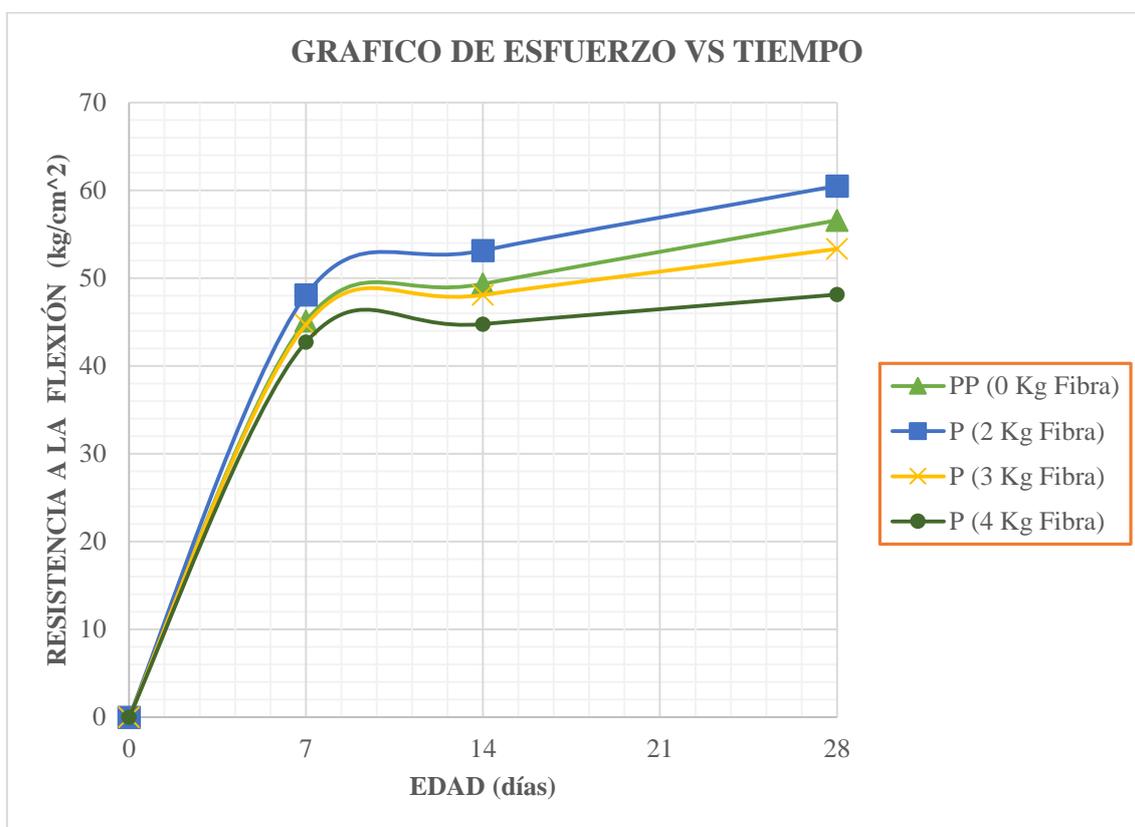
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (kg/cm ²)				
EDAD (días)	Patrón	P (2 Kg Fibra)	P (3 Kg Fibra)	P (4 Kg Fibra)
	0	2	3	4
0	0.00	0.00	0.00	0.00
7	45.11	48.09	44.70	42.71
14	49.34	53.14	48.09	44.76
28	56.59	60.51	53.32	48.12
Variación (28 días)	100%	107%	94%	85%

Gráfico N° 8: Resistencia promedio a la flexión de las diferentes probetas de CAC.



Las tablas y gráfico que se muestran, nos presentan los resultados correspondientes a la resistencia promedio a la flexión, como podemos apreciar la resistencia a flexión del CAC patrón es superior al 10% de la resistencia a compresión, esto es debido al uso del aditivo, con respecto al CAC con fibras, se obtiene un incremento de la resistencia a flexión para las probetas con dosificación de 2 kg/m³, para las demás dosificaciones conforme se incrementa la cantidad de fibra la resistencia a la flexión va decreciendo.

Gráfico N° 9: Evolución de la resistencia a flexión de los diferentes ensayos realizados a través del tiempo.



El gráfico muestra la manera cómo va evolucionando la resistencia a flexión del CAC patrón y CAC con fibra a través del tiempo, podemos observar que al igual que en las dos propiedades anteriores, la mayor evolución de ésta se produce hasta los 14 días, de los 14 a 28 días el incremento en la resistencia no es muy pronunciada, tal como se mencionó anteriormente la resistencia a flexión tiene un incremento con la dosificación de 2kg/m³, la dosificación de 3kg/m³ presenta un comportamiento similar a la del CC patrón hasta los 14 días, pero a los 28 días con las dos dosificaciones (3 y 4 kg/m³) vemos una disminución de la resistencia en comparación al CAC patrón, siendo más pronunciada la de 4kg/m³.

4.6.4. ANÁLISIS DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD

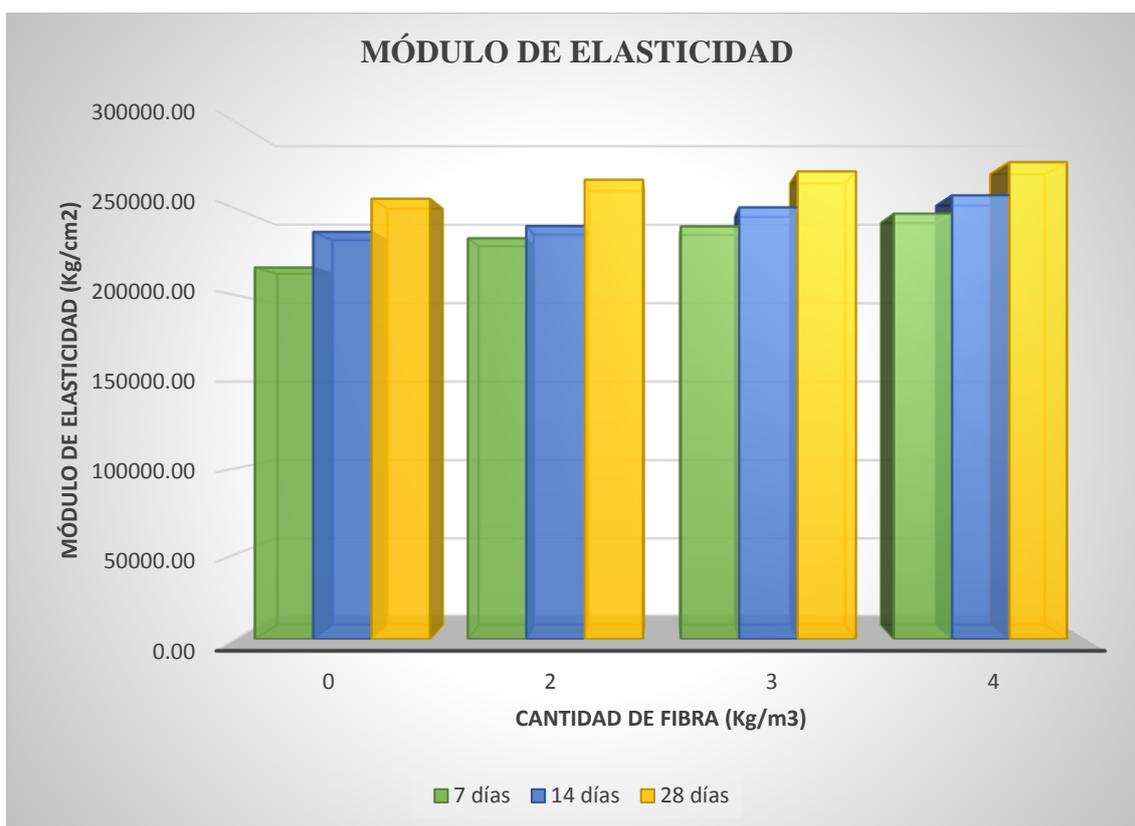
El módulo de elasticidad se determinó a los 28 días para cada dosificación (0, 2, 3 y 4 kg/m³), haciendo uso de la Norma E 060 y las gráficas esfuerzo – deformación, los resultados obtenidos se muestran continuación.

MÓDULO DE ELASTICIDAD SEGÚN LA NORMA E-60

Tabla N° 20: Módulo de Elasticidad según la Norma E-060

MÓDULO DE ELASTICIDAD (kg/cm ²)				
EDAD (días)	Patrón	P (2 Kg Fibra)	P (3 Kg Fibra)	P (4 Kg Fibra)
28	257200.39	272516.10	272087.04	274746.84
	257200.39	265959.41	268323.54	280416.76
	259958.65	267082.12	273599.67	273478.22
	249414.77	263815.74	265381.93	270846.87
	255775.39	263050.07	274660.74	279670.98
	254974.50	267997.72	275061.21	282467.68
Promedio	255754.01	266736.86	271519.02	276937.89

Gráfico N° 10: Comparación de los Módulo de Elasticidad según la Norma E-060, para cada dosificación.



A medida que se incrementa la dosis de fibra sintética (2, 3, 4 kg/m³), aumenta el módulo de elasticidad del concreto autocompactante, esto se debe a que el módulo de elasticidad es directamente proporcional a resistencia mecánica de concreto, y como pudimos observar en los resultados de la resistencia a la compresión, aumenta de la misma manera.

MÓDULO DE ELASTICIDAD SEGÚN LAS GRÁFICAS ESFUERZO – DEFORMACIÓN

Tabla N° 21: Módulo de Elasticidad según las gráficas.

MÓDULO DE ELASTICIDAD (kg/cm ²)				
EDAD (días)	Patrón	P (2 Kg Fibra)	P (3 Kg Fibra)	P (4 Kg Fibra)
28	82491.92	81011.92	78129.07	79647.43

Los valores obtenidos de las gráficas son menores a los obtenidos con la fórmula que nos proporciona la Norma E-060, debido a que son obtenidos experimentalmente ya que al tomar lecturas de las deformaciones interfieren las deformaciones que sufren los neoprenos que se colocan durante el ensayo a las probetas.

A diferencia de los valores obtenidos con la Norma E-060, según las gráficas los módulos de elasticidad del concreto patrón son mayores a los módulos de elasticidad del concreto con fibras, esto se debe a que las gráficas nos muestran el comportamiento que tiene el concreto con la adición de fibra, en cambio la fórmula es para un concreto con sus componentes tradicionales.

4.7. ANÁLISIS DE FISURAS Y FALLAS DE LAS PROBETAS

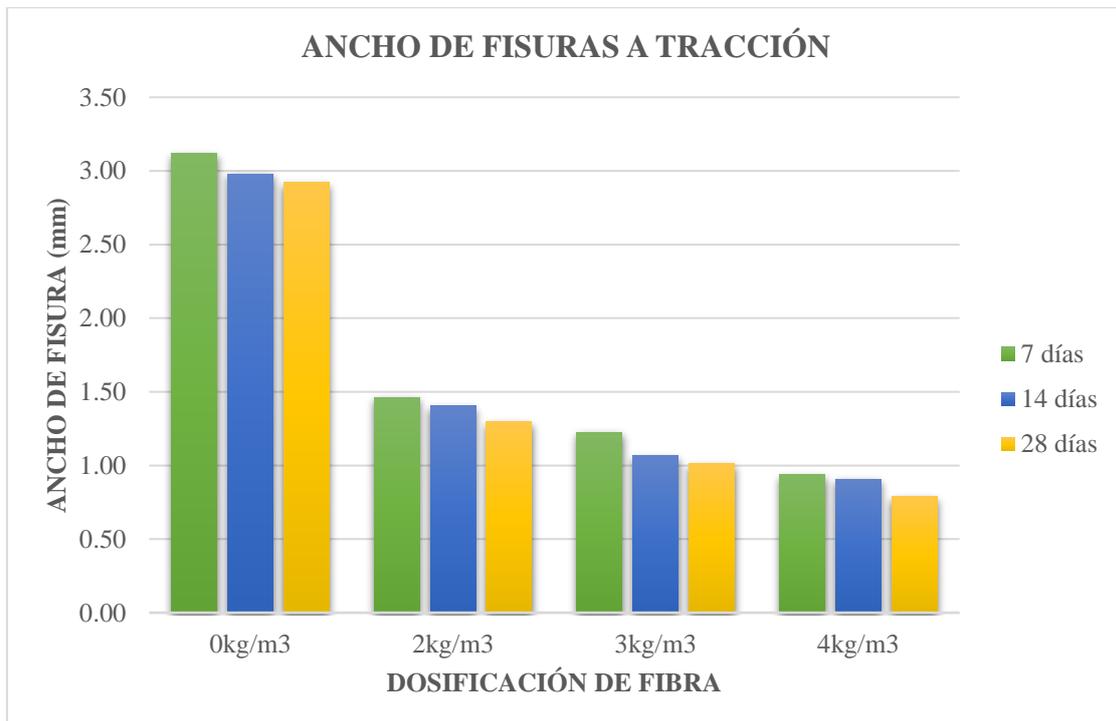
4.7.1. ENSAYOS A TRACCIÓN INDIRECTA

Tabla N° 22: Ancho y longitud de fisuras de probetas prismáticas sometidas a flexión

FISURACIÓN A TRACCIÓN				
EDAD(días)	DOSIFICACIÓN DE FIBRA			
	Patrón	2kg/m ³	3kg/m ³	4kg/m ³
	ANCHO DE FISURA (mm)			
7	3.12	1.46	1.22	0.94
14	2.98	1.40	1.07	0.91
28	2.92	1.30	1.01	0.79
LONGITUD DE FISURA (mm)				
7	152.00	143.18	145.00	143.30
14	152.00	146.40	145.85	145.97
28	152.00	144.30	142.84	142.12

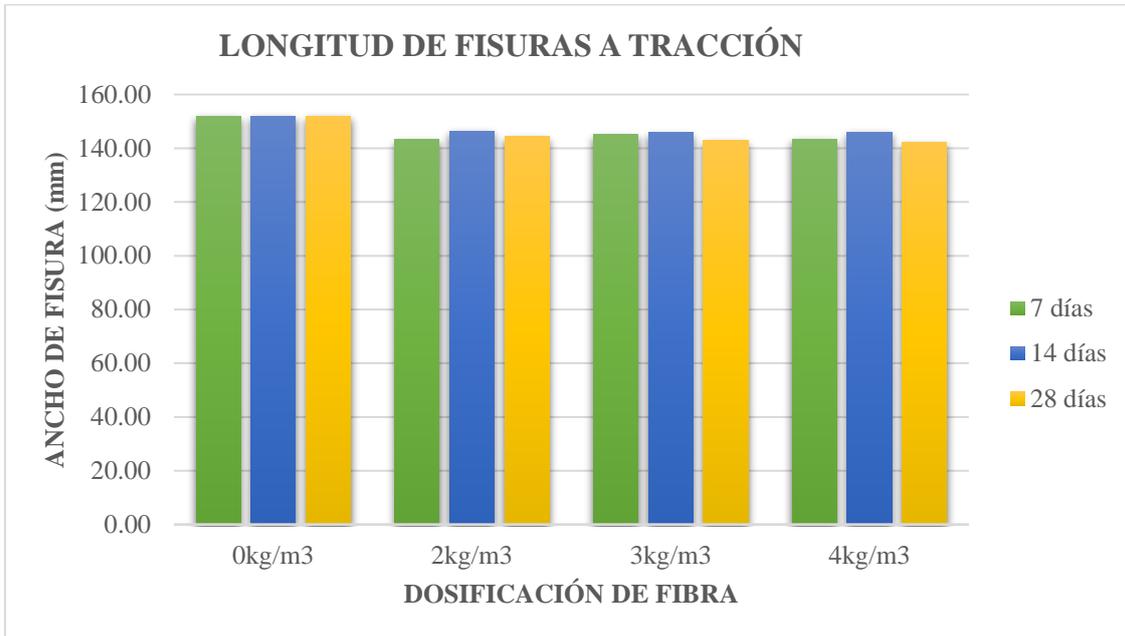
El ancho de la fisura de las probetas cilíndricas sometidas a tracción, disminuye a medida que se aumenta la cantidad de fibra, esa mejora también la podemos notar a medida que el tiempo de curado transcurre, es así que a los 28 días el ancho de fisura es menor a la de 7 días, en lo que respecta a la longitud de la fisura, el CAC patrón sufre una fisura en toda su sección transversal el cual es en promedio 152 mm, al añadirle la fibra podemos notar que la longitud de la fisura ya no es en su totalidad, pero dicha mejora es mínima.

Gráfico N° 11: Comparación del ancho de fisuras de las probetas sometidas a tracción.



En el gráfico podemos observar que la disminución del ancho de la fisura es notable al añadir la fibra sintética, disminuyendo prácticamente a la mitad, ya que las probetas sin fibra presentan en promedio un ancho de fisura de 3mm y las probetas con fibra presentan un ancho de fisura inferior a 1.5 mm, esta mejora es debido a que la fibra actúa realizando un cocido en la pasta del concreto.

Gráfico N° 12: Comparación la longitud de fisuras de las probetas sometidas a tracción.



El gráfico nos muestra la longitud de la fisura para cada dosificación (0, 2, 3, 4 kg/m³), podemos observar que la longitud de la fisura disminuye ligeramente pero no en forma proporcional a la cantidad de fibra o al tiempo de curado.

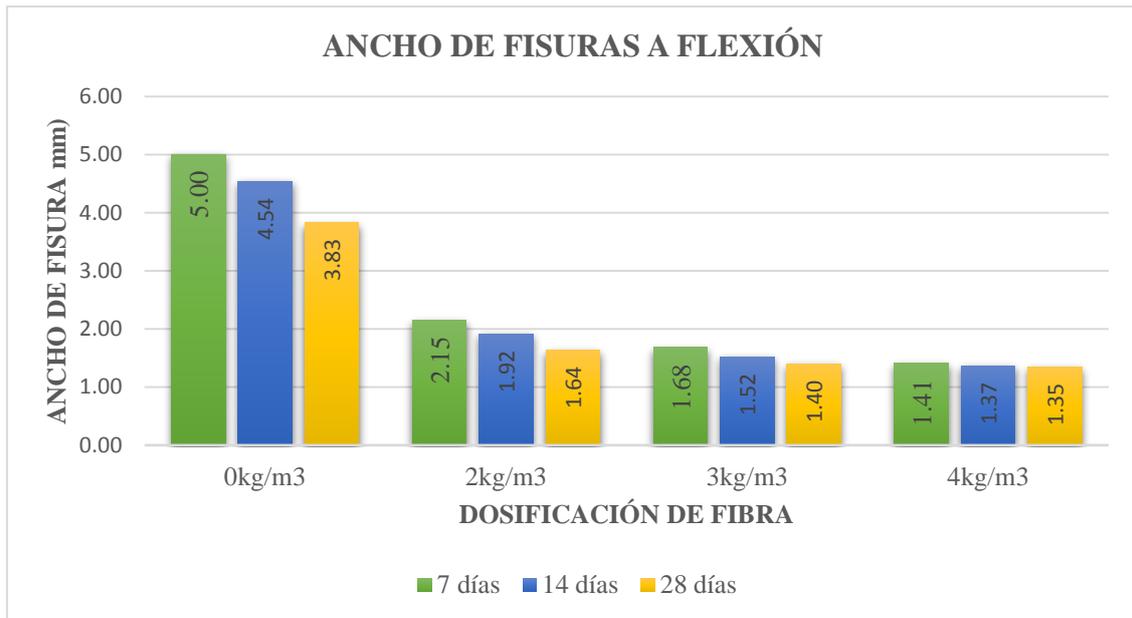
4.7.2. ENSAYOS A FLEXIÓN

Tabla N° 23: Ancho y longitud de fisuras de probetas prismáticas sometidas a flexión

FISURACIÓN A FLEXIÓN				
EDAD(días)	DOSIFICACIÓN DE FIBRA			
	Patrón	2kg/m3	3kg/m3	4kg/m3
	ANCHO DE FISURA (mm)			
7	5.00	2.15	1.68	1.41
14	4.54	1.92	1.52	1.37
28	3.83	1.64	1.40	1.35
LONGITUD DE FISURA (mm)				
7	150.80	135.62	129.71	128.83
14	150.80	135.99	128.03	121.15
28	150.80	137.85	126.39	121.12

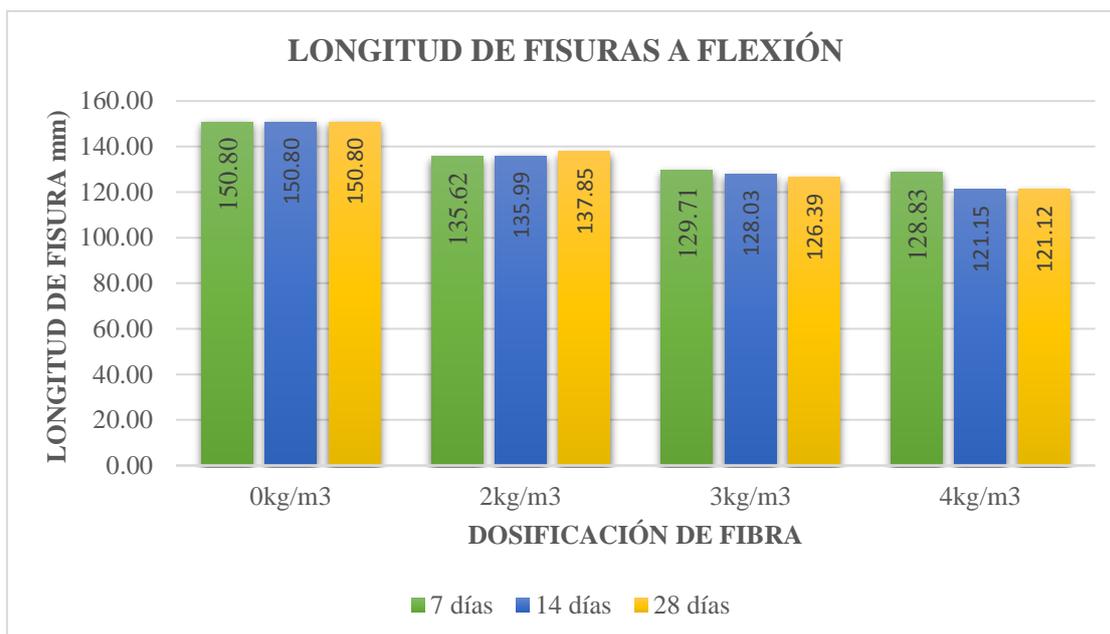
Al igual que en las probetas sometidas a tracción, el ancho de la fisura disminuye a medida que se aumenta la cantidad de fibra, esa mejora también la podemos notar a medida que el tiempo de curado transcurre, en lo que respecta a la longitud de la fisura, el CAC patrón sufre una fisura en toda su sección transversal el cual es en promedio 150.8 mm, al añadirle la fibra podemos notar una ligera mejora.

Gráfico N° 13: Comparación del ancho de fisuras de las probetas sometidas a flexión.



En el gráfico podemos observar que existe una amplia disminución del ancho de la fisura al añadir la fibra sintética, esta mejora es debido a que la fibra actúa realizando un cocido en la pasta del concreto, pero si comparamos las probetas con las tres dosificaciones de fibra, podemos notar que el ancho de fisura no varía en gran magnitud.

Gráfico N° 14: Comparación la longitud de las probetas sometidas a flexión.



El gráfico nos muestra la longitud de la fisura para cada dosificación (0, 2, 3, 4 kg/m³), como mencionamos anteriormente al añadirle la fibra, permite que la fisura no sea en toda su sección transversal, pero como podemos observar la longitud de la fisura disminuye pero no en forma proporcional a la cantidad de fibra o al tiempo de curado.

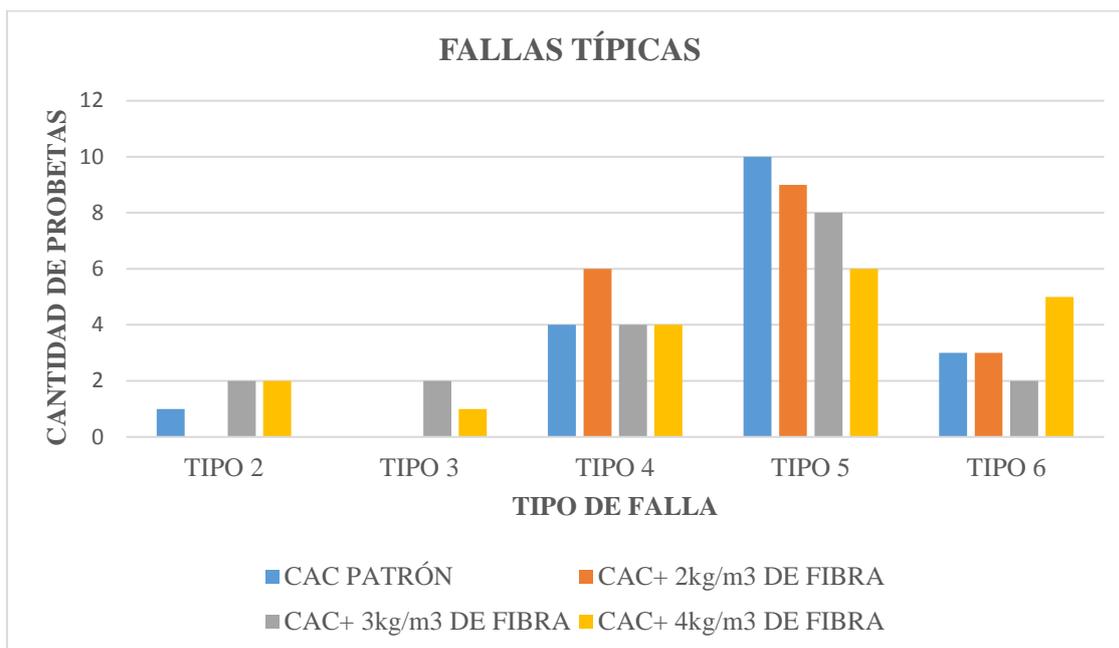
4.7.3. ENSAYOS A COMPRESIÓN

TIPO DE FALLA

Tabla N° 24: Tipo de falla de las probetas sometidas a compresión

TIPO DE CAC	TIPO DE FALLA					TOTAL
	TIPO 2	TIPO 3	TIPO 4	TIPO 5	TIPO 6	
CAC PATRÓN	1	0	4	10	3	18
CAC+ 2kg/m³ DE FIBRA	0	0	6	9	3	18
CAC+ 3kg/m³ DE FIBRA	2	2	4	8	2	18
CAC+ 4kg/m³ DE FIBRA	2	1	4	6	5	18
TOTAL						72

Gráfico N° 15: Comparación de la cantidad de tipos de fallas para cada dosificación



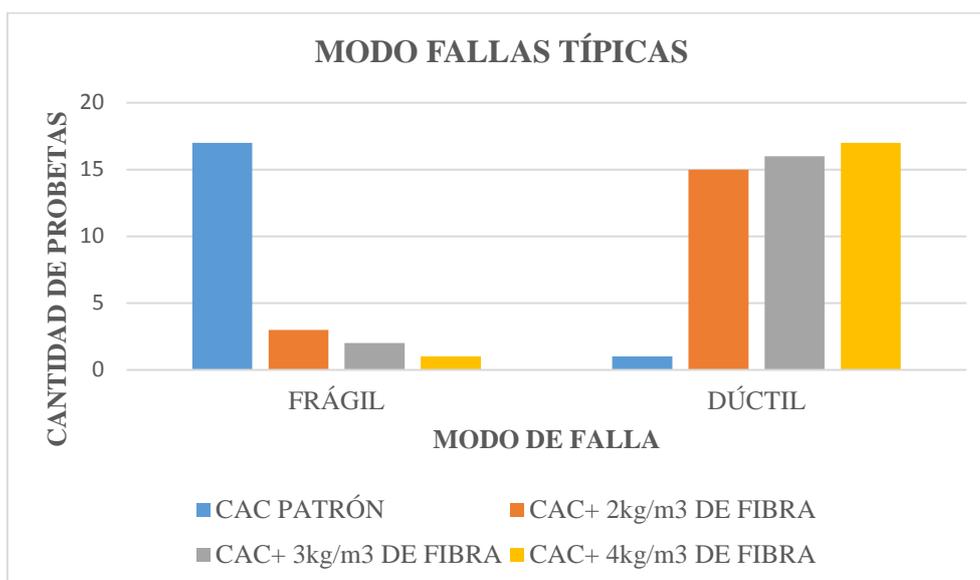
Los datos que se muestran en la tabla y en el gráfico son los obtenidos al ensayar las probetas a diferentes edades, la comparación de cada una de sus falla se realizaron de acuerdo a la NTP 339.034, podemos notar que la falla típica común es la TIPO 5, notamos también que las probetas con 2kg/m3 de fibra y las probetas patrón no presentan la falla tipo 2 y 3.

MODO DE FALLA

Tabla N° 25: Modo de falla de las probetas sometidas a compresión

TIPO DE CAC	MODO DE FALLA		TOTAL
	FRÁGIL	DÚCTIL	
CAC PATRÓN	17	1	18
CAC+ 2kg/m3 DE FIBRA	3	15	18
CAC+ 3kg/m3 DE FIBRA	2	16	18
CAC+ 4kg/m3 DE FIBRA	1	17	18
TOTAL			72

Gráfico N° 16: Comparación de la cantidad de modos de fallas para cada dosificación



En la tabla y gráfico podemos evaluar la fragilidad o ductilidad de las probetas cilíndricas ensayadas a compresión, de las mismas podemos observar que la incorporación de fibra al concreto autocompactante mejora considerablemente el modo de falla, ya que el modo de falla en un concreto sin fibra casi en su totalidad es frágil y el concreto con fibra presenta en gran porcentaje falla dúctil.

4.8. ANÁLISIS DE LOS MATERIALES POR METRO CÚBICO DE CONCRETO

Tabla N° 26: Variación de la cantidad de materiales por metro cúbico para cada tipo de concreto.

MEZCLA	CAC PATRÓN	CAC+ 2 kg/m3 DE FIBRA	CAC+ 3 kg/m3 DE FIBRA	CAC+ 4 kg/m3 DE FIBRA
CEMENTO	364.27 kg	364.27 kg	364.27 kg	364.27 kg
AGUA	162.52 Lts	162.58 Lts	162.61 Lts	162.64 Lts
ADITIVO	4.93 Lts	4.93 Lts	4.93 Lts	4.93 Lts
FIBRA	0 Kg	2 Kg	3 Kg	4 Kg
A. FINO	974.67 Kg	971.52 Kg	969.94 Kg	968.36 Kg
A. GRUESO	810.55 Kg	807.92 Kg	806.61 Kg	805.30 Kg

El cuadro muestra los materiales por metro cúbico usados para cada tipo de concreto, el cemento se mantiene constante al igual que el aditivo, como la fibra se adiciona reemplazando a los agregados de manera porcentual, la cantidad de agregados va disminuyendo por ende el aporte de agua también disminuye, es por eso que la cantidad de agua va aumentando a medida que se aumenta la dosis de fibra.

4.9. ANÁLISIS DE COSTOS

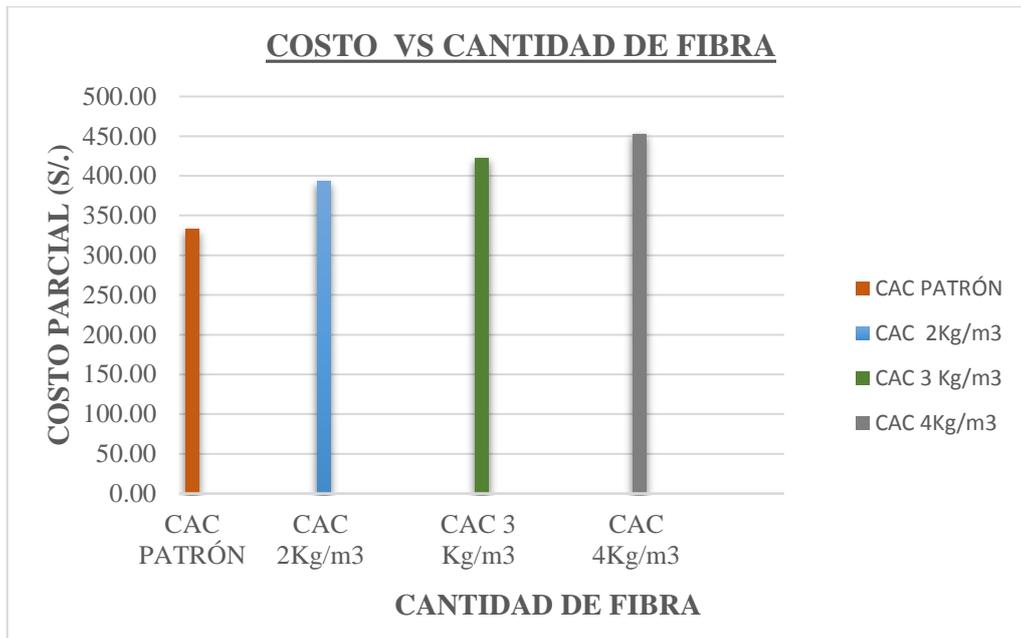
El análisis de los diseños de mezcla se realizó para 1m³ de concreto teniendo en cuenta el costo de los insumos, los materiales empleados para cada diseño son:

- Agregado fino: Cantera “Roca fuerte”
- Agregado Grueso: Cantera “Roca fuerte”
- Cemento Pacasmayo tipo I
- Aditivo superplastificante: Masterglenium® SCC 3800
- Fibra sintética: Sika® Fiber Force PP-48
- Agua: Del campus Universitario

Tabla N° 27: Costos del concreto autocompactante por unidad cubica.

CAC	DESCRIPCIÓN	UND	CANTIDAD	P.U. (S/.)	PARCIAL (S/.)	TOTAL (S/.)
CAC PATRÓN	CEMENTO	Kg	8.57	22.50	192.83	332.91
	AGUA	Lts	0.162	2.00	0.32	
	AGREGADO FINO	m ³	0.376	60.00	22.56	
	AGREGADO GRUESO	m ³	0.310	60.00	18.60	
	Master Glenium® SCC 3800	Lts	4.930	20.00	98.60	
CAC CON ADICIÓN DE 2Kg/m ³ DE FIBRA	CEMENTO	Bls	8.57	22.50	192.83	392.80
	AGUA	m ³	0.162	2.00	0.32	
	AGREGADO FINO	m ³	0.375	60.00	22.50	
	AGREGADO GRUESO	m ³	0.3091	60.00	18.55	
	Master Glenium® SCC 3800	Lts	4.930	20.00	98.60	
	FIBRA SINTÉTICA	Kg	2.00	30.00	60.00	
CAC. CON ADICIÓN DE 3 Kg/m ³ DE FIBRA	CEMENTO	Bls	8.57	22.50	192.83	422.71
	AGUA	m ³	0.162	2.00	0.32	
	AGREGADO FINO	m ³	0.374	60.00	22.44	
	AGREGADO GRUESO	m ³	0.3087	60.00	18.52	
	Master Glenium® SCC 3800	Lts	4.9300	20.00	98.60	
	FIBRA SINTÉTICA	Kg	3.00	30.00	90.00	
CAC. CON ADICIÓN DE 4Kg/m ³ DE FIBRA	CEMENTO	Bls	8.57	22.50	192.83	452.62
	AGUA	m ³	0.162	2.00	0.32	
	AGREGADO FINO	m ³	0.373	60.00	22.38	
	AGREGADO GRUESO	m ³	0.3082	60.00	18.49	
	Master Glenium® SCC 3800	Lts	4.93	20.00	98.60	
	FIBRA SINTÉTICA	Kg	4.00	30.00	120.00	

Gráfico N° 17: Comparación del costo del concreto por m³, para diferentes dosis de fibra.



En la gráfica podemos ver, que conforme se incrementa la cantidad de fibra, aumenta el costo del concreto autocompactante elaborado. Comparando el concreto que presentó mayor resistencia a compresión (4 kg/m³ de fibra) con el concreto patrón, el costo se incrementa en S/.119.71.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Las resistencias a compresión obtenidas a los 28 días fueron 290.76, 316.26 , 327.71 y 340.94 kg/cm² para el concreto patrón y para el concreto con dosificaciones de fibra de 2, 3 y 4 kg/m³ respectivamente, presentando un incremento de la resistencia en comparación al concreto patrón de 8.77% (para el concreto con 2 kg/m³ de fibra), 12.7% (para el concreto con 3 kg/m³ de fibra) y 17.3% (para el concreto con 4kg/m³ de fibra).
- Las resistencias a tracción indirecta obtenidas a los 28 días fueron 30.42, 34.16, 34.94 y 38.55 kg/cm² para el concreto patrón y para el concreto con dosificaciones de fibra de 2, 3 y 4 kg/m³ respectivamente, presentando un incremento de la resistencia en comparación al concreto patrón de 12.29% (para el concreto con 2 kg/m³ de fibra), 14.87% (para el concreto con 3 kg/m³ de fibra) y 26.73% (para el concreto con 4 kg/m³ de fibra).
- Las resistencias a flexión obtenidas a los 28 días fueron 56.59, 60.51, 53.32 y 48.12 kg/cm² para el concreto patrón y para el concreto con dosificaciones de fibra de 2, 3 y 4 kg/m³ respectivamente, se incrementa en 7% (para el concreto con 2kg/m³ de fibra), para el concreto con dosificación de fibra de 3kg/m³ disminuye en un 6%, mientras que para el concreto con 4 kg/m³ de fibra la resistencia disminuye en 15%, esto puede deberse a que como cualquier adición al concreto posee un óptimo y su exceso puede perjudicar alguna de sus propiedades.
- El concreto autocompactante presenta las siguientes características en estado fresco:
 - Ensayo de extensión de flujo, presenta una extensibilidad entre los rangos 66.17 cm y 74.58 cm, un T50 entre 4.4 y 6.6 segundos, estos valores muestran que el concreto tiene una buena capacidad de relleno.
 - Ensayo de caja L, con un coeficiente de bloqueo entre 0.47 y 0.97, la capacidad de paso es reducida, se genera bloqueo de la mezcla al adicionar fibra, es posible que este ensayo no sea el más adecuado para medir la capacidad de paso de un concreto autocompactante con fibra.
 - Ensayo de caja V, el Tv se encuentra en el rango de 6.1 y 9.4 segundos, lo que significa que tiene una buena resistencia a la segregación.

5.2.RECOMENDACIONES

- Se recomienda que se realice un estudio de un concreto autocompactante con microfibras.
- Se recomienda que se realicen estudios de durabilidad, resistencia al fuego, ya que esta investigación no contempla esos parámetros.
- Se recomienda trabajar con un agregado fino lavado, para ver la variación de los resultados tanto en estado fresco y endurecido.

CAPÍTULO VI: BIBLIOGRAFÍA

6.1.LIBROS Y REGLAMENTOS

- Rivva Lopez, E. (2007). Tecnología del concreto: Diseño de mezclas. 2. Edic. PE.
- Rivera López, G. (2013). Concreto Simple. Colombia: Cauca.
<https://civilgeeks.com/2013/08/28/libro-de-tecnologia-del-concreto-y-mortero-ing-gerardo-a-rivera-l/>
- Lezama Leyva, J (1996). Tecnología del concreto. Perú: Cajamarca
- Nilson, A. (1999). Diseño de estructuras de concreto. 12va. Edic. Colombia: Bogotá.
- Okamura, H; Ouchi Masahiro. (2003). Self-Compacting Concrete. Journal of Advanced Concrete technology.
- Norma E.060. Concreto Armado. Lima. Perú.

6.2.ARTÍCULOS Y TESIS

- Chután Muñoz, R. (2004). *Concreto Autocompactado experimentación en Guatemala*. (Tesis de grado).Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, 6p.
- Álvarez González, JL. (2014), *Hormigón Autocompactante con Nano Adiciones y Fibras*. (Tesis de fin de Master).Universidad Politécnica de Madrid, España: Madrid
- Nieto Alcolea, D. (2015), *Estudio de Hormigón Autocompactante con árido reciclado*. (Tesis doctoral). Universidad Politécnica de Madrid, España: Madrid
- Raby Sandoval, A. (2016), *Caracterización de hormigón autocompactante reforzado con fibras sintéticas para uso estructural*. (Tesis de grado). Universidad de Chile, Chile: Santiago.
- Barros Fierro, V & Ramírez Cueva, H (2012), *Diseño de hormigones con fibras de polipropileno para resistencias a la compresión de 21 y 28 mpa con agregados de la cantera de pifo*. (Tesis de grado). Universidad central del Ecuador, Ecuador: Quito.
- Beltrán Cáceres L. (1986). *Hormigón reforzado con fibras de polipropileno*, (Tesis de Grado) de la Escuela Politécnica Nacional, Ecuador: Quito, 60p.
- Cuenca, E. (2008). *Introducción sobre hormigón autocompactante y hormigo reforzado con fibras*. Recuperado de

https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/12318/1_Introduccion_HAC_HRF_.pdf

- Melián, G., Barluenga, G. & Hernández, F. (2010) *Aumento de la tenacidad de hormigones autocompactables reforzados con fibras cortas de polipropileno. Materiales de construcción*. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/250311645_Aumento_de_la_Tenacidad_de_Hormigones_Autocompactables_reforzados_con_fibras_cortas_de_Polipropileno

6.3.NORMAS

- EFNARC (The European Federation of Specialist Construction Chemicals and Concrete Systems). 2002. Especificaciones y Directrices para el Hormigón Autocompactante – HAC (en línea). Consultado 25 julio. 2017. Disponible en <https://www.efnarc.org>
- EHE (2008). Instrucción de Hormigón Estructural. Serie Normativa, Ministerio de Fomento. Secretaría General Técnica. 4º Edición 2010. Madrid.
- UNE-EN 12350-8:2011. Ensayos de hormigón fresco. Parte 8: Hormigón autocompactante. Ensayo del escurrimiento. Asociación Española de Normalización y Certificación. AENOR.
- UNE-EN 12350-9:2011. Ensayos de hormigón fresco. Parte: 9 Hormigón autocompactante. Ensayo del embudo en V. Asociación Española de Normalización y Certificación. AENOR.
- UNE-EN 12350-10:2011. Ensayos de hormigón fresco. Parte 10: Hormigón autocompactante. Método de la caja en L. Asociación Española de Normalización y Certificación. AENOR.
- NTP 339.034:2008 HORMIGÓN (CONCRETO), Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. 3a. ed. R. 001-2008/INDECOPI-CRT (2008-01-25).
- NTP 339.036:1999 HORMIGÓN (CONCRETO). Práctica normalizada para muestreo de mezclas de concreto fresco. 2a. ed. R. 21-99-INDECOPI-CRT (1999-04-29).
- NTP 339.077:2003 HORMIGÓN (CONCRETO). Métodos de ensayo normalizado para la exudación del hormigón (concreto). 2a. ed. R. 20-2003-CRT-INDECOPI (2003-02-22).

- NTP 339.185:2002 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. R. 48-2002-INDECOPI-CRT (2002-05-30).
- NTP 400.011:1976 AGREGADOS. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y concretos R. 758-76 (1976).
- NTP 400.012:2001 AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. 2a. ed. R. 71-2001-INDECOPI-CRT (2001-07-17).
- NTP 400.017:1999 AGREGADOS. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado. 2a. ed. R. 21-99-INDECOPI-CRT (1999-04-29).
- NTP 400.019:2002 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores para abrasión e impacto en la máquina de los Angeles. 2a. ed. R. 7-2002-INDECOPI-CRT (2002-02-09).
- NTP 400.021:2002 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso. 2a. ed. R. 48-2002-INDECOPI-CRT (2002-05-30).
- NTP 400.022:2002 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino. 2a. ed. R. 48-2002-INDECOPI-CRT (2002-05-30).
- ASTM C127-07 Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Coarse Aggregate.
- ASTM C128-07a Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Coarse Aggregate.
- ASTM C131-06 Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine.
- ASTM C136-06 Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates.
- ASTM C227-03 Standard Test Method for Potential Alkali Reactivity of Cement Aggregate Combinations (Mortar-Bar Method).
- ASTM C289-07 Standard Test Method for Potential Alkali-Silica Reactivity of Aggregates (Chemical Method).
- ASTM C29/C29M-07 Standard Test Method for Bulk Density (Unit Weight) and Voids in Aggregate.

- ASTM C295-03 Standard Guide for Petrographic Examination of Aggregates for Concrete.
- ASTM C33-07 Standard Specification for Concrete Aggregates.
- ASTM C40-04 Standard Test Method for Organic Impurities in Fine Aggregates for Concrete.
- ASTM C535-03e1 Standard Test Method for Resistance to Degradation of Large Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine.
- ASTM C566-97(2004) Standard Test Method for Total Evaporable Moisture Content of Aggregate by Drying.
- ASTM C586-05 Standard Test Method for Potential Alkali Reactivity of Carbonate Rocks as Concrete Aggregates (Rock-Cylinder Method).
- ASTM D75-03 Standard Practice for Sampling Aggregates.

CAPÍTULO VII: ANEXOS

7.1.TABLAS PARA EL ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS

Tabla N° 28 Requisitos granulométricos del agregado fino

Tamiz	Porcentaje que Pasa
9.5 mm (3/8 pulg.)	100
4.75 mm (N° 4)	95 a 100
2.36 mm (N° 8)	80 a 100
1.18 mm (N° 16)	50 a 85
600 µm (N° 30)	25 a 60
300 µm (N° 50)	05 a 30
150 µm (N° 100)	0 a 10

Fuente: NTP 400.037-2002

Se permitirá el uso de agregados que no cumplan con las gradaciones especificadas, siempre y cuando existan estudios calificados a satisfacción de las partes, que aseguren que el material producirá hormigón (concreto) de la calidad requerida

Tabla N° 29: Requisitos granulométricos del agregado grueso

HUSO	TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS													
		100 mm (4 pulg)	90 mm (3½ pulg)	75 mm (3 pulg)	63 mm (2 ½ pulg)	50 mm (2 pulg)	37.5 mm (1 ½ pulg)	25.0 mm (1 pulg)	19.0 mm (¾ pulg)	12.5 mm (½ pulg)	9.5 mm (3/8 pulg)	4.75 mm (N° 4)	2.36 mm (N° 8)	1.18 mm (N° 16)	300 µm (N° 50)
1	90 mm. a 37.5 mm (3 ½ pulg a 1 ½ pulg)	100	90 a 100	...	25 a 60	...	0 a 15	...	0 a 15	...	...	...	...	...
2	63 mm. a 37.5 mm (2 ½ pulg a 1 ½ pulg)	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...
3	50 mm. a 25.0 mm (2 pulg a 1 pulg)	...	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...
357	50 mm. a 4.75 mm (2 pulg a N° 4)	...	...	...	100	90 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	...	0 a 5	...	...
4	37.5 mm. a 4.75 mm (1 ½ pulg a ¾ pulg)	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	...	0 a 5	...	...	...
467	37.5 mm. a 4.75 mm (1 ½ pulg a N° 4)	...	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	0 a 5	...	...
5	25 mm. a 12.5 mm (1 pulg a ½ pulg)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...	...	...
56	25 mm. a 9.5 mm (1 pulg a 3/8 pulg)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	...	...
57	25 mm. a 4.75 mm (1 pulg a N° 4)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	...	25 a 60	...	0 a 10	0 a 5	...
6	19.0 mm. a 9.5 mm (¾ pulg a 3/8 pulg)	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	0 a 5	...	...
67	19.0 mm. a 4.75 mm (¾ pulg a N° 4)	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	...	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...
7	12.5 mm. a 4.75 mm (½ pulg a N° 4)	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	...
8	9.5 mm. a 2.36 mm (3/8 pulg a N° 8)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5
89	9.5 mm. a 1.18 mm (3/8 pulg a N° 16)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10
9	4.75 mm. a 1.18 mm (N° 4 a N° 16)	...	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10

Fuente: NTP 400.037-2002

7.2.PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS

Tabla N° 30: Granulometría del agregado fino – Ensayo N° 1

Muestra = 2410 gr

MALLA		PESO RETENIDO (g)	PORCENTAJE RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	PORCENTAJE QUE PASA (%)
N°	(mm)		PARCIAL (%)	ACUM. (%)	
4	4.76	8	0.33	0.33	99.67
8	2.36	496	20.58	20.91	79.09
16	1.18	470	19.50	40.41	59.59
30	0.60	386	16.02	56.43	43.57
50	0.30	593	24.61	81.04	18.96
100	0.15	345	14.32	95.35	4.65
CAZOLETA		112	4.65	100.00	0.00
M.F		2.94			

Gráfico N° 18: Curva de distribución granulométrica del agregado fino – Ensayo N° 1

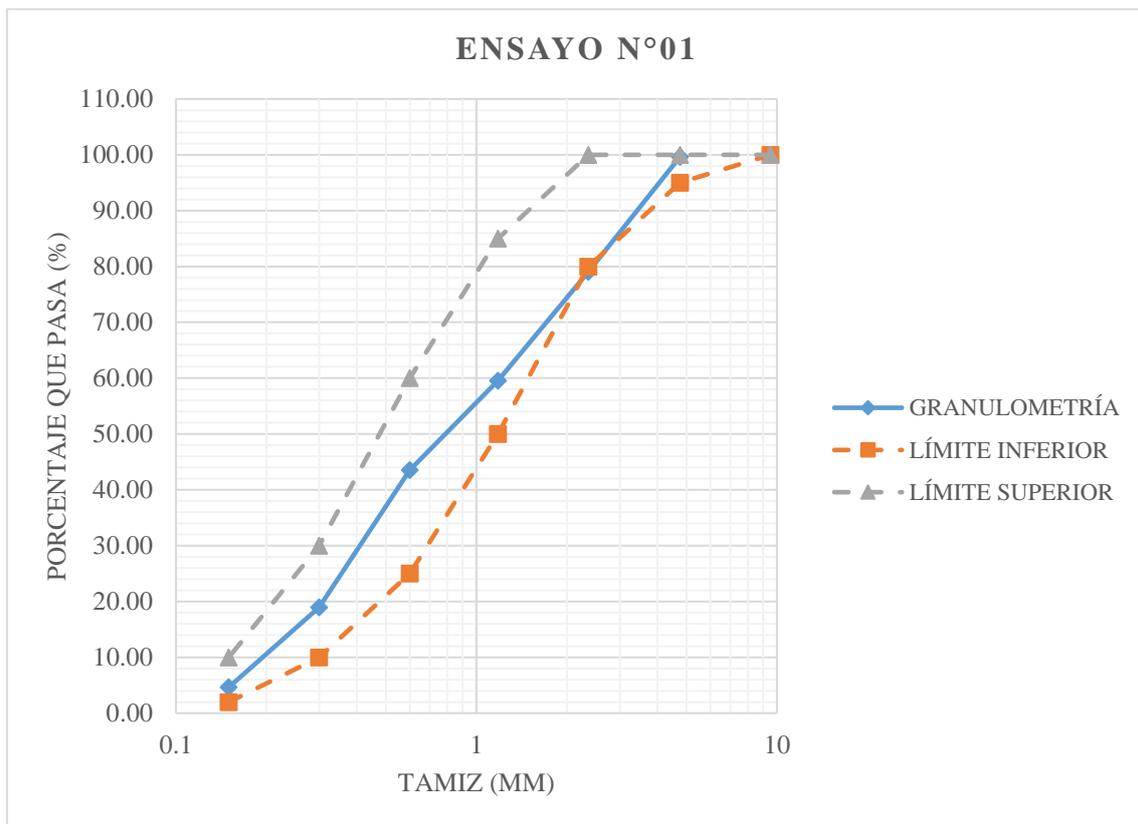


Tabla N° 31: Granulometría del agregado fino – Ensayo N°2

Muestra = 2250 gr

MALLA		PESO	PORCENTAJE	PORCENTAJE	PORCENTAJE
N°	(mm)	RETENIDO	RETENIDO	RETENIDO	QUE PASA
		(g)	PARCIAL (%)	ACUM. (%)	(%)
4	4.76	15	0.64	0.64	99.36
8	2.36	521	22.17	22.81	77.19
16	1.18	435	18.51	41.32	58.68
30	0.60	410	17.45	58.77	41.23
50	0.30	520	22.13	80.89	19.11
100	0.15	340	14.47	95.36	4.64
CAZOLETA		109	4.64	100.00	0.00
M.F		3.00			

Gráfico N° 19: Curva de distribución granulométrica del agregado fino – Ensayo N° 2

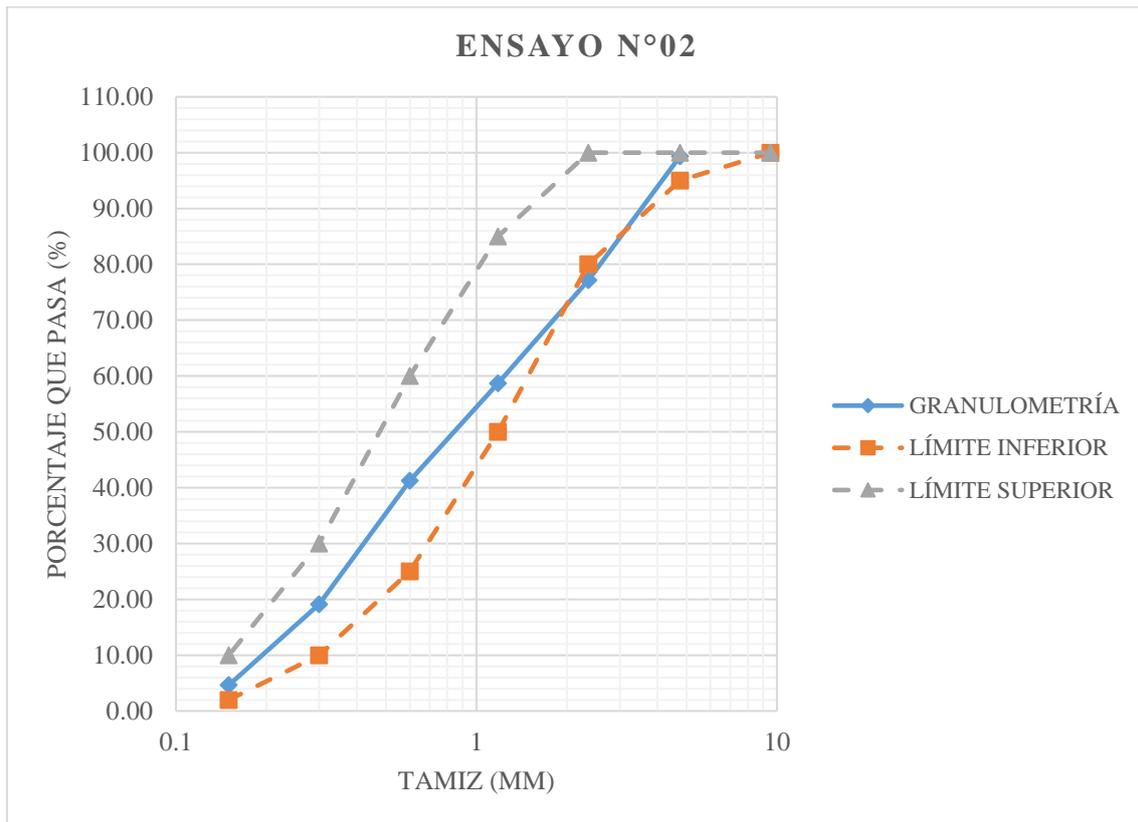


Tabla N° 32: Granulometría del agregado fino – Ensayo N°3

Muestra = 2685gr

MALLA		PESO RETENIDO (g)	PORCENTAJE RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	PORCENTAJE QUE PASA
N°	(mm)		PARCIAL (%)	ACUM. (%)	(%)
4	4.76	10	0.37	0.37	99.63
8	2.36	551	20.52	20.89	79.11
16	1.18	524	19.52	40.41	59.59
30	0.60	515	19.18	59.59	40.41
50	0.30	643	23.95	83.54	16.46
100	0.15	349	13.00	96.54	3.46
CAZOLETA		93	3.46	100.00	0.00
M.F		3.01			

Gráfico N° 20: Curva de distribución granulométrica del agregado fino – Ensayo N° 3

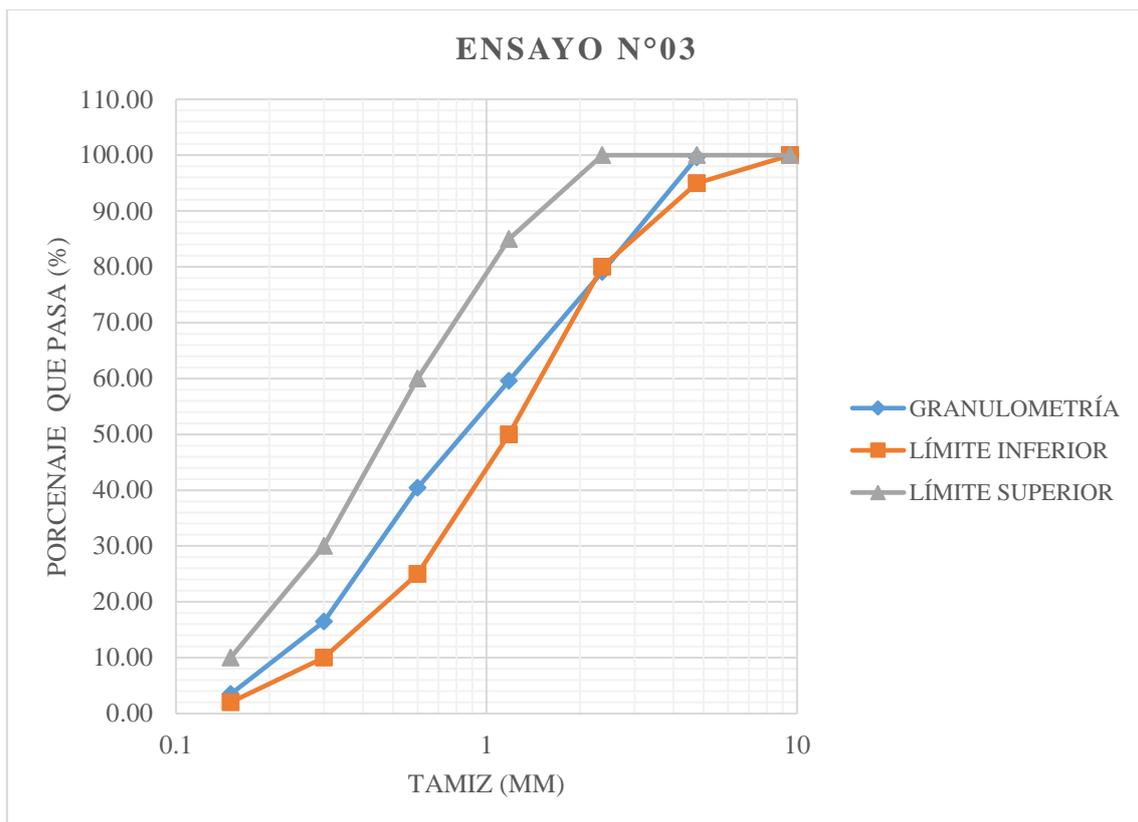


Tabla N° 33: Granulometría del agregado grueso – Ensayo N°1

Muestra = 7600 gr

MALLA		PESO	PORCENTAJE	PORCENTAJE	PORCENTAJE
N°	(mm)	RETENIDO	RETENIDO	RETENIDO	QUE PASA
		(g)	PARCIAL (%)	ACUM. (%)	(%)
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	28.00	0.37	0.37	99.63
1/2"	12.70	5496.00	72.32	72.68	27.32
3/8"	9.53	1625.00	21.38	94.07	5.93
4	4.76	430.00	5.66	99.72	0.28
CAZOLETA		21.00	0.28	100.00	0.00
M.F		6.94			

Gráfico N° 21: Curva de distribución granulométrica del agregado grueso – Ensayo N° 1

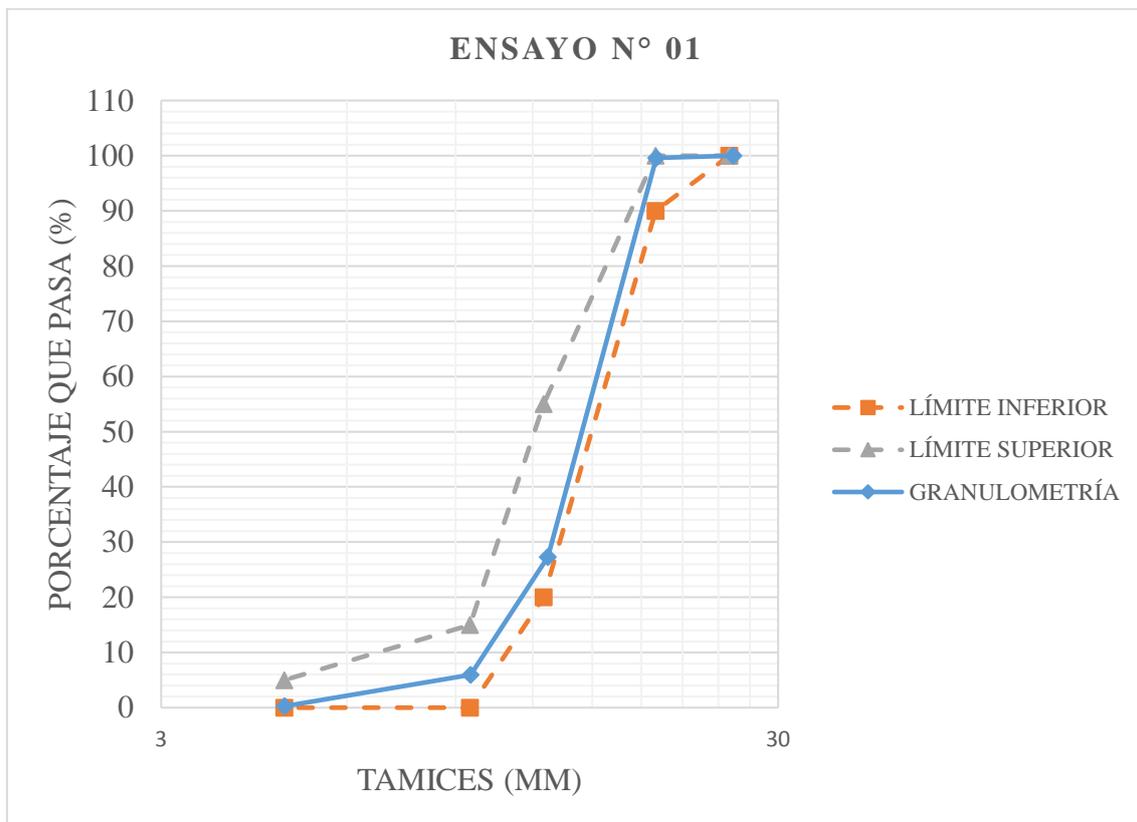


Tabla N° 34: Granulometría del agregado grueso – Ensayo N°2

Muestra = 7200 gr

MALLA		PESO	PORCENTAJE	PORCENTAJE	PORCENTAJE
N°	(mm)	RETENIDO	RETENIDO	RETENIDO	QUE PASA
		(g)	PARCIAL (%)	ACUM. (%)	(%)
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	125.00	1.74	1.74	98.26
1/2"	12.70	4574.00	63.53	65.26	34.74
3/8"	9.53	1900.00	26.39	91.65	8.35
4	4.76	556.00	7.72	99.38	0.63
CAZOLETA		45.00	0.63	100.00	0.00
M.F		6.93			

Gráfico N° 22: Curva de distribución granulométrica del agregado grueso – Ensayo N° 2

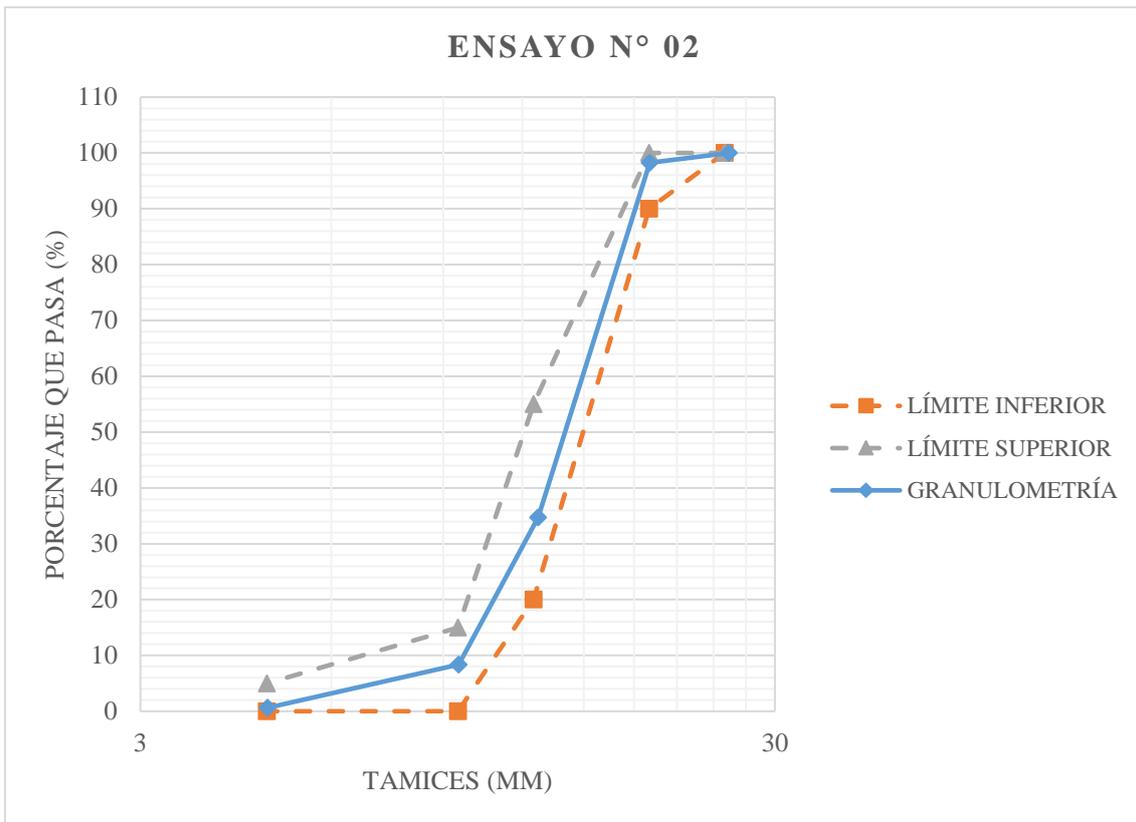


Tabla N° 35: Granulometría del agregado grueso – Ensayo N°3

Muestra = 7200 gr

MALLA		PESO RETENIDO (g)	PORCENTAJE RETENIDO PARCIAL (%)	PORCENTAJE RETENIDO ACUM. (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)
N°	(mm)				
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	115.00	1.60	1.60	98.40
1/2"	12.70	4585.00	63.68	65.28	34.72
3/8"	9.53	1895.00	26.32	91.60	8.40
4	4.76	590.00	8.19	99.79	0.21
CAZOLETA		15.00	0.21	100.00	0.00
M.F		6.93			

Gráfico N° 23: Curva de distribución granulométrica del agregado grueso – Ensayo N° 3

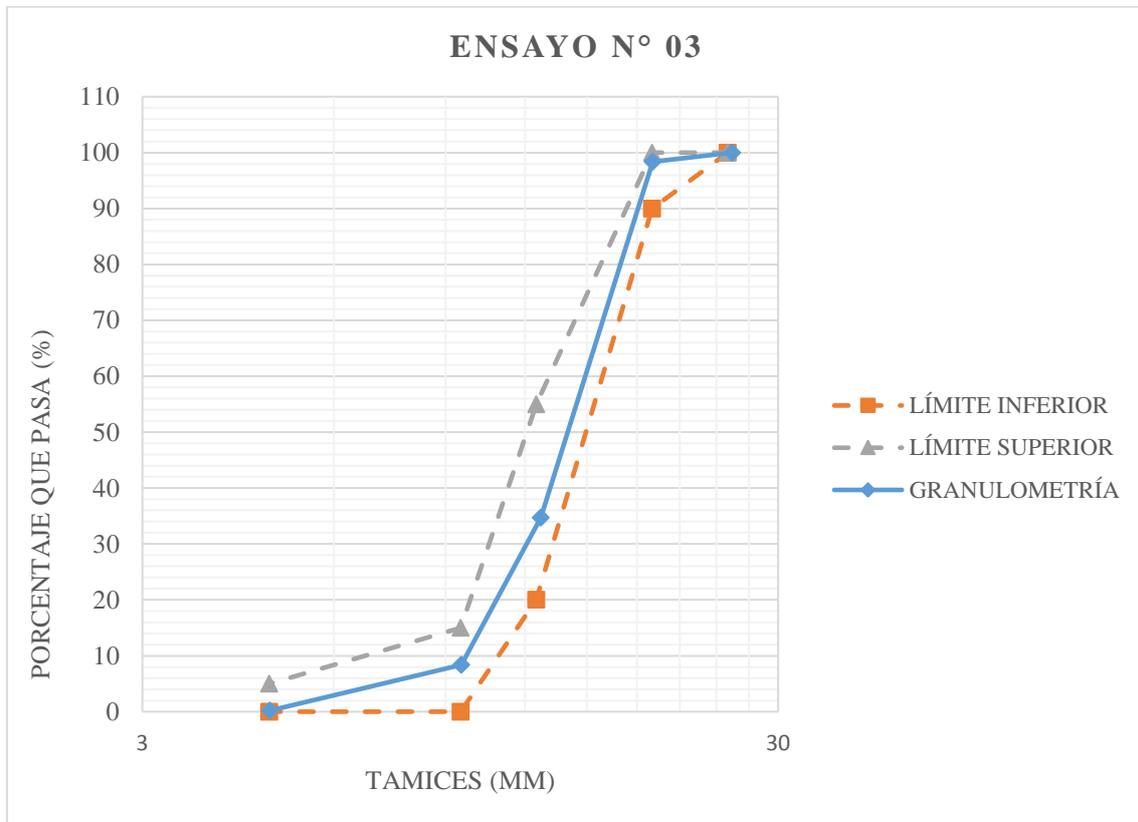


Tabla N° 36: Peso específico y absorción de agregado fino.

Descripción	Ensayos			Promedio
	1	2	3	
W. Fiola (gr.)	152	152	152	
W. Fiola + agregado (gr.)	652	652	652	
W. Fiola + agregado + agua (gr.)	960.9	961.4	960.3	
Volumen de agua añadida (Va)	308.9	309.4	308.3	
TARA	N - 1	N -2	N -3	
W. Tara (gr.)	175	125	135	
W .Tara + M seca (gr.)	669.4	618.9	629.15	
W Muestra seca (gr.) (Wo)	494.4	493.9	494.15	
Peso Específico de masa.	2.59	2.59	2.58	2.59
Peso Específico de Masa SSS	2.62	2.62	2.61	2.62
Peso Específico Aparente	2.67	2.68	2.66	2.67
Porcentaje de absorción	1.13	1.24	1.18	1.18

Tabla N° 37: Peso específico y absorción de agregado grueso.

Descripción	Ensayos			Promedio
	1	2	3	
W agregado S.S.S (gr) (B)	3680	3675	3775	
W .Agregado + Malla (gr)	6170	6170	6140	
W. Malla (gr)	2490	2490	2490	
W Malla sumergida (gr)	2230	2230	2230	
W. Malla + grava sumergida (gr)	4800	4750	4900	
W. Grava sumergida (gr) (C)	2255	2245	2310	
W. Muestra seca (gr) (A)	3640	3640	3735	
Peso específico de masa	2.554	2.545	2.549	2.55
Peso específico de masa SSS	2.582	2.570	2.577	2.58
Peso específico aparente	2.628	2.609	2.621	2.62
Porcentaje de absorción (%)	1.099	0.962	1.071	1.04

Tabla N° 38: Contenido de humedad del agregado fino.

Descripción	Fórmula	Ensayos			Promedio
		1	2	3	
Peso Tara	PT	158.7	81.6	289.9	
Peso Tara + muestra	PT+MH	519.2	462.1	760.9	
Peso de la Muestra Húmeda	Mh	360.5	380.5	471	
Peso de Tara + Muestra Seca	T+Ms	506.8	448.3	745.3	
Peso de la Muestra secada al horno (gr)	Ms	348.1	366.7	455.4	
Peso del agua perdida (gr)	CA=(MH-MS)	12.4	13.8	15.6	
Contenido de Humedad (%)	CA/MS*100	3.56	3.76	3.43	3.58

Los resultados del contenido de humedad que aquí se muestran son los correspondientes al primer ensayo, ya que este dato fue calculándose continuamente, por la variación que este presenta.

Tabla N° 39: Contenido de humedad del agregado grueso.

Descripción	Fórmula	Ensayos			Promedio
		1	2	3	
Peso Tara	PT	343.5	160.7	69	
Peso Tara + muestra	PT+MH	815.5	1096.4	812.2	
Peso de la Muestra Húmeda	Mh	472	935.7	743.2	
Peso de Tara + Muestra Seca	T+Ms	812.2	1090.4	807.2	
Peso de la Muestra secada al horno (gr)	Ms	468.7	929.7	738.2	
Peso del agua perdida (gr)	CA=(MH-MS)	3.3	6	5	
Contenido de Humedad (%)	CA/MS*100	0.70%	0.65%	0.68%	0.68%

Los resultados del contenido de humedad que aquí se muestran son los correspondientes al primer ensayo, ya que este dato fue calculándose continuamente, por la variación que este presenta.

Tabla N° 40: Factor “f” para determinar los Pesos Unitarios del agregado fino

Peso del recipiente	3.83
Peso del recipiente + Agua	6.755
Vol. Agua entra en el recipiente	2.925
Factor (f)	341.880

Tabla N° 41: Peso unitario suelto seco del agregado fino

DESCRIPCIÓN	Ensayos			Promedio
	1	2	3	
Peso del recipiente (Kg)	3.83	3.83	3.83	
P. Recipiente + muestra (Kg)	8.625	8.6	8.595	
Peso de la Muestra	4.795	4.77	4.765	
Factor (f)	341.880	341.880	341.880	
Peso Unitario Suelto (Kg/m ³)	1639.32	1630.77	1629.06	1633.05

Tabla N° 42: Peso unitario seco compactado del agregado fino

DESCRIPCIÓN	Ensayos			Promedio
	1	2	3	
Peso del recipiente (Kg)	3.83	3.83	3.83	
P. Recipiente + muestra (Kg)	9.095	9.1	9.09	
Peso de la Muestra	5.265	5.27	5.26	
Factor (f)	341.8803	341.8803	341.8803	
Peso Unitario Suelto (Kg/m ³)	1800.00	1801.71	1798.29	1800.00

Tabla N° 43: Factor “f” para determinar los Pesos Unitarios del agregado grueso

Peso del recipiente	4.145
Peso del recipiente + Agua	13.75
Vol. Agua entra en el recipiente	9.605
Factor (f)	104.112

Tabla N° 44: Peso unitario suelto seco del agregado grueso

DESCRIPCIÓN	Ensayos			Promedio
	1	2	3	
Peso del recipiente (Kg)	4.145	4.145	4.145	
P. Recipiente + muestra (Kg)	18.38	18.36	18.39	
Peso de la Muestra	14.235	14.215	14.245	
Factor (f)	104.112	104.112	104.112	
Peso Unitario Suelto (Kg/m ³)	1482.04	1479.96	1483.08	1481.69

Tabla N° 45: Peso unitario seco compactado del agregado grueso

DESCRIPCIÓN	Ensayos			Promedio
	1	2	3	
Peso del recipiente (Kg)	4.145	4.145	4.145	
P. Recipiente + muestra (Kg)	19.725	19.575	19.57	
Peso de la Muestra	15.58	15.43	15.425	
Factor (f)	104.1124	104.1124	104.1124	
Peso Unitario Suelto (Kg/m ³)	1622.07	1606.45	1605.93	1611.49

Tabla N° 46: Porcentaje de desgaste del agregado grueso

	ENSAYO		
	N°1	N°2	N°3
Peso inicial (gr)	5000	5000	5000
Peso final (gr)	3945	3915	3960
Desgaste (%)	21.1	21.7	20.8
Promedio de Desgaste (%)	21.2		

7.3.CERTIFICADO DEL LABORATORIO DONDE SE REALIZÓ LA INVESTIGACIÓN.



Universidad Nacional de Cajamarca
FACULTAD DE INGENIERÍA
Departamento Académico de Ciencias de la Ingeniería



EL DIRECTOR DEL DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA, DEJA:

CONSTANCIA:

Que el señor SANDER NEKER CHILON QUISPE, Bachiller de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca, **ha realizado sus ensayos en el Laboratorio de Ensayo de Materiales** de la Facultad de Ingeniería de la UNC, para la Tesis Titulada "INFLUENCIA DE LA FIBRA SINTÉTICA (SIKA® FIBER FORCE PP-48) EN EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE CON $F'c=280/cm^2$. Dichos ensayos se realizaron desde el 15 de abril al 31 de agosto del 2017.

Se expide la presente, para los fines que estime conveniente.

Cajamarca, 05 de diciembre de 2017.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
Facultad de Ingeniería
Departamento Académico de Ciencias de la Ingeniería
M.Cs. Ing. SANDER NEKER CHILON VARGAS
DIRECTOR

7.4.CERTIFICADOS DE LOS ESTUDIOS QUÍMICOS DE LOS AGREGADOS

7.4.1. ANÁLISIS DE IMPUREZAS ORGÁNICAS TOTALES DEL AGREGADO FINO.



Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,
Concreto y Pavimentos, Análisis Químicos de Minerales y Agua.
Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.
Impacto Ambiental, Construcción de Edificios, Obras de Ingeniería Civil.
PROYECTOS – ASESORIA Y CONSULTORIA
RPM: *696826 CELULAR : 976026950 TELEFONO: 364793

ANÁLISIS DE IMPUREZAS ORGÁNICAS TOTALES DE UNA MUESTRA DE AGREGADO FINO

NORMA MTC E 213

TESISTA : SANDER NEKER CHILÓN QUISPE
TESIS : "INFLUENCIA DE LA FIBRA SINTÉTICA (SIKA® FIBER FORCE PP-48) EN EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE CON $f'c=280$ Kg/cm²"
ESCUELA : INGENIERIA CIVIL
MUESTRA : M2
FECHA : 23/12/17

MÉTODO COLORIMÉTRICO ($K_2Cr_2O_7$)

1. **Muestra de Ensayo** : 100 gr. De muestra
2. **Color estándar de referencia** : Dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$) en presencia de ácido sulfúrico (H_2SO_4)
3. **Resultado** : El color del líquido de la muestra del ensayo es menos oscuro que el color estándar de referencia; por lo tanto no hay presencia de materia orgánica en la muestra de estudio.

NOTA: La muestra fue alcanzada por el interesado, a este laboratorio para su análisis respectivo

CONCLUSIÓN: De acuerdo a los resultados obtenidos, la muestra de ensayo no supera el color estándar de referencia, por lo tanto, no hay presencia de materia orgánica en la muestra de estudio.


Hugo Mosqueira Estrá
Jefe Lab. Químico
I.Q. CIP 27664

7.4.2. ANÁLISIS DE IMPUREZAS ORGÁNICAS TOTALES DEL AGREGADO GRUESO.



Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,
Concreto y Pavimentos, Análisis Químicos de Minerales y Agua.
Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.
Impacto Ambiental, Construcción de Edificios, Obras de Ingeniería Civil.
PROYECTOS – ASESORIA Y CONSULTORIA
RPM: *696826 CELULAR : 976026950 TELEFONO: 364793

ANÁLISIS DE IMPUREZAS ORGÁNICAS TOTALES DE UNA MUESTRA DE AGREGADO GRUESO

NORMA MTC E 213

TESISTA : SANDER NEKER CHILÓN QUISPE
TESIS : "INFLUENCIA DE LA FIBRA SINTÉTICA (SIKA® FIBER FORCE PP-48) EN EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE CON $f'c=280$ Kg/cm²"
ESCUELA : INGENIERIA CIVIL
MUESTRA : M1
FECHA : 23/12/17

MÉTODO COLORIMÉTRICO ($K_2Cr_2O_7$)

- Muestra de Ensayo** : 100 gr. De muestra
- Color estándar de referencia** : Dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$) en presencia de ácido sulfúrico (H_2SO_4)
- Resultado** : El color del líquido de la muestra del ensayo es menos oscuro que el color estándar de referencia; por lo tanto no hay presencia de materia orgánica en la muestra de estudio.

NOTA: La muestra fue alcanzada por el interesado, a este laboratorio para su análisis respectivo

CONCLUSIÓN: De acuerdo a los resultados obtenidos, la muestra de ensayo no supera el color estándar de referencia, por lo tanto, no hay presencia de materia orgánica en la muestra de estudio


Hugo Mosqueira Estraver
Jefe Lab. Químico
I.Q. CIP 27664

7.4.3. ANÁLISIS DE pH, SULFATOS Y CLORUROS DEL AGREGADO FINO.



Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,
Concreto y Pavimentos, Análisis Químicos de Minerales y Agua.
Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.
Impacto Ambiental, Construcción de Edificios, Obras de Ingeniería Civil.
PROYECTOS – ASESORÍA Y CONSULTORÍA
RPM: *696826 CELULAR : 976026950 TELEFONO: 364793

ANÁLISIS DE pH, SULFATOS Y CLORUROS DE UNA MUESTRA DE AGREGADO (NTP 339.176, AASHTO T290)

TESISTA : SANDER NEKER CHILÓN QUISPE
TESIS : "INFLUENCIA DE LA FIBRA SINTÉTICA (SIKA® FIBER FORCE
PP-48) EN EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN
CONCRETO AUTOCOMPACTANTE CON $F'c=280 \text{ Kg/cm}^2$ "
ESCUELA : INGENIERIA CIVIL
MUESTRA : M1
FECHA : 23/12/17

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

MUESTRA	pH	SULFATOS (SO ₄) ⁻² ppm	CLORUROS Cl ⁻¹ ppm	TEMPERATURA °C
AGREGADO	9.54	78.30	64.40	20.1

NOTA: La muestra fue alcanzada por el interesado, a este laboratorio para su análisis respectivo.


Hugo Mosqueira Estraver
Jefe Lab. Químico
I.Q. CIP 27664

7.4.4. ANÁLISIS DE pH, SULFATOS Y CLORUROS DEL AGREGADO FINO.



Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,
Concreto y Pavimentos, Análisis Químicos de Minerales y Agua.
Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.
Impacto Ambiental, Construcción de Edificios, Obras de Ingeniería Civil.
PROYECTOS – ASESORÍA Y CONSULTORÍA
RPM: *696826 CELULAR : 976026950 TELEFONO: 364793

ANÁLISIS DE pH, SULFATOS Y CLORUROS DE UNA MUESTRA DE AGREGADO (NTP 339.176, AASHTO T290)

TESISTA : SANDER NEKER CHILÓN QUISPE
TESIS : "INFLUENCIA DE LA FIBRA SINTÉTICA (SIKA® FIBER FORCE PP-48) EN EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN CONCRETO AUTOCOMPACTANTE CON $f'c=280 \text{ Kg/cm}^2$ "
ESCUELA : INGENIERIA CIVIL
MUESTRA : M2
FECHA : 23/12/17

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

MUESTRA	pH	SULFATOS (SO ₄) ⁻² ppm	CLORUROS Cl ⁻¹ ppm	TEMPERATURA °C
AGREGADO	9.57	72.56	62.51	19.8

NOTA: La muestra fue alcanzada por el interesado, a este laboratorio para su análisis respectivo.


Mosqueira Estraver
Jefe Lab. Químico
I.Q. CIP 27664

7.5. FICHA TÉCNICA DE LA FIBRA SINTÉTICA UTILIZADA EN LA INVESTIGACIÓN



HOJA TÉCNICA Sika® Fiber Force PP-48

Fibra de polipropileno macro sintética estructural

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Sika® Fiber Force PP 48, es una fibra de polipropileno macro sintética estructural, diseñada y usada como el refuerzo secundario de concreto, es fabricada a partir de polímeros de polyolefina de alto desempeño y deformadas mecánicamente en todo el cuerpo para maximizar el anclaje en el concreto y evitar la pérdida excesiva cuando se proyecta (Shotcrete), altamente orientada a conseguir la mayor superficie de contacto dentro del concreto, lo que resulta en una mayor unión interfacial y eficiencia de la resistencia de la flexión y absorción de energía. Sika® Fiber Force PP-48 esta específicamente diseñada y fabricada en una instalación certificada bajo la norma ISO 9001:2000, para ser usada como refuerzo secundario de concreto a una tasa de adición mínima de 2 kg por metro cúbico. Cumple con la norma ASTM C 1116/C 1116 M, concreto Tipo III reforzado con fibra, JSCE-S14 y con la norma Europea EN-14889-2 como clase II.

USOS

- Losas industriales sobre el piso, tráfico ligero, medio o pesado.
- Áreas para estacionamiento.
- Elementos Pre-fabricados.
- Pavimentos de concreto tráfico ligero, medio o pesado.
- Plataformas compuestas de metal y concreto.
- Aceras y entradas de automóviles.
- Capas superpuestas y coberturas.
- Aplicaciones no magnéticas.
- Shotcrete vía húmeda o vía seca, ya sea definitivo o temporal.

CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

- Incrementa la resistencia a la tenacidad, absorción de energía e impacto del concreto, así como la resistencia residual y ductilidad.
- No afecta notoriamente la fluidez (Slump) de la mezcla como otras fibras multifilamento.
- Disminuye la tendencia al agrietamiento en estado fresco como endurecido del concreto.
- Máxima resistencia al arrancamiento dentro de la matriz del concreto.
- Reduce el desgaste en bombas y tuberías cuando la mezcla es bombeada.
- Alta resistencia a los ataques químicos y a los álcalis.
- Es segura y más fácil de usar que el refuerzo tradicional.
- No se corroe con las aguas agresivas.
- Ahorra tiempo y molestias durante la aplicación y el proceso de concentrado del mineral.

Hoja Técnica
Sika® Fiber Force PP-48
29.10.15, Edición 1

1/4

DATOS BÁSICOS

FORMA	ASPECTO Fibra monofilamento deformada mecánicamente. COLORES Blanco PRESENTACIÓN Caja x 5 kg
ALMACENAMIENTO	CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO / VIDA ÚTIL Indefinido en un lugar seco y bajo techo, en su envase original.
NORMAS	Siempre se coloca uniformemente en el concreto y cumplimiento con los códigos vigentes y normas siguientes: <ul style="list-style-type: none">• ASTM C 94/C 94M Especificación estándar para concreto premezclado.• ASTM C 1116/C 1116M Especificación estándar para concreto reforzado con fibras.• ASTM C 1399 Método de prueba estándar para obtener la resistencia residual promedio del concreto reforzado con fibras.• ASTM C 1436 Especificación estándar de materiales para Shotcrete.• ASTM C 1609/C 1609M Método de prueba estándar para obtener el rendimiento de la flexión del concreto reforzado con fibras (Usando una viga con carga de tres puntos). Reemplaza la norma ASTM C 1018.• ASTM C 1530 Método de prueba estándar para la resistencia a la flexión del concreto reforzado con fibras (Usando un panel Redondo con carga central.)• JCI-SF4 para la resistencia a la flexión y para la resistencia a la flexión del concreto reforzado con fibras y JSCE-S14.• EFNARC panel cuadrado-2005• ACI 304 Guía para la medición, mezcla, transporte y distribución del concreto.• ACI 306 Guía para Shotcrete.• EN 14889-2 Definiciones, especificaciones y conformidad de fibras poliméricas.
DATOS TÉCNICOS	ABSORCIÓN DE AGUA 0% GRAVEDAD ESPECÍFICA 0.92 LARGO DE LA FIBRA 48 mm ANCHO DE LA FIBRA 1.2833 mm ESPESOR DE LA FIBRA 0.3325 mm RESISTENCIA A LA TRACCIÓN 620 Mpa CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA Baja FIBRAS POR KILO 32,760 unidades +/- 3% PUNTO DE FUSIÓN 440 °C PUNTO DE ABLANDAMIENTO 170 °C RESISTENCIA A ÁLCALIS, SALES Y ÁCIDOS Alta.

Hoja Técnica
Sika® Fiber Force PP-48
28.10.15, Edición 1

2/4

BUILDING TRUST



	<p>COMPATIBILIDAD Sika® Fiber Force PP-48 es compatible con todos los editivos para concreto Sika® y las sustancias químicas que aumentan el rendimiento del concreto. No se debe usar las fibras macrosintéticas Sika® Fiber Force PP-48 para reemplazar refuerzos estructurales.</p> <p>PRECAUCIONES No se debe usar las fibras macrosintéticas Sika® Fiber Force PP-48 como un medio para usar secciones de menor espesor que el diseño original. Para el espaciado de las juntas, siga las directrices estándar de la industria sugeridas por PCA y ACI.</p>
--	--

INFORMACIÓN DEL SISTEMA

DETALLES DE APLICACIÓN	<p>CONSUMO / DOSIS La dosis de aplicación para la fibra macro sintética estructural Sika® Fiber Force PP 48 es de 2 a 9 kg/m³ de concreto o Shotcrete, dependiendo de la ductilidad, resistencia residual, tenacidad ó absorción de energía requerido. En las pruebas para determinar la cantidad exacta de fibra a usar, si el concreto es lanzado (Shotcrete vía húmeda o seca) las muestras (paneles cuadrados EFNARC o circulares ASTM C-1550) tienen que ser obtenidas en campo, lanzado con el equipo a usar, ya que por su naturaleza las fibras sintéticas durante el lanzamiento ó proyección una parte de ellas se pierde. No se recomienda obtener los paneles en laboratorio ya que los resultados difieren apreciablemente.</p>
MÉTODO DE APLICACIÓN	<p>DISEÑOS DE MEZCLAS Y PROCEDIMIENTOS</p> <p>El refuerzo con Sika® Fiber Force PP-48 es un proceso mecánico, no químico. Debido a la eficiencia de la fibra no se necesita modificación del diseño de mezcla ya que no afecta notoriamente la fluidez de la mezcla. Consulte con un asesor técnico de Sika Perú S.A. para recomendaciones adicionales. La fibra macrosintética Sika® Fiber Force PP-48 se agrega a la mezcladora antes, durante o después de hacer mezclas con los otros materiales del concreto. Se requiere un tiempo de mezclado de por lo menos de 3 a 5 minutos por metro cúbico como se especifica en la norma ASTM C-94.</p> <p>ACABADO Se puede dar un acabado al concreto reforzado con Sika® Fiber Force PP-48 usando las técnicas de acabado de acuerdo a ACI 304, Sección C3.</p>
BASES	Todos los datos técnicos recogidos en esta hoja técnica se basan en ensayos de laboratorio. Las medidas de los datos actuales pueden variar por circunstancias fuera de nuestro control.
RESTRICCIONES LOCALES	Nótese que el desempeño del producto puede variar dependiendo de cada país. Por favor, consulte la hoja técnica local correspondiente para la exacta descripción de los campos de aplicación del producto.
INFORMACIÓN DE SEGURIDAD E HIGIENE	Para información y asesoría referente al transporte, manejo, almacenamiento y disposición de productos químicos, los usuarios deben consultar la Hoja de Seguridad del Material actual, la cual contiene información médica, ecológica, toxicológica y otras relacionadas con la seguridad.
NOTAS LEGALES	La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actual en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en

Hoja Técnica
Sika® Fiber Force PP-48
29.10.15, Edición 1

3/4

BUILDING TRUST



condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados.

Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web www.sika.com.pe.

PARA MÁS INFORMACIÓN SOBRE Sika® Fiber Force PP-48 :

1- SIKA PRODUCT FINDER: APLICACIÓN DE CATÁLOGO DE PRODUCTOS



2- SIKA CIUDAD VIRTUAL



Sika Perú S.A.
Concrete
Centro Industrial "Las Praderas"
de Lurín S/N - Mz "D" Lote 5 y
6, Lurín
Lima
Perú
www.sika.com.pe

Hoja Técnica
Sika® Fiber Force PP-48
29.10.15, Edición 1

Versión elaborada por: Sika Perú S.A.
CG, Departamento Técnico
Tel: 618-6060
Fax: 618-6070
Mail: Informador@pe.sika.com



© 2016 Sika Perú S.A.



7.6.FICHA TÉCNICA DEL ADITIVO USADO



We create chemistry

MasterGlenium® SCC 3800

Antes GLENIUM 3800 SCM

Aditivo reductor de agua de alto rango para concreto

DESCRIPCIÓN:

MasterGlenium SCC 3800 es un aditivo reductor de agua de alto rango listo para usarse, pertenece a una nueva generación de aditivos patentados basados en la tecnología del policarboxilato. Esta tecnología combina un diseño molecular de vanguardia para lograr un valor excepcional y preciso en todas las fases del proceso de construcción del concreto.

El aditivo MasterGlenium SCC 3800 es muy efectivo en la producción de mezclas de concreto con diferentes niveles de manejabilidad incluyendo aplicaciones que requieran el uso de concreto auto compactante (SCC). El uso del aditivo MasterGlenium SCC 3800 proporciona características de fraguado más rápidas como asimismo mejora la resistencia a la compresión inicial.

MasterGlenium SCC 3800 cumple con los requisitos de la norma provisional ASTM C494 /C494 M para aditivos Tipo A, (reductores de agua), y tipo F (reductores de agua de alto rango).

USOS RECOMENDADOS:

- ✓ Concretos que requieren una reducción de agua entre 5 a 40%.
- ✓ Aplicaciones donde el control de manejabilidad y tiempos de fraguado sea crítico.
- ✓ Concretos que requieren una fluidez elevada, mayor estabilidad, alta resistencia inicial y final y durabilidad.

(prefabricados, reparaciones de pavimentos de fast-track).

- ✓ Fabricación de mezclas de concreto Rheodinámico y auto compactante (SCC).

CARACTERÍSTICAS:

- ✓ Excelente desarrollo de resistencia inicial.
- ✓ Adecuado control de fraguado.
- ✓ Optimiza la relación de retención de asentamiento / fraguado.
- ✓ Mantiene el aire incorporado consistente.
- ✓ Flexibilidad en la dosificación.

VENTAJAS:

- ✓ Menor contenido de agua para una determinada manejabilidad.
- ✓ Rheología controlada.
- ✓ Desarrollo de resistencias iniciales altas.
- ✓ Produce concretos cohesivos y sin segregación.
- ✓ Incrementa la productividad de las operaciones de prefabricados.
- ✓ Desencofrado más rápido debido al desarrollo acelerado de resistencia temprana.
- ✓ Reduce costos de mano de obra en acabado debido a la optimización de los tiempos de fraguado.
- ✓ Minimiza la necesidad de ajuste de asentamiento en la obra.
- ✓ Disminución del concreto rechazado.
- ✓ Optimiza el costo de las mezclas de concreto.



We create chemistry

MasterGlenium® SCC 3800

Antes GLENIUM 3800 SCM

CARACTERÍSTICAS DE DESEMPEÑO:

Datos de la mezcla

El concreto producido con el aditivo MasterGlenium SCC 3800 alcanza significativamente mayor resistencia en edad temprana que los aditivos reductores de agua de alto rango base poliacrilatos de la primera generación.

MasterGlenium SCC 3800 también permite la obtención de un equilibrio perfecto entre retención de manejabilidad y ciertas características de fraguado que proporcionan la eficiencia en la colocación y acabado del concreto.

APLICACIÓN:

Dosificación:

La dosis que se recomienda usar de MasterGlenium SCC 3800 está en el rango de 800 a 1500 ml/100 kg de cementante. Es posible que sea necesario cambiar la dosificación debido a las variaciones en los materiales de concreto y de las condiciones y/o aplicaciones en la obra. En tales casos, contacte a su representante local de BASF.

Mezclado:

El aditivo MasterGlenium SCC 3800, deben adicionarse luego de la tanda inicial de agua y de otros aditivos, de ser el caso.

ALMACENAMIENTO:

Temperatura de almacenamiento:

MasterGlenium SCC 3800 debe almacenarse a temperaturas superiores a los 5°C (40°F). Si MasterGlenium SCC 3800 llega a congelarse, descongele y reconstituya por agitación mecánica.

Vida de almacén:

MasterGlenium SCC 3800 tiene una vida útil mínima de 6 meses, la misma que puede prolongarse dependiendo de las condiciones de almacenamiento. En todos los casos el producto deberá ser homogenizado antes de ser usado. Por favor contacte a su representante de BASF en relación al mejor uso y dosificación si el aditivo almacenado excede el tiempo de validez indicado en el envase

EMPAQUE

MasterGlenium SCC 3800 se suministra en cilindros de 208 l (55 gal).

Documentos relacionados

Hoja de Seguridad del Material (MSDS) MasterGlenium SCC 3800.

Información adicional

En caso se observe alguna separación de fases en la superficie, esta es normal y no afecta el performance del producto. Para información adicional sobre este producto o para su uso en el desarrollo



We create chemistry

MasterGlenium® SCC 3800

Antes GLENIUM 3800 SCM

de mezclas de concreto con características especiales de desempeño, consulte al representante local de BASF.

BASF Construction Chemicals es líder en el suministro de aditivos innovadores para concreto de especialidad usado en los mercados

de premezclado, prefabricados, productos manufacturados de concreto, construcción subterránea y pavimentos. Los productos de la respetada marca BASF se usan para mejorar la colocación, bombeabilidad, acabado, estética y características de desempeño del concreto.

CONTACTO

BASF Química Colombia S.A.

Calle 99 # 69C - 32
Bogotá, D.C. Colombia
Tel: +57 1 632 20 99
www.basf-co.com.co

BASF Venezolana S.A.

Edif. Torreón, Piso 4, Of. 4B
Av. Veracruz con calle la Guaita,
Urb. Las Mercedes, Caracas, Venezuela
Tel: + 58 212 958 6711
www.basf-ve.com.ve

BASF Ecuatoriana S.A.

Av. Naciones Unidas 1014
y Av. Amazonas Edif. La Pivisiona
Torre A Piso 2, Quito, Ecuador
Tel: + 593 2387 9500
www.basf-ec.com.ec

BASF AS

Avenida das Nações Unidas,
14.171, Morumbi
04794-000 São Paulo - SP, Brasil
Tel: +55 11 2718 5507
www.basf-br.com.br

BASF Construction Chemicals Ltda.

Río Palena 9685
Núcleo Empresarial ENEA
Santiago de Chile, Chile
Tel: +56-2 2799 4300
www.basf-cl.com

BASF Construction Chemicals Perú S.A

Jr. Plácido Jiménez N° 630
Lima 1, Perú
Tel: +51-1 219 0630
www.basf-pe.com.pe

7.7.FICHA TÉCNICA DEL CEMENTO



CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.
Calle La Colonia Nro.150 Urb. El Vivero de Monterrico Santiago de Surco - Lima
Carretera Panamericana Norte Km. 606 Pacasmayo - La Libertad
Teléfono 317 - 6000



SGC-REG-06-G0002
Versión 01

Cemento Portland Tipo I

Conforme a la NTP 334.009 / ASTM C150
Pacasmayo, 20 de Julio del 2016

COMPOSICIÓN QUÍMICA		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
MgO	%	2.2	Máximo 6.0
SO3	%	2.8	Máximo 3.0
Pérdida por Ignición	%	3.0	Máximo 3.5
Residuo Insoluble	%	0.73	Máximo 1.5

PROPIEDADES FÍSICAS		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
Contenido de Aire	%	8	Máximo 12
Expansión en Autodave	%	0.10	Máximo 0.80
Superficie Específica	cm ² /g	3770	Mínimo 2800
Densidad	g/mL	3.12	NO ESPECIFICA

Resistencia Compresión :

Resistencia Compresión a 3días	MPa (Kg/cm ²)	31.7 (323)	Mínimo 12.0 (Mínimo 122)
Resistencia Compresión a 7días	MPa (Kg/cm ²)	38.5 (392)	Mínimo 19.0 (Mínimo 194)
Resistencia Compresión a 28días (*)	MPa (Kg/cm ²)	46.5 (474)	Mínimo 28.0 (Mínimo 285)

Tiempo de Fraguado Vicat :

Fraguado Inicial	min	132	Mínimo 45
Fraguado Final	min	289	Máximo 375

Los resultados arriba mostrados, corresponden al promedio del cemento despachado durante el periodo del 01-06-2016 al 30-06-2016

La resistencia a la compresión a 28 días corresponde al mes de Mayo 2016

(*) Requisito opcional.

Ing. Ivanoff V. Rojas Tello
Superintendente de Control de Calidad

7.8. TABLAS PARA EL DISEÑO DE MEZCLAS

Tabla N° 47: Resistencia a la compresión promedio

f' c	f' cr
menos de 210	f' c + 70
210 a 350	f' c + 84
sobre 350	f' c + 98

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma E-060

Tabla N° 48: Consistencia y asentamientos

CONSISTENCIA	ASENTAMIENTO	TRABAJABILIDAD
<i>seca</i>	0" a 2"	Poco trabajable
<i>plástica</i>	3" a 4"	Trabajable
<i>fluida</i>	≥5"	Muy trabajable

Fuente: "Diseño de mezclas" Enrique Rivva López

Tabla N° 49: Requerimientos de agua en L/m³ y contenido de aire del concreto para los tamaños nominales máximos del agregado grueso y consistencia indicada

Tipo de concreto	Asentamiento	TMN del agregado grueso							
		3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Sin aire incorporado	0" - 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
	3" - 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
	> 5"	243	228	216	202	190	178	160	-
	Contenido de aire atrapado	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Con aire incorporado	0" - 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
	3" - 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
	> 5"	216	205	197	184	174	166	154	-
	Contenido de aire total	8	7	6	5	4.5	4	3.5	3

Fuente: "Diseño de mezclas" Enrique Rivva López

Tabla N° 50: Contenido de aire atrapado para diferentes valores de asentamiento y tamaños máximos de agregados

TMN DEL AGREGADO GRUESO	AIRE ATRAPADO
3/8 "	3.00%
1/2 "	2.50%
3/4 "	2.00%
1 "	1.50%
1 1/2 "	1.00%
2 "	0.50%
3 "	0.30%
4 "	0.20%

Fuente: "Diseño de mezclas" Enrique Rivva López

Tabla N° 51: Módulo de finura de la combinación de agregados

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	<i>Módulo de finura de la combinación de los agregados para los contenidos de cemento en saco / m³ indicados.</i>			
	6.00	7.00	8.00	9.00
3 / 8 "	3.96	4.04	4.11	4.19
1 / 2 "	4.46	4.54	4.61	4.89
3 / 4 "	4.96	5.04	5.11	5.19
1 "	5.26	5.34	5.41	5.49
1 1/2 "	5.56	5.64	5.71	5.79
2 "	5.86	5.94	6.01	6.09
3 "	6.16	6.24	6.31	6.38

Estos valores están referidos al agregado grueso, adecuadamente graduado con un contenido de vacíos del orden del 35% .Los valores deben incrementarse o disminuirse en porcentaje de vacíos. 0.1 por cada 5% de disminución o incremento en el porcentaje de vacíos.

Fuente: "Diseño de mezclas" Enrique Rivva López

Tabla N° 52: Relación agua/cemento del concreto por resistencia.

RESISTENCIA A LA COMPRESION A LOS 28 DIAS f'_{cr}	RELACION AGUA – CEMENTO DE DISEÑO EN PESO	
	CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO	CONCRETO CON AIRE INCORPORADO
450	0.38	---
400	0.43	---
350	0.48	0.4
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.7	0.61
150	0.8	0.71

Fuente: “Diseño de mezclas” Enrique Rivva López

7.9.DISEÑO DE MEZCLAS DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE

Propiedades de los Agregados

PROPIEDADES	AGREGADO FINO	AGREGADO GUESO
Peso unitario suelto seco (kg/m ³)	1633.05	1481.69
Peso unitario seco compactado (kg/m ³)	1800	1611.49
Peso específico de masa (gr/cm ³)	2.59	2.61
Peso específico de masa S.S.S. (gr/cm ³)	2.62	2.58
Peso específico Aparente (gr/cm ³)	2.67	2.62
Absorción (%)	1.18	1.04
Contenido de Humedad (%)	3.58	0.68
Módulo de Finura	2.99	6.93
Tamaño máximo		3/4
Tamaño máximo nominal (")		1/2

Cemento

Norma	NTP 334.009-2013
Tipo de Cemento	Pacasmayo Tipo I
Peso Específico (gr/cm ³)	3.12

Agua

Norma	NTP 334.009-2013
Peso específico (gr/cm³)	1.00

Aditivo

Norma	ASTM C 494 Tipo G
Peso Específico (gr/cm³)	1.05
Aplicación (superplastificante.)	1.12%

Fibra

Peso específico de masa (gr/cm³)	0.92
Norma	ASTM A820

CONCRETO PATRÓN

1. SELECCIÓN DE LA RESISTENCIA PROMEDIO (f'_{cr})

Resistencia a la compresión especificada del Concreto (f'_c)	280	kg / cm ²
Incremento ($1.2 \cdot f'_c$)	84	kg / cm ²
Resistencia promedio a la compresión del Concreto (f'_{cr})	364	kg / cm ²

2. TAMAÑO DEL AGREGADO

Tamaño máximo nominal (TMN) =	0.5
-------------------------------	-----

3. SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

Consistencia =	Fluida
Slump =	≥ 5 "

4. TIPO DE CONCRETO A DISEÑAR

Tipo:	Concreto Sin Aire Incorporado
-------	-------------------------------

5. VOLUMEN UNITARIO DE AGUA Lt/m³:

Volumen de agua =	228	lt/m ³
<i>Reducción del Agua de mezcla por el uso de Master Glenium ® SCC 3800</i>		
Reducción =	10%	
Volumen de agua =	205.2	lt/m ³

6. CONTENIDO DE AIRE TOTAL

Aire Atrapado =	2.50%
Aire incorporado =	0%
TOTAL =	2.50%

7. RELACIÓN AGUA CEMENTO

A/C =	0.466
-------	--------------

8. FACTOR CEMENTO (kg):

Peso del Cemento	440.30	Kg/m ³
Factor Cemento	10.36	Bolsas/m ³

9. CÁLCULO DE LOS VOLÚMENES ABSOLUTOS DE LOS ELEMENTOS DE LA PASTA

Cemento	0.141	m ³
Agua	0.2005	m ³
Aire	0.025	m ³
Master Glenium ® SCC 3800	0.0047	m ³
Suma de Volúmenes	0.3713	m³

10. VOLUMEN ABSOLUTO DE AGREGADOS

Volumen absoluto	0.6287	m ³
------------------	--------	----------------

11.MÓDULO DE FINURA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS

Contenido de Cemento	10.360	Bolsas/m ³
TMN	1/2	
MFCA	4.798	

12. DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE AGREGADOS QUE INTERVIENEN EN LA MEZCLA.

$$rf = \frac{mg - mc}{mg - mf} \dots\dots\dots (22)$$

Porcentaje de Agregado Fino	54.11	%
Porcentaje de Agregado grueso	45.89	%

13. VOLÚMENES ABSOLUTOS DE LOS AGREGADOS

Volumen de A. Fino	0.340	m ³
Volumen de A. Grueso	0.288	m ³

14.PESO SECO DE LOS AGREGADOS

Agregado Fino	881.088	m ³
Agregado grueso	753.824	m ³

15.CANTIDAD DE MATERIALES A SER EMPLEADOS

Cemento	440.30	Kg/m ³
Agua de diseño	200.50	lt/m ³
Master Glenium ® SCC 3800	4.93136	lt/m ³
Agregado Fino seco	881.088	Kg/m ³
Agregado Grueso seco	753.824	Kg/m ³

CORRECCIÓN POR HUMEDAD

1.PESO HÚMEDO DE LOS COMPONENTES

Agregado Fino	912.63	Kg/m ³
Agregado grueso	758.95	Kg/m ³

2. HUMEDAD SUPERFICIAL DE LOS COMPONENTES

Agregado Fino	2.40	%
Agregado grueso	-0.36	%

3. APOORTE DE HUMEDAD DE LOS COMPONENTES

Agregado Fino	21.11	lt/m3
Agregado grueso	-2.74	lt/m3
Aporte total	18.37	lt/m3

4. AGUA EFECTIVA

Agua efectiva=	182.13	lt/m3
----------------	--------	-------

5. PESO DE LOS MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD POR M3

Cemento	440.30	Kg/m3
Agua Efectiva	182.13	lt/m3
Master Glenium ® SCC 3800	4.93	lt/m3
A. Fino Húmedo	912.63	Kg/m3
A. Grueso Húmedo	758.95	Kg/m3

6. CANTIDAD DE MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD EN PESO PARA UNA TANDA DE UN SACO DE CEMENTO.

Cemento	42.50	Kg/bls
Agua Efectiva	17.58	lt/bls
Master Glenium ® SCC 3800	0.48	lt/bls
A. Fino Húmedo	88.09	Kg/bls
A. Grueso Húmedo	73.26	Kg/bls

7. PROPORCIÓN EN PESO DE LOS MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD

Cemento	1.00	
Master Glenium ® SCC 3800	0.48	lt / saco
A. Fino húmedo	2.07	
A. Grueso húmedo	1.72	
Agua de diseño	17.58	lt / saco

CORRECCIÓN POR RESISTENCIA (POWERS)

Resistencia del espécimen 01	294.52	kg/cm2
Resistencia del espécimen 02	293.50	kg/cm2
Resistencia del espécimen 03	291.04	kg/cm2
Resistencia promedio	293.02	kg/cm2
Resistencia probable a los 28 días	418.60	kg/cm2

Resistencia deseada a los 28 días	364.00	kg/cm ²	
Relación A/C del diseño original	0.47		
Grado de hidratación del cemento	0.56		
Relación A/C corregido	0.50		
Nuevos materiales			Volúmenes
Agua Efectiva	182.13	lt/m ³	0.1821
Cemento	364.27	Kg/m ³	0.1168
Master Glenium ® SCC 3800	4.93	lt/m ³	0.0047
Aire	0.025		0.0250
Agregado Fino Seco	940.99	Kg/m ³	0.3633
Agregado Grueso Seco	805.07	Kg/m ³	0.3081

CORRECCIÓN POR HUMEDAD

1. PESO HÚMEDO DE LOS COMPONENTES

Agregado Fino	974.67	Kg/m ³
Agregado grueso	810.55	Kg/m ³

2. HUMEDAD SUPERFICIAL DE LOS COMPONENTES

Agregado Fino	2.40	%
Agregado grueso	-0.36	%

3. APORTE DE HUMEDAD DE LOS COMPONENTES

Agregado Fino	22.55	lt/m ³
Agregado grueso	-2.93	lt/m ³
Aporte total	19.62	lt/m ³

4. AGUA EFECTIVA

Agua efectiva=	162.52	lt/m ³
----------------	--------	-------------------

5. PESO DE LOS MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD POR M³

Cemento	364.27	Kg/m ³
Agua Efectiva	162.52	lt/m ³
Master Glenium ® SCC 3800	4.93	lt/m ³
Agregado Fino Húmedo	974.67	Kg/m ³
Agregado Grueso Húmedo	810.55	Kg/m ³

CONCRETO AUTOCOMPACTANTE CON 2KG/M3 DE FIBRA

1. SELECCIÓN DE LA RESISTENCIA PROMEDIO (f'_{cr})

Resistencia a la compresión especificada del Concreto (f'_{c})	280	kg / cm ²
Incremento ($1.2*f'_{c}$)	84	kg / cm ²
Resistencia promedio a la compresión del Concreto (f'_{cr})	364	kg / cm ²

2. CANTIDAD DE MATERIALES A SER EMPLEADOS CON 0% DE FIBRA

Cemento	364.27	Kg/m ³
Agua de diseño	182.13	lt/m ³
Master ® SCC 3800	4.93	lt/m ³
Agregado Fino seco	940.986	Kg/m ³
Agregado Grueso seco	805.071	Kg/m ³
Aire atrapado	2.50%	

3. VOLÚMENES ABSOLUTOS DEL MATERIAL DE DISEÑO CON 0% DE FIBRA

Cemento	0.117	m ³
Agua de diseño	0.182	m ³
Master Glenium ® SCC 3800	0.0047	m ³
Agregado Fino seco	0.363	m ³
Agregado Grueso seco	0.308	m ³
Aire	0.025	m ³

4. PORCENTAJES DE AGREGADOS EN LA MEZCLA

Agregado Fino seco	54.11
Agregado Grueso seco	45.89

5. VOLÚMENES ABSOLUTOS DE MATERIALES DE DISEÑO CON 2 Kg/m³ DE ADICIÓN SINTÉTICA

Cemento	0.12	m ³
Agua de diseño	0.18	m ³
Master Glenium ® SCC 3800	0.0047	m ³
Fibra Sintética	0.0022	m ³
Agregado Fino seco	0.36	m ³
Agregado Grueso seco	0.307	m ³
Aire	0.025	m ³

6.PROPORCIÓN EN PESO DE LOS MATERIALES SIN CORREGIR POR HUMEDAD DEL AGREGADO

Cemento	364.27	Kg/m3
Agua de diseño	182.13	lt/m3
Master Glenium ® SCC 3800	4.93	lt/m3
Fibra Sintética	2	Kg/m3
Agregado Fino seco	937.94	Kg/m3
Agregado Grueso seco	802.464	Kg/m3
Aire atrapado	2.500	%

7.CANTIDAD DE MATERIALES EN PESO SECO PARA UNA TANDA DE UN SACO DE CEMENTO.

Cemento	42.50	Kg/bls
Agua de diseño	21.25	lt/bls
Master Glenium ® SCC 3800	0.58	lt/bls
Fibra	0.23	
Agregado Fino seco	109.43	Kg/bls
Agregado Grueso seco	93.63	Kg/bls

8.PROPORCIÓN EN PESO DE LOS MATERIALES SIN SER CORREGIDOS POR HUMEDAD

Cemento	1	
Master Glenium ® SCC 3800	0.014	
Agregado Fino seco	2.57	
Fibra	0.0055	
Agregado Grueso seco	2.20	
Agua de diseño	21.25	lt/bls

CORRECCIÓN POR HUMEDAD

1.PESO HÚMEDO DE LOS COMPONENTES

Agregado Fino	971.52	Kg/m3
Agregado Grueso	807.92	Kg/m3

2. HUMEDAD SUPERFICIAL DE LOS COMPONENTES

Agregado Fino	2.40	%
Agregado Grueso	-0.36	%

3.APORTE DE HUMEDAD DE LOS COMPONENTES

Agregado Fino	22.47	lt/m3
Agregado Grueso	-2.92	lt/m3
Aporte total	19.55	lt/m3

4. AGUA EFECTIVA

Agua efectiva=	162.58	lt/m3
----------------	--------	-------

5. PESO DE LOS MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD POR M3

Cemento	364.27	Kg/m3
Agua Efectiva	162.58	lt/m3
Master Glenium ® SCC 3800	4.93	lt/m3
Fibra	2.0000	kg/m3
Agregado Fino Húmedo	971.52	Kg/m3
Agregado Grueso Húmedo	807.92	Kg/m3

6. CANTIDAD DE MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD EN PESO PARA UNA TANDA DE UN SACO DE CEMENTO.

Cemento	42.50	Kg/bls
Agua Efectiva	18.97	lt/bls
Master Glenium ® SCC 3800	0.58	lt/bls
Fibra	0.23	
Agregado Fino Húmedo	113.35	Kg/bls
Agregado Grueso Húmedo	94.26	Kg/bls

7. PROPORCIÓN EN PESO DE LOS MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD

Cemento	1.00	
Master Glenium ® SCC 3800	0.58	lt / saco
Fibra	0.01	
Agregado Fino húmedo	2.67	
Agregado Grueso húmedo	2.22	
Agua de diseño	18.97	lt / saco

CONCRETO AUTOCOMPACTANTE CON 3 KG/M3 DE FIBRA

1. SELECCIÓN DE LA RESISTENCIA PROMEDIO (f'_{cr})

Resistencia a la compresión especificada del Concreto (f'_{c})	280	kg / cm ²
Incremento ($1.2*f'_{c}$)	84	kg / cm ²
Resistencia promedio a la compresión del Concreto (f'_{cr})	364	kg / cm ²

2. CANTIDAD DE MATERIALES A SER EMPLEADOS CON 0% DE FIBRA

Cemento	364.27	Kg/m ³
Agua de diseño	182.13	lt/m ³
Master Glenium ® SCC 3800	4.93	lt/m ³
Agregado Fino seco	940.986	Kg/m ³
Agregado Grueso seco	805.071	Kg/m ³
Aire atrapado	2.50%	

3. VOLÚMENES ABSOLUTOS DEL MATERIAL DE DISEÑO CON 0% DE FIBRA

Cemento	0.117	m ³
Agua de diseño	0.182	m ³
Master Glenium ® SCC 3800	0.0047	m ³
Agregado Fino seco	0.363	m ³
Agregado Grueso seco	0.308	m ³
Aire	0.025	m ³

4. PORCENTAJES DE AGREGADOS EN LA MEZCLA

Agregado Fino seco	54.11
Agregado Grueso seco	45.89

5. VOLÚMENES ABSOLUTOS DE MATERIALES DE DISEÑO CON 3 Kg/m³ DE ADICIÓN SINTÉTICA

Cemento	0.12	m ³
Agua de diseño	0.18	m ³
Master Glenium ® SCC 3800	0.0047	m ³
Fibra Sintética	0.0033	m ³
Agregado Fino seco	0.36	m ³
Agregado Grueso seco	0.307	m ³
Aire	0.025	m ³

6.PROPORCIÓN EN PESO DE LOS MATERIALES SIN CORREGIR POR HUMEDAD DEL AGREGADO

Cemento	364.27	Kg/m3
Agua de diseño	182.13	lt/m3
Master Glenium ® SCC 3800	4.93	lt/m3
Fibra Sintética	3	Kg/m3
Agregado Fino seco	936.42	Kg/m3
Agregado Grueso seco	801.161	Kg/m3
Aire atrapado	2.500	%

7.CANTIDAD DE MATERIALES EN PESO SECO PARA UNA TANDA DE UN SACO DE CEMENTO.

Cemento	42.50	Kg/bls
Agua de diseño	21.25	lt/bls
Master Glenium ® SCC 3800	0.58	lt/bls
Fibra	0.35	
Agregado Fino seco	109.25	Kg/bls
Agregado Grueso seco	93.47	Kg/bls

8.PROPORCIÓN EN PESO DE LOS MATERIALES SIN SER CORREGIDOS POR HUMEDAD

Cemento	1	
Master Glenium ® SCC 3800	0.014	
Agregado Fino seco	2.57	
Fibra	0.0082	
Agregado Grueso seco	2.20	
Agua de diseño	21.25	lt/bls

CORRECCIÓN POR HUMEDAD

1.PESO HÚMEDO DE LOS COMPONENTES

Agregado Fino	969.94	Kg/m3
Agregado Grueso	806.61	Kg/m3

2. HUMEDAD SUPERFICIAL DE LOS COMPONENTES

Agregado Fino	2.40	%
Agregado Grueso	-0.36	%

3.APORTE DE HUMEDAD DE LOS COMPONENTES

Agregado Fino	22.44	lt/m3
Agregado Grueso	-2.91	lt/m3
Aporte total	19.52	lt/m3

4.AGUA EFECTIVA

Agua efectiva=	162.61	lt/m3
----------------	--------	-------

5.PESO DE LOS MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD POR M3

Cemento	364.27	Kg/m3
Agua Efectiva	162.61	lt/m3
Master Glenium ® SCC 3800	4.93	lt/m3
Fibra	3.0000	kg/m3
Agregado Fino Húmedo	969.94	Kg/m3
Agregado Grueso Húmedo	806.61	Kg/m3

6. CANTIDAD DE MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD EN PESO PARA UNA TANDA DE UN SACO DE CEMENTO

Cemento	42.50	Kg/bls
Agua Efectiva	18.97	lt/bls
Master Glenium ® SCC 3800	0.58	lt/bls
Fibra	0.35	
Agregado Fino Húmedo	113.17	Kg/bls
Agregado Grueso Húmedo	94.11	Kg/bls

7.PROPORCIÓN EN PESO DE LOS MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD

Cemento	1.00	
Master Glenium ® SCC 3800	0.58	lt / saco
Fibra	0.01	
Agregado Fino húmedo	2.66	
Agregado Grueso húmedo	2.21	
Agua de diseño	18.97	lt / saco

CONCRETO AUTOCOMPACTANTE CON 4 KG/M3 DE FIBRA

1. SELECCIÓN DE LA RESISTENCIA PROMEDIO (f'_{cr})

Resistencia a la compresión especificada del Concreto (f'_{c})	280	kg / cm ²
Incremento ($1.2*f'_{c}$)	84	kg / cm ²
Resistencia promedio a la compresión del Concreto (f'_{cr})	364	kg / cm ²

2. CANTIDAD DE MATERIALES A SER EMPLEADOS CON 0% DE FIBRA

Cemento	364.27	Kg/m ³
Agua de diseño	182.13	lt/m ³
Master Glenium ® SCC 3800	4.93	lt/m ³
Agregado Fino seco	940.986	Kg/m ³
Agregado Grueso seco	805.071	Kg/m ³
Aire atrapado	2.50%	

3. VOLÚMENES ABSOLUTOS DEL MATERIAL DE DISEÑO CON 0% DE FIBRA

Cemento	0.117	m ³
Agua de diseño	0.182	m ³
Master Glenium ® SCC 3800	0.0047	m ³
Agregado Fino seco	0.363	m ³
Agregado Grueso seco	0.308	m ³
Aire	0.025	m ³

4. PORCENTAJES DE AGREGADOS EN LA MEZCLA

Agregado Fino seco	54.11
Agregado Grueso seco	45.89

5. VOLÚMENES ABSOLUTOS DE MATERIALES DE DISEÑO CON 4 Kg/m³ DE ADICIÓN SINTÉTICA

Cemento	0.12	m ³
Agua de diseño	0.18	m ³
Master Glenium ® SCC 3800	0.0047	m ³
Fibra Sintética	0.0043	m ³
Agregado Fino seco	0.36	m ³
Agregado Grueso seco	0.306	m ³
Aire	0.025	m ³

6.PROPORCIÓN EN PESO DE LOS MATERIALES SIN CORREGIR POR HUMEDAD DEL AGREGADO

Cemento	364.27	Kg/m3
Agua de diseño	182.13	lt/m3
Master Glenium ® SCC 3800	4.93	lt/m3
Fibra Sintética	4	Kg/m3
Agregado Fino seco	934.89	Kg/m3
Agregado Grueso seco	799.857	Kg/m3
Aire atrapado	2.500	%

7.CANTIDAD DE MATERIALES EN PESO SECO PARA UNA TANDA DE UN SACO DE CEMENTO.

Cemento	42.50	Kg/bls
Agua de diseño	21.25	lt/bls
Master Glenium ® SCC 3800	0.58	lt/bls
Fibra	0.47	
Agregado Fino seco	109.08	Kg/bls
Agregado Grueso seco	93.32	Kg/bls

8.PROPORCIÓN EN PESO DE LOS MATERIALES SIN SER CORREGIDOS POR HUMEDAD

Cemento	1	
Master Glenium ® SCC 3800	0.014	
Agregado Fino seco	2.57	
Fibra	0.0110	
Agregado Grueso seco	2.20	
Agua de diseño	21.25	lt/bls

CORRECCIÓN POR HUMEDAD

1.PESO HÚMEDO DE LOS COMPONENTES

Agregado Fino	968.36	Kg/m3
Agregado Grueso	805.30	Kg/m3

2. HUMEDAD SUPERFICIAL DE LOS COMPONENTES

Agregado Fino	2.40	%
Agregado Grueso	-0.36	%

3.APORTE DE HUMEDAD DE LOS COMPONENTES

Agregado Fino	22.40	lt/m3
Agregado Grueso	-2.91	lt/m3
Aporte total	19.49	lt/m3

4. AGUA EFECTIVA

Agua efectiva=	162.64	lt/m ³
----------------	--------	-------------------

5. PESO DE LOS MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD POR M³

Cemento	364.27	Kg/m ³
Agua Efectiva	162.64	lt/m ³
Master Glenium ® SCC 3800	4.93	lt/m ³
Fibra	4.0000	kg/m ³
Agregado Fino Húmedo	968.36	Kg/m ³
Agregado Grueso Húmedo	805.30	Kg/m ³

6. CANTIDAD DE MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD EN PESO PARA UNA TANDA DE UN SACO DE CEMENTO.

Cemento	42.50	Kg/bls
Agua Efectiva	18.98	lt/bls
Master Glenium ® SCC 3800	0.58	lt/bls
Fibra	0.47	
Agregado Fino Húmedo	112.98	Kg/bls
Agregado Grueso Húmedo	93.96	Kg/bls

7. PROPORCIÓN EN PESO DE LOS MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD

Cemento	1.00	
Master Glenium ® SCC 3800	0.58	lt / saco
Fibra	0.01	
Agregado Fino húmedo	2.66	
Agregado Grueso húmedo	2.21	
Agua de diseño	18.98	lt / saco

7.10. ENSAYOS DEL CAC EN ESTADO FRESCO

Tabla N° 53: Ensayos de extensión de flujo (Cono de Abrams)

Ensayo	Parámetros	CANTIDAD DE FIBRA							
		Patrón		2Kg/m3		3 Kg/m3		4 Kg/m3	
1°	T50(s)	3.0		4.0		5.5		6.0	
	Dmax (cm)	73.5	74.25	71.5	71.75	68.5	68.75	66	66.75
		75		72		69		67.5	
Segregación	Ninguna		Ninguna		Ninguna		Ligera		
2°	T50(s)	5.2		5.0		5.0		6.8	
	Dmax (cm)	72.5	73.25	71	70.5	68	68.75	65	65.75
		74		70		69.5		66.5	
Segregación	Ninguna		Ninguna		Ninguna		Ligera		
3°	T50(s)	5.0		4.6		6.5		7.0	
	Dmax (cm)	77	76.25	70	69	67	68.75	67	66
		75.5		68		70.5		65	
Segregación	Ninguna		Ninguna		Ligera		Ligera		
Promedio	T50(s)	4.4		4.5		5.7		6.6	
	Dmax (cm)	74.58		70.42		68.75		66.17	
	Segregación	Ninguna		Ninguna		Ninguna		Ligera	

Tabla N° 54: Ensayos de embudo (V)

Ensayo	Parámetros	CANTIDAD DE FIBRA			
		Patrón	2Kg/m3	3 Kg/m3	4 Kg/m3
1°	Tv	5.8	8	9	9.5
2°	Tv	6	8.1	8.7	9.3
3°	Tv	6.5	8.4	8.9	9.3
Promedio	Tv	6.1	8.2	8.9	9.4

Tabla N° 55: Ensayos de resistencia al paso (Caja L)

ENSAYOS	Parámetros	Dosificación	Dosificación	Dosificación	Dosificación
		(PATRÓN)	2kg/m3(fibra)	3kg/m3(fibra)	4kg/m3(fibra)
E1	T(s)	5.61	8.2	8.94	9.78
	H1(cm)	8.85	6.20	6.50	6.00
	H2 (cm)	8.60	3.10	3.20	2.90
	H2/H1 (cm)	0.97	0.50	0.49	0.48
	Bloqueo	No	Si	Si	Si
E2	T(s)	5.33	8.3	9	10
	H1(cm)	9.00	6.00	6.30	5.90
	H2 (cm)	8.95	3.50	3.00	2.78
	H2/H1 (cm)	0.99	0.58	0.48	0.47
	Bloqueo	No	Si	Si	Si
E3	T(s)	5.41	8.35	8.82	9.87
	H1(cm)	9.25	6.18	6.20	5.70
	H2 (cm)	8.80	3.23	3.17	2.68
	H2/H1 (cm)	0.95	0.52	0.51	0.47
	Bloqueo	No	No	Si	Si
PROMEDIO	Parámetros	Dosificación	Dosificación	Dosificación	Dosificación
		(patrón)	2kg/m3(fibra)	3kg/m3(fibra)	4kg/m3(fibra)
	T(s)	5.45	8.28	8.92	9.88
	H1(cm)	9.03	6.13	6.33	5.87
	H2 (cm)	8.78	3.28	3.12	2.79
	H2/H1 (cm)	0.97	0.54	0.49	0.47
	Bloqueo	No	SI	Si	Si

7.11. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS EN LABORATORIO.

Tabla N° 56: Resultados de los ensayos a compresión de las probetas sin adición de fibra a los 7, 14 y 28 días de edad.

ENSAYO A COMPRESIÓN					
MUESTRA DE ESPECIMEN PATRÓN (SIN FIBRA)					
Tipo de concreto			PATRÓN		
Tipo de cemento			PACASMAYO TIPO I (ASTM C150)		
Fecha de elaboración			08/05/2017		
Fecha de rotura			15/05/2017		
Edad			7 DÍAS		
SERIE	H (cm)	DIAM. (cm)	ÁREA (cm²)	CARGA (tn)	ESF. (kg/cm²)
CP-01	30.00	15.20	181.46	35.00	192.88
CP-02	30.10	15.15	180.27	39.50	219.12
CP-03	30.20	15.13	179.79	39.50	219.70
CP-04	30.30	15.15	180.27	36.00	199.70
CP-05	30.10	15.20	181.46	37.50	206.66
CP-06	30.20	15.11	179.32	37.00	206.34
ENSAYO A COMPRESIÓN					
MUESTRA DE ESPECIMEN PATRÓN (SIN FIBRA)					
Tipo de concreto			PATRÓN		
Tipo de cemento			PACASMAYO TIPO I (ASTM C150)		
Fecha de elaboración			10/05/2017		
Fecha de rotura			17/05/2017		
Edad			14 DÍAS		
SERIE	H (cm)	DIAM. (cm)	ÁREA (cm²)	CARGA (tn)	ESF. (kg/cm²)
CP-01	30.20	15.07	178.37	44.00	246.68
CP-02	30.00	15.11	179.32	47.00	262.11
CP-03	30.10	15.16	180.50	42.00	232.68
CP-04	30.30	15.20	181.46	44.50	245.24
CP-05	30.00	15.15	180.27	44.00	244.08
CP-06	30.10	15.10	179.08	47.00	262.45
ENSAYO A COMPRESIÓN					
MUESTRA DE ESPECIMEN PATRÓN (SIN FIBRA)					
Tipo de concreto			PATRÓN		
Tipo de cemento			PACASMAYO TIPO I (ASTM C150)		
Fecha de elaboración			12/05/2017		
Fecha de rotura			09/06/2017		
Edad			28 DÍAS		
SERIE	H (cm)	DIAM. (cm)	ÁREA (cm²)	CARGA (tn)	ESF. (kg/cm²)
CP-01	30.10	15.15	180.27	53.00	294.01
CP-02	30.20	15.06	178.13	53.00	294.01
CP-03	30.30	15.13	179.79	54.00	300.35
CP-04	30.10	15.25	182.65	50.50	276.48
CP-05	30.20	15.09	178.84	52.00	290.76
CP-06	30.00	15.21	181.70	52.50	288.94

Tabla N° 57: Resultados de los ensayos a compresión de las probetas con adición de 2kg/m³ de fibra a los 7, 14 y 28 días de edad.

EN SAYO A COMPRESIÓN					
MUESTRA DE ESPECIMEN CON FIBRA					
Tipo de concreto		CONCRETO CON 2 Kg/m ³ DE FIBRA			
Tipo de cemento		PACASMAYO TIPO I (ASTM C150)			
Fecha de elaboración		16/05/2017			
Fecha de rotura		23/05/2017			
Edad		7 DÍAS			
SERIE	H (cm)	DIAM. (cm)	ÁREA (cm²)	CARGA (tn)	ESF. (kg/cm²)
CP-01	30.20	15.05	177.89	41.00	230.47
CP-02	30.10	15.12	179.55	43.50	242.27
CP-03	30.00	15.16	180.50	44.50	246.53
CP-04	30.30	15.10	179.08	45.00	251.29
CP-05	30.20	15.09	178.84	45.00	251.62
CP-06	30.00	15.13	179.79	40.50	225.26
EN SAYO A COMPRESIÓN					
MUESTRA DE ESPECIMEN PATRÓN (CON FIBRA)					
Tipo de concreto		CONCRETO CON 2 Kg/m ³ DE FIBRA			
Tipo de cemento		PACASMAYO TIPO I (ASTM C150)			
Fecha de elaboración		17/05/2017			
Fecha de rotura		31/05/2017			
Edad		14 DÍAS			
SERIE	H (cm)	DIAM. (cm)	ÁREA (cm²)	CARGA (tn)	ESF. (kg/cm²)
CP-01	30.10	15.04	177.66	47.50	267.37
CP-02	30.00	15.13	179.79	42.00	233.60
CP-03	30.00	15.18	180.98	47.00	259.70
CP-04	30.20	15.21	181.70	43.00	236.66
CP-05	30.10	15.26	182.89	49.50	270.65
CP-06	30.00	15.07	178.37	48.00	269.11
EN SAYO A COMPRESIÓN					
MUESTRA DE ESPECIMEN PATRÓN (CON FIBRA)					
Tipo de concreto		CONCRETO CON 2 Kg/m ³ DE FIBRA			
Tipo de cemento		PACASMAYO TIPO I (ASTM C150)			
Fecha de elaboración		19/05/2017			
Fecha de rotura		16/06/2017			
Edad		28 DÍAS			
SERIE	H (cm)	DIAM. (cm)	ÁREA (cm²)	CARGA (tn)	ESF. (kg/cm²)
CP-01	30.10	15.15	180.27	59.50	330.07
CP-02	30.20	15.06	178.13	56.00	314.38
CP-03	30.30	15.13	179.79	57.00	317.03
CP-04	30.10	15.25	182.65	56.50	309.33
CP-05	30.20	15.09	178.84	55.00	307.53
CP-06	30.00	15.21	181.70	58.00	319.21

Tabla N° 58: Resultados de los ensayos a compresión de las probetas con adición de 3kg/m³ de fibra a los 7, 14 y 28 días de edad.

EN SAYO A COMPRESIÓN					
MUESTRA DE ESPECIMEN CON FIBRA					
Tipo de concreto		CONCRETO CON 3 Kg/m ³ DE FIBRA			
Tipo de cemento		PACASMAYO TIPO I (ASTM C150)			
Fecha de elaboración		22/05/2017			
Fecha de rotura		29/05/2017			
Edad		7 DÍAS			
SERIE	H (cm)	DIAM. (cm)	ÁREA (cm²)	CARGA (tn)	ESF. (kg/cm²)
CP-01	30.10	15.07	178.37	44.00	246.68
CP-02	30.00	15.16	180.50	44.00	243.76
CP-03	30.00	15.04	177.66	46.50	261.74
CP-04	30.20	15.21	181.70	46.00	253.17
CP-05	30.10	15.24	182.41	47.50	260.40
CP-06	30.30	15.11	179.32	48.00	267.68
EN SAYO A COMPRESIÓN					
MUESTRA DE ESPECIMEN CON FIBRA					
Tipo de concreto		CONCRETO CON 3 Kg/m ³ DE FIBRA			
Tipo de cemento		PACASMAYO TIPO I (ASTM C150)			
Fecha de elaboración		23/05/2017			
Fecha de rotura		06/06/2017			
Edad		14 DÍAS			
SERIE	H (cm)	DIAM. (cm)	ÁREA (cm²)	CARGA (tn)	ESF. (kg/cm²)
CP-01	30.40	15.03	177.42	50.50	284.63
CP-02	30.10	15.09	178.84	48.00	268.39
CP-03	30.10	15.14	180.03	49.00	272.18
CP-04	30.30	15.05	177.89	49.00	275.44
CP-05	30.20	15.10	179.08	52.50	293.17
CP-06	30.20	15.13	179.79	51.00	283.66
EN SAYO A COMPRESIÓN					
MUESTRA DE ESPECIMEN CON FIBRA					
Tipo de concreto		CONCRETO CON 3 Kg/m ³ DE FIBRA			
Tipo de cemento		PACASMAYO TIPO I (ASTM C150)			
Fecha de elaboración		24/05/2017			
Fecha de rotura		21/06/2017			
Edad		28 DÍAS			
SERIE	H (cm)	DIAM. (cm)	ÁREA (cm²)	CARGA (tn)	ESF. (kg/cm²)
CP-01	30.00	15.11	179.32	59.00	329.03
CP-02	30.00	15.06	178.13	57.00	319.99
CP-03	30.30	15.09	178.84	59.50	332.70
CP-04	30.10	15.16	180.50	56.50	313.01
CP-05	30.10	15.22	181.94	61.00	335.28
CP-06	30.40	15.26	182.89	61.50	336.26

Tabla N° 59: Resultados de los ensayos a compresión de las probetas con adición de 4kg/m³ de fibra a los 7, 14 y 28 días de edad.

EN SAYO A COMPRESIÓN					
MUESTRA DE ESPECIMEN CON FIBRA					
Tipo de concreto		CONCRETO CON 4 Kg/m ³ DE FIBRA			
Tipo de cemento		PACASMAYO TIPO I (ASTM C150)			
Fecha de elaboración		26/05/2017			
Fecha de rotura		02/06/2017			
Edad		7 DÍAS			
SERIE	H (cm)	DIAM. (cm)	ÁREA (cm²)	CARGA (tn)	ESF. (kg/cm²)
CP-01	30.00	15.07	178.37	50.00	280.32
CP-02	30.00	15.18	180.98	47.00	259.70
CP-03	30.10	15.23	182.18	50.00	274.46
CP-04	30.00	15.09	178.84	47.00	262.80
CP-05	30.30	15.17	180.74	49.50	273.87
CP-06	30.00	15.29	183.61	51.00	277.76
EN SAYO A COMPRESIÓN					
MUESTRA DE ESPECIMEN CON FIBRA					
Tipo de concreto		CONCRETO CON 4 Kg/m ³ DE FIBRA			
Tipo de cemento		PACASMAYO TIPO I (ASTM C150)			
Fecha de elaboración		29/05/2017			
Fecha de rotura		12/06/2017			
Edad		14 DÍAS			
SERIE	H (cm)	DIAM. (cm)	ÁREA (cm²)	CARGA (tn)	ESF. (kg/cm²)
CP-01	30.20	15.03	177.42	55.00	310.00
CP-02	30.20	15.17	180.74	53.50	296.00
CP-03	30.20	15.24	182.41	51.00	279.58
CP-04	30.00	15.31	184.09	54.50	296.04
CP-05	30.00	15.15	180.27	52.00	288.46
CP-06	30.00	15.10	179.08	54.00	301.54
EN SAYO A COMPRESIÓN					
MUESTRA DE ESPECIMEN CON FIBRA					
Tipo de concreto		CONCRETO CON 4 Kg/m ³ DE FIBRA			
Tipo de cemento		PACASMAYO TIPO I (ASTM C150)			
Fecha de elaboración		31/05/2017			
Fecha de rotura		28/06/2017			
Edad		28 DÍAS			
SERIE	H (cm)	DIAM. (cm)	ÁREA (cm²)	CARGA (tn)	ESF. (kg/cm²)
CP-01	30.20	15.09	178.84	60.00	335.49
CP-02	30.30	15.21	181.70	63.50	349.48
CP-03	30.00	15.16	180.50	60.00	332.40
CP-04	30.00	15.05	177.89	58.00	326.04
CP-05	30.10	15.13	179.79	62.50	347.63
CP-06	30.10	15.04	177.66	63.00	354.61

Tabla N° 60: Resultados de los ensayos a flexión de las probetas sin adición de fibra a los 7, 14 y 28 días de edad.

ENSAYO A FLEXIÓN					
MUESTRA DE ESPECIMEN PATRÓN (SIN FIBRA)					
Tipo de concreto			PATRÓN		
Tipo de cemento			PACASMAYO TIPO I (ASTM C150)		
Fecha de elaboración			02/06/2017		
Fecha de rotura			09/06/2015		
Edad			7 DÍAS		
SERIE	ALT. (mm)	LADO (cm)	ÁREA (cm²)	CARGA (Kg)	ESF. (kg/cm²)
CP-01	50.00	15.04	226.20	2220.00	44.05
CP-02	50.00	15.09	227.71	2290.00	44.99
CP-03	50.00	15.07	227.10	2340.00	46.15
CP-04	50.00	15.03	225.90	2360.00	46.92
CP-05	50.00	15.06	226.80	2300.00	45.45
CP-06	50.00	15.10	228.01	2200.00	43.13
ENSAYO A FLEXIÓN					
MUESTRA DE ESPECIMEN PATRÓN (SIN FIBRA)					
Tipo de concreto			PATRÓN		
Tipo de cemento			PACASMAYO TIPO I (ASTM C150)		
Fecha de elaboración			05/06/2017		
Fecha de rotura			19/06/2017		
Edad			14 DÍAS		
SERIE	ALT. (mm)	LADO (cm)	ÁREA (cm²)	CARGA (Kg)	ESF. (kg/cm²)
CP-01	50.00	15.06	226.80	2450.00	48.42
CP-02	50.00	15.11	228.31	2520.00	49.31
CP-03	50.00	15.03	225.90	2550.00	50.70
CP-04	50.00	15.09	227.71	2490.00	48.91
CP-05	50.00	15.05	226.50	2500.00	49.50
CP-06	50.00	15.08	227.41	2500.00	49.21
ENSAYO A FLEXIÓN					
MUESTRA DE ESPECIMEN PATRÓN (SIN FIBRA)					
Tipo de concreto			PATRÓN		
Tipo de cemento			PACASMAYO TIPO I (ASTM C150)		
Fecha de elaboración			06/06/2017		
Fecha de rotura			04/07/2017		
Edad			28 DÍAS		
SERIE	ALT. (mm)	LADO (cm)	ÁREA (cm²)	CARGA (Kg)	ESF. (kg/cm²)
CP-01	50.00	15.05	226.50	2800.00	55.44
CP-02	50.00	15.13	228.92	2880.00	56.13
CP-03	50.00	15.07	227.10	2900.00	57.20
CP-04	50.00	15.10	228.01	2860.00	56.07
CP-05	50.00	15.01	225.30	2900.00	57.88
CP-06	50.00	15.07	227.10	2880.00	56.80

Tabla N° 61: Resultados de los ensayos a flexión de las probetas con adición de 2kg/m³ de fibra a los 7, 14 y 28 días de edad.

ENSAYO A FLEXIÓN					
MUESTRA DE ESPECIMEN CON FIBRA					
Tipo de concreto		CONCRETO CON 2 Kg/m ³ DE FIBRA			
Tipo de cemento		PACASMAYO TIPO I (ASTM C150)			
Fecha de elaboración		07/06/2017			
Fecha de rotura		14/06/2017			
Edad		7 DÍAS			
SERIE	ALT. (mm)	LADO (cm)	ÁREA (cm²)	CARGA (Kg)	ESF. (kg/cm²)
CP-01	50.00	15.01	225.30	2400.00	47.90
CP-02	50.00	15.06	226.80	2420.00	47.82
CP-03	50.00	15.09	227.71	2500.00	49.11
CP-04	50.00	15.11	228.31	2390.00	46.76
CP-05	50.00	15.04	226.20	2440.00	48.41
CP-06	50.00	15.13	228.92	2490.00	48.53
ENSAYO A FLEXIÓN					
MUESTRA DE ESPECIMEN CON FIBRA					
Tipo de concreto		CONCRETO CON 2 Kg/m ³ DE FIBRA			
Tipo de cemento		PACASMAYO TIPO I (ASTM C150)			
Fecha de elaboración		08/06/2017			
Fecha de rotura		22/06/2017			
Edad		14 DÍAS			
SERIE	ALT. (mm)	LADO (cm)	ÁREA (cm²)	CARGA (Kg)	ESF. (kg/cm²)
CP-01	50.00	15.02	225.60	2700.00	53.78
CP-02	50.00	15.08	227.41	2680.00	52.75
CP-03	50.00	15.05	226.50	2700.00	53.46
CP-04	50.00	15.12	228.61	2720.00	53.12
CP-05	50.00	15.07	227.10	2650.00	52.26
CP-06	50.00	15.14	229.22	2750.00	53.49
ENSAYO A FLEXIÓN					
MUESTRA DE ESPECIMEN CON FIBRA					
Tipo de concreto		CONCRETO CON 2 Kg/m ³ DE FIBRA			
Tipo de cemento		PACASMAYO TIPO I (ASTM C150)			
Fecha de elaboración		09/05/2017			
Fecha de rotura		07/06/2017			
Edad		28 DÍAS			
SERIE	ALT. (mm)	LADO (cm)	ÁREA (cm²)	CARGA (Kg)	ESF. (kg/cm²)
CP-01	50.00	15.03	225.90	3120.00	62.03
CP-02	50.00	15.12	228.61	3160.00	61.71
CP-03	50.00	15.08	227.41	3100.00	61.02
CP-04	50.00	15.07	227.10	3000.00	59.17
CP-05	50.00	15.05	226.50	3040.00	60.20
CP-06	50.00	15.09	227.71	3000.00	58.93

Tabla N° 62: Resultados de los ensayos a flexión de las probetas con adición de 3kg/m³ de fibra a los 7, 14 y 28 días de edad.

ENSAYO A FLEXIÓN					
MUESTRA DE ESPECIMEN CON FIBRA					
Tipo de concreto			CONCRETO CON 3 Kg/m ³ DE FIBRA		
Tipo de cemento			PACASMAYO TIPO I (ASTM C150)		
Fecha de elaboración			12/06/2017		
Fecha de rotura			19/06/2017		
Edad			7 DÍAS		
SERIE	ALT. (mm)	LADO (cm)	ÁREA (cm²)	CARGA (Kg)	ESF. (kg/cm²)
CP-01	50.00	15.13	228.92	2310.00	45.02
CP-02	50.00	15.08	227.41	2280.00	44.88
CP-03	50.00	15.17	230.13	2320.00	44.86
CP-04	50.00	15.06	226.80	2300.00	45.45
CP-05	50.00	15.19	230.74	2270.00	43.72
CP-06	50.00	15.15	229.52	2280.00	44.26
ENSAYO A FLEXIÓN					
MUESTRA DE ESPECIMEN CON FIBRA					
Tipo de concreto			CONCRETO CON 3 Kg/m ³ DE FIBRA		
Tipo de cemento			PACASMAYO TIPO I (ASTM C150)		
Fecha de elaboración			13/06/2017		
Fecha de rotura			27/06/2017		
Edad			14 DÍAS		
SERIE	ALT. (mm)	LADO (cm)	ÁREA (cm²)	CARGA (Kg)	ESF. (kg/cm²)
CP-01	50.00	15.04	226.20	2400.00	47.62
CP-02	50.00	15.13	228.92	2460.00	47.94
CP-03	50.00	15.16	229.83	2500.00	48.43
CP-04	50.00	15.08	227.41	2500.00	49.21
CP-05	50.00	15.11	228.31	2480.00	48.52
CP-06	50.00	15.17	230.13	2420.00	46.79
ENSAYO A FLEXIÓN					
MUESTRA DE ESPECIMEN CON FIBRA					
Tipo de concreto			CONCRETO CON 3 Kg/m ³ DE FIBRA		
Tipo de cemento			PACASMAYO TIPO I (ASTM C150)		
Fecha de elaboración			14/06/2017		
Fecha de rotura			14/07/2017		
Edad			28 DÍAS		
SERIE	ALT. (mm)	LADO (cm)	ÁREA (cm²)	CARGA (Kg)	ESF. (kg/cm²)
CP-01	50.00	15.14	229.22	2820.00	54.85
CP-02	50.00	15.01	225.30	2700.00	53.89
CP-03	50.00	15.00	225.00	2660.00	53.20
CP-04	50.00	15.08	227.41	2680.00	52.75
CP-05	50.00	15.03	225.90	2750.00	54.67
CP-06	50.00	15.12	228.61	2590.00	50.58

Tabla N° 63: Resultados de los ensayos a flexión de las probetas con adición de 4 kg/m³ de fibra a los 7, 14 y 28 días de edad.

ENSAYO A FLEXIÓN					
MUESTRA DE ESPECIMEN CON FIBRA					
Tipo de concreto		CONCRETO CON 4 Kg/m ³ DE FIBRA			
Tipo de cemento		PACASMAYO TIPO I (ASTM C150)			
Fecha de elaboración		15/06/2017			
Fecha de rotura		22/06/2017			
Edad		7 DÍAS			
SERIE	ALT. (mm)	LADO (cm)	ÁREA (cm²)	CARGA (Kg)	ESF. (kg/cm²)
CP-01	50.00	15.10	228.01	2200.00	43.13
CP-02	50.00	15.07	227.10	2190.00	43.19
CP-03	50.00	15.03	225.90	2100.00	41.75
CP-04	50.00	15.12	228.61	2150.00	41.98
CP-05	50.00	15.19	230.74	2220.00	42.75
CP-06	50.00	15.06	226.80	2200.00	43.48
ENSAYO A FLEXIÓN					
MUESTRA DE ESPECIMEN CON FIBRA					
Tipo de concreto		CONCRETO CON 4 Kg/m ³ DE FIBRA			
Tipo de cemento		PACASMAYO TIPO I (ASTM C150)			
Fecha de elaboración		16/06/2017			
Fecha de rotura		30/06/2017			
Edad		14 DÍAS			
SERIE	ALT. (mm)	LADO (cm)	ÁREA (cm²)	CARGA (Kg)	ESF. (kg/cm²)
CP-01	50.00	15.14	229.22	2300.00	44.74
CP-02	50.00	15.17	230.13	2280.00	44.08
CP-03	50.00	15.09	227.71	2330.00	45.77
CP-04	50.00	15.13	228.92	2300.00	44.82
CP-05	50.00	15.18	230.43	2290.00	44.19
CP-06	50.00	15.20	231.04	2340.00	44.98
ENSAYO A FLEXIÓN					
MUESTRA DE ESPECIMEN CON FIBRA					
Tipo de concreto		CONCRETO CON 4 Kg/m ³ DE FIBRA			
Tipo de cemento		PACASMAYO TIPO I (ASTM C150)			
Fecha de elaboración		19/06/2017			
Fecha de rotura		17/07/2017			
Edad		28 DÍAS			
SERIE	ALT. (mm)	LADO (cm)	ÁREA (cm²)	CARGA (Kg)	ESF. (kg/cm²)
CP-01	50.00	15.21	231.34	2400.00	46.04
CP-02	50.00	15.09	227.71	2480.00	48.72
CP-03	50.00	15.17	230.13	2500.00	48.34
CP-04	50.00	15.06	226.80	2400.00	47.43
CP-05	50.00	15.11	228.31	2480.00	48.52
CP-06	50.00	15.03	225.90	2500.00	49.70

Tabla N° 64: Resultados de los ensayos a tracción indirecta de las probetas sin adición de fibra a los 7, 14 y 28 días de edad.

EN SAYO A TRACCIÓN INDIRECTA					
MUESTRA DE ESPECIMEN PATRÓN (SIN FIBRA)					
Tipo de concreto		PATRÓN			
Tipo de cemento		PACASMAYO TIPO I (ASTM C150)			
Fecha de elaboración		26/06/2017			
Fecha de rotura		03/07/2017			
Edad		7 DÍAS			
SERIE	H (cm)	DIAM. (cm)	ÁREA (cm²)	CARGA (tn)	ESF. (kg/cm²)
CP-01	30.10	15.21	181.70	14.00	19.47
CP-02	30.20	15.13	179.79	22.50	31.35
CP-03	30.20	15.19	181.22	16.00	22.20
EN SAYO A TRACCIÓN					
MUESTRA DE ESPECIMEN PATRÓN (SIN FIBRA)					
Tipo de concreto		PATRÓN			
Tipo de cemento		PACASMAYO TIPO I (ASTM C150)			
Fecha de elaboración		27/06/2017			
Fecha de rotura		11/07/2017			
Edad		14 DÍAS			
SERIE	H (cm)	DIAM. (cm)	ÁREA (cm²)	CARGA (tn)	ESF. (kg/cm²)
CP-01	30.10	15.04	177.66	18.00	25.31
CP-02	30.30	15.19	181.22	16.50	22.82
CP-03	30.20	15.23	182.18	19.00	26.30
EN SAYO A TRACCIÓN					
MUESTRA DE ESPECIMEN PATRÓN (SIN FIBRA)					
Tipo de concreto		PATRÓN			
Tipo de cemento		PACASMAYO TIPO I (ASTM C150)			
Fecha de elaboración		28/06/2017			
Fecha de rotura		26/07/2017			
Edad		28 DÍAS			
SERIE	H (cm)	DIAM. (cm)	ÁREA (cm²)	CARGA (tn)	ESF. (kg/cm²)
CP-01	30.00	15.17	180.74	22.00	30.77
CP-02	30.00	15.22	181.94	23.50	32.77
CP-03	30.00	15.31	184.09	20.00	27.72

Tabla N° 65: Resultados de los ensayos a tracción indirecta de las probetas con adición de 2kg/m³ de fibra a los 7, 14 y 28 días de edad.

EN SAYO A TRACCIÓN INDIRECTA					
MUESTRA DE ESPECIMEN CON FIBRA					
Tipo de concreto		CONCRETO CON 2 Kg/m ³ DE FIBRA			
Tipo de cemento		PACASMAYO TIPO I (ASTM C150)			
Fecha de elaboración		29/06/2017			
Fecha de rotura		06/07/2017			
Edad		7 DÍAS			
SERIE	H (cm)	DIAM. (cm)	ÁREA (cm²)	CARGA (tn)	ESF. (kg/cm²)
CP-01	30.30	15.07	178.37	19.00	26.49
CP-02	30.00	15.14	180.03	18.00	25.23
CP-03	30.10	15.19	181.22	19.50	27.15
EN SAYO A TRACCIÓN INDIRECTA					
MUESTRA DE ESPECIMEN CON FIBRA					
Tipo de concreto		CONCRETO CON 2 Kg/m ³ DE FIBRA			
Tipo de cemento		PACASMAYO TIPO I (ASTM C150)			
Fecha de elaboración		30/06/2017			
Fecha de rotura		14/07/2017			
Edad		14 DÍAS			
SERIE	H (cm)	DIAM. (cm)	ÁREA (cm²)	CARGA (tn)	ESF. (kg/cm²)
CP-01	30.00	15.03	177.42	19.50	27.53
CP-02	30.30	15.16	180.50	21.00	29.10
CP-03	30.30	15.12	179.55	19.00	26.40
EN SAYO A TRACCIÓN INDIRECTA					
MUESTRA DE ESPECIMEN CON FIBRA					
Tipo de concreto		CONCRETO CON 2 Kg/m ³ DE FIBRA			
Tipo de cemento		PACASMAYO TIPO I (ASTM C150)			
Fecha de elaboración		03/07/2017			
Fecha de rotura		31/07/2017			
Edad		28 DÍAS			
SERIE	H (cm)	DIAM. (cm)	ÁREA (cm²)	CARGA (tn)	ESF. (kg/cm²)
CP-01	30.20	15.23	182.18	23.00	31.83
CP-02	30.30	15.12	179.55	25.00	34.74
CP-03	30.00	15.07	178.37	25.50	35.91

Tabla N° 66: Resultados de los ensayos a tracción indirecta de las probetas con adición de 3kg/m³ de fibra a los 7, 14 y 28 días de edad.

EN SAYO A TRACCIÓN INDIRECTA					
MUESTRA DE ESPECIMEN CON FIBRA					
Tipo de concreto		CONCRETO CON 3 Kg/m ³ DE FIBRA			
Tipo de cemento		PACASMAYO TIPO I (ASTM C150)			
Fecha de elaboración		04/07/2017			
Fecha de rotura		11/07/2017			
Edad		7 DÍAS			
SERIE	H (cm)	DIAM. (cm)	ÁREA (cm²)	CARGA (tn)	ESF. (kg/cm²)
CP-01	30.00	15.23	182.18	21.00	29.26
CP-02	30.10	15.16	180.50	20.50	28.60
CP-03	30.10	15.19	181.22	21.00	29.24
EN SAYO A TRACCIÓN INDIRECTA					
MUESTRA DE ESPECIMEN CON FIBRA					
Tipo de concreto		CONCRETO CON 3 Kg/m ³ DE FIBRA			
Tipo de cemento		PACASMAYO TIPO I (ASTM C150)			
Fecha de elaboración		05/07/2017			
Fecha de rotura		19/07/2017			
Edad		14 DÍAS			
SERIE	H (cm)	DIAM. (cm)	ÁREA (cm²)	CARGA (tn)	ESF. (kg/cm²)
CP-01	30.30	15.03	177.42	22.00	30.75
CP-02	30.00	15.09	178.84	22.50	31.64
CP-03	30.30	15.14	180.03	20.00	27.76
EN SAYO A TRACCIÓN INDIRECTA					
MUESTRA DE ESPECIMEN CON FIBRA					
Tipo de concreto		CONCRETO CON 3 Kg/m ³ DE FIBRA			
Tipo de cemento		PACASMAYO TIPO I (ASTM C150)			
Fecha de elaboración		06/07/2017			
Fecha de rotura		03/08/2017			
Edad		28 DÍAS			
SERIE	H (cm)	DIAM. (cm)	ÁREA (cm²)	CARGA (tn)	ESF. (kg/cm²)
CP-01	30.20	15.23	182.18	26.50	36.68
CP-02	30.20	15.17	180.74	26.00	36.13
CP-03	30.10	15.19	181.22	23.00	32.02

Tabla N° 67: Resultados de los ensayos a tracción indirecta de las probetas con adición de 4kg/m³ de fibra a los 7, 14 y 28 días de edad.

EN SAYO A TRACCIÓN INDIRECTA					
MUESTRA DE ESPECIMEN CON FIBRA					
Tipo de concreto		CONCRETO CON 4 Kg/m ³ DE FIBRA			
Tipo de cemento		PACASMAYO TIPO I (ASTM C150)			
Fecha de elaboración		07/07/2017			
Fecha de rotura		14/07/2017			
Edad		7 DÍAS			
SERIE	H (cm)	DIAM. (cm)	ÁREA (cm²)	CARGA (tn)	ESF. (kg/cm²)
CP-01	30.30	15.01	176.95	21.00	29.40
CP-02	30.30	15.13	179.79	23.00	31.94
CP-03	30.30	15.26	182.89	22.00	30.29
EN SAYO A TRACCIÓN INDIRECTA					
MUESTRA DE ESPECIMEN CON FIBRA					
Tipo de concreto		CONCRETO CON 4 Kg/m ³ DE FIBRA			
Tipo de cemento		PACASMAYO TIPO I (ASTM C150)			
Fecha de elaboración		10/07/2017			
Fecha de rotura		24/07/2017			
Edad		14 DÍAS			
SERIE	H (cm)	DIAM. (cm)	ÁREA (cm²)	CARGA (tn)	ESF. (kg/cm²)
CP-01	30.20	15.02	177.19	23.00	32.28
CP-02	30.00	15.13	179.79	22.00	30.86
CP-03	30.30	15.18	180.98	24.00	33.22
EN SAYO A TRACCIÓN INDIRECTA					
MUESTRA DE ESPECIMEN CON FIBRA					
Tipo de concreto		CONCRETO CON 4 Kg/m ³ DE FIBRA			
Tipo de cemento		PACASMAYO TIPO I (ASTM C150)			
Fecha de elaboración		11/07/2017			
Fecha de rotura		08/08/2017			
Edad		28 DÍAS			
SERIE	H (cm)	DIAM. (cm)	ÁREA (cm²)	CARGA (tn)	ESF. (kg/cm²)
CP-01	30.00	15.07	178.37	29.00	40.84
CP-02	30.10	15.22	181.94	27.00	37.52
CP-03	30.10	15.31	184.09	27.00	37.30

Tabla N° 68: Resumen de la variación de la resistencia mecánica por la adición de fibra sintética a los 28 días.

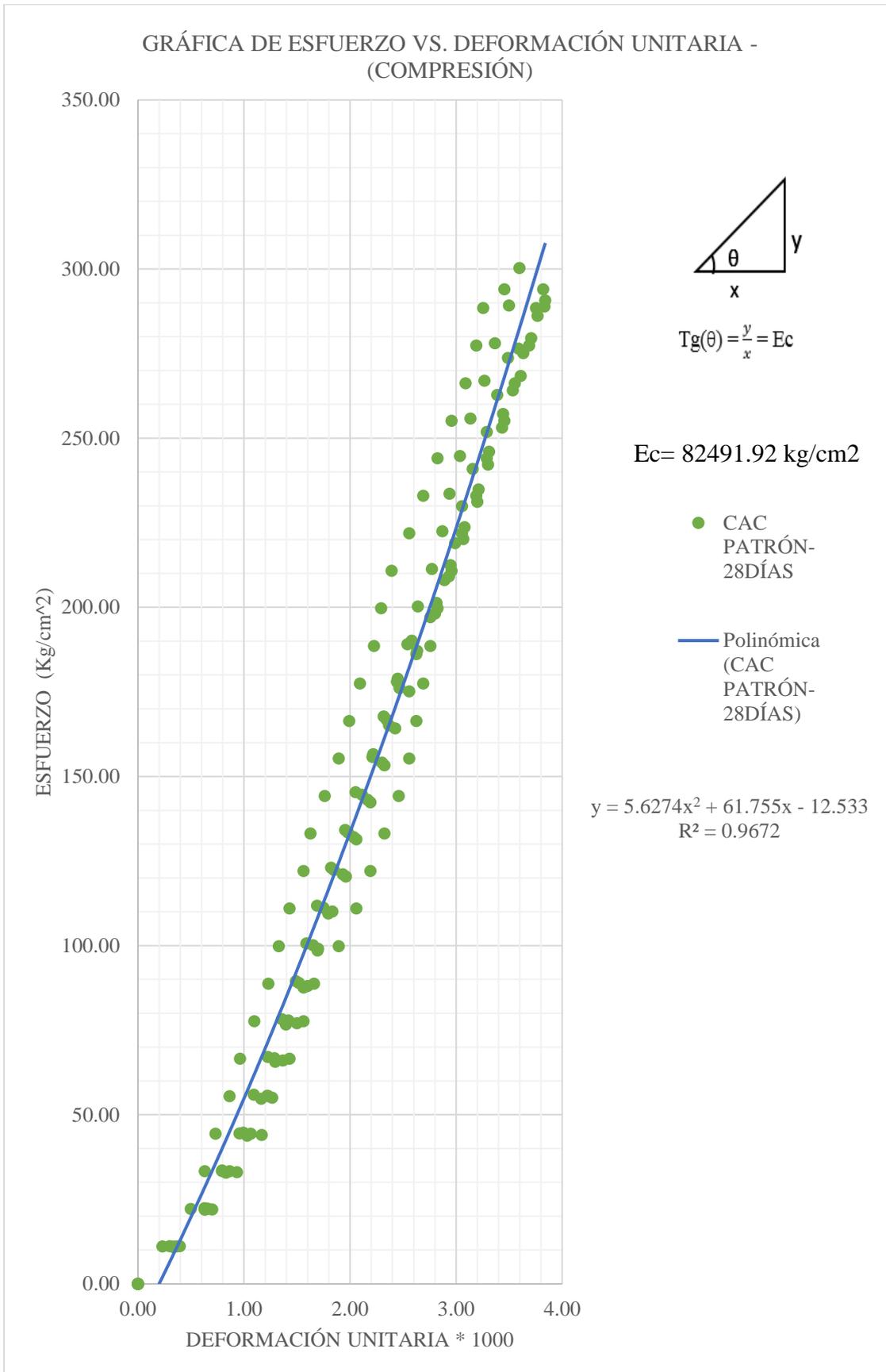
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm²)				
DOSIFICACIÓN				
EDAD (días)	<i>Patrón (sin fibra)</i>	<i>(2 Kg Fibra)</i>	<i>(3 Kg Fibra)</i>	<i>(4 Kg Fibra)</i>
28	290.76	316.26	327.71	340.94
Incremento (%)	0.00	8.77	12.71	17.26
RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA (kg/cm²)				
DOSIFICACIÓN				
EDAD (días)	<i>Patrón (sin fibra)</i>	<i>(2 Kg Fibra)</i>	<i>(3 Kg Fibra)</i>	<i>(4 Kg Fibra)</i>
28	30.42	34.16	34.94	38.55
Incremento (%)	0.00	12.29	14.87	26.73
RESISTENCIA A LA FLEXION (kg/cm²)				
DOSIFICACIÓN				
EDAD (días)	<i>Patrón (sin fibra)</i>	<i>(2 Kg Fibra)</i>	<i>(3 Kg Fibra)</i>	<i>(4 Kg Fibra)</i>
28	56.59	60.51	53.32	48.12
Incremento (%)	0.00	7.00	-6.00	-15.00

7.12. GRÁFICOS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN DE LAS PROBETAS DE CONCRETO ENSAYADOS

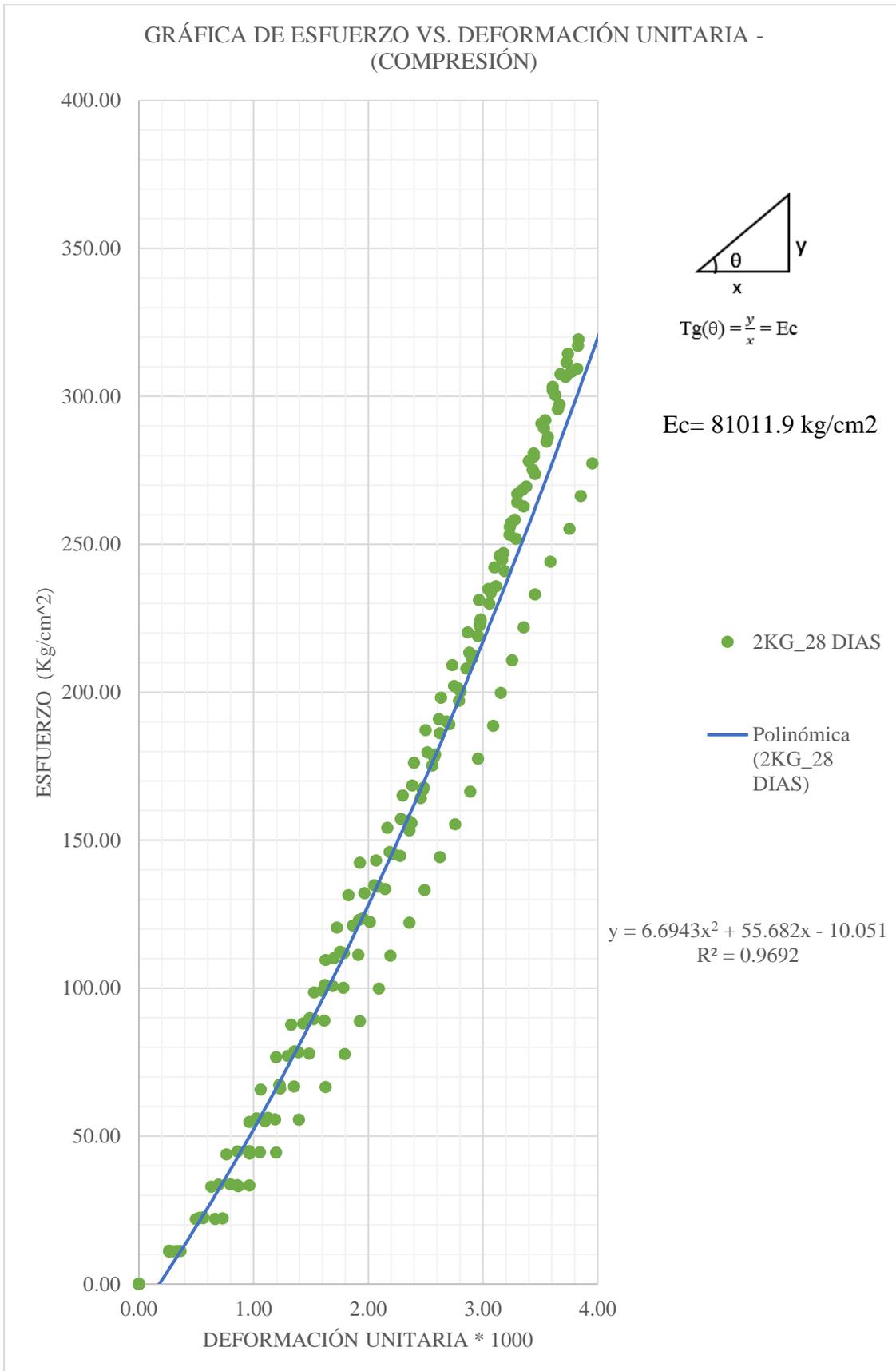
Las gráficas que a continuación se presentan se elaboraron con el promedio de Los esfuerzos y deformaciones de todos los especímenes ensayados.

Al ensayar los especímenes, no se tomaron los datos de descarga, ya que esos datos no se pueden tomar de manera exacta, por lo cual la parte final de la gráfica no tiene la inclinación convencional.

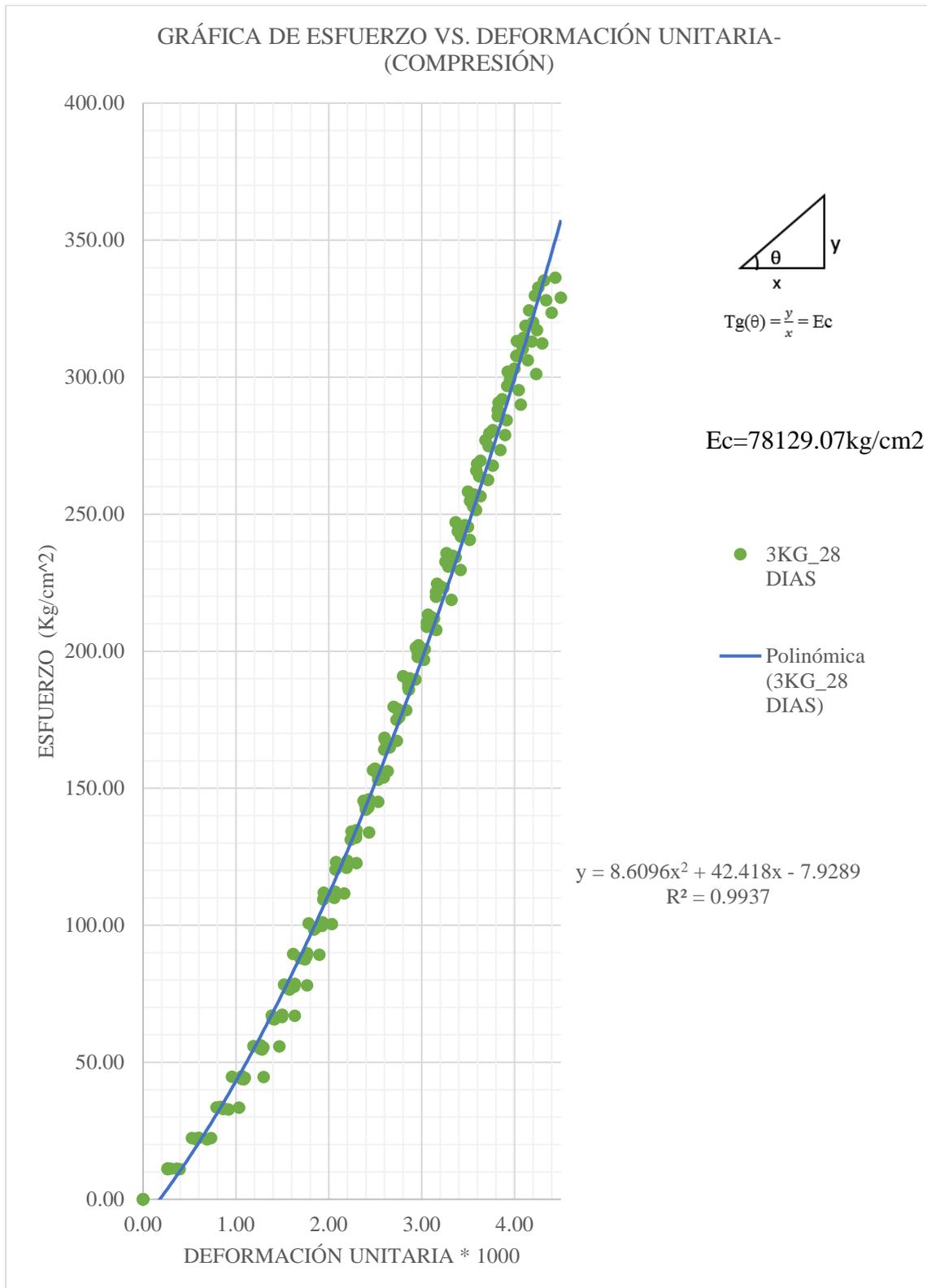
Gráfica de esfuerzo vs deformación del CAC patrón a los 28 días



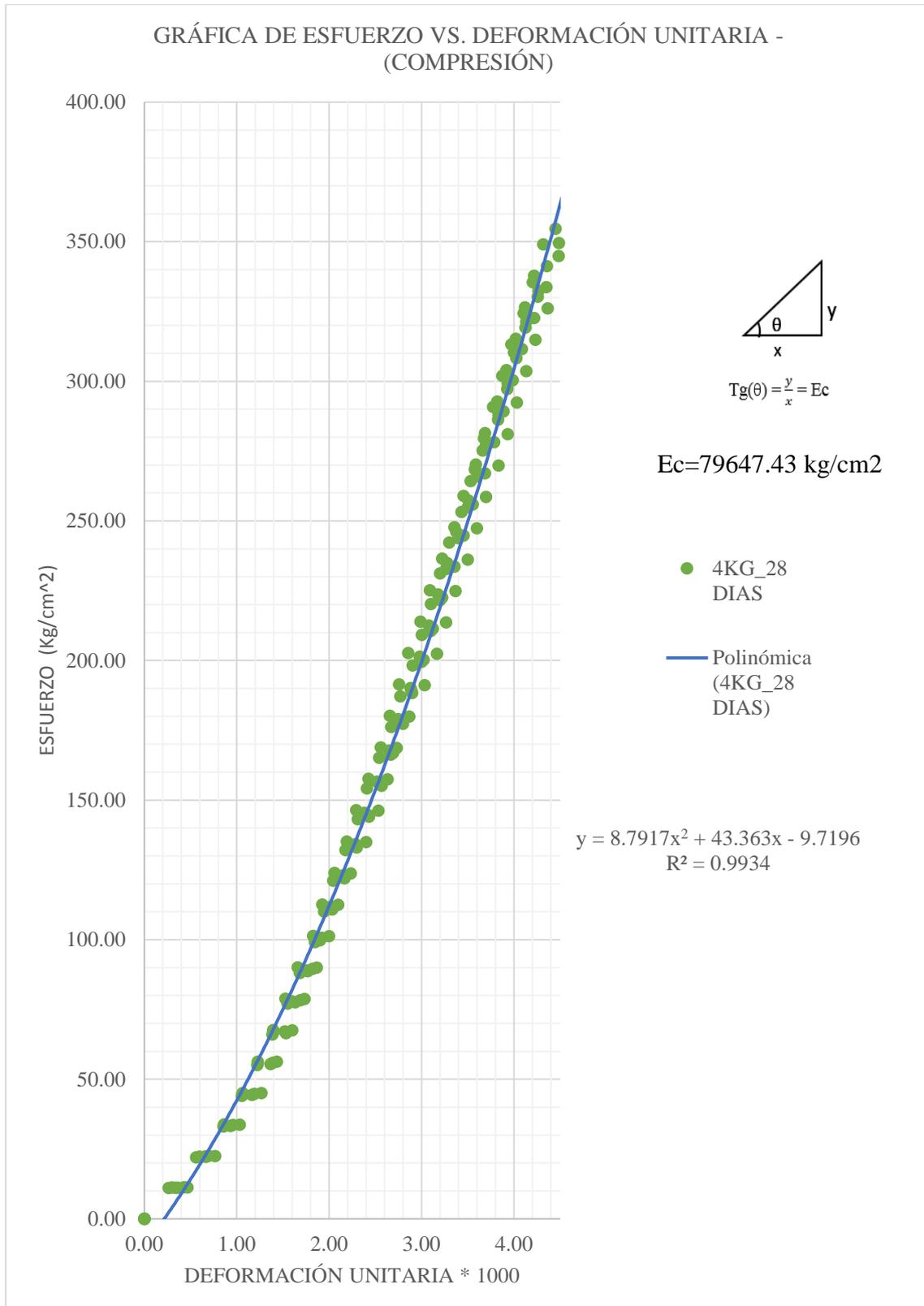
Gráfica de esfuerzo vs deformación del CAC+2kg/m3 a los 28 días



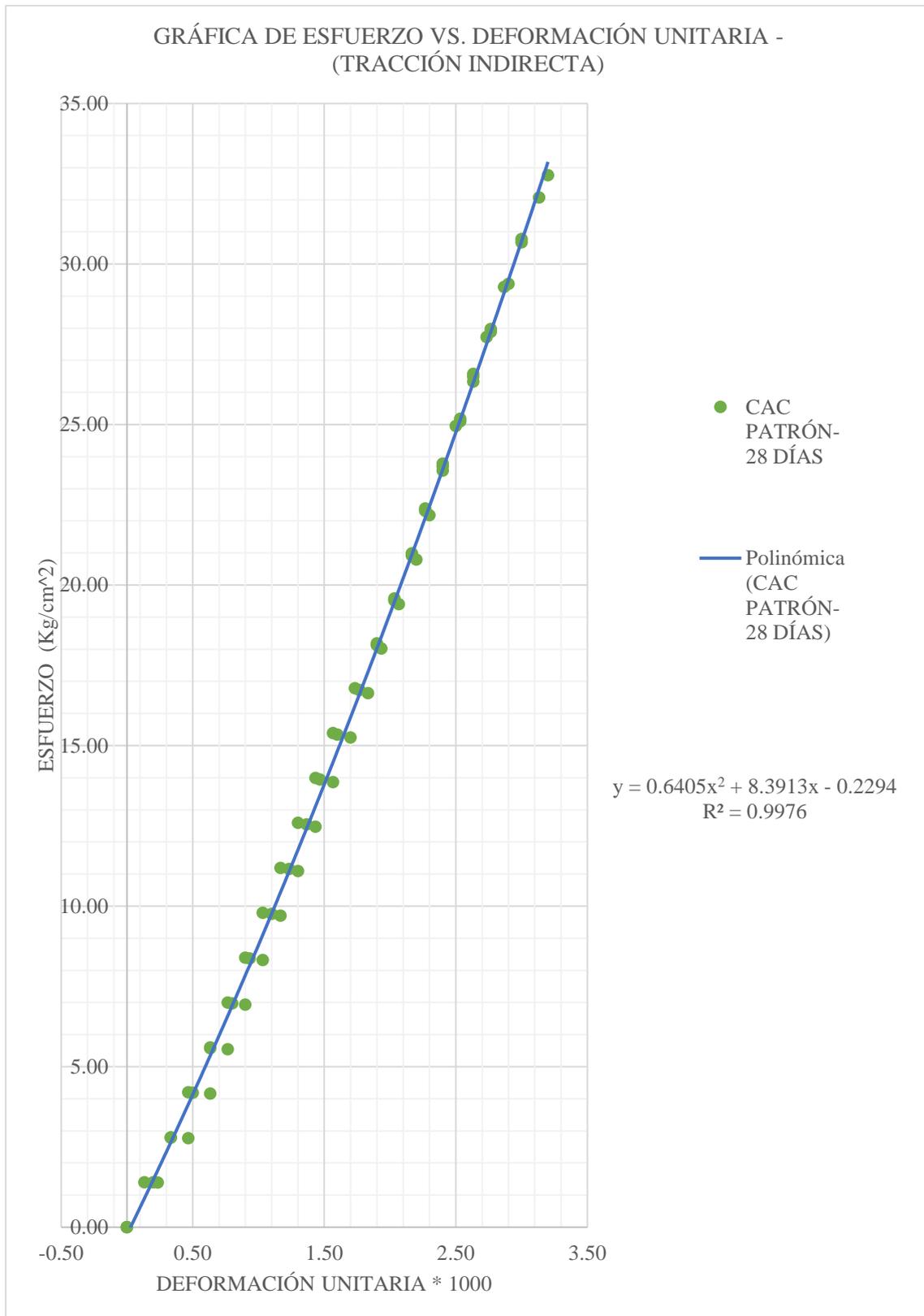
Gráfica de esfuerzo vs deformación del CAC+3kg/m3 de fibra a los 28 días



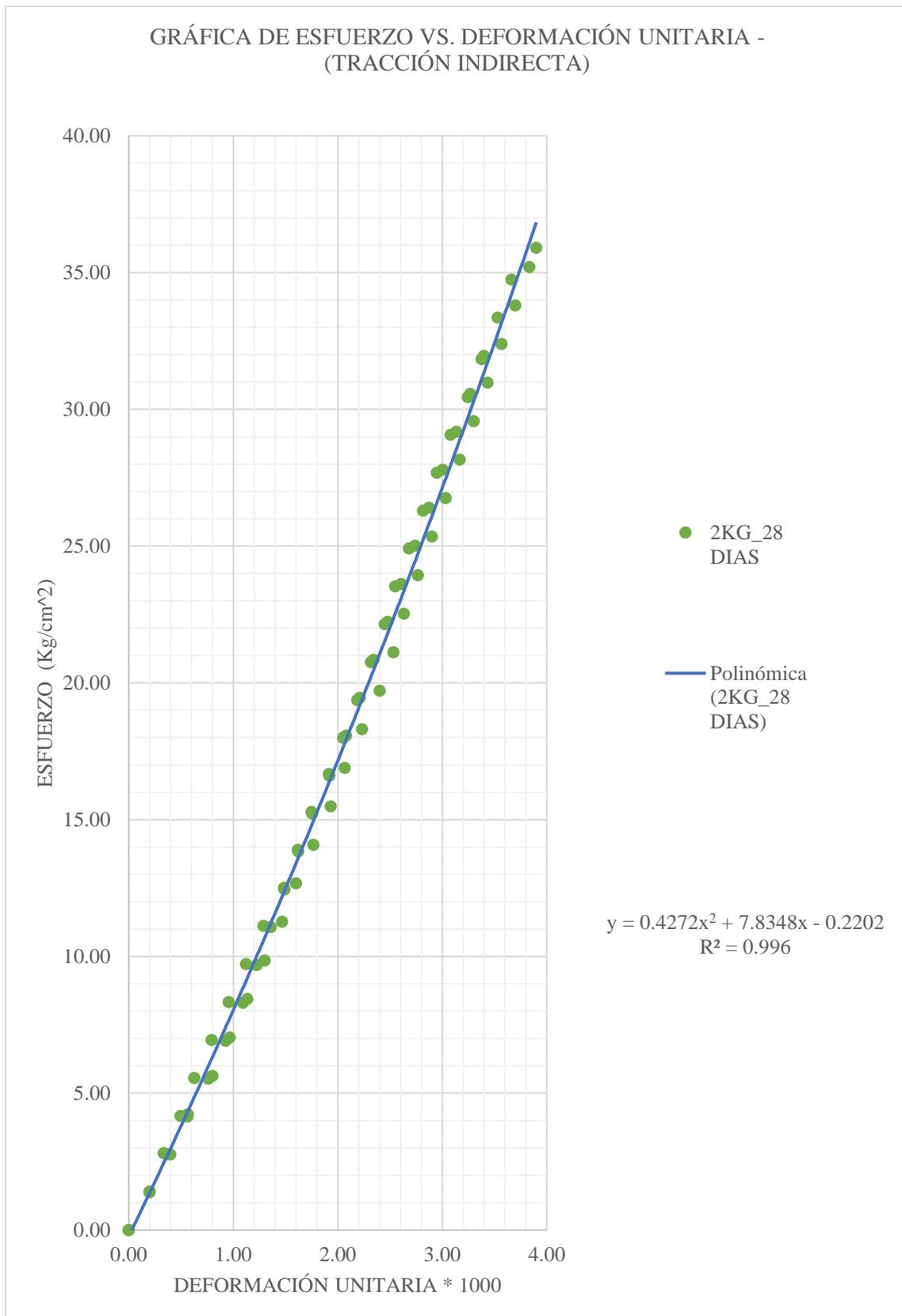
Gráfica de esfuerzo vs deformación del CAC+4 kg/m³ de fibra a los 28 días



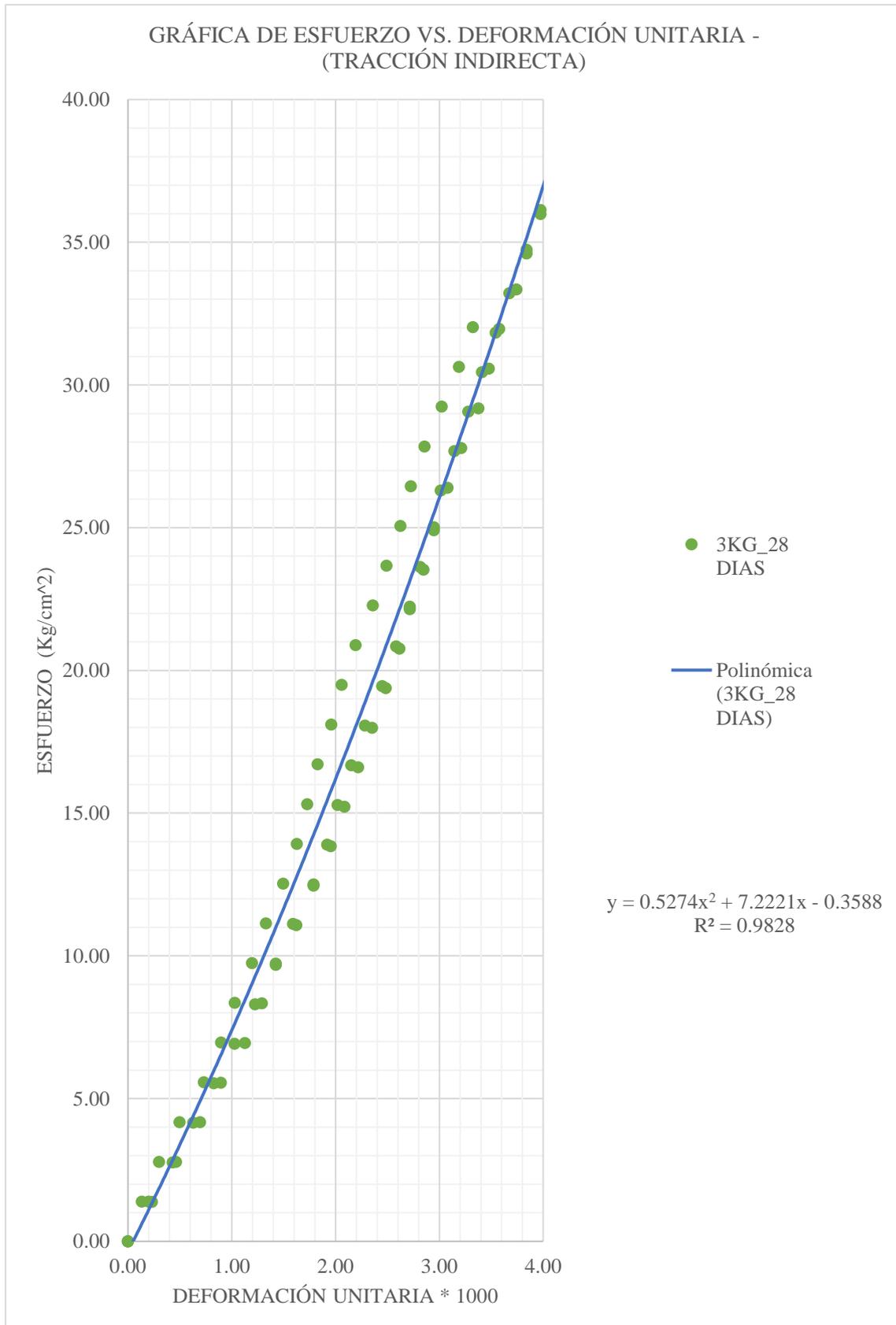
Gráfica de esfuerzo vs deformación del CAC patrón ensayado a tracción indirecta a los 28 días.



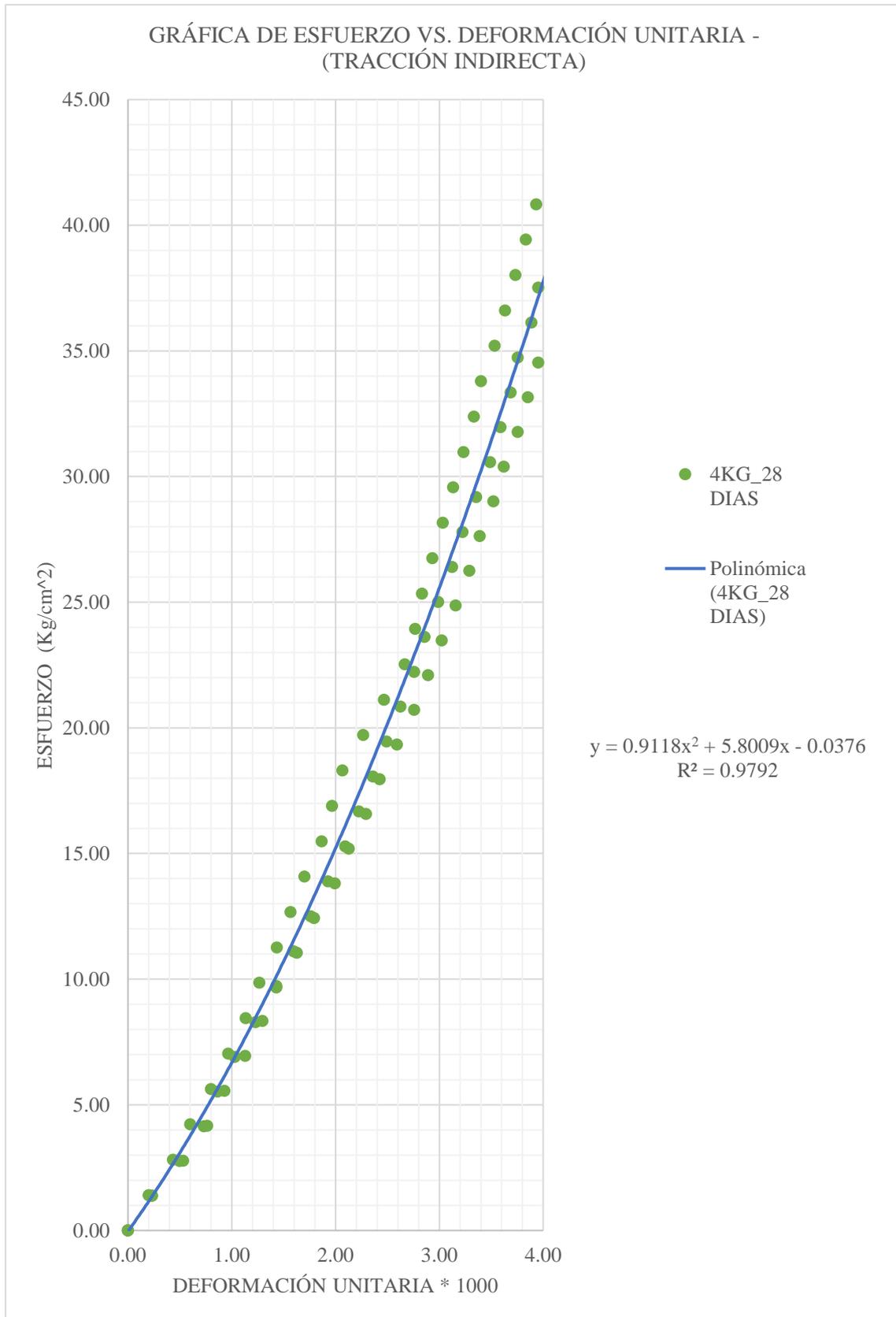
Gráfica de esfuerzo vs deformación del CAC+ 2 kg/m³ ensayado a tracción indirecta a los 28 días.



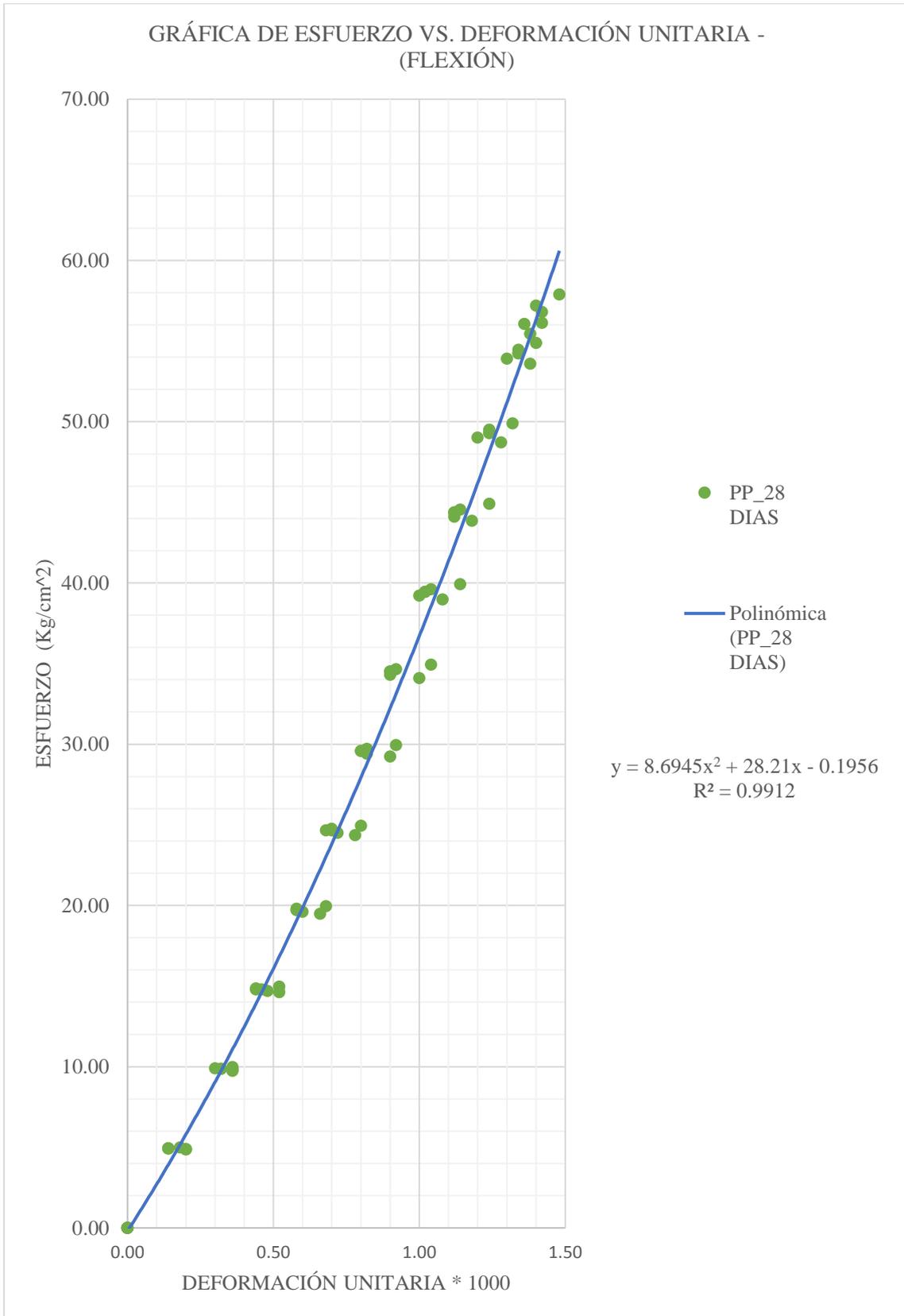
Gráfica de esfuerzo vs deformación del CAC+ 3 kg/m³ ensayado a tracción indirecta a los 28 días.



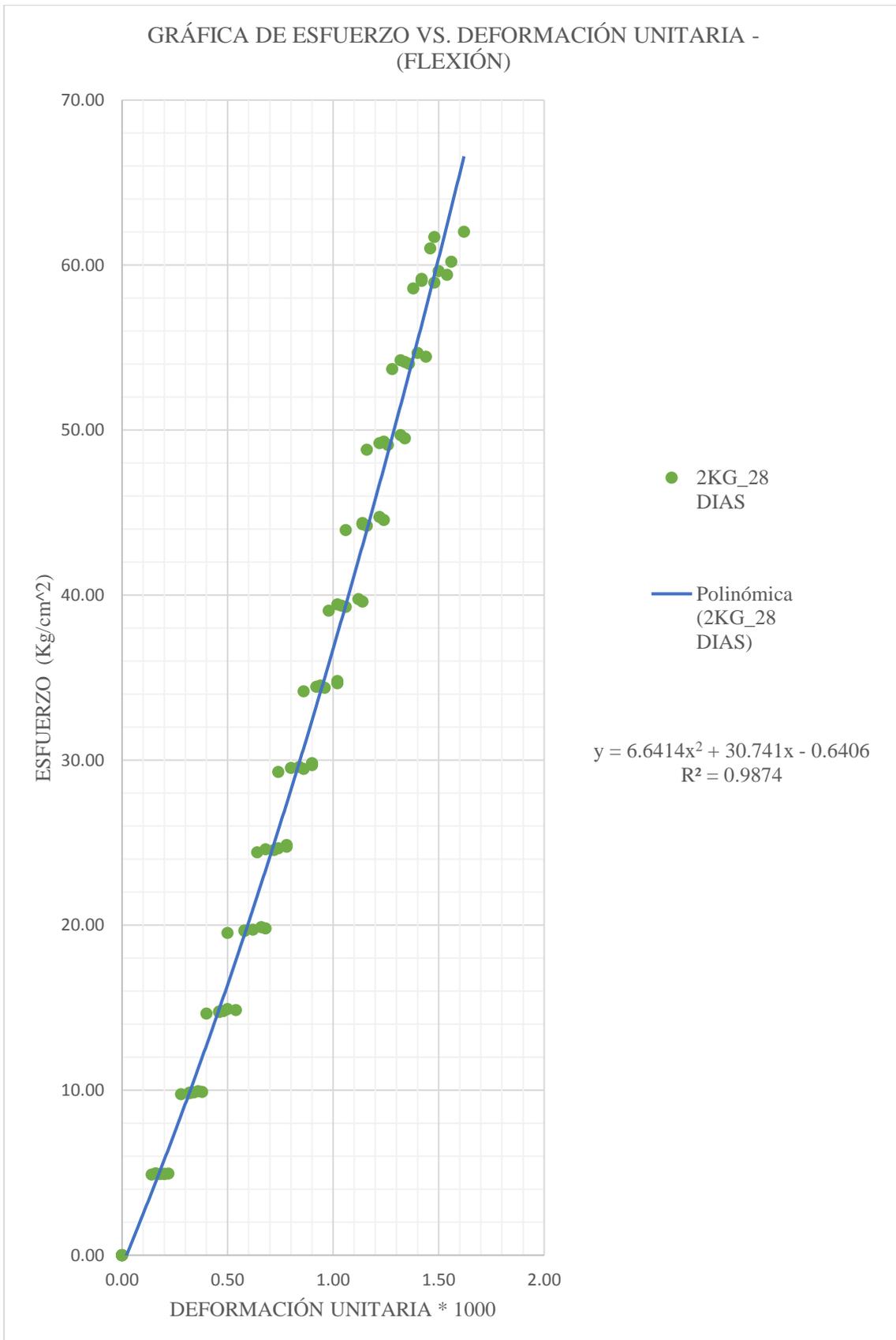
Gráfica de esfuerzo vs deformación del CAC+ 4 kg/m³ ensayado a tracción indirecta a los 28 días.



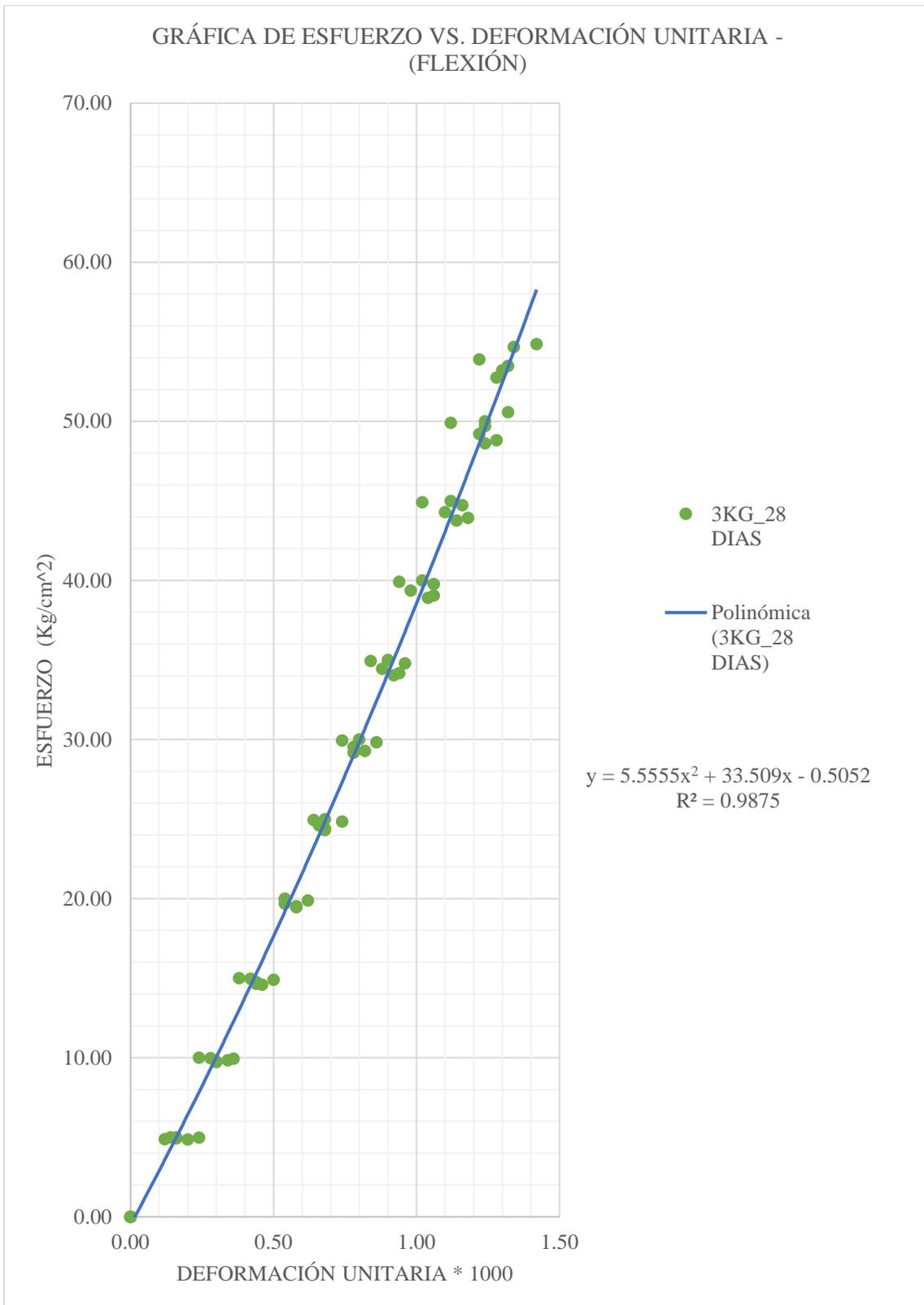
Gráfica de esfuerzo vs deformación del CAC patrón ensayado a flexión a los 28 días.



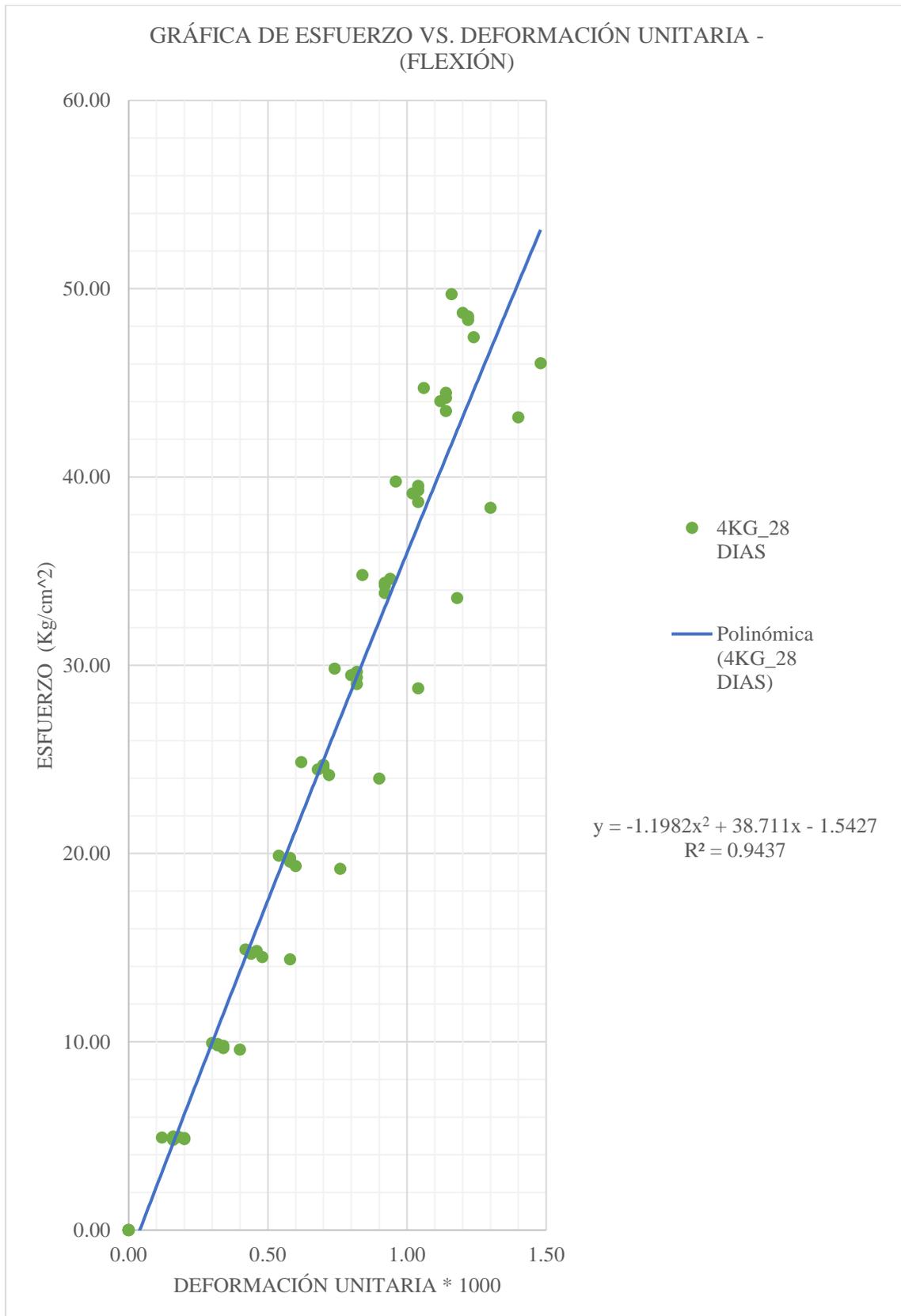
Gráfica de esfuerzo vs deformación del CAC+ 2 kg/m³ ensayado a flexión a los 28 días.



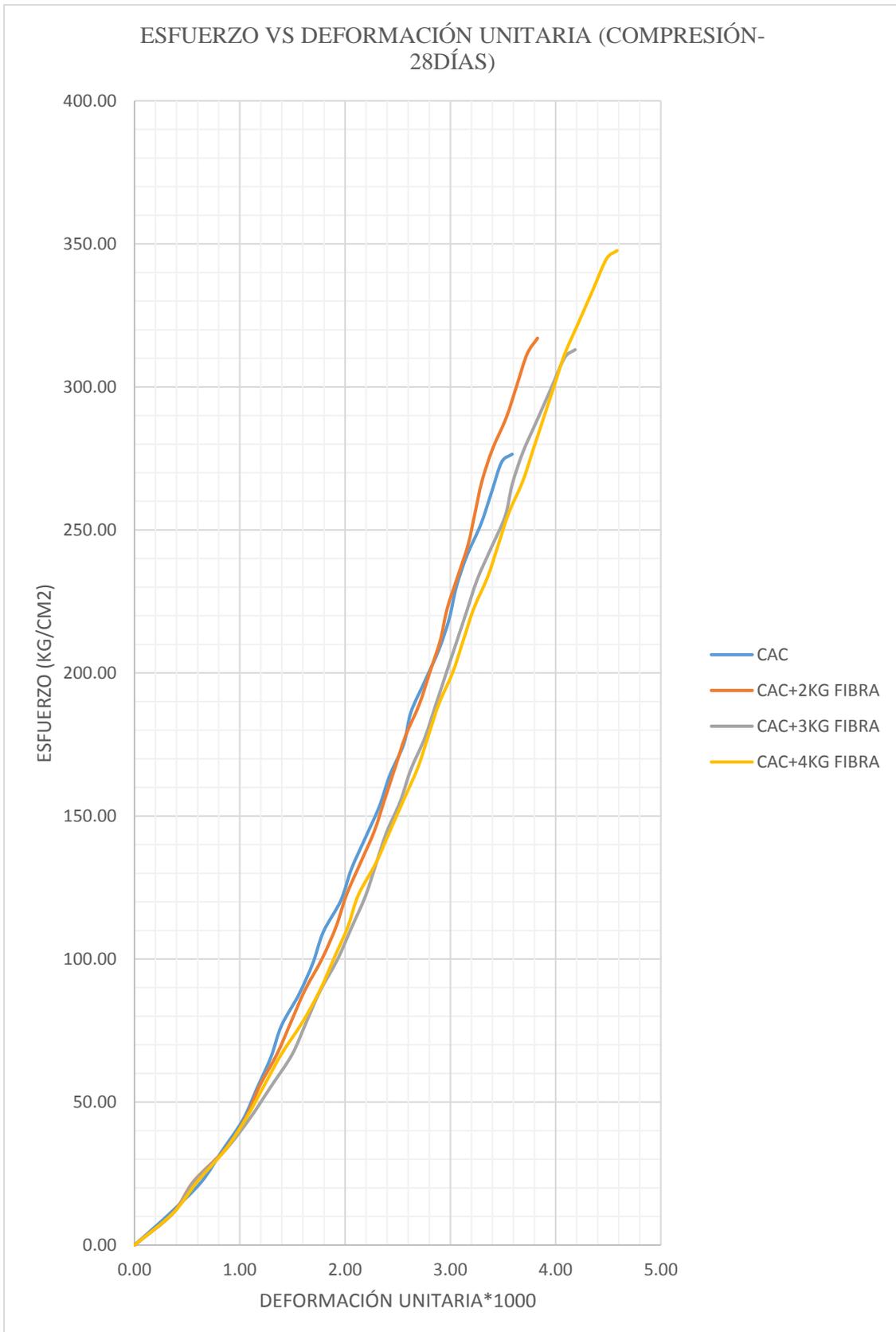
Gráfica de esfuerzo vs deformación del CAC+ 3 kg/m3 ensayado a flexión a los 28 días.



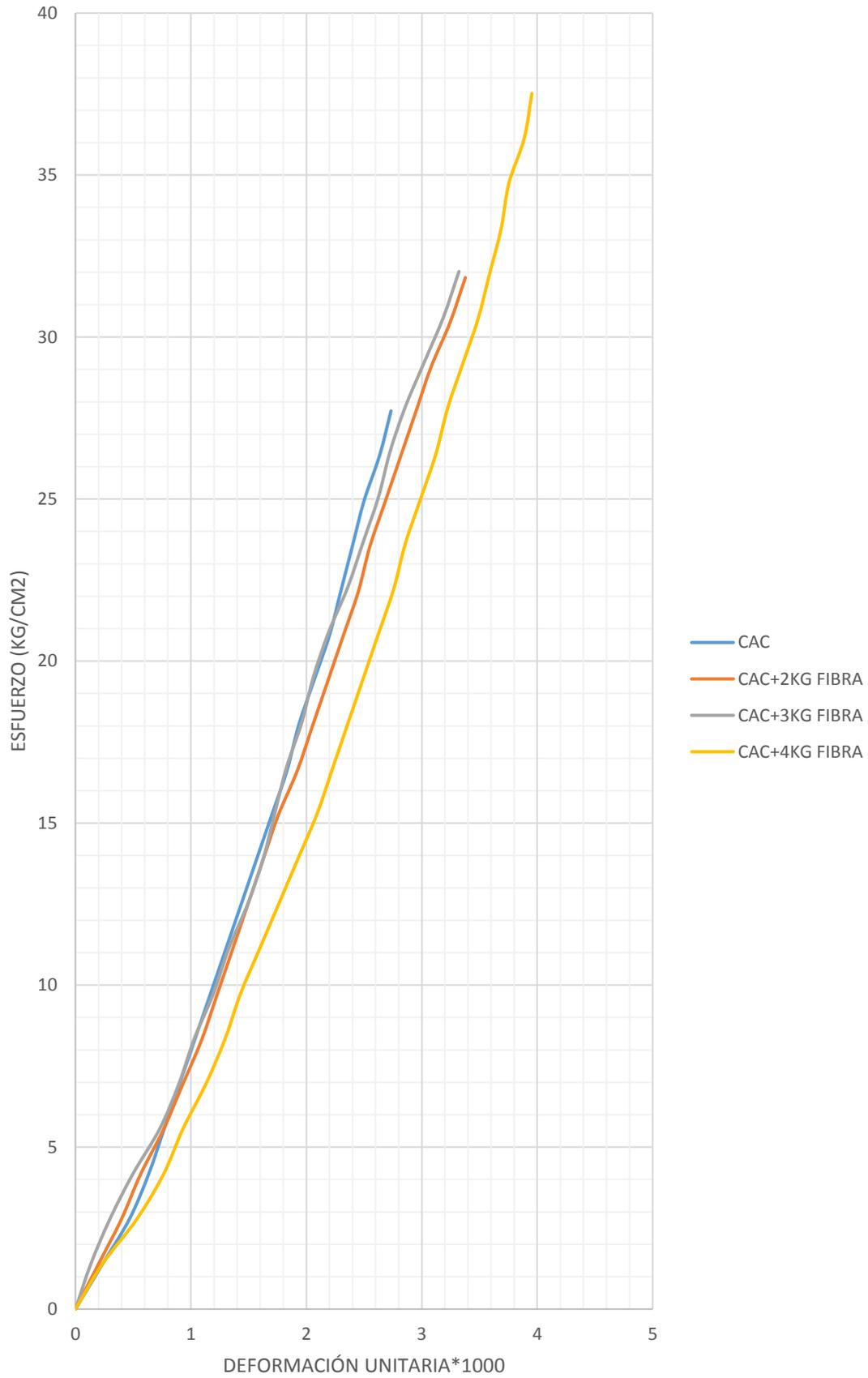
Gráfica de esfuerzo vs deformación del CAC+ 4 kg/m³ ensayado a flexión a los 28 días.



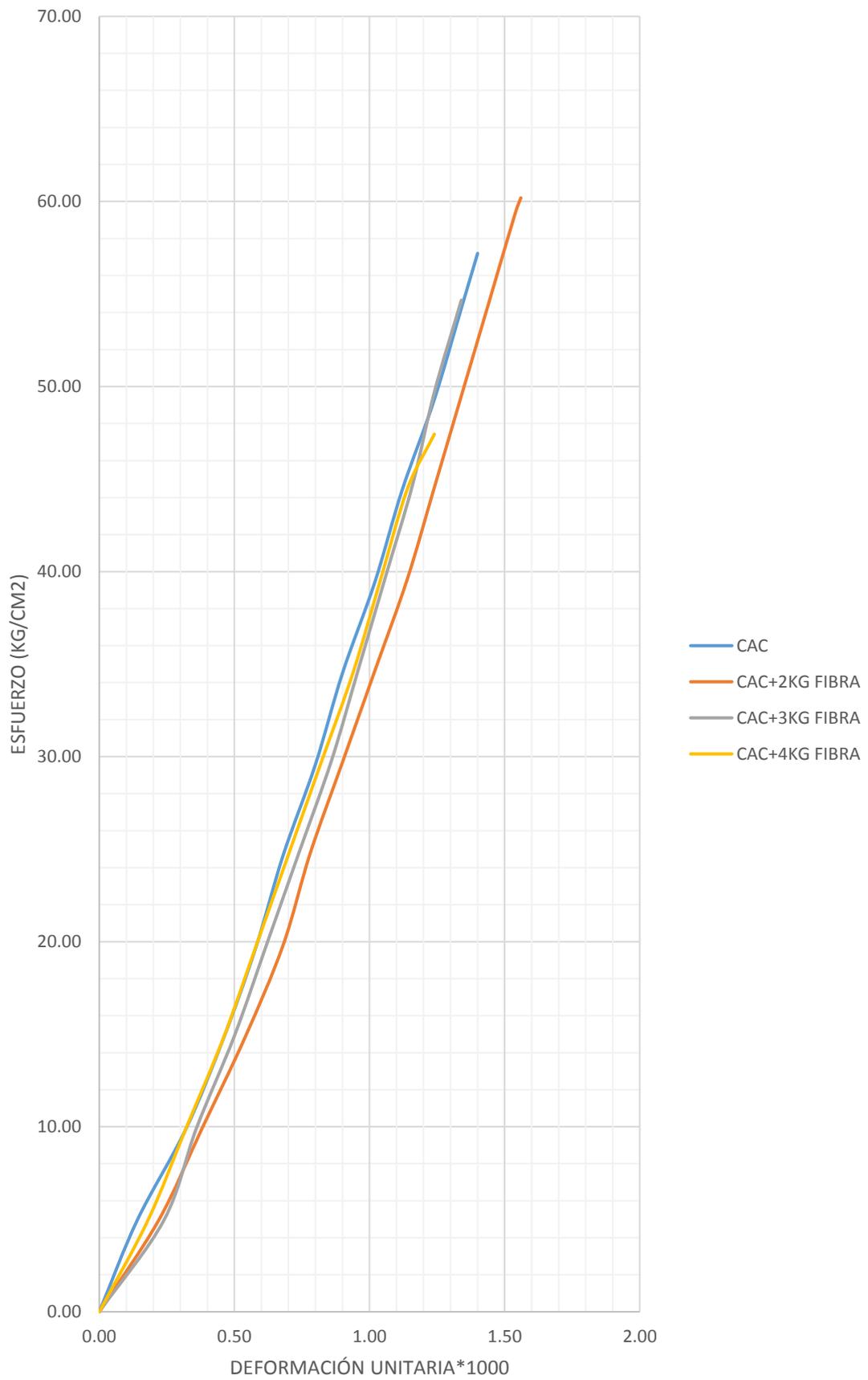
Comparación de gráficas esfuerzo vs deformación unitaria del CAC patrón, CAC+2kg/m³, CAC+3kg/m³ y CAC + 4kg/m³ a los 28 días.



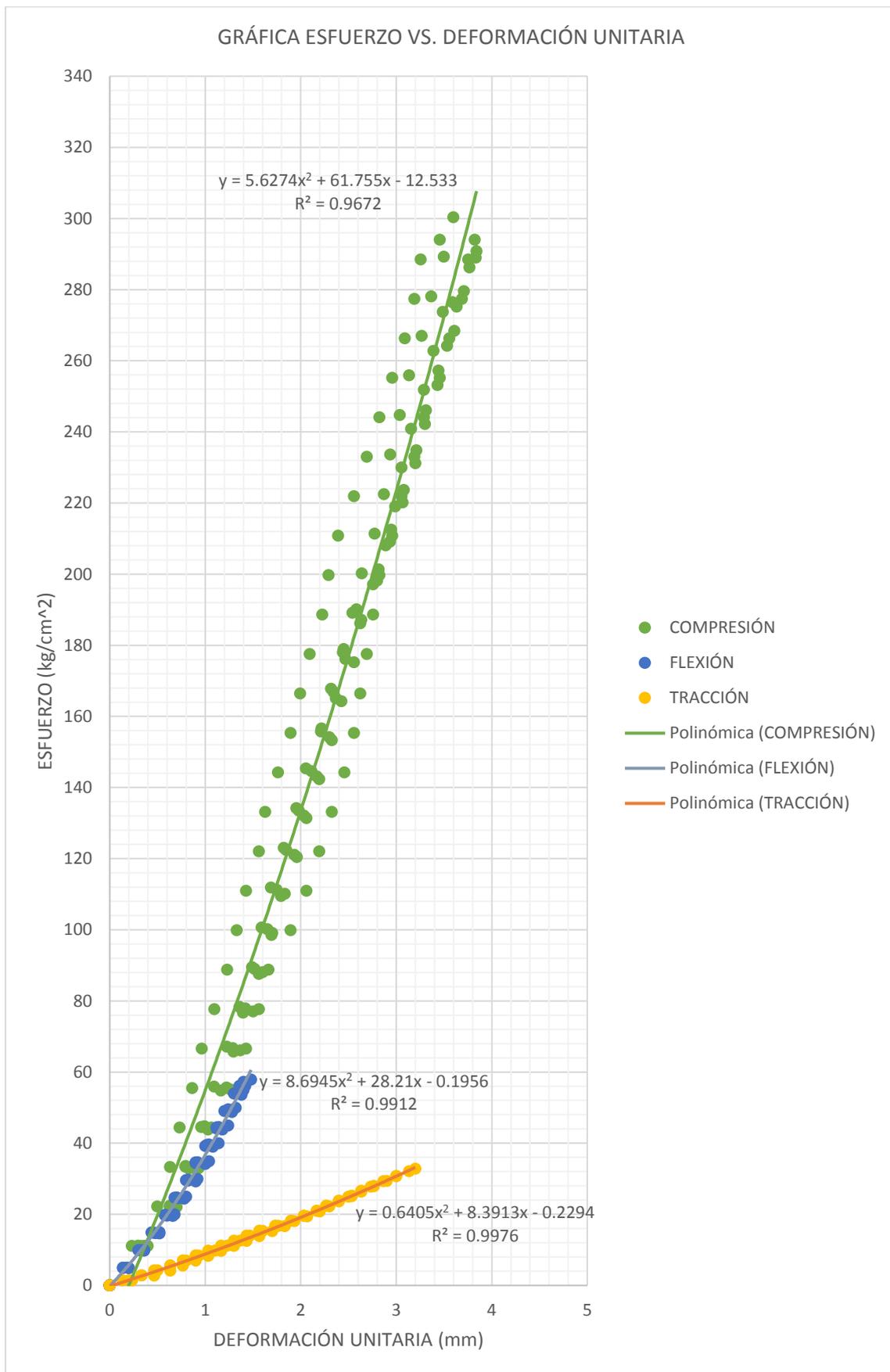
ESFUERZO VS DEFORMACIÓN UNITARIA (TRACCIÓN INDIRECTA - 28 DÍAS)



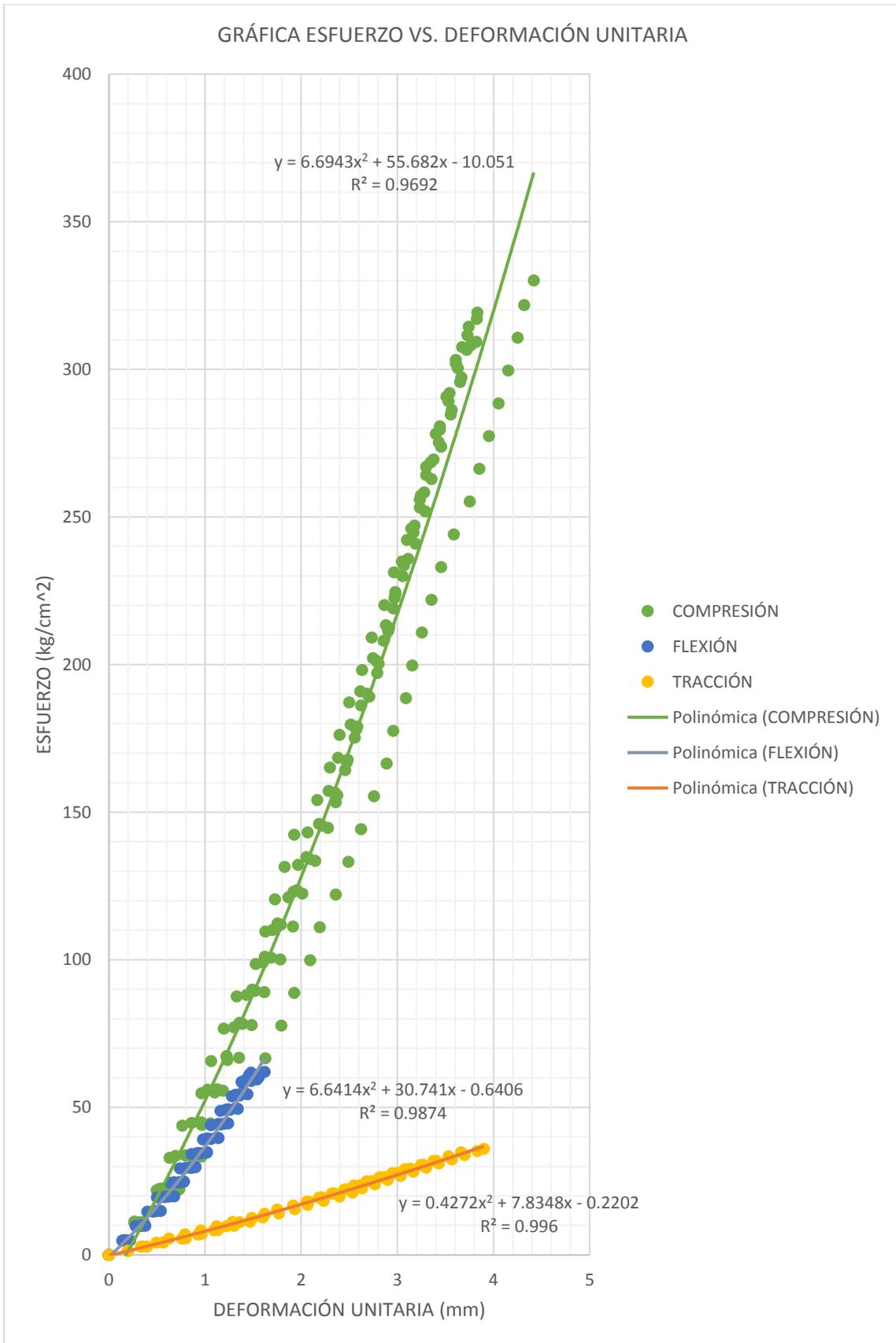
ESFUERZO VS DEFORMACIÓN UNITARIA (FLEXIÓN - 28 DÍAS)



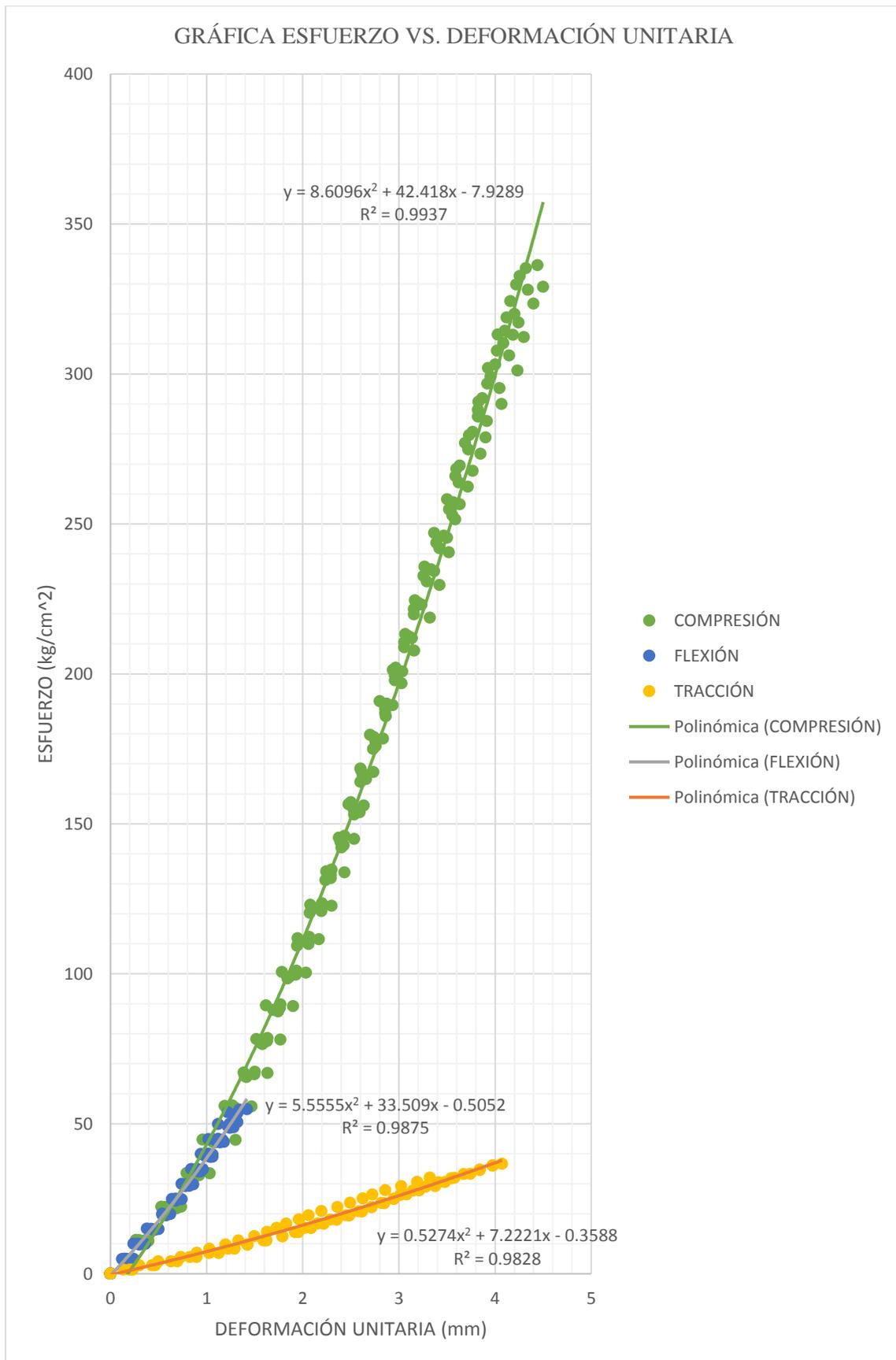
Comparación de gráficas esfuerzo vs deformación del CAC patrón a los 28 días



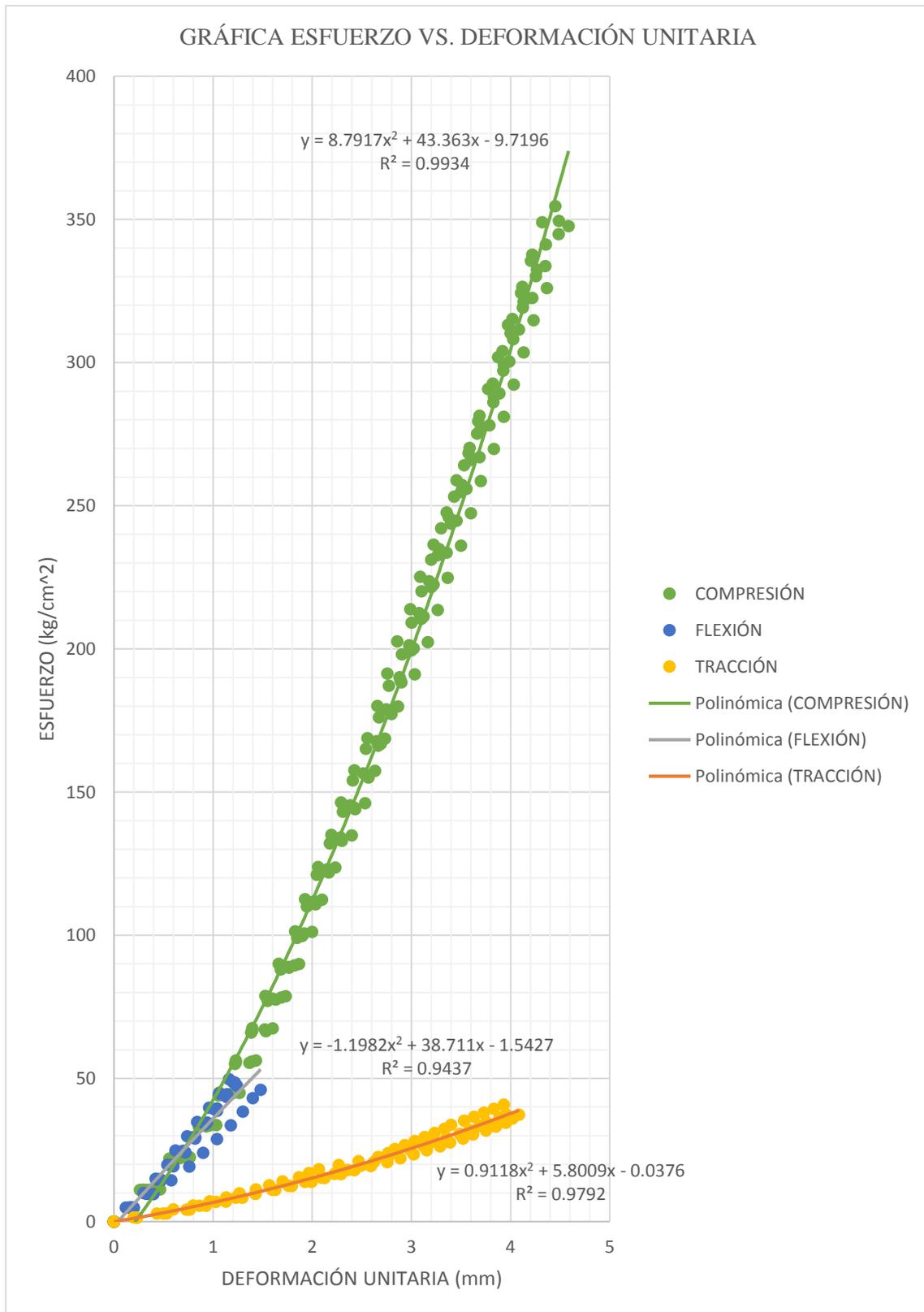
Comparación de gráficas esfuerzo vs deformación del CAC+ 2kg/m3 de fibra a los 28 días.



Comparación de gráficas esfuerzo vs deformación del CAC+ 3kg/m3 de fibra a los 28 días.



Comparación de gráficas esfuerzo vs deformación unitaria del CAC+ 4kg/m³ de fibra a los 28 días.



7.11.PANEL FOTOGRÁFICO



Imagen N° 17: Selección de agregados en la cantera “Roca Fuerte”



Imagen N° 18: Análisis Granulométrico de los Agregados



Imagen N° 19 : Peso Unitario Seco Compactado del Agregado



Imagen N° 20: Peso Unitario Seco Suelto del agregado



Imagen N° 21: Peso Específico del Agregado Grueso



Imagen N° 22: Peso Específico del Agregado Fino



Imagen N° 23: Ensayo de abrasión en la maquina loa Ángeles



Imagen N° 24: Medición del aditivo Masterglenium® SCC 3800 y fibra sintética



Imagen N° 25: Indicaciones de mi asesor sobre el adecuado mezclado de la tanda



Imagen N° 26: Mezclado de la tanda



Imagen N° 27: Medición de la extensión de flujo (propiedades en estado fresco).



Imagen N° 28: En sayo de caja en V (propiedades en estado fresco)



Imagen N° 29: Elaboración de los especímenes de concreto.



Imagen N° 30: Curado y extracción de las probetas para sus respectivos ensayos en estado endurecido.



Imagen N° 31: Ensayo a compresión de las probetas cilíndricas



Imagen N° 32: Distribución de las fibras



Imagen N° 33: Fallas típicas de las probetas ensayadas a compresión.



Imagen N° 34: Ensayo a tracción indirecta de las probetas cilíndricas de concreto



Imagen N° 35: Fallas típicas de las probetas ensayadas a tracción indirecta



Imagen N° 36: Ensayo a flexión de las probetas prismáticas.



Imagen N° 37: Fallas típicas de las probetas prismáticas ensayadas a flexión