UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm² con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

AUTOR
Francisco Jiampier Lopez Torres

ASESOR
Elmer Rolando Polo Briceño
https://orcid.org/0000-0002-5831-8818

Chiclayo, 2026

Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm² con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado

PRESENTADA POR

Francisco Jiampier Lopez Torres

A la Facultad de Ingeniería de la

Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

para optar el título de

INGENIERO CIVIL

APROBADA POR

Atilio Ruben Lopez Carranza

PRESIDENTE

Roberto Carlos Castillo Velarde

SECRETARIO

Elmer Rolando Polo Briceño

VOCAL

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mis padres, Francisco Lopez y Elizabeth Torres, por su amor incondicional, apoyo constante y ejemplo de perseverancia. También lo dedico a mi pareja, Astrid Alban, por su compañía y motivación durante todo este camino. Este logro es un reflejo de su confianza en mí y de la inspiración que me brindan cada día.

Agradecimientos

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento al Dr. Polo Briceño, por su valiosa orientación, paciencia y conocimientos durante todo el desarrollo de esta tesis, guiándome en cada etapa del trabajo de investigación. Asimismo, agradezco a los encargados del laboratorio, en especial a Marco Casanova, por su apoyo técnico, disposición y colaboración durante la ejecución de los ensayos experimentales, que fueron fundamentales para obtener resultados confiables y precisos.

De manera muy especial, agradezco a mis padres, Francisco López y Elizabeth Torres, por su amor, apoyo incondicional y confianza en mi esfuerzo, motivándome siempre a superar cada desafío. También quiero expresar mi profunda gratitud a mi pareja, Astrid Alban, por acompañarme y brindarme su apoyo constante desde el inicio hasta la culminación de este trabajo, siendo un pilar fundamental en mi camino académico y personal.

A todos ustedes, gracias por creer en mí y por contribuir al logro de este proyecto, haciendo posible que esta investigación se materialice con éxito.

Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c 280 kg cm² con adición de fibra de sisal para mitigar segregación ...

A003

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid:::3618:141576933

Fecha de entrega
3 jun 2026, 14:57 GMT-5

Fecha de descarga
3 jun 2026, 15:04 GMT-5

Nombre del archivo
Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c 280 kg cm² con adición de fibra de sisal....pdf

Tamaño del archivo
19.2 MB

335 páginas

53.247 palabras

290.416 caracteres

6% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 15 palabras)

Fuentes principales

5% Fuentes de Internet
0% Publicaciones
2% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

ÍNDICE

RESUMEN **18**

ABSTRACT **19**

INTRODUCCIÓN **20**

REVISIÓN DE LA LITERATURA **24**

Antecedentes **24**

Bases Teóricas **30**

Concreto Autocompactante (CAC) 30

- **Fibra de Sisal (Agave Sisalana)** 48
- **Ensayos para el Concreto Autocompactante** 54
- **Segregación y Contracción por Secado** 68
- **Diseño de Mezcla para un Concreto Autocompactante (CAC)** 74

MATERIALES Y MÉTODOS **77**

Materiales **77**

Tipo y Nivel de Investigación **78**

- **Tipo de Investigación** 78
- **Nivel de Investigación** 78

Diseño de Investigación **79**

Formulación del Problema **79**

Hipótesis **79**

Población, Muestra y Muestreo **79**

- **Población:** 79
- **Muestra:** 80
- **Muestreo:** 83

Diagrama de Flujo **84**

Variables y Operacionalización **85**

Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos **87**

Procedimientos **88**

- **Elaboración de Ensayos para los Agregados:** 88
- **Caracterización de la fibra de Sisal:** 101
- **Elaboración del Diseño de Mezcla:** 110
- **Elaboración de Ensayos para el Concreto:** 141
- **Elaboración de Ensayos para la Segregación y Contracción por Secado:** 165

RESULTADOS **168**

- **Resultados de Ensayos para los Agregados:** 168
- **Resultados del Diseño de Mezcla:** 173
- **Resultados de la caracterización de la fibra de Sisal:** 174
- **Resultados de Ensayos para el Concreto:** 177
- **Resultados de Ensayos para la Segregación y Contracción por Secado:** 215
- **Evaluación de la Rentabilidad Económica del Proyecto:** 224

DISCUSIONES **227**

CONCLUSIONES **234**

RECOMENDACIONES **237**

REFERENCIAS **239**

ANEXOS **247**

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Componentes químicos del cemento portland 30
Tabla 2:Tipos de cemento portland 31
Tabla 3: Tipos de cementos adicionados 32
Tabla 4: Calor liberado de hidratación 32
Tabla 5: TMN recomendado para Concreto Autocompactante 36
Tabla 6: Límites granulométricos del agregado fino 37
Tabla 7: Recomendación de Módulo de Finura para un Concreto Autocompactante 37
Tabla 8: Nomenclatura para fórmulas de ensayo de Peso específico y absorción 40
Tabla 9: Resultados de prueba de dosificación por porcentaje de aditivo 45
Tabla 10: Criterios para selección de % de fibra de sisal 53
Tabla 11: Porcentaje elegido de fibra de sisal 54
Tabla 12: Parámetros de asentamiento 55
Tabla 13: Parámetros para Ensayo T-500 56
Tabla 14: Parámetros para ensayo "Caja -L" 58
Tabla 15: Parámetros para ensayo "Embudo - V" 59
Tabla 16: Parámetros para ensayo "Peso Unitario" 60
Tabla 17: Parámetros para ensayo de "Temperatura" 61
Tabla 18: Parámetros para ensayo "Contenido de Aire por Método a Presión" 62
Tabla 19: Parámetros de evaluación para ensayo "Tracción Indirecta" 66
Tabla 20: Parámetros de Evaluación para ensayo Módulo de Elasticidad 67
Tabla 21: Parámetros de Evaluación para ensayo "Resistencia a la abrasión" 68
Tabla 22: Causas comunes de Segregación 69
Tabla 23: Parámetros de evaluación para ensayo de segregación 71
Tabla 24: Parámetros que afectan la Contracción: 72
Tabla 25: Tipos de Contracción 72
Tabla 26: Guías internacionales recomendadas para Diseño de Mezcla 74
Tabla 27: Selección de Materiales según ACI 237 - R 75
Tabla 28: Parámetros de proporciones iniciales 76
Tabla 29: Ensayos en Estado Fresco 76
Tabla 30: Tabla de Materiales 77
Tabla 31: Cantidad de Muestras para ensayo de Fluidez 80
Tabla 32: Cantidad de Muestras para ensayo de Anillo - J 80
Tabla 33: Cantidad de Muestras para ensayo de Caja - L 80

Tabla 34: Cantidad de Muestras para ensayo de Embudo - V 81
Tabla 35: Cantidad de Muestras para ensayo de Peso Unitario 81
Tabla 36: Cantidad de Muestras para ensayo de Temperatura 81
Tabla 37: Cantidad de Muestras para ensayo de Contenido de Aire 81
Tabla 38: Cantidad de Muestras para evaluar la Contracción por Secado 81
Tabla 39: Cantidad de Muestras para ensayo de Resistencia a la Compresión 82
Tabla 40: Cantidad de Muestras para ensayo de Resistencia a la Flexión 82
Tabla 41: Cantidad de Muestras para ensayo de Módulo de Elasticidad 82
Tabla 42: Cantidad de Muestras para ensayo de Resistencia a la Abrasión 82
Tabla 43: Cantidad de Muestras para ensayo de Tracción Indirecta 83
Tabla 44: Cantidad de Muestras para ensayo de Resistencia a la Abrasión 83
Tabla 45: Operacionalización de variables independientes y dependientes 85
Tabla 46: Técnicas e instrumentos de recolección de datos 87
Tabla 47: *Datos generales de los agregados* 110
Tabla 48: *Datos generales del resto de componentes* 110
Tabla 49: *Relación a/c de acuerdo con el f'cr* 111
Tabla 50: *Volumen de la Pasta* 114
Tabla 51: *Cálculo de volúmenes de agregados* 114
Tabla 52: *Volumen de los componentes por m3* 115
Tabla 53: *Volumen de los componentes corregidos por m3* 116
Tabla 54: *Cantidad de material que entra por tanda de ensayo* 116
Tabla 55: *Dosificación del concreto autocompactante patrón* 117
Tabla 56: *Parámetros obtenidos de la dosificación calculada para un CAC patrón* 117
Tabla 57: *Parámetros obtenidos de la Norma ACI 237 – R* 117
Tabla 58: *Relación a/c de acuerdo con el f'cr* 118
Tabla 59: *Volumen de la Pasta* 121
Tabla 60: *Cálculo de volúmenes de agregados* 122
Tabla 61: *Volumen de los componentes por m3* 122
Tabla 62: *Volumen de los componentes corregidos por m3* 123
Tabla 63: *Cantidad de material que entra por tanda de ensayo* 124
Tabla 64: *Dosificación del concreto autocompactante patrón* 124
Tabla 65: *Parámetros obtenidos de la dosificación calculada para un CAC+0.50% fibra de sisal* 124
Tabla 66: *Parámetros obtenidos de la Norma ACI 237 – R* 125

Tabla 67: *Relación a/c de acuerdo con el f'cr* 126
Tabla 68: *Volumen de la Pasta* 129
Tabla 69: *Cálculo de volúmenes de agregados* 130
Tabla 70: *Volumen de los componentes por m3* 130
Tabla 71: *Volumen de los componentes corregidos por m3* 131
Tabla 72: *Cantidad de material que entra por tanda de ensayo* 132
Tabla 73: *Dosificación del concreto autocompactante patrón* 132
Tabla 74: *Parámetros obtenidos de la dosificación calculada para un CAC+1.25% fibra de sisal* 132
Tabla 75: *Parámetros obtenidos de la Norma ACI 237 – R* 133
Tabla 76: *Contenido de aire de acuerdo con el f'cr* 134
Tabla 77: *Volumen de la Pasta* 136
Tabla 78: *Cálculo de volúmenes de agregados* 137
Tabla 79: *Volumen de los componentes por m3* 137
Tabla 80: *Volumen de los componentes corregidos por m3* 139
Tabla 81: *Cantidad de material que entra por tanda de ensayo* 139
Tabla 82: *Dosificación del concreto autocompactante patrón* 140
Tabla 83: *Parámetros obtenidos de la dosificación calculada para un CAC+2.00% fibra de sisal* 140
Tabla 84: *Parámetros obtenidos de la Norma ACI 237 – R* 140
Tabla 85: *Selección de porcentaje de aditivo por prueba de slump* 141
Tabla 86: Resultados para el ensayo de análisis granulométrico para el agregado fino 168
Tabla 87: Resultados para el ensayo de análisis granulométrico para el agregado grueso 169
Tabla 88: Resultados para el ensayo de peso unitario para el agregado fino 170
Tabla 89: Resultados para el ensayo de peso unitario para el agregado fino 170
Tabla 90: Resultados para el ensayo de absorción y peso específico para el agregado fino 171
Tabla 91: Resultados para el ensayo de absorción y peso específico para el agregado fino 171
Tabla 92: Resultados para el ensayo de contenido de humedad para el agregado fino 172
Tabla 93: Resultados para el ensayo de contenido de humedad para el agregado grueso 172
Tabla 94: Resumen de Ensayos para los Agregados 172
Tabla 95: Dosificación por m3 de concreto – Muestra patrón 173
Tabla 96: Dosificación por m3 de concreto – Muestra patrón 173
Tabla 97: Dosificación por m3 de concreto – Muestra patrón 173
Tabla 98: Dosificación por m3 de concreto – Muestra patrón 173

Tabla 99: Resultados de los diámetros de Fibra de Sisal N° 01 175
Tabla 100: Resultados de los diámetros de Fibra de Sisal N° 02..... 176
Tabla 101: Resultados de los diámetros de Fibra de Sisal N° 03..... 176
Tabla 102: Resultados para el ensayo de Fluidez 177
Tabla 103: Parámetros para el ensayo de Fluidez..... 177
Tabla 104: Resultados para el ensayo de Tiempo T500 178
Tabla 105: Parámetros para el ensayo de Tiempo T-500..... 178
Tabla 106: Resultados para el ensayo de Anillo – J por diferencia de altura 179
Tabla 107: Parámetros para el ensayo de Anillo J por diferencia de alturas 179
Tabla 108: Resultados para el ensayo de Anillo - J por diferencia de diámetros 180
Tabla 109: Parámetros para el ensayo de Anillo J por diferencia de diámetros 180
Tabla 110: Resultados para el ensayo de Caja en L..... 181
Tabla 111: Parámetros para el ensayo de Caja en L 181
Tabla 112: Resultados para el ensayo de Embudo en V 182
Tabla 113: Parámetros para el ensayo de Embudo en V..... 182
Tabla 114: Mediciones obtenidas del ensayo de Peso Unitario..... 183
Tabla 115: Resultados obtenidos del ensayo de Peso Unitario..... 183
Tabla 116: Parámetros para el ensayo de Peso Unitario..... 184
Tabla 117: Resultados para el ensayo de Temperatura..... 185
Tabla 118: Parámetros para el ensayo de Temperatura 185
Tabla 119: Resultados para el ensayo de Contenido de Aire..... 186
Tabla 120: Parámetros para el ensayo de Contenido de Aire 186
Tabla 121: Contenido de Áridos obtenidos del software IMAGEN PRO-PLUS 6.0 219
Tabla 122: Resultados tabulados de Contracción por Secado 224
Tabla 123: A.C.U. para el concreto autocompactante con adición de 1.25% de fibra de sisal 225
Tabla 124: Inversión inicial del proyecto..... 225
Tabla 125: presupuesto de inversión anual para la realización del concreto autocompactante 226
Tabla 126: Rentabilidad Económica por Flujo de Caja 226

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Clasificación según su tamaño 34
Ilustración 2: Clasificación según su densidad 35
Ilustración 3: Requisitos granulométricos del agregado grueso 36
Ilustración 4: Cono de Abrams 55
Ilustración 5: Anillo en J 57
Ilustración 6: Caja en L 58
Ilustración 7: Embudo en V 59
Ilustración 8: Tipos de falla 62
Ilustración 9: Máquina de compresión 63
Ilustración 10: Fórmula para determinar resistencia a la compresión 63
Ilustración 11: Carga aplicada en el punto medio de la viga 64
Ilustración 12: Máquina de ensayos a flexión 64
Ilustración 13: Dispositivo de abrasión rotatorio 67
Ilustración 14: Esquema de la segregación en un concreto 68
Ilustración 15: Contracción por secado 71
Ilustración 16: Esquema de hipótesis 79
Ilustración 17: Flujograma de procedimientos 84
Ilustración 18: cuarteo de material para ensayo granulométrico 88
Ilustración 19: pesado de la muestra 88
Ilustración 20: pesado de muestra que pasa por la malla N16 89
Ilustración 21: Pesado de muestras 89
Ilustración 22: cuarteo de material para agregado grueso 90
Ilustración 23: cuarteo de agregado grueso 90
Ilustración 24: pesado de la parte seleccionada 91
Ilustración 25: tamices empleados 91
Ilustración 26: muestra retenida en el tamiz 92
Ilustración 27: pesado de muestra retenida en tamiz 92
Ilustración 28: muestra suelta de agregado grueso 93
Ilustración 29: muestra suelta de agregado fino 93
Ilustración 30: pesado de la muestra de agregado grueso con recipiente 94
Ilustración 31: pesado de muestra de agregado fino con recipiente 94
Ilustración 32: pesado de matraz 95
Ilustración 33: vertimiento de la muestra en el agua 96

Ilustración 34: pesado de la muestra con recipiente y agua 96
Ilustración 35: muestra después de las 24h de secado al horno 96
Ilustración 36: muestra de agregado grueso 97
Ilustración 37: muestra saturada 97
Ilustración 38: muestra después de la saturación 98
Ilustración 39: pesado de la muestra 98
Ilustración 40: canastilla para pesar la muestra 98
Ilustración 41: peso de la muestra 99
Ilustración 42: peso de la tara 99
Ilustración 43: masa húmeda del agregado 100
Ilustración 44: pesado de la muestra antes de exponerlo al horno 100
Ilustración 45: Pesado de fibra de sisal 101
Ilustración 46: Separación de material pesado 101
Ilustración 47: 2400 ml de agua destilada en un calentador eléctrico 102
Ilustración 48: Se sumerge la fibra en el calentador eléctrico 102
Ilustración 49: Registro de temperatura 102
Ilustración 50: Muestra exprimida 103
Ilustración 51: Solución de alcohol 103
Ilustración 52: Solución de agua destilada 104
Ilustración 53: Registro de temperatura 104
Ilustración 54: Enjuague de fibra 104
Ilustración 55: Enjuague de fibra 105
Ilustración 56: Solución de hidróxido de sodio (NaOH) 105
Ilustración 57: Solución de agua destilada 105
Ilustración 58: Muestra colocada en cooler con hielo 106
Ilustración 59: Escurrimiento de líquido de la muestra 106
Ilustración 60: Solución de ácido acético 107
Ilustración 61: Vaciado de solución de ácido acético en la fibra de sisal 107
Ilustración 62: Lavado final con agua destilada 107
Ilustración 63: Registro de PH de la fibra de sisal 108
Ilustración 64: Secado de fibra en estufa 108
Ilustración 65: Muestra seleccionada 109
Ilustración 66: Muestra observada 109
Ilustración 67: Observación de muestra en estereoscopio 109

Ilustración 68: *Resistencia promedia a la Compresión Requerida* 111
Ilustración 69: *Resistencia promedia a la Compresión Requerida* 112
Ilustración 70: *Rangos de contenido de cemento según su SLUMP* 112
Ilustración 71: *Contenido de Aire Atrapado* 113
Ilustración 72: *Rangos típicos de la composición de mezcla del Concreto Autocompactante* 114
Ilustración 73: *Resistencia promedia a la Compresión Requerida* 118
Ilustración 74: *Resistencia promedia a la Compresión Requerida* 119
Ilustración 75: *Rangos de contenido de cemento según su SLUMP* 120
Ilustración 76: *Contenido de Aire Atrapado* 121
Ilustración 77: *Rangos típicos de la composición de mezcla del Concreto Autocompactante* 121
Ilustración 78: *Resistencia promedia a la Compresión Requerida* 126
Ilustración 79: *Resistencia promedia a la Compresión Requerida* 127
Ilustración 80: *Rangos de contenido de cemento según su SLUMP* 127
Ilustración 81: *Contenido de Aire Atrapado* 129
Ilustración 82: *Rangos típicos de la composición de mezcla del Concreto Autocompactante* 129
Ilustración 83: *Resistencia promedia a la Compresión Requerida* 133
Ilustración 84: *Resistencia promedia a la Compresión Requerida* 134
Ilustración 85: *Rangos de contenido de cemento según su SLUMP* 135
Ilustración 86: *Contenido de Aire Atrapado* 136
Ilustración 87: *Rangos típicos de la composición de mezcla del Concreto Autocompactante* 137
Ilustración 88: Vaciado de molde 141
Ilustración 89: fluidez de la muestra 142
Ilustración 90: medición de diámetro 142
Ilustración 91: medición del diámetro obtenido 143
Ilustración 92: Vaciado de la mezcla en el molde 143
Ilustración 93: inicio de cronómetro 144
Ilustración 94: fluidez de la mezcla 144
Ilustración 95: tiempo en obtener el diámetro de la mezcla 145
Ilustración 96: Colocación de anillo en J 145
Ilustración 97: ubicación del cono de Abrams en el centro del anillo 146

Ilustración 98: Vaciado del cono de Abrams 146
Ilustración 99: Vaciado completo del cono de Abrams..... 147
Ilustración 100: nivelación del cono de Abrams 147
Ilustración 101: Limpieza de los desperdicios 148
Ilustración 102: Diámetro obtenido..... 148
Ilustración 103: diámetro obtenido en diagonal D1 149
Ilustración 104: diámetro obtenido en diagonal D2 149
Ilustración 105: altura de la muestra en el centro del anillo..... 149
Ilustración 106: altura de la muestra en el borde del anillo..... 150
Ilustración 107: Vaciado vertical sin vibraciones 150
Ilustración 108: nivelación del borde superior 151
Ilustración 109: Abriendo compuerta inferior de la caja en L..... 151
Ilustración 110: Vaciado de material en embudo en V 152
Ilustración 111: Abriendo compuerta inferior del embudo en V 153
Ilustración 112: Tiempo registrado por ensayo embudo en V 153
Ilustración 113: Peso de recipiente vacío para ensayo de Peso Unitario 154
Ilustración 114: Peso de recipiente con material para ensayo de Peso Unitario 154
Ilustración 115: obtención de datos..... 155
Ilustración 116: Vaciado de concreto para ensayo de Contenido de Aire..... 156
Ilustración 117: Enrase para ensayo de Contenido de Aire..... 156
Ilustración 118: Ensamble de la tapa para ensayo de Contenido de Aire 157
Ilustración 119: Lectura de datos para ensayo de Contenido de Aire 157
Ilustración 120: Probetas curadas para ensayo de Resistencia a la Compresión..... 158
Ilustración 121: Ruptura del testigo cilíndrico 159
Ilustración 122: lectura de la carga aplicada para la ruptura del testigo cilíndrico 159
Ilustración 123: Curado de vigas para ensayo..... 160
Ilustración 124: Colocación de muestra para ensayo de Resistencia a la Flexión 160
Ilustración 125: Esquema de una muestra adecuada para el ensayo a flexión 161
Ilustración 126: Aplicación de carga para el ensayo a flexión..... 161
Ilustración 127: Instalación de dispositivo para ensayo de Módulo de Elasticidad..... 162
Ilustración 128: Aplicación de carga para ensayo de Módulo de Elasticidad..... 163
Ilustración 129: Instalación del equipo para ensayo de Abrasión 164
Ilustración 130: Centrado de la muestra para ensayo de Abrasión 164
Ilustración 131: Toma de datos para ensayo de Abrasión..... 165

Ilustración 132: Muestras cortadas para ensayo de segregación 165
Ilustración 133: Evaluación mediante estereoscopio para ensayo de segregación..... 166
Ilustración 134: Captura para ensayo de segregación 166
Ilustración 135: Registro de medidas con Vernier 167
Ilustración 136: Verificación de pH de la fibra después de proceso de mercerización..... 174
Ilustración 137: Análisis de Fibra de Sisal N° 01 con aumento 5 X 175
Ilustración 138: Análisis de Fibra de Sisal N° 02 con aumento 1.5 X 175
Ilustración 139: Análisis de Fibra de Sisal N° 03 con aumento 1.5 X 176
Ilustración 140: Resistencia a la compresión a los 7 días con 0.00 % de fibra de sisal 187
Ilustración 141: Resistencia a la compresión a los 14 días con 0.00 % de fibra de sisal 188
Ilustración 142: Resistencia a la compresión a los 28 días con 0.00 % de fibra de sisal 189
Ilustración 143: Resistencia a la compresión a los 7 días con 0.50 % de fibra de sisal 190
Ilustración 144: Resistencia a la compresión a los 14 días con 0.50 % de fibra de sisal 191
Ilustración 145: Resistencia a la compresión a los 28 días con 0.50 % de fibra de sisal 192
Ilustración 146: Resistencia a la compresión a los 7 días con 1.25 % de fibra de sisal 193
Ilustración 147: Resistencia a la compresión a los 14 días con 1.25 % de fibra de sisal 194
Ilustración 148: Resistencia a la compresión a los 28 días con 1.25 % de fibra de sisal 195
Ilustración 149: Resistencia a la compresión a los 7 días con 2.00 % de fibra de sisal 196
Ilustración 150: Resistencia a la compresión a los 14 días con 2.00 % de fibra de sisal 197
Ilustración 151: Resistencia a la compresión a los 28 días con 2.00 % de fibra de sisal 198
Ilustración 152: Resistencia a la flexión a los 28 días con 0.00 % de fibra de sisal 199
Ilustración 153: Resistencia a la flexión a los 28 días con 0.50 % de fibra de sisal 200
Ilustración 154: Resistencia a la flexión a los 28 días con 1.25 % de fibra de sisal 201
Ilustración 155: Resistencia a la flexión a los 28 días con 2.00 % de fibra de sisal 202
Ilustración 156: Resistencia a la tracción a los 28 días con 0.00 % de fibra de sisal..... 203
Ilustración 157: Resistencia a la tracción a los 28 días con 0.50 % de fibra de sisal..... 204
Ilustración 158: Resistencia a la tracción a los 28 días con 1.25 % de fibra de sisal..... 205
Ilustración 159: Resistencia a la tracción a los 28 días con 2.00 % de fibra de sisal..... 206
Ilustración 160: Módulo de Elasticidad a los 28 días con 0.00 % de fibra de sisal 207
Ilustración 161: Módulo de Elasticidad a los 28 días con 0.50 % de fibra de sisal 208
Ilustración 162: Módulo de Elasticidad a los 28 días con 1.25 % de fibra de sisal 209
Ilustración 163: Módulo de Elasticidad a los 28 días con 2.00 % de fibra de sisal 210
Ilustración 164: Resistencia a Abrasión a los 28 días con 0.00 % de fibra de sisal..... 211
Ilustración 165: Resistencia a Abrasión a los 28 días con 0.50 % de fibra de sisal..... 212

Ilustración 166: Resistencia a Abrasión a los 28 días con 1.25 % de fibra de sisal 213
Ilustración 167: Resistencia a Abrasión a los 28 días con 2.00 % de fibra de sisal 214
Ilustración 168: Resultados obtenidos de las porciones de área de cada muestra 215
Ilustración 169: Muestra para Ensayo de Segregación a los 14 días con 0.00 % de fibra de sisal 215
Ilustración 170: Muestra con 0.00 % de fibra de sisal (lado izquierdo) 215
Ilustración 171: Muestra con 0.00 % de fibra de sisal (lado derecho) 216
Ilustración 172: Muestra para Ensayo de Segregación a los 14 días con 0.50 % de fibra de sisal 216
Ilustración 173: Muestra con 0.50 % de fibra de sisal (lado izquierdo) 216
Ilustración 174: Muestra con 0.50 % de fibra de sisal (lado derecho) 217
Ilustración 175: Muestra para Ensayo de Segregación a los 14 días con 1.25 % de fibra de sisal 217
Ilustración 176: Muestra con 1.25 % de fibra de sisal (lado izquierdo) 217
Ilustración 177: Muestra con 1.25 % de fibra de sisal (lado derecho) 218
Ilustración 178: Muestra para Ensayo de Segregación a los 14 días con 2.00 % de fibra de sisal 218
Ilustración 179: Muestra con 2.00 % de fibra de sisal (lado izquierdo) 218
Ilustración 180: Muestra con 2.00 % de fibra de sisal (lado derecho) 219
Ilustración 181: Evaluación de Contracción por Secado hasta los 90 días con 0.00 % de fibra de sisal 220
Ilustración 182: Evaluación de Contracción por Secado hasta los 90 días con 0.50 % de fibra de sisal 221
Ilustración 183: Evaluación de Contracción por Secado hasta los 90 días con 1.25 % de fibra de sisal 222
Ilustración 184: Evaluación de Contracción por Secado hasta los 90 días con 2.00 % de fibra de sisal 223
Ilustración 185: Datos para la evaluación de la Rentabilidad Económica 225

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1:Porcentajes de contribución de los elementos en la composición del cemento 31
Gráfico 2: Curva de granulometría para agregado fino 168
Gráfico 3: Curva de granulometría para agregado grueso 169
Gráfico 4: Análisis de fluidez 177
Gráfico 5: Análisis T 500 178
Gráfico 6: Análisis por diferencia de alturas 179
Gráfico 7: Análisis por diferencia de diámetros 180
Gráfico 8: Análisis de ensayo de Caja en L 181
Gráfico 9: Análisis de ensayo de Embudo en V 182
Gráfico 10: Análisis de ensayo de Peso Unitario 184
Gráfico 11: Análisis del ensayo de Temperatura 185
Gráfico 12: Análisis del ensayo de Contenido de Aire 186
Gráfico 13: Análisis de Segregación 219
Gráfico 14: Análisis de Contracción por Secado 224

RESUMEN

La presente investigación evaluó el comportamiento físico-mecánico del concreto autocompactante con resistencia f'c = 280 kg/cm² adicionado con fibra de sisal, con el objetivo de mitigar los fenómenos de segregación y contracción por secado, al tiempo que se mejoraban las propiedades mecánicas y la durabilidad del material. Se caracterizó la fibra mediante tratamiento alcalino de mercerización, logrando un pH cercano a 6 y un diámetro promedio de 22–25 µm, optimizando su compatibilidad química y mecánica con la matriz cementicia.

Se elaboraron mezclas con diferentes proporciones de fibra (0.50 %, 1.25 % y 2.00 % en volumen) y se evaluaron sus propiedades en estado fresco y endurecido. Los resultados indicaron que la dosificación óptima es 1.25 %, alcanzando mejoras significativas: resistencia a compresión (+22.6 %), flexión (+7 %), tracción indirecta (+16.8 %) y módulo de elasticidad (+27 %). Asimismo, la contracción por secado se redujo hasta en un 23 % y la segregación interna mejoró en un 38.7 %, evidenciando una mayor cohesión y estabilidad de la mezcla. Por encima del 2.00 % de fibra, se observaron disminuciones en la trabajabilidad y homogeneidad debido al exceso de refuerzo.

Desde el punto de vista económico, la incorporación de 1.25 % de fibra de sisal resultó rentable (índice 1.113), al combinar mejoras mecánicas y durabilidad con un bajo costo de producción. Los resultados confirman que el concreto autocompactante reforzado con fibra de sisal constituye una alternativa técnica, sostenible y económicamente eficiente, especialmente para elementos estructurales y pavimentos expuestos a esfuerzos combinados, ofreciendo soluciones duraderas y respetuosas con el medio ambiente.

Palabras clave: Concreto autocompactante (CAC), fibra de sisal, segregación, contracción por secado, propiedades físicas, propiedades mecánicas

ABSTRACT

This research evaluated the physical and mechanical behavior of self-compacting concrete (SCC) with a compressive strength of f'c = 280 kg/cm² reinforced with sisal fibers, aiming to mitigate segregation and drying shrinkage while improving mechanical properties and durability. The fibers were chemically treated through alkaline mercerization, achieving a near-neutral pH of 6 and an average diameter of 22–25 μm, enhancing chemical and mechanical compatibility with the cementitious matrix.

Mixtures with different fiber contents (0.50 %, 1.25 %, and 2.00 % by volume) were prepared and tested in both fresh and hardened states. The results showed that the optimal dosage is 1.25 %, which led to significant improvements in compressive strength (+22.6 %), flexural strength (+7 %), indirect tensile strength (+16.8 %), and modulus of elasticity (+27 %). Additionally, drying shrinkage decreased by up to 23 % and internal segregation improved by 38.7 %, indicating greater cohesion and stability. Fiber contents above 2.00 % reduced workability and homogeneity due to excessive reinforcement.

Economically, incorporating 1.25 % sisal fiber was feasible (benefit-cost index 1.113), combining enhanced mechanical performance and durability with low production costs. The results confirm that sisal fiber-reinforced SCC is a technically viable, sustainable, and cost-effective alternative for structural elements and pavements exposed to combined stresses, offering durable and environmentally friendly construction solutions.

Keywords: Self-compacting concrete (SCC), sisal fiber, segregation, drying shrinkage, physical properties, mechanical properties

Introducción

En los últimos años, a nivel global la evolución de los materiales de construcción ha estado impulsada por la necesidad de optimizar la eficiencia constructiva, aumentar la durabilidad de las estructuras y adoptar soluciones más sostenibles. En este contexto, el concreto autocompactante (CAC) se ha consolidado como un material innovador que, gracias a sus propiedades reológicas particulares, puede fluir y consolidarse bajo su propio peso sin requerir vibración mecánica. Esta característica lo convierte en una alternativa eficiente para el llenado de moldes con geometrías complejas o con alta densidad de refuerzo, reduciendo significativamente los tiempos de colocación y los niveles de ruido en obra [1].

No obstante, pese a sus múltiples ventajas, el concreto autocompactante presenta ciertos desafíos técnicos asociados a su alta fluidez. En corea del Sur, por parte de la la Revista Internacional de Estructuras y Materiales de Hormigón del Korea Concrete Institute [5], mencionan que a pesar de los avances en el desarrollo de concretos autocompactantes, persiste la problemática relacionada con la segregación de los agregados [2] y la contracción por secado [3], fenómenos que continúan siendo factores críticos para garantizar la calidad del material [5]. La segregación puede producirse cuando los componentes del concreto (especialmente los agregados gruesos) se separan de la matriz cementicia debido al exceso de fluidez, generando zonas débiles y heterogéneas. Por su parte, la contracción por secado ocurre principalmente en ambientes cálidos o con alta evaporación, provocando tensiones internas que conducen al agrietamiento. Frente a estas limitaciones, resulta indispensable investigar estrategias que permitan conservar la autocompactabilidad del concreto sin comprometer su estabilidad y resistencia, buscando un equilibrio entre fluidez, cohesión y durabilidad [4].

Por otro lado, en Irán, *Department of Civil Engineering de la Mazandaran University of Science and Technology, Babol* [6], han demostrado que la incorporación de fibras de refuerzo constituye una alternativa eficaz para mitigar dichos efectos adversos. Las fibras actúan como un puente interno dentro de la matriz cementicia, mejorando la cohesión en estado fresco y aportando mayor resistencia a tracción, flexión y fisuración en estado endurecido. Pero su adición deberá ser controlada porque en algunos casos cuando supera el 1.5% con respecto al volumen total de la muestra, llega a tener efectos negativos sobre todo con la trabajabilidad y la resistencia a la compresión [6]. Entre las alternativas de refuerzo, las fibras naturales representan una opción atractiva desde el punto de vista ambiental, ya que son biodegradables, renovables y de bajo costo [5].

En la India se realizó un estudio por el *Department of Civil Engineering de la Noorul Islam University, Kumarakovil, Kanyakumari, Tamil Nadu* [6], se determinó que la fibra de sisal, proveniente del Agave sisalana, presenta un comportamiento favorable en concretos convencionales, mejorando su resistencia a la tracción, flexión y control de fisuración. Por ello, se espera que su incorporación en concreto autocompactante proporcione resultados similares, incrementando la cohesión de la mezcla y optimizando las propiedades físico-mecánicas del material [6], [7].

Sin embargo, en el contexto nacional, los estudios sobre este tipo de adiciones aún son limitados, especialmente bajo las condiciones ambientales características del Perú, donde factores como la temperatura, humedad y tipo de material disponible pueden influir significativamente en el comportamiento del concreto. Por ello, se vuelve necesario profundizar en la investigación del uso de fibras naturales o sintéticas en concretos autocompactantes, con el propósito de determinar su eficacia real para reducir la segregación, controlar la contracción por secado y mejorar la durabilidad del material en las condiciones propias de cada región [6]. Un estudio realizado en Huaraz - Perú [8], evaluó el efecto de incorporar fibras de refuerzo en porcentajes de 0,50 %, 1,0 % y 2,0 % en un concreto autocompactante de f'c = 280 kg/cm². Se observó que las mezclas con 0,50 % y 1,0 % alcanzaron la resistencia de diseño, mientras que con 2,0 % esta disminuyó. Asimismo, el incremento del contenido de fibra redujo la densidad y trabajabilidad del concreto, aunque dentro de límites aceptables. El estudio concluyó que una dosificación moderada de fibra mejora el desempeño del concreto sin comprometer sus propiedades mecánicas [8].

En Chiclayo - Perú, se ha señalado que el clima cálido característico de la ciudad influye directamente en los efectos de contracción por secado del concreto, debido a la elevada temperatura ambiental y la rápida evaporación del agua de mezclado. En este contexto, varios estudios situados en este departamento [9] destacan que la adición de materiales complementarios o fibras de refuerzo constituye una alternativa efectiva para reducir estos efectos, mejorando la cohesión y estabilidad del concreto. Además de verificar la viabilidad técnica del uso de la fibra de sisal en el concreto autocompactante, este estudio busca contribuir al desarrollo de soluciones constructivas sostenibles, fomentando el uso de materiales renovables y reduciendo la dependencia de refuerzos sintéticos o metálicos, cuya producción genera un mayor impacto ambiental [10]. En este contexto, el análisis físico-mecánico propuesto permitirá comprender el comportamiento del concreto reforzado con fibras de sisal tanto en estado fresco como endurecido, identificando las variaciones en su trabajabilidad,

resistencia a la segregación y contracción por secado; y determinando si esta fibra natural constituye una alternativa viable para mejorar la calidad, desempeño y sostenibilidad del concreto autocompactante.

Frente a las problemáticas mencionadas, ¿La adición de fibra de sisal ayudará a reducir problemas de segregación y contracción por secado al concreto autocompactante, además de mejorar sus propiedades físico-mecánicas? Teóricamente se justifica en los principios del comportamiento reológico y mecánico del concreto autocompactante, cuyo desempeño depende de la interacción entre sus componentes y aditivos. La incorporación de fibras naturales como la de sisal permite ampliar el conocimiento existente sobre su influencia en la cohesión interna de la mezcla, la reducción de la contracción y el control de fisuras, contribuyendo así al desarrollo de nuevas bases científicas en el ámbito de los materiales sostenibles de construcción [10]. Desde la perspectiva ambiental, la investigación promueve el uso de materiales ecológicos y renovables, ya que la fibra de sisal es un recurso natural biodegradable de bajo impacto ambiental. Su aprovechamiento contribuye a reducir la dependencia de fibras sintéticas derivadas del petróleo, disminuyendo la huella de carbono en el proceso constructivo y fomentando prácticas de economía circular mediante la utilización de recursos agrícolas disponibles en regiones tropicales [11]. De igual modo, el concreto autocompactante contribuye a minimizar la contaminación acústica, pues al no requerir procesos de vibrado o compactación, reduce de manera considerable la emisión de ruidos durante su colocación, favoreciendo un entorno más saludable para las comunidades y la fauna circundante [10]. La justificación práctica se centra en la aplicabilidad de los resultados en proyectos constructivos donde se requiera un concreto autocompactante con mayor estabilidad y resistencia a la fisuración. La adición de fibra de sisal mejora la cohesión de la mezcla, reduce la segregación y la contracción por secado, optimizando la calidad del concreto colocado y garantizando estructuras más duraderas y eficientes, con menores costos de mantenimiento y reparación [12]. Desde el punto de vista metodológico, la investigación propone un enfoque experimental sistemático para analizar el comportamiento físico-mecánico del concreto autocompactante reforzado con fibra de sisal, mediante ensayos normalizados como el embudo en V, el anillo J, la caja en L y las pruebas de compresión, tracción y flexión. Este procedimiento establece una base metodológica reproducible que puede servir de referencia para futuros estudios relacionados con el uso de fibras naturales en concretos de alta fluidez [12]. En el ámbito social, la implementación de esta propuesta impulsa el desarrollo de tecnologías constructivas sostenibles y accesibles. Al incorporar materiales naturales de bajo costo, se promueve la participación de comunidades

agrícolas dedicadas al cultivo del sisal, generando nuevas fuentes de ingreso y reduciendo la dependencia de materiales industrializados [7]. Además, la mejora en la durabilidad y calidad del concreto contribuye al bienestar social al garantizar construcciones más seguras y de mayor vida útil [12]. Finalmente, desde la dimensión económica, el uso de fibra de sisal representa una alternativa rentable frente a las fibras sintéticas, permitiendo reducir costos de producción sin comprometer las propiedades mecánicas del concreto. Su disponibilidad local disminuye gastos de importación y transporte, mientras que la mayor durabilidad de las estructuras reduce los costos asociados al mantenimiento a largo plazo [11], beneficiando tanto al sector de la construcción como a las comunidades productoras del material. En conjunto, la investigación no solo aporta conocimiento técnico y científico, sino que también propone una solución práctica, sostenible y económicamente viable para la mejora del concreto autocompactante, alineada con los principios de innovación y responsabilidad ambiental que demanda la ingeniería civil contemporánea.

Por ello, la presente investigación tiene como objetivo principal es: Analizar el comportamiento físico-mecánico del concreto autocompactante con resistencia f'c=280 kg/cm2 adicionado con fibras de sisal, con el fin de evaluar su capacidad para mitigar los fenómenos de segregación y contracción por secado. A partir de este objetivo, se plantean los siguientes objetivos específicos: Caracterizar la fibra de sisal luego de realizar un tratamiento de eliminación de los componentes orgánicos para su compatibilidad con el concreto autocompactante; Evaluar las propiedades físicas en estado fresco del concreto autocompactante adicionado con diferentes proporciones de fibra de sisal; Analizar la influencia de las diferentes proporciones de fibra de sisal en la segregación del concreto autocompactante mediante microscopía estereoscópica; Evaluar la influencia de las diferentes proporciones de fibra de sisal en la contracción por secado mediante un análisis del cambio de longitud que tenga un concreto autocompactante en el proceso de secado; Analizar los cambios del módulo de elasticidad, esfuerzo flexión, esfuerzo compresión y durabilidad del concreto autocompactante en estado endurecido adicionado con las diferentes proporciones de fibra de sisal; Evaluar la rentabilidad costo/beneficio del uso del concreto autocompactante adicionado con las diferentes proporciones de fibra de sisal aplicado a elementos estructurales.

Revisión de la Literatura

Antecedentes

Como antecedentes internacionales, un artículo "Investigación experimental sobre las propiedades mecánicas del hormigón reforzado con fibras naturales" analiza el efecto de las fibras de sisal y coco, así como su combinación híbrida, en el desempeño mecánico del concreto [13]. El objetivo principal de la investigación fue determinar cómo influye la incorporación de fibras naturales en el comportamiento mecánico del concreto [13]. Mediante un enfoque experimental con diferentes longitudes (10, 20 y 30 mm) y porcentajes de fibra (0,5 %, 1,0 % y 1,5 %), se evaluaron mezclas con fibras de sisal (SFRC), coir (CFRC) e híbridas (HFRC). Los resultados mostraron que las fibras naturales mejoran significativamente la resistencia a compresión y tracción respecto al concreto patrón, siendo la mezcla híbrida con fibras de 20 mm y 0,5 % la más eficiente (35,98 % más en compresión y 25,48 % más en tracción). Sin embargo, se observó una reducción en la trabajabilidad debido a la disminución del slump. En conclusión, las fibras naturales, especialmente en combinación híbrida, constituyen una alternativa sostenible y eficaz para mejorar las propiedades mecánicas del concreto[13]. Benito, Parra, Valcuende, Miñano y Rodríguez [14], en su estudio titulado *"Método para cuantificar la segregación en hormigones autocompactantes"* desarrollado en las universidades Politécnica de Valencia y Técnica de Cartagena, España, propusieron un método cuantitativo para medir la segregación en hormigones autocompactantes (HAC) que, pese a mostrar buena fluidez y cohesión en estado fresco según el ensayo de *slump flow* (ASTM C1611), podían presentar segregación estática en estado endurecido. El objetivo fue establecer un procedimiento sensible que permitiera cuantificar dicha segregación cuando los métodos tradicionales no la detectaban. Para ello, se elaboraron siete mezclas de HAC: una de referencia y seis con sustitución del árido fino calizo por escoria granulada de alto horno (GBFS) en proporciones de 10 %, 20 %, 30 %, 40 %, 50 % y 60 %, empleando 375 kg/m³ de cemento CEM II/B-M (S-L) 42,5R y una relación agua/cemento de 0,55 [14]. Los autores propusieron un índice de estabilidad cuantitativo (IEC) que permitió evidenciar el grado de segregación mediante el análisis de la distribución de áridos gruesos en probetas endurecidas. Los resultados mostraron que, aunque todas las mezclas se comportaron adecuadamente en estado fresco, el IEC aumentó con el contenido de GBFS y con la absorción de humedad de los áridos finos, lo que indicó una segregación estática progresiva no detectable por métodos convencionales. En las conclusiones, los investigadores reportaron que ninguna mezcla superó el límite de segregación establecido ($\Delta s < 20$ %), sin embargo, la mezcla con 60 % de GBFS alcanzó el mayor valor de $\Delta s \approx 12{,}21$ % y un IEC $\approx 1{,}2$, reflejando una distribución no uniforme de los agregados gruesos, aunque aún dentro de un rango estable.

En síntesis, el método propuesto demostró ser eficaz y más preciso que los ensayos tradicionales para cuantificar la segregación en hormigones autocompactantes, contribuyendo a mejorar el control de calidad y la durabilidad de mezclas elaboradas con áridos de alta absorción [14]. El trabajo "Concreto autocompactable: propuesta para el diseño de mezcla, beneficios técnicos y consideraciones básicas para su implementación en El Salvador" [15] tuvo como objeto de estudio desarrollar una mezcla de concreto autocompactable (CAA) adaptada a las condiciones locales del país. Su objetivo principal fue proponer un método de diseño que garantizara fluidez, resistencia y estabilidad sin recurrir a vibración. En su metodología, las autoras realizaron ensayos con materiales nacionales, utilizando cemento Portland tipo I, agregado fino con módulo de finura de 2.45, agregado grueso de tamaño máximo 19 mm, aditivo superplastificante de base policarboxilato y, en algunas pruebas, aditivo modificador de viscosidad. Dosificaron el superplastificante entre 0.8 % y 1.2 % del peso del cemento, y el agua-cemento fue de 0.38–0.42, buscando equilibrio entre fluidez y segregación. Se efectuaron ensayos de flujo de asentamiento (slump flow), tiempo T500, embudo en V, caja L y J-Ring, siguiendo lineamientos EFNARC [15].Como resultados, se obtuvo una mezcla óptima con flujo de 710 mm, T500 de 4.8 s, V-funnel de 9.2 s, L-box con relación H2/H1 de 0.86 y resistencia a compresión de 34.7 MPa a los 28 días. Concluyeron que el CAA mejoró la compactación, redujo defectos superficiales y aumentó la durabilidad, recomendando su implementación en obras con alta congestión de acero o formas complejas [15].

Como antecedentes nacionales se presenta la tesis *"Estudio de las Propiedades Mecánicas del Concreto en la Ciudad de Arequipa, Utilizando Fibras Naturales y Sintéticas, Aplicado para el Control de Fisuras por Retracción Plástica"* en la que analiza la incorporación de fibras naturales y sintéticas en concretos diseñados con f'c = 210 kg/cm² para mitigar fisuras por retracción plástica [16]. Los objetivos que los autores plantean son analizar las propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibras naturales y sintéticas con vistas a controlar fisuras por retracción plástica, así como comparar sus efectos frente al concreto sin fibras. Mediante un enfoque experimental, se evaluaron propiedades en estado fresco y endurecido (compresión, tracción, flexión, impacto y desgaste) en mezclas con distintas proporciones de fibras y un concreto patrón [16]. Los resultados demostraron que ambas fibras mejoran el control de fisuras y la ductilidad del concreto, aunque su efectividad depende del tipo, cantidad y compatibilidad con la matriz. Se concluye que su uso es viable para losas y pavimentos, siempre que se optimice el diseño de la mezcla para equilibrar trabajabilidad y desempeño mecánico [16]. La tesis titulada "Análisis de las propiedades del concreto autocompactante f'c = 280 kg/cm²

sustituyendo agregado grueso por agregado de concreto reciclado, Lima Metropolitana, 2023" evalúa la viabilidad de reemplazar totalmente el agregado grueso natural por agregado reciclado en concreto autocompactante [17]. El objetivo principal de la tesis fue determinar los efectos de sustituir al 100 % el agregado grueso natural por agregado de concreto reciclado en un concreto autocompactante de f'c = 280 kg/cm². La metodología fue de tipo cuantitativa y experimental, siguiendo las normas ACI 237R-07 y EFNARC, mediante la elaboración de especímenes sometidos a ensayos en estado fresco y endurecido [17]. Los resultados evidenciaron una reducción en la fluidez, capacidad de paso y resistencias a compresión y flexión respecto al concreto patrón, aunque los valores obtenidos fueron aceptables para ciertas aplicaciones. Se concluyó que el uso de agregado reciclado en concreto autocompactante es viable si se controla su calidad y dosificación adecuadamente [17]. En la investigación desarrollada por Huamán Ticlla [18] titulada "Caracterización mecánica del concreto adicionando fibras de sisal", realizada en la Universidad Señor de Sipán, se abordó el estudio del comportamiento mecánico del concreto convencional cuando se incorpora fibra natural de sisal (Agave sisalana) como material de refuerzo. El autor planteó como propósito fundamental evaluar la influencia de esta fibra en las propiedades mecánicas del concreto, con el objetivo de aprovechar un recurso natural renovable, de bajo costo y disponible en el país, buscando mejorar la resistencia, ductilidad y durabilidad del material, además de reducir la dependencia de fibras sintéticas [18]. El estudio tuvo como objetivo general caracterizar las propiedades mecánicas del concreto modificado con distintas proporciones de fibra de sisal. Para ello, se establecieron tres niveles de adición de fibra: 0.5 %, 1.0 % y 1.5 % respecto al peso del cemento, además de un concreto patrón sin adición (0 %). Los objetivos específicos se centraron en determinar la resistencia a la compresión, tracción indirecta y flexión, comparando los resultados de cada dosificación con los del concreto convencional, a fin de identificar la proporción más eficiente. En cuanto a la metodología, la investigación fue de tipo experimental aplicada, con un diseño completamente aleatorizado. Se elaboraron mezclas de concreto para una resistencia de diseño de f'c = 210 kg/cm², utilizando cemento Portland Tipo I, agregado fino con módulo de finura de 2.65, agregado grueso con tamaño máximo nominal de ¾" (19 mm) y una relación agua/cemento de 0.55. Las fibras de sisal fueron cortadas en longitudes de 3 a 4 cm y tratadas químicamente mediante inmersión en hidróxido de sodio (NaOH al 5%) durante 24 horas, con el fin de eliminar lignina y hemicelulosa, mejorando su adherencia a la matriz cementicia [18]. Posteriormente, las fibras fueron enjuagadas y secadas al aire antes de incorporarse en la mezcla. Cabe destacar que no se emplearon aditivos químicos como superplastificantes o reductores de agua, ya que se buscó evaluar el efecto directo de la fibra

sobre la trabajabilidad y las propiedades mecánicas del concreto. Para los ensayos, se elaboraron cilindros de 15×30 cm destinados a las pruebas de compresión y tracción indirecta, y vigas prismáticas de 10×10×40 cm para las pruebas de flexión. Todos los especímenes fueron curados por inmersión en agua a 23 ± 2 °C durante 28 días, siguiendo los lineamientos de la norma NTP 339.034 y ASTM C192 [18]. Los resultados obtenidos demostraron una mejora significativa en las propiedades mecánicas hasta un contenido de 1.0 % de fibra de sisal, observándose que, a partir de ese punto, las resistencias tienden a disminuir debido a la pérdida de cohesión y la reducción de la trabajabilidad del material. La resistencia a la compresión se incrementó de 210 kg/cm² en el concreto patrón a 240 kg/cm² con 1.0 % de fibra, mientras que la resistencia a la tracción indirecta pasó de 22.3 kg/cm² a 28.1 kg/cm² y la resistencia a la flexión de 41.7 kg/cm² a 49.5 kg/cm² en la misma dosificación. Con base en estos resultados, el autor concluyó que la adición del 1.0 % de fibra de sisal ofrece el mejor desempeño global, al incrementar la capacidad de absorción de energía y controlar la formación de microfisuras. Asimismo, se evidenció que el uso de fibras naturales constituye una alternativa viable y sostenible para el refuerzo de concretos, contribuyendo a mejorar su tenacidad sin incrementar significativamente los costos de producción [18].

En la tesis desarrollada en la Universidad Andina del Cusco [19] titulada “Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto autocompactante reforzado con fibras sintéticas SikaCem-1 Fiber”, el objeto de estudio se centró en analizar el comportamiento físico y mecánico de un concreto autocompactante (CAC) al que se incorporaron fibras sintéticas de polipropileno en diferentes proporciones. El propósito principal fue evaluar la influencia de las fibras en la resistencia a la compresión, flexión, módulo de elasticidad y peso unitario del concreto, con el fin de determinar una dosificación óptima que mejore su desempeño estructural sin comprometer su trabajabilidad ni generar segregación [19]. Los objetivos específicos estuvieron orientados a medir la variación de dichas propiedades al incorporar 100 g y 200 g de fibra SikaCem-1 Fiber por bolsa de cemento, además de comparar los resultados con los de un concreto patrón sin adición. De este modo, la investigación buscó demostrar la viabilidad técnica del uso de fibras sintéticas en concretos autocompactantes producidos con materiales locales, bajo la metodología del ACI 237R-07 [20], re-aprobada en 2019 [19]. En cuanto a la metodología, se trató de una investigación cuantitativa de tipo cuasi-experimental, en la que se diseñaron tres mezclas: un CAC patrón (0 % fibra), un CAC con 100 g/bag y otro con 200 g/bag de SikaCem-1 Fiber. Los materiales empleados fueron: cemento Portland tipo IP, agregado fino procedente de las canteras de Vicho y Cunyac (mezcla 30 % confitillo + 70 % arena fina),

agregado grueso de Vicho con tamaño máximo de ½ pulgada, agua potable de red y el aditivo superplastificante Eucoplast 8500 HP como reductor de agua de alto rango. El diseño de mezcla se realizó conforme al ACI 237R-07, obteniendo la siguiente dosificación por metro cúbico de concreto: 465 kg de cemento, 829.35 kg de agregado fino, 757.74 kg de agregado grueso, 173.13 litros de agua y 2.33 kg de aditivo, con una relación agua/cemento = 0.445 y un flujo de asentamiento mayor a 650 mm, lo que aseguró su clasificación como concreto autocompactante tipo SF2 según las directrices EFNARC (2006) [21].El procedimiento experimental incluyó ensayos tanto en estado fresco como endurecido. En estado fresco se determinaron el slump-flow (656 mm), tiempo T50 (3.03 s), embudo V (15.7 s), índice de estabilidad visual (0) y caja L (0.82), parámetros que evidenciaron la adecuada fluidez y cohesión de la mezcla sin segregación. Para el estado endurecido, se moldearon cilindros y vigas, evaluándose las propiedades mecánicas a 7 y 28 días de curado bajo agua a 23 ± 2 °C, siguiendo las normas NTP 339.034, NTP 339.078 y E.060 del RNE.Los resultados mostraron una mejora progresiva de las propiedades hasta la dosificación de 200 g de fibra por bolsa de cemento [19]. El peso unitario se incrementó de 2288 kg/m³ (patrón) a 2391.9 kg/m³, lo que representa un aumento de 4.54 %. La resistencia a la compresión pasó de 271.3 kg/cm² en el concreto patrón a 289.3 kg/cm² con 100 g y 302.2 kg/cm² con 200 g, es decir, una mejora del 11.39 %. El módulo de elasticidad alcanzó 284 670.7 kg/cm², lo que significa un incremento del 12.08 %, mientras que el módulo de ruptura llegó a 64.8 kg/cm², superando en 12.47 % al concreto sin refuerzo [19].

Como antecedentes locales aparecen Cotrina Ignacio, Edward Nilton y Gastulo Mundaca, Daniel Mauro (2023), en la investigación titulada *"Influencia de la fibra de sisal en el comportamiento físico-mecánico y agrietamiento del concreto f'c = 210 kg/cm²"*, desarrollada en Chiclayo, Perú, evaluaron el efecto de diferentes porcentajes de adición de fibra de sisal (0.5 %, 1 % y 1.5 %) en las propiedades del concreto estructural. El estudio fue de tipo aplicado, con diseño cuasi-experimental y grupo de control, utilizando especímenes de concreto patrón y otros con incorporación de fibra, a los cuales se les realizaron ensayos de compresión, tracción indirecta, flexión y contracción plástica a edades de 7, 14 y 28 días, conforme a las Normas Técnicas Peruanas (NTP) [22]. La fibra fue previamente tratada mediante un proceso de extracción, secado y remojo en agua con cal durante 24 horas para mejorar su adherencia con la matriz cementicia. Los resultados evidenciaron que la adición del 1 % de fibra de sisal mejoró significativamente las resistencias mecánicas y redujo la contracción plástica respecto al concreto convencional, sin alterar el tiempo de fraguado ni el peso unitario. En conclusión, los autores determinaron que la fibra de sisal constituye una alternativa sostenible y económica que

optimiza las propiedades físico-mecánicas del concreto, contribuyendo al desarrollo de materiales de construcción más ecológicos y duraderos [22].

Como antecedentes locales se presenta la tesis titulada “Comportamiento de las propiedades físico-mecánicas de un concreto autocompactante con aditivo superplastificante y con fibra de caucho reciclado” tuvo como objetivo principal determinar el efecto de la fibra de caucho reciclado, en combinación con un aditivo superplastificante, sobre las propiedades físico-mecánicas del concreto autocompactante, identificando la dosificación óptima que asegure buena fluidez y resistencia [23]. La metodología fue experimental, elaborando mezclas con diferentes porcentajes de fibra y evaluando densidad, absorción, compresión y flexión, comparadas con una mezcla patrón. Los resultados mostraron una ligera disminución de densidad y aumento de absorción, así como una reducción de la resistencia a compresión en altas proporciones de fibra, pero mejora en ductilidad y comportamiento post-fisuración [23]. Se concluyó que el uso conjunto de fibras de caucho reciclado y superplastificante es viable técnica y ambientalmente, siempre que se mantenga un contenido moderado de fibra para equilibrar trabajabilidad, resistencia y durabilidad [23]. La tesis titulada “Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto incorporando fibras del agave y perlas de poliestireno” tuvo como objetivo principal analizar el efecto de la incorporación de fibras de agave y perlas de poliestireno en las propiedades mecánicas del concreto, determinando su viabilidad como materiales alternativos sostenibles [24]. La metodología consistió en elaborar mezclas con diferentes porcentajes de ambos materiales y realizar ensayos de compresión, tracción y flexión, comparando los resultados con un concreto patrón. Los resultados mostraron que las fibras de agave mejoran la resistencia a tracción y flexión al controlar la fisuración, mientras que las perlas de poliestireno reducen el peso del concreto, aunque disminuyen su resistencia a compresión [24]. Se concluyó que la combinación de ambos materiales ofrece un equilibrio entre ligereza y desempeño mecánico, siendo una alternativa viable para concretos sostenibles, siempre que se controlen adecuadamente las proporciones de adición [24].

Bases Teóricas

Concreto Autocompactante (CAC)

El concreto autocompactante (CAC) es una tecnología desarrollada para mejorar la trabajabilidad del concreto, especialmente en estructuras con alta densidad de refuerzo. Su principal característica es la capacidad de fluir y compactarse bajo su propio peso, sin requerir vibración mecánica. Para lograr esto, el concreto autocompactante presenta una alta fluidez, adecuada cohesión y resistencia a la segregación. Las propiedades reológicas del concreto autocompactante son fundamentales para garantizar su desempeño en estado fresco[20].

Componentes

Cemento Portland / NTP 334.009

El cemento, un polvo mineral finamente molido que suele tener un tono grisáceo, se compone principalmente de piedra caliza, arcilla y marga. Cuando se mezcla con agua, actúa como un agente adhesivo que une arena, grava y roca dura para formar concreto [25]. Una vez fraguado, el cemento endurece tanto en ambientes aéreos como bajo el agua, manteniendo su estado de solidez una vez alcanzado [26].

Por lo general, el cemento se presenta en forma de producto seco a granel de consistencia homogénea. Sus propiedades están estandarizadas para garantizar la estabilidad, confiabilidad y facilidad de procesamiento requeridas en diversas aplicaciones.

Componentes Químicos del Cemento Portland:

***Tabla 1**: Componentes químicos del cemento portland*

Compuesto	Fórmula química	Abreviatura	Función
Silicato tricálcico (Alita)	$3CaO.SiO_2$	C_3S	Supone entre el 50% y el 70% del contenido de clinker. Es el encargado de generar una elevada resistencia temprana en el concreto. Su interacción con el agua suelta una gran cantidad de calor durante el proceso de hidratación. La rapidez de endurecimiento de la mezcla de cemento está directamente vinculada con la cantidad de calor liberado durante este proceso.
Silicato dicálcico (Belita)	$2CaO.SiO_2$	C_2S	Supone entre el 15% y el 25% del volumen total de clinker. Este elemento otorga al concreto su resistencia a largo plazo, ya que su fraguado es pausado y su endurecimiento es progresivo. Además, su desprendimiento de calor durante la hidratación es el más reducido entre los cuatro elementos principales del cemento.
Aluminato tricálcico (Ferrita)	$3CaO.Al_2O_3$	C_3A	Supone aproximadamente entre el 5% y el 15% del contenido total de clinker. Durante los primeros días de hidratación y endurecimiento, este componente libera una cantidad significativa de energía. El yeso, añadido durante el proceso de molienda, se combina con este componente para regular el tiempo de fraguado.
Ferro aluminato tetracálcico (Celita)	$4CaO.Al_2O.Fe_2O_3$	C_4AF	Supone entre el 5% y el 15% del volumen total de clinker. Aunque se hidrata rápidamente, su aporte a la resistencia es insignificante.

Fuente: *Enrique Rivva López* [25]

***Gráfico 1**:Porcentajes de contribución de los elementos en la composición del cemento*



Tipos:

- Cemento Portland NTP 334.009 / ASTM C150

Para adaptarse a diferentes aplicaciones, se requieren diversos tipos de cemento, cada uno con una composición específica [27], siempre y cuando cumplan la normativa NTP 334.009 [28].

***Tabla 2**:Tipos de cemento portland*

TIPOS	Especificación
TIPO I	Hace referencia al cemento estándar, comúnmente empleado en la edificación de viviendas, obras civiles, pavimentos y otros proyectos de albañilería que no demandan las particularidades o especificaciones particulares de otros tipos de cemento. Este componente convencional emite una mayor cantidad de calor durante su proceso de hidratación, por lo que se aconseja su utilización en áreas de clima frío.
TIPO II	Se trata de un tipo de cemento diseñado para ofrecer una resistencia moderada a los sulfatos, comúnmente presentes en aguas subterráneas y suelos. Esta cualidad lo convierte en una opción ideal para entornos con niveles de agresividad moderados, tales como puentes, muelles, tanques y tuberías, entre otros proyectos de infraestructura. Es importante destacar su baja generación de calor durante el proceso de hidratación y su alta resistencia, lo que contribuye significativamente a prolongar la vida útil de las estructuras construidas.
TIPO III	Se destaca por su alta resistencia inicial, lo que lo convierte en la elección ideal para proyectos donde se requiere que la estructura soporte cargas rápidamente o que se desmoldeen en pocos días. Es especialmente adecuado para su uso en climas fríos debido a su capacidad para generar una cantidad significativa de calor durante el fraguado. Sin embargo, no se recomienda su aplicación en vertidos masivos.
TIPO IV	Resulta ideal para proyectos que involucran grandes estructuras donde es crucial minimizar el aumento de temperatura para prevenir dilataciones, como en diques o presas. Esta cualidad se debe a su característica de fraguado lento y a su baja generación de calor durante la hidratación.
TIPO V	Se trata de un cemento con una notable resistencia a la corrosión provocada por sales, sulfatos y álcalis. Por ello, se recomienda especialmente para estructuras que estarán expuestas al agua de manera continua, tales como canales, alcantarillas, obras portuarias, acueductos y piscinas.

Fuente: *Flavio Abanto Castillo* [1]

- Cementos Adicionados NTP 334.090 / ASTM C595

Estas son combinaciones de cemento y materiales con propiedades puzolánicas, molidos juntos. Cada adición se reconoce como una letra y cada una de ellas respeta la

norma ASTM C595 [29], tal como lo manda ACI 237-07 [20]. En Perú, se producen los tipos IP, IPM, IS y ISM:

Tabla 3: *Tipos de cementos adicionados*

TIPOS	Especificación
IP	El cemento puzolánico IP es una amalgama de cemento Portland convencional y puzolanas, que pueden derivarse de cenizas volcánicas, arcillas calcinadas o ladrillos, otorgándole un distintivo tono rojizo. Este componente exhibe una mayor resistencia a los agentes químicos, genera menos calor y experimenta una menor dilatación, lo que lo convierte en una elección idónea para entornos cálidos. Además de estas cualidades, el cemento puzolánico IP se destaca por su robustez, durabilidad, excelente adherencia e impermeabilidad. Este componente tradicional desprende una mayor cantidad de calor durante su proceso de hidratación, por lo que se recomienda su uso en climas fríos.
IPM	Este es un tipo de cemento que ha sido enriquecido con puzolana en una cantidad que no excede el 15% del peso total.
IS	Este es un cemento al que se le ha incorporado entre un 25% y un 75% de escoria de altos hornos en comparación al peso total.
ISM	Este es un cemento que contiene menos del 25% de escoria de altos hornos en comparación con el peso total.

Fuente: *Enrique Rivva López* [25]

Calor de hidratación del cemento NTP 334.064:

La hidratación del cemento es el proceso mediante el cual este material reacciona al mezclarse con el agua, generando enlaces o estructuras cristalinas que lo convierten en un aglutinante efectivo. Los componentes principales del clinker incluyen el silicato tricálcico (C3S), el silicato dicálcico (C2S), el aluminato tricálcico (C3A), el ferroaluminato tetracálcico (C4AF), el óxido de magnesio (MgO), la cal libre (CaO) y los sulfatos de álcalis [30].

El calor de hidratación se define como la cantidad de calor en calorías por gramo de cemento deshidratado, generado después de una hidratación completa a una temperatura dada. Este proceso es exotérmico, lo que significa que los concretos, al fraguar o endurecer, experimentan un aumento de temperatura.

Tabla 4*: Calor liberado de hidratación*

Fases del Clinker	Fórmula	Velocidad de hidratación	Calor liberado de Hidratación	Desarrollo de resistencia
Silicato tricálcico	C_3S	Rápida	Alto (120 cal/g)	Rápido y prolongado
Silicato dicálcico	C_2S	Lenta	Bajo (62 cal/g)	Lento y muy prolongado
Aluminato tricálcico	C_3A	Rápida	Moderado (100 cal/g)	Lento y poco signitificativo
Ferro aluminato tetracálcico	C_4AF	Muy rápida	Muy Alto (207 cal/g)	Muy rápido y de corta duración

Fuente: *Flavio Abanto Castillo* [1]

Agregados / NTP 400.011

Los agregados, conjuntos de partículas de origen natural o artificial, deben cumplir con estándares específicos, con dimensiones dentro de los límites establecidos por la normativa [31]. Para el concreto autocompactante, se aplican los mismos requisitos que para el concreto tradicional [32]. Es crucial tener en cuenta las partículas de tamaño inferior a 0.125 mm como parte del contenido de finos, ya que influye en gran medida en el comportamiento reológico del concreto autocompactante [32]. Aunque el diámetro máximo típico de los agregados grandes en concreto autocompactante es de 20 mm, se han utilizado diámetros de hasta 40 mm en aplicaciones especiales [32].

Es crucial monitorear minuciosamente la humedad, capacidad de absorción de agua, clasificación y proporción de finos en los agregados para preservar la calidad del concreto autocompactante [32]. La forma y distribución del tamaño de las partículas del agregado también son cruciales, ya que afectan la compactación y los vacíos en el concreto [32]. Este control continuo asegura un rendimiento óptimo del concreto autocompactante en aplicaciones de construcción [31].

Clasificación de los agregados

La clasificación de los agregados según [33] abarca varios aspectos:

- Clasificación según su tamaño:

  Los agregados se dividen en fracciones de diferentes tamaños, desde fracciones de milímetros hasta varios centímetros en sección transversal. La fracción fina, con un diámetro inferior a 4.76 mm y no menor de 0.074 mm, se conoce como arena, mientras que la fracción gruesa, con un diámetro superior a 4.76 mm, se denomina agregado grueso o grava. La tabla proporciona nombres comunes para estas fracciones y su aptitud como agregados para concreto según su tamaño.

***Ilustración 1**: Clasificación según su tamaño*

Tamaño de las partículas en mm (pulg.)	Denominación más corriente	Clasificación	Clasificación como agregados para concreto
Inferior a 0.002	Arcilla	Fracción muy Fina	No recomendable
Entre 0.002 - 0.074 (No. 200)	Limo		
Entre 0.074 – 4.76 (No. 200) – (No. 4)	Arena	Agregado Fino	Material apto para producir concreto
Entre 4,76- 19.1 (No. 4) - (3/4")	Gravilla	Agregado Grueso	
Entre 19.1-50.8 (3/4")-(2")	Grava		
Entre 50.8- 152.4 (2") - (6")	Piedra		
Superior a 152.4 (6")	Rajón, Piedra bola		

Fuente: *Tomado de DIEGO SANCHES DE GUZMAN* [33]

- Clasificación según su procedencia:

  Los agregados se clasifican según su origen, ya sea natural o artificial. Los **agregados naturales** provienen de fuentes naturales como depósitos fluviales, glaciares o canteras de rocas y piedras. Pueden utilizarse en su estado natural o triturarse mecánicamente según las especificaciones requeridas. Los **agregados artificiales** se obtienen a partir de productos y procesos industriales como arcillas expandidas, escorias, clinker, limaduras de hierro, entre otros. Estos agregados pueden ser más ligeros o pesados que los ordinarios.

- Clasificación según su densidad:

  Se puede clasificar los agregados según su densidad, que depende de la cantidad de masa por unidad de volumen y del volumen de los poros. Esta clasificación es importante porque afecta la densidad del concreto que se desea producir, ya sea ligero, normal o pesado. La tabla proporciona más detalles sobre esta clasificación.

***Ilustración 2**: Clasificación según su densidad*

Tipo de Agregado	Peso unitario aprox. del concreto kg/m2	Peso unitario del agregado kg/m2	Ejemplo de utilización	Ejemplo de agregado
Ligero	400 - 800	60 - 480	Concreto para aislamientos	Piedra Pómez
	950 - 1350	480 – 1040	Concreto para rellenos y mampostería estructural	Perlita
	1450 - 2000		Concreto estructural	
Normal	2000 - 2500	1300 – 1600	Concreto estructural y no estructural	Canto Rodado Agregados de rio
Pesado	2500 - 5600	3400-7500	Concreto para protección contra radiación gamma o X	Piedra barita, magnetita

Fuente: *Tomado de DIEGO SANCHES DE GUZMAN* [33]

Características

- Agregado Grueso / NTP 400.037 /NTP 400.011

  El tamaño máximo del agregado grueso se define como el menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado grueso [34]. Este parámetro se establece mediante un análisis granulométrico y representa a la abertura del tamiz más pequeño de la serie que permite el paso del 100% del material. En la práctica, este tamaño máximo indica la dimensión de la partícula más grande presente en la masa de agregados, la cual debe ser acorde con las especificaciones y dimensiones requeridas para la estructura [33].

  El tamaño máximo nominal del agregado grueso se refiere al menor tamiz de la serie utilizado que retiene entre el 5 % y el 10 % del material. Este parámetro se define según las normas NTP 400.011 [31] y NTP 400.037 [34] y corresponde al tamiz que produce el primer retenido en ese rango porcentual.

  Para el concreto autocompactante, el tamaño máximo (TM) y el tamaño máximo nominal (TMN) del agregado grueso son parámetros críticos, ya que afectan la fluidez, la resistencia a la segregación y la capacidad de llenado del concreto, especialmente en secciones con alta congestión de refuerzo.

  Según la EFNARC (2005) [35] y la Norma ASTM C33/C33M [36], para concreto autocompactante se recomiendan los siguientes tamaños:

Tabla 5: *TMN recomendado para Concreto Autocompactante*

Condición de uso	Tamaño máximo nominal recomendado
Secciones con refuerzo denso	10 mm (3/8" apróx.)
Secciones moderadamente reforzadas	13 – 15 mm (1/2" apróx.)
Secciones sin congestión o prefabricadas	Hasta 20 mm (3/4" apróx.)

Ilustración 3*: Requisitos granulométricos del agregado grueso*

Tamaño máximo nominal	Porcentaje que pasa por los tamices normalizados													
	100 mm (4 pulg)	90 mm (3 ½ 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 (3/4 pulg)	12,5 mm (1/2 pulg)	9,5 mm (3/8 pulg)	4,75 mm (No. 4)	2,36 mm (No. 8)	1,18 mm (No. 16)	300 µm (No. 50)
90 mm a 37,5mm (3 ½ pulg a 1 ½ pulg)	100	90 a 100	...	25 a 60	...	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...	...
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	...	...	...	...	...	...
50 mm a 25,0 mm (2 pulg a 1 pulg)	...	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...
50 mm a 4,75 mm (2 pulg a No. 4)	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	...	0 a 5	...	...	...
37,5 mm a 19,0 mm (1 ½ pulg a ¾ pulg)	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	...	0 a 5	...	...	...	...
37,5 mm a 4,75 mm (1 ½ pulg a No. 4)	...	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	0 a 5	...	...	...
25,0 mm a 12,5mm (1 pulg a ½ pulg)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...	...	...	...
25,0 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	...	...	...
25,0 mm a 4,75mm (1 pulg a No. 4)	...	...	...	...	...	100	95 a 100	...	25 a 60	...	0 a 10	0 a 5	...	...
19,0 mm a 9,5 mm (3/4 pulg a 3/8 pulg)	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	...	...	...
19,0 mm a 4 mm (3/4 pulg a No. 4)	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	...	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...	...
12,5 mm a 4,75 mm (1/2 pulg a No. 4)	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	...	...
9,5 mm a 2,36 mm (3/8 pulg a No. 8)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	...
12,5 mm a 9,5 mm (1/2 pulg a 3/8 pulg)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5
4,75 mm a 1,18 mm (No. 4 a No. 16)	...	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

Fuente: *Tomado de NTP 400.037, 2018* [34]

- Agregado Fino / NTP 400.037 / NTP 400.011

Para determinar la distribución del **tamaño** de las partículas, se utiliza una serie de mallas normalizadas, incluyendo las mallas N°4, 8, 16, 30, 50 y 100 [34].

Tabla 6: *Límites granulométricos del agregado fino*

Tamiz	Porcentaje que pasa
9,5 mm (3/8 pulg)	100
4,75 mm (No. 4)	95 a 100
2,36 mm (No. 8)	80 a 100
1,18 mm (No. 16)	50 a 85
600 µm (No. 30)	25 a 60
300 µm (No. 50)	05 a 30
150 µm (No. 100)	0 a 10

Fuente: *Tomado de NTP 400.037, 2018* [34]

El cálculo del **módulo de fineza** se realiza sumando los porcentajes retenidos en una serie de mallas estándar [32]. Se establecen rangos de rechazo para el módulo de fineza: se rechaza la arena si el módulo es menor que 2 o mayor que 3.5. Además, se permite la corrección de la granulometría si el módulo está en el rango de 3.1 a 3.5 o de 2.0 a 2.3 [34].

$$MF = \frac{\sum \%Retenido\ acumulado(3{+}1\ 1/2 + 3/4" + 3/8" + Nª4 + Nª8 + Nª16 + Nª30 + Nª50 + Nª100)}{100}$$

Según las recomendaciones de **EFNARC (2005)** [35] y **ACI 237R-07** [20] , el agregado fino para un concreto autocompactante debe cumplir con las siguientes características:

Tabla 7: *Recomendación de Módulo de Finura para un Concreto Autocompactante*

Propiedad	Recomendación
Tamaño máximo	Generalmente ≤ **5 mm** (tamiz No. 4 o 3/16")
Distribución granulométrica	Preferiblemente continua y bien graduada
Módulo de finura (MF)	Entre **2.3 y 3.0** (idealmente entre 2.6 y 2.9)
Forma	Partículas redondeadas o subangulares (para mejorar fluidez)

Ensayos para los agregados

- ***Análisis Granulométrico / ASTM C 136 / NTP 400.037***

Finalidad

Determinar la distribución del tamaño de las partículas de los agregados, lo cual es esencial para diseñar mezclas bien graduadas que reduzcan vacíos, mejoren la trabajabilidad y minimicen la segregación [34].

Equipos y materiales

- Juego de tamices normalizados (serie ASTM/NTP)
- Balanza de precisión
- Horno (para secado previo de la muestra)
- Cepillo y bandeja metálica

Fórmulas

- Porcentaje retenido por tamiz

$$\%retenido = \frac{Peso\ retenido}{Peso\ total\ de\ la\ muestra} * 100$$

- Retenido acumulado

$$Retenido\ acumulado\ (\%) = \sum \%retenido\ por\ cada\ tamiz$$

- % que pasa

$$\%Pi = 100 - (\%acumulado\ retenido)$$

- ***Módulo de Finura (MF)***

Finalidad

Indica la finura o grosor del agregado, principalmente aplicado a agregados finos. Influye directamente en la dosificación de la mezcla y su trabajabilidad. Se utilizan los tamices: 3", 1½", ¾", ⅜", No. 4, 8, 16, 30, 50 y 100. [34].

Fórmulas

$$MF = \frac{\sum retenido\ acumulado(\%)\ en\ tamices\ estandarizados}{100}$$

Valores Típicos

- Arena fina: MF < 2.3
- Arena media: 2.3 – 3.0
- Arena gruesa: > 3.0

- ***Tamaño Máximo Nominal (TMN)***

Finalidad

Identificar el mayor tamaño de partícula dominante que influirá en la trabajabilidad, separación y diseño del concreto [31].

Criterio

El TMN es el **tamiz más pequeño por el cual pasa el 100 % del material**, y en el siguiente tamiz menor comienza a retenerse una cantidad significativa (5–15 %).

- **Ejemplo**: Si 100 % pasa por 1", pero el 12 % se retiene en ¾", el TMN es 1".

- ***Peso Unitario y Vacíos / ASTM C29 / NTP 400.017***

Finalidad

Evaluar la densidad aparente de los agregados y su porosidad, útiles para ajustar la relación árido-cemento [37].

Equipos y materiales:

- Cilindro metálico de volumen conocido
- Varilla metálica
- Balanza

Fórmulas:

- Peso unitario

$$Peso\ unitario\ (kg/m3) = \frac{Peso\ del\ agregado}{Volumen\ del\ recipiente}$$

- % de vacíos

$$\%\ de\ vacíos = \left(1 - \frac{Peso\ unitario}{Peso\ específico\ real * 1000}\right) * 100$$

- ***Absorción y Peso Específico / ASTM C127 – NTP 400.019 (Agregado Grueso) / ASTM C128 / NTP 400.018 (Agregado Fino)***

Finalidad:

Conocer la capacidad del agregado para absorber agua y su densidad relativa. Ambos parámetros son necesarios para ajustar el contenido de agua en el diseño de mezclas [37].

Equipos y materiales:

- Estufa
- Canastilla sumergible
- Tanque de agua
- Balanza con gancho

Fórmulas:

- Peso específico saturado y superficialmente seco (SSS):

$$PEsss = \frac{D}{A + B - C}$$

- Peso específico seco al horno:

$$PEseco = \frac{D}{D + B - C}$$

- Peso específico aparente:

$$PEaparente = \frac{D}{D + B - C - W}$$

- Porcentaje de absorción:

$$absorción\ \% = \left(\frac{A - D}{D}\right) * 100$$

Donde:

Tabla 8: *Nomenclatura para fórmulas de ensayo de Peso específico y absorción*

Descripción	Símbolo
Peso del agregado en estado SSS	A
Peso del frasco o picnómetro con agua	B
Peso del frasco con agua y agregado (SSS)	C
Peso del agregado seco al horno	D

- ***Ensayo de Sales Solubles / ASTM C1218 / NTP 339.182***

Finalidad:

Determinar la presencia de sales solubles como cloruros, sulfatos y nitratos, que pueden estar presentes en los agregados o en el agua de mezcla [37].

Equipos y materiales:

- Balanza analítica (precisión de 0.01 g)
- Matraces Erlenmeyer (250 mL)
- Agitador magnético o manual

- Solución patrón de nitrato de plata ($AgNO_3$) 0.02 N
- Solución de cromato de potasio (K_2CrO_4) al 5 % (indicador)
- Agua destilada
- Embudos y filtros
- Vidriería básica de laboratorio

Fórmulas:

- Determinación de cloruros (método de Mohr)

$$\%CI = \frac{(V * N * 35.45)}{W} * 100$$

Donde:

- ⇨ V: Volumen de $AgNO_3$ gastado (mL)
- ⇨ N: Normalidad de $AgNO_3$
- ⇨ 35,45: Peso equivalente del ion cloruro
- ⇨ W: Masa de la muestra seca (g)

- ***Ensayo de Contenido de Humedad / NTP 339.185***

Finalidad:

El ensayo de contenido de humedad en agregados tiene como objetivo determinar la cantidad de agua libre presente en el material, ya sea fino o grueso, en el momento de su uso. Este parámetro es fundamental en el diseño de mezclas de concreto, ya que afecta directamente la relación agua/cemento, la trabajabilidad, la resistencia y la durabilidad del concreto. Una medición precisa permite ajustar la cantidad de agua de mezcla y evitar problemas como segregación o pérdida de resistencia [37].

Equipos y materiales:

- Balanza de precisión (sensibilidad mínima de 0.1 g)
- Horno eléctrico o de secado (capaz de mantener 105 ± 5 °C)
- Recipientes metálicos o de porcelana resistentes al calor
- Espátula o cucharón
- Agregado (fino o grueso), en estado representativo del lote
- Pinzas y guantes resistentes al calor

Fórmulas:

$$\%\ de\ Humedad = \left(\frac{W_h - W_s}{W_s}\right) * 100$$

Donde:

- ⇨ W_h: Masa húmeda del agregado (g)
- ⇨ W_s: Masa seca del agregado (g)

Agua para el Concreto NTP 339.088

Los requisitos de calidad del agua para concretos autocompactantes son equivalentes a los del concreto convencional [38]. Según la Norma Técnica de Edificación E0.60 [39], el agua utilizada en la preparación y curado del concreto debe ser, preferiblemente, potable.

Solo se permite el uso de aguas no potables si cumplen con criterios estrictos, tales como estar libres de impurezas perjudiciales como aceites, ácidos, álcalis, sales, materia orgánica y otras sustancias que puedan dañar el concreto, el acero de refuerzo o los elementos embebidos [40].

Cualquier sal u otra sustancia nociva presente en los agregados y/o aditivos debe ser considerada junto con el contenido de sustancias no deseadas del agua de mezclado para evaluar el total de componentes perjudiciales en la mezcla [38].

Aditivos

Aditivos Plastificantes o Superplastificantes

Los aditivos superplastificantes son fundamentales en el SCC. Permiten **reducir la cantidad de agua** requerida sin afectar la fluidez, gracias a su capacidad de dispersar las partículas de cemento y mejorar la trabajabilidad. Se utilizan especialmente superplastificantes de última generación, como los basados en policarboxilatos, debido a su alto poder de reducción de agua y su acción sostenida en el tiempo.

- ➢ ***ADITIVO Z RR PLAST - 971***

Aditivo líquido polifuncional plastificante, reductor de agua con efecto retardante en el concreto especialmente en climas cálidos permitiendo un aumento en el tiempo de trabajabilidad, mayor durabilidad y reduce la contracción por fragua y la permeabilidad, además como plastificante proporciona a la mezcla del concreto un incremento en el asentamiento (slump) sin necesidad de agregar más agua. Tiene una densidad de 1.20 ± 0.05 g/cm³. Cumple con la Norma ASTM C - 494, Tipo A y D. No contiene cloruro.

Aplicación:

Como plastificante: Viene listo para ser agregado al agua del amasado, reducir proporcionalmente el agua según la cantidad de aditivo a usar.

Como reductor de agua: Puede reducir en un 15% a 20% el agua (opcional) de su diseño, manteniendo constante el asentamiento y logrando altas resistencias en todas las edades, obteniendo concretos impermeables.

Como superplastificante: Proporciona a la mezcla un incremento en el asentamiento sin necesidad de agregar más agua lo que permite concretos de alta resistencia y bombeables.

Rendimiento:

Como Plastificante: Usar de 0.30% a 1.30% del peso del cemento.

Como Superplastificante: Usar de 1.30% a 2.00% del peso del cemento.

Para el presente estudio, se está considerando emplear al aditivo como superplastificante debido a que:

1. Requisito de alta fluidez sin segregación

El concreto autocompactante necesita una **fluidez extrema** (slump-flow entre 650–800 mm) sin necesidad de vibración. Para lograr esto sin aumentar la relación agua/cemento (a/c), se requiere un aditivo de alto poder dispersante, es decir, **un superplastificante**.

2. Reducción drástica de agua

Un **plastificante** común solo reduce un 8–12% de agua, lo cual no es suficiente para un concreto autocompactante. En cambio, el Z RR Plast-971, como superplastificante de tercera generación (base policarboxilato), puede reducir el contenido de agua en un **25–35%**, lo que es fundamental para:

- Mantener la fluidez deseada.
- Mejorar la resistencia mecánica.
- Evitar segregación.

3. Control reológico del concreto autocompactante

Este tipo de aditivos controla la dispersión del cemento a nivel molecular, generando una mezcla más estable, cohesiva y fluida, justo lo que se busca en un SCC. Un plastificante convencional no logra este efecto.

4. Compatibilidad con fibras y fillers

El Z RR Plast-971, como superplastificante, permite mantener la fluidez adecuada incluso cuando se usan **fibras de sisal** o materiales finos adicionales, que aumentan la viscosidad del concreto.

Aditivos Modificadores de Viscosidad

Estos aditivos son opcionales pero recomendables, especialmente cuando existe riesgo de segregación o se emplean agregados de forma irregular. Su función principal es **aumentar la cohesividad** del concreto, sin reducir su fluidez, ayudando a mantener estable la mezcla durante el transporte y vaciado.

Criterio de selección de Aditivo

Para seleccionar la cantidad de aditivo, se tuvo en cuenta:

- Requisito de alta fluidez en el concreto autocompactante

El concreto autocompactante debe fluir por sí solo sin necesidad de vibración mecánica. Según **EFNARC (2005) y ACI 237R-07**, esto requiere una alta dispersión de partículas de cemento, lo cual se logra con un **superplastificante**.

- Efecto reductor de fluidez por la fibra de sisal
  Las fibras vegetales como el sisal:
  - Absorben agua, reduciendo la relación agua/mezcla efectiva.
  - Aumentan la viscosidad y pueden generar zonas secas o grumos.

Por eso, se necesita un mayor porcentaje de aditivo para compensar la pérdida de fluidez.

- Compatibilidad agua/aditivo en mezcla baja en agua
  En el concreto autocompactante, la relación agua/cemento suele ser baja (0.35–0.45), por lo que se requiere un superplastificante de alto rango para mantener trabajabilidad con menos agua.

El 1.50 % a 2.00 %es ideal en mezclas con bajo contenido de agua, permitiendo mantener cohesión sin segregar.

- Ensayos preliminares y resultados de slump Flow

En investigaciones similares, se ha demostrado que dosificaciones menores (1.0% o menos) pueden:

- Ser insuficientes para lograr fluidez adecuada en presencia de fibras
- Generar mezcla seca o con segregación parcial

En cambio, 1.5% garantiza una mezcla homogénea, fluida y estable, sin sangrado ni asentamientos diferenciales.

- ¿Por qué no menor a 1.50 %?

  Porque según las siguientes dosificaciones se tuvieron los siguientes resultados:

Tabla 9: *Resultados de prueba de dosificación por porcentaje de aditivo*

% de aditivo	Slump requerido (mm)	Slump resultado (mm)	% de efectividad
1.20%	600.00	200.00	33.33%
1.40%	600.00	367.00	61.17%
1.45%	600.00	426.00	71.00%
1.50%	600.00	502.00	83.67%

Por lo tanto, se optó por realizar pruebas de adición de aditivo hasta lograr el slump requerido de 600 mm, siendo el 1.63 % del volumen la cantidad adecuada.

Características del Concreto Autocompactante

Estado Fresco

El concreto autocompactante en su estado fresco presenta una serie de características notables que lo distinguen [20]:

- **Fluidez excepcional:** Con una fluidez excepcional, este tipo de concreto puede desplazarse fácilmente y llenar por completo cualquier forma o espacio sin requerir vibración externa.
- **Alta cohesión:** Su consistencia viscosa y pastosa junto a su alto grado de cohesividad garantiza una unión homogénea entre los componentes del concreto, evitando la segregación de los materiales durante su colocación.
- **Capacidad para alcanzar espacios difíciles**: Gracias a su fluidez y autonivelación, el concreto autocompactante puede llegar a lugares de difícil acceso y rodear armaduras de refuerzo de manera eficiente.

- **Autocompactación**: Una de sus cualidades más destacadas es su capacidad para compactarse por sí solo bajo su propio peso, eliminando la necesidad de vibración externa y facilitando su colocación, lo que a su vez reduce la mano de obra requerida.

En resumen, el concreto autocompactante en estado fresco se caracteriza por su excepcional fluidez, alta cohesión, capacidad para alcanzar espacios complicados y su habilidad única para compactarse por sí mismo, lo que lo convierte en una elección popular para una variedad de aplicaciones de construcción exigentes.

Estado Endurecido

El concreto autocompactante, una vez endurecido, ofrece una serie de cualidades distintivas que lo destacan como una elección versátil y confiable en la construcción [20]:

- **Resistencia mecánica**: Con una resistencia a la compresión y flexión comparable o superior al concreto convencional, el concreto autocompactante es ideal para estructuras que requieren una alta resistencia.
- **Durabilidad**: Gracias a su proceso de mezclado controlado y formulación precisa, este tipo de concreto es altamente duradero, resistente a los efectos de la intemperie, los ciclos de congelación y descongelación, así como a la abrasión, lo que lo hace adecuado para entornos adversos.
- **Estabilidad dimensional**: El concreto autocompactante experimenta una contracción mínima durante el secado, reduciendo significativamente el riesgo de grietas y deformaciones no deseadas en la estructura final.
- **Acabado superficial de alta calidad**: Sin necesidad de vibración, este concreto proporciona un acabado superficial uniforme y estéticamente atractivo, lo que lo convierte en una excelente opción para proyectos donde se valora la apariencia.
- **Adherencia al refuerzo**: La capacidad de fluir y llenar completamente los espacios alrededor del refuerzo garantiza una excelente adherencia al acero, lo que mejora la resistencia y durabilidad de las estructuras.

En resumen, el concreto autocompactante en su estado endurecido ofrece una combinación única de resistencia mecánica, durabilidad, estabilidad dimensional, acabado superficial de calidad y adherencia al refuerzo, lo que lo hace adecuado para una amplia variedad de aplicaciones constructivas exigentes.

Parámetros de Trabajabilidad

Las propiedades reológicas del concreto en su estado fresco juegan un papel crucial en la calidad, aspecto y eficiencia económica de la estructura final. La selección de materiales para el concreto no solo se centra en alcanzar la resistencia requerida, sino también en asegurar que el concreto fresco sea fácil de transportar [41], colocar, compactar y finalizar. Para ello debe cumplir los siguientes parámetros de trabajabilidad:

Cumplir con estos parámetros de trabajabilidad es esencial para garantizar que el concreto fresco se pueda colocar y compactar de manera eficiente, lo que resulta en una estructura final de alta calidad y durabilidad.

Capacidad de Relleno

Esta propiedad se refiere a la capacidad del concreto fresco para fluir y llenar completamente los encofrados y otros espacios dentro de la estructura, garantizando una distribución uniforme del material sin la formación de vacíos o huecos [27].

Resistencia a la Segregación

Es crucial que el concreto fresco tenga una buena resistencia a la segregación, lo que significa que los agregados gruesos y finos no se separan de la pasta de cemento durante la manipulación y colocación. Esto asegura una distribución homogénea de los materiales en toda la estructura [2].

Capacidad de Paso

Esta propiedad se refiere a la capacidad del concreto fresco para fluir a través de áreas estrechas o entre refuerzos de acero sin obstáculos, garantizando que todos los rincones y espacios de la estructura estén completamente llenos y compactados [27].

Cumplir con estos parámetros de trabajabilidad es esencial para garantizar que el concreto fresco se pueda colocar y compactar de manera eficiente, lo que resulta en una estructura final de alta calidad y durabilidad.

Aplicaciones

El uso del concreto autocompactante se extiende a una variedad de aplicaciones debido a sus características únicas, principalmente en elementos estructurales que tengan una alta densidad de aceros de refuerzo, ya que debido a su fluidez es capaz de rellenar los vacíos hasta de elementos con formas compleja, garantizando una distribución adecuada del

concreto alrededor del refuerzo, además de que no requiere de vibración. Esto garantiza la calidad y durabilidad de la construcción [42].

- **Fibra de Sisal (Agave Sisalana)**

En los últimos años, el empleo de fibras como elemento de refuerzo en el concreto ha experimentado un notable aumento en su aplicación y producción. Sin embargo, esta técnica no es novedosa en el ámbito de la construcción, ya que tiene sus raíces mucho antes de la llegada del cemento Portland y el concreto moderno. En épocas pasadas, se utilizaban materiales como pasto, hilos, varas e incluso pelo animal, que se consideraban agregados al adobe para prevenir fisuras y mejorar la resistencia a la tensión [10].

A medida que la tecnología de la industria de la construcción ha avanzado, se han desarrollado fibras de diversos materiales, especialmente diseñadas para resistir los efectos de los álcalis presentes en el concreto. Estos materiales incluyen polipropileno, polietileno, acero, carbono, entre otros [43].

Las funciones principales de estas fibras son:

- ❖ Reducir la formación de fisuras por asentamiento (revenimiento).
- ❖ Minimizar la fisuración causada por la contracción plástica.
- ❖ Disminuir la permeabilidad del concreto.
- ❖ Mejorar la resistencia a la abrasión y al impacto.

La Planta

La fibra de sisal [10] se extrae del Agave sisalana, originario de México. Esta planta resistente prospera en diversos climas cálidos, incluso en zonas áridas poco aptas para otros cultivos. El sisal puede ser cultivado en casi cualquier tipo de suelo, excepto en aquellos demasiado húmedos, salinos o arcillosos, y durante todo el año. La primera cosecha puede ser recolectada entre 2 y 2,5 años después de su siembra. Para los agricultores, presenta la ventaja de ser resistente a enfermedades y malezas, y requiere menos recursos que otros cultivos. Su mayor ventaja radica en su capacidad para crecer en climas secos, lo que reduce el riesgo de cosechas fallidas debido a la sequía [44].

Durante su período productivo, que oscila entre los 7 y 12 años, el sisal produce entre 180 y 240 hojas, dependiendo del lugar, la altitud, los niveles de precipitación y la variedad.

Las Fibras

Las fibras están dispuestas longitudinalmente dentro de las hojas, siendo más densas cerca de la superficie. Aunque las hojas retienen aproximadamente un 90% de humedad, la pulpa es bastante sólida y las hojas poseen una estructura rígida. Para evitar daños durante el proceso de limpieza posterior, es crucial extraer las fibras inmediatamente después de cortar las hojas, mientras aún están frescas. La extracción se lleva a cabo raspando el material pulposo, generalmente mediante un proceso de descortezado mecánico, y separándolo manualmente [45].

Después de la cosecha, las hojas son cortadas y comprimidas para separar la pulpa de las fibras. En promedio, la producción de fibras secas es de alrededor de una tonelada por hectárea, aunque en ciertas regiones de África Oriental puede llegar hasta las 2,5 toneladas.

Propiedades de las Fibras de Sisal

El sisal, siendo una fibra de origen vegetal, posee una serie de propiedades que lo hacen destacar como un material versátil y resistente:

- **Robustez y Rigidez**: El sisal es conocido por su resistencia y rigidez, lo que lo convierte en una fibra duradera y capaz de soportar cargas y tensiones considerablemente altas.
- **Sostenibilidad Ambiental**: Al ser de origen vegetal, el sisal ofrece la ventaja de ser un producto ecológico que no depende del petróleo para su producción, lo que lo convierte en una opción más sostenible y respetuosa con el medio ambiente.
- **Resistencia a Condiciones Ambientales Severas**: Esta fibra es capaz de resistir el contacto con agua salada y la exposición directa a los rayos UVA sin sufrir deterioro significativo, lo que la hace ideal para aplicaciones en exteriores o en entornos marinos.
- **Resistencia a Insectos y Bacterias**: El sisal es naturalmente resistente al ataque de insectos y organismos bacterianos, lo que prolonga su vida útil y lo hace adecuado para aplicaciones en las que se requiere resistencia a la degradación biológica.

En resumen, el sisal es una fibra que combina resistencia, sostenibilidad ambiental y capacidad para resistir condiciones ambientales adversas, lo que la convierte en una opción atractiva para una variedad de aplicaciones industriales y comerciales.

Propiedades del Concreto Reforzado con Fibras de Sisal

Según una investigación sobre la formulación de un concreto reforzado con fibras de sisal [7], se ha demostrado que estas fibras pueden mejorar significativamente varias propiedades del concreto [12]. Algunas de estas propiedades incluyen:

- La durabilidad del concreto incrementó hasta un 30%.
- La trabajabilidad del concreto mejoró en hasta un 20%.
- Aumentó la resistencia a la compresión en comparación con el hormigón convencional.
- Las vigas reforzadas (muestras) con fibras de sisal demostraron una excelente resistencia a la tracción.
- Se observó un aumento en el módulo de elasticidad del hormigón reforzado con fibras de sisal.
- La dureza del producto varió entre un 15% y un 30%.
- Ofreció una mayor resistencia al impacto, mejorando su capacidad de enfrentar fuerzas externas.
- Se recomienda un uso máximo de fibras de sisal de hasta el 2% por volumen del concreto.

Proceso de Extracción

- **Cosecha o Corte**: Se indica que la cosecha de las hojas de sisal se realiza entre los 2 años y medio y los 3 años de crecimiento de la planta. Se requiere que el área esté libre de malezas para facilitar el proceso. Se cortan entre 20 y 25 hojas en cada corte, dejando un margen de 5 centímetros. Se puede obtener un promedio de 50 a 70 hojas en el primer corte, y en los siguientes, se retiran alrededor de 30 hojas [45].
- **Transporte**: Se menciona que algunas empresas, como "Hamilton Rios Indústria Comércio e Exportação" en Brasil, utilizan burros para transportar las hojas de sisal. Estos burros pueden realizar entre 20 y 40 viajes al día, cargando entre 100 y 200 hojas, lo que equivale a 100 y 130 kg [32].
- **Desfibración**: Se describe el proceso de desfibración, que consiste en atar de 30 a 50 hojas para evitar accidentes, cortar las puntas y eliminar la pulpa de las fibras mediante un raspado mecánico. Se utilizan rotores raspadores accionados mecánicamente. Un operador maneja la máquina, mientras que dos auxiliares

ayudan a sacar la pulpa acumulada y a reabastecer al operador con más hojas [32].

- **Secado**: Las fibras desfibradas se colocan en tenderos de alambre galvanizado para secarse al sol durante 8 a 10 horas, hasta alcanzar una humedad media del 13,5%. Después de secarse, se atan en pequeños paquetes y se llevan al depósito para su almacenamiento. El rendimiento de la fibra seca es del 4% del peso total de la hoja [32].

Este proceso describe cada etapa en la producción del sisal, desde la cosecha hasta el secado de las fibras desfibradas para su almacenamiento.

Ventajas de su Uso

El sisal presenta varias ventajas significativas que lo hacen destacar como un material versátil y sostenible:

- **Resistencia**: Esta fibra es conocida por su notable resistencia y durabilidad, lo que la hace adecuada para aplicaciones donde se requiere un material robusto que pueda soportar cargas y tensiones.
- **Versatilidad**: El sisal se presta para ser utilizado en una amplia gama de productos y aplicaciones. Desde cuerdas y tejidos hasta productos de decoración y materiales de construcción, su versatilidad lo convierte en una opción popular en diversas industrias.
- **Sostenibilidad**: Como fibra natural, el sisal se cultiva de manera sostenible y renovable. Su producción no depende de recursos no renovables y puede contribuir a prácticas agrícolas responsables y al desarrollo económico de las comunidades agrícolas donde se cultiva.

Proceso de Mercerización

Las fibras de origen vegetal contienen en su estructura compuestos como la **lignina** y la **hemicelulosa**, los cuales poseen un alto contenido de humedad. Esta característica dificulta que los materiales compuestos reforzados con este tipo de fibras alcancen propiedades mecánicas óptimas. Esto se debe principalmente a que el agua interfiere con la polimerización de resinas como el poliéster insaturado, actuando como un inhibidor natural. Por esta razón, la presencia de dichos compuestos dentro de la fibra no es favorable [46].

Además, estos elementos no deseados incrementan el peso de las fibras —alrededor de un 10%— sin aportar beneficios funcionales al material final. En ciertos casos, al eliminar

estos componentes, las fibras pueden descomponerse en filamentos más delgados, lo cual incrementa su área superficial y mejora su interacción con la matriz del material [46].

Este proceso de eliminación también permite reducir la densidad de la fibra, lo que favorece el desempeño del compuesto. La remoción de lignina y hemicelulosa mejora la compatibilidad entre la fibra y la resina, resultando en un material con mejores propiedades mecánicas [46]. Por otro lado, el tratamiento con álcalis incrementa el contenido de celulosa amorfa al romper enlaces de hidrógeno presentes en la estructura de la red celulósica.

Finalmente, los tratamientos con grupos acetil reaccionan con los grupos hidroxilo de la fibra, eliminando la humedad contenida. Esto reduce su carácter hidrofílico y mejora la estabilidad dimensional del material [46].

- ***Equipos y Materiales:***
  - **Equipos**
    - Estufa
    - Cocina eléctrica
    - Balanza digital (+- 0.1 g.)
  - Materiales
    - Olla
    - Caja de guantes quirúrgicos
    - Tupper
    - Cooler
  - Instrumentos
    - Termómetro (+-0.1°C)
    - pHmetro
  - Insumos
    - Agua destilada
    - Alcohol 96°
    - Hidróxido de sodio (NaOH)
    - Ácido acético

Beneficios Ambientales

El sisal [10] representa un recurso renovable fundamental en la lucha contra el cambio climático, ya que durante su ciclo de vida absorbe más dióxido de carbono del que emite. Durante su proceso de producción, genera principalmente desechos orgánicos y residuos de

hojas, los cuales pueden ser aprovechados para generar bioenergía, así como para la producción de pienso, fertilizantes y materiales para viviendas sostenibles. Al llegar al final de su vida útil, el sisal es completamente biodegradable, una característica que lo distingue de las fibras sintéticas. Además, las plantas de sisal cuentan con un sistema de raíces extenso que contribuye a prevenir la erosión del suelo, promoviendo así la conservación de los suelos y el manejo sostenible de las cuencas hidrográficas. Cuando se utilizan como cercas, estas plantas actúan como barreras naturales que protegen las tierras de cultivo y los bosques contra la intrusión de animales depredadores.

Criterios de selección de porcentajes de adiciones

Para seleccionar los distintos porcentajes de fibra, se tuvieron en cuenta

Tabla 10: *Criterios para selección de % de fibra de sisal*

Tesis / Estudio	% fibra sisal	Puntos evaluados	Objetivos	Resultados principales
Caracterización mecánica del concreto adicionando fibras de sisal (Óscar Huamán Ticlla)	1 %, 2 %, 3 %, 4 % volumétrico	Resistencia a compresión, tracción, flexión, módulo de elasticidad a 7, 14 y 28 días	Determinar el porcentaje óptimo de sisal para mejorar propiedades mecánicas en concretos de 210 y 280 kg/cm²	Óptimo: 2 % en compresión; 3 % en tracción; 1 % en flexión; módulo: 1 % (210 kg/cm²), 2 % (280 kg/cm²)
Investigating the Effect of Sisal Fibre Content on Durability Properties of Lightweight Foamed Concrete	0.2 %, 0.4 %, 0.6 %, 0.8 % peso	Shrinkage, velocidad de pulso ultrasónico (UPV), porosidad, absorción de agua	Evaluar cómo el sisal afecta propiedades de durabilidad en concreto ligero	0.6 % de fibra fue óptimo: mejor balance entre contracción, porosidad, UPV y absorción de agua
Studies on Properties of Sisal Fiber Reinforced Self Compacting Concrete (IJRASET, 2021)	0 %, 0.5 %, 1 %, 1.5 % (longitudes 5, 10 y 20 mm)	Control de flujo, resistencia a compresión y flexión a 28 d	Evaluar influencia de sisal y ceniza volante en SCC M30	Mejora mecánica óptima entre 1-1.5 %; trabajabilidad aceptable con superplastificante
Mechanical Performance of Sisal Fibre-Modified SCC (Garba et al., 2025)	0 %, 0.25 %, 0.5 %, 0.75 %, 1 % (volumen)	Fluidez (slump flow, L-box, V-funnel), compresión y tracción	Determinar efecto volumétrico en SCC con w/c 0.35	Óptimo al 0.25 %: 17.31 MPa compresión y 4.39 MPa tracción a 28 días
Degradation Study on Sisal Fibre-Reinforced SCC		Propiedades frescas, compresión, flexión e impacto	Analizar degradación y comportamiento estructural	Confirmó cambios en FTIR y comportamiento mecánico adecuado tras tratamiento
Experimental Investigation of Sisal Fibre Reinforced SCC (Balaji & Umamaheswari, 2022)	0.5 %, 1 %, 1.5 %, 2 %	Fluidez, compresión, tracción y flexión a 7 y 28 días	Evaluar rendimiento mecánico en SCC M50 con sisal	Aumentos moderados en compresión y flexión; disminución de trabajabilidad conforme crece %
A Sustainable Revolution in Sisal Fiber with Enhanced Mechanical… (Open Civil Engineering Journal, 2024)	2 %	Compresión, flexión y pruebas de durabilidad (ataque ácido)	Comparativa entre concreto convencional y sisal	+9.6 % compresión (29.5 MPa vs 27 MPa), +34 % en flexión; mejor resistencia en durable tests
Self-Compacting Concrete Reinforced with Sisal Fibres	No especificado (varios %)	Propiedades en estado fresco y endurecido, resistencia a tracción, ductilidad, comportamiento al agrietarse	Analizar la influencia del sisal en la trabajabilidad y comportamiento mecánico del SCC	Mejora de la ductilidad, mayor resistencia a tracción y menor tendencia al agrietamiento en SCC con sisal

- ***Resumen de resultados***
  - Porcentaje de fibras: va desde 0.25 % hasta 2 %, con óptimos típicos entre **0.25–1.5 %** dependiendo de la propiedad evaluada.
  - Puntos evaluados:
    - Fluidez y capacidad de paso en estado fresco.
    - Propiedades mecánicas en estado endurecido.

- Resistencia a impacto y degradación química o ambiental.

- Objetivos: encontrar la proporción que maximice resistencia y ductilidad sin comprometer trabajabilidad.

- Resultados:

  - Mejoras mecánicas significativas (~2.0–3.0 %).

  - Máximo rendimiento a bajo % (~0.25–0.6 %) para trabajabilidad.

  - Entre 1–2 % útil para incremento de durabilidad y comportamiento post-fisuración.

➢ ***Porcentaje elegido***

Tabla 11: *Porcentaje elegido de fibra de sisal*

VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	INSTRUMENTO	UNIDAD
Fibra de sisal	Se procederá a pesar y a separar en las siguientes partes: 0% (Muestra Patrón) , 0.50% del peso del cemento, 1.25% del peso del cemento y 2.00% del peso del cemento para luego ser mezclados.	Peso	Recipiente, balanza	%

- **<u>Ensayos para el Concreto Autocompactante</u>**

Estado Fresco:

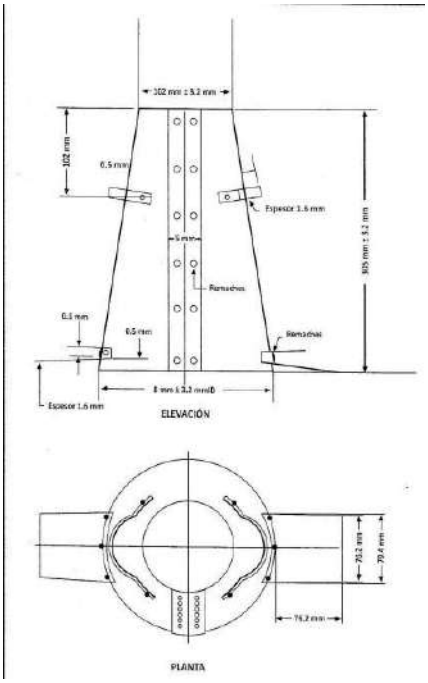
❖ ***Ensayo de Fluidez (Slump Flow) / ASTM: C1611***

Finalidad:

El ensayo de fluidez, también conocido como Slump Flow, tiene como objetivo determinar la capacidad de flujo libre del concreto autocompactante bajo su propio peso, sin necesidad de compactación mecánica. Este ensayo permite evaluar la deformabilidad horizontal del concreto en estado fresco y su capacidad de llenar moldes o encofrados, lo cual es crítico para asegurar un buen comportamiento en obras con alta densidad de refuerzo. Este parámetro es especialmente importante cuando se incorporan fibras naturales como el sisal, ya que estas pueden modificar la reología de la mezcla, afectando su fluidez [47].

Equipo:

Ilustración 4: *Cono de Abrams*



Fuente: *Dimensiones del cono de Abrams -Niño Hernández. J. Tecnología del concreto Tomo 1* [47]

Parámetros de Asentamiento:

Tras levantar verticalmente el cono lleno de concreto fresco:

- El concreto fluye libremente formando un círculo.
- Se mide el diámetro de la expansión en dos direcciones perpendiculares, y se promedia.

Tabla 12: *Parámetros de asentamiento*

Clasificación del flujo	Diámetro de Slump Flow (mm)	Interpretación
Muy bajo	< 550 mm	Fluidez insuficiente (no es SCC)
Aceptable para SCC	650 – 800 mm	Fluidez adecuada sin segregación
Excesivo	> 800 mm	Riesgo de segregación

- Una mezcla de fluidez adecuada debe lograr un slump flow entre 650 y 750 mm.
- Valores inferiores indican mezcla demasiado viscosa o falta de superplastificante.

- Valores superiores a 800 mm podrían señalar exceso de aditivo o riesgo de exudación y segregación.

❖ ***Ensayo de Tiempo T500 / ASTM C1611***

Finalidad:

El ensayo de tiempo T500 evalúa la viscosidad aparente del concreto autocompactante (SCC) en estado fresco. Es una medida indirecta del tiempo que tarda el concreto en alcanzar un diámetro de 500 mm desde el momento en que se levanta el cono de Abrams en el ensayo de fluidez.

Este parámetro complementa al Slump Flow, ya que mientras el diámetro indica la capacidad de deformarse, el T500 refleja la velocidad con la que ocurre esa deformación, lo que está relacionado con la viscosidad y cohesión de la mezcla.

Parámetros de evaluación:

Tabla 13: *Parámetros para Ensayo T-500*

Tiempo T500 (s)	Interpretación de la viscosidad
< 2 s	Muy baja viscosidad (riesgo de segregación)
2 – 5 s	Viscosidad adecuada (rango ideal para SCC)
> 6 s	Alta viscosidad (riesgo de mezcla muy densa, poco fluida)

❖ ***Ensayo de Anillo J o J-Ring / ASTM C1621***

Finalidad:

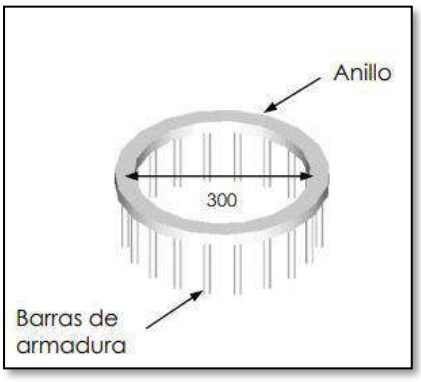
El ensayo de Anillo J (J-Ring) evalúa la capacidad de paso del concreto autocompactante a través de obstáculos, simulando la presencia de refuerzo en estructuras.

Se utiliza para identificar si la mezcla mantiene su fluidez y cohesión al atravesar espacios angostos sin bloquearse ni segregar.

Este ensayo es especialmente relevante en mezclas que contienen fibras vegetales como el sisal, ya que estas pueden obstaculizar el flujo o generar acumulaciones de material [48].

Equipo:

Ilustración 5: *Anillo en J*



Fuente: *Dimensiones Anillo en J - M. Bravo Sobrino, Caracterización y utilización del hormigón autocompactable* [48]

Parámetros de evaluación:

Se pueden evaluar dos aspectos:

1. Diámetro de flujo con anillo J

Se mide el diámetro final del concreto que fluyó a través del anillo.

2. Diferencia de altura (altura interna vs. externa)

Se mide la altura del concreto dentro del anillo (H1) y fuera del anillo (H2), después del flujo.

$$\Delta H = H1 - H2$$

- Si $\Delta H \leq 10$ mm → buena capacidad de paso
- Si $\Delta H > 10$ mm → posible bloqueo o fricción interna excesiva

3. Comparación con Slump Flow libre (sin anillo)

$$\Delta D = \text{Slump Flow libre} - \text{Diámetro con J-Ring}$$

- Si $\Delta D \leq 50$ mm → excelente capacidad de paso
- Si $\Delta D > 50$ mm → mezcla con restricciones de flujo

❖ *Ensayo de Caja en L / UNE-EN 12350-10*

Finalidad:

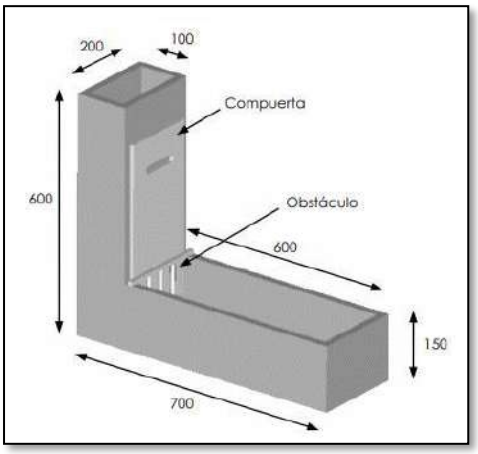
El ensayo de Caja en L (L-Box) tiene como objetivo evaluar la capacidad de paso del concreto autocompactante al fluir a través de obstáculos horizontales, simulando las condiciones reales que ocurren en encofrados densamente armados.

Este ensayo permite observar si el SCC puede moverse libremente sin segregación ni bloqueo al atravesar elementos similares a refuerzos de acero.

En mezclas modificadas con fibras naturales como el sisal, el ensayo es esencial para verificar que las fibras no interfieran con la fluidez o provoquen acumulaciones indeseadas [48].

Equipo:

Ilustración 6: *Caja en L*



Fuente: *Dimensiones Caja en L - M. Bravo Sobrino, Caracterización y utilización del hormigón autocompactable* [48]

Parámetros de evaluación:

Relación H2 / H1

Esta relación representa la **capacidad de paso** del concreto:

Tabla 14: *Parámetros para ensayo "Caja -L"*

H2 / H1 (Relación)	Interpretación
≥ 0.80	Buena capacidad de paso
0.60 – 0.79	Capacidad de paso moderada
< 0.60	Bloqueo probable; flujo deficiente

- **H2**: altura final del concreto en el brazo horizontal
- **H1**: altura inicial del concreto en el brazo vertical

También se puede evaluar segregación visual, obstrucciones y retención de fibras.

❖ *Ensayo de Embudo en V / UNE-EN 12350-9*

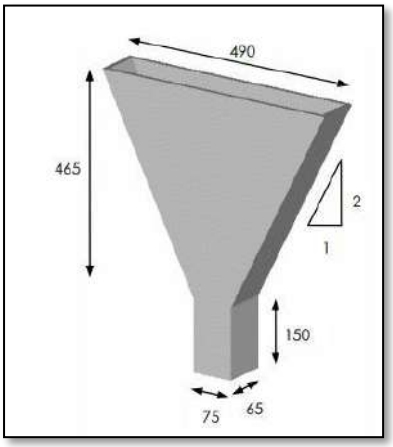
Finalidad:

El ensayo de Embudo en V permite medir la viscosidad aparente del concreto autocompactante en estado fresco. Evalúa el tiempo que tarda la mezcla en fluir por gravedad a través de una abertura estrecha (embudo), lo cual está directamente relacionado con su fluidez y cohesión interna.

Este ensayo es especialmente relevante para mezclas con fibras naturales como el sisal, ya que estas pueden aumentar la resistencia al flujo y modificar el comportamiento reológico del concreto.

Equipo:

Ilustración 7: *Embudo en V*



Fuente: *Embudo V triangular - M. Bravo Sobrino, Caracterización y utilización del hormigón autocompactable* [48]

Parámetros de evaluación:

Tabla 15: *Parámetros para ensayo "Embudo - V"*

Tiempo de Flujo (s)	Interpretación del Comportamiento
6 – 12 s	Fluidez adecuada para SCC
< 6 s	Mezcla muy fluida, riesgo de segregación
> 12 s	Mezcla muy viscosa, riesgo de bloqueo o falta de llenado

- El tiempo de paso óptimo para concreto autocompactante con buena cohesión se sitúa entre 8 y 12 segundos.
- Tiempos mayores indican mezcla lenta, posiblemente por exceso de finos o fibras.
- Tiempos muy bajos pueden revelar mezclas sobreplastificadas o inestables.

❖ ***Peso Unitario / NTP 339.046 / ASTM C138***

Finalidad:

En términos simples, el peso unitario se define como la densidad total de un agregado, obtenida al dividir su masa en estado seco (en un nivel específico de consolidación o compactación) por el volumen que ocupa, tomando en cuenta tanto los espacios de aire entre partículas como la absorción de agua. Se suele expresar en libras por pie cúbico (lbf/pie³) o kilogramos por metro cúbico (kg/m³) [49].

Fórmulas:

- Para determinar Peso unitario: $\gamma = \frac{W}{V}$

Donde el peso unitario (γ), expresado en (kg/m^3) es igual a la diferencia del peso de la tara más el concreto con solo el peso de la tara, todo esto expresado en (kg); divido entre el volumen de la tara, expresado (m^3), obteniendo lo siguiente:

$$Peso\ unitario\ (kg/m^3) = \frac{(Peso\ tara + concreto) - peso\ tara}{volumen\ tara}$$

Parámetros de evaluación:

Tabla 16: *Parámetros para ensayo "Peso Unitario"*

Valor típico del peso unitario	Interpretación
2,300 – 2,500 kg/m³	Rango normal de concreto convencional y SCC
> 2,500 kg/m³	Concreto denso (posiblemente con agregado pesado)
< 2,300 kg/m³	Ligera pérdida de masa (posible exceso de aire, aditivos, fibras en exceso)

Cambios en este valor pueden alertar sobre mezclas inestables, presencia de aire atrapado, o exceso de fibras de sisal que aumenten la porosidad.

❖ *Medición de Temperatura de la Mezcla / NTP 339.184 / ASTM C1064*

Finalidad:

La temperatura es un factor importante en la calidad del concreto, ya que influye en su comportamiento. Cuando el concreto tiene una temperatura inicial alta, es probable que exhiba una resistencia superior a la normal en etapas tempranas, pero menor en etapas tardías, lo que puede disminuir su calidad final. En cambio, el concreto vertido y curado a bajas temperaturas adquirirá su resistencia de forma más lenta, pero finalmente alcanzará una resistencia superior y una calidad mejorada. Controlar la temperatura del hormigón dentro de los rangos adecuados es esencial para prevenir inconvenientes tanto a corto como a largo plazo. En una evaluación de diferentes concretos, es crucial que la temperatura de todas las mezclas de cada tipo de concreto sea lo más similar posible [50].

Parámetros de evaluación:

Tabla 17: *Parámetros para ensayo de "Temperatura"*

Temperatura del concreto	Recomendación / Interpretación
10 – 30 °C	Rango óptimo para colocación
< 10 °C	Ralentiza el fraguado y reduce resistencia temprana
> 30 °C	Riesgo de pérdida rápida de trabajabilidad y fisuración por secado

- Temperaturas **altas** aumentan la **velocidad de hidratación** del cemento y pueden **acortar el tiempo de fluidez** del SCC.
- Temperaturas **bajas** pueden causar **flujo lento, pérdida de cohesión** y riesgo de **retención de agua por las fibras**.

❖ *Contenido de Aire por Método a Presión / NTP 339.083 / ASTM C231*

Finalidad:

Este ensayo evalúa el contenido de aire en una mezcla, excluyendo el aire presente en los poros de los agregados. El contenido de aire en el concreto es crucial, ya que puede afectar su resistencia a largo plazo. Por esta razón, es fundamental considerarlo en el diseño de la mezcla para anticipar y tratar los vacíos de la mejor manera posible [51].

Parámetros de evaluación:

Tabla 18: *Parámetros para ensayo "Contenido de Aire por Método a Presión"*

Contenido de aire (%)	Interpretación
1 – 3 %	Bajo contenido, adecuado para concreto estructural en clima templado
4 – 6 %	Óptimo para mejorar durabilidad frente a ciclos térmicos
> 6 %	Puede afectar resistencia y estabilidad, requiere justificación

- En el **concreto autocompactante**, el contenido de aire suele mantenerse **entre 1.5 y 4.5 %** para garantizar **estabilidad sin pérdida de resistencia**.
- Con **fibras naturales como el sisal**, se pueden formar **microburbujas o vacíos internos**, aumentando el contenido de aire aparente

Estado Endurecido:

❖ ***Resistencia a la Compresión / NTP 339.034 / ASTM C39-2005***

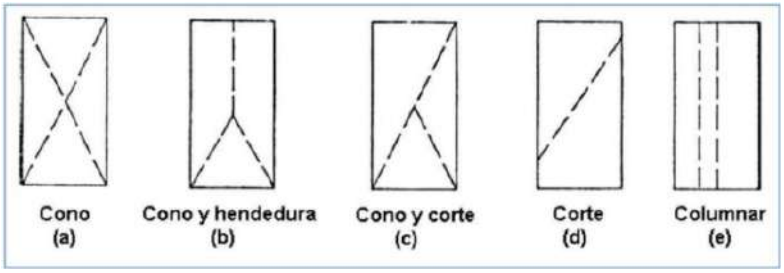
Finalidad:

Los ensayos de compresión se emplean para analizar cómo una muestra de prueba (generalmente con forma cilíndrica) se comporta bajo cargas de aplastamiento. Usualmente, se aplica presión de compresión utilizando placas o accesorios especializados en una máquina de ensayos universal. Durante la prueba, se calculan y registran varias propiedades de la muestra y se grafican en un diagrama de tensión-deformación. Este gráfico se emplea para establecer propiedades como el límite elástico, límite de fluencia, deformación crítica, y la resistencia a la compresión. [52].

Tipos de falla:

Se obtiene una vez que la muestra de prueba llegó a su rotura. Los tipos de falla son los siguientes:

Ilustración 8: *Tipos de falla*



Fuente: *Manual de ensayo de materiales* [53].

Equipos:

- Máquina de ensayo a compresión

Ilustración 9: *Máquina de compresión*



Fuente: *Tomado de IBERTEST* [54]

Cálculos:

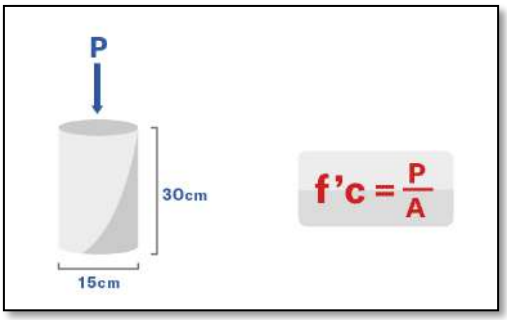
- Con la siguiente fórmula:

$$f'c = \frac{P}{A}$$

Donde:

- $f'c$ = resistencia a la compresión (Mpa o kg/cm^2).
- P = carga máxima aplicada (N o kgf).
- A = área transversal del cilindro.

Ilustración 10: *Fórmula para determinar resistencia a la compresión*



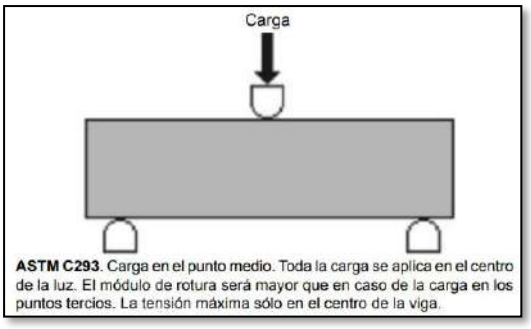
Fuente: *Tomado de CEMEX* [55]

❖ *Resistencia a la Flexión / NTP 339.059 / ASTM C 42*

Finalidad:

La resistencia a la flexión del concreto mide su capacidad para resistir la tracción. Se evalúa la resistencia a la falla por momento de vigas o losas de concreto sin refuerzo. Usualmente, se desarrollan pruebas utilizando vigas de concreto con dimensiones de 6 x 6 pulgadas (150 x 150 mm) y una longitud de al menos tres veces su grosor. Esta capacidad de resistencia se indica como el Módulo de Ruptura (MR) en libras por pulgada cuadrada (MPa) y se establece mediante los procedimientos de ensayo ASTM C78 (carga en puntos de tercio) o ASTM C42 (carga en el punto medio) [56].

Ilustración 11: *Carga aplicada en el punto medio de la viga*

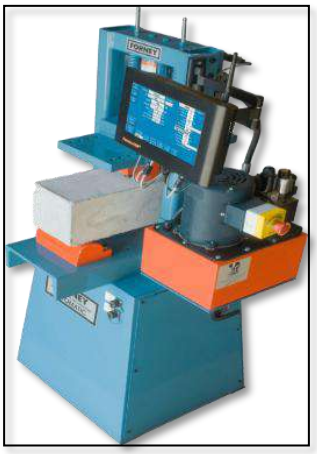


Fuente: *Tomado de CIP 16 – Resistencia a la flexión del concreto* [57]

Equipos:

- Máquina de ensayo de flexión

Ilustración 12: *Máquina de ensayos a flexión*



Fuente: *Tomado de FORNEY* [58]

Cálculos:

El módulo de rotura se determina de la siguiente manera:

$$R = \frac{3Pl}{2bd^2}$$

Donde el módulo de rotura (R), expresado en (Mpa, Psi) es igual al doble del triple del producto de la máxima carga aplicada indicada por la máquina de ensayo (P), en ($N\ o\ lbf$), por la longitud de la luz (l), en ($mm\ o\ plg$), dividido entre el doble del ancho promedio de la muestra en el punto de fractura (b), en ($mm\ o\ plg$), y por el cuadrado de la altura promedio de la muestra (d), en ($mm\ o\ plg$) [37].

❖ *Ensayo de Tracción Indirecta / ASTM C496*

Finalidad:

La finalidad principal de este ensayo es:

- Determinar la resistencia a la tracción del concreto de manera indirecta.
- Evaluar la capacidad del concreto endurecido para resistir esfuerzos de tracción provocados por cargas transversales.
- Estudiar la eficacia de materiales como fibras naturales (sisal) para mejorar la ductilidad y control de fisuración del concreto.
- Apoyar el diseño estructural en componentes donde el concreto está sometido a tensiones indirectas, como losas, muros o elementos prefabricados.

Cálculos:

- Con la siguiente fórmula:

$$f_t = \frac{2 * P}{\pi * L * d}$$

Donde:

- f_t = resistencia a la tracción indirecta (Mpa o kg/cm^2).
- P = carga máxima (N o kgf).
- L = longitud del cilindro (mm).
- d = diámetro del cilindro (mm).

Parámetros de Evaluación:

Tabla 19: *Parámetros de evaluación para ensayo "Tracción Indirecta"*

Parámetro	Descripción	Unidad
Carga máxima aplicada (P)	Carga total al momento de la rotura del espécimen	Newtons (N)
Diámetro del cilindro (D)	Medido antes del ensayo	mm
Longitud del cilindro (L)	Longitud efectiva del espécimen	mm
Resistencia a la tracción (f_t)	Calculada con la fórmula: $ft=2P/\pi \cdot L \cdot D$	MPa
Modo de falla	Observación visual: fractura limpia, con fisuras múltiples o adherencia deficiente	Cualitativo

❖ *Ensayo de Módulo de Elasticidad / ASTM C 469*

Finalidad:

El módulo de elasticidad estático (E) representa la relación entre el esfuerzo y la deformación en la parte lineal de la curva carga-deformación del concreto sometido a compresión axial. Este parámetro es fundamental para [59]:

- Evaluar la rigidez del concreto endurecido
- Determinar su capacidad para deformarse elásticamente sin sufrir daño permanente
- Diseñar estructuras con requisitos específicos de servicio, deflexión y vibraciones
- Comparar la influencia de aditivos o fibras (como la fibra de sisal) sobre la ductilidad o rigidez del concreto autocompactante

Cálculos:

- Con la siguiente fórmula:

$$E = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\varepsilon_2 - \varepsilon_1}$$

Donde:

- σ = esfuerzo = $\frac{P}{A}$ (Mpa).
- ε = deformación unitaria.
- Valores comunes:
  - ε_1 = 0.00005
  - ε_2 = 0.0003

Parámetros de Evaluación:

Tabla 20: *Parámetros de Evaluación para ensayo Módulo de Elasticidad*

Parámetro	Descripción	Unidad
Carga máxima aplicada (P)	Carga hasta 40% de la resistencia a compresión	Newtons (N)
Deformación unitaria (ε)	Relación entre alargamiento y longitud original	με o sin unidad
Esfuerzo (σ)	Carga por unidad de área	MPa
Módulo de elasticidad estático (E)	Pendiente de la recta esfuerzo-deformación entre 0.05 f'c y 0.40 f'c	MPa
Relación esfuerzo-deformación	Forma de la curva, comportamiento lineal o no lineal	Gráfico

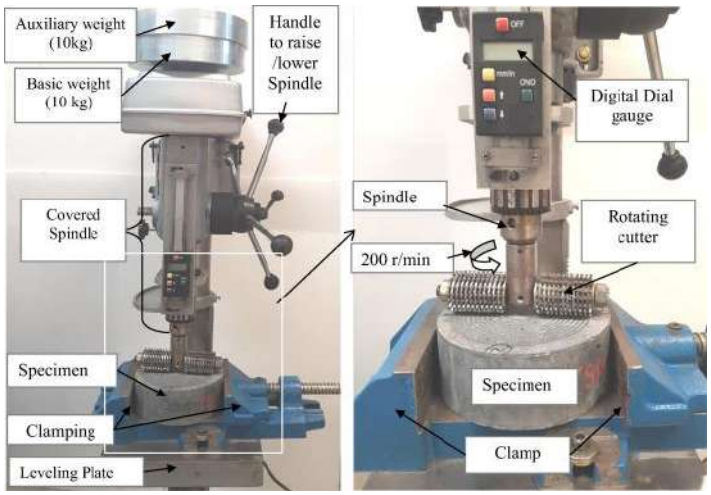
- ***Ensayo de Resistencia a la Abrasión en Superficies de Concreto por el Método de Corte Rotativo / ASTM C 944 – 99***

Finalidad:

El ensayo ASTM C944-99 tiene como finalidad evaluar la resistencia al desgaste por abrasión de la superficie del concreto endurecido mediante un disco abrasivo rotatorio. Este método simula el desgaste mecánico que sufre el concreto en condiciones reales de uso, como en pisos industriales, rampas, escaleras, pavimentos y zonas de alto tránsito peatonal o vehicular. También es útil para comparar la resistencia superficial entre distintas mezclas de concreto (como el concreto autocompactante con y sin fibras) [60].

Equipo:

Ilustración 13: *Dispositivo de abrasión rotatorio*



Parámetros de Evaluación:

Tabla 21: *Parámetros de Evaluación para ensayo "Resistencia a la abrasión"*

Parámetro	Valor/Recomendación según norma
Velocidad de rotación	200 ± 10 revoluciones por minuto (rpm)
Duración del ensayo	2 minutos por punto de ensayo
Carga vertical	98 ± 1 Newton (equivalente a ~10 kgf)
Profundidad de desgaste	Se mide en milímetros (mm), con un micrómetro
Número de puntos	Mínimo 3 ubicaciones por muestra, se promedia el resultado final

Cuanto menor sea la profundidad o pérdida, mayor será la resistencia a la abrasión del concreto.

- **Segregación y Contracción por Secado**

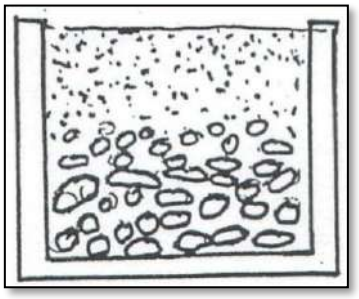
Segregación

La segregación del concreto se refiere a la distribución no uniforme de sus partículas, resultante de la separación de sus componentes después del amasado. Esto puede ocasionar defectos como porosidad y coqueras en la estructura final. Además, la segregación puede conducir a superficies mal acabadas y, si hay un exceso de mortero, a una reducción en la durabilidad y resistencia del concreto [61].

Un tipo particular de segregación es la exudación, que ocurre cuando el agua se eleva hacia la superficie del concreto debido a que los agregados no pueden retenerla durante el proceso de compactación.

Solo cuando los agregados están uniformemente distribuidos tanto vertical como horizontalmente en la mezcla, podemos afirmar que el concreto tiene una buena resistencia a la segregación [2].

Ilustración 14: *Esquema de la segregación en un concreto*



Fuente: *Tomado de SOLARBLOC* [61]

- ***Causas Comunes de la Segregación:***

Tabla 22: *Causas comunes de Segregación*

Causa	Efecto
Exceso de agua (relación a/c alta)	Flotación de la pasta y hundimiento de áridos
Curva granulométrica deficiente	Pérdida de cohesión interna
Aditivos mal dosificados	Inestabilidad reológica
Falta de finos o filler	Menor viscosidad y cohesión
Manipulación inadecuada (altura de vertido, vibrado excesivo)	Flujo descontrolado y separación

- ***Efectos de la Segregación:***

La segregación en el concreto puede tener varios efectos, entre ellos:

1. Mayor susceptibilidad a fugas, corrosión y carbonatación:

Cuando la mezcla de concreto se segrega, puede producirse la formación de huecos, lo que puede aumentar la permeabilidad del concreto. Esto puede hacer que el concreto sea más susceptible a la penetración de agua, lo que puede provocar la corrosión del refuerzo y la carbonatación del cemento.

2. Formación de grietas en el hormigón:

La segregación también puede provocar la formación de grietas en el concreto, lo que puede reducir significativamente la durabilidad y la vida útil de la estructura. Estas grietas pueden producirse debido a la distribución desigual de los áridos y pueden debilitar y perder estabilidad en la estructura.

3. Reducción de la resistencia del hormigón:

La segregación también puede provocar la formación de zonas débiles en el concreto, lo que resulta en una reducción de la resistencia general. Las zonas donde los áridos se han asentado pueden presentar una mayor concentración de cemento y agua, lo que resulta en una mezcla de concreto más débil. Esto también puede reducir la capacidad portante de la estructura.

En general, la segregación puede tener graves consecuencias para la integridad estructural del concreto, por lo que es esencial prevenir la segregación durante la mezcla, el transporte y la colocación de la mezcla de concreto.

El control de la segregación es esencial para garantizar la calidad del concreto autocompactante, sobre todo al incorporar adiciones como fibra de sisal y aditivos superplastificantes. La evaluación combinada de fluidez, viscosidad, contenido de agua libre y estabilidad visual permite verificar la idoneidad de la mezcla antes del colado.

- ***Ensayos para evaluar la Segregación:***

  - **Ensayo de Segregación mediante Microscopía Estereoscópica**

La microscopía estereoscópica o lupa binocular es una técnica poderosa para observar y caracterizar la microestructura del concreto en estado endurecido, incluyendo fenómenos como la segregación, distribución de agregados, fibrosidad interna, y presencia de vacíos.

Finalidad:

La microscopía estereoscópica permite observar la disposición tridimensional de los componentes del concreto endurecido, facilitando la evaluación de:

- Presencia o ausencia de segregación de agregados gruesos y finos.
- Distribución homogénea o irregular de la fibra de sisal.
- Formación de capas diferenciadas por peso o tamaño.
- Presencia de vacíos, huecos o zonas sin aglomerado de pasta.

Preparación:

- Corte transversal de un bloque cúbico o cilíndrico de concreto endurecido (preferentemente ≥14 días).
- Se lija y pule superficialmente para obtener una cara expuesta nítida.
- En caso de alta porosidad o fibras, se puede aplicar una resina epóxica al vacío para fijar el perfil.
- La observación se realiza bajo iluminación lateral e incidente, para detectar textura, capas o vacíos.

Parámetros de Evaluación:

Tabla 23: *Parámetros de evaluación para ensayo de segregación*

Parámetro observado	Indicador de segregación
Densidad de árido grueso por capa	Mayor concentración en zona inferior → hundimiento de áridos
Presencia de huecos en zona superior	Exceso de agua → exudación
Distribución de fibras	Aglomeraciones o acumulaciones irregulares
Diferencias de color entre capas	Segmentación pasta/mortero → inestabilidad
Longitud media libre de pasta (mm)	Zonas sin áridos → posible separación

Ventajas de la microscopía estereoscópica:

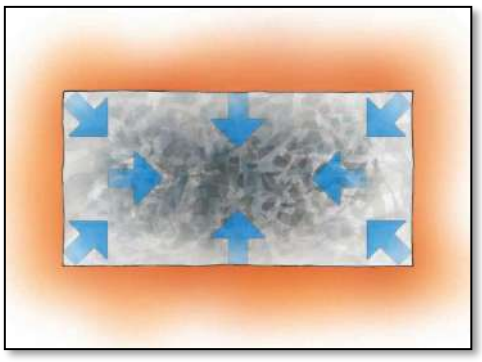
- No destructiva si se realiza en superficie
- Permite estudiar muestras con adiciones vegetales o fibras
- Detecta micro-segregación, difícil de evaluar con ensayos tradicionales
- Ideal para estudiar efecto de la fibra de sisal en la distribución de materiales

Contracción por Secado

Cuando el concreto se expone a su entorno de servicio, tiende a ajustarse a ese entorno. Si el ambiente es seco, el concreto pierde agua por evaporación de su superficie. La tasa de evaporación está condicionada por variables como la humedad relativa, la temperatura, la proporción agua-cemento y la superficie expuesta del hormigón [62].

La contracción por secado es parte de la deformación total que experimenta un elemento de concreto. Esta contracción es dependiente del tiempo y no es causada por cargas externas. Por otro lado, si el ambiente es húmedo, la humedad fluirá desde el medio ambiente hacia el concreto, lo que resultará en un aumento de volumen o expansión [62].

Ilustración 15: *Contracción por secado*



Fuente: *Tomado de IMCYC* [63].

- ***Causas comunes de la Contracción por Secado:***
  - Ocurre por la pérdida del agua contenida en los poros capilares del concreto endurecido.
  - Cuando el agua libre se evapora, las fuerzas de tensión capilar tienden a cerrar los poros, provocando microdeformaciones en la matriz cementicia.
  - Si el secado es rápido y no hay posibilidad de deformación libre, estas tensiones internas desencadenan fisuras de retracción.

- ***Parámetros que afectan la Contracción:***

Tabla 24: *Parámetros que afectan la Contracción:*

Factor	Efecto sobre la contracción
Relación agua/cemento (a/c)	A mayor a/c → mayor porosidad → más retracción
Tipo y contenido de cemento	Cementos con menor hidratación → menor retracción
Contenido de agregados	Mayor volumen de agregados → menor retracción
Curado (tiempo y tipo)	Mejor curado → menor contracción
Ambiente (HR y temperatura)	Baja humedad y alta temperatura → mayor retracción
Presencia de fibras	Fibras limitan deformaciones → controlan fisuración

- ***Tipos de Contracción:***

Tabla 25: *Tipos de Contracción*

Tipo de contracción	Momento de aparición	Características principales
Plástica	En las primeras horas	Se da en superficie por rápida evaporación de agua
Por secado (drying shrinkage)	Días a meses	Relacionada con la pérdida progresiva de humedad
Térmica	Por variaciones de temperatura	Asociada a hidratación o cambios ambientales
Autógena	En concretos de baja relación a/c	Por consumo de agua en la hidratación
Química	Reacciones expansivas	Por reacciones internas (como con sulfatos o álcalis)

- ***Ensayo para evaluar la Contracción por Secado mediante el Ensayo para la Determinación del Cambio de Longitud del Concreto / ASTM C157***

Finalidad:

El análisis de contracción por secado mediante el ensayo para la determinación del cambio de longitud se realiza de la siguiente manera:

- Medición directa de la reducción dimensional (longitud, volumen)

Este enfoque permite determinar la magnitud de la deformación por retracción en el concreto.

Procedimiento:

Etapa 1: Preparación de especímenes

- Elaborar especímenes prismáticos o cilíndricos.
- Curado inicial (24 a 72 h) en cámara húmeda o bajo curado estandarizado

Etapa 2: Exposición y medición

1. Medir la longitud o volumen del espécimen con calibradores o deformímetros.
2. Registrar condiciones ambientales: temperatura y humedad relativa (opcional).
3. Repetir mediciones hasta completar mínimo 28 a 90 días.

Cálculo de contracción por secado:

- Contracción lineal:

$$Contracción\ \% = \frac{L0 - Lt}{L0} * 100$$

Donde:

$L0$ = longitud inicial

Lt = longitud al tiempo t

- Contracción volumétrica:

$$Contracción\ volumétrica\ \% = \frac{V0 - Vt}{V0} * 100$$

- Pérdida de masa por secado:

$$Pérdida\ de\ humedad\ \% = \frac{M0 - Mt}{M0} * 100$$

Consideraciones con la Fibra de Sisal:

- Las fibras absorben y liberan humedad → modulan la tasa de secado
- Disminuyen el gradiente de humedad entre núcleo y superficie
- Actúan como refuerzo restringiendo la deformación, reduciendo la contracción
- Se puede comparar la tasa de evaporación y deformación con y sin fibra en el estudio.

- **Diseño de Mezcla para un Concreto Autocompactante (CAC)**

Para realizar el diseño de mezcla de un concreto autocompactante (CAC), no existe una norma única oficial y obligatoria, pero sí guías técnicas ampliamente aceptadas a nivel internacional, las cuales son:

Tabla 26: *Guías internacionales recomendadas para Diseño de Mezcla*

Tipo	Documento	Descripción
Guía principal	EFNARC (2005) – *"Specification and Guidelines for Self-Compacting Concrete"*	La guía más citada a nivel mundial. Describe propiedades, diseño de mezcla, ensayos y aplicaciones.
Guía técnica	ACI 237R-07 – *"Self-Consolidating Concrete"*	Guía del ACI que proporciona criterios técnicos y recomendaciones para SCC.
Investigaciones y adaptaciones locales	Tesis, papers técnicos, normas locales (como NTPs,, etc.)	Apoyan con parámetros de ajuste según los materiales de tu región.

El ACI es una de las instituciones más reconocidas internacionalmente en ingeniería del concreto. Aunque el ACI 237R-07 no es una norma obligatoria, es un documento técnico de referencia confiable, validado por especialistas y respaldado por años de experiencia e investigación.

Para este tipo de concretos, se hace uso de la Para lograr una gran fluidez, además de una gran cohesión en el concreto autocompactante, se hace imprescindible el uso de un aditivo químico de última generación con el requisito de reducir fuertemente el agua (hasta 40 %). El concreto autocompactante puede estar delimitado por las cualidades de los insumos y por la dosificación de sus agregados [64]. La dosificación de cemento, que en asociación con el agregado fino y el aditivo intervienen considerablemente las características del concreto. Por consiguiente, en el instante que ha determinado las proporciones de la mezcla, deben ejecutarse los ensayos requeridos para verificar su estado bombeable. Existen diversas técnicas para probar y evaluar la idoneidad de autocompactación del concreto, aquí resalta el flujo de asentamiento, la caja L y el embudo V, siendo el primero el más común de usar en campo y que brinda un vistazo más próximo de las características del concreto autocompactante [64].

Composición de un Diseño de Mezcla

Cuando se diseña un concreto autocompactante es importante considerar las dosificaciones de sus insumos en función al volumen y no a la masa. Los parámetros recomendados frecuentemente según las dosificaciones del EFNARC, y la porción que logra la autocompactación se exponen en los siguientes puntos. Las experiencias en laboratorio

pueden generar modificaciones con el fin de efectuar algunos criterios de resistencia y rendimiento [64].

- Relación agua/finos en volumen de 0.80 a 1.10.
- La suma de cavidad total de finos de 160 a 240 litros (400 kg - 600 kg) m3 de CAC.
- En la relación agua/finos, generalmente el peso del agua no sea mayor a la cantidad de 200 litros/m3.
- La dosificación de arena sea más que el de la grava manteniendo la armonía con los demás componentes.

Es decir, partiendo de las recomendaciones anteriores, seria de ayuda manejar un procedimiento continuista de diseño que asegure que el CAC mantenga las características requeridas en estado fresco a pesar de los distintos tipos y calidades de materia prima que pueda existir. Además, siempre ocurre una variación del contenido de humedad de las arenas y gravas después de realizado el diseño de mezcla. Usualmente, los aditivos que cumplen la función de modificar la viscosidad representan una forma práctica de poder compensar las fluctuaciones debidas a cualquier modificación en la granulometría de la arena y el contenido de humedad de los agregados [64].

Pasos de diseño según ACI 237 – R

- ***Paso 1: Determinar los requisitos de diseño***
  - F'c = 280 kg/cm^2 (28 MPa).
  - Tipo de fibra: sisal
  - Fluidez y capacidad de paso para zonas reforzadas

- ***Paso 2: Selección de los materiales***

Tabla 27: *Selección de Materiales según ACI 237 - R*

Componente	Observaciones clave
Cemento	Tipo I, cumplimiento ASTM C150
Agua	Potable, relación a/c entre **0.35 y 0.45**
Aditivo	Superplastificante (ASTM C494)
Agregado fino	Arena ≤ 5 mm, módulo de finura entre 2.6 – 2.9
Agregado grueso	Tamaño máximo nominal: **12.5 – 20 mm**
Fibra de sisal	Añadir en 0.5 – 2.0 % en peso del cemento

- ***Paso 3: Proporciones iniciales (por m^3)***

Tabla 28: *Parámetros de proporciones iniciales*

Componente	Cantidad típica (kg/m^3)
Cemento	386 – 475
Agua	180 – 200
Relación a/c	0.35 – 0.45
Agregado fino	800 – 950
Agregado grueso	700 – 1000
Aditivo SP	1.0 – 1.5% del peso del cemento
Fibra de sisal	(X % de peso de cemento)

- El agregado grueso se reduce un poco frente al concreto convencional para evitar bloqueo entre armaduras.
- La cantidad de superplastificante se ajusta para lograr fluidez sin segregación.

- ***Paso 4: Validar con ensayos de estado fresco (normas ASTM)***

Tabla 29: *Ensayos en Estado Fresco*

Ensayo	Norma	Rango aceptable según ACI 237 – R
Slump Flow	ASTM C1611	650 – 800 mm
Tiempo T50 (flujo)	ASTM C1611	2 – 5 s
J-Ring (pasabilidad)	ASTM C1621	Diferencia ≤ 10 mm
Caja en L	EFNARC	≥ 0.8 relación H2/H1
Segregación visual	EFNARC	0 – 15%

Materiales y Métodos

Materiales

Tabla 30: *Tabla de Materiales*

	TABLA DE MATERIALES		
	ENSAYO	**Equipos y Materiales**	**Descripción**
EN ESTADO FRESCO	**Ensayo de Fluidez (SLUMP FLOW) ASTM C1611**	Cono de Abrams	•Altura: 300 mm •Diámetro base: 200 mm •Diámetro superior: 100 mm •Material: acero galvanizado o plástico rígido
		Base o Placa metálica	•Superficie lisa, nivelada y no absorbente •Mínimo 900 × 900 mm para permitir el libre flujo del concreto
		Cinta métrica o regla milimetrada	•Para medir el diámetro de expansión de la mezcla
		Paleta, espátula o plancha de enrase	•Para eliminar el exceso de concreto al nivelar el cono
		Balde de mezcla	•Para transportar y verter el concreto fresco
		Esponja o trapo húmedo	•Para limpiar entre el proceso del ensayo
	Ensayo de T500 ASTM C1611	Cronómetro digital	•Para medir el tiempo que tarda en asentarse el concreto
		Regla o cinta métrica	•Para medir los 500 mm desde el centro
	Ensayo de Anillo - J ASTM C1621	Cono de Abrams	•Altura: 300 mm •Diámetro base: 200 mm •Diámetro superior: 100 mm •Material: acero galvanizado o plástico rígido
		Base o Placa metálica	•Superficie lisa, nivelada y no absorbente •Mínimo 900 × 900 mm para permitir el libre flujo del concreto
		Anillo J metálico	•Estructura circular con barras verticales de acero (16 mm de diámetro, separadas 41 mm entre sí). •Altura del anillo: 100 mm
		Cinta métrica o regla milimetrada	•Para medir el diámetro de expansión de la mezcla
		Paleta, espátula o plancha de enrase	•Para eliminar el exceso de concreto al nivelar el cono
		Balde de mezcla	•Para transportar y verter el concreto fresco
		Esponja o trapo húmedo	•Para limpiar entre el proceso del ensayo
	Ensayo de Caja - L UNE-EN 12350-10	Caja en forma de "L"	•Altura del brazo vertical: 400 mm •Longitud del brazo horizontal: 700 mm •Ancho interno: 150 mm •Contiene una compuerta deslizante en la base entre ambos brazos •Incluye varillas metálicas verticales (generalmente 3 a 5), de 12–16 mm de diámetro, separadas entre sí (simulan acero de refuerzo)
		Cinta métrica o regla milimetrada	•Para medir alturas del concreto al final del flujo
		Paleta, espátula o plancha de enrase	•Para ayudar a llenar la caja sin compactación
		Balde de mezcla	•Para transportar y verter el concreto fresco
	Ensayo de Embudo en V UNE-EN 12350-9	Embudo en forma de V (V-Funnel)	•Altura: 600 mm •Ancho superior: 510 mm •Longitud: 750 mm •Ancho del fondo en forma de V: 65 mm •Diámetro de la abertura de salida: 75 mm •Compuerta hermética para liberar el flujo
		Cronómetro	•Para medir el tiempo en que termina de escurrir todo el concreto fresco
		Paleta, espátula o plancha de enrase	•Para ayudar a llenar el embudo sin compactación
		Recipiente para recuperar el concreto vertido	•Para evitar pérdidas y permitir observación
		Balde de mezcla	•Para transportar y verter el concreto fresco
		Esponja o trapo húmedo	•Para limpiar entre el proceso del ensayo
	Ensayo de Peso Unitario NTP 339.046	Balanza de precisión (±0.01 g)	•Para pesar las muestras
		Un molde, recipiente o tara	•Para contener el concreto fresco
		Un cucharón	•Para echar la mezcla
		Un martillo de goma	•Para ayudar a compactar
		Paleta de albañil o espátula	•Para enrazar
		Balde de mezcla	•Para transportar y verter el concreto fresco
		Varilla apisonadora	•Para ayudar a compactar
	Ensayo de Temperatura NTP 339.184	Dispositivo de medición de temperatura	•Que tenga una precisión de 0ºC a 5ºC en un rango de 0 a 50 ºC.
		Dos recipientes con agua	•Ayudarán a verificar si el dispositivo está midiendo bien.
		Muestra a ser evaluada	•Me dará el valor final del ensayo
	Ensayo de Contenido de Aire NTP 339.080	Medidor de aire	•Tipo B
		Un molde, recipiente o tara	•Para contener el concreto fresco
		Paleta, espátula o plancha de enrase	•Para enrazar
		Un cucharón	•Para echar la mezcla
		Un martillo de goma	•Para ayudar a compactar
		Varilla apisonadora	•Para ayudar a compactar
	Ensayo de Contracción por Secado	Balanza de precisión (±0.01 g)	•Para medir pérdida de masa por evaporación
		Molde prismático o cilíndrico	•Contener la mezcla de concreto
		Calibrador Vernier o láser	•Medir cambio de longitud o volumen
		Termo - higrómetro	•Medir temperatura y humedad del ambiente
		Cámara climática (opcional)	•Control ambiental estable (T° y HR)
		Cronómetro y bitácora	•Registro de tiempo y observaciones

EN ESTADO ENDURECIDO	**Ensayo de Resistencia a la Compresión NTP 339.034**	Máquina de ensayo a compresión	•Para medir el límite de contracción que alcanza la muestra
		Muestra cilíndrica	•Especímenes a ensayar, preparados con o sin fibras
	Ensayo de Resistencia a la Flexión NTP 339.059	Máquina de ensayo de flexión	•Para medir el límite de flexión que alcanza la muestra
		Muestra prismática	•Especímenes a ensayar, preparados con o sin fibras
	Ensayo de Tracción Indirecta ASTM C4996	Prensa hidráulica universal	•Aplica la carga vertical con control de velocidad
		Muestra cilíndrica (15 × 30 cm)	•Especímenes a ensayar, preparados con o sin fibras
	Ensayo de Módulo de Elasticidad ASTM C1579	Prensa hidráulica universal	•Aplica carga axial de forma continua
		Extensómetros o deformímetros	•Miden deformación longitudinal del espécimen (2 caras opuestas)
		Soportes de medición axial	•Sujetan los extensómetros de manera simétrica
		Muestra cilíndrica (15 × 30 cm)	•Especímenes a ensayar, preparados con o sin fibras
	Ensayo de Resistencia a la Abrasión ASTM C 944 - 99	Dispositivo de abrasión rotatorio	•Aplica desgaste a una velocidad constante
		Micrómetro	•Para medir la profundidad del desgaste (mm)
		Muestra cilíndrica (100 × 200 mm)	•Especímenes a ensayar, preparados con o sin fibras
	Ensayo de Segregación por Corte Transversal	Microscopio estereoscópico	•Aumentos con iluminación incidente
		Cortadora de concreto	•Para obtener secciones transversales pulidas
		Resina epóxica o sellador (opcional)	•Para embebido o recubrimiento de muestras (opcional, para cortes pulidos)
		Pigmentos de contraste (opcional)	•Para diferenciar zonas de pasta, árido y fibra

Tipo y Nivel de Investigación

- **Tipo de Investigación**

En esta investigación, se optó por un enfoque "**experimental**" que permitió llevar a cabo una serie de ensayos para determinar la influencia de la fibra de sisal en diferentes proporciones en el concreto autocompactante. Estos ensayos fueron concebidos con el propósito de analizar y evaluar los resultados para evaluar y validar la hipótesis formulada al inicio del estudio.

La verificación o refutación de la hipótesis proporciona una conclusión fundamental para la investigación. Si los resultados respaldaban la hipótesis, se confirmaba la viabilidad de la solución propuesta para abordar la problemática estudiada. En caso contrario, se descartaba la hipótesis y se abría la puerta a nuevas preguntas e investigaciones.

En resumen, mediante este enfoque experimental, se llevó a cabo un riguroso proceso de recolección y análisis de datos con el objetivo de evaluar si la adición de fibras de sisal mejoraba las propiedades físico-mecánicas y reducían fenómenos como la segregación y la contracción por secado, de esta manera poder ofrecer una contribución significativa al conocimiento en el área de estudio, así como posiblemente brindar una solución práctica a la problemática abordada.

- **Nivel de Investigación**

Esta investigación es de nivel "**aplicada**" significa que los resultados de la investigación tendrán una aplicación práctica y directa en el campo de la construcción. En este contexto,

se busca no solo comprender los fenómenos involucrados, sino también ofrecer soluciones concretas y prácticas para mejorar la calidad y durabilidad del concreto autocompactante.

Diseño de Investigación

En cuanto al diseño de investigación, pertenece a un tema "**cuasi-experimental**", ya que estudia la manipulación de al menos una variable independiente (supuestas causas), en este caso la fibra de sisal, y las consecuencias que esta va a generar sobre las propiedades físico-mecánicas del concreto autocompactante, gracias a la creación de grupos de muestras de concreto autocompactante, algunos con la adición de fibras de sisal y otros sin ella (grupo control). Luego, se compararían las propiedades y comportamientos de cada grupo para determinar el impacto de la adición de fibras de sisal en la mitigación de la segregación y la contracción por secado.

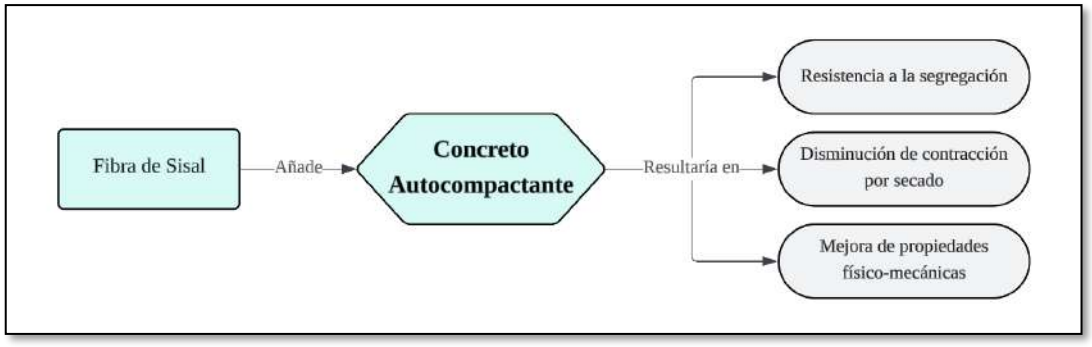
Formulación del Problema

¿La adición de fibra de sisal ayudará a reducir problemas de segregación y contracción por secado al concreto autocompactante, además de mejorar sus propiedades físico-mecánicas?

Hipótesis

La adición de fibras de sisal al concreto autocompactante con una resistencia a la compresión de 280 kg/cm^2 tiene un impacto significativo en la reducción de la segregación y la contracción por secado en comparación con el concreto autocompactante convencional sin fibras de refuerzo.

Ilustración 16: *Esquema de hipótesis*



Población, Muestra y Muestreo

- **Población:**

La población está conformada por la totalidad de unidades elaboradas de concreto autocompactante en sus estados fresco y endurecido, representadas por probetas cilíndricas

y prismáticas. En total, se consideraron 96 muestras correspondientes a los ensayos del concreto en estado fresco y 88 muestras en estado endurecido, de las cuales 76 son probetas cilíndricas y 12 son probetas prismáticas.

- **Muestra:**

Las muestras corresponden a las unidades elaboradas de concreto autocompactante para cada ensayo en sus estados fresco y endurecido, conformadas por probetas cilíndricas y prismáticas. Estas fueron preparadas con diferentes porcentajes de adición de fibra de sisal (0.00 %, 0.50 %, 1.25 % y 2.00 %), con el objetivo de analizar la influencia de la fibra de sisal en su comportamiento físico-mecánico mediante la ejecución de los ensayos establecidos en el presente estudio.

Estado Fresco:

- ***Ensayo de Fluidez (Slump Flow) / ASTM: C1611 y Ensayo de Tiempo T 500 / ASTM C1611***

Tabla 31: *Cantidad de Muestras para ensayo de Fluidez*

MUESTRA	CANTIDAD
CAC patrón	3
CAC + 0.50% fibra de sisal	3
CAC + 1.25% fibra de sisal	3
CAC + 2.00% fibra de sisal	3
SUB TOTAL	12

- ***Ensayo de Anillo J o J-Ring / ASTM C1621***

Tabla 32: *Cantidad de Muestras para ensayo de Anillo - J*

MUESTRA	CANTIDAD
CAC patrón	3
CAC + 0.50% fibra de sisal	3
CAC + 1.25% fibra de sisal	3
CAC + 2.00% fibra de sisal	3
SUB TOTAL	12

- ***Ensayo de Caja en L / UNE-EN 12350-10***

Tabla 33: *Cantidad de Muestras para ensayo de Caja - L*

MUESTRA	CANTIDAD
CAC patrón	3
CAC + 0.50% fibra de sisal	3
CAC + 1.25% fibra de sisal	3
CAC + 2.00% fibra de sisal	3
SUB TOTAL	12

❖ *Ensayo de Embudo en V / UNE-EN 12350-9*

Tabla 34: *Cantidad de Muestras para ensayo de Embudo - V*

MUESTRA	CANTIDAD
CAC patrón	3
CAC + 0.50% fibra de sisal	3
CAC + 1.25% fibra de sisal	3
CAC + 2.00% fibra de sisal	3
SUB TOTAL	12

❖ *Peso Unitario / NTP 339.046 / ASTM C138*

Tabla 35: *Cantidad de Muestras para ensayo de Peso Unitario*

MUESTRA	CANTIDAD
CAC patrón	3
CAC + 0.50% fibra de sisal	3
CAC + 1.25% fibra de sisal	3
CAC + 2.00% fibra de sisal	3
SUB TOTAL	12

❖ *Medición de Temperatura de la Mezcla / NTP 339.184 / ASTM C1064*

Tabla 36: *Cantidad de Muestras para ensayo de Temperatura*

MUESTRA	CANTIDAD
CAC patrón	3
CAC + 0.50% fibra de sisal	3
CAC + 1.25% fibra de sisal	3
CAC + 2.00% fibra de sisal	3
SUB TOTAL	12

❖ *Contenido de Aire por Método de Presión / NTP 339.083 / ASTM C231*

Tabla 37: *Cantidad de Muestras para ensayo de Contenido de Aire*

MUESTRA	CANTIDAD
CAC patrón	3
CAC + 0.50% fibra de sisal	3
CAC + 1.25% fibra de sisal	3
CAC + 2.00% fibra de sisal	3
SUB TOTAL	12

❖ *Ensayo para evaluar la Contracción por Secado / ASTM C157*

Tabla 38: *Cantidad de Muestras para evaluar la Contracción por Secado*

MUESTRA	CANTIDAD
CAC patrón	3
CAC + 0.50% fibra de sisal	3
CAC + 1.25% fibra de sisal	3
CAC + 2.00% fibra de sisal	3
SUB TOTAL	12

El número de muestras patrón **es de 24**, el número de muestras con la adición del 0.50 % de fibra de sisal **es de 24**, el número de muestras con la adición del 1.25 % de fibra de sisal **es de 24**, el número de muestras con la adición del 2.00 % de fibra de sisal **es de 24**.

Estado Endurecido:

- ***Resistencia a la Compresión / NTP 339.034 / ASTM C39-2005***

Tabla 39: *Cantidad de Muestras para ensayo de Resistencia a la Compresión*

MUESTRAS DE PROBETAS	CANTIDAD		
DÍAS	7 días	14 días	28 días
CAC patrón	3	3	3
CAC + 0.50% fibra de sisal	3	3	3
CAC + 1.25% fibra de sisal	3	3	3
CAC + 2.00% fibra de sisal	3	3	3
SUB TOTAL	36		

- ***Resistencia a la Flexión / NTP 339.059 / ASTM C 42***

Tabla 40: *Cantidad de Muestras para ensayo de Resistencia a la Flexión*

MUESTRAS DE VIGAS	CANTIDAD
DÍAS	28 días
CAC patrón	3
CAC + 0.50% fibra de sisal	3
CAC + 1.25% fibra de sisal	3
CAC + 2.00% fibra de sisal	3
SUB TOTAL	12

- ***Ensayo de Módulo de Elasticidad / ASTM C 1579***

Tabla 41: *Cantidad de Muestras para ensayo de Módulo de Elasticidad*

MUESTRAS DE PROBETAS	CANTIDAD
DÍAS	28 días
CAC patrón	3
CAC + 0.50% fibra de sisal	3
CAC + 1.25% fibra de sisal	3
CAC + 2.00% fibra de sisal	3
SUB TOTAL	12

- ***Ensayo de Resistencia a la Abrasión en Superficies de Concreto por el Método de Corte Rotativo / ASTM C 944 – 99***

Tabla 42: *Cantidad de Muestras para ensayo de Resistencia a la Abrasión*

MUESTRAS DE PROBETAS	CANTIDAD
DÍAS	28 días
CAC patrón	3
CAC + 0.50% fibra de sisal	3
CAC + 1.25% fibra de sisal	3
CAC + 2.00% fibra de sisal	3
SUB TOTAL	12

❖ *Ensayo de Tracción Indirecta / ASTM C496*

Tabla 43: *Cantidad de Muestras para ensayo de Tracción Indirecta*

MUESTRAS DE PROBETAS	CANTIDAD
DÍAS	**28 días**
CAC patrón	3
CAC + 0.50% fibra de sisal	3
CAC + 1.25% fibra de sisal	3
CAC + 2.00% fibra de sisal	3
SUB TOTAL	12

❖ *Ensayo de Segregación mediante Microscopía Estereoscópica*

Tabla 44:*Cantidad de Muestras para ensayo de Resistencia a la Abrasión*

MUESTRAS DE PROBETAS	CANTIDAD
DÍAS	**14 días**
CAC patrón	1
CAC + 0.50% fibra de sisal	1
CAC + 1.25% fibra de sisal	1
CAC + 2.00% fibra de sisal	1
SUB TOTAL	4

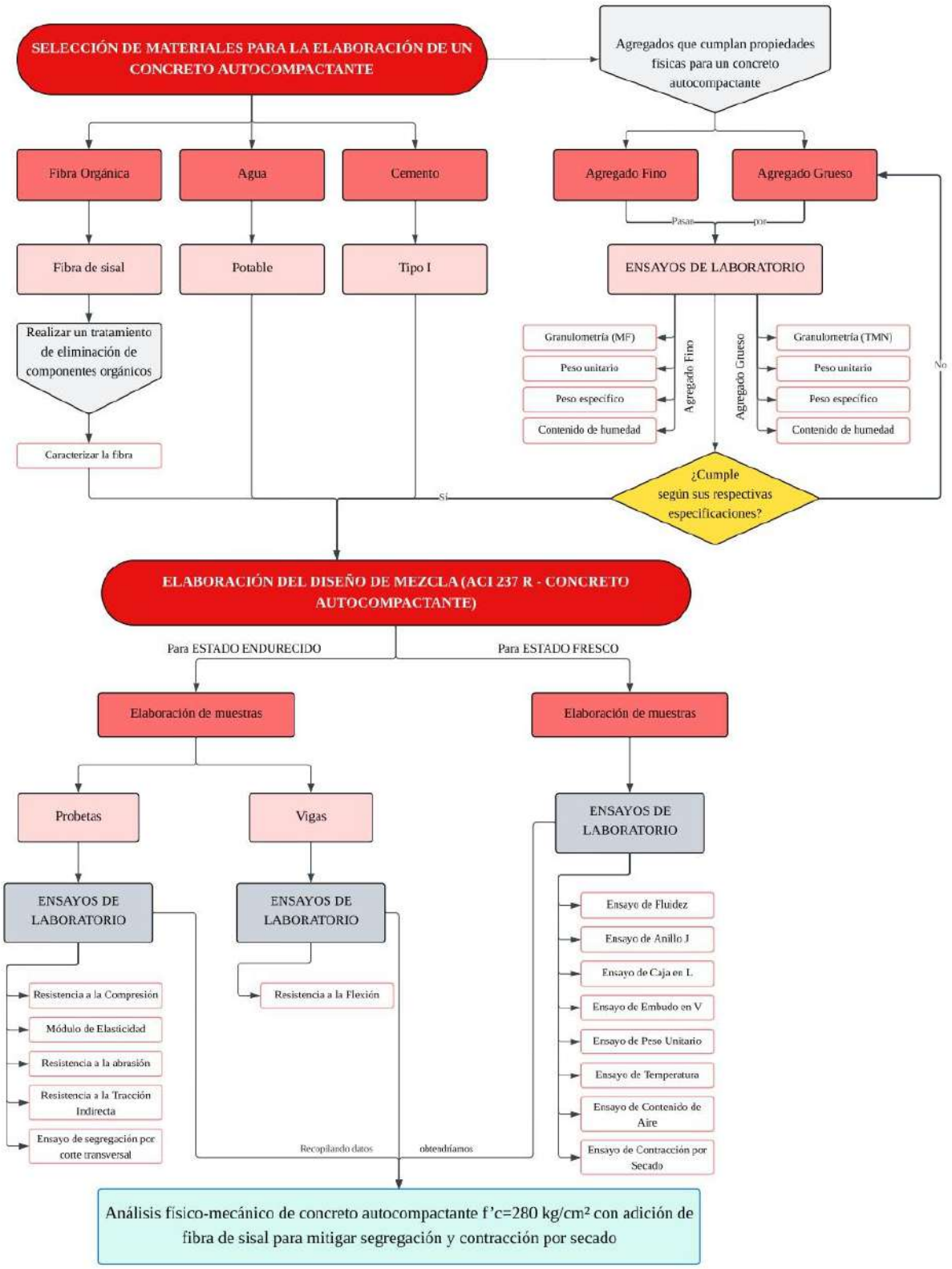
En estado endurecido, para la muestra patrón se realizaron 19 muestras cilíndricas y 3 muestras prismáticas; para la muestra con la adición del 0.50 % de fibra de sisal se realizaron 19 muestras cilíndricas y 3 muestras prismáticas; para la muestra con la adición del 1.25 % de fibra de sisal se realizaron 19 muestras cilíndricas y 3 muestras prismáticas; para la muestra con la adición del 2.00 % de fibra de sisal se realizaron 19 muestras cilíndricas y 3 muestras prismáticas

- **Muestreo:**

El muestreo aplicado en la presente investigación es de tipo no probabilístico intencional, dado que la selección de las muestras se realizó de manera planificada y deliberada conforme a los objetivos del estudio y a los lineamientos establecidos en las normas técnicas pertinentes. Las unidades de muestra (probetas cilíndricas y prismáticas) fueron elaboradas siguiendo los procedimientos especificados en las normas ASTM C192 / NTP 339.034 para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio [52]. Las dosificaciones se definieron con diferentes porcentajes de fibra de sisal (0.00 %, 0.50 %, 1.25 % y 2.00 %), con el propósito de analizar el comportamiento físico-mecánico del concreto autocompactante frente a la variación del contenido de dicha fibra. Este tipo de muestreo permitió controlar las variables experimentales, garantizando la uniformidad y calidad en la preparación, curado y ensayo de las muestras, con el fin de obtener resultados confiables y representativos del efecto de la fibra de sisal en el concreto autocompactante [52].

Diagrama de Flujo

Ilustración 17: *Flujograma de procedimientos*



Variables y Operacionalización

Tabla 45: *Operacionalización de variables independientes y dependientes*

	Variable Independiente	Definición Conceptual	Dimensión operacional	Dimensión	Indicadores	Unidad de Medida	Escala de Medición	Instrumentos
	Fibra de Sisal	Material natural obtenido de las hojas de la planta Agave sisalana, caracterizado por su alta resistencia a la tracción, ligereza y capacidad de reforzar matrices cementicias, mejorando la tenacidad y reduciendo la fisuración del concreto [10].	Se incorpora al concreto autocompactante en diferentes porcentajes en peso respecto al volumen de cemento (0%, 0.50%, 1.25%, 1.5%). Se mide en gramos o kilogramos.	Dosificación	Cantidad de fibra	g - kg	Razón	Balanza
	Dependiente	**Definición Conceptual**	**Dimensión operacional**	**Dimensión**	**Indicadores**	**Unidad de Medida**	**Escala de Medición**	**Instrumentos**
EN ESTADO FRESCO	**Comportamiento físico**	El comportamiento físico del concreto se refiere a las propiedades que describen su estructura, masa, homogeneidad y respuesta ante factores físicos externos, como la temperatura, densidad, segregación o contenido de aire. Estas características determinan la estabilidad y uniformidad del material tanto en estado fresco como endurecido. [47], [48]..	Se evalúa mediante parámetros medibles y observables que describen la condición física del concreto, como el peso unitario (densidad aparente), temperatura, contenido de aire y segregación visual, etc. Los resultados se expresan en unidades físicas y se obtienen mediante ensayos normalizados (ASTM o NTP) [47], [48], [49].	Trabajabilidad	Ensayo de fluidez (SLUMP FLOW)	mm	Razón	ASTM C1611
					Ensayo de Anillo en J	mm	Razón	ASTM C1621
					Ensayo de Caja en L	mm	Razón	UNE-EN 12350-10
					Ensayo de Embudo en V	s	Intervalo	UNE-EN 12350-9
				Viscosidad aparente	Ensayo T 500	s	Intervalo	ASTM C1611
					Ensayo de Embudo en V	s	Intervalo	UNE-EN 12350-9
				Densidad del concreto fresco	Ensayo de peso unitario	%	Razón	NTP 339.046
				Temperatura interna de la mezcla	Ensayo de medición de Temperatura	°C	Intervalo	NTP 339.184
				Volumen de aire retenido	Ensayo de Contenido de Aire	%	Razón	NTP 339.083

				Deformación longitudinal del concreto	- Longitud inicial del espécimen - Longitud final después del secado - Tiempo de exposición	mm	Razón	-Calibrador Vernier - Bitácora - Termohigrómetro
EN ESTADO ENDURECIDO	**Comportamiento Mecánico**	El comportamiento mecánico del concreto comprende su respuesta ante esfuerzos o cargas aplicadas, expresada a través de su capacidad resistente, deformación y rigidez. Permite determinar la resistencia del material a la compresión, tracción, flexión, su módulo de elasticidad, etc [52], [56], [65]; [59].	Se mide mediante ensayos mecánicos estandarizados, donde se aplican cargas hasta la falla para obtener valores de resistencia a la compresión (MPa o kg/cm²), tracción indirecta, flexión y módulo de elasticidad. Los resultados permiten evaluar la influencia de la fibra de sisal sobre la capacidad estructural del concreto autocompactante [52], [56], [65]; [59].	Esfuerzo de compresión	Ensayo de Resistencia a la Compresión	kgf/cm2	Razón	NTP 339.034
				Tensión de rotura por flexión	Ensayo de Resistencia a la Flexión	kgf/cm2	Razón	NTP 339.059
				Tensión de rotura	Ensayo de Resistencia a la Tracción Indirecta	kgf/cm2	Razón	ASTM C 496
				Deformación elástica	Ensayo de Módulo de Elasticidad	kgf/cm2	Razón	ASTM C 1579
				Desgaste superficial del concreto	Ensayo de Resistencia a la Abrasión	mm	Razón	ASTM C 944 – 99
				Homogeneidad del concreto fresco	- Diferencia de agregados entre la parte superior e inferior del espécimen - Porcentaje de segregación	%	Razón	-Microscopio - Balanza

Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Para resumir de manera breve las técnicas e instrumentos de recolección de datos se explican en la siguiente tabla:

Tabla 46: *Técnicas e instrumentos de recolección de datos*

MÉTODOS	TÉCNICAS		INSTRUMENTOS
EXPERIMENTAL:	**ENSAYOS PARA AGREGADOS:**	Análisis granulométrico de los agregados **NTP 400.011**	Plantillas en excel, laptop, lapiceros, equipos de laboratorio, tamices estandarizados, básculas, hornos, moldes cilíndricos y prismáticos, cono de Abrams, varilla de compactación, olla de Marsh, termómetro, penetrómetro, máquina de compresión, medidor de fisuras, entre otros.
		Peso unitario de los agregados suelto y compacto **NTP 400.017**	
		Contenido de humedad de los agregados **NTP 339.185**	
		Peso específico **NTP 400.021**	
		Capacidad de absorción de los agregados **NTP 400.022**	
		Módulo de fineza del agregado fino **NTP 400.018**	
		Tamaño máximo nominal del agregado grueso **NTP 400.037**	
	DISEÑO DE MEZCLA USANDO EL COMITÉ 237-R DEL ACI		
	ENSAYOS PARA CONCRETO:	**ESTADO FRESCO:**	
		Fluidez (SLUMP FLOW) **ASTM C1611**	
		T500 **ASTM C1611**	
		Anillo J **ASTM C1621**	
		Caja L **UNE-EN 12350-10**	
		Embudo V **UNE-EN 12350-9**	
		Ensayo de Peso unitario **NTP 339.046**	
		Ensayo de temperatura **NTP 339.184**	
		Ensayo de contenido de aire **NTP 339.080**	
		ESTADO ENDURECIDO:	
		Ensayo de resistencia a la compresión **NTP 339.034**	
		Ensayo de resistencia a la flexión **NTP 339.059**	
		Ensayo de tracción indirecta **ASTM C4996**	
		Ensayo de Módulo de Elasticidad **ASTM C1579**	
		Ensayo de Resistencia a la abrasión **ASTM C 944 - 99**	

Procedimientos

- **<u>Elaboración de Ensayos para los Agregados:</u>**

  - ***Análisis Granulométrico para el agregado fino / ASTM C 136 / NTP 400.037***

Procedimiento:

- Preparación de la muestra
  - Se realiza un cuarteo, eligiendo el material más constante.

Ilustración 18: *cuarteo de material para ensayo granulométrico*



  - Secar en horno a 110 ± 5 °C hasta masa constante.
  - Pesar **exactamente la masa total** de la muestra (**Mt**) antes del ensayo.

Ilustración 19*: pesado de la muestra*



- Armado de columna de tamices
    - Colocar los tamices en el el siguiente orden: 3/8" → N°4 → N°8 → N°16 → N°30 → N°50 → N°100 → N°200 → fondo.
- Tamizado
    - Verter la muestra sobre el tamiz superior.
    - Agitar durante **10 a 15 minutos** (manual o mecánico).
    - Cepillar ligeramente cada tamiz al final para extraer finos adheridos.

Ilustración 20: *pesado de muestra que pasa por la malla N16*



- Pesado del material retenido
    - Pesar el material retenido en cada tamiz, anotar y sumar.

Ilustración 21: *Pesado de muestras*



- ***Análisis Granulométrico para el agregado grueso / ASTM C 136 / NTP 400.037***

Procedimiento:

- Preparación de la muestra
    - Se realiza un cuarteo, eligiendo el material más proporcional.

Ilustración 22: *cuarteo de material para agregado grueso*

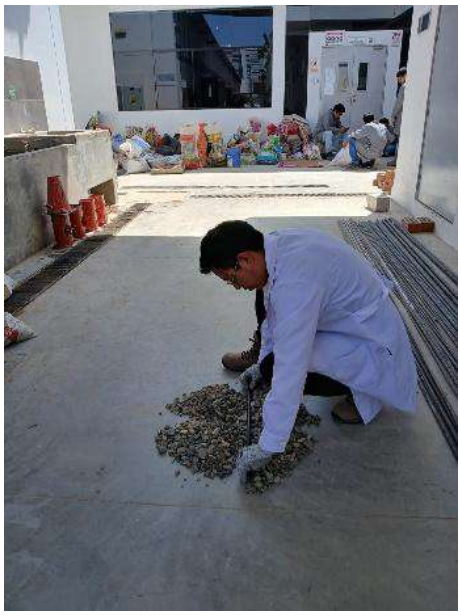


Ilustración 23: *cuarteo de agregado grueso*



- Tomar una muestra representativa del agregado (mínimo 5 kg).

Ilustración 24: *pesado de la parte seleccionada*



- Secar en horno a 110 ± 5 °C hasta masa constante.
- Pesar exactamente la masa total de la muestra (Mt) antes del ensayo.

- Armado de columna de tamices
  - Colocar los tamices en el el siguiente orden: 2" → 1 ½" → 1" → ¾" → ½" → 3/8" → N°4 → fondo.

Ilustración 25: *tamices empleados*



- Tamizado
    - Verter la muestra sobre el tamiz superior.
    - Agitar durante 10 a 15 minutos (manual o mecánico).
    - Cepillar ligeramente cada tamiz al final para extraer finos adheridos.

Ilustración 26: *muestra retenida en el tamiz*



- Pesado del material retenido
    - Pesar el material retenido en cada tamiz, anotar y sumar.

Ilustración 27: *pesado de muestra retenida en tamiz*



- ***Peso Unitario y Vacíos de agregado fino y agregado grueso / ASTM C29 / NTP 400.017***

Método 1: Vertido sin compactación (peso unitario suelto)

Procedimiento:

- Secar el agregado si es necesario.

- Llenar el recipiente metálico **sin compactar**, vertiéndolo en forma de lluvia desde una altura de ~5 cm.

Ilustración 28: *muestra suelta de agregado grueso*



- Nivelar la parte superior con una regla o cuchilla sin presionar.

Ilustración 29: *muestra suelta de agregado fino*



- Pesar el recipiente con el agregado.

Ilustración 30: *pesado de la muestra de agregado grueso con recipiente*



Ilustración 31: *pesado de muestra de agregado fino con recipiente*



- Calcular el **peso unitario suelto**:

$$Peso\ unitario\ suelto\ \left(\frac{kg}{m3}\right) = \frac{W2 - W1}{V}$$

Método 2: Compactación por sacudidas (peso unitario compactado)

- Llenar el recipiente en tres capas iguales.
- Después de colocar cada capa, dar 25 golpes laterales suaves al recipiente (sacudidas).
- Nivelar cuidadosamente.
- Pesar y calcular el peso unitario compactado:

❖ ***Absorción y Peso Específico / ASTM C128 / NTP 400.018 (Agregado Fino)***

Procedimiento:

- Preparación de la muestra
    - Sumerge el agregado seco en agua durante 24 ± 4 horas.
    - Luego escurre y seca con paño absorbente hasta alcanzar el estado SSS (no hay agua libre, pero todos los poros están saturados).
    - Confirmar estado SSS usando el cono de Chapman:
        - Llenar el cono en 3 capas, sin compactar.
        - Si al levantar el cono el material conserva su forma, se considera en estado SSS.

Ilustración 32: *pesado de matraz*



Ilustración 33: *vertimiento de la muestra en el agua*



Ilustración 34: *pesado de la muestra con recipiente y agua*



Ilustración 35: *muestra después de las 24h de secado al horno*



- ***Absorción y Peso Específico / ASTM C127 – NTP 400.019 (Agregado Grueso)***

Procedimiento:

- Preparación de la muestra
    - Lavar el agregado y secar al aire hasta que alcance el estado SSS (saturado, pero sin agua superficial).
    - Confirmar estado SSS cuando al colocar el agregado sobre un paño seco no deja marca de agua.

Ilustración 36: *muestra de agregado grueso*

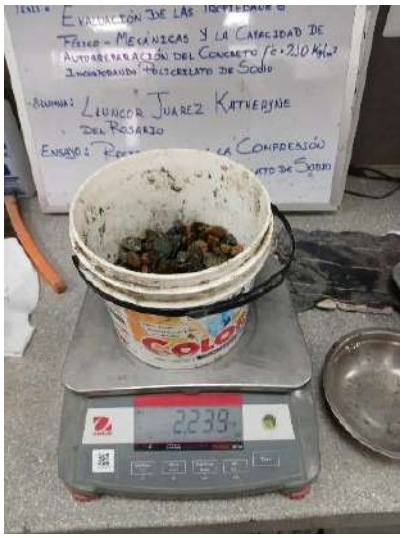


Ilustración 37: *muestra saturada*



Ilustración 38: *muestra después de la saturación*



Ilustración 39: *pesado de la muestra*



Ilustración 40: *canastilla para pesar la muestra*



Ilustración 41: *peso de la muestra*



❖ *Ensayo de Contenido de Humedad / NTP 339.185*

Procedimiento:

- Pesado inicial
  - Pesar el recipiente vacío → W_o.

Ilustración 42: *peso de la tara*



  - Agregar el agregado húmedo y pesar → W_1

$$Masa\ húmeda\ del\ agregado = W1 - W0$$

Ilustración 43: *masa húmeda del agregado*



Ilustración 44: *pesado de la muestra antes de exponerlo al horno*



- Secado en horno
    - Colocar el recipiente con la muestra en el horno a 105 ± 5 °C por 24 horas o hasta masa constante.
    - Retirar, dejar enfriar a temperatura ambiente.
    - Pesar el recipiente con el agregado seco → W2

$$Masa\ seca\ del\ agregado = W2 - W0$$

- Cálculo de contenido de humedad

$$Humedad\ total\ (\%) = \left(\frac{W1 - W2}{W2 - W0}\right) * 100$$

- **<u>Caracterización de la fibra de Sisal:</u>**

❖ ***Proceso de Mercerización***

Procedimiento:

a. Una vez que las fibras estuvieron completamente secas, se procedió a aplicar el tratamiento de mercerizado conforme al porcentaje correspondiente para cada grupo.
b. Este tratamiento inicia con una limpieza preliminar, que consiste en llenar una olla con 2400 ml de agua destilada y sumergir en ella 120 gramos de fibra, asegurando que quedaran completamente cubiertas por el líquido.

Ilustración 45: *Pesado de fibra de sisal*



Ilustración 46: *Separación de material pesado*



Ilustración 47: *2400 ml de agua destilada en un calentador eléctrico*



Ilustración 48: *Se sumerge la fibra en el calentador eléctrico*



c. Luego, la mezcla se calienta en una cocina eléctrica hasta alcanzar una temperatura de entre 70 y 80 °C, la cual se controla con un termómetro, manteniéndose durante un período de 45 minutos.

Ilustración 49: *Registro de temperatura*



d. Cuando haya transcurrido el tiempo establecido, se extrae la fibra del agua, se elimina el exceso de líquido manualmente utilizando guantes para conservar su limpieza, y posteriormente se coloca en un recipiente.

Ilustración 50: *Muestra exprimida*



e. Para la segunda etapa de limpieza, se prepara una solución con 1100 ml de agua destilada y 1100 ml de alcohol en una proporción 1:1, en la cual se sumergen nuevamente 120 gramos de fibra, asegurando que queden completamente cubiertas, al igual que en la primera limpieza. La olla se tapa para evitar la evaporación del alcohol.

Ilustración 51: *Solución de alcohol*



Ilustración 52: *Solución de agua destilada*



f. La mezcla se calienta en una cocina eléctrica hasta alcanzar una temperatura de entre 50 y 60 °C, y se mantiene durante 30 minutos.

Ilustración 53: *Registro de temperatura*



g. Finalizado el tiempo establecido, se extrae la fibra de la solución y se procede a enjuagarla con agua destilada.

Ilustración 54: *Enjuague de fibra*



Ilustración 55: *Enjuague de fibra*



h. Se elabora por separado una solución de hidróxido de sodio (NaOH) al porcentaje previamente definido, disolviendo la cantidad correspondiente de NaOH en 2400 ml de agua destilada.

Ilustración 56: *Solución de hidróxido de sodio (NaOH)*



Ilustración 57: *Solución de agua destilada*



i. Posteriormente, esta solución se coloca en un cooler con hielo para mantenerla a una temperatura de 5 °C, y en ella se sumerge la fibra previamente lavada durante un período de 30 minutos.

Ilustración 58: *Muestra colocada en cooler con hielo*



j. La fibra se retira de la solución de hidróxido de sodio y se elimina el exceso de líquido escurriéndola cuidadosamente.

Ilustración 59: *Escurrimiento de líquido de la muestra*



k. Para reducir el pH de la fibra, se prepara una solución al 5% de ácido acético, mezclando 1900 ml de agua destilada con 100 ml de ácido acético en un recipiente. Luego, la fibra se sumerge y distribuye uniformemente en la solución para asegurar un enjuague homogéneo, dejándola reposar durante 15 minutos.

Ilustración 60: *Solución de ácido acético*



Ilustración 61: *Vaciado de solución de ácido acético en la fibra de sisal*



l. Posteriormente, se retira la fibra y se escurre por completo la solución. Para lograr una neutralización total y alcanzar un pH de 7, se realiza un lavado final utilizando agua destilada.

Ilustración 62: *Lavado final con agua destilada*



m. A continuación, se midió el pH de la fibra utilizando un pHmetro, confirmando que se había alcanzado la neutralidad (pH = 7).

Ilustración 63: *Registro de PH de la fibra de sisal*



n. Finalmente, la fibra se seca en una estufa a 60 °C durante 6 horas. Posteriormente, se realiza la observación de la fibra tratada utilizando un estereoscopio para analizar sus características que presenta la fibra.

Ilustración 64: *Secado de fibra en estufa*



- ***Proceso de Caracterización***

Procedimiento:

a. Se prepara la muestra seleccionada

Ilustración 65: *Muestra seleccionada*



b. Se lleva al portaobjetos para ser analizada

Ilustración 66: *Muestra observada*



c. Se analiza la muestra con un acercamiento de 1.5 X y se registran los resultados obtenidos.

Ilustración 67: *Observación de muestra en estereoscopio*



- **Elaboración del Diseño de Mezcla:**

Diseño de Mezcla Patrón (0.00 % de fibra de sisal) Según ACI 237 – R

El proceso para el cálculo de los pesos de cada agregado que tendrá el concreto por metro cúbico se establecieron siguiendo los lineamientos del comité ACI 237 – R, donde se destaca principalmente el porcentaje máximo de agregado grueso que debe de contener la mezcla, y la relación agua cemento a considerar.

Es importante resaltar que los agregados son provenientes de la cantera de La Victoria (Pátapo), las cuales fueron sujetos a pruebas con el fin de determinar sus cualidades físicas y de esa forma establecer el diseño de mezcla.

Para la búsqueda de la dosificación correcta de aditivos y agregados, se realizaron diversas pruebas piloto, donde se verificó que el asentamiento y escurrimiento cumplieran con la noma además de la resistencia de 280 kg/cm^2 solicitada.

Primero se debe tener en cuenta los datos generales para los agregados obtenidos de los ensayos de laboratorio, y con respecto a los demás componentes, de las fichas técnicas.

Tabla 47: *Datos generales de los agregados*

	GRUESO:	FINO:
01.- Tamaño máximo nominal	3/4"	-
02.- Peso Unitario suelto seco	1472.55	1643.49
03.- Peso Unitario compactado seco	1608.96	1792.25
04.- Peso específico de masa seco	2614.68	2826.78
05.- Contenido de humedad	1.13	1.87
06.- Contenido de absorción	0.83	0.79
07.- Módulo de fineza (adimensional)	-	2.8428

Tabla 48: *Datos generales del resto de componentes*

08.- Peso específico del cemento	: Cemento Tipo I - CEMEX	3080
09.- Peso específico del agua	: Potable a 24°C	1000
10.- Porcentaje del aditivo	: Z RR PLAST - 971 (SUPERPLASTIFICANTE)	1.63
11.- Densidad del aditivo	: Z RR PLAST - 971	1200

Comenzamos con el cálculo del f'cr, donde según la normativa peruana N.T.P. E060, para el caso donde no exista antecedentes disponibles para calcular la desviación estándar de la muestra se usa la siguiente tabla:

Ilustración 68: *Resistencia promedia a la Compresión Requerida*

TABLA 5.3
RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESIÓN REQUERIDA CUANDO NO HAY DATOS DISPONIBLES PARA ESTABLECER UNA DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA MUESTRA

Resistencia especificada a la compresión, MPa	Resistencia promedio requerida a la compresión, MPa
$f'c < 21$	$f'cr = f'c + 7{,}0$
$21 \leq f'c \leq 35$	$f'cr = f'c + 8{,}5$
$f'c > 35$	$f'cr = 1{,}1\, f'c + 5{,}0$

Fuente*: N.T.P. E060*

$$Para\ un\ f'c = 280\ kg/cm2$$

$$Se\ obtiene\ f'c = 280 + 85 = 365\ kg/cm2$$

A continuación, se realiza el cálculo de la relación a/c que según la norma N.T.P. E060, se deben de seguir las siguientes consideraciones.

Tabla 49: *Relación a/c de acuerdo con el f'cr*

f'cr a los 28 días (kg/cm2)	C° S/Aire incorporado	C° C/Aire incorporado
200	0.70	0.61
210	0.68	0.59
250	0.62	0.53
280	0.57	0.48
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	0.34
420	0.41	0.33

Fuente*: N.T.P. E060*

Para un $f'cr = 365\ kg/cm2$ se debe interpolar los valores C° S/ Aire incorporado, de esta forma se obtiene:

$$a/c = 0.465$$

Sin embargo, para la elaboración de concretos autocompactantes se hace necesario mezclas más fluidas. A partir de eso, la normativa ACI 237 – R se limita a una relación de a/c máxima de 0.45, por lo que a continuación se escoge esa relación para cumplir con lo mencionado con la norma y además del método de Okamura.

$$Relación\ a/c = 0.45$$

Posteriormente, se determina el asentamiento objetivo del concreto autocompactante (teórico); para ello, se debe de tener en cuenta los elementos estructurales a los cuales está dirigido este diseño, con este criterio establecido se tiene la siguiente tabla:

Ilustración 69: *Resistencia promedia a la Compresión Requerida*

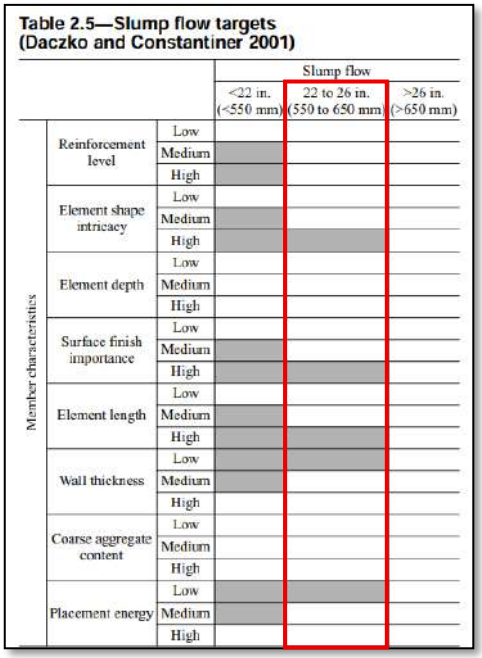


Table 2.5—Slump flow targets (Daczko and Constantiner 2001)

Member characteristics			Slump flow		
			<22 in. (<550 mm)	22 to 26 in. (550 to 650 mm)	>26 in. (>650 mm)
	Reinforcement level	Low			
		Medium	■		
		High	■		
	Element shape intricacy	Low			
		Medium	■		
		High	■	■	
	Element depth	Low			
		Medium			
		High			
	Surface finish importance	Low			
		Medium	■		
		High	■	■	
	Element length	Low			
		Medium	■		
		High	■	■	
	Wall thickness	Low	■	■	
		Medium	■		
		High			
	Coarse aggregate content	Low			
		Medium			
		High			
	Placement energy	Low	■	■	
		Medium	■		
		High			

Fuente*: ACI 237-R*

Para edificaciones que tiene un nivel de refuerzo medio (construcciones de concreto armado), una complejidad de elementos baja (construcciones con geometrías definidas), una longitud de elementos media (para el caso de placas y losas de edificios multifamiliares) y un espesor de muros entre medio y bajo (dependiendo si son muros de ductilidad limitada o muros portantes de ladrillos de arcilla).

Se establece de esta forma un Slump que va desde 550 mm hasta 650 mm, sin embargo, para fines de cálculos se estableció un valor de:

$$Flujo\ de\ asentamiento = 600\ mm$$

Teniendo en cuenta el flujo de asentamiento obtenido anteriormente, se puede calcular la cantidad de cemento para la mezcla mediante la siguiente tabla:

Ilustración 70: *Rangos de contenido de cemento según su SLUMP*

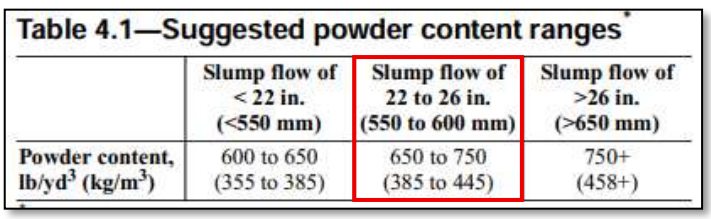


Table 4.1—Suggested powder content ranges

	Slump flow of < 22 in. (<550 mm)	Slump flow of 22 to 26 in. (550 to 600 mm)	Slump flow of >26 in. (>650 mm)
Powder content, lb/yd³ (kg/m³)	600 to 650 (355 to 385)	650 to 750 (385 to 445)	750+ (458+)

Fuente*: ACI 237-R*

Para un $Flujo\ de\ asentamiento = 600\ mm$

$$Cantidad\ de\ Cemento = 445\ kg/m3$$

Para el cálculo de la cantidad de bolsas se divide la cantidad de cemento entre 42.5 kg que es el peso por bolsa de cemento. De esta forma se tiene la cantidad de bolsas de cemento necesaria por metro cubico de concreto.

$$Cantidad\ de\ Bolsas = \frac{445}{42.5} = 10.47\ bolsas/m3$$

A partir de esto, se pudo obtener la cantidad de agua de la mezcla de concreto autocompactante:

$$Relación\ a/c = 0.45$$

$$Cantidad\ de\ Cemento = 445\ kg/m3$$

$$Cantidad\ de\ Agua = 445\frac{kg}{m3} * 0.45 = 200.25\ Lt/m3$$

Posteriormente, se calcula el peso del aditivo por metro cubico, cabe resaltar que el porcentaje establecido aquí fue comprobado mediante ensayos, con el propósito de llegar al asentamiento establecido anteriormente.

$$Porción\ de\ aditivo\ superplastificante\ Z\ RR\ PLAST - 971 = 1.63\%$$

$$Cantidad\ de\ Cemento = 445\ kg/m3$$

$$Cantidad\ de\ Aditivo = 445\frac{kg}{m3} * 1.63\% = 7.254\ Lt/m3$$

Se considera un contenido de aire según la siguiente tabla:

Ilustración 71: *Contenido de Aire Atrapado*

CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO		
Tamaño máximo nominal del agregado (pulg)	**Tamaño máximo nominal del agregado (mm)**	**Aire atrapado**
3/8"	9.5	3.00%
1/2"	12.5	2.50%
3/4"	19	2.00%
1"	25	1.50%
1 1/2"	37.5	1.00%
2"	50	0.50%
3"	75	0.30%
6"	150	0.20%

Fuente*: Manual de Tecnología de Concreto* [47]

$$Cantidad\ de\ aire = 2\% * 1m3 = 0.020\ m3$$

De esta forma, en la siguiente tabla se tiene un resumen del volumen de los componentes que hasta el momento se ha calculado:

Tabla 50: *Volumen de la Pasta*

Descripción	Volumen
cemento	0.144 m3
Agua	0.200 m3
Aditivo	0.006 m3
Aire	0.020 m3
SUMA	**0.370 m3**

A continuación, se calcula el volumen del agregado, y posteriormente se calcula el volumen de agregado fino y grueso. El porcentaje de proporción del agregado grueso se toma como referencia a una de los métodos empleados para diseño de concreto autocompactante denominado "Directrices Europeas para el Hormigón Autocompactante" [66]:

Ilustración 72: *Rangos típicos de la composición de mezcla del Concreto Autocompactante*

Componente	Rango típico por masa (kg/m^3)	Rango típico por volumen (litros/m^3)
Finos	380 – 600	
Pasta		300 – 380
Agua	150 – 210	150 – 210
Áridos gruesos	750 – 1000	270 – 360
Áridos finos (arenas)	El volumen de otros constituyentes es usualmente un 45 – 55% del peso total de los áridos en dosificaciones equilibradas.	
Relación agua / finos por volumen		0.85 – 1.10

Tabla 8.2 **Rangos típicos de la composición de mezcla del HAC**

Fuente*: Directrices Europeas para el Hormigón Autocompactante* [66]

$$Volumen\ del\ agregado\ en\ la\ mezcla = 1 - 0.370 = 0.630\ m3$$

Tabla 51: *Cálculo de volúmenes de agregados*

Descripción	Proporción	Vol. Absoluto
AG.	0.45	0.283 m3
AF.	0.55	0.346 m3

Mediante la determinación de los volúmenes para cada caso de agregado, se procede a calcular la cantidad en kg/m3:

$$Cantidad\ de\ Agregado = Volumen * Peso\ Espec.Ag.Grueso$$

$$Cantidad\ de\ Agregado\ Grueso = 0.2832m3 * 2614.68\ kg/m3 = 740.35\ kg/m3$$

$$Cantidad\ de\ Agregado\ Fino = 0.3461m3 * 2826.78\ kg/m3 = 978.27\ kg/m3$$

Se proceden a tabular los resultados:

Tabla 52: *Volumen de los componentes por m3*

a) Cemento	445.00	Kg/m^3	0.144	m^3
b) Agua	200.25	Lt/m^3	0.200	m^3
c) Aditivo	7.254	Lt/m^3	0.006	m^3
d) Aire	0.02	m3	0.020	m^3
e) Ag. Fino	978.27	Kg/m^3	0.346	m^3
f) Ag. Grueso	740.35	Kg/m^3	0.283	m^3
	2371.15		1.000	m^3

Una vez teniendo los resultados tabulados, se procede a realizar la corrección por humedad, donde interviene el % de humedad de los agregados y el % de absorción de estos con la siguiente fórmula:

$$Corrección\ por\ humedad(kg) = Cont.de\ Agregado(Kg) * \frac{\%\ humedad}{100} + 1$$

Por consiguiente, para el agregado fino resulta lo siguiente:

$$\%\ de\ humedad = 1.87\%$$

$$Contenido\ de\ agregado\ fino = 978.27\ kg$$

$$Corrección\ por\ humedad\ del\ agregado\ fino = 996.61\ kg$$

Por consiguiente, para el agregado grueso resulta lo siguiente:

$$\%\ de\ humedad = 1.13\%$$

$$Contenido\ de\ agregado\ grueso = 740.35\ kg$$

$$Corrección\ por\ humedad\ del\ agregado\ grueso = 748.72\ kg$$

Ahora calculamos el aporte de agua en la mezcla con la siguiente fórmula:

$$Aporte\ de\ agua(Lt) = Cont.de\ Ag.Corregido(Kg) * \left(\frac{\%\ humedad - \%absorción}{100}\right)$$

Por consiguiente, para el agregado fino resulta lo siguiente:

$$\%\ de\ humedad = 1.87\%$$

$$\%\ de\ absorción = 0.79\%$$

$$Aporte\ de\ agua\ del\ Agregado\ fino = 996.61 * \left(\frac{1.87 - 0.79}{100}\right) = 10.85\ LT$$

Por consiguiente, para el agregado grueso resulta lo siguiente:

$$\%\ de\ humedad = 1.13\%$$

$$\%\ de\ absorción = 0.83\%$$

$$Aporte\ de\ agua\ del\ Agregado\ grueso = 748.72\ kg * \left(\frac{1.13\% - 0.83\%}{100}\right) = 2.26\ Lt$$

$$El\ aporte\ de\ agua\ en\ Agregados = 10.85 + 2.26 = 13.11\ Lt$$

Entonces el agua efectiva en la mezcla sería lo siguiente:

$$Agua\ Efectiva\ en\ la\ Mezcla = 200.25 - 13.11 = 187.14\ Lt$$

Se realiza nuevamente la tabulación con los datos corregidos:

Tabla 53: *Volumen de los componentes corregidos por m3*

a) Cemento	445.00	Kg/m^3	0.144	m^3
b) Agua	187.14	Lt/m^3	0.187	m^3
c) Aditivo	7.254	Lt/m^3	0.006	m^3
d) Aire	0.02	m3	0.020	m^3
e) Ag. Fino	996.61	Kg/m^3	0.356	m^3
f) Ag. Grueso	748.72	Kg/m^3	0.286	m^3
	2385		1.000	m^3

Para calcular las cantidades de los componentes por tanda de ensayo, se realizan los siguientes cálculos:

Datos:

$$Diámetro\ (D) = 15.20\ cm = 0.01815\ m2$$

$$Altura\ (h) = 30.20\ cm = 0.3020\ m$$

$$N°\ Probetas = 3\ probetas$$

$$\%\ desperdicio = 1.15$$

Resultados:

$$Vol.del\ molde = 0.01815 * 0.3020 = 0.005480\ m3$$

$$Vol.del\ molde + desperdicio = 0.005480 * 3 * 1.15 = 0.018906m3$$

Esto nos sirve para poder determinar la cantidad de material que entra por tanda de ensayo, y resulta del producto de:

$$(Vol.del\ molde + desperdicio) * Cantidad\ de\ material\ por\ m3$$

Los resultados se encuentran en la siguiente tabla:

Tabla 54: *Cantidad de material que entra por tanda de ensayo*

a) Cemento	8.413 Kg	
b) Agua	3.538 Lt	
c) Aditivo	0.137 Lt	
e) Ag. Fino	18.842 Kg	
f) Ag. Grueso	14.156 Kg	
	45.086 Kg	Kg

Y su dosificación final sería:

Tabla 55: *Dosificación del concreto autocompactante patrón*

	Cemento	Arena	Piedra	Agua	Aditivo	
Proporción en peso :	1.00	2.24	1.68	17.9	0.693	Lts/Pie^3
Proporción en volumen :	1.00	2.05	1.71	17.9	0.693	Lts/Pie^3

Comprobamos los parámetros de la norma ACI 237 – R

Tabla 56: *Parámetros obtenidos de la dosificación calculada para un CAC patrón*

PARÁMETROS PARA EL PROPORCIONAMIENTO DE MEZCLAS DE CONCRETO AUTOCOMPACTANTE	
Vol. Absoluto de Ag. Grueso	28.64%
Fracción de Pasta	35.77%
Fracción de Mortero	71.36%
Relación a/c	0.42
Contenido de cemento	445.0 kg/m3

Tabla 57: *Parámetros obtenidos de la Norma ACI 237 – R*

TABLA 3*
RESUMEN DE LOS PARAMETROS PARA EL PROPORCIONAMIENTO DE MEZCLAS DE HAC

Volumen absoluto de agregado grueso	28 - 32 % (tamaño máximo nominal 12 mm)
Fracción de pasta	34 - 40 % (volumen total de la mezcla)
Fracción de mortero	68 - 72 % (volumen total de la mezcla)
Relación típica agua/material cementicio	0,32 - 0,45
Contenido de material cementicio	386 -475 Kg/m3 (contenido menor usar agentes modificadores de viscosidad)

Fuente*: ACI 237 – R* [20]

A través de una comparación entre las 2 tablas, podemos determinar que cumplen dentro de los parámetros para una mezcla de concreto autocompactante.

Diseño de Mezcla con 0.50 % de fibra de sisal Según ACI 237 – R

Para realizar el diseño de Mezcla para un concreto autocompactante con adición de 0.5% de fibra de sisal, se siguen los mismos pasos, teniendo en cuenta la cantidad de fibra con respecto al peso del cemento. Los datos generales tanto de los agregados, como el resto de los componentes son los mismos que se presentan en la tabla 47 y 48.

Comenzamos con el cálculo del f'cr, donde según la normativa peruana N.T.P. E060, para el caso donde no exista antecedentes disponibles para calcular la desviación estándar de la muestra se usa la siguiente tabla:

Ilustración 73: *Resistencia promedia a la Compresión Requerida*

TABLA 5.3
RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESIÓN REQUERIDA CUANDO NO HAY DATOS DISPONIBLES PARA ESTABLECER UNA DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA MUESTRA

Resistencia especificada a la compresión, MPa	Resistencia promedio requerida a la compresión, MPa
$f'c < 21$	$f'cr = f'c + 7{,}0$
$21 \leq f'c \leq 35$	$f'cr = f'c + 8{,}5$
$f'c > 35$	$f'cr = 1{,}1\, f'c + 5{,}0$

Fuente*: N.T.P. E060* [39]

$$Para\ un\ f'c = 280\ kg/cm2$$

$$Se\ obtiene\ f'c = 280 + 85 = 365\ kg/cm2$$

A continuación, se realiza el cálculo de la relación a/c que según la norma N.T.P. E060, se deben de seguir las siguientes consideraciones.

Tabla 58: *Relación a/c de acuerdo con el f'cr*

f'cr a los 28 días (kg/cm2)	C° S/Aire incorporado	C° C/Aire incorporado
200	0.70	0.61
210	0.68	0.59
250	0.62	0.53
280	0.57	0.48
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	0.34
420	0.41	0.33

Fuente*: N.T.P. E060* [39]

Para un $f'cr = 365\ kg/cm2$ se debe interpolar los valores C° S/ Aire incorporado, de esta forma se obtiene:

$$a/c = 0.465$$

Sin embargo, para la elaboración de concretos autocompactantes se hace necesario mezclas más fluidas. A partir de eso, la normativa ACI 237 – R se limita a una relación de a/c máxima de 0.45, por lo que a continuación se escoge esa relación para cumplir con lo mencionado con la norma y además del método de Okamura.

$$Relación\ a/c = 0.45$$

Posteriormente, se determina el asentamiento objetivo del concreto autocompactante (teórico); para ello, se debe de tener en cuenta los elementos estructurales a los cuales está dirigido este diseño, con este criterio establecido se tiene la siguiente tabla:

Ilustración 74: *Resistencia promedia a la Compresión Requerida*

Table 2.5—Slump flow targets (Daczko and Constantiner 2001)

			Slump flow		
			<22 in. (<550 mm)	22 to 26 in. (550 to 650 mm)	>26 in. (>650 mm)
Member characteristics	Reinforcement level	Low			
		Medium	■		
		High	■		
	Element shape intricacy	Low			
		Medium	■		
		High	■	■	
	Element depth	Low			
		Medium			
		High			
	Surface finish importance	Low			
		Medium	■		
		High	■	■	
	Element length	Low			
		Medium	■		
		High	■	■	
	Wall thickness	Low	■	■	
		Medium	■		
		High			
	Coarse aggregate content	Low			
		Medium			
		High			
	Placement energy	Low	■	■	
		Medium	■		
		High			

Fuente*: ACI 237-R*

Para edificaciones que tiene un nivel de refuerzo medio (construcciones de concreto armado), una complejidad de elementos baja (construcciones con geometrías definidas), una longitud de elementos media (para el caso de placas y losas de edificios multifamiliares) y un espesor de muros entre medio y bajo (dependiendo si son muros de ductilidad limitada o muros portantes de ladrillos de arcilla).

Se establece de esta forma un Slump que va desde 550 mm hasta 650 mm, sin embargo, para fines de cálculos se estableció un valor de:

$$Flujo\ de\ asentamiento = 600\ mm$$

Teniendo en cuenta el flujo de asentamiento obtenido anteriormente, se puede calcular la cantidad de cemento para la mezcla mediante la siguiente tabla:

Ilustración 75: *Rangos de contenido de cemento según su SLUMP*

Table 4.1—Suggested powder content ranges

	Slump flow of < 22 in. (<550 mm)	Slump flow of 22 to 26 in. (550 to 600 mm)	Slump flow of >26 in. (>650 mm)
Powder content, lb/yd^3 (kg/m^3)	600 to 650 (355 to 385)	650 to 750 (385 to 445)	750+ (458+)

Fuente*: ACI 237-R*

Para un $Flujo\ de\ asentamiento = 600\ mm$

$$Cantidad\ de\ Cemento = 445\ kg/m3$$

Para el cálculo de la cantidad de bolsas se divide la cantidad de cemento entre 42.5 kg que es el peso por bolsa de cemento. De esta forma se tiene la cantidad de bolsas de cemento necesaria por metro cubico de concreto.

$$Cantidad\ de\ Bolsas = \frac{445}{42.5} = 10.47\ bolsas/m3$$

A partir de esto, se pudo obtener la cantidad de agua de la mezcla de concreto autocompactante:

$$Relación\ a/c = 0.45$$

$$Cantidad\ de\ Cemento = 445\ kg/m3$$

$$Cantidad\ de\ Agua = 445\frac{kg}{m3} * 0.45 = 200.25\ Lt/m3$$

Posteriormente, se calcula el peso del aditivo por metro cubico, cabe resaltar que el porcentaje establecido aquí fue comprobado mediante ensayos, con el propósito de llegar al asentamiento establecido anteriormente.

$$Porción\ de\ aditivo\ superplastificante\ Z\ RR\ PLAST - 971 = 1.63\%$$

$$Cantidad\ de\ Cemento = 445\ kg/m3$$

$$Cantidad\ de\ Aditivo = 445\frac{kg}{m3} * 1.63\% = 7.254\ Lt/m3$$

Para el contenido de fibra de sisal, se toma en cuenta el peso del cemento multiplicado por su porcentaje respectivo:

$$Porción\ de\ la\ fibra\ de\ sisal = 0.50\%$$

$$Cantidad\ de\ Cemento = 445\ kg/m3$$

$$Cantidad\ de\ Fibra\ de\ Sisal = 445\frac{kg}{m3} * 0.50\% = 2.225\ kg/m3$$

Se considera un contenido de aire según la siguiente tabla:

Ilustración 76: *Contenido de Aire Atrapado*

CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO		
Tamaño máximo nominal del agregado (pulg)	**Tamaño máximo nominal del agregado (mm)**	**Aire atrapado**
3/8"	9.5	3.00%
1/2"	12.5	2.50%
3/4"	19	2.00%
1"	25	1.50%
1 1/2"	37.5	1.00%
2"	50	0.50%
3"	75	0.30%
6"	150	0.20%

Fuente*: Manual de Tecnología de Concreto* [47]

$$Cantidad\ de\ aire = 2\% * 1m3 = 0.020\ m3$$

De esta forma, en la siguiente tabla se tiene un resumen del volumen de los componentes que hasta el momento se ha calculado:

Tabla 59: *Volumen de la Pasta*

Descripción	Volumen
cemento	0.1445 m3
Agua	0.2003 m3
Aditivo	0.0060 m3
Aire	0.0200 m3
Fibra	0.0015 m3
SUMA	**0.3723 m3**

A continuación, se calcula el volumen del agregado, y posteriormente se calcula el volumen de agregado fino y grueso. El porcentaje de proporción del agregado grueso se toma como referencia a una de los métodos empleados para diseño de concreto autocompactante denominado “Directrices Europeas para el Hormigón Autocompactante” [66]:

Ilustración 77: *Rangos típicos de la composición de mezcla del Concreto Autocompactante*

Componente	Rango típico por masa (kg/m^3)	Rango típico por volumen (litros/m^3)
Finos	380 – 600	
Pasta		300 – 380
Agua	150 – 210	150 – 210
Áridos gruesos	750 – 1000	270 – 360
Áridos finos (arenas)	El volumen de otros constituyentes es usualmente un 45 – 55% del peso total de los áridos en dosificaciones equilibradas.	
Relación agua / finos por volumen		0.85 – 1.10

Tabla 8.2 **Rangos típicos de la composición de mezcla del HAC**

***Fuente**: Directrices Europeas para el Hormigón Autocompactante* [66]

$$Volumen\ del\ agregado\ en\ la\ mezcla = 1 - 0.3723 = 0.6277\ m3$$

***Tabla 60:** Cálculo de volúmenes de agregados*

Descripción	Proporción	Vol. Absoluto
AG.	45%	0.2825 m3
AF.	55%	0.3453 m3

Mediante la determinación de los volúmenes para cada caso de agregado, se procede a calcular la cantidad en kg/m3:

$$Cantidad\ de\ Agregado = Volumen * Peso\ Espec.Ag.Grueso$$

$$Cantidad\ de\ Agregado\ Grueso = 0.2825m3 * 2614.68\ kg/m3 = 738.60\ kg/m3$$

$$Cantidad\ de\ Agregado\ Fino = 0.3453m3 * 2826.78\ kg/m3 = 975.97\ kg/m3$$

Se proceden a tabular los resultados:

***Tabla 61:** Volumen de los componentes por m3*

a) Cemento	445.00	Kg/m^3	0.144	m^3
b) Agua	200.25	Lt/m^3	0.200	m^3
c) Aditivo	7.254	Lt/m^3	0.006	m^3
d) Fibra	2.225	Kg/m^3	0.001	m^3
e) Aire	0.02	%	0.020	m^3
f) Ag. Fino	975.97	Kg/m^3	0.345	m^3
g) Ag. Grueso	738.60	Kg/m^3	0.282	m^3
	2369.32		1.000	m^3

Una vez teniendo los resultados tabulados, se procede a realizar la corrección por humedad, donde interviene el % de humedad de los agregados y el % de absorción de estos con la siguiente fórmula:

$$Corrección\ por\ humedad(kg) = Cont.de\ Agregado(Kg) * \frac{\%\ humedad}{100} + 1$$

Por consiguiente, para el agregado fino resulta lo siguiente:

$$\%\ de\ humedad = 1.87\%$$

$$Contenido\ de\ agregado\ fino = 975.97\ kg$$

$$Corrección\ por\ humedad\ del\ agregado\ fino = 994.26\ kg$$

Por consiguiente, para el agregado grueso resulta lo siguiente:

$$\%\ de\ humedad = 1.13\%$$

$$Contenido\ de\ agregado\ grueso = 738.60\ kg$$

$$Corrección\ por\ humedad\ del\ agregado\ grueso = 746.96\ kg$$

Ahora calculamos el aporte de agua en la mezcla con la siguiente fórmula:

$$Aporte\ de\ agua(Lt) = Cont.de\ Ag.Corregido(Kg) * \left(\frac{\%\ humedad - \%absorción}{100}\right)$$

Por consiguiente, para el agregado fino resulta lo siguiente:

$$\%\ de\ humedad = 1.87\%$$

$$\%\ de\ absorción = 0.79\%$$

$$Aporte\ de\ agua\ del\ Agregado\ fino = 994.26 * \left(\frac{1.87 - 0.79}{100}\right) = 10.82\ LT$$

Por consiguiente, para el agregado grueso resulta lo siguiente:

$$\%\ de\ humedad = 1.13\%$$

$$\%\ de\ absorción = 0.83\%$$

$$Aporte\ de\ agua\ del\ Agregado\ grueso = 746.96\ kg * \left(\frac{1.13\% - 0.83\%}{100}\right) = 2.25\ Lt$$

$$El\ aporte\ de\ agua\ en\ Agregados = 10.82 + 2.25 = 13.08\ Lt$$

Entonces el agua efectiva en la mezcla sería lo siguiente:

$$Agua\ Efectiva\ en\ la\ Mezcla = 200.25 - 13.08 = 187.17\ Lt$$

Se realiza nuevamente la tabulación con los datos corregidos:

Tabla 62: *Volumen de los componentes corregidos por m3*

a) Cemento	445.00	Kg/m^3	0.144	m^3
b) Agua	187.17	Lt/m^3	0.187	m^3
c) Aditivo	7.254	Lt/m^3	0.006	m^3
d) Fibra	2.225	Kg/m^3	0.001	m^3
e) Aire	0.02	m3	0.020	m^3
f) Ag. Fino	994.26	Kg/m^3	0.355	m^3
g) Ag. Grueso	746.96	Kg/m^3	0.286	m^3
	2382.89		1.00	m^3

Para calcular las cantidades de los componentes por tanda de ensayo, se realizan los siguientes cálculos:

Datos:

$$Diámetro\ (D) = 15.20\ cm = 0.01815\ m2$$

$$Altura\ (h) = 30.20\ cm = 0.3020\ m$$

$$N°\ Probetas = 3\ probetas$$

$$\%\ desperdicio = 1.15$$

Resultados:

$$Vol.del\ molde = 0.01815 * 0.3020 = 0.005480\ m3$$

$$Vol.del\ molde + desperdicio = 0.005480 * 3 * 1.15 = 0.018906m3$$

Esto nos sirve para poder determinar la cantidad de material que entra por tanda de ensayo, y resulta del producto de:

$$(Vol.del\ molde + desperdicio) * Cantidad\ de\ material\ por\ m3$$

Los resultados se encuentran en la siguiente tabla:

Tabla 63: *Cantidad de material que entra por tanda de ensayo*

a) Cemento	8.413 Kg
b) Agua	3.539 Lt
c) Aditivo	0.137 Lt
d) Fibra	0.042 Kg
e) Ag. Fino	18.798 Kg
f) Ag. Grueso	14.122 Kg
	45.051 Kg

Y su dosificación final sería:

Tabla 64: *Dosificación del concreto autocompactante patrón*

	Cemento	Arena	Piedra	Agua	Aditivo	
Proporción en peso :	1.00	2.23	1.68	17.9	0.693	Lts/Pie^3
Proporción en volumen :	1.00	2.04	1.71	17.9	0.693	Lts/Pie^3

Comprobamos los parámetros de la norma ACI 237 – R

Tabla 65: *Parámetros obtenidos de la dosificación calculada para un CAC+0.50% fibra de sisal*

PARÁMETROS PARA EL PROPORCIONAMIENTO DE MEZCLAS DE CONCRETO AUTOCOMPACTANTE	
Vol. Absoluto de Ag. Grueso	28.57%
Fracción de Pasta	35.77%
Fracción de Mortero	71.28%
Relación a/c	0.42
Contenido de cemento	445.0 kg/m3

Tabla 66: *Parámetros obtenidos de la Norma ACI 237 – R*

TABLA 3*
RESUMEN DE LOS PARAMETROS PARA EL PROPORCIONAMIENTO DE MEZCLAS DE HAC

Volumen absoluto de agregado grueso	28 - 32 % (tamaño máximo nominal 12 mm)
Fracción de pasta	34 - 40 % (volumen total de la mezcla)
Fracción de mortero	68 - 72 % (volumen total de la mezcla)
Relación típica agua/material cementicio	0,32 - 0,45
Contenido de material cementicio	386 -475 Kg/m3 (contenido menor usar agentes modificadores de viscosidad)

Fuente*: ACI 237 – R* [20]

A través de una comparación entre las 2 tablas, podemos determinar que cumplen dentro de los parámetros para una mezcla de concreto autocompactante.

Diseño de Mezcla con 1.25 % de fibra de sisal Según ACI 237 – R

Para realizar el diseño de Mezcla para un concreto autocompactante con adición de 1.25% de fibra de sisal, se siguen los mismos pasos, teniendo en cuenta la cantidad de fibra con respecto al peso del cemento. Los datos generales tanto de los agregados, como el resto de los componentes son los mismos que se presentan en la tabla 47 y 48.

Comenzamos con el cálculo del f'cr, donde según la normativa peruana N.T.P. E060, para el caso donde no exista antecedentes disponibles para calcular la desviación estándar de la muestra se usa la siguiente tabla:

Ilustración 78: *Resistencia promedia a la Compresión Requerida*

TABLA 5.3
RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESIÓN REQUERIDA CUANDO NO HAY DATOS DISPONIBLES PARA ESTABLECER UNA DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA MUESTRA

Resistencia especificada a la compresión, MPa	Resistencia promedio requerida a la compresión, MPa
$f'c < 21$	$f'cr = f'c + 7{,}0$
$21 \leq f'c \leq 35$	$f'cr = f'c + 8{,}5$
$f'c > 35$	$f'cr = 1{,}1\, f'c + 5{,}0$

Fuente*: N.T.P. E060* [39]

$$Para\ un\ f'c = 280\ kg/cm2$$

$$Se\ obtiene\ f'c = 280 + 85 = 365\ kg/cm2$$

A continuación, se realiza el cálculo de la relación a/c que según la norma N.T.P. E060, se deben de seguir las siguientes consideraciones.

Tabla 67: *Relación a/c de acuerdo con el f'cr*

f'cr a los 28 días (kg/cm2)	C° S/Aire incorporado	C° C/Aire incorporado
200	0.70	0.61
210	0.68	0.59
250	0.62	0.53
280	0.57	0.48
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	0.34
420	0.41	0.33

Fuente*: N.T.P. E060* [39]

Para un $f'cr = 365\ kg/cm2$ se debe interpolar los valores C° S/ Aire incorporado, de esta forma se obtiene:

$$a/c = 0.465$$

Sin embargo, para la elaboración de concretos autocompactantes se hace necesario mezclas más fluidas. A partir de eso, la normativa ACI 237 – R se limita a una relación de a/c máxima de 0.45, por lo que a continuación se escoge esa relación para cumplir con lo mencionado con la norma y además del método de Okamura.

$$Relación\ a/c = 0.45$$

Posteriormente, se determina el asentamiento objetivo del concreto autocompactante (teórico); para ello, se debe de tener en cuenta los elementos estructurales a los cuales está dirigido este diseño, con este criterio establecido se tiene la siguiente tabla:

Ilustración 79: *Resistencia promedia a la Compresión Requerida*

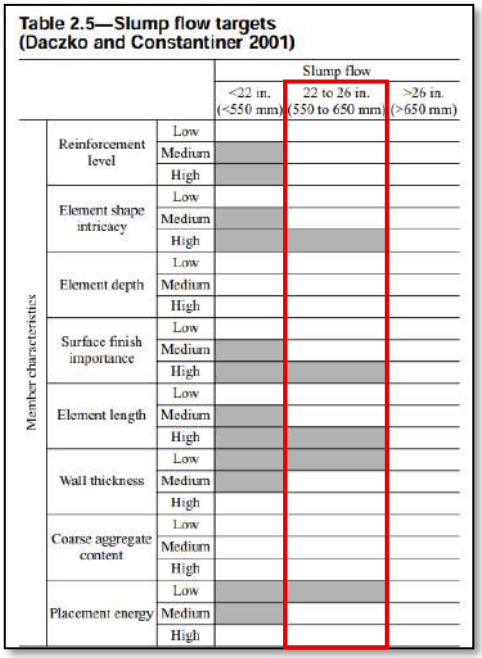


Table 2.5—Slump flow targets (Daczko and Constantiner 2001)

Member characteristics			Slump flow		
			<22 in. (<550 mm)	22 to 26 in. (550 to 650 mm)	>26 in. (>650 mm)
	Reinforcement level	Low			
		Medium	■		
		High	■		
	Element shape intricacy	Low			
		Medium	■		
		High	■	■	
	Element depth	Low			
		Medium			
		High			
	Surface finish importance	Low			
		Medium	■		
		High	■	■	
	Element length	Low			
		Medium	■		
		High	■	■	
	Wall thickness	Low	■	■	
		Medium	■		
		High			
	Coarse aggregate content	Low			
		Medium			
		High			
	Placement energy	Low	■	■	
		Medium	■		
		High			

Fuente*: ACI 237-R*

Para edificaciones que tiene un nivel de refuerzo medio (construcciones de concreto armado), una complejidad de elementos baja (construcciones con geometrías definidas), una longitud de elementos media (para el caso de placas y losas de edificios multifamiliares) y un espesor de muros entre medio y bajo (dependiendo si son muros de ductilidad limitada o muros portantes de ladrillos de arcilla).

Se establece de esta forma un Slump que va desde 550 mm hasta 650 mm, sin embargo, para fines de cálculos se estableció un valor de:

$$Flujo\ de\ asentamiento = 600\ mm$$

Teniendo en cuenta el flujo de asentamiento obtenido anteriormente, se puede calcular la cantidad de cemento para la mezcla mediante la siguiente tabla:

Ilustración 80: *Rangos de contenido de cemento según su SLUMP*

Table 4.1—Suggested powder content ranges

	Slump flow of < 22 in. (<550 mm)	Slump flow of 22 to 26 in. (550 to 600 mm)	Slump flow of >26 in. (>650 mm)
Powder content, lb/yd^3 (kg/m^3)	600 to 650 (355 to 385)	650 to 750 (385 to 445)	750+ (458+)

Fuente*: ACI 237-R*

Para un $Flujo\ de\ asentamiento = 600\ mm$

$$Cantidad\ de\ Cemento = 445\ kg/m3$$

Para el cálculo de la cantidad de bolsas se divide la cantidad de cemento entre 42.5 kg que es el peso por bolsa de cemento. De esta forma se tiene la cantidad de bolsas de cemento necesaria por metro cubico de concreto.

$$Cantidad\ de\ Bolsas = \frac{445}{42.5} = 10.47\ bolsas/m3$$

A partir de esto, se pudo obtener la cantidad de agua de la mezcla de concreto autocompactante:

$$Relación\ a/c = 0.45$$

$$Cantidad\ de\ Cemento = 445\ kg/m3$$

$$Cantidad\ de\ Agua = 445\frac{kg}{m3} * 0.45 = 200.25\ Lt/m3$$

Posteriormente, se calcula el peso del aditivo por metro cubico, cabe resaltar que el porcentaje establecido aquí fue comprobado mediante ensayos, con el propósito de llegar al asentamiento establecido anteriormente.

$$Porción\ de\ aditivo\ superplastificante\ Z\ RR\ PLAST - 971 = 1.63\%$$

$$Cantidad\ de\ Cemento = 445\ kg/m3$$

$$Cantidad\ de\ Aditivo = 445\frac{kg}{m3} * 1.63\% = 7.254\ Lt/m3$$

Para el contenido de fibra de sisal, se toma en cuenta el peso del cemento multiplicado por su porcentaje respectivo:

$$Porción\ de\ la\ fibra\ de\ sisal = 1.25\%$$

$$Cantidad\ de\ Cemento = 445\ kg/m3$$

$$Cantidad\ de\ Fibra\ de\ Sisal = 445\frac{kg}{m3} * 1.25\% = 5.563\ kg/m3$$

Se considera un contenido de aire según la siguiente tabla:

Ilustración 81: *Contenido de Aire Atrapado*

CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO		
Tamaño máximo nominal del agregado (pulg)	**Tamaño máximo nominal del agregado (mm)**	**Aire atrapado**
3/8"	9.5	3.00%
1/2"	12.5	2.50%
3/4"	19	2.00%
1"	25	1.50%
1 1/2"	37.5	1.00%
2"	50	0.50%
3"	75	0.30%
6"	150	0.20%

Fuente*: Manual de Tecnología de Concreto* [47]

$$Cantidad\ de\ aire = 2\% * 1m3 = 0.020\ m3$$

De esta forma, en la siguiente tabla se tiene un resumen del volumen de los componentes que hasta el momento se ha calculado:

Tabla 68: *Volumen de la Pasta*

Descripción	Volumen
cemento	0.1445 m3
Agua	0.2003 m3
Aditivo	0.0060 m3
Aire	0.0200 m3
Fibra	0.0037 m3
SUMA	**0.3745 m3**

A continuación, se calcula el volumen del agregado, y posteriormente se calcula el volumen de agregado fino y grueso. El porcentaje de proporción del agregado grueso se toma como referencia a una de los métodos empleados para diseño de concreto autocompactante denominado “Directrices Europeas para el Hormigón Autocompactante” [66]:

Ilustración 82: *Rangos típicos de la composición de mezcla del Concreto Autocompactante*

Componente	Rango típico por masa (kg/m^3)	Rango típico por volumen (litros/m^3)
Finos	380 – 600	
Pasta		300 – 380
Agua	150 – 210	150 – 210
Áridos gruesos	750 – 1000	270 – 360
Áridos finos (arenas)	El volumen de otros constituyentes es usualmente un 45 – 55% del peso total de los áridos en dosificaciones equilibradas.	
Relación agua / finos por volumen		0.85 – 1.10

Tabla 8.2 **Rangos típicos de la composición de mezcla del HAC**

Fuente*: Directrices Europeas para el Hormigón Autocompactante* [66]

$$Volumen\ del\ agregado\ en\ la\ mezcla = 1 - 0.3745 = 0.6255\ m3$$

Tabla 69: *Cálculo de volúmenes de agregados*

Descripción	Proporción	Vol. Absoluto
AG.	45%	0.2815 m3
AF.	55%	0.3440 m3

Mediante la determinación de los volúmenes para cada caso de agregado, se procede a calcular la cantidad en kg/m3:

$$Cantidad\ de\ Agregado = Volumen * Peso\ Espec.Ag.Grueso$$

$$Cantidad\ de\ Agregado\ Grueso = 0.2815m3 * 2614.68\ kg/m3 = 735.99\ kg/m3$$

$$Cantidad\ de\ Agregado\ Fino = 0.3440m3 * 2826.78\ kg/m3 = 972.51\ kg/m3$$

Se proceden a tabular los resultados:

Tabla 70: *Volumen de los componentes por m3*

a) Cemento	445.00	Kg/m^3	0.144	m^3
b) Agua	200.25	Lt/m^3	0.200	m^3
c) Aditivo	7.254	Lt/m^3	0.006	m^3
d) Fibra	5.563	Kg/m^3	0.004	m^3
e) Aire	0.02	m^3	0.020	m^3
f) Ag. Fino	972.51	Kg/m^3	0.344	m^3
g) Ag. Grueso	735.99	Kg/m^3	0.281	m^3
	2366.58		1.000	m^3

Una vez teniendo los resultados tabulados, se procede a realizar la corrección por humedad, donde interviene el % de humedad de los agregados y el % de absorción de estos con la siguiente fórmula:

$$Corrección\ por\ humedad(kg) = Cont.de\ Agregado(Kg) * \frac{\%\ humedad}{100} + 1$$

Por consiguiente, para el agregado fino resulta lo siguiente:

$$\%\ de\ humedad = 1.87\%$$

$$Contenido\ de\ agregado\ fino = 972.51\ kg$$

$$Corrección\ por\ humedad\ del\ agregado\ fino = 990.74\ kg$$

Por consiguiente, para el agregado grueso resulta lo siguiente:

$$\%\ de\ humedad = 1.13\%$$

$$Contenido\ de\ agregado\ grueso = 735.99\ kg$$

$$Corrección\ por\ humedad\ del\ agregado\ grueso = 744.31\ kg$$

Ahora calculamos el aporte de agua en la mezcla con la siguiente fórmula:

$$Aporte\ de\ agua(Lt) = Cont.de\ Ag.Corregido(Kg) * \left(\frac{\%\ humedad - \%absorción}{100}\right)$$

Por consiguiente, para el agregado fino resulta lo siguiente:

$$\%\ de\ humedad = 1.87\%$$

$$\%\ de\ absorción = 0.79\%$$

$$Aporte\ de\ agua\ del\ Agregado\ fino = 990.74 * \left(\frac{1.87 - 0.79}{100}\right) = 10.78\ LT$$

Por consiguiente, para el agregado grueso resulta lo siguiente:

$$\%\ de\ humedad = 1.13\%$$

$$\%\ de\ absorción = 0.83\%$$

$$Aporte\ de\ agua\ del\ Agregado\ grueso = 744.31\ kg * \left(\frac{1.13\% - 0.83\%}{100}\right) = 2.25\ Lt$$

$$El\ aporte\ de\ agua\ en\ Agregados = 10.82 + 2.25 = 13.03\ Lt$$

Entonces el agua efectiva en la mezcla sería lo siguiente:

$$Agua\ Efectiva\ en\ la\ Mezcla = 200.25 - 13.03 = 187.22\ Lt$$

Se realiza nuevamente la tabulación con los datos corregidos:

Tabla 71: *Volumen de los componentes corregidos por m3*

a) Cemento	445.00	Kg/m^3	0.144	m^3
b) Agua	187.22	Lt/m^3	0.187	m^3
c) Aditivo	7.254	Lt/m^3	0.006	m^3
d) Fibra	5.563	Kg/m^3	0.004	m^3
e) Aire	0.02	m3	0.020	m^3
f) Ag. Fino	990.74	Kg/m^3	0.354	m^3
g) Ag. Grueso	744.31	Kg/m^3	0.285	m^3
	2380.11		1.00	m^3

Para calcular las cantidades de los componentes por tanda de ensayo, se realizan los siguientes cálculos:

Datos:

$$Diámetro\ (D) = 15.20\ cm = 0.01815\ m2$$

$$Altura\ (h) = 30.20\ cm = 0.3020\ m$$

$$N° \ Probetas = 3 \ probetas$$

$$\% \ desperdicio = 1.15$$

Resultados:

$$Vol. del \ molde = 0.01815 * 0.3020 = 0.005480 \ m3$$

$$Vol. del \ molde + desperdicio = 0.005480 * 3 * 1.15 = 0.018906 m3$$

Esto nos sirve para poder determinar la cantidad de material que entra por tanda de ensayo, y resulta del producto de:

$$(Vol. del \ molde + desperdicio) * Cantidad \ de \ material \ por \ m3$$

Los resultados se encuentran en la siguiente tabla:

Tabla 72: *Cantidad de material que entra por tanda de ensayo*

a) Cemento	8.413 Kg
b) Agua	3.540 Lt
c) Aditivo	0.137 Lt
d) Fibra	0.105 Kg
e) Ag. Fino	18.731 Kg
f) Ag. Grueso	14.072 Kg
	44.998 Kg

Y su dosificación final sería:

Tabla 73: *Dosificación del concreto autocompactante patrón*

	Cemento	Arena	Piedra	Agua	Aditivo	
Proporción en peso :	1.00	2.23	1.67	17.9	0.693	Lts/Pie^3
Proporción en volumen :	1.00	2.03	1.70	17.9	0.693	Lts/Pie^3

Comprobamos los parámetros de la norma ACI 237 – R

Tabla 74: *Parámetros obtenidos de la dosificación calculada para un CAC+1.25% fibra de sisal*

PARÁMETROS PARA EL PROPORCIONAMIENTO DE MEZCLAS DE CONCRETO AUTOCOMPACTANTE	
Vol. Absoluto de Ag. Grueso	28.47%
Fracción de Pasta	35.77%
Fracción de Mortero	71.16%
Relación a/c	0.42
Contenido de cemento	445.0 kg/m3

Tabla 75: *Parámetros obtenidos de la Norma ACI 237 – R*

TABLA 3*
RESUMEN DE LOS PARAMETROS PARA EL PROPORCIONAMIENTO DE MEZCLAS DE HAC

Volumen absoluto de agregado grueso	28 - 32 % (tamaño máximo nominal 12 mm)
Fracción de pasta	34 - 40 % (volumen total de la mezcla)
Fracción de mortero	68 - 72 % (volumen total de la mezcla)
Relación típica agua/material cementicio	0,32 - 0,45
Contenido de material cementicio	386 -475 Kg/m3 (contenido menor usar agentes modificadores de viscosidad)

Fuente*: ACI 237 – R* [20]

A través de una comparación entre las 2 tablas, podemos determinar que cumplen dentro de los parámetros para una mezcla de concreto autocompactante.

Diseño de Mezcla con 2.00 % de fibra de sisal Según ACI 237 – R

Para realizar el diseño de Mezcla para un concreto autocompactante con adición de 0.5% de fibra de sisal, se siguen los mismos pasos, teniendo en cuenta la cantidad de fibra con respecto al peso del cemento. Los datos generales tanto de los agregados, como el resto de los componentes son los mismos que se presentan en la tabla 47 y 48.

Comenzamos con el cálculo del f'cr, donde según la normativa peruana N.T.P. E060, para el caso donde no exista antecedentes disponibles para calcular la desviación estándar de la muestra se usa la siguiente tabla:

Ilustración 83: *Resistencia promedia a la Compresión Requerida*

TABLA 5.3
RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESIÓN REQUERIDA CUANDO NO HAY DATOS DISPONIBLES PARA ESTABLECER UNA DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA MUESTRA

Resistencia especificada a la compresión, MPa	Resistencia promedio requerida a la compresión, MPa
$f'c < 21$	$f'cr = f'c + 7,0$
$21 \leq f'c \leq 35$	$f'cr = f'c + 8,5$
$f'c > 35$	$f'cr = 1,1\ f'c + 5,0$

Fuente*: N.T.P. E060* [39]

$$Para\ un\ f'c = 280\ kg/cm2$$

$$Se\ obtiene\ f'c = 280 + 85 = 365\ kg/cm2$$

A continuación, se realiza el cálculo de la relación a/c que según la norma N.T.P. E060, se deben de seguir las siguientes consideraciones.

Tabla 76: *Contenido de aire de acuerdo con el f'cr*

f'cr a los 28 días (kg/cm2)	C° S/Aire incorporado	C° C/Aire incorporado
200	0.70	0.61
210	0.68	0.59
250	0.62	0.53
280	0.57	0.48
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	0.34
420	0.41	0.33

Fuente*: N.T.P. E060* [39]

Para un $f'cr = 365\ kg/cm2$ se debe interpolar los valores C° S/ Aire incorporado, de esta forma se obtiene:

$$a/c = 0.465$$

Sin embargo, para la elaboración de concretos autocompactantes se hace necesario mezclas más fluidas. A partir de eso, la normativa ACI 237 – R se limita a una relación de a/c máxima de 0.45, por lo que a continuación se escoge esa relación para cumplir con lo mencionado con la norma y además del método de Okamura.

$$Relación\ a/c = 0.45$$

Posteriormente, se determina el asentamiento objetivo del concreto autocompactante (teórico); para ello, se debe de tener en cuenta los elementos estructurales a los cuales está dirigido este diseño, con este criterio establecido se tiene la siguiente tabla:

Ilustración 84: *Resistencia promedia a la Compresión Requerida*

Table 2.5—Slump flow targets (Daczko and Constantiner 2001)

			Slump flow		
			<22 in. (<550 mm)	22 to 26 in. 550 to 650 mm)	>26 in. (>650 mm)
Member characteristics	Reinforcement level	Low			
		Medium	■		
		High	■		
	Element shape intricacy	Low			
		Medium	■		
		High	■	■	
	Element depth	Low			
		Medium			
		High			
	Surface finish importance	Low			
		Medium	■		
		High	■	■	
	Element length	Low			
		Medium	■		
		High	■	■	
	Wall thickness	Low	■	■	
		Medium	■		
		High			
	Coarse aggregate content	Low			
		Medium			
		High			
	Placement energy	Low	■	■	
		Medium	■		
		High			

Fuente*: ACI 237-R*

Para edificaciones que tiene un nivel de refuerzo medio (construcciones de concreto armado), una complejidad de elementos baja (construcciones con geometrías definidas), una longitud de elementos media (para el caso de placas y losas de edificios multifamiliares) y un espesor de muros entre medio y bajo (dependiendo si son muros de ductilidad limitada o muros portantes de ladrillos de arcilla).

Se establece de esta forma un Slump que va desde 550 mm hasta 650 mm, sin embargo, para fines de cálculos se estableció un valor de:

$$Flujo\ de\ asentamiento = 600\ mm$$

Teniendo en cuenta el flujo de asentamiento obtenido anteriormente, se puede calcular la cantidad de cemento para la mezcla mediante la siguiente tabla:

Ilustración 85: *Rangos de contenido de cemento según su SLUMP*

Table 4.1—Suggested powder content ranges

	Slump flow of < 22 in. (<550 mm)	Slump flow of 22 to 26 in. (550 to 600 mm)	Slump flow of >26 in. (>650 mm)
Powder content, lb/yd^3 (kg/m^3)	600 to 650 (355 to 385)	650 to 750 (385 to 445)	750+ (458+)

Fuente*: ACI 237-R*

Para un $Flujo\ de\ asentamiento = 600\ mm$

$$Cantidad\ de\ Cemento = 445\ kg/m3$$

Para el cálculo de la cantidad de bolsas se divide la cantidad de cemento entre 42.5 kg que es el peso por bolsa de cemento. De esta forma se tiene la cantidad de bolsas de cemento necesaria por metro cubico de concreto.

$$Cantidad\ de\ Bolsas = \frac{445}{42.5} = 10.47\ bolsas/m3$$

A partir de esto, se pudo obtener la cantidad de agua de la mezcla de concreto autocompactante:

$$Relación\ a/c = 0.45$$

$$Cantidad\ de\ Cemento = 445\ kg/m3$$

$$Cantidad\ de\ Agua = 445\frac{kg}{m3} * 0.45 = 200.25\ Lt/m3$$

Posteriormente, se calcula el peso del aditivo por metro cubico, cabe resaltar que el porcentaje establecido aquí fue comprobado mediante ensayos, con el propósito de llegar al asentamiento establecido anteriormente.

$$Porción\ de\ aditivo\ superplastificante\ Z\ RR\ PLAST - 971 = 1.63\%$$

$$Cantidad\ de\ Cemento = 445\ kg/m3$$

$$Cantidad\ de\ Aditivo = 445\frac{kg}{m3} * 1.63\% = 7.254\ Lt/m3$$

Para el contenido de fibra de sisal, se toma en cuenta el peso del cemento multiplicado por su porcentaje respectivo:

$$Porción\ de\ la\ fibra\ de\ sisal = 2.00\%$$

$$Cantidad\ de\ Cemento = 445\ kg/m3$$

$$Cantidad\ de\ Fibra\ de\ Sisal = 445\frac{kg}{m3} * 0.50\% = 8.900\ kg/m3$$

Se considera un contenido de aire según la siguiente tabla:

Ilustración 86: *Contenido de Aire Atrapado*

CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO		
Tamaño máximo nominal del agregado (pulg)	**Tamaño máximo nominal del agregado (mm)**	**Aire atrapado**
3/8"	9.5	3.00%
1/2"	12.5	2.50%
3/4"	19	2.00%
1"	25	1.50%
1 1/2"	37.5	1.00%
2"	50	0.50%
3"	75	0.30%
6"	150	0.20%

Fuente*: Manual de Tecnología de Concreto* [47]

$$Cantidad\ de\ aire = 2\% * 1m3 = 0.020\ m3$$

De esta forma, en la siguiente tabla se tiene un resumen del volumen de los componentes que hasta el momento se ha calculado:

Tabla 77: *Volumen de la Pasta*

Descripción	Volumen
cemento	0.1445 m3
Agua	0.2003 m3
Aditivo	0.0060 m3
Aire	0.0200 m3
Fibra	0.0059 m3
SUMA	**0.3767 m3**

A continuación, se calcula el volumen del agregado, y posteriormente se calcula el volumen de agregado fino y grueso. El porcentaje de proporción del agregado grueso se toma como referencia a una de los métodos empleados para diseño de concreto autocompactante denominado "Directrices Europeas para el Hormigón Autocompactante" [66]:

Ilustración 87: *Rangos típicos de la composición de mezcla del Concreto Autocompactante*

Componente	Rango típico por masa (kg/m^3)	Rango típico por volumen (litros/m^3)
Finos	380 – 600	
Pasta		300 – 380
Agua	150 – 210	150 – 210
Áridos gruesos	750 – 1000	270 – 360
Áridos finos (arenas)	El volumen de otros constituyentes es usualmente un 45 – 55% del peso total de los áridos en dosificaciones equilibradas.	
Relación agua / finos por volumen		0.85 – 1.10

Tabla 8.2 **Rangos típicos de la composición de mezcla del HAC**

Fuente*: Directrices Europeas para el Hormigón Autocompactante* [66]

$$Volumen\ del\ agregado\ en\ la\ mezcla = 1 - 0.3767 = 0.6233\ m3$$

Tabla 78: *Cálculo de volúmenes de agregados*

Descripción	Proporción	Vol. Absoluto
AG.	45%	0.2805 m3
AF.	55%	0.3428 m3

Mediante la determinación de los volúmenes para cada caso de agregado, se procede a calcular la cantidad en kg/m3:

$$Cantidad\ de\ Agregado = Volumen * Peso\ Espec.Ag.Grueso$$

$$Cantidad\ de\ Agregado\ Grueso = 0.2805m3 * 2614.68\ kg/m3 = 733.37\ kg/m3$$

$$Cantidad\ de\ Agregado\ Fino = 0.3428m3 * 2826.78\ kg/m3 = 969.05\ kg/m3$$

Se proceden a tabular los resultados:

Tabla 79: *Volumen de los componentes por m3*

a) Cemento	445.00	Kg/m^3	0.144	m^3
b) Agua	200.25	Lt/m^3	0.200	m^3
c) Aditivo	7.254	Lt/m^3	0.006	m^3
d) Fibra	8.900	Kg/m^3	0.006	m^3
e) Aire	0.02	m^3	0.020	m^3
f) Ag. Fino	969.05	Kg/m^3	0.343	m^3
g) Ag. Grueso	733.37	Kg/m^3	0.280	m^3
	2363.84		1.000	m^3

Una vez teniendo los resultados tabulados, se procede a realizar la corrección por humedad, donde interviene el % de humedad de los agregados y el % de absorción de estos con la siguiente fórmula:

$$Corrección\ por\ humedad(kg) = Cont.de\ Agregado(Kg) * \frac{\%\ humedad}{100} + 1$$

Por consiguiente, para el agregado fino resulta lo siguiente:

$$\%\ de\ humedad = 1.87\%$$

$$Contenido\ de\ agregado\ fino = 969.05\ kg$$

$$Corrección\ por\ humedad\ del\ agregado\ fino = 987.21\ kg$$

Por consiguiente, para el agregado grueso resulta lo siguiente:

$$\%\ de\ humedad = 1.13\%$$

$$Contenido\ de\ agregado\ grueso = 733.37\ kg$$

$$Corrección\ por\ humedad\ del\ agregado\ grueso = 741.66\ kg$$

Ahora calculamos el aporte de agua en la mezcla con la siguiente fórmula:

$$Aporte\ de\ agua(Lt) = Cont.de\ Ag.Corregido(Kg) * \left(\frac{\%\ humedad - \%absorción}{100}\right)$$

Por consiguiente, para el agregado fino resulta lo siguiente:

$$\%\ de\ humedad = 1.87\%$$

$$\%\ de\ absorción = 0.79\%$$

$$Aporte\ de\ agua\ del\ Agregado\ fino = 987.21 * \left(\frac{1.87 - 0.79}{100}\right) = 10.74\ LT$$

Por consiguiente, para el agregado grueso resulta lo siguiente:

$$\%\ de\ humedad = 1.13\%$$

$$\%\ de\ absorción = 0.83\%$$

$$Aporte\ de\ agua\ del\ Agregado\ grueso = 741.66\ kg * \left(\frac{1.13\% - 0.83\%}{100}\right) = 2.24\ Lt$$

$$El\ aporte\ de\ agua\ en\ Agregados = 10.74 + 2.24 = 12.98\ Lt$$

Entonces el agua efectiva en la mezcla sería lo siguiente:

$$Agua\ Efectiva\ en\ la\ Mezcla = 200.25 - 12.98 = 187.27\ Lt$$

Se realiza nuevamente la tabulación con los datos corregidos:

Tabla 80: *Volumen de los componentes corregidos por m3*

a) Cemento	445.00	Kg/m^3	0.144	m^3
b) Agua	187.27	Lt/m^3	0.187	m^3
c) Aditivo	7.254	Lt/m^3	0.006	m^3
d) Fibra	8.900	Kg/m^3	0.006	m^3
e) Aire	0.02	m3	0.020	m^3
f) Ag. Fino	987.21	Kg/m^3	0.353	m^3
g) Ag. Grueso	741.66	Kg/m^3	0.284	m^3
	2377.32		1.00	m^3

Para calcular las cantidades de los componentes por tanda de ensayo, se realizan los siguientes cálculos:

Datos:

$$Diámetro\ (D) = 15.20\ cm = 0.01815\ m2$$

$$Altura\ (h) = 30.20\ cm = 0.3020\ m$$

$$N°\ Probetas = 3\ probetas$$

$$\%\ desperdicio = 1.15$$

Resultados:

$$Vol.del\ molde = 0.01815 * 0.3020 = 0.005480\ m3$$

$$Vol.del\ molde + desperdicio = 0.005480 * 3 * 1.15 = 0.018906m3$$

Esto nos sirve para poder determinar la cantidad de material que entra por tanda de ensayo, y resulta del producto de:

$$(Vol.del\ molde + desperdicio) * Cantidad\ de\ material\ por\ m3$$

Los resultados se encuentran en la siguiente tabla:

Tabla 81: *Cantidad de material que entra por tanda de ensayo*

a) Cemento	8.413 Kg
b) Agua	3.541 Lt
c) Aditivo	0.137 Lt
d) Fibra	0.168 Kg
e) Ag. Fino	18.664 Kg
f) Ag. Grueso	14.022 Kg
	44.946 Kg

Y su dosificación final sería:

Tabla 82: *Dosificación del concreto autocompactante patrón*

	Cemento	Arena	Piedra	Agua	Aditivo	
Proporción en peso :	1.00	2.22	1.67	17.9	0.693	Lts/Pie^3
Proporción en volumen :	1.00	2.03	1.70	17.9	0.693	Lts/Pie^3

Comprobamos los parámetros de la norma ACI 237 – R

Tabla 83: *Parámetros obtenidos de la dosificación calculada para un CAC+2.00% fibra de sisal*

PARÁMETROS PARA EL PROPORCIONAMIENTO DE MEZCLAS DE CONCRETO AUTOCOMPACTANTE	
Vol. Absoluto de Ag. Grueso	28.37%
Fracción de Pasta	35.78%
Fracción de Mortero	71.04%
Relación a/c	0.42
Contenido de cemento	445.0 kg/m3

Tabla 84: *Parámetros obtenidos de la Norma ACI 237 – R*

TABLA 3*
RESUMEN DE LOS PARAMETROS PARA EL PROPORCIONAMIENTO DE MEZCLAS DE HAC

Volumen absoluto de agregado grueso	28 - 32 % (tamaño máximo nominal 12 mm)
Fracción de pasta	34 - 40 % (volumen total de la mezcla)
Fracción de mortero	68 - 72 % (volumen total de la mezcla)
Relación típica agua/material cementicio	0,32 - 0,45
Contenido de material cementicio	386 -475 Kg/m3 (contenido menor usar agentes modificadores de viscosidad)

Fuente*: ACI 237 – R* [20]

A través de una comparación entre las 2 tablas, podemos determinar que cumplen dentro de los parámetros para una mezcla de concreto autocompactante.

Para determinar la cantidad de aditivo, se realizan unas pruebas por ensayo y error entre valores de 1.50% y 2.00% con respecto al peso de cemento. Las adiciones que se prueben se deben verificar que cumpla con los parámetros para concreto autocompactante que se mencionó anteriormente.

Tabla 85: *Selección de porcentaje de aditivo por prueba de slump*

% de aditivo	1.50%	1.63%	2.00%
Slump 1	47.20 cm	64.30 cm	78.00 cm
Slump 2	47.90 cm	64.10 cm	78.50 cm
Slump 3	48.10 cm	64.50 cm	78.30 cm
Slump promedio	47.73 cm	64.30 cm	78.27 cm

- **<u>Elaboración de Ensayos para el Concreto:</u>**

Estado Fresco:

❖ ***Ensayo de Fluidez (Slump Flow) / ASTM: C1611***

Procedimiento:

- Preparación del equipo
  - Limpia y humedece ligeramente la placa metálica y el interior del molde (cono de abrams).
  - Coloca el molde invertido (base grande hacia abajo) al centro de la placa.
- Llenado del molde
  - Llena el molde de una sola vez (sin vibración, sin compactación).

Ilustración 88: *Vaciado de molde*



  - Raspa el exceso con una regla o llana para nivelar la parte superior.
- Inicio del ensayo

- Retira el molde verticalmente en 2 a 5 segundos, permitiendo que el concreto fluya libremente sobre la placa.

Ilustración 89: *fluidez de la muestra*



- **Empieza a contar el tiempo** inmediatamente después de levantar el molde.

- Mediciones
  - Diámetro de fluidez (Slump Flow)
    - Cuando el concreto se detenga, mide el diámetro final en dos direcciones perpendiculares (D1 y D2).

Ilustración 90: *medición de diámetro*



Ilustración 91: *medición del diámetro obtenido*



- Calcula el promedio:

$$Slump\ flow = \frac{D1 + D2}{2}$$

❖ *Ensayo de Tiempo T500 / ASTM C1611*

Procedimiento:

- Preparación del slump flow
    - Llena el molde sobre la placa lisa según lo indica el procedimiento del ensayo de Slump Flow.

Ilustración 92: *Vaciado de la mezcla en el molde*



- Iniciar el tiempo:
    - Inmediatamente después de levantar el molde, activa el cronómetro.

Ilustración 93: *inicio de cronómetro*



- Observar el flujo de concreto:
    - El concreto empezará a extenderse en forma circular.

Ilustración 94: *fluidez de la mezcla*



- Medir el tiempo T500
    - Detén el cronómetro cuando el borde del concreto alcance un diámetro de 500 mm.

Ilustración 95: *tiempo en obtener el diámetro de la mezcla*



- Este es el T 500, expresado en segundos.

- Registrar el resultado
  - Registra el T500 junto con el diámetro total del slump Flow.

❖ *Ensayo de Anillo J o J-Ring / ASTM C1621*

Procedimiento:

- Preparación
  - Coloca la placa metálica horizontalmente y húmeda superficialmente.
  - Centra el J-Ring en la placa

Ilustración 96: *Colocación de anillo en J*



- Coloca el cono de Abrams en el centro del anillo.

Ilustración 97: *ubicación del cono de Abrams en el centro del anillo*



- Llenado
  - Llena el cono sin compactar, en una sola capa.

Ilustración 98:*Vaciado del cono de Abrams*



Ilustración 99: *Vaciado completo del cono de Abrams*



- Nivelar la parte superior con una regla o espátula.

Ilustración 100: *nivelación del cono de Abrams*



- Limpiar los desperdicios por el enrase.

Ilustración 101: *Limpieza de los desperdicios*



- Ensayo
  - Levanta el molde verticalmente en 2 – 5 segundos.
  - Permite que el concreto fluya a través de las barras del J-Ring.

Ilustración 102: *Diámetro obtenido*



- Medición
  - Una vez que el flujo se detenga, mide los dos diámetros perpendiculares del área de expansión del concreto (D1 y D2) y las alturas desde el centro y en el borde del anillo.

Ilustración 103: *diámetro obtenido en diagonal D1*



Ilustración 104: *diámetro obtenido en diagonal D2*



Ilustración 105: *altura de la muestra en el centro del anillo*



Ilustración 106: *altura de la muestra en el borde del anillo*



- Calcula el promedio:

$$J - Ring\ flow = \frac{D1 + D2}{2}$$

- Medir también el Slump Flow Libre:

$$Diferencia\ de\ paso = Slump\ Flow - J.Ring\ Flow$$

❖ ***Ensayo de Caja en L / UNE-EN 12350-10***

Procedimiento:

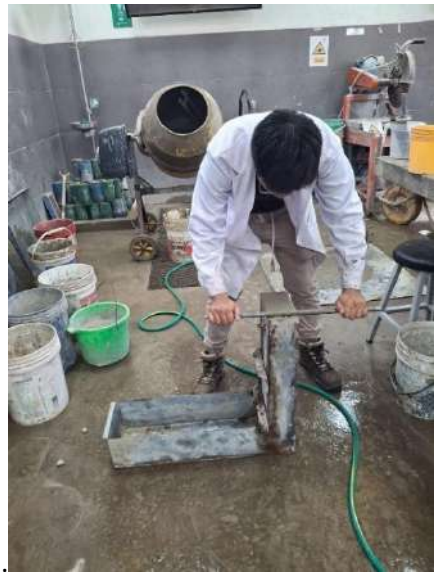
- Preparación
  - Limpia y humedece la caja. Asegúrate de que esté nivelada sobre una superficie horizontal.
  - Cierra la compuerta del canal vertical (reservorio).
- Llenado
  - Llena el canal vertical con concreto fresco sin vibración ni compactación.

Ilustración 107: *Vaciado vertical sin vibraciones*



- Raspa o alisa el exceso para igualar el nivel con el borde superior.

Ilustración 108: *nivelación del borde superior*



- Inicio del ensayo
    - Abre rápidamente la compuerta inferior para permitir que el concreto fluya hacia el canal horizontal.

Ilustración 109: *Abriendo compuerta inferior de la caja en L*



- Medición
    - Una vez que el concreto se detiene, mide la **altura del concreto en dos puntos**:
        - **H_1**: al final del canal horizontal (tras pasar por las barras)
        - **H_2**: en el inicio del canal (en la vertical)

- Calcula la **relación de altura** (índice de pasabilidad):

$$Ratio\ L - Box = \frac{H1}{H2}$$

❖ *Ensayo de Embudo en V / UNE-EN 12350-9*

Procedimiento:

- Preparación
  - Limpia y humedece el interior del embudo.
  - Coloca el embudo sobre una base firme y nivelada.
  - Cierra la compuerta inferior.
- Llenado
  - Llena completamente el embudo con concreto fresco sin vibrarlo ni compactarlo.

Ilustración 110: *Vaciado de material en embudo en V*



  - Raspa o alisa el exceso para igualar el nivel con el borde superior.
- Inicio del ensayo
  - Abre rápidamente la compuerta inferior.

Ilustración 111: *Abriendo compuerta inferior del embudo en V*



- Inicia el cronómetro al mismo tiempo.

- Medición
  - Detén el cronómetro cuando deje de fluir completamente el concreto desde la abertura inferior.
  - Anota el tiempo de vaciado total (en segundos).

Ilustración 112: *Tiempo registrado por ensayo embudo en V*



❖ ***Peso Unitario / NTP 339.046 / ASTM C138***

Procedimiento:

- Preparación
  - Limpia y seca el recipiente.

- Pesa el recipiente vacío (masa $\mathbf{M_0}$).

Ilustración 113: *Peso de recipiente vacío para ensayo de Peso Unitario*



- Verifica que su volumen esté calibrado y registrado (**V**, en m^3 o L).

- Llenado del recipiente
  - Llena el recipiente con concreto fresco **en una sola capa sin compactar**.
  - Raspa o alisa el exceso para igualar el nivel con el borde superior
- Pesado
  - Pesar el recipiente lleno con concreto fresco ($\mathbf{M_1}$).

Ilustración 114: *Peso de recipiente con material para ensayo de Peso Unitario*



❖ *Medición de Temperatura de la Mezcla / NTP 339.184 / ASTM C1064*

Procedimiento:

Lo primero que se debe hacer es verificar si el dispositivo con el que vas a realizar la medida esté bien calibrado. Para ello se debe necesita un dispositivo de referencia y realizar los siguientes pasos:

- En 2 recipientes, verter un mismo líquido que tengan una diferencia de temperatura de al menos 15°C.
- Coloca los dispositivos de medición en el líquido durante al menos cinco minutos antes de leer la temperatura.
- Lee y registra la temperatura de los dos dispositivos.
- La diferencia máxima que te puede dar estos resultados es de 5°C, si pasa esto, volver a realizar el ensayo.

Una vez verificado el dispositivo, realizar el ensayo a la mezcla:

- Ubicar el dispositivo garantizando que se sumerja 75 mm en la muestra.
- Cierra el vacío creado por la colocación, presionando alrededor ligeramente.
- Dejar el dispositivo durante al menos dos minutos, pero no más de cinco minutos.

Ilustración 115: *obtención de datos*



- Lee y registra la temperatura al 0.5°C más cercano.

❖ ***Contenido de Aire por Método de Presión / NTP 339.083 / ASTM C231***

Procedimiento:

- La muestra se vierte en un recipiente (tara) en una sola capa sin compactar por ser concreto autocompactante.

Ilustración 116: *Vaciado de concreto para ensayo de Contenido de Aire*



- Después de llenar, enraza con una plancha.

Ilustración 117: *Enrase para ensayo de Contenido de Aire*



- Elimina los excesos de los bordes con un paño limpio.
- Ensambla la tapa del medidor de aire y asegura las grapas en forma de cruz.

Ilustración 118: *Ensamble de la tapa para ensayo de Contenido de Aire*



- Cierra la válvula de purga de aire.
- Vierte agua con el medidor a través de una de las válvulas para desplazar el aire hacia la otra válvula y llenar el espacio entre el hormigón y la tapa.
- Inyecta aire en la cámara de aire de la tapa, llevando la aguja de vuelta al punto inicial.
- Cierra ambas válvulas de paso en la tapa del medidor y abre la válvula principal de aire.
- Toma la lectura del contenido de aire.

Ilustración 119: *Lectura de datos para ensayo de Contenido de Aire*



Estado Endurecido:

❖ ***Resistencia a la Compresión / NTP 339.034 / ASTM C39-2005***

Procedimiento:

- Preparación de las muestras
    - Las probetas deben haberse curado en agua o cámara húmeda a 23 °C ±2 °C.
    - Extraer las probetas al cumplir la **edad establecida** (7, 14 y 28 días).

Ilustración 120: *Probetas curadas para ensayo de Resistencia a la Compresión*



    - Secar superficialmente con paño húmedo.
- Revisión dimensional
    - Verifica y registra:
        - Diámetro del cilindro (d)
        - Altura (h)
        - Relación h/d ≈ 2
- Colocación en la máquina
    - Centra la muestra en los platos de carga.
    - Si la superficie no está perfectamente plana, **usar pasta de sulfurado o almohadillas de neopreno** para asegurar una carga uniforme.
- Aplicación de carga
    - Aplicar carga axial con ayuda de la máquina de ensayo a compresión hasta que la muestra falle (se fracture o colapse) [52].

Ilustración 121: *Ruptura del testigo cilíndrico*



- Registro del esfuerzo máximo
    - La máquina mostrará la **carga máxima (P)** aplicada en kilogramos por centímetro cuadrado (kgf/cm2).

Ilustración 122: *lectura de la carga aplicada para la ruptura del testigo cilíndrico*



❖ *Resistencia a la Flexión / NTP 339.059 / ASTM C 42*

Procedimiento:

- Preparación de las muestras
    - Curar las vigas en agua o cámara húmeda a 23+-2 °C hasta la edad de ensayo (28 días).

Ilustración 123: *Curado de vigas para ensayo*



- Extraerlas y limpiarlas antes del ensayo.

- Verificación dimensional
  - Medir la altura (h), ancho (b) y luz entre apoyos (L).

$$b = h = 150\ mm \quad , \quad L = 400\ mm$$

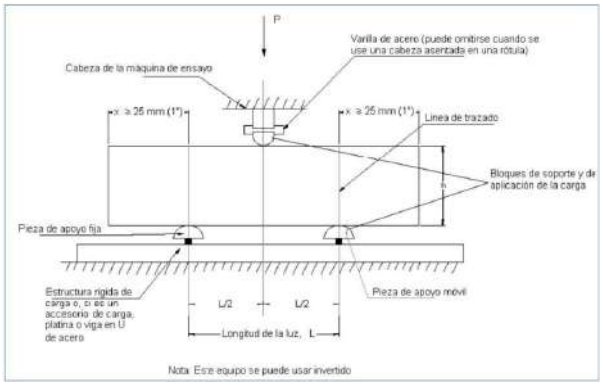
- Colocación en la máquina
  - Ubicar la viga con su base original hacia abajo (lado de colado en la parte inferior).
  - Colocar sobre **dos apoyos** y cargar en el centro (ensayo de **carga en tres puntos**).

Ilustración 124: *Colocación de muestra para ensayo de Resistencia a la Flexión*



- Aplicación de carga
  - Aplicar carga de forma **continua y sin choque** hasta la **fractura de la viga**.
  - Registrar la **carga máxima (P)** alcanzada, en kilonewtons (kN) o kilogramos fuerza (kgf).

Ilustración 125: *Esquema de una muestra adecuada para el ensayo a flexión*



Fuente: *Tomado de Manual de Ensayo de Materiales* [53]

❖ *Ensayo de Tracción Indirecta / ASTM C 496*

Procedimiento:

- Preparación de la muestra.
    - Curar los cilindros a los 28 días:
    - Secar superficialmente y medir:
        - Diámetro (d)
        - Longitud (L)
- Colocación en la máquina.
    - Coloca el cilindro en posición horizontal, entre dos líneas de carga paralelas (platinas o tiras de neopreno de 13 mm de ancho).
    - Centra cuidadosamente para evitar cargas excéntricas.
- Aplicación de carga.
    - Aplica carga uniforme y continua hasta que la probeta se fracture longitudinalmente.

Ilustración 126: *Aplicación de carga para el ensayo a flexión*



- Registro de la carga máxima.
    - Anotar la carga máxima (P) que provocó la falla (en N o kgf).

❖ ***Ensayo de Módulo de Elasticidad / ASTM C 469***

Procedimiento:

- Preparación de la muestra.
    - Curar los cilindros a los 28 días.
    - Secar superficialmente y medir:
        - Diámetro (d)
        - Longitud (L)
    - Hay que asegurar que las caras estén planas y paralelas.
- Colocación del extensómetro.
    - Instalar el dispositivo de medición (extensómetro) a lo largo de gauge length = 200 mm (típico) en la parte media del cilindro.
    - Asegurar buena adherencia y sin interferencias.

Ilustración 127: *Instalación de dispositivo para ensayo de Módulo de Elasticidad*



- Aplicación de carga.
    - Iniciar la carga axial de forma controlada y continua.
    - Cargar hasta alcanzar un esfuerzo del **40% de la resistencia a compresión** (previamente conocida).

Ilustración 128: *Aplicación de carga para ensayo de Módulo de Elasticidad*



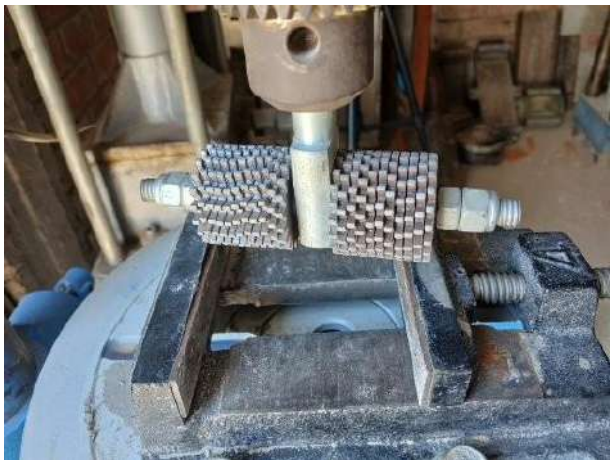
- Registro de datos.
    - Registrar:
        - Carga aplicada (P)
        - Deformación longitudinal (ΔL)
        - Longitud de referencia (gauge)
    - Se traza la curva esfuerzo–deformación, y se determina el módulo de elasticidad estático (E) como la pendiente de la recta entre el 0.00005 y el 0.0003 de deformación unitaria (strain**)**.

❖ ***Ensayo de Resistencia a la Abrasión en Superficies de Concreto por el Método de Corte Rotativo / ASTM C 944 – 99***

Procedimiento:

- Preparación de la muestra.
    - La muestra debe tener un acabado representativo del uso real (alizado, bruñido, etc.).
    - Se recomienda tener una edad de **28 días** al momento del ensayo.
    - Secar completamente la superficie antes del inicio.
- Montaje del equipo.
    - Coloca el cabezal rotativo sobre la superficie.

Ilustración 129: *Instalación del equipo para ensayo de Abrasión*



- Asegura que esté bien centrado.

Ilustración 130: *Centrado de la muestra para ensayo de Abrasión*



- Aplica la **carga de ensayo**:
  - Opción 1: 22.2 N (5 lb)
  - Opción 2: 44.5 N (10 lb) para ensayos más severos

- Aplicación del desgaste.
  - Iniciar el motor del cabezal.
  - Hacer girar durante **2 minutos continuos** (o tiempo especificado).
  - El disco abrasivo se desgastará la superficie por fricción rotativa.
- Limpieza y evaluación.
  - Detener el equipo.
  - Cepillar y limpiar cuidadosamente la superficie afectada.
  - Recoger el **polvo suelto** desprendido por abrasión.
  - Pesar el polvo desprendido (**pérdida de masa**) con una balanza de precisión.

- Cálculo del resultado.
    - Se puede reportar en dos formas:
        - Pérdida de masa

          $Pérdida\ de\ masa\ (g) = M_{inicial} - M_{final}$
        - Profundidad de desgaste

Ilustración 131: *Toma de datos para ensayo de Abrasión*



- **<u>Elaboración de Ensayos para la Segregación y Contracción por Secado:</u>**

❖ ***Ensayo de Segregación mediante Microscopía Estereoscópica***

Procedimiento:

- Preparación de las muestras
    - Seleccionar **2 o más muestras** por tipo de mezcla (patrón y con fibra).
    - Curar por 7 o 28 días.
    - Cortar las muestras **verticalmente**.

Ilustración 132: *Muestras cortadas para ensayo de segregación*



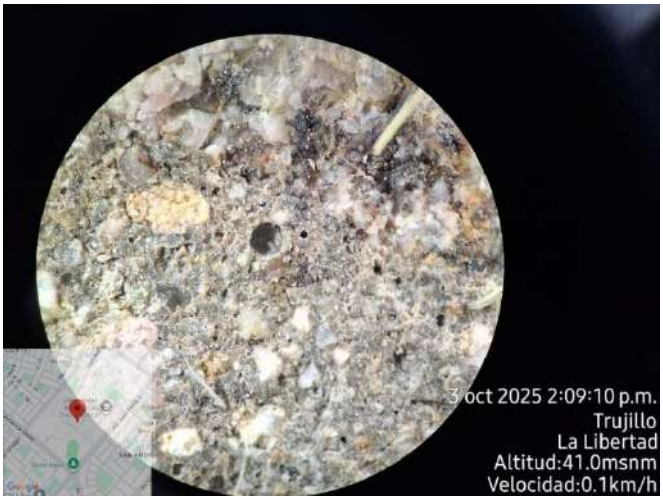
- Secar las caras cortadas y **limpiar bien la superficie**.

- Observación bajo estereoscopio
    - Colocar la muestra sobre la platina del estereoscopio.
    - Ajustar aumentos (0.10x – 64x).
    - Evaluar y fotografiar:
        - Distribución del agregado grueso y fino.
        - Presencia de zonas sólo con pasta (segregación).
        - Concentración excesiva de fibras en determinadas zonas (acumulación).
        - Formación de huecos o vacíos visibles.

Ilustración 133: *Evaluación mediante estereoscopio para ensayo de segregación*



Ilustración 134: *Captura para ensayo de segregación*



- ***Ensayo para evaluar la Contracción por Secado mediante el Ensayo para la Determinación del Cambio de Longitud del Concreto / ASTMC157***

Procedimiento:

- Elaboración y curado inicial del concreto.
    - Preparar una mezcla de **concreto autocompactante** con y sin fibra de sisal.
    - Verter en probetas cilíndricas o prismáticas y **curar 24 h** bajo condiciones estándar (20–23 °C y HR ≥ 90%).
    - Desmoldar y comenzar el ensayo a partir de las 24 h.
- Medición del cambio de longitud.
    - Registrar **cambios en longitud** con Vernier/LVDT o calcular **cambio volumétrico** según desplazamiento de caras (si el espécimen es prismático) durante al menos **28 o 90 días**.

Ilustración 135: *Registro de medidas con Vernier*



Resultados

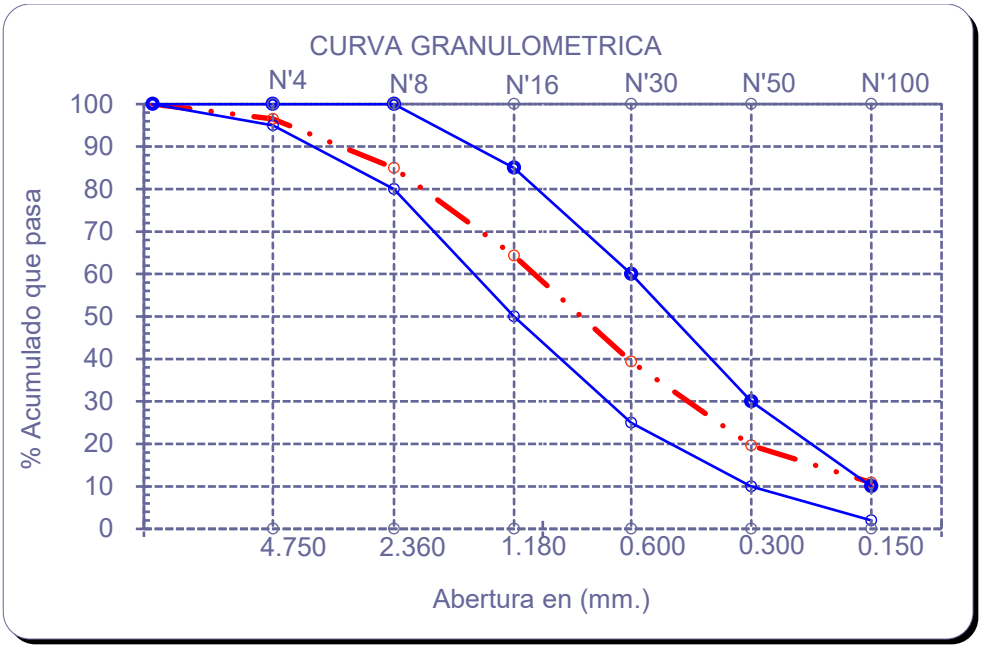
- **Resultados de Ensayos para los Agregados:**

Análisis Granulométrico para el agregado fino / ASTM C 136 / NTP 400.037

Tabla 86: *Resultados para el ensayo de análisis granulométrico para el agregado fino*

Malla		Peso	(%)	(%) Acum.	(%) Acum.	Especificaciones:	
Pulg.	(mm.)	Ret.	Ret.	Ret.	Que Pasa		
1/2"	12.700	0	0.0	0.0	100.0	100	100
3/8"	9.500	0	0.0	0.0	100.0	100	100
Nº 04	4.750	17.5	3.5	3.5	96.5	95	100
Nº 08	2.360	57.6	11.5	15.0	85.0	80	100
Nº 16	1.180	103.2	20.6	35.7	64.3	50	85
Nº 30	0.600	125	25.0	60.7	39.3	25	60
Nº 50	0.300	98.4	19.7	80.3	19.7	10	30
Nº 100	0.150	43.8	8.8	89.1	10.9	2	10
Fondo		54.5	10.9	100.0	0.0		
Módulo de Fineza				2.843			
Abertura de malla de referencia				9.500			

Gráfico 2: *Curva de granulometría para agregado fino*

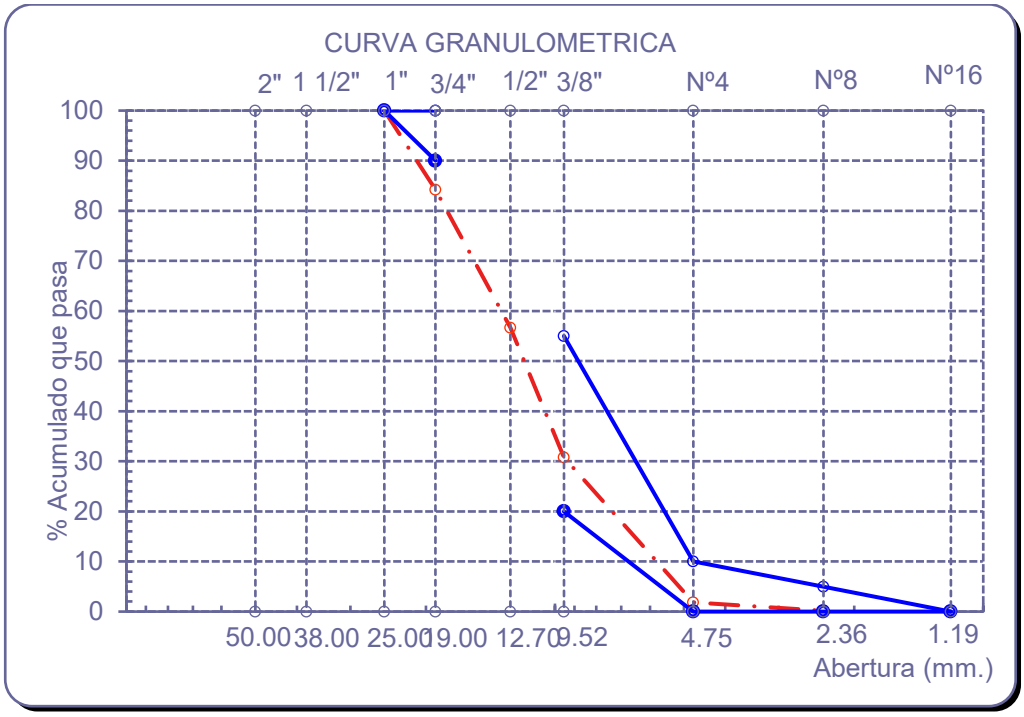


Análisis Granulométrico para el agregado grueso / ASTM C 136 / NTP 400.037

Tabla 87: *Resultados para el ensayo de análisis granulométrico para el agregado grueso*

Malla		Peso	(%)	(%) Acum.	(%) Acum.	Especificaciones	
Pulg.	(mm.)	Ret.	Ret.	Ret.	Que Pasa		
2"	50.00	0.0	0.0	0.0	100.0		
1 1/2"	38.00	0.0	0.0	0.0	100.0		
1"	25.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
3/4"	19.00	368.0	15.8	15.8	84.2	90.0	100.0
1/2"	12.70	642.5	27.6	43.3	56.7		
3/8"	9.52	603.4	25.9	69.2	30.8	20.0	55.0
Nº 04	4.75	674.5	28.9	98.2	1.8	0.0	10.0
Nº 08	2.36	38.9	1.7	99.8	0.2	0.0	5.0
Nº 16	1.19	0.7	0.0	99.9	0.1	0.0	0.0
Fondo		3.3	0.1	100.0	0.0		
Tamaño Maximo			1"	25.00			
Tamaño Maximo Nominal			3/4"	19.00			

Gráfico 3: *Curva de granulometría para agregado grueso*



Peso Unitario y Vacíos de agregado fino y agregado grueso / ASTM C29 / NTP 400.017

AGREGADO FINO

Tabla 88: *Resultados para el ensayo de peso unitario para el agregado fino*

A.- PESO UNITARIO SUELTO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	14103.0	14111.0
2.- Peso del recipiente	(gr.)	4871.0	4871.0
3.- Peso del material		9232.0	9240.0
4.- Constante ó Volumen	(m^3)	0.00552	0.00552
5.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m^3)	1673.6	1675.0
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m^3)	1643.49	

B.- PESO UNITARIO COMPACTADO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	14947.0	14939.0
2.- Peso del recipiente	(gr.)	4871.0	4871.0
3.- Peso del material		10076.0	10068.0
4.- Constante ó Volumen	(m^3)	0.00552	0.00552
5.- Peso unitario compactado húmedo	(kg/m^3)	1826.6	1825.1
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m^3)	1792.25	

AGREGADO GRUESO

Tabla 89: *Resultados para el ensayo de peso unitario para el agregado fino*

A.- PESO UNITARIO SUELTO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	18351.0	18361.0
2.- Peso del recipiente	(gr.)	10141.0	10141.0
3.- Peso del material		8210.0	8220.0
4.- Constante ó Volumen	(m^3)	0.00552	0.00552
5.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m^3)	1488.3	1490.1
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m^3)	1472.55	

B.- PESO UNITARIO COMPACTADO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	19111.0	19123.0
2.- Peso del recipiente	(gr.)	10141.0	10141.0
3.- Peso del material		8970.0	8982.0
4.- Constante ó Volumen	(m^3)	0.00552	0.00552
5.- Peso unitario compactado húmedo	(kg/m^3)	1626.1	1628.3
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m^3)	1608.96	

Absorción y Peso Específico / ASTM C128 / NTP 400.018 (Agregado Fino)

Tabla 90: *Resultados para el ensayo de absorción y peso específico para el agregado fino*

I .- Datos.

1.- Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco + Peso del Agua	(g)	967.7	967.7
2.- Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco	(g)	643.2	643.2
3.- Peso del Agua	(g)	324.5	324.5
4.- Peso de la Arena Secada al Horno + Peso del Frasco	(g)	639.3	639.3
5.- Peso del Frasco	(g)	143.2	143.2
6.- Peso de la Arena Secada al Horno	(g)	496.1	496.1
7.- Volumen del frasco	(g)	500.0	500.0

II .- Resultados

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm3)	2.827
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm3)	2.849
C.- PESO ESPESIFICO APARENTE	(g/cm3)	2.891
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	0.79

Absorción y Peso Específico / ASTM C127 – NTP 400.019 (Agregado Grueso)

Tabla 91: *Resultados para el ensayo de absorción y peso específico para el agregado fino*

I .- Datos.

1.- Peso de la muestra secada al horno	(g)	2013.3	2013.3
2.- Peso de la muestra superficialmente seca	(g)	2030.0	2030.0
3.- Peso de la muestra dentro del agua + peso del canastilla	(g)	1260.0	1260.0
4.- Peso de la canastilla	(g)	0.0	0.0
5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua	(g)	1260.0	1260.0

II .- Resultados

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm3)	2.615
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm3)	2.636
C.- PESO ESPESIFICO APARENTE	(g/cm3)	2.673
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	0.83

Ensayo de Contenido de Humedad / NTP 339.185

AGREGADO FINO

Tabla 92: *Resultados para el ensayo de contenido de humedad para el agregado fino*

I .- Datos

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	500	500
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	490.8	490.8
C.- Peso de recipiente	(gr.)	48.9	48.9
D.- Contenido de humedad	(%)	1.87	1.87
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	1.87	

AGREGADO GRUESO

Tabla 93: *Resultados para el ensayo de contenido de humedad para el agregado grueso*

I .- Datos

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	2056.2	2056.2
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	2033.2	2033.2
C.- Peso de recipiente	(gr.)	80.0	80.0
D.- Contenido de humedad	(%)	1.13	1.13
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	1.13	

Cuadro resumen de los resultados obtenidos de los ensayos para los agregados:

Tabla 94: *Resumen de Ensayos para los Agregados*

Descripción	Ag. Fino	Ag. Grueso
Módulo de fineza	2.84	-
T.M.N.	-	3/4"
Peso Unitario Suelto	1643.49 kg/m3	1472.55 kg/m3
Peso Unitario Compactado	1792.25 kg/m3	1608.96 kg/m3
Peso Específico	2.83 gr/cm3	2.61 gr/cm3
% Absorción	0.79 %	0.83 %
% Humedad	1.87 %	1.13 %

- **Resultados del Diseño de Mezcla:**

Diseño de Mezcla Patrón (0.00 % de fibra de sisal) Según ACI 237 – R

Tabla 95: *Dosificación por m3 de concreto – Muestra patrón*

a) Cemento	445.00	Kg/m^3	0.144	m^3
b) Agua	187.14	Lt/m^3	0.187	m^3
c) Aditivo	7.254	Lt/m^3	0.006	m^3
d) Aire	0.02	m^3	0.020	m^3
e) Ag. Fino	996.61	Kg/m^3	0.356	m^3
f) Ag. Grueso	748.72	Kg/m^3	0.286	m^3
	2384.75		1.000	m^3

Diseño de Mezcla con 0.50 % de fibra de sisal Según ACI 237 – R

Tabla 96: *Dosificación por m3 de concreto – Muestra patrón*

a) Cemento	445.00	Kg/m^3	0.144	m^3
b) Agua	187.17	Lt/m^3	0.187	m^3
c) Aditivo	7.254	Lt/m^3	0.006	m^3
d) Fibra	2.225	Kg/m^3	0.001	m^3
e) Aire	0.02	m3	0.020	m^3
f) Ag. Fino	994.26	Kg/m^3	0.355	m^3
g) Ag. Grueso	746.96	Kg/m^3	0.286	m^3
	2382.89		1.00	m^3

Diseño de Mezcla con 1.25 % de fibra de sisal Según ACI 237 – R

Tabla 97: *Dosificación por m3 de concreto – Muestra patrón*

a) Cemento	445.00	Kg/m^3	0.144	m^3
b) Agua	187.22	Lt/m^3	0.187	m^3
c) Aditivo	7.254	Lt/m^3	0.006	m^3
d) Fibra	5.563	Kg/m^3	0.004	m^3
e) Aire	0.02	m3	0.020	m^3
f) Ag. Fino	990.74	Kg/m^3	0.354	m^3
g) Ag. Grueso	744.31	Kg/m^3	0.285	m^3
	2380.11		1.00	m^3

Diseño de Mezcla con 2.00 % de fibra de sisal Según ACI 237 – R

Tabla 98: *Dosificación por m3 de concreto – Muestra patrón*

a) Cemento	445.00	Kg/m^3	0.144	m^3
b) Agua	187.27	Lt/m^3	0.187	m^3
c) Aditivo	7.254	Lt/m^3	0.006	m^3
d) Fibra	8.900	Kg/m^3	0.006	m^3
e) Aire	0.02	m3	0.020	m^3
f) Ag. Fino	987.21	Kg/m^3	0.353	m^3
g) Ag. Grueso	741.66	Kg/m^3	0.284	m^3
	2377.32		1.00	m^3

- **Resultados de la caracterización de la fibra de Sisal:**

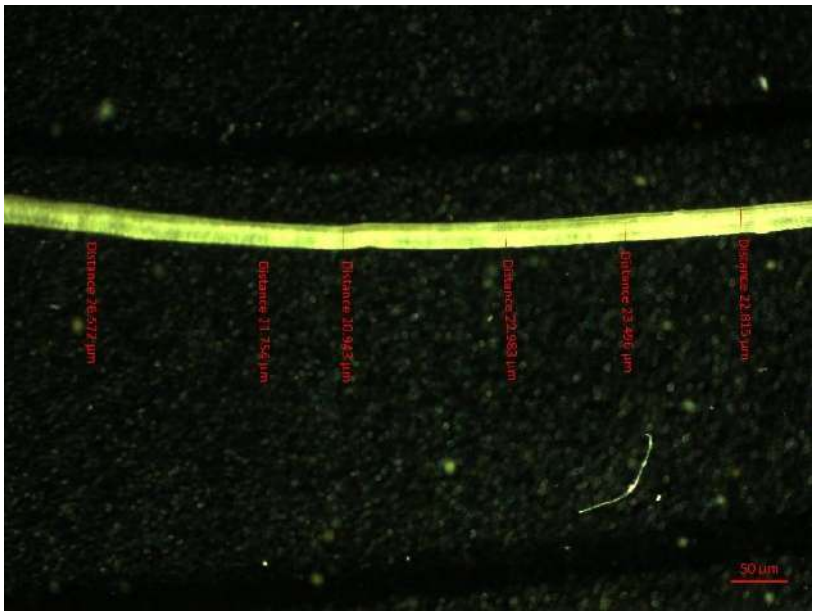
Con el objetivo de evaluar la neutralización de las fibras de sisal tras el proceso de tratamiento alcalino, se realizó la medición del pH utilizando papel indicador universal (rango 0–14). La prueba consistió en humedecer una tira del papel indicador con el agua residual proveniente del enjuague de las fibras, comparando posteriormente el color obtenido con la escala de referencia. El valor observado correspondió a un pH aproximado de 6, lo que indica un medio ligeramente ácido. Este resultado sugiere que las fibras fueron adecuadamente neutralizadas, eliminando los residuos alcalinos remanentes del proceso de mercerizado.

Ilustración 136: *Verificación de pH de la fibra después de proceso de mercerización*



Posteriormente, se seleccionaron tres retazos de la fibra, para hacerlas pasar por un proceso estereoscópico. Debido a ello, se tuvo que realizar el ensayo en la Universidad Nacional de Trujillo (UNT) con asesoría del Ingeniero Elmer Rolando Polo Briceño para el análisis de dicha de fibra ya que en aquella universidad contaban con el equipo; de esa manera obtuvimos los siguientes resultados:

Ilustración 137: *Análisis de Fibra de Sisal N° 01 con aumento 5 X*



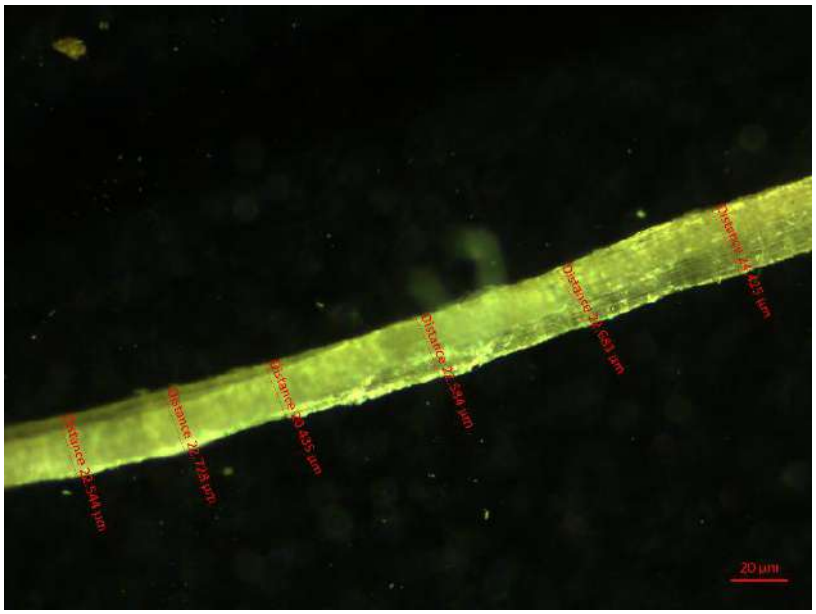
A partir de la imagen mostrada, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 99: *Resultados de los diámetros de Fibra de Sisal N° 01*

Diámetros medidos (µm)						Promedio (µm)
M1	M2	M3	M4	M5	M6	
26.572	21.754	20.943	22.983	23.496	22.815	**23.094**

El diámetro promedio del retazo N°01 de la fibra de sisal es de 23.094 micrómetros (µm).

Ilustración 138: *Análisis de Fibra de Sisal N° 02 con aumento 1.5 X*



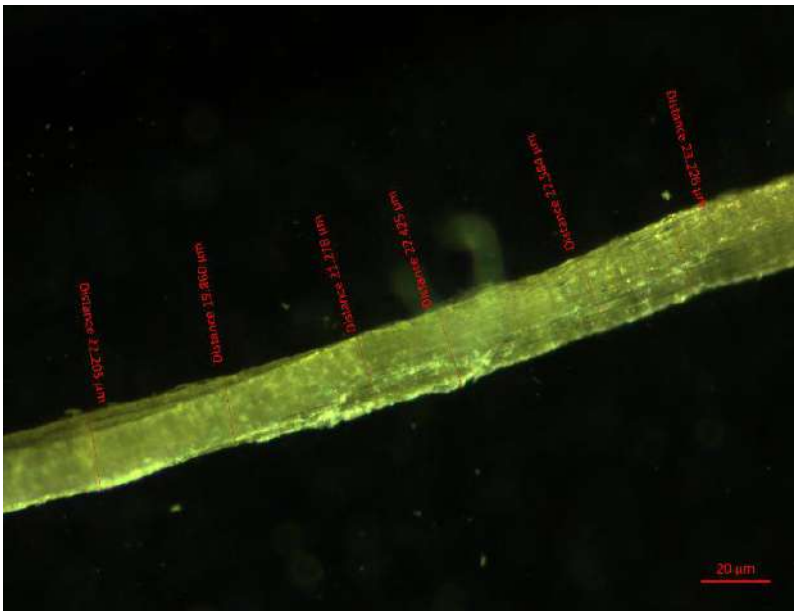
A partir de la imagen mostrada, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 100: *Resultados de los diámetros de Fibra de Sisal N° 02*

Diámetros medidos (µm)						Promedio (µm)
M1	M2	M3	M4	M5	M6	
22.544	22.728	20.435	22.584	22.683	24.425	**22.567**

El diámetro promedio del retazo N°02 de la fibra de sisal es de 22.567 micrómetros (µm).

Ilustración 139: *Análisis de Fibra de Sisal N° 03 con aumento 1.5 X*



A partir de la imagen mostrada, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 101: *Resultados de los diámetros de Fibra de Sisal N° 03*

Diámetros medidos (µm)						Promedio (µm)
M1	M2	M3	M4	M5	M6	
22.205	19.860	21.278	22.425	22.584	23.226	**21.930**

El diámetro promedio del retazo N°03 de la fibra de sisal es de 21.930 micrómetros (µm).

En conclusión, sobre este análisis, la fibra de sisal tiene una apariencia rugosa, con diámetro promedio de 22.530 micrómetros (µm) y a través de un tratamiento de mercerización, se obtuvo un pH de 6 (neutralizado) adecuado para mezclarse adecuadamente con el concreto.

- **Resultados de Ensayos para el Concreto:**

Estado Fresco:

❖ ***Ensayo de Fluidez (Slump Flow) / ASTM: C1611***

Tabla 102: *Resultados para el ensayo de Fluidez*

Muestra	Flujo de asentamiento (cm)			Promedio (cm)
	M1	M2	M3	
CAC + 0.00% fibra de sisal (patrón)	64.30	64.10	64.50	**64.30 cm**
CAC + 0.50% fibra de sisal	62.60	62.40	62.40	**62.47 cm**
CAC + 1.25% fibra de sisal	58.90	58.90	59.10	**58.97 cm**
CAC + 2.00% fibra de sisal	49.20	49.50	49.10	**49.27 cm**

Gráfico 4: *Análisis de fluidez*

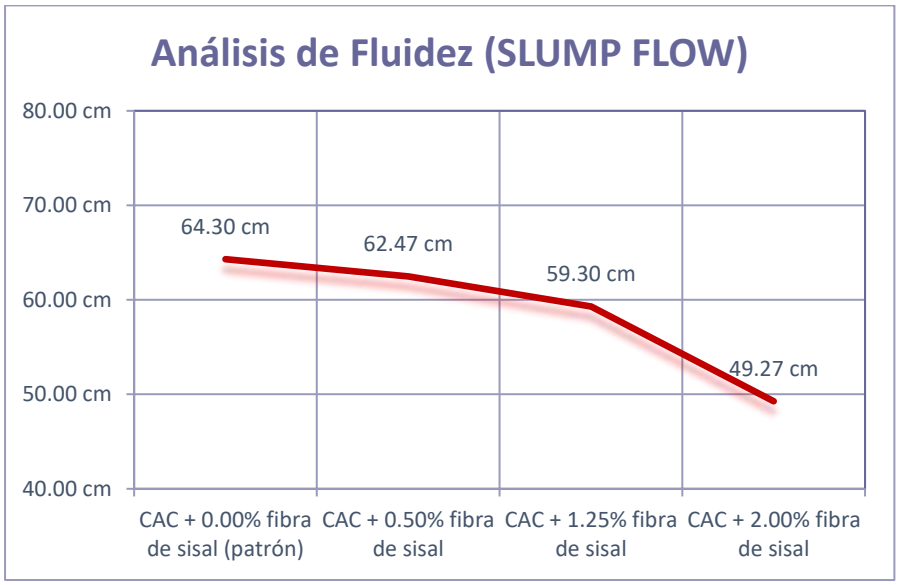


Tabla 103: *Parámetros para el ensayo de Fluidez*

Clasificación del Flujo	Diámetro de Slump Flow (cm)	Interpretación
Muy bajo	< 55 cm	Fluidez insuficiente (no es CAC)
Aceptable para CAC	55 - 80 cm	Fluidez adecuada (sin segregación)
Excesivo	> 80 cm	Riesgo de segregación

Según los resultados obtenidos, la muestra patrón y las que tienen adición de 0.50 % y 1.25% de fibra de sisal se siguen comportando como concreto autocompactante. El de 2.00% al tener un slump por debajo de 55 centímetros, ya no se considera concreto autocompactante.

❖ *Ensayo de Tiempo T500 / ASTM C1611*

Tabla 104: *Resultados para el ensayo de Tiempo T500*

Muestra	Tiempo (seg)			Promedio (seg)
	M1	M2	M3	
CAC + 0.00% fibra de sisal (patrón)	2.57	2.51	2.62	**2.57 seg**
CAC + 0.50% fibra de sisal	3.24	3.19	3.15	**3.19 seg**
CAC + 1.25% fibra de sisal	4.71	4.76	4.73	**4.73 seg**
CAC + 2.00% fibra de sisal	7.30	7.35	7.28	**7.31 seg**

Gráfico 5: *Análisis T 500*

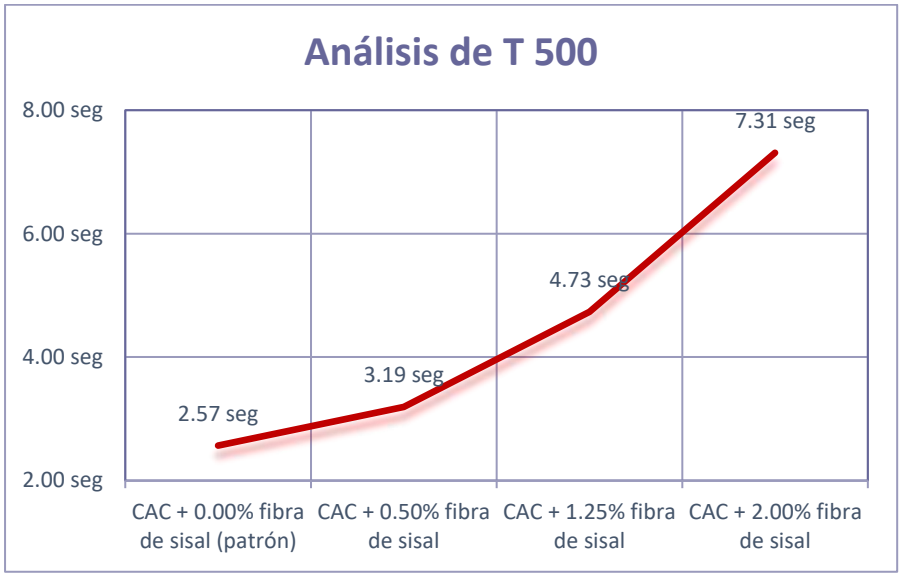


Tabla 105: *Parámetros para el ensayo de Tiempo T-500*

Tiempo T 500 (s)	Interpretación de la Viscosidad
< 2	Muy baja viscosidad (riesgo de segregación)
2 - 5	Viscosidad adecuada (rango ideal para SCC)
> 6	Alta viscosidad (riesgo de mezcla muy densa, poco fluida)

Según los resultados obtenidos, la muestra patrón y las que tienen adición de 0.50 % y 1.25% de fibra de sisal se siguen comportando como concreto autocompactante. El de 2.00% al tener una alta viscosidad no se considera concreto autocompactante.

❖ ***Ensayo de Anillo J o J-Ring / ASTM C1621***

DIFERENCIA DE ALTURA

Tabla 106: *Resultados para el ensayo de Anillo – J por diferencia de altura*

Muestra	Altura dentro de anillo (H1) (cm)			Altura fuera de anillo (H2) (cm)			ΔH (cm)			Promedio (cm)
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	
CAC + 0.00% fibra de sisal (patrón)	10.50	10.40	10.60	10.30	10.20	10.20	0.20	0.20	0.40	**0.27 cm**
CAC + 0.50% fibra de sisal	10.30	10.20	10.20	9.90	10.00	9.90	0.40	0.20	0.30	**0.30 cm**
CAC + 1.25% fibra de sisal	9.80	10.00	9.90	9.30	9.40	9.30	0.50	0.60	0.60	**0.57 cm**
CAC + 2.00% fibra de sisal	9.40	9.30	9.40	8.40	8.50	8.50	1.00	0.80	0.90	**0.90 cm**

Gráfico 6: *Análisis por diferencia de alturas*

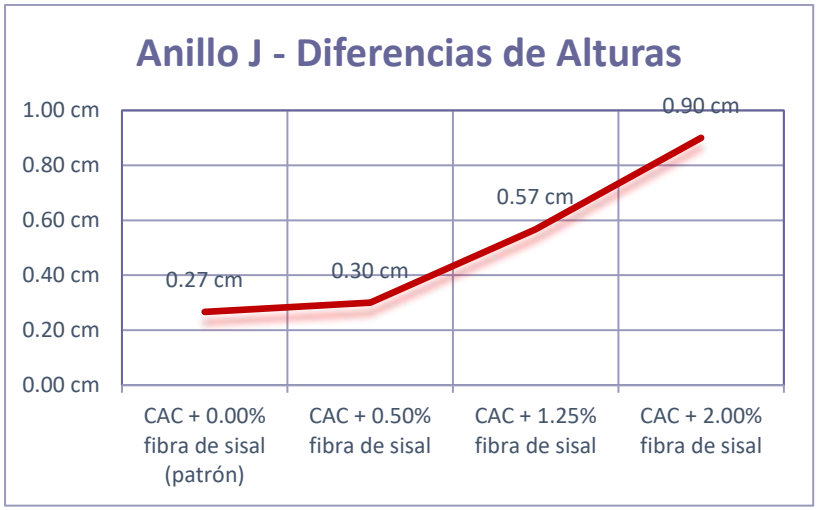


Tabla 107: *Parámetros para el ensayo de Anillo J por diferencia de alturas*

ΔH = H1-H2	Interpretación de la Capacidad de paso
ΔH <= 1 cm	Buena capacidad de paso
ΔH > 1 cm	Posible bloqueo o fricción interna excesiva

DIFERENCIA DE DIÁMETROS

Tabla 108: *Resultados para el ensayo de Anillo - J por diferencia de diámetros*

Muestra	Diámetro sin anillo (D1) (cm)			Diámetro con anillo (D2) (cm)			ΔD (cm)			Promedio (cm)
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	
CAC + 0.00% fibra de sisal (patrón)	64.30	64.10	64.50	64.00	64.00	63.80	0.30	0.10	0.70	**0.37 cm**
CAC + 0.50% fibra de sisal	62.60	62.40	62.40	61.20	61.00	61.10	1.40	1.40	1.30	**1.37 cm**
CAC + 1.25% fibra de sisal	58.90	58.90	60.10	56.80	56.80	56.70	2.10	2.10	3.40	**2.53 cm**
CAC + 2.00% fibra de sisal	49.20	49.50	49.10	42.50	42.40	42.70	6.70	7.10	6.40	**6.73 cm**

Gráfico 7: *Análisis por diferencia de diámetros*

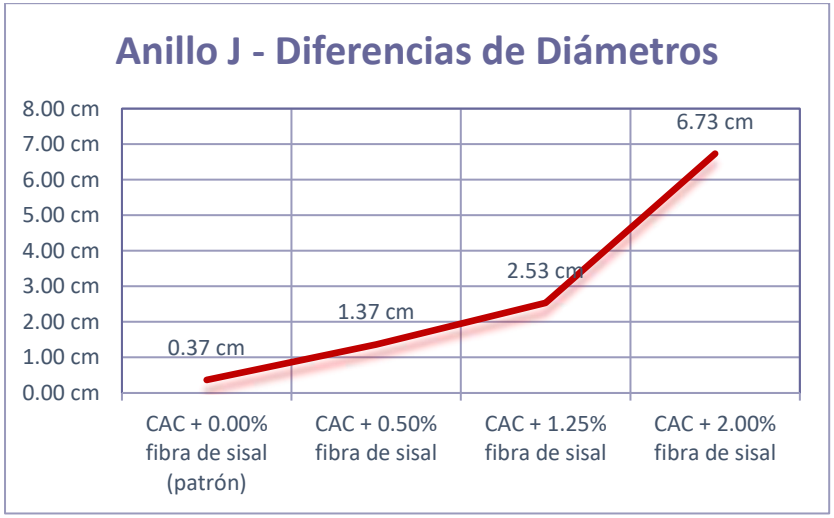


Tabla 109: *Parámetros para el ensayo de Anillo J por diferencia de diámetros*

ΔD = Slump - Diámetro "J"	Interpretación de la Capacidad de paso
ΔD <= 5 cm	Excelente capacidad de paso
ΔD > 5 cm	Mezcla con restricciones de flujo

❖ *Ensayo de Caja en L / UNE-EN 12350-10*

Tabla 110: *Resultados para el ensayo de Caja en L*

Muestra	Altura final del concreto en el brazo horizontal (H1) (cm)			Altura inicial del concreto en el brazo vertical (H2) (cm)			Relación H1/H2			Promedio
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	
CAC + 0.00% fibra de sisal (patrón)	12.10	12.20	12.00	14.10	14.10	14.00	0.86	0.87	0.86	**0.86**
CAC + 0.50% fibra de sisal	12.00	11.90	11.90	14.20	14.20	14.30	0.85	0.84	0.83	**0.84**
CAC + 1.25% fibra de sisal	11.20	11.20	11.20	15.30	15.20	15.30	0.73	0.74	0.73	**0.73**
CAC + 2.00% fibra de sisal	6.50	6.60	6.40	18.50	18.60	18.60	0.35	0.35	0.34	**0.35**

Gráfico 8: *Análisis de ensayo de Caja en L*

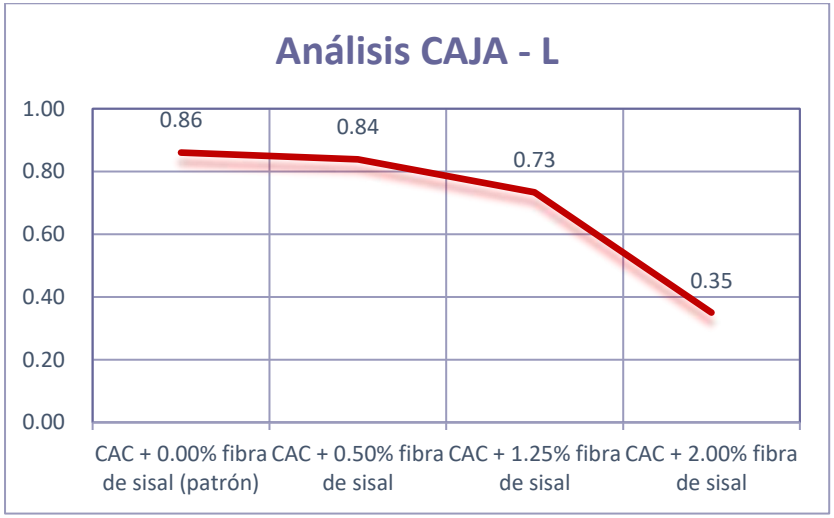


Tabla 111: *Parámetros para el ensayo de Caja en L*

H1/H2	Interpretación de la Capacidad de paso
>= 0.80	Buena capacidad de paso
0.60 - 0.79	Capacidad de paso moderada
< 0.6	Posible bloqueo o fricción interna excesiva

❖ *Ensayo de Embudo en V / UNE-EN 12350-9*

Tabla 112: *Resultados para el ensayo de Embudo en V*

Muestra	Flujo de asentamiento (cm)			Promedio (seg)
	M1	M2	M3	
CAC + 0.00% fibra de sisal (patrón)	8.40	8.50	8.40	**8.43 seg**
CAC + 0.50% fibra de sisal	8.90	8.90	9.00	**8.93 seg**
CAC + 1.25% fibra de sisal	10.10	10.20	10.10	**10.13 seg**
CAC + 2.00% fibra de sisal	12.60	12.50	12.70	**12.60 seg**

Gráfico 9: *Análisis de ensayo de Embudo en V*

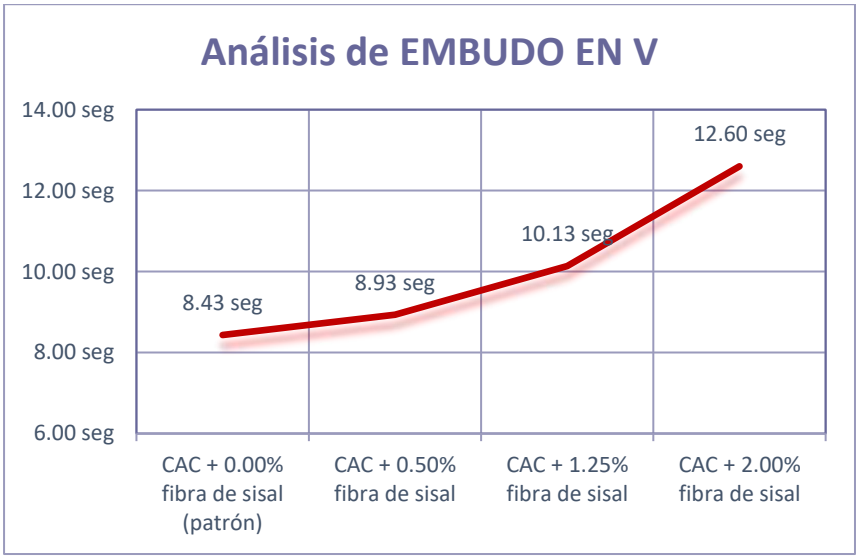


Tabla 113: *Parámetros para el ensayo de Embudo en V*

Tiempo de Flujo (s)	Interpretación del Comportamiento
6 - 12	Fluidez adecuada
< 6	Mezcla muy fluida, riesgo de segregación
> 12	Mezcla muy viscosa, riesgo de bloqueo o falta de llenado

Según los resultados obtenidos, la muestra patrón y las que tienen adición de 0.50 % y 1.25% de fibra de sisal cumplen con los parámetros para concreto autocompactante. El de 2.00% al tener una alta viscosidad no se considera concreto autocompactante.

❖ ***Peso Unitario / NTP 339.046 / ASTM C138***

Tabla 114: *Mediciones obtenidas del ensayo de Peso Unitario*

DESCRIPCIÓN		MUESTRAS											
		CAC + 0.00% fibra de sisal (patrón)			CAC + 0.50% fibra de sisal			CAC + 1.25% fibra de sisal			CAC + 2.00% fibra de sisal		
		M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
1.- Peso del material + recipiente	(gr.)	**3442.0**	**3440.0**	**3436.0**	**3431.0**	**3430.0**	**3432.0**	**3415.0**	**3417.0**	**3412.0**	**3409.0**	**3406.0**	**3406.0**
2.- Peso del recipiente	(gr.)	240.0	240.0	240.0	240.0	240.0	240.0	240.0	240.0	240.0	240.0	240.0	240.0
3.- Peso del material	(gr.)	3202.0	3200.0	3196.0	3191.0	3190.0	3192.0	3175.0	3177.0	3172.0	3169.0	3166.0	3166.0
4.- Volumen del recipiente	(m^3)	0.00134	0.00134	0.00134	0.00134	0.00134	0.00134	0.00134	0.00134	0.00134	0.00134	0.00134	0.00134
5.- Peso unitario real por muestra	(kg/m^3)	2385.7	2384.2	2381.3	2377.5	2376.8	2378.3	2365.6	2367.1	2363.4	2361.1	2358.9	2358.9
6.- Peso unitario real (Promedio)	**(kg/m^3)**	**2383.74**			**2377.53**			**2365.36**			**2359.65**		
7.- Peso unitario teórico (diseño de mezcla)	(kg/m^3)	2384.75			2382.89			2380.11			2377.32		
8.- Rendimiento		**1.00**			**1.00**			**1.01**			**1.01**		

Tabla 115: *Resultados obtenidos del ensayo de Peso Unitario*

Muestra	Peso Unitario (kg/m3)
CAC + 0.00% fibra de sisal (patrón)	**2383.74 kg/m3**
CAC + 0.50% fibra de sisal	**2377.53 kg/m3**
CAC + 1.25% fibra de sisal	**2365.36 kg/m3**
CAC + 2.00% fibra de sisal	**2359.65 kg/m3**

Gráfico 10: *Análisis de ensayo de Peso Unitario*

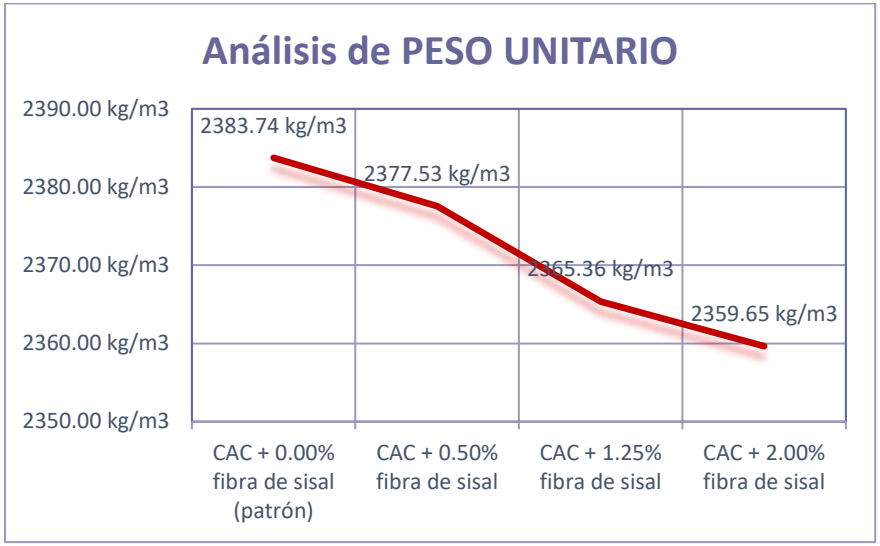


Tabla 116: *Parámetros para el ensayo de Peso Unitario*

Peso Unitario (kg/m3)	Interpretación del Comportamiento
2300 - 2500	Rango normal
>2500	Concreto denso (posiblemente con agregado pesado)
<2300	Ligera pérdida de masa (posible exceso de aire, aditivos, fibras en exceso)

❖ *Medición de Temperatura de la Mezcla / NTP 339.184 / ASTM C1064*

Tabla 117: *Resultados para el ensayo de Temperatura*

Muestra	Temperatura (°C)			Promedio (°C)
	M1	M2	M3	
CAC + 0.00% fibra de sisal (patrón)	26.80	27.30	27.10	**27.07 °C**
CAC + 0.50% fibra de sisal	27.20	26.60	26.50	**26.77 °C**
CAC + 1.25% fibra de sisal	26.80	26.50	26.80	**26.70 °C**
CAC + 2.00% fibra de sisal	26.00	26.50	26.40	**26.30 °C**

Gráfico 11: *Análisis del ensayo de Temperatura*

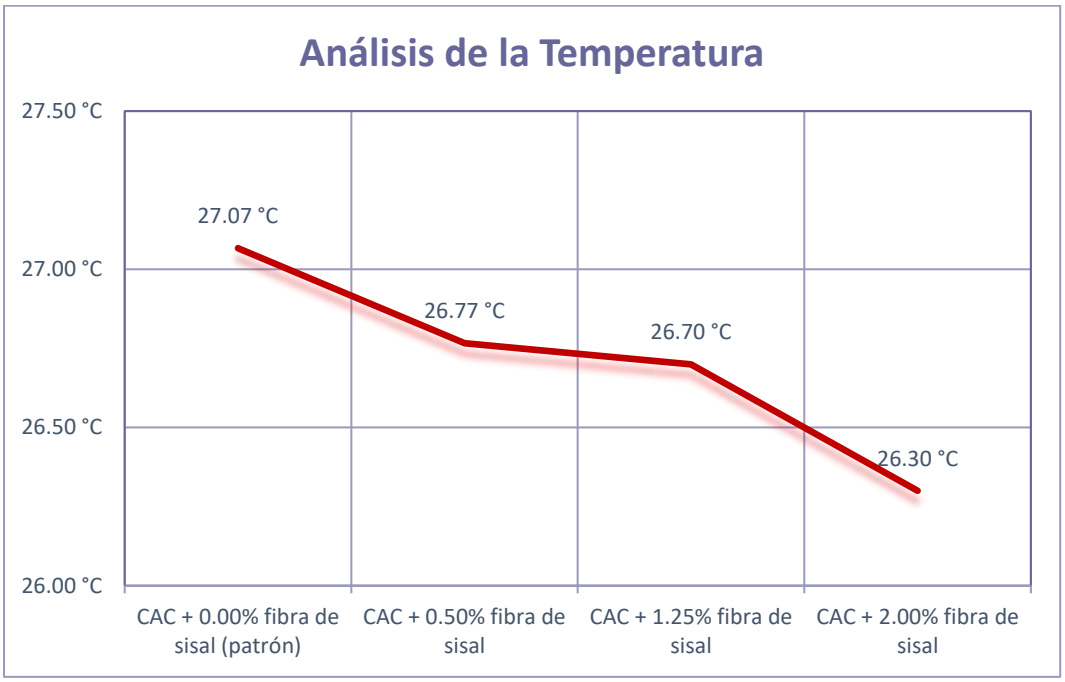


Tabla 118: *Parámetros para el ensayo de Temperatura*

Temperatura °C	Interpretación de la Temperatura para el Concreto
10 - 30 °C	Rango óptimo para la colocación
< 10 °C	Ralentiza el fraguado y reduce resistencia temprana
> 30 °C	Riesgo de pérdida rápida de trabajabilidad y fisuración por secado

❖ *Contenido de Aire por Método de Presión / NTP 339.083 / ASTM C231*

Tabla 119: *Resultados para el ensayo de Contenido de Aire*

Muestra	Contenido de aire (%)			Promedio (%)
	M1	M2	M3	
CAC + 0.00% fibra de sisal (patrón)	1.10	1.10	1.20	**1.13 %**
CAC + 0.50% fibra de sisal	1.25	1.30	1.30	**1.28 %**
CAC + 1.25% fibra de sisal	1.40	1.50	1.50	**1.47 %**
CAC + 2.00% fibra de sisal	1.80	1.80	2.00	**1.87 %**

Gráfico 12: *Análisis del ensayo de Contenido de Aire*

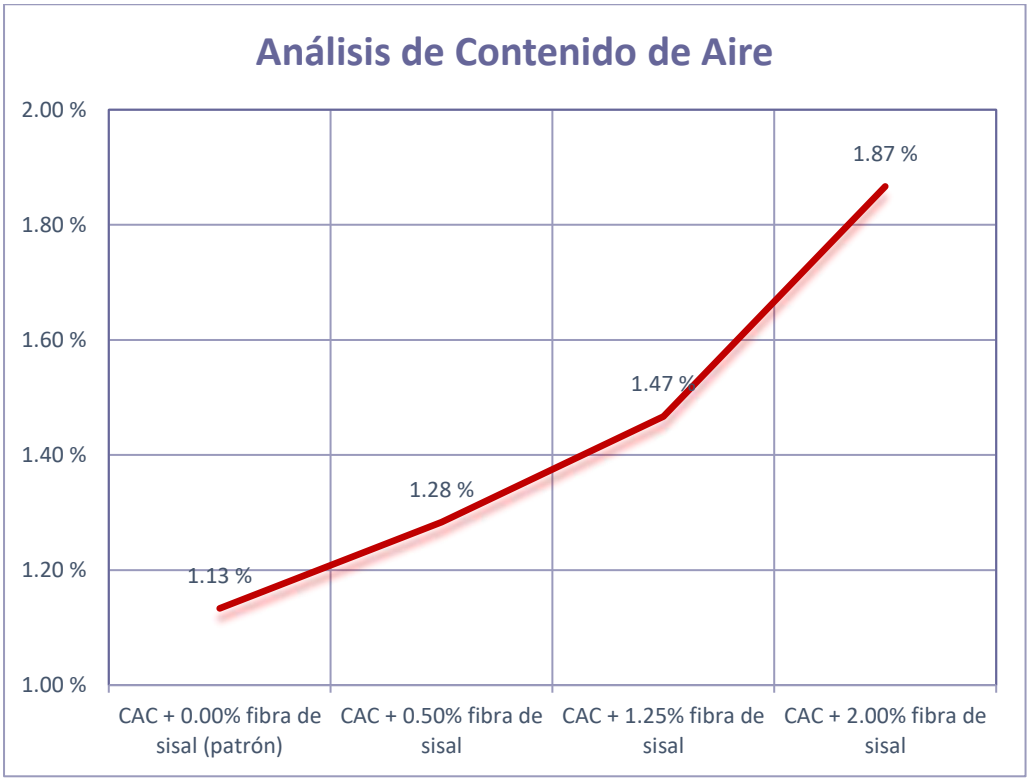


Tabla 120: *Parámetros para el ensayo de Contenido de Aire*

Contenido de Aire (%)	Interpretación del Contenido de Aire
< 1.00	Mezcla demasiado densa o segregación incipiente.
1.00 - 1.50	Ideal para concretos autocompactantes
1.60 - 2.50	Contenido de Aire moderado
> 2.50	Señal de mala dispersión de fibras o exceso de aire atrapado.

Estado Endurecido:

- ***Resistencia a la Compresión / NTP 339.034 / ASTM C39-2005***

Ilustración 140: *Resistencia a la compresión a los 7 días con 0.00 % de fibra de sisal*

Formato Interno para ensayo de: **RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

TESISTA	: Francisco Jiampier López Torres
ESCUELA	: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
TESIS	: Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm^2 con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado.
LUGAR	: Av San Josemaría Escriva de Balaguer 855, Chiclayo 14012

Ensayo : Resistencia a la Compresión

Referencia : Norma ASTM C39-2005 - NTP 339.034

PROBETAS CON CONCRETO AUTOCOMPACTANTE CON 0.00% DE FIBRA DE SISAL

I .- Resultados.

N°	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD DÍAS	DIÁMETRO cm	ÁREA cm2	CARGA Kgf	ESF. ROTURA Kgf/cm2	F'c Kgf/cm2	%	PROMEDIO F'c Kgf/cm2
1	28/05/2025	04/06/2025	7	10.00	78.50	15747.90	200.6	280	71.64%	202.37
2	28/05/2025	04/06/2025	7	10.01	78.74	15841.90	201.2	280	71.86%	
3	28/05/2025	04/06/2025	7	10.01	78.69	16155.90	205.3	280	73.32%	

II.- Parámetros:

	PARÁMETROS
OBSERVACIONES: Los especímenes fueron elaborados con cemento "CEMEX tipo I", agregado fino y grueso proveniente de la cantera "La Victoria - Pátapo" y aditivo superplastificante "Z RR PLAST-971"	7 días 70 - 85 %
	14 días 85 - 95 %
	28 días 100 - 120%

Ilustración 141: *Resistencia a la compresión a los 14 días con 0.00 % de fibra de sisal*

Formato Interno para ensayo de: **RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

TESISTA	: Francisco Jiampier López Torres
ESCUELA	: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
TESIS	: Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm^2 con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado.
LUGAR	: Av San Josemaría Escriva de Balaguer 855, Chiclayo 14012

Ensayo : Resistencia a la Compresión

Referencia : Norma ASTM C39-2005 - NTP 339.034

PROBETAS CON CONCRETO AUTOCOMPACTANTE CON 0.00% DE FIBRA DE SISAL

I .- Resultados.

N°	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD DÍAS	DIÁMETRO cm	ÁREA cm2	CARGA Kgf	ESF. ROTURA Kgf/cm2	F'c Kgf/cm2	%	PROMEDIO F'c Kgf/cm2
1	28/05/2025	11/06/2025	14	10.00	78.54	19997.40	254.6	280	90.93%	252.63
2	28/05/2025	11/06/2025	14	10.02	78.92	19801.20	250.9	280	89.61%	
3	28/05/2025	11/06/2025	14	10.01	78.67	19855.30	252.4	280	90.14%	

II.- Parámetros:

OBSERVACIONES: Los especímenes fueron elaborados con cemento "CEMEX tipo I", agregado fino y grueso proveniente de la cantera "La Victoria - Pátapo" y aditivo superplastificante "Z RR PLAST-971"

PARÁMETROS	
7 días	70 - 85 %
14 días	85 - 95 %
28 días	100 - 120%

Ilustración 142: *Resistencia a la compresión a los 28 días con 0.00 % de fibra de sisal*

Formato Interno para ensayo de: **RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

TESISTA	: Francisco Jiampier López Torres
ESCUELA	: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
TESIS	: Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm^2 con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado.
LUGAR	: Av San Josemaría Escriva de Balaguer 855, Chiclayo 14012

Ensayo : Resistencia a la Compresión

Referencia : Norma ASTM C39-2005 - NTP 339.034

PROBETAS CON CONCRETO AUTOCOMPACTANTE CON 0.00% DE FIBRA DE SISAL

I .- Resultados.

N°	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD DÍAS	DIÁMETRO cm	ÁREA cm2	CARGA Kgf	ESF. ROTURA Kgf/cm2	F'c Kgf/cm2	%	PROMEDIO F'c Kgf/cm2
1	28/05/2025	25/06/2025	28	10.01	78.66	22456.90	285.5	280	101.96%	287.73
2	28/05/2025	25/06/2025	28	10.02	78.86	22679.20	287.6	280	102.71%	
3	28/05/2025	25/06/2025	28	10.01	78.72	22835.90	290.1	280	103.61%	

II.- Parámetros:

OBSERVACIONES: Los especímenes fueron elaborados con cemento "CEMEX tipo I", agregado fino y grueso proveniente de la cantera "La Victoria - Pátapo" y aditivo superplastificante "Z RR PLAST-971"

PARÁMETROS	
7 días	70 - 85 %
14 días	85 - 95 %
28 días	100 - 120%

Ilustración 143: *Resistencia a la compresión a los 7 días con 0.50 % de fibra de sisal*

Formato Interno para ensayo de: **RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

TESISTA	: Francisco Jiampier López Torres
ESCUELA	: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
TESIS	: Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm^2 con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado.
LUGAR	: Av San Josemaría Escriva de Balaguer 855, Chiclayo 14012

Ensayo : Resistencia a la Compresión

Referencia : Norma ASTM C39-2005 - NTP 339.034

PROBETAS CON CONCRETO AUTOCOMPACTANTE CON 0.50% DE FIBRA DE SISAL

I .- Resultados.

N°	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD DÍAS	DIÁMETRO cm	ÁREA cm2	CARGA Kgf	ESF. ROTURA Kgf/cm2	F'c Kgf/cm2	%	PROMEDIO F'c Kgf/cm2
1	28/05/2025	04/06/2025	7	9.99	78.33	16473.10	210.3	280	75.11%	210.90
2	28/05/2025	04/06/2025	7	10.00	78.49	16937.70	215.8	280	77.07%	
3	28/05/2025	04/06/2025	7	9.99	78.41	16199.40	206.6	280	73.79%	

II.- Parámetros:

OBSERVACIONES: Los especímenes fueron elaborados con cemento "CEMEX tipo I", agregado fino y grueso proveniente de la cantera "La Victoria - Pátapo" y aditivo superplastificante "Z RR PLAST-971"

PARÁMETROS	
7 días	70 - 85 %
14 días	85 - 95 %
28 días	100 - 120%

Ilustración 144: *Resistencia a la compresión a los 14 días con 0.50 % de fibra de sisal*

Formato Interno para ensayo de: **RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

TESISTA	: Francisco Jiampier López Torres
ESCUELA	: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
TESIS	: Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm^2 con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado.
LUGAR	: Av San Josemaría Escriva de Balaguer 855, Chiclayo 14012

Ensayo : Resistencia a la Compresión

Referencia : Norma ASTM C39-2005 - NTP 339.034

PROBETAS CON CONCRETO AUTOCOMPACTANTE CON 0.50% DE FIBRA DE SISAL

I .- Resultados.

N°	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD DÍAS	DIÁMETRO cm	ÁREA cm2	CARGA Kgf	ESF. ROTURA Kgf/cm2	F'c Kgf/cm2	%	PROMEDIO F'c Kgf/cm2
1	28/05/2025	11/06/2025	14	10.00	78.52	20971.60	267.1	280	95.39%	263.77
2	28/05/2025	11/06/2025	14	10.02	78.84	20633.60	261.7	280	93.46%	
3	28/05/2025	11/06/2025	14	10.01	78.64	20642.20	262.5	280	93.75%	

II.- Parámetros:

OBSERVACIONES: Los especímenes fueron elaborados con cemento "CEMEX tipo I", agregado fino y grueso proveniente de la cantera "La Victoria - Pátapo" y aditivo superplastificante "Z RR PLAST-971"

PARÁMETROS	
7 días	70 - 85 %
14 días	85 - 95 %
28 días	100 - 120%

Ilustración 145: *Resistencia a la compresión a los 28 días con 0.50 % de fibra de sisal*

Formato Interno para ensayo de: **RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

TESISTA	: Francisco Jiampier López Torres
ESCUELA	: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
TESIS	: Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm^2 con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado.
LUGAR	: Av San Josemaría Escriva de Balaguer 855, Chiclayo 14012

Ensayo : Resistencia a la Compresión

Referencia : Norma ASTM C39-2005 - NTP 339.034

PROBETAS CON CONCRETO AUTOCOMPACTANTE CON 0.50% DE FIBRA DE SISAL

I .- Resultados.

N°	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD DÍAS	DIÁMETRO cm	ÁREA cm2	CARGA Kgf	ESF. ROTURA Kgf/cm2	F'c Kgf/cm2	%	PROMEDIO F'c Kgf/cm2
1	28/05/2025	25/06/2025	28	9.99	78.36	23249.00	296.7	280	105.96%	296.73
2	28/05/2025	25/06/2025	28	9.99	78.45	22891.20	291.8	280	104.21%	
3	28/05/2025	25/06/2025	28	10.01	78.71	23746.10	301.7	280	107.75%	

II.- Parámetros:

OBSERVACIONES: Los especímenes fueron elaborados con cemento "CEMEX tipo I", agregado fino y grueso proveniente de la cantera "La Victoria - Pátapo" y aditivo superplastificante "Z RR PLAST-971"

PARÁMETROS	
7 días	70 - 85 %
14 días	85 - 95 %
28 días	100 - 120%

Ilustración 146: *Resistencia a la compresión a los 7 días con 1.25 % de fibra de sisal*

Formato Interno para ensayo de: **RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

TESISTA	: Francisco Jiampier López Torres
ESCUELA	: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
TESIS	: Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm^2 con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado.
LUGAR	: Av San Josemaría Escriva de Balaguer 855, Chiclayo 14012

Ensayo : Resistencia a la Compresión

Referencia : Norma ASTM C39-2005 - NTP 339.034

PROBETAS CON CONCRETO AUTOCOMPACTANTE CON 1.25% DE FIBRA DE SISAL

I .- Resultados.

N°	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD DÍAS	DIÁMETRO cm	ÁREA cm2	CARGA Kgf	ESF. ROTURA Kgf/cm2	F'c Kgf/cm2	%	PROMEDIO F'c Kgf/cm2
1	28/05/2025	04/06/2025	7	10.02	78.89	19754.50	250.4	280	89.43%	252.30
2	28/05/2025	04/06/2025	7	10.00	78.61	20235.10	257.4	280	91.93%	
3	28/05/2025	04/06/2025	7	10.01	78.67	19595.50	249.1	280	88.96%	

II.- Parámetros:

OBSERVACIONES: Los especímenes fueron elaborados con cemento "CEMEX tipo I", agregado fino y grueso proveniente de la cantera "La Victoria - Pátapo" y aditivo superplastificante "Z RR PLAST-971"

PARÁMETROS	
7 días	70 - 85 %
14 días	85 - 95 %
28 días	100 - 120%

Ilustración 147: *Resistencia a la compresión a los 14 días con 1.25 % de fibra de sisal*

Formato Interno para ensayo de: **RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

TESISTA	: Francisco Jiampier López Torres
ESCUELA	: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
TESIS	: Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm^2 con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado.
LUGAR	: Av San Josemaría Escriva de Balaguer 855, Chiclayo 14012

Ensayo : Resistencia a la Compresión

Referencia : Norma ASTM C39-2005 - NTP 339.034

PROBETAS CON CONCRETO AUTOCOMPACTANTE CON 1.25% DE FIBRA DE SISAL

I .- Resultados.

N°	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD DÍAS	DIÁMETRO cm	ÁREA cm2	CARGA Kgf	ESF. ROTURA Kgf/cm2	F'c Kgf/cm2	%	PROMEDIO F'c Kgf/cm2
1	28/05/2025	11/06/2025	14	10.01	78.66	22015.70	279.9	280	99.96%	277.20
2	28/05/2025	11/06/2025	14	10.01	78.77	21684.65	275.3	280	98.32%	
3	28/05/2025	11/06/2025	14	10.01	78.68	21746.41	276.4	280	98.71%	

II.- Parámetros:

OBSERVACIONES: Los especímenes fueron elaborados con cemento "CEMEX tipo I", agregado fino y grueso proveniente de la cantera "La Victoria - Pátapo" y aditivo superplastificante "Z RR PLAST-971"

PARÁMETROS	
7 días	70 - 85 %
14 días	85 - 95 %
28 días	100 - 120%

Ilustración 148: *Resistencia a la compresión a los 28 días con 1.25 % de fibra de sisal*

Formato Interno para ensayo de: **RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

TESISTA	: Francisco Jiampier López Torres
ESCUELA	: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
TESIS	: Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm^2 con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado.
LUGAR	: Av San Josemaría Escriva de Balaguer 855, Chiclayo 14012

Ensayo : Resistencia a la Compresión

Referencia : Norma ASTM C39-2005 - NTP 339.034

PROBETAS CON CONCRETO AUTOCOMPACTANTE CON 1.25% DE FIBRA DE SISAL

I .- Resultados.

N°	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD DÍAS	DIÁMETRO cm	ÁREA cm2	CARGA Kgf	ESF. ROTURA Kgf/cm2	F'c Kgf/cm2	%	PROMEDIO F'c Kgf/cm2
1	28/05/2025	25/06/2025	28	10.01	78.76	27464.20	348.7	280	124.54%	353.03
2	28/05/2025	25/06/2025	28	10.00	78.53	27996.10	356.5	280	127.32%	
3	28/05/2025	25/06/2025	28	9.99	78.37	27734.30	353.9	280	126.39%	

II.- Parámetros:

OBSERVACIONES: Los especímenes fueron elaborados con cemento "CEMEX tipo I", agregado fino y grueso proveniente de la cantera "La Victoria - Pátapo" y aditivo superplastificante "Z RR PLAST-971"

PARÁMETROS	
7 días	70 - 85 %
14 días	85 - 95 %
28 días	100 - 120%

Ilustración 149: *Resistencia a la compresión a los 7 días con 2.00 % de fibra de sisal*

Formato Interno para ensayo de: **RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

TESISTA	: Francisco Jiampier López Torres
ESCUELA	: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
TESIS	: Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm^2 con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado.
LUGAR	: Av San Josemaría Escriva de Balaguer 855, Chiclayo 14012

Ensayo : Resistencia a la Compresión

Referencia : Norma ASTM C39-2005 - NTP 339.034

PROBETAS CON CONCRETO AUTOCOMPACTANTE CON 2.00% DE FIBRA DE SISAL

I .- Resultados.

N°	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD DÍAS	DIÁMETRO cm	ÁREA cm2	CARGA Kgf	ESF. ROTURA Kgf/cm2	F'c Kgf/cm2	%	PROMEDIO F'c Kgf/cm2
1	28/05/2025	04/06/2025	7	10.01	78.70	15142.30	192.4	280	68.71%	194.73
2	28/05/2025	04/06/2025	7	9.99	78.44	15594.50	198.8	280	71.00%	
3	28/05/2025	04/06/2025	7	10.00	78.48	15146.20	193.0	280	68.93%	

II.- Parámetros:

OBSERVACIONES: Los especímenes fueron elaborados con cemento "CEMEX tipo I", agregado fino y grueso proveniente de la cantera "La Victoria - Pátapo" y aditivo superplastificante "Z RR PLAST-971"

PARÁMETROS	
7 días	70 - 85 %
14 días	85 - 95 %
28 días	100 - 120%

Ilustración 150: *Resistencia a la compresión a los 14 días con 2.00 % de fibra de sisal*

Formato Interno para ensayo de: **RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

TESISTA	: Francisco Jiampier López Torres
ESCUELA	: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
TESIS	: Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm^2 con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado.
LUGAR	: Av San Josemaría Escriva de Balaguer 855, Chiclayo 14012

Ensayo : Resistencia a la Compresión

Referencia : Norma ASTM C39-2005 - NTP 339.034

PROBETAS CON CONCRETO AUTOCOMPACTANTE CON 2.00% DE FIBRA DE SISAL

I .- Resultados.

N°	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD DÍAS	DIÁMETRO cm	ÁREA cm2	CARGA Kgf	ESF. ROTURA Kgf/cm2	F'c Kgf/cm2	%	PROMEDIO F'c Kgf/cm2
1	28/05/2025	11/06/2025	14	10.01	78.75	18064.50	229.4	280	81.93%	233.10
2	28/05/2025	11/06/2025	14	9.99	78.37	18424.40	235.1	280	83.96%	
3	28/05/2025	11/06/2025	14	10.00	78.51	18434.70	234.8	280	83.86%	

II.- Parámetros:

OBSERVACIONES: Los especímenes fueron elaborados con cemento "CEMEX tipo I", agregado fino y grueso proveniente de la cantera "La Victoria - Pátapo" y aditivo superplastificante "Z RR PLAST-971"

PARÁMETROS	
7 días	70 - 85 %
14 días	85 - 95 %
28 días	100 - 120%

Ilustración 151: *Resistencia a la compresión a los 28 días con 2.00 % de fibra de sisal*

Formato Interno para ensayo de: **RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

TESISTA	: Francisco Jiampier López Torres
ESCUELA	: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
TESIS	: Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm^2 con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado.
LUGAR	: Av San Josemaría Escriva de Balaguer 855, Chiclayo 14012

Ensayo : Resistencia a la Compresión

Referencia : Norma ASTM C39-2005 - NTP 339.034

PROBETAS CON CONCRETO AUTOCOMPACTANTE CON 2.00% DE FIBRA DE SISAL

I .- Resultados.

N°	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD DÍAS	DIÁMETRO cm	ÁREA cm2	CARGA Kgf	ESF. ROTURA Kgf/cm2	F'c Kgf/cm2	%	PROMEDIO F'c Kgf/cm2
1	28/05/2025	25/06/2025	28	10.01	78.65	21684.10	275.7	280	98.46%	278.00
2	28/05/2025	25/06/2025	28	10.01	78.77	21812.40	276.9	280	98.89%	
3	28/05/2025	25/06/2025	28	10.00	78.48	22085.50	281.4	280	100.50%	

II.- Parámetros:

OBSERVACIONES: Los especímenes fueron elaborados con cemento "CEMEX tipo I", agregado fino y grueso proveniente de la cantera "La Victoria - Pátapo" y aditivo superplastificante "Z RR PLAST-971"

PARÁMETROS	
7 días	70 - 85 %
14 días	85 - 95 %
28 días	100 - 120%

❖ *Resistencia a la Flexión / NTP 339.059 / ASTM C 42*

Ilustración 152: *Resistencia a la flexión a los 28 días con 0.00 % de fibra de sisal*

Formato Interno para ensayo de: **RESISTENCIA A LA FLEXIÓN**

TESISTA	: Francisco Jiampier López Torres
ESCUELA	: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
TESIS	: Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm^2 con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado.
LUGAR	: Av San Josemaría Escriva de Balaguer 855, Chiclayo 14012

Ensayo : Resistencia a la Flexión

Referencia : Norma NTP 339.059 / ASTM C 42

VIGUETAS DE CONCRETO AUTOCOMPACTANTE CON 0.00% DE FIBRA DE SISAL

I .- Resultados.

N°	FECHA - VACIADO	FECHA - ROTURA	EDAD (Días)	DISTANCIA ENTRE APOYOS (cm)	BASE (cm)	PERALTE (cm)	CARGA (kN)	MOD. ROTURA (Mpa)	PROMEDIO Fr (Mpa)	PROMEDIO F'c REAL (Mpa)	fr/f'c
1	28/05/2025	25/06/2025	28	30.00	10	10	10.632	3.190	3.27	28.22	11.60%
2	28/05/2025	25/06/2025	28	30.00	10	10	11.154	3.346			
3	28/05/2025	25/06/2025	28	30.00	10	10	10.935	3.281			

I I.- Parámetros:

OBSERVACIONES: Los especímenes fueron elaborados con cemento "CEMEX tipo I", agregado fino y grueso proveniente de la cantera "La Victoria - Pátapo" y aditivo superplastificante "Z RR PLAST-971"	PARÁMETROS			
	f'c (kg/cm2)	f'c (MPa)	fr=0.62✓f'c (MPa)	fr/f'c (Mpa)
	280	27.5	3.25	11.82%

Ilustración 153: *Resistencia a la flexión a los 28 días con 0.50 % de fibra de sisal*

Formato Interno para ensayo de: **RESISTENCIA A LA FLEXIÓN**

TESISTA	: Francisco Jiampier López Torres
ESCUELA	: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
TESIS	: Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm^2 con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado.
LUGAR	: Av San Josemaría Escriva de Balaguer 855, Chiclayo 14012

Ensayo : Resistencia a la Flexión

Referencia : Norma NTP 339.059 / ASTM C 42

VIGUETAS DE CONCRETO AUTOCOMPACTANTE CON 0.50% DE FIBRA DE SISAL

I .- Resultados.

N°	FECHA - VACIADO	FECHA - ROTURA	EDAD (Días)	DISTANCIA ENTRE APOYOS (cm)	BASE (cm)	PERALTE (cm)	CARGA (kN)	MOD. ROTURA (Mpa)	PROMEDIO Fr (Mpa)	PROMEDIO F'c REAL (Mpa)	fr/f'c
1	28/05/2025	25/06/2025	28	30.00	10	10	10.873	3.262	3.34	29.10	11.49%
2	28/05/2025	25/06/2025	28	30.00	10	10	11.290	3.387			
3	28/05/2025	25/06/2025	28	30.00	10	10	11.277	3.383			

I I.- Parámetros:

OBSERVACIONES	PARÁMETROS			
	f'c (kg/cm2)	f'c (MPa)	fr=0.62✓f'c (MPa)	fr/f'c (Mpa)
OBSERVACIONES: Los especímenes fueron elaborados con cemento "CEMEX tipo I", agregado fino y grueso proveniente de la cantera "La Victoria - Pátapo" y aditivo superplastificante "Z RR PLAST-971"	280	27.5	3.25	11.82%

Ilustración 154: *Resistencia a la flexión a los 28 días con 1.25 % de fibra de sisal*

Formato Interno para ensayo de: **RESISTENCIA A LA FLEXIÓN**

TESISTA	: Francisco Jiampier López Torres
ESCUELA	: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
TESIS	: Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm^2 con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado.
LUGAR	: Av San Josemaría Escriva de Balaguer 855, Chiclayo 14012

Ensayo : Resistencia a la Flexión

Referencia : Norma NTP 339.059 / ASTM C 42

VIGUETAS DE CONCRETO AUTOCOMPACTANTE CON 1.25% DE FIBRA DE SISAL

I .- Resultados.

N°	FECHA - VACIADO	FECHA - ROTURA	EDAD (Días)	DISTANCIA ENTRE APOYOS (cm)	BASE (cm)	PERALTE (cm)	CARGA (kN)	MOD. ROTURA (Mpa)	PROMEDIO Fr (Mpa)	PROMEDIO F'c REAL (Mpa)	fr/f'c
1	28/05/2025	25/06/2025	28	30.00	10	10	11.373	3.412	3.50	34.62	10.11%
2	28/05/2025	25/06/2025	28	30.00	10	10	11.769	3.531			
3	28/05/2025	25/06/2025	28	30.00	10	10	11.872	3.562			

I I.- Parámetros:

OBSERVACIONES: Los especímenes fueron elaborados con cemento "CEMEX tipo I", agregado fino y grueso proveniente de la cantera "La Victoria - Pátapo" y aditivo superplastificante "Z RR PLAST-971"	PARÁMETROS			
	f'c (kg/cm2)	f'c (MPa)	fr=0.62√f'c (MPa)	fr/f'c (Mpa)
	280	27.5	3.25	11.82%

Ilustración 155: *Resistencia a la flexión a los 28 días con 2.00 % de fibra de sisal*

Formato Interno para ensayo de: **RESISTENCIA A LA FLEXIÓN**

TESISTA	: Francisco Jiampier López Torres
ESCUELA	: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
TESIS	: Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm^2 con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado.
LUGAR	: Av San Josemaría Escriva de Balaguer 855, Chiclayo 14012

Ensayo : Resistencia a la Flexión

Referencia : Norma NTP 339.059 / ASTM C 42

VIGUETAS DE CONCRETO AUTOCOMPACTANTE CON 2.00% DE FIBRA DE SISAL

I .- Resultados.

N°	FECHA - VACIADO	FECHA - ROTURA	EDAD (Días)	DISTANCIA ENTRE APOYOS (cm)	BASE (cm)	PERALTE (cm)	CARGA (kN)	MOD. ROTURA (Mpa)	PROMEDIO Fr (Mpa)	PROMEDIO F'c REAL (Mpa)	fr/f'c
1	28/05/2025	25/06/2025	28	30.00	10	10	10.231	3.069	3.01	27.26	11.04%
2	28/05/2025	25/06/2025	28	30.00	10	10	9.853	2.956			
3	28/05/2025	25/06/2025	28	30.00	10	10	10.015	3.005			

I I.- Parámetros:

OBSERVACIONES	PARÁMETROS			
	f'c (kg/cm2)	f'c (MPa)	fr=0.62✓f'c (MPa)	fr/f'c (Mpa)
OBSERVACIONES: Los especímenes fueron elaborados con cemento "CEMEX tipo I", agregado fino y grueso proveniente de la cantera "La Victoria - Pátapo" y aditivo superplastificante "Z RR PLAST-971"	280	27.5	3.25	11.82%

❖ *Ensayo de Tracción Indirecta / ASTM C 496*

Ilustración 156: *Resistencia a la tracción a los 28 días con 0.00 % de fibra de sisal*

Formato Interno para ensayo de: **TRACCIÓN INDIRECTA**

TESISTA	: Francisco Jiampier López Torres
ESCUELA	: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
TESIS	: Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm^2 con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado.
LUGAR	: Av San Josemaría Escriva de Balaguer 855, Chiclayo 14012

Ensayo : Tracción Indirecta

Referencia : Norma C496/C496M

VIGUETAS DE CONCRETO AUTOCOMPACTANTE CON 0.00% DE FIBRA DE SISAL

I .- Resultados.

N°	FECHA - VACIADO	FECHA - ROTURA	EDAD (Días)	LONGITUD (cm)	DIÁMETRO (cm)	CARGA (kgf)	RESISTENCIA A TRACCIÓN IND. (kgf/cm2)	PROMEDIO Ft (kgf/cm2)	PROMEDIO F'c REAL (kgf/cm2)	ft/f'c
1	30/05/2025	27/06/2025	28	30.00	15	21450	30.346	29.99	287.73	10.42%
2	30/05/2025	27/06/2025	28	30.00	15	21020	29.737			
3	30/05/2025	27/06/2025	28	30.00	15	21120	29.879			

I I.- Parámetros:

OBSERVACIONES	PARÁMETROS				
	f'c (kg/cm2)	f'c (MPa)	ft=0.56√f'c (MPa)	ft (kg/cm2)	fr/f'c (Mpa)
OBSERVACIONES: Los especímenes fueron elaborados con cemento "CEMEX tipo I", agregado fino y grueso proveniente de la cantera "La Victoria - Pátapo" y aditivo superplastificante "Z RR PLAST-971"	280	27.500	2.937	29.946	10.68%

Ilustración 157: *Resistencia a la tracción a los 28 días con 0.50 % de fibra de sisal*

Formato Interno para ensayo de: **TRACCIÓN INDIRECTA**

TESISTA	: Francisco Jiampier López Torres
ESCUELA	: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
TESIS	: Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm^2 con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado.
LUGAR	: Av San Josemaría Escriva de Balaguer 855, Chiclayo 14012

Ensayo : Tracción Indirecta

Referencia : Norma C496/C496M

VIGUETAS DE CONCRETO AUTOCOMPACTANTE CON 0.50% DE FIBRA DE SISAL

I .- Resultados.

N°	FECHA - VACIADO	FECHA - ROTURA	EDAD (Días)	LONGITUD (cm)	DIÁMETRO (cm)	CARGA (kgf)	RESISTENCIA A TRACCIÓN IND. (kgf/cm2)	PROMEDIO Ft (kgf/cm2)	PROMEDIO F'c REAL (kgf/cm2)	ft/f'c
1	30/05/2025	27/06/2025	28	30.00	15	21960	31.067	30.69	296.73	10.34%
2	30/05/2025	27/06/2025	28	30.00	15	21880	30.954			
3	30/05/2025	27/06/2025	28	30.00	15	21240	30.048			

I I.- Parámetros:

OBSERVACIONES: Los especímenes fueron elaborados con cemento "CEMEX tipo I", agregado fino y grueso proveniente de la cantera "La Victoria - Pátapo" y aditivo superplastificante "Z RR PLAST-971"	PARÁMETROS				
	f'c (kg/cm2)	f'c (MPa)	ft=0.56√f'c (MPa)	ft (kg/cm2)	fr/f'c (Mpa)
	280	27.500	2.937	29.946	10.68%

Ilustración 158: *Resistencia a la tracción a los 28 días con 1.25 % de fibra de sisal*

Formato Interno para ensayo de: **TRACCIÓN INDIRECTA**

TESISTA	: Francisco Jiampier López Torres
ESCUELA	: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
TESIS	: Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm^2 con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado.
LUGAR	: Av San Josemaría Escriva de Balaguer 855, Chiclayo 14012

Ensayo : Tracción Indirecta

Referencia : Norma C496/C496M

VIGUETAS DE CONCRETO AUTOCOMPACTANTE CON 1.25% DE FIBRA DE SISAL

I .- Resultados.

N°	FECHA - VACIADO	FECHA - ROTURA	EDAD (Días)	LONGITUD (cm)	DIÁMETRO (cm)	CARGA (kgf)	RESISTENCIA A TRACCIÓN IND. (kgf/cm2)	PROMEDIO Ft (kgf/cm2)	PROMEDIO F'c REAL (kgf/cm2)	ft/f'c
1	30/05/2025	27/06/2025	28	30.00	15	25390	35.920	35.04	353.03	9.93%
2	30/05/2025	27/06/2025	28	30.00	15	24310	34.392			
3	30/05/2025	27/06/2025	28	30.00	15	24610	34.816			

I I.- Parámetros:

OBSERVACIONES: Los especímenes fueron elaborados con cemento "CEMEX tipo I", agregado fino y grueso proveniente de la cantera "La Victoria - Pátapo" y aditivo superplastificante "Z RR PLAST-971"	PARÁMETROS				
	f'c (kg/cm2)	f'c (MPa)	ft=0.56√f'c (MPa)	ft (kg/cm2)	fr/f'c (Mpa)
	280	27.500	2.937	29.946	10.68%

Ilustración 159: *Resistencia a la tracción a los 28 días con 2.00 % de fibra de sisal*

Formato Interno para ensayo de: **TRACCIÓN INDIRECTA**

TESISTA	: Francisco Jiampier López Torres
ESCUELA	: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
TESIS	: Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm^2 con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado.
LUGAR	: Av San Josemaría Escriva de Balaguer 855, Chiclayo 14012

Ensayo : Tracción Indirecta

Referencia : Norma C496/C496M

VIGUETAS DE CONCRETO AUTOCOMPACTANTE CON 2.00% DE FIBRA DE SISAL

I .- Resultados.

N°	FECHA - VACIADO	FECHA - ROTURA	EDAD (Días)	LONGITUD (cm)	DIÁMETRO (cm)	CARGA (kgf)	RESISTENCIA A TRACCIÓN IND. (kgf/cm2)	PROMEDIO Ft (kgf/cm2)	PROMEDIO F'c REAL (kgf/cm2)	ft/f'c
1	30/05/2025	27/06/2025	28	30.00	15	15550	21.999	23.02	278.00	8.28%
2	30/05/2025	27/06/2025	28	30.00	15	15550	21.999			
3	30/05/2025	27/06/2025	28	30.00	15	17720	25.069			

I I.- Parámetros:

OBSERVACIONES: Los especímenes fueron elaborados con cemento "CEMEX tipo I", agregado fino y grueso proveniente de la cantera "La Victoria - Pátapo" y aditivo superplastificante "Z RR PLAST-971"	PARÁMETROS				
	f'c (kg/cm2)	f'c (MPa)	ft=0.56√f'c (MPa)	ft (kg/cm2)	fr/f'c (Mpa)
	280	27.500	2.937	29.946	10.68%

❖ *Ensayo de Módulo de Elasticidad / ASTM C 469*

Ilustración 160: *Módulo de Elasticidad a los 28 días con 0.00 % de fibra de sisal*

LEMS W&C EIRL
Certificado INDECOPI N°00137704 RNP Servicios E0000589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chiclayo – Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: servicios@lemswyc.com

Solicitud de Ensayo	:	**2207A-25/ LEMS W&C**
Solicitante	:	López Torres Francisco Jiampier
Proyecto / Obra	:	Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm² con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado
Ubicación	:	Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.
Fecha de Apertura	:	martes, 22 de Julio de 2025
Inicio de Ensayo	:	martes, 22 de Julio de 2025
Fin de Ensayo	:	martes, 22 de Julio de 2025
Ensayo	:	STANDARD TEST METHOD FOR STATIC MODULUS OF ELASTICITY AND POISSON'S RATIO OF CONCRETE IN COMPRESSION (Método estándar para la determinación del módulo de elasticidad estático y de la relación de Poisson del concreto sometido a compresión).
Referencia	:	ASTM C-469

IDENTIFICACIÓN	Fecha de vaciado	Fecha Ensayo	Edad (Días)	σ_u (Kg/cm²)	Esfuerzo S2 (40%σ_u) Kg/cm²	Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm²	ϵ unitaria ϵ_2 (S_2)	E_c Kg/cm²	Promedio E_c Kg/cm²
PC - f'c= 280 kg/cm2	24/06/2025	22/07/2025	28	320.71	128	17.52058	0.000458	271510.99	272109.78
PC - f'c= 280 kg/cm2	24/06/2025	22/07/2025	28	304.08	122	18.45550	0.000426	274510.88	
PC - f'c= 280 kg/cm2	24/06/2025	22/07/2025	28	312.66	125	17.08086	0.000449	270307.48	

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL.
Ronal Enrique Altamirano Llontop
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

LEMS W&C EIRL
Elferez Mendoza Medina
INGENIERO CIVIL
REG. CIP 324531

Ilustración 161: *Módulo de Elasticidad a los 28 días con 0.50 % de fibra de sisal*

LEMS W&C EIRL
Certificado INDECOPI N°00137704 RNP Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chiclayo – Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: servicios@lemswyc.com

Solicitud de Ensayo : **2207A-25/ LEMS W&C**
Solicitante : López Torres Francisco Jiampier
Proyecto / Obra : Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm² con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.
Fecha de Apertura : martes, 22 de Julio de 2025
Inicio de Ensayo : martes, 22 de Julio de 2025
Fin de Ensayo : martes, 22 de Julio de 2025

Ensayo : STANDARD TEST METHOD FOR STATIC MODULUS OF ELASTICITY AND POISSON'S RATIO OF CONCRETE IN COMPRESSION (Método estándar para la determinación del módulo de elasticidad estático y de la relación de Poisson del concreto sometido a compresión).
Referencia : ASTM C-469

IDENTIFICACIÓN	Fecha de vaciado	Fecha Ensayo	Edad (Días)	σ_u (Kg/cm²)	Esfuerzo S2 (40%σ_u) Kg/cm²	Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm²	ε unitaria ϵ_2 (S_2)	E_c Kg/cm²	Promedio E_c Kg/cm²
0.5%FS	24/06/2025	22/07/2025	28	350.08	140	19.44316	0.000450	301137.99	
0.5%FS	24/06/2025	22/07/2025	28	352.09	141	19.23514	0.000450	310993.71	**305115.68**
0.5%FS	24/06/2025	22/07/2025	28	345.16	138	19.16759	0.000442	303215.34	

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL
Ronal Enrique Altamirano Llontop
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

LEMS W&C EIRL
Elferez Mendoza Medina
INGENIERO CIVIL
REG. CIP 324531

Ilustración 162: *Módulo de Elasticidad a los 28 días con 1.25 % de fibra de sisal*

LEMS W&C EIRL
Certificado INDECOPI N°00137704 RNP Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chiclayo – Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: servicios@lemswyc.com

Solicitud de Ensayo : **2207A-25/ LEMS W&C**
Solicitante : López Torres Francisco Jiampier
Proyecto / Obra : Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm² con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.
Fecha de Apertura : martes, 22 de Julio de 2025
Inicio de Ensayo : martes, 22 de Julio de 2025
Fin de Ensayo : martes, 22 de Julio de 2025

Ensayo : STANDARD TEST METHOD FOR STATIC MODULUS OF ELASTICITY AND POISSON'S RATIO OF CONCRETE IN COMPRESSION (Método estándar para la determinación del módulo de elasticidad estático y de la relación de Poisson del concreto sometido a compresión).
Referencia : ASTM C-469

IDENTIFICACIÓN	Fecha de vaciado	Fecha Ensayo	Edad (Días)	σ_u (Kg/cm²)	Esfuerzo S2 (40%σ_u) Kg/cm²	Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm²	ϵ unitaria ϵ_2 (S_2)	E_c Kg/cm²	Promedio E_c Kg/cm²
1.25% FS	24/06/2025	22/07/2025	28	369.29	148	22.41392	0.000417	341072.04	**345578.22**
1.25% FS	24/06/2025	22/07/2025	28	366.82	147	22.26242	0.000409	346792.44	
1.25% FS	24/06/2025	22/07/2025	28	352.62	141	24.07975	0.000385	348870.17	

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL.
Ronal Enrique Altamirano Llontop
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

LEMS W&C EIRL
Elferez Mendoza Medina
INGENIERO CIVIL
REG. CIP 324531

Ilustración 163: *Módulo de Elasticidad a los 28 días con 2.00 % de fibra de sisal*

LEMS W&C EIRL
Certificado INDECOPI N°00137704 RNP Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chiclayo – Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: servicios@lemswyc.com

Solicitud de Ensayo : **2207A-25/ LEMS W&C**
Solicitante : López Torres Francisco Jiampier
Proyecto / Obra : Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm² con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.
Fecha de Apertura : martes, 22 de Julio de 2025
Inicio de Ensayo : martes, 22 de Julio de 2025
Fin de Ensayo : martes, 22 de Julio de 2025

Ensayo : STANDARD TEST METHOD FOR STATIC MODULUS OF ELASTICITY AND POISSON'S RATIO OF CONCRETE IN COMPRESSION (Método estándar para la determinación del módulo de elasticidad estático y de la relación de Poisson del concreto sometido a compresión).
Referencia : ASTM C-469

IDENTIFICACIÓN	Fecha de vaciado	Fecha Ensayo	Edad (Días)	σ_u (Kg/cm²)	Esfuerzo S2 (40%σ_u) Kg/cm²	Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm²	ϵ unitaria ϵ_2 (S_2)	E_c Kg/cm²	Promedio E_c Kg/cm²
2% FS	24/06/2025	22/07/2025	28	303.21	121	15.05704	0.000505	233352.26	233524.78
2% FS	24/06/2025	22/07/2025	28	297.10	119	14.75336	0.000499	232073.25	
2% FS	24/06/2025	22/07/2025	28	283.52	113	15.48652	0.000466	235148.84	

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL.
Ronal Enrique Altamirano Llontop
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

LEMS W&C EIRL
Elferez Mendoza Medina
INGENIERO CIVIL
REG. CIP 324531

- ***Ensayo de Resistencia a la Abrasión en Superficies de Concreto por el Método de Corte Rotativo / ASTM C 944 – 99***

Ilustración 164: *Resistencia a Abrasión a los 28 días con 0.00 % de fibra de sisal*

LEMS W&C EIRL
RNP - Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chiclayo – Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: servicios@lemswyc.com

Solicitud de Ensayo : 2207A_2025/LMS W&C
Solicitante : López Torres Francisco Jiampier
Proyecto / Obra : Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm² con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.
Fecha de Apertura : martes, 22 de Julio de 2025
Inicio de Ensayo : martes, 22 de Julio de 2025
Fin de Ensayo : martes, 22 de Julio de 2025

ENSAYO : Standard Test Method for Abrasion Resistance of Concrete or Mortar Surfaces by the Rotating-Cutter Method (Método normalizado para la resistencia a la abrasión del concreto o superficies de mortero mediante el ensayo del rodillo giratorio).

NORMA : ASTM C944 / C944M - 12

Muestra	Descripción o nombre de la muestra	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad (días)	Tiempo Abrasión (Minutos)	ciclo	Carga (N)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Desgaste (g)	Desgaste (%)
M-1	PATRÓN	24/06/2025	22/07/2025	28	2	3	98	810.7	810.3	0.42	0.05
M-2		24/06/2025	22/07/2025	28	2	3	98	845.1	844.7	0.43	0.05
M-3		24/06/2025	22/07/2025	28	2	3	98	820.4	819.9	0.45	0.05

NOTA 1 : Según norma se deberá ensayar como mínimo tres especimenes.
OBSERVACIONES :
- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.

LEMS W&C EIRL.
Ronal Enrique Altamirano Llontop
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

LEMS W&C EIRL
Elferez Mendoza Medina
INGENIERO CIVIL
REG. CIP 324531

Ilustración 165: *Resistencia a Abrasión a los 28 días con 0.50 % de fibra de sisal*

LEMS W&C EIRL
RNP - Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chiclayo – Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: servicios@lemswyc.com

Solicitud de Ensayo : 2207A_2025/LMS W&C
Solicitante : López Torres Francisco Jiampier
Proyecto / Obra : Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm² con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.
Fecha de Apertura : martes, 22 de Julio de 2025
Inicio de Ensayo : martes, 22 de Julio de 2025
Fin de Ensayo : martes, 22 de Julio de 2025

ENSAYO : Standard Test Method for Abrasion Resistance of Concrete or Mortar Surfaces by the Rotating-Cutter Method (Método normalizado para la resistencia a la abrasión del concreto o superficies de mortero mediante el ensayo del rodillo giratorio).

NORMA : ASTM C944 / C944M - 12

Muestra	Descripción o nombre de la muestra	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad (días)	Tiempo Abrasión (Minutos)	ciclo	Carga (N)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Desgaste (g)	Desgaste (%)
M-1	P+0.5%FS	24/06/2025	22/07/2025	28	2	3	98	845.4	844.9	0.53	0.06
M-2		24/06/2025	22/07/2025	28	2	3	98	899.4	898.9	0.56	0.06
M-3		24/06/2025	22/07/2025	28	2	3	98	912.0	911.5	0.51	0.06

NOTA 1 : Según norma se deberá ensayar como mínimo tres especimenes.

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.

LEMS W&C EIRL
Ronal Enrique Altamirano Llontop
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

LEMS W&C EIRL
Elferez Mendoza Medina
INGENIERO CIVIL
REG. CIP 324531

Ilustración 166: *Resistencia a Abrasión a los 28 días con 1.25 % de fibra de sisal*

LEMS W&C EIRL
RNP - Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chiclayo – Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: servicios@lemswyc.com

Solicitud de Ensayo : 2207A_2025/LMS W&C
Solicitante : López Torres Francisco Jiampier
Proyecto / Obra : Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm² con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.
Fecha de Apertura : Lunes, 26 de agosto del 2024
Inicio de Ensayo : Lunes, 16 de setiembre del 2024
Fin de Ensayo : Lunes, 14 de octubre del 2024

ENSAYO : Standard Test Method for Abrasion Resistance of Concrete or Mortar Surfaces by the Rotating-Cutter Method (Método normalizado para la resistencia a la abrasión del concreto o superficies de mortero mediante el ensayo del rodillo giratorio).

NORMA : ASTM C944 / C944M - 12

Muestra	Descripción o nombre de la muestra	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad (días)	Tiempo Abrasión (Minutos)	ciclo	Carga (N)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Desgaste (g)	Desgaste (%)
M-1	P+1.25%FS	24/06/2025	22/07/2025	28	2	3	98	878.9	878.4	0.55	0.06
M-2		24/06/2025	22/07/2025	28	2	3	98	860.5	859.9	0.53	0.06
M-3		24/06/2025	22/07/2025	28	2	3	98	821.3	820.8	0.54	0.07

NOTA 1 : Según norma se deberá ensayar como mínimo tres especimenes.
OBSERVACIONES :
- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.

LEMS W&C EIRL.
Ronal Enrique Altamirano Llontop
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

LEMS W&C EIRL
Elferez Mendoza Medina
INGENIERO CIVIL
REG. CIP 324531

Ilustración 167: *Resistencia a Abrasión a los 28 días con 2.00 % de fibra de sisal*

LEMS W&C EIRL
RNP - Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chiclayo – Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: servicios@lemswyc.com

Solicitud de Ensayo : 2207A_2025/LMS W&C
Solicitante : López Torres Francisco Jiampier
Proyecto / Obra : Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm² con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.
Fecha de Apertura : martes, 22 de Julio de 2025
Inicio de Ensayo : martes, 22 de Julio de 2025
Fin de Ensayo : martes, 22 de Julio de 2025

ENSAYO : Standard Test Method for Abrasion Resistance of Concrete or Mortar Surfaces by the Rotating-Cutter Method (Método normalizado para la resistencia a la abrasión del concreto o superficies de mortero mediante el ensayo del rodillo giratorio).

NORMA : ASTM C944 / C944M - 12

Muestra	Descripción o nombre de la muestra	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad (días)	Tiempo Abrasión (Minutos)	ciclo	Carga (N)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Desgaste (g)	Desgaste (%)
M-1	P+2%FS	24/06/2025	22/07/2025	28	2	3	98	851.7	851.1	0.60	0.07
M-2		24/06/2025	22/07/2025	28	2	3	98	836.5	835.9	0.59	0.07
M-3		24/06/2025	22/07/2025	28	2	3	98	880.0	879.4	0.61	0.07

NOTA 1 : Según norma se deberá ensayar como mínimo tres especimenes.

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.

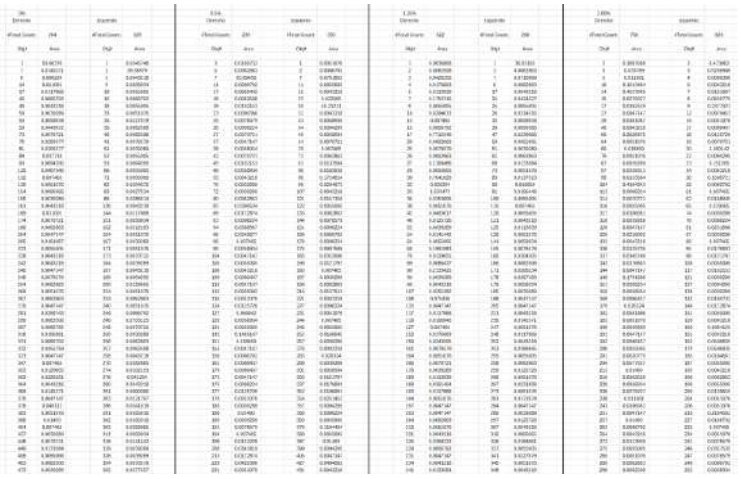
LEMS W&C EIRL.
Ronal Enrique Altamirano Llontop
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

LEMS W&C EIRL
Elferez Mendoza Medina
INGENIERO CIVIL
REG. CIP 324531

- **Resultados de Ensayos para la Segregación y Contracción por Secado:**

Ensayo de Segregación mediante Microscopía Estereoscópica

Ilustración 168: *Resultados obtenidos de las porciones de área de cada muestra*



❖ *Para Muestra con 0.00 % de fibra de sisal*

Ilustración 169: *Muestra para Ensayo de Segregación a los 14 días con 0.00 % de fibra de sisal*



Ilustración 170: *Muestra con 0.00 % de fibra de sisal (lado izquierdo)*

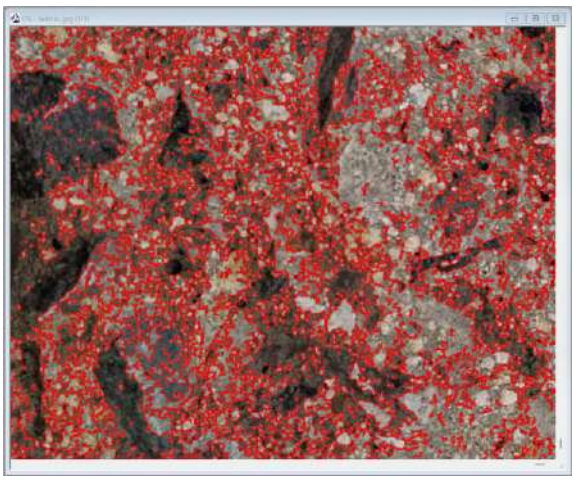


Ilustración 171: *Muestra con 0.00 % de fibra de sisal (lado derecho)*



❖ *Para Muestra con 0.50 % de fibra de sisal*

Ilustración 172: *Muestra para Ensayo de Segregación a los 14 días con 0.50 % de fibra de sisal*



Ilustración 173: *Muestra con 0.50 % de fibra de sisal (lado izquierdo)*

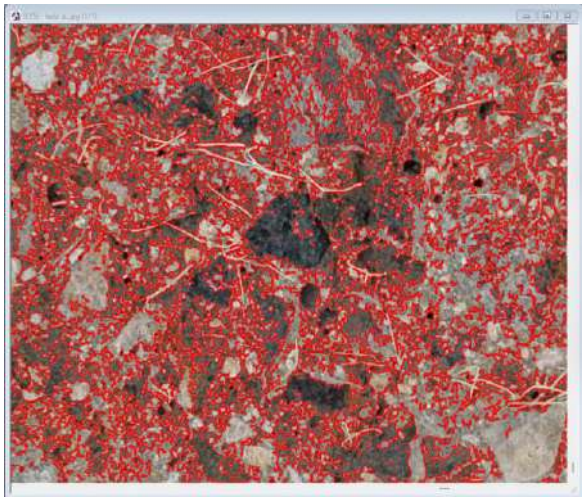


Ilustración 174: *Muestra con 0.50 % de fibra de sisal (lado derecho)*



- ***Para Muestra con 1.25 % de fibra de sisal***

Ilustración 175: *Muestra para Ensayo de Segregación a los 14 días con 1.25 % de fibra de sisal*



Ilustración 176: *Muestra con 1.25 % de fibra de sisal (lado izquierdo)*



Ilustración 177: *Muestra con 1.25 % de fibra de sisal (lado derecho)*



- ***Para Muestra con 2.00 % de fibra de sisal***

Ilustración 178: *Muestra para Ensayo de Segregación a los 14 días con 2.00 % de fibra de sisal*



Ilustración 179: *Muestra con 2.00 % de fibra de sisal (lado izquierdo)*

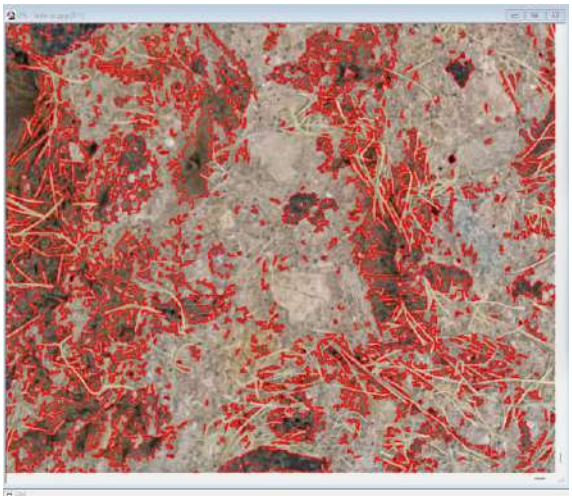
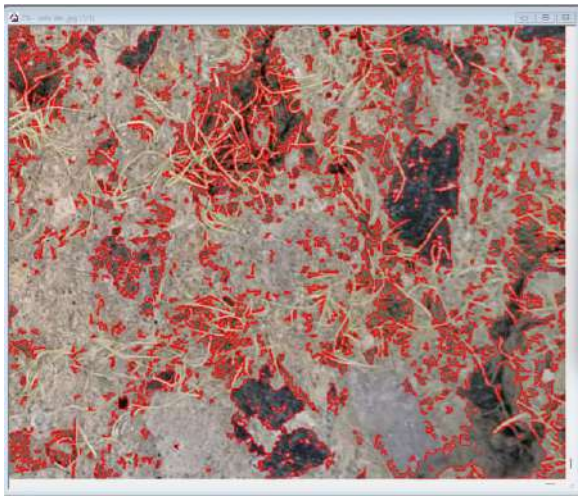


Ilustración 180: *Muestra con 2.00 % de fibra de sisal (lado derecho)*

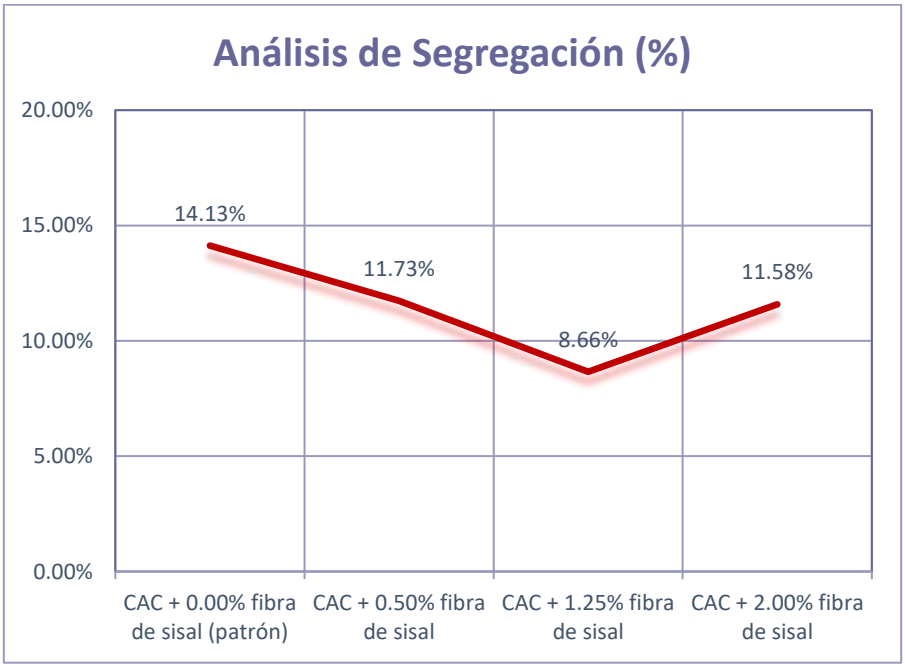


❖ *Resumen de Resultados de Segregación*

Tabla 121: *Contenido de Áridos obtenidos del software IMAGEN PRO-PLUS 6.0*

Muestra	Contenido de áridos (m2)		Índ. Segreg.
	Corte Iz.	Corte Der.	
CAC + 0.00% fibra de sisal (patrón)	60.26	45.34	**14.13%**
CAC + 0.50% fibra de sisal	64.17	50.69	**11.73%**
CAC + 1.25% fibra de sisal	57.04	47.95	**8.66%**
CAC + 2.00% fibra de sisal	35.88	28.43	**11.58%**

Gráfico 13: *Análisis de Segregación*



Ensayo para evaluar la Contracción por Secado mediante el Ensayo para la Determinación del Cambio de Longitud del Concreto / ASTM C157

- ***Para Muestra con 0.00 % de fibra de sisal***

Ilustración 181: *Evaluación de Contracción por Secado hasta los 90 días con 0.00 % de fibra de sisal*

Formato Interno para evaluar: **CONTRACCIÓN POR SECADO**

TESISTA	: Francisco Jiampier López Torres
ESCUELA	: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
TESIS	: Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm^2 con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado
LUGAR	: Av San Josemaría Escriva de Balaguer 855, Chiclayo 14012

Método Adaptado : **ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DEL CAMBIO DE LONGITUD DEL CONCRETO**

: Norma NTP 339.046 / ASTM C138

I .- Datos Generales:

Ítem	Descripción
1.- Temperatura ambiente (°C)	21 ± 2 °C
2.- Tipo de Concreto	Concreto autocompactante
3.- f'c (kg/cm2)	280 kg/cm2
4.- Tamaño de especímenes	10 x 10 x 40 cm

I .- Mediciones de longitud:

A.- MUESTRA CON ADICIÓN DE 0.00% DE FIBRA DE SISAL

Edad del espécimen (días)	Longitud inicial (Li) (mm)			Longitud final (Lf) (mm)			Variación (ΔL) (mm)			Microdeformación ((ΔL/Li)*10^6) (με)			Promedio (με)	Contracción (%) (ΔL/Li *100)			Promedio (%)
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3		M1	M2	M3	
1 (inicio secado)	400	400	400														
7				399.90	399.90	399.90	0.10	0.10	0.10	250	250	250	**250.00**	0.025%	0.025%	0.025%	**0.025%**
14				399.90	399.80	399.80	0.10	0.20	0.20	250	500	500	**416.67**	0.025%	0.050%	0.050%	**0.042%**
28				399.80	399.70	399.80	0.20	0.30	0.20	500	750	500	**583.33**	0.050%	0.075%	0.050%	**0.058%**
56				399.70	399.70	399.70	0.30	0.30	0.30	750	750	750	**750.00**	0.075%	0.075%	0.075%	**0.075%**
90				399.60	399.50	399.60	0.40	0.50	0.40	1000	1250	1000	**1083.33**	0.100%	0.125%	0.100%	**0.108%**

❖ *Para Muestra con 0.50 % de fibra de sisal*

Ilustración 182: *Evaluación de Contracción por Secado hasta los 90 días con 0.50 % de fibra de sisal*

Formato Interno para evaluar: **CONTRACCIÓN POR SECADO**

TESISTA	: Francisco Jiampier López Torres
ESCUELA	: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
TESIS	: Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm^2 con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado
LUGAR	: Av San Josemaría Escriva de Balaguer 855, Chiclayo 14012

Método Adaptado : **ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DEL CAMBIO DE LONGITUD DEL CONCRETO**

: Norma NTP 339.046 / ASTM C138

I .- Datos Generales:

Ítem	Descripción
1.- Temperatura ambiente (°C)	21 ± 2 °C
2.- Tipo de Concreto	Concreto autocompactante
3.- f'c (kg/cm2)	280 kg/cm2
4.- Tamaño de especímenes	10 x 10 x 40 cm

I .- Mediciones de longitud:

B.- MUESTRA CON ADICIÓN DE 0.50% DE FIBRA DE SISAL

Edad del espécimen (días)	Longitud inicial (Li) (mm)			Longitud final (Lf) (mm)			Variación (ΔL) (mm)			Microdeformación ((ΔL/Li)*10^6) (με)			Promedio (με)	Contracción (%) (ΔL/Li *100)			Promedio (%)
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3		M1	M2	M3	
1 (inicio secado)	400	400	400														
7				399.90	400.00	399.90	0.10	0.00	0.10	250	0	250	**166.67**	0.025%	0.000%	0.025%	**0.017%**
14				399.90	399.90	399.80	0.10	0.10	0.20	250	250	500	**333.33**	0.025%	0.025%	0.050%	**0.033%**
28				399.80	399.80	399.80	0.20	0.20	0.20	500	500	500	**500.00**	0.050%	0.050%	0.050%	**0.050%**
56				399.70	399.70	399.80	0.30	0.30	0.20	750	750	500	**666.67**	0.075%	0.075%	0.050%	**0.067%**
90				399.60	399.60	399.60	0.40	0.40	0.40	1000	1000	1000	**1000.00**	0.100%	0.100%	0.100%	**0.100%**

❖ *Para Muestra con 1.25 % de fibra de sisal*

Ilustración 183: *Evaluación de Contracción por Secado hasta los 90 días con 1.25 % de fibra de sisal*

Formato Interno para evaluar: **CONTRACCIÓN POR SECADO**

TESISTA	: Francisco Jiampier López Torres
ESCUELA	: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
TESIS	: Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm^2 con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado
LUGAR	: Av San Josemaría Escriva de Balaguer 855, Chiclayo 14012

Método Adaptado : **ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DEL CAMBIO DE LONGITUD DEL CONCRETO**

: Norma NTP 339.046 / ASTM C138

I .- Datos Generales:

Ítem	Descripción
1.- Temperatura ambiente (°C)	21 ± 2 °C
2.- Tipo de Concreto	Concreto autocompactante
3.- f'c (kg/cm2)	280 kg/cm2
4.- Tamaño de especímenes	10 x 10 x 40 cm

I .- Mediciones de longitud:

C.- MUESTRA CON ADICIÓN DE 1.25% DE FIBRA DE SISAL

Edad del espécimen (días)	Longitud inicial (Li) (mm)			Longitud final (Lf) (mm)			Variación (ΔL) (mm)			Microdeformación ((ΔL/Li)*10^6) (με)			Promedio (με)	Contracción (%) (ΔL/Li *100)			Promedio (%)
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3		M1	M2	M3	
1 (inicio secado)	400	400	400														
7				399.90	400.00	399.90	0.10	0.00	0.10	250	0	250	**166.67**	0.025%	0.000%	0.025%	**0.017%**
14				399.90	399.90	399.90	0.10	0.10	0.10	250	250	250	**250.00**	0.025%	0.025%	0.025%	**0.025%**
28				399.80	399.80	399.90	0.20	0.20	0.10	500	500	250	**416.67**	0.050%	0.050%	0.025%	**0.042%**
56				399.80	399.70	399.80	0.20	0.30	0.20	500	750	500	**583.33**	0.050%	0.075%	0.050%	**0.058%**
90				399.70	399.60	399.70	0.30	0.40	0.30	750	1000	750	**833.33**	0.075%	0.100%	0.075%	**0.083%**

❖ *Para Muestra con 2.00 % de fibra de sisal*

Ilustración 184: *Evaluación de Contracción por Secado hasta los 90 días con 2.00 % de fibra de sisal*

Formato Interno para evaluar: **CONTRACCIÓN POR SECADO**

TESISTA	: Francisco Jiampier López Torres
ESCUELA	: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
TESIS	: Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm^2 con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado
LUGAR	: Av San Josemaría Escriva de Balaguer 855, Chiclayo 14012

Método Adaptado : **ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DEL CAMBIO DE LONGITUD DEL CONCRETO**

: Norma NTP 339.046 / ASTM C138

I .- Datos Generales:

Ítem	Descripción
1.- Temperatura ambiente (°C)	21 ± 2 °C
2.- Tipo de Concreto	Concreto autocompactante
3.- f'c (kg/cm2)	280 kg/cm2
4.- Tamaño de especímenes	10 x 10 x 40 cm

I .- Mediciones de longitud:

C.- MUESTRA CON ADICIÓN DE 1.25% DE FIBRA DE SISAL

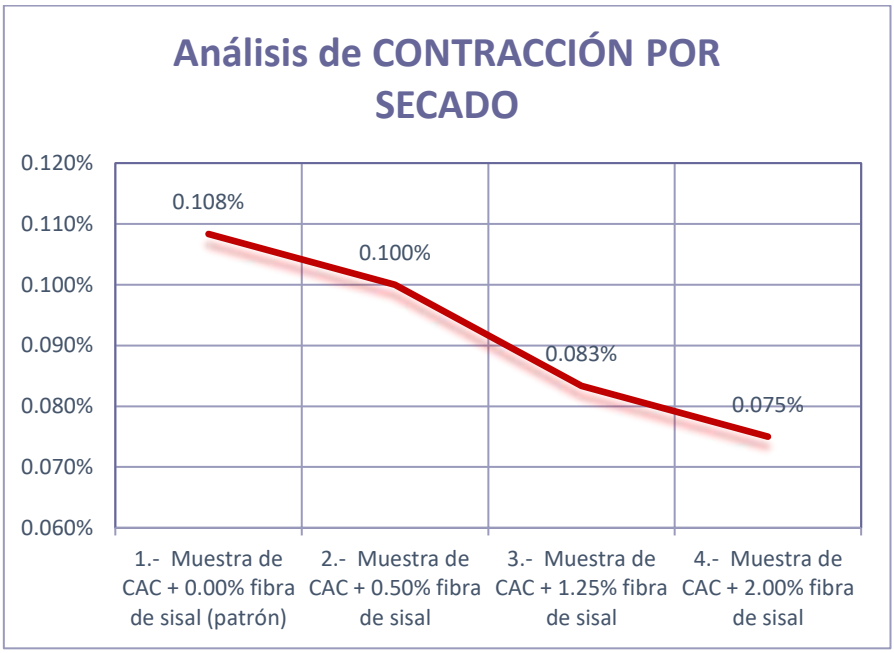
Edad del espécimen (días)	Longitud inicial (Li) (mm)			Longitud final (Lf) (mm)			Variación (ΔL) (mm)			Microdeformación ((ΔL/Li)*10^6) (με)			Promedio (με)	Contracción (%) (ΔL/Li *100)			Promedio (%)
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3		M1	M2	M3	
1 (inicio secado)	400	400	400														
7				399.90	400.00	399.90	0.10	0.00	0.10	250	0	250	**166.67**	0.025%	0.000%	0.025%	**0.017%**
14				399.90	399.90	399.90	0.10	0.10	0.10	250	250	250	**250.00**	0.025%	0.025%	0.025%	**0.025%**
28				399.80	399.90	399.80	0.20	0.10	0.20	500	250	500	**416.67**	0.050%	0.025%	0.050%	**0.042%**
56				399.80	399.80	399.80	0.20	0.20	0.20	500	500	500	**500.00**	0.050%	0.050%	0.050%	**0.050%**
90				399.70	399.70	399.70	0.30	0.30	0.30	750	750	750	**750.00**	0.075%	0.075%	0.075%	**0.075%**

❖ *Resumen de Resultados de Contracción por Secado*

Tabla 122: *Resultados tabulados de Contracción por Secado*

Muestra	Edad (días)	Microdeformación Promedio (με)	Contracción Promedio (%)
1.- Muestra de CAC + 0.00% fibra de sisal (patrón)	90	1083.333	0.108%
2.- Muestra de CAC + 0.50% fibra de sisal	90	1000.000	0.100%
3.- Muestra de CAC + 1.25% fibra de sisal	90	833.333	0.083%
4.- Muestra de CAC + 2.00% fibra de sisal	90	750.000	0.075%

Gráfico 14: *Análisis de Contracción por Secado*



La contracción se reduce conforme aumenta la dosificación de fibras, porque las fibras de sisal:

- Restringen el movimiento libre del mortero (efecto de "puente").
- Disminuyen las microfisuras iniciales.
- Retienen humedad en su estructura vegetal, liberándola lentamente.

- **<u>Evaluación de la Rentabilidad Económica del Proyecto:</u>**

Para realizar la Rentabilidad Económica del presente estudio, se empieza realizando un análisis de costo unitario para un concreto autocompactante con la porción de fibra con mejor comportamiento que fue con adición de 1.25%

Tabla 123: *A.C.U. para el concreto autocompactante con adición de 1.25% de fibra de sisal*

PARTIDA:	Concreto autocompactante f´c=280 kg/m2						
RENDIMIENTO:	100 m^3/día						
JORNAL:	8 horas						
					Costo Total	S/ 395.73	
DESCRIPCIÓN	UNID.	CUADRILLA	PRECIO				
			CANTIDAD	UNITARIO		PARCIAL	
Mano de obra						S/ 15.90	
OPERARIO	hh	2.0000	0.1600	S/	21.01	S/ 3.36	
OFICIAL	hh	2.0000	0.1600	S/	17.03	S/ 2.72	
PEON	hh	8.0000	0.6400	S/	15.34	S/ 9.82	
Materiales						S/ 378.36	
CEMENTO	bls		10.595	S/	32.00	S/ 339.04	
ARENA	m3		0.354	S/	30.00	S/ 10.62	
AGUA	m3		0.187	S/	5.00	S/ 0.94	
ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	gl		0.532	S/	50.00	S/ 26.61	
FIBRA DE SISAL AL 1.25%	Kg		0.004	S/	3.00	S/ 0.01	
PIDRA CHANCADA DE 1/2"	m3		0.285	S/	4.00	S/ 1.14	
Equipo y herramienta						S/ 1.47	
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3%	S/	15.90	S/ 0.48	
MEZCLADORA DE CONCRETO DE 11P3 18 HP	he	1.0000	0.0800	S/	12.36	S/ 0.99	

Se estima un costo de inversión tanto para la compra de un terreno, como para la construcción de la planta.

Tabla 124: *Inversión inicial del proyecto*

INVERSIÓN INICIAL ANTES DE REALIZAR LOS BLOQUES	
Comprar un terreno amplio	S/ 20,000.00
Construcción de estructura metálica de la planta de producción (2 almacenes, 1baño, 1oficina)	S/ 500,000.00

Los datos para la evaluación de la rentabilidad económica son:

Ilustración 185: *Datos para la evaluación de la Rentabilidad Económica*

DATOS A CONSIDERAR

Jornada laboral:

Según Decreto Supremo N°033-2022 PCM, hay 14 feriados nacionales

Entonces:

299 Días laborales en Perú

Considerando que mínimo, en un día se realiza:

100 Metros cúbicos de concreo autocompactante

En un año, se realizaría mínimo :

29900 Metros cúbicos de concreo autocompactante

Precio de venta por metro cúbico de Concreto Autocompactante:

S/ 550.00 Por metro cúbico

S/ 16,445,000.00 Venta por Año

Se procede a realizar el presupuesto de inversión anual para la realización del concreto autocompactante.

Tabla 125: *presupuesto de inversión anual para la realización del concreto autocompactante*

PRESUPUESTO DE INVERSIÓN ANUAL PARA REALIZACIÓN DE CONCRETO AUTOMPACTANTE						
Materiales	**Und.**	**Cantidad**		**P. U.**		**Parcial (S/.)**
CEMENTO	BLS/ año	316790.500	S/	32.00	S/	10,137,296.00
ARENA	M3/ año	10584.600	S/	30.00	S/	317,538.00
AGUA	M3/ año	5591.300	S/	5.00	S/	27,956.50
ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE	GL / año	15913.280	S/	50.00	S/	795,663.98
FIBRA DE SISAL AL 1.25%	BLS/ año	119.600	S/	3.00	S/	358.80
PIDRA CHANCADA DE 1/2"	M3/ año	8521.500	S/	4.00	S/	34,086.00
Mano de Obra	**Und.**	**Cantidad**		**P. U.**		**Parcial (S/.)**
OPERARIO	HH / año	4784.0000	S/	21.01	S/	100,511.84
OFICIAL	HH / año	4784.0000	S/	17.03	S/	81,471.52
PEON	HH / año	19136.0000	S/	15.34	S/	293,546.24
Equipo y herramienta	**Und.**	**Cantidad**		**P. U.**		**Parcial (S/.)**
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	3%	S/	475,529.60	S/	14,265.89
MEZCLADORA DE CONCRETO DE 11P3 18 HP	he	2392.0000	S/	12.36	S/	29,565.12
Costos Indirectos	**Und.**	**Cantidad**		**P. U.**		**Parcial (S/.)**
Energía eléctrica	Año	12	S/	350.00	S/	4,200.00
Agua Potable	Año	12	S/	300.00	S/	3,600.00
Seguridad/Vigilancia	HH / año	12	S/	1,200.00	S/	14,400.00
Limpieza	HH / año	12	S/	1,200.00	S/	14,400.00
Administración	HH / año	12	S/	1,200.00	S/	14,400.00
Subtotal Directo					**S/**	**11,782,748.05**
Gastos Generales (10%)					S/	1,178,274.80
Utilidad (15%)					S/	1,767,412.21
TOTAL SIN IGV					**S/**	**14,728,435.06**

Ahora se realiza el análisis de la rentabilidad por el método de flujo de Caja:

Tabla 126: *Rentabilidad Económica por Flujo de Caja*

Año	Ingreso	Egreso	INVERSION
0			S/ 15,248,435.06
1	S/ 16,445,000.00	S/ 14,728,435.06	
2	S/ 16,445,000.00	S/ 14,728,435.06	
3	S/ 16,445,000.00	S/ 14,728,435.06	
4	S/ 16,445,000.00	S/ 14,728,435.06	
5	S/ 16,445,000.00	S/ 14,728,435.06	
6	S/ 16,445,000.00	S/ 14,728,435.06	
7	S/ 16,445,000.00	S/ 14,728,435.06	
8	S/ 16,445,000.00	S/ 14,728,435.06	
9	S/ 16,445,000.00	S/ 14,728,435.06	
10	S/ 16,445,000.00	S/ 14,728,435.06	
11	S/ 16,445,000.00	S/ 14,728,435.06	
12	S/ 16,445,000.00	S/ 14,728,435.06	
14	S/ 16,445,000.00	S/ 14,728,435.06	
15	S/ 16,445,000.00	S/ 14,728,435.06	
16	S/ 16,445,000.00	S/ 14,728,435.06	
17	S/ 16,445,000.00	S/ 14,728,435.06	
18	S/ 16,445,000.00	S/ 14,728,435.06	
19	S/ 16,445,000.00	S/ 14,728,435.06	
20	S/ 16,445,000.00	S/ 14,728,435.06	
Tasa de Descuento	5.5%		

VNA Ingresos	S/ 190,887,862.16
VNA Egresos	S/ 170,962,571.07
VNA Egresos +Inversión	S/ 171,482,571.07
Costo Beneficio	1.113161886

Cuando la relación Costo/Beneficio es mayor a 1, significa que el proyecto es rentable y en el análisis nos dio como resultado 1.113, por lo tanto, sí es rentable.

Discusiones

El objetivo consistió en caracterizar la fibra de sisal luego de realizar un tratamiento de eliminación de los componentes orgánicos, con miras a asegurar su compatibilidad con el concreto autocompactante. En esta investigación se obtuvo un pH aproximado de 6, lo que representa un medio ligeramente ácido, indicando que los residuos alcalinos del tratamiento fueron neutralizados correctamente. Además, el análisis morfológico mostró un diámetro promedio de 22.530 µm y una textura superficial rugosa, resultado del proceso de mercerizado aplicado. Dichas características evidencian que la fibra fue adecuadamente preparada para integrarse en la matriz cementicia sin interferir con la hidratación del cemento o generar zonas de baja adherencia. En el antecedente desarrollado por Cotrina & Gastulo [22], los investigadores también realizaron la determinación del pH de las fibras, obteniendo valores de 4.68, 4.67 y 4.81, que indican un medio ácido. Dichos resultados fueron atribuidos a que la fibra fue sometida únicamente a un proceso de lavado y secado, sin una etapa de neutralización controlada posterior. En consecuencia, aunque lograron reducir parte de los compuestos orgánicos superficiales, la acidez residual podría afectar la hidratación del cemento al alterar localmente el equilibrio alcalino durante el fraguado [22]. El aporte de esta investigación radica en haber optimizado el tratamiento de neutralización hasta alcanzar un pH cercano a 6, evitando la acidez excesiva registrada en el antecedente. Este ajuste mejora la compatibilidad química entre la fibra natural y la pasta cementicia, al mantener una condición más estable frente al pH de la matriz (≈12 – 13). Además, el control del diámetro medio y la rugosidad obtenida mediante mercerización incrementan los sitios de anclaje físico, favoreciendo la adherencia y la transferencia de esfuerzos dentro del concreto autocompactante. Estos resultados proporcionan una base experimental sólida para futuras investigaciones que busquen estandarizar el tratamiento alcalino de fibras naturales en función del pH final y de la morfología superficial, con el fin de mejorar la durabilidad y desempeño mecánico del material. El sustento teórico de estos hallazgos se apoya en Mehta y Monteiro [67], quienes señalan que las fibras empleadas en matrices cementicias deben poseer una superficie químicamente estable y libre de impurezas orgánicas para garantizar una adecuada adherencia interfacial. Según los autores, el control del pH en la etapa de tratamiento permite evitar reacciones ácido-base con los productos de hidratación del cemento, especialmente con el gel C-S-H, mejorando la tenacidad del compuesto y reduciendo la propagación de microfisuras. Por lo tanto, el tratamiento alcalino y la neutralización aplicados en esta investigación aseguran una compatibilidad superior respecto a las condiciones del antecedente [67].

El objetivo de este análisis fue evaluar las propiedades físicas en estado fresco del concreto autocompactante (CAC) al adicionar distintas proporciones de fibra de sisal, con el propósito de determinar su influencia en la fluidez, la viscosidad y la capacidad de paso del concreto. Los resultados experimentales mostraron que las mezclas con 0.50 % y 1.25 % de fibra mantuvieron las características propias de un concreto autocompactante conforme a los criterios de la guía EFNARC (2006). En el ensayo de fluidez, el CAC patrón alcanzó 64.3 cm, el 0.50 % obtuvo 62.47 cm, y el 1.25 % registró 58.97 cm, todos dentro del rango aceptable (55–70 cm). Sin embargo, el 2.00 % de fibra presentó una reducción notable de la fluidez (49.27 cm), clasificándose fuera del rango de autocompactabilidad. En el ensayo de tiempo T500, los valores oscilaron entre 2.57 s (patrón) y 7.31 s (2 %), mostrando un aumento progresivo de la viscosidad conforme se incrementó la fibra. De igual manera, en el ensayo de caja en L, el concreto con 0 % y 0.5 % de fibra alcanzó relaciones de 0.86 y 0.84, respectivamente, que indican buena capacidad de paso; el de 1.25 % obtuvo 0.73, reflejando un flujo más restringido, mientras que el de 2 % descendió a 0.35, evidenciando bloqueo parcial por la alta cantidad de fibra. En el anillo en J, todos los concretos mostraron buena capacidad de paso (0.27–0.90 cm), aunque el de 2 % se ubicó al límite inferior del rango permitido (≤1 cm). Finalmente, el embudo en V corroboró este comportamiento: los tiempos aumentaron de 8.43 s (0 %) a 12.60 s (2 %), indicando un incremento significativo en la viscosidad. El peso unitario se mantuvo entre 2359–2383 kg/m³, y el contenido de aire aumentó levemente de 1.13 % a 1.87 %, manteniéndose dentro de los valores esperados para concretos autocompactantes. Estos resultados se comparan con el antecedente de la Universidad Andina del Cusco [19], en la tesis *"Evaluación del comportamiento reológico del concreto autocompactante con fibras sintéticas"*. En dicho estudio, las mezclas reforzadas con SikaCem-1 Fiber obtuvieron un Slump Flow promedio de 656 mm (65.6 cm), un T500 de 3.03 s, un embudo en V de 15.7 s, y una relación H_2/H_1 en caja L de 0.82, cumpliendo los límites establecidos por EFNARC (550–750 mm y 2–5 s). Los autores atribuyeron este comportamiento a la utilización de un aditivo superplastificante de alto desempeño (Eucoplast 8500 HP), que permitió conservar la fluidez del concreto incluso con la presencia de fibras sintéticas de baja absorción. En contraste, en el presente estudio se utilizaron fibras naturales de sisal, con superficie rugosa e hidrofílica, las cuales absorben parte del agua de mezclado y aumentan la fricción interna, lo que explica la reducción de fluidez y el incremento de la viscosidad observados especialmente a partir del 2 % [19]. El aporte de esta investigación consiste en haber determinado de manera cuantitativa que el rango óptimo de incorporación de fibra de sisal se encuentra entre 0.50 % y 1.25 %, niveles en los que se mantienen la autocompactabilidad y la estabilidad de la mezcla. A diferencia del antecedente,

que trabajó con fibras sintéticas de comportamiento inerte, esta investigación demuestra que la adición controlada de una fibra natural tratada puede cumplir las condiciones reológicas del concreto autocompactante, siempre que se equilibren la dosis de fibra y el contenido de superplastificante. Este hallazgo amplía las perspectivas para futuras investigaciones orientadas a concretos sostenibles, donde se explore la influencia de la longitud, morfología y tratamiento superficial de las fibras vegetales sobre la trabajabilidad del CAC. El sustento teórico de esta interpretación se basa en lo expuesto por Okamura y Ouchi [68], quienes explican que la autocompactabilidad de un concreto depende del equilibrio entre la capacidad de flujo y la resistencia a la segregación. La incorporación de materiales fibrosos o absorbentes altera este equilibrio al incrementar la fricción interna y reducir el agua libre disponible, lo que incrementa la viscosidad y dificulta la autocompactación. En consecuencia, el control del contenido de agua efectiva y el uso de aditivos plastificantes de alto rango son esenciales para mantener la trabajabilidad de concretos autocompactantes reforzados con fibras naturales [68].

El objetivo de esta etapa fue analizar la influencia de las diferentes proporciones de fibra de sisal en la segregación del concreto autocompactante (CAC) mediante microscopía estereoscópica. Los resultados mostraron que la mezcla patrón (0 % de fibra) presentó un porcentaje de segregación de 14.13 %, mientras que la adición de 0.50 % y 1.25 % redujo este valor a 11.73 % y 8.66 %, respectivamente, lo que representa una disminución del 38.7 % respecto al concreto sin refuerzo. No obstante, el incremento al 2.00 % de fibra provocó un leve aumento de la segregación a 11.58 %, atribuible a la acumulación de fibras y a la consecuente dificultad de distribución homogénea dentro de la matriz. De esta forma, se identificó que el 1.25 % de fibra constituye la dosificación óptima para minimizar la segregación sin comprometer la cohesión interna del material. En comparación, el estudio de Benito [14], titulado *"Método para cuantificar la segregación en hormigones autocompactantes"*, reportó valores medios del índice de segregación (Δs) entre 0.9 % y 12.20 %, todos por debajo del límite de 20 % considerado para un concreto segregado. Asimismo, el Índice de Eficiencia de Compactación (IEC) varió entre 0.3 y 1.2, lo que refleja una buena homogeneidad interna. Los autores atribuyeron estos resultados al uso de aditivos superplastificantes y modificadores de viscosidad, los cuales reducen la movilidad diferencial de los agregados y el agua, permitiendo una mezcla estable y fluida [14]. El aporte de la presente investigación consiste en demostrar que, sin recurrir a aditivos químicos, es posible reducir la segregación del CAC en un 38.7 % mediante el uso controlado de 1.25 % de fibra de sisal tratada, alcanzando un nivel de 8.66 %, valor incluso dentro del rango observado por Benito et al. (0.9–12.2 %). Este resultado

evidencia que el comportamiento cohesivo de la fibra natural puede equipararse cuantitativamente al de un concreto estabilizado químicamente. Además, el leve incremento de segregación con 2 % de fibra confirma la existencia de un punto de saturación, a partir del cual el refuerzo fibroso deja de mejorar el desempeño físico. Estos resultados contribuyen cuantitativamente a futuras investigaciones al establecer un modelo proporcional entre contenido de fibra y grado de segregación, con una zona óptima comprendida entre 0.5 % y 1.25 % [14]. El sustento teórico de estos hallazgos se encuentra en lo señalado por Li, Leung y Zhang (2020) [69], quienes explican que las fibras con alta rugosidad superficial y buena afinidad con la matriz cementicia actúan como un entramado físico que limita el desplazamiento de los agregados, incrementa la cohesión interna y reduce la segregación en más de un 30 % frente a mezclas sin refuerzo. Este principio coincide con la tendencia observada experimentalmente, confirmando que la fibra de sisal tratada actúa no solo como refuerzo estructural, sino también como estabilizador físico natural del concreto autocompactante [69].

El objetivo de este análisis fue evaluar la influencia de las diferentes proporciones de fibra de sisal en la contracción por secado, mediante la medición del cambio de longitud (microdeformaciones) del concreto autocompactante durante el proceso de secado. Los resultados experimentales a los 90 días mostraron que la mezcla patrón (0 % de fibra) presentó 1 083.333 με (0.108%), mientras que la incorporación de fibra produjo reducciones progresivas: 0.50 % → 1 000.000 με (0.100%), 1.25 % → 833.333 με (0.083%) y 2.00 % → 750.000 με (0.075%). En términos absolutos, las disminuciones frente al patrón fueron de 83.33 με, 250.00 με y 333.33 με, respectivamente; en términos porcentuales, estas reducciones equivalen a 7.69 %, 23.08 % y 30.77 % respecto al concreto sin fibra. Estos resultados indican que la presencia de fibra de sisal actúa restricción interna del material, disminuyendo la deformación por pérdida de humedad y mejorando el control de fisuración por secado. En el antecedente desarrollado por dos Santos [70], reportan que los compuestos reforzados con fibras alcalinamente tratadas mostraron menor contracción por secado que los reforzados con fibras no tratadas o "*hornified*" (en su gráfico de 50 días, los valores variaron entre ~862 με para la matriz de referencia y >1000 με para algunas mezclas con fibras no optimizadas). Los autores concluyen que el tratamiento alcalino reduce la capacidad de absorción del material fibroso y mejora la interacción fibra-matriz, resultando en una menor retracción volumétrica. En ese estudio las mezclas con fibras tratadas presentaron reducciones de *drying shrinkage* con respecto a ciertas mezclas de referencia del orden de 10–20 % (dependiendo de la mezcla), y se observó que el comportamiento depende fuertemente del tipo de tratamiento y la dosificación. El aporte de la

presente investigación consiste en demostrar empíricamente que la incorporación de fibra de sisal tratada reduce la contracción por secado del concreto autocompactante de forma proporcional a la dosificación, alcanzando hasta 30.77 % de reducción con 2.00 % de fibra respecto al patrón, y logrando una reducción ya significativa de 23.08 % con 1.25 %, una dosificación que además mostró buen desempeño en otras propiedades mecánicas. Estos datos cuantifican y amplían las observaciones generales de dos Santos et al. (2025): mientras que ellos reportan disminuciones en el rango ~10–20 % para fibras tratadas en ciertas condiciones, nuestros resultados muestran que, con el protocolo de tratamiento y la geometría de mezcla utilizados, es posible alcanzar reducciones superiores (hasta ~31 %), lo que sugiere que la combinación de un tratamiento alcalino controlado y una dosificación adecuada optimiza la capacidad de las fibras naturales para reducir la retracción por secado. Este hallazgo aporta un referente numérico —útil para diseño y modelación— que puede orientar futuras investigaciones sobre la relación dosis-reducción (% fibra vs % reducción de με) y sobre el impacto del pre-humedecido o saturación de fibra en la efectiva contracción del conjunto. El fundamento teórico de estos efectos se explica por dos mecanismos complementarios: (i) las fibras actúan como elementos de restricción interna que distribuyen y absorben tensiones de tracción generadas por la retracción del mortero, reduciendo la amplitud de deformación global; y (ii) el tratamiento alcalino disminuye la capacidad de absorción y la liberación de agua procedente de la fibra, evitando aumentos del contenido efectivo de agua durante el fraguado que podrían elevar la porosidad y, por tanto, la retracción. Estos mecanismos han sido discutidos y modelados en la literatura; por ejemplo, Zhang [71] muestra cómo la presencia y la rigidez de las fibras influyen en la curva de *shrinkage* de compuestos cementicios, y dos Santos et al. (2025) [70] evidencian cómo el tratamiento superficial reduce la absorción y la retracción. En conjunto, la evidencia teórica y empírica explica por qué los incrementos de fibra en este estudio conducen a reducciones cuantificables de la contracción por secado [70].

El objetivo de este análisis fue evaluar la influencia de las diferentes proporciones de fibra de sisal en el comportamiento mecánico y durabilidad del concreto autocompactante (CAC) en estado endurecido. Los resultados evidenciaron que la adición moderada de fibra mejoró significativamente la respuesta mecánica del material, mientras que un exceso de dosificación produjo disminuciones notables. En el ensayo de compresión, el concreto patrón alcanzó 287.73 kg/cm² a 28 días, mientras que la adición de 0.50% y 1.25 % de fibra incrementó la resistencia hasta 296.73 kg/cm² (+3.1%) y 353.03 kg/cm² (+22.6%), respectivamente. Sin embargo, con 2.00 % de fibra, la resistencia disminuyó a 278.0 kg/cm² (–3.4%), atribuido a la pérdida de

compactación y aumento de porosidad por exceso de fibra. En la resistencia a flexión, el patrón registró 3.27 MPa, alcanzando 3.5 MPa (+7.0%) con 1.25 % de fibra, mientras que el 2.0 % descendió a 3.01 MPa (–8%). En la tracción indirecta, la máxima resistencia se logró con 1.25 % (35.04 kg/cm², un incremento del +16.8 % respecto al patrón). El módulo de elasticidad mostró un aumento progresivo de 272,109.78 kg/cm² (0%) a 345,578.22 kg/cm² (1.25%), equivalente a un incremento de +27.1%, y posteriormente una reducción a 233,524.78 kg/cm² (–14.2%) con 2 %. Por último, en el ensayo de abrasión, las pérdidas de masa aumentaron de 0.43 g (patrón) a 0.60 g (2 %), reflejando una ligera reducción en la resistencia superficial conforme aumentó el contenido fibroso, aunque los valores permanecen dentro del rango aceptable para concretos de f'c = 280 kg/cm². Estos resultados se comparan con el antecedente *"Comportamiento de las propiedades físico-mecánicas de un concreto autocompactante con aditivo superplastificante y con fibra de caucho reciclado"* (Universidad Señor de Sipán, 2022) [23]. En dicho estudio, el concreto autocompactante reforzado con fibra de caucho reciclado mostró una disminución en la resistencia a la compresión de hasta 10.5 % respecto al patrón, obteniendo valores promedio de 257.5 kg/cm² (28 días) frente a 287.7 kg/cm² del concreto sin adición. Los autores atribuyeron esta disminución a la baja adherencia entre la matriz cementicia y la superficie del caucho, así como a su alta deformabilidad, que introduce microvacíos en la estructura interna del concreto. Sin embargo, en términos de tenacidad y ductilidad, observaron una mejora del 15 % respecto al concreto patrón, evidenciando que las fibras blandas pueden absorber energía y reducir la propagación de fisuras [23]. El aporte en la diferencia entre ambas investigaciones radica en la naturaleza y tratamiento de la fibra empleada. Mientras el antecedente con caucho reciclado presentó reducciones en la resistencia por falta de compatibilidad superficial, en esta investigación la fibra de sisal tratada químicamente generó incrementos de hasta +22.6 % en compresión, +7 % en flexión y +16.8 % en tracción indirecta, demostrando una interacción más eficiente con la pasta cementicia. Este comportamiento se explica porque el tratamiento alcalino elimina componentes celulósicos y deja una superficie rugosa y activa, lo que mejora la adherencia mecánica y la transferencia de esfuerzos. La dosificación óptima de 1.25 % de fibra de sisal maximiza las propiedades mecánicas del concreto autocompactante, obteniendo incrementos medibles de hasta +27.1 % en módulo de elasticidad, +22.6 % en resistencia a compresión, y +16.8 % en tracción indirecta respecto al concreto patrón. Este rango de mejora es cuatro veces superior a las variaciones positivas observadas en el antecedente con caucho reciclado, lo que posiciona al sisal tratado como una alternativa más eficaz y sostenible. Además, el ligero aumento de la pérdida por abrasión con dosis altas confirma el límite de desempeño físico-mecánico,

reforzando la importancia del equilibrio entre refuerzo y trabajabilidad. El sustento teórico de estos resultados se basa en lo expuesto por Li, Leung y Zhang [71], quienes explican que las fibras naturales con alta rugosidad superficial y buen anclaje químico aumentan la tenacidad y la resistencia a la fisuración del concreto, siempre que la dosificación permita mantener una matriz densa [71]. Asimismo, Mehta y Monteiro [67] señalan que la rigidez y adherencia interfacial de la fibra determinan el aumento del módulo de elasticidad y la resistencia compresiva, ya que facilitan una transferencia uniforme de esfuerzos. Estos fundamentos respaldan la mejora cuantitativa observada en la presente investigación, confirmando que el tratamiento de la fibra y su dosificación controlada son determinantes para alcanzar un comportamiento físico-mecánico óptimo [67].

El objetivo de este análisis fue evaluar la rentabilidad costo/beneficio del concreto autocompactante adicionado con diferentes proporciones de fibra de sisal aplicado a elementos estructurales. Los resultados evidenciaron una relación costo/beneficio de 1.113, lo que indica una rentabilidad del 11.3 %, superior al umbral mínimo de 1.0 que determina la viabilidad económica de un proyecto. En comparación, el antecedente desarrollado por Chumacero y Valdiviezo (2023) [72], reportó una relación C/B de 1.045, equivalente a una rentabilidad de 4.5 %, atribuida a la reducción del consumo de cemento por la incorporación de microesferas de vidrio, aunque sin mejoras significativas en las propiedades mecánicas del concreto [72]. En contraste, el presente estudio tiene como aporte demostrar que el uso de fibra natural de sisal tratada no solo mantiene la autocompactabilidad y mejora las propiedades físico-mecánicas (con incrementos del 22.6 % en resistencia a compresión y 27.1 % en módulo de elasticidad), sino que también genera una rentabilidad 2.47 veces mayor que la del antecedente, gracias al bajo costo del refuerzo vegetal y al aumento de la vida útil estructural del material. De esta manera, el concreto autocompactante con fibra de sisal se consolida como una alternativa técnica y económicamente competitiva frente a los aditivos industriales, con beneficios que superan tanto en desempeño como en sostenibilidad. Este resultado se respalda teóricamente en lo expuesto por Mehta y Monteiro (2014) [67], quienes sostienen que la rentabilidad del concreto debe evaluarse considerando la durabilidad, la eficiencia constructiva y la reducción de costos de mantenimiento a lo largo del ciclo de vida útil, aspectos que la fibra de sisal tratada logra optimizar de manera comprobable [67].

Conclusiones

- En conclusión, la incorporación de fibra de sisal tratada al concreto autocompactante permite mejorar significativamente su desempeño físico y mecánico, al mismo tiempo que ofrece ventajas económicas y sostenibles. El tratamiento alcalino de las fibras asegura su compatibilidad química con la matriz cementicia, mientras que la dosificación óptima de 1.25 % en volumen logra un equilibrio adecuado entre fluidez, cohesión, resistencia y control de fisuración por contracción. Asimismo, la mezcla mantiene estabilidad frente a segregación cuando se respetan los límites de fibra y se ajustan correctamente los aditivos. Estos resultados demuestran que el concreto autocompactante reforzado con fibra de sisal constituye una alternativa técnica viable, durable y económicamente eficiente, especialmente para elementos estructurales y pavimentos expuestos a esfuerzos combinados y condiciones de servicio exigentes.
- El tratamiento de mercerización aplicado a la fibra de sisal resultó eficaz para su compatibilización con el concreto autocompactante, evidenciado por un pH casi neutro de 6 y una superficie rugosa con diámetro promedio de 22.530 micrómetros (μm). Estos resultados confirman la eliminación de residuos orgánicos, así como una mejor adherencia potencial con la matriz cementicia, garantizando la estabilidad química y mecánica necesaria para su incorporación en el concreto.
- El análisis de las propiedades físicas en estado fresco del concreto autocompactante con adición de fibra de sisal permitió determinar variaciones significativas conforme se incrementó la dosificación del refuerzo natural. En el ensayo de fluidez (Slump Flow), las mezclas con 0 %, 0.50 % y 1.25 % de fibra alcanzaron diámetros de 64.3 cm, 62.47 cm y 58.97 cm respectivamente, dentro del rango aceptable para concreto autocompactante según EFNARC (2006), mientras que el concreto con 2.00 % de fibra regulas relaciones H_2/H_1 variaron entre 0.86 (patrón) y 0.35 (2 % de fibra), mostrando una reducción del 59.3 %, atribuida al bloqueo generado por el exceso de fibras. El embudo en V confirmó este comportamiento, registrando un incremento del tiempo de flujo desde 8.43 s hasta 12.60 s, lo que evidencia un aumento de la fricción interna. Por otro lado, las propiedades complementarias se mantuvieron dentro de rangos normales: el peso unitario varió levemente de 2383.74 kg/m³ a 2359.65 kg/m³, la temperatura osciló entre 27.07 °C y 26.3 °C, y el contenido de aire se incrementó ligeramente de 1.13 % a 1.87 %, manteniéndose en valores típicos para concretos autocompactantes. Estos resultados reflejan que la incorporación de fibra de sisal en proporciones de 0.50 % y 1.25 % permite conservar la autocompactabilidad del concreto, mientras que el 2.00

% provoca una pérdida notable de fluidez y un incremento de viscosidad. En síntesis, el comportamiento observado demuestra que el aumento de la dosificación de fibra natural genera una disminución de la trabajabilidad debido a la mayor fricción interna, absorción de agua y entrelazamiento de fibras dentro de la mezcla, estableciendo así un rango óptimo de adición entre 0.50 % y 1.25 % para conservar las propiedades autocompactantes sin comprometer la cohesión ni la estabilidad del concreto.

- El análisis del comportamiento mecánico y de durabilidad del concreto autocompactante con diferentes proporciones de fibra de sisal permitió evidenciar que la adición moderada de este refuerzo natural mejora significativamente las propiedades resistentes del material. En el ensayo de compresión, la mezcla con 1.25 % de fibra alcanzó una resistencia máxima de 353.03 kg/cm² a los 28 días, superior en 22.7 % al concreto patrón (287.73 kg/cm²), mientras que la dosificación del 2.00 % mostró una ligera disminución (278.0 kg/cm²) debido al exceso de fibra que genera vacíos y reduce la compactación. En la resistencia a flexión, el valor máximo también se obtuvo con 1.25 % de fibra (3.50 MPa), representando un incremento del 7 % respecto al patrón (3.27 MPa). Del mismo modo, en la tracción indirecta, el concreto con 1.25 % de fibra alcanzó 35.04 kg/cm², con un aumento del 16.8 % frente al concreto sin adición (29.99 kg/cm²), demostrando una mayor capacidad de absorción de esfuerzos de tracción y control de microfisuras. En cuanto al módulo de elasticidad, la mezcla con 1.25 % de fibra registró el valor más alto (345,578.22 kg/cm²), superando al patrón (272,109.78 kg/cm²) en 27 %, reflejando una matriz más rígida y estable. Respecto a la contracción por secado, la adición de fibra redujo la deformación volumétrica de 0.108 % (0 %) a 0.083 % (1.25 %) y 0.070 % (2.00 %) después de 90 días, lo que evidencia un mejor control del agrietamiento por retracción. Por otro lado, en el ensayo de abrasión, el desgaste aumentó ligeramente con la cantidad de fibra, pasando de 0.43 g (0 %) a 0.60 g (2.00 %), comportamiento asociado a la exposición superficial de las fibras tratadas, que generan una textura más rugosa y con mayor pérdida superficial. En conjunto, estos resultados confirman que la dosificación óptima de fibra de sisal se encuentra en torno al 1.25 %, nivel que maximiza la resistencia a compresión, flexión, tracción y módulo de elasticidad, al mismo tiempo que reduce la contracción por secado sin comprometer la durabilidad del concreto autocompactante.
- El análisis por microscopía estereoscópica mostró una reducción de la segregación desde 14.13 % (patrón) hasta 8.66 % con 1.25 % de fibra de sisal, representando una

mejora del 38.7 % en la homogeneidad interna del concreto. Esto se atribuye a la acción estabilizadora de las fibras, que actúan como puentes físicos entre partículas, incrementando la cohesión interna. Sin embargo, en la mezcla con 2.00 % de fibra de sisal, se detectaron aglomeraciones y microvacíos localizados, indicando una pérdida de homogeneidad cercana al 30 % en comparación con la dosificación óptima.

- El análisis de contracción por secado evidenció que la incorporación de fibra de sisal tratada reduce significativamente la deformación del concreto autocompactante durante el proceso de secado. A los 90 días, la mezcla patrón presentó 1 083 με (0.108 %), disminuyendo progresivamente a 1 000 με (0.100 %) con 0.5 %, 833 με (0.083 %) con 1.25 % y 750 με (0.075 %) con 2 % de fibra. Estos valores representan reducciones de 7.7 %, 23.1 % y 30.77 %, respectivamente, respecto al concreto sin refuerzo, confirmando que la fibra actúa como un elemento de restricción interna que limita la formación y propagación de microfisuras generadas por la pérdida de humedad. La dosificación de 1.25 % se identificó como la más eficiente, al equilibrar la reducción de contracción con la trabajabilidad y la cohesión del material. Estos resultados demuestran que la adición controlada de fibra de sisal no solo mejora el desempeño volumétrico del concreto, sino que también contribuye a su durabilidad, posicionándola como una alternativa sostenible y funcional frente a refuerzos sintéticos o aditivos químicos convencionales.
- El análisis de las propiedades mecánicas en estado endurecido del concreto autocompactante demostró que la incorporación de fibra de sisal tratada mejora significativamente el desempeño estructural del material, siempre que su dosificación se mantenga en niveles controlados. A los 28 días de curado, el concreto con 1.25 % de fibra alcanzó incrementos del +22.6 % en resistencia a la compresión (353.03 kg/cm²), +16.8 % en tracción indirecta (35.04 kg/cm²), +7.0 % en resistencia a la flexión (3.50 MPa) y +27.1 % en módulo de elasticidad (345,578 kg/cm²) respecto al concreto patrón. Estos resultados evidencian una mejora integral de la capacidad portante y la rigidez del material, atribuida a la mayor adherencia mecánica y compatibilidad superficial de la fibra tratada, que favorecen la transferencia de esfuerzos dentro de la matriz cementicia. No obstante, el incremento al 2.00 % de fibra provocó una disminución general en las resistencias debido a la pérdida de homogeneidad y la formación de vacíos por exceso de refuerzo, confirmando que la dosificación óptima es del 1.25 %. En conjunto, los resultados consolidan a la fibra de sisal tratada como un refuerzo natural eficiente, capaz de mejorar cuantitativamente las propiedades físico-mecánicas del concreto

autocompactante sin comprometer su durabilidad ni su comportamiento estructural, posicionándola como una alternativa sostenible frente a fibras sintéticas convencionales.

- El análisis económico evidenció que la producción de concreto autocompactante con adición de fibra de sisal es técnica y financieramente viable. La evaluación costo/beneficio arrojó un valor de 1.113, lo que indica una rentabilidad positiva al superar la unidad. Este resultado demuestra que los beneficios derivados del mejor desempeño mecánico, la reducción de fisuración y el aumento de durabilidad compensan el ligero incremento en el costo de producción asociado a la incorporación de la fibra. Además, el uso de un material natural, renovable y de bajo costo como el sisal contribuye a optimizar los recursos y disminuir el impacto ambiental del concreto, consolidando su aplicación como una alternativa económicamente sostenible para elementos estructurales en proyectos de construcción civil.

Recomendaciones

- Se recomienda que toda fibra de sisal destinada a la elaboración de concreto autocompactante sea sometida a un tratamiento alcalino de mercerización con hidróxido de sodio (NaOH) en concentraciones controladas, seguido de un enjuague y secado adecuados, hasta alcanzar un pH cercano a 6. Este proceso garantiza la eliminación de compuestos lignocelulósicos y mejora la compatibilidad química con la matriz cementicia, favoreciendo la adherencia fibra–pasta. Asimismo, se sugiere emplear fibras con diámetro promedio cercano a 22–25 μm, ya que estos tamaños promueven una mejor dispersión y control de microfisuras.
- Para conservar las características autocompactantes del concreto, se recomienda limitar la adición de fibra de sisal a valores entre 0.50 % y 1.25 % en volumen, ya que mayores proporciones (como 2.00 %) generan una pérdida significativa de fluidez, aumento de la viscosidad y posible obstrucción durante el llenado de moldes. Además, se aconseja ajustar la dosificación del superplastificante al incrementar la cantidad de fibra, a fin de mantener el equilibrio reológico del concreto conforme a los parámetros establecidos por la guía EFNARC (2006).
- Para minimizar la segregación en el concreto autocompactante con adición de fibra de sisal, se recomienda mantener la dosificación de fibra entre 0.50 % y 1.25 % en volumen, ya que proporciones mayores pueden provocar agrupamiento de fibras y separación de los componentes de la mezcla. Es fundamental ajustar cuidadosamente la

dosificación de superplastificante y el contenido de agua para preservar la fluidez y cohesión del concreto, siguiendo los parámetros establecidos por EFNARC (2006). Además, se sugiere realizar ensayos de segregación, tanto visuales como mediante el método de columna, durante la etapa de diseño de la mezcla para verificar la estabilidad del material. Finalmente, se recomienda controlar la colocación y manipulación del concreto, evitando esfuerzos excesivos que puedan favorecer la segregación y comprometer la uniformidad de la mezcla.

- Dado que la contracción por secado se redujo hasta en un 30 % con la adición de fibras, se recomienda incorporar 1.25 % de fibra de sisal en elementos propensos a fisuración por retracción, como pavimentos, losas de gran superficie o paneles prefabricados, donde el control volumétrico es esencial. Además, se aconseja mantener condiciones de curado húmedo prolongado (mínimo 7 días) para potenciar la adherencia fibra–matriz y minimizar tensiones internas generadas por la pérdida de humedad.
- Se recomienda el uso de 1.25 % de fibra de sisal tratada como dosificación óptima, ya que permite mejorar la resistencia a la compresión, flexión, tracción y módulo de elasticidad sin comprometer la homogeneidad del concreto. Esta proporción puede emplearse en elementos estructurales sometidos a esfuerzos combinados, como losas o vigas, donde se requiere un buen equilibrio entre rigidez, ductilidad y durabilidad. Para proporciones mayores al 2.00 %, se sugiere evaluar previamente la trabajabilidad y dispersión de las fibras para evitar defectos internos.
- Se recomienda aplicar el concreto autocompactante con adición de 1.25 % de fibra de sisal en proyectos donde se busque optimizar la durabilidad y reducir los costos de mantenimiento a largo plazo, tales como pavimentos industriales, estructuras de concreto expuestas y obras sostenibles. Dado su índice de rentabilidad (1.113), su implementación resulta económicamente viable en obras medianas y grandes, especialmente en zonas donde el sisal sea accesible, reduciendo la dependencia de fibras sintéticas y fomentando el uso de materiales naturales locales.

Referencias

[1] T. F. Abanto Castillo, *Tecnología del concreto (teoría y problemas)*. Lima: San Marcos.

[2] F. Aghziel Sadfa, M. Ben Aicha, M. Zaher, A. Hafidi Alaoui, y Y. Burtschell, "New test for the determination of static segregation of self-compacting concrete: Three-circles test", *Mater. Today Proc.*, vol. 62, pp. 4161–4167, ene. 2022, doi: 10.1016/j.matpr.2022.04.685.

[3] R. Choudhary, R. Gupta, T. Alomayri, A. Jain, y R. Nagar, "Permeation, corrosion, and drying shrinkage assessment of self-compacting high strength concrete comprising waste marble slurry and fly ash, with silica fume", *Structures*, vol. 33, pp. 971–985, oct. 2021, doi: 10.1016/j.istruc.2021.05.008.

[4] "Multidisciplinary reconnaissance investigation covering structural, geotechnical, and architectural based damage to mid-rise residential buildings following the February 6th, 2023 Kahramanmaraş, Türkiye earthquake doublets (Mw 7.8, Mw 7.6) - ScienceDirect". Consultado: el 6 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0267726124002902

[5] "Influencia del tipo y porcentaje en peso de fibras vegetales, sobre la resistencia a compresion y flexion de morteros de cemento activados". Consultado: el 1 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://dspace.unitru.edu.pe/items/f11751ac-8030-42c5-ab15-40aca967b705

[6] B. C. Thomas y Y. S. Jose, "A study on characteristics of sisal fiber and its performance in fiber reinforced concrete", *Mater. Today Proc.*, vol. 51, pp. 1238–1242, ene. 2022, doi: 10.1016/j.matpr.2021.07.312.

[7] M. G. Veigas, M. Najimi, y B. Shafei, "Cementitious composites made with natural fibers: Investigation of uncoated and coated sisal fibers", *Case Stud. Constr. Mater.*, vol. 16, p. e00788, jun. 2022, doi: 10.1016/j.cscm.2021.e00788.

[8] N. J. Bartolomé Salinas, "Influencia de la adición de fibras pet en las propiedades mecánicas del concreto autocompactante, fc 280 kg/cm2, Huaraz - 2021".

[9] M. A. Piscoya Velasquez, "Evaluación técnico – económica de la incorporación de microesferas de vidrio en las propiedades mecánicas del concreto autocompactante", 2024, Consultado: el 8 de octubre de 2025. [En línea]. Disponible en: http://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/7653

[10] "Future Fibres: Sisal". Consultado: el 2 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.fao.org/economic/futurefibres/fibres/sisal/es/

[11] O. R. Huaman Ticlla, “Caracterización mecánica del concreto adicionando fibras de sisal”, *Repos. Inst. - USS*, 2023, Consultado: el 1 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: http://repositorio.uss.edu.pe//handle/20.500.12802/11104

[12] K. V. Sabarish, P. Paul, Bhuvaneshwari, y J. Jones, “An experimental investigation on properties of sisal fiber used in the concrete”, *Mater. Today Proc.*, vol. 22, pp. 439–443, ene. 2020, doi: 10.1016/j.matpr.2019.07.686.

[13] “(PDF) Experimental Investigation on the Mechanical Properties of Natural Fiber Reinforced Concrete”, *ResearchGate*, ago. 2025, doi: 10.32604/jrm.2022.017513.

[14] F. Benito, C. Parra, M. Valcuende, I. Miñano, y C. Rodríguez, “Método para cuantificar la segregación en hormigones autocompactantes”, *Concreto Cem. Investig. Desarro.*, vol. 6, núm. 2, pp. 48–63, jun. 2015.

[15] S. I. González Morán, A. Landaverde Martínez, y C. I. Romero López, “Concreto autocompactable: propuesta para el diseño de mezcla, beneficios técnicos y consideraciones básicas para su implementación en El Salvador”, ene. 2005, Consultado: el 2 de noviembre de 2025. [En línea]. Disponible en: https://hdl.handle.net/20.500.14492/16352

[16] S. R. Herrera Lazarte y M. E. Polo Roca, “Estudio de las Propiedades Mecánicas del Concreto en la Ciudad de Arequipa, Utilizando Fibras Naturales y Sintéticas, Aplicado para el Control de Fisuras por Retracción Plástica”, sep. 2017, Consultado: el 29 de septiembre de 2025. [En línea]. Disponible en: https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/6694

[17] N. R. Cueva Cueva, “Análisis de las propiedades del concreto autocompactante f’c=280 kg/cm2 sustituyendo agregado grueso por agregado de concreto reciclado, Lima Metropolitana, 2023”.

[18] O. R. Huaman Ticlla, “Caracterización mecánica del concreto adicionando fibras de sisal”.

[19] C. E. Baca Uscamayta y L. F. Vela Cáceres, “Evaluación de las propiedades mecánicas de un concreto autocompactante adicionando fibras sintéticas Sikacem®-1 Fiber – Cusco 2019”, *Univ. Andina Cusco*, nov. 2020, Consultado: el 12 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: http://repositorio.uandina.edu.pe/handle/20.500.12557/3831

[20] “ACI PRC-237-07 Concreto autocompactante (reaprobado en 2019)”. Consultado: el 2 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.concrete.org/store/productdetail.aspx?ItemID=23707&Format=DOWNLOAD&Language=English&Units=US_AND_METRIC

[21] "EFNARC SCC Es-Guidelines | PDF | Hormigón | Cemento". Consultado: el 1 de noviembre de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.scribd.com/document/107081519/EFNARC-SCC-Es-guidelines

[22] E. N. Cotrina Ignacio y D. M. Gastulo Mundaca, "Influencia de la fibra de sisal en el comportamiento físico-mecánico y agrietamiento del concreto f´c 210kg/cm^2, Lambayeque", *Repos. Inst. - UCV*, 2023, Consultado: el 1 de noviembre de 2025. [En línea]. Disponible en: https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/162968

[23] "Comportamiento de las propiedades físico - mecánicas de un concreto autocompactante con aditivo superplastificante y con fibra de caucho reciclado". Consultado: el 29 de septiembre de 2025. [En línea]. Disponible en: https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/11850?show=full

[24] A. M. A. Isabel, "Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto incorporando fibras del agave y perlas de poliestireno".

[25] Yumpu.com, "RIVVA, E. Naturaleza y Materiales del Concreto_1ra Ed_2000", yumpu.com. Consultado: el 2 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.yumpu.com/es/document/read/63290940/rivva-e-naturaleza-y-materiales-del-concreto-1ra-ed-2000

[26] "Ntp 334.009 cementos portland requisitos", SlideShare. Consultado: el 6 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://es.slideshare.net/slideshow/ntp-334009-cementos-portland-requisitos/74342762

[27] "Detalles de: Tecnología del concreto (teoría y problemas) / › Biblioteca Sencico | Koha". Consultado: el 2 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://sisbib.sencico.gob.pe/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=1875

[28] "NTP 334.009", pdfcoffee.com. Consultado: el 2 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://pdfcoffee.com/ntp-334009-3-pdf-free.html

[29] "Standard Specification for Blended Hydraulic Cements". Consultado: el 2 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.astm.org/c0595-08a.html

[30] "334 064 PDF", pdfcoffee.com. Consultado: el 6 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://pdfcoffee.com/334-064-pdf-pdf-free.html

[31] "NTP 400.011 | PDF". Consultado: el 6 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.scribd.com/document/438211081/NTP-400-011

[32] C. E. Baca Uscamayta y L. F. Vela Cáceres, "Evaluación de las propiedades mecánicas de un concreto autocompactante adicionando fibras sintéticas Sikacem®-1

Fiber – Cusco 2019", *Univ. Andina Cusco*, nov. 2020, Consultado: el 12 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: http://repositorio.uandina.edu.pe/handle/20.500.12557/3831

[33] "Tecnologia Del Concreto y Del Mortero (2001) (Diego Sanchez de Guzman)", pdfcoffee.com. Consultado: el 6 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://pdfcoffee.com/tecnologia-del-concreto-y-del-mortero-2001-diego-sanchez-de-guzman-5-pdf-free.html

[34] "NTP 400.037-2018", pdfcoffee.com. Consultado: el 6 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://pdfcoffee.com/ntp-400037-2018-3-pdf-free.html

[35] "EuropeanGuidelinesSelfCompactingConcrete.pdf". Consultado: el 21 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.theconcreteinitiative.eu/images/ECP_Documents/EuropeanGuidelinesSelfCompactingConcrete.pdf

[36] "ASTM C33 C33m - 08 Especificación Normalizada para Agregados para Concreto | PDF | Hormigón | Materiales", Scribd. Consultado: el 21 de junio de 2025. [En línea]. Disponible en: https://es.scribd.com/document/713141714/ASTM-C33-C33m-08-Especificacion-Normalizada-Para-Agregados-Para-Concreto

[37] "Aprueban La Actualización MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES PDF | PDF". Consultado: el 12 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.scribd.com/document/388995118/Aprueban-la-Actualizacio-n-MANUAL-DE-ENSAYO-DE-MATERIALES-1-pdf?irclickid=wcvX%3AT20kxyKTMk1VKz6PVGKUkHX6rx%3AbzXsxQ0&irpid=357605&utm_source=impact&utm_medium=cpc&utm_campaign=Scribd_affiliate_pdm_acquisition_YieldKit%20GmbH&sharedid=4e52405092d94c458711b4fff5efbfbd&irgwc=1

[38] S. Paulo, "BERNARDO TUTIKIAN DENISE DAL MOLIN".

[39] "Norma E.060 Concreto armado.pdf", Google Docs. Consultado: el 2 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://drive.google.com/file/d/19EYUVMgwvm6rDs47GV374avco2ylU5Kz/view?usp=sharing&usp=embed_facebook

[40] "Queue | NTP 339.088 aguas", pdfcoffee.com. Consultado: el 2 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://pdfcoffee.com/qdownload/ntp-339088-aguas-5-pdf-free.html

[41] "Trabajabilidad del hormigón - Guía rápida | Hormigon.es". Consultado: el 6 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://hormigon.es/guia-rapida-trabajabilidad-hormigon.aspx

[42] “Manual básico de construcción”. Consultado: el 6 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.monografias.com/trabajos-pdf5/manual-basico-construccion/manual-basico-construccion

[43] “experto.pdf”. Consultado: el 3 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.imcyc.com/revistacyt/pdf/enero2016/experto.pdf

[44] “Optimization of rheological and mechanical properties of sustainable lateritic self-compacting concrete containing sisal fiber using response surface methodology - ScienceDirect”. Consultado: el 2 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352710224001426

[45] “Ficha_Tecnicas_Sisal.pdf”. Consultado: el 2 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.espartossantos.es/wp-content/uploads/2020/03/Ficha_Tecnicas_Sisal.pdf

[46] N. Prem Kumar, M. Chellapandian, N. Arunachelam, y P. Vincent, “Effect of mercerization on the chemical characteristics of plant-based natural fibers”, *Mater. Today Proc.*, vol. 68, pp. 1201–1207, ene. 2022, doi: 10.1016/j.matpr.2022.05.319.

[47] “Tecnologia Del Concreto Tomo 1 | PDF | Cemento | Unidades de medida”, Scribd. Consultado: el 12 de octubre de 2025. [En línea]. Disponible en: https://es.scribd.com/doc/234779446/Tecnologia-Del-Concreto-Tomo-1

[48] M. Bravo Sobrino, “Caracterización y utilización del hormigón autocompactable”, 2004, Consultado: el 12 de octubre de 2025. [En línea]. Disponible en: https://hdl.handle.net/2099.1/3358

[49] “NTP 339.046.pdf - NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339.046 2008 Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales No Arancelarias - | Course Hero”. Consultado: el 6 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.coursehero.com/es/file/41992814/NTP-339046pdf/

[50] “339.184”, pdfcoffee.com. Consultado: el 6 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://pdfcoffee.com/339184-pdf-free.html

[51] “339.083 2003 Contenido de Aire | PDF | Hormigón | Calibración”. Consultado: el 12 de octubre de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.scribd.com/document/454311029/339-083-2003-CONTENIDO-DE-AIRE

[52] “NTP 339.034 Metodo de Ensayo Normalizado para La Determinacion de La Resistencia A La Compresion Del Concreto en Muestras Cilindricas | Download Free PDF | Calibración | Esfera”, Scribd. Consultado: el 4 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://es.scribd.com/document/417389764/Ntp-339-034-Metodo-de-

Ensayo-Normalizado-Para-La-Determinacion-de-La-Resistencia-a-La-Compresion-Del-Concreto-en-Muestras-Cilindricas

[53] "Manual Ensayo de Materiales.pdf". Consultado: el 6 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf

[54] "Máquinas de ensayo de resistencia a compresión - Serie MEH | IBERTEST". Consultado: el 6 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.ibertest.es/products/maquina-de-ensayo-para-materiales-de-alta-resistencia-la-compresion-serie-meh/

[55] "Resistencia | Cemex Mexico". Consultado: el 6 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.cemexmexico.com/quizzes-full-view/-/asset_publisher/uG2W76KBBu5B/content/resistencia-pruebas-y-resultados

[56] "NTP-339.059-2011 Metodo Para La Obtención y Ensayo de Corazones Diamantinos y Vidgas Cortadas - PDFCOFFEE.COM". Consultado: el 6 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://pdfcoffee.com/ntp-339059-2011-metodo-para-la-obtencion-y-ensayo-de-corazones-diamantinos-y-vidgas-cortadas-3-pdf-free.html

[57] "CIP16es.pdf". Consultado: el 6 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.nrmca.org/wp-content/uploads/2020/04/CIP16es.pdf

[58] "Maquinas De Ensayo De Flexion", Forney Online. Consultado: el 6 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://forneyonline.com/es/maquinas-forney/maquinas-de-ensayo-de-flexion/

[59] "ASTM C 469-94: Método Estándar para Módulo de Elasticidad y Poisson", Studocu. Consultado: el 12 de octubre de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.studocu.com/pe/document/instituto-de-educacion-superior-tecnologico-publico-de-las-fuerzas-armadas/electronica-y-mantenimiento-industrial/astm-designacion-c-469-94-metodo-estanda/96464250

[60] F. P. Medrano, "Resistencia a la Abrasión en Superficies de Concreto o Mortero por el Método de Corte Rotativo", Consultado: el 12 de octubre de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.academia.edu/35223678/Resistencia_a_la_Abrasi%C3%B3n_en_Superficies_de_Concreto_o_Mortero_por_el_M%C3%A9todo_de_Corte_Rotativo

[61] admin, "¿Qué es la segregación del hormigón?", Solarbloc. Consultado: el 6 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://solarbloc.es/que-es-la-segregacion-del-hormigon/

[62] "Contracción por secado del concreto - PDF Descargar libre". Consultado: el 12 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://docplayer.es/5766249-Contraccion-por-secado-del-concreto.html

[63] "PROBLEMAS.pdf". Consultado: el 6 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.imcyc.com/revistact06/ago06/PROBLEMAS.pdf

[64] S. I. G. Morán, A. L. Martínez, y C. I. R. López, "CONCRETO AUTOCOMPACTABLE: PROPUESTA PARA EL DISEÑO DE MEZCLA. BENEFICIOS TÉCNICOS Y CONSIDERACIONES BÁSICAS PARA SU IMPLEMENTACIÓN EN EL SALVADOR. PRESENTADO POR":.

[65] "ASTM C 496 - 96: Método de Ensayo para Tracción por Hendimiento en Hormigón - Studocu". Consultado: el 12 de octubre de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.studocu.com/es-mx/document/universidad-veracruzana/tecnologia-del-concreto/toaz-prueba-brasilena/117280561

[66] "The European Guidelines for Self-Compacting Concrete". mayo de 2005. [En línea]. Disponible en: https://www.caminoscastillayleon.es/wp-content/uploads/Normativa/Hormigon%20Autocompactante.pdf

[67] P. K. Mehta y P. J. M. Monteiro, *Concrete: Microstructure, Properties, and Materials*, 4th Edition. McGraw-Hill Education, 2014. Consultado: el 1 de noviembre de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.accessengineeringlibrary.com/content/book/9780071797870

[68] "Self-Compacting Concrete". Consultado: el 1 de noviembre de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.jstage.jst.go.jp/article/jact/1/1/1_1_5/_article

[69] C. M. Childs *et al.*, "Cheminformatics for accelerated design of chemical admixtures", *Cem. Concr. Res.*, vol. 136, p. 106173, oct. 2020, doi: 10.1016/j.cemconres.2020.106173.

[70] D. O. J. dos Santos, R. D. Toledo Filho, y P. R. L. Lima, "Comparative Analysis of Sisal–Cement Composite Properties After Chemical and Thermal Fiber Treatments", *Fibers*, vol. 13, núm. 10, p. 138, oct. 2025, doi: 10.3390/fib13100138.

[71] J. Zhang y V. Li, "Influences of Fibers on Drying Shrinkage of Fiber-Reinforced Cementitious Composite", *J. Eng. Mech.*, vol. 127, ene. 2001, doi: 10.1061/(ASCE)0733-9399(2001)127:1(37).

[72] M. A. Piscoya Velasquez, “Evaluación técnico – económica de la incorporación de microesferas de vidrio en las propiedades mecánicas del concreto autocompactante”.

ANEXOS

CONFORMIDAD DE ASESOR

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Chiclayo, 31 de Octubre del 2025.

Señores

López Carranza, Atilio Rubén
Castillo Velarde, Roberto Carlos
Escuela Profesional de Ingeniería Civil-USAT
Presente.

Le expreso mi saludo y en mi condición de asesor doy mi **CONFORMIDAD** a la tesis titulada: "**ANÁLISIS FÍSICO-MECÁNICO DE CONCRETO AUTOCOMPACTANTE F'C=280 KG/CM² CON ADICIÓN DE FIBRA DE SISAL PARA MITIGAR SEGREGACIÓN Y CONTRACCIÓN POR SECADO".**

Presentado por el estudiante **LÓPEZ TORRES, FRANCISCO JIAMPIER** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil**, de esta manera se cumple con uno de los requisitos para su pase a sustentación del informe de tesis de acuerdo con el art.32 de reglamento de elaboración y sustentación del trabajo de investigación para optar el título profesional.

Atentamente.



Ing. Polo Briceño, Elmer Rolando
Docente Asesor

UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

- **LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIENTOS**
- **CONCRETO Y ASFALTO**

INFORME N°	LEM USAT 044-2025-II
FECHA:	31 de Octubre 2025

VALIDACIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO

ESTUDIANTE: López Torres Francisco Jiampier

TITULO DE LA TESIS: Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm² con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado

El que suscribe, responsable del laboratorio de Ingeniería Civil, verifica y da conformidad que los siguientes ensayos de laboratorio realizados por el indicado estudiante se han efectuado en las instalaciones de la USAT, asimismo valida los ensayos realizados fuera de nuestras instalaciones siempre que no se puedan realizar en esta universidad:

Agregados:

- Contenido de humedad de agregado grueso y fino
- Análisis granulométrico de agregado grueso y fino
- Peso específico y absorción del agregado grueso y fino
- Peso unitario del agregado grueso y fino

Concreto:

- Ensayo de Fluidez (SLUMP FLOW) con adiciones de fibra de sisal de 0.50%, 1.25%, 2.00%.
- Ensayo T - 500 con adiciones de fibra de sisal de 0.00%, 0.50%, 1.25%, 2.00%.
- Ensayo Anillo – J con adiciones de fibra de sisal de 0.00%, 0.50%, 1.25%, 2.00%.
- Ensayo Caja – L con adiciones de fibra de sisal de 0.00%, 0.50%, 1.25%, 2.00%.
- Ensayo Embudo – V con adiciones de fibra de sisal de 0.00%, 0.50%, 1.25%, 2.00%.
- Ensayo de Peso Unitario con adiciones de fibra de sisal de 0.00%, 0.50%, 1.25%, 2.00%.

Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT

USAT

TÉCNICO DE LABORATORIO

- Ensayo de Temperatura con adiciones de fibra de sisal de 0.00%, 0.50%, 1.25%, 2.00%.
- Ensayo de Contenido de Aire con adiciones de fibra de sisal de 0.00%, 0.50%, 1.25%, 2.00%.
- Ensayo de Resistencia a la Compresión con adiciones de 0.00%, 0.50%, 1.25%, 2.00%.
- Ensayo de Resistencia a la Flexión con adiciones de fibra de sisal de 0.00%, 0.50%, 1.25%, 2.00%.
- Ensayo de Tracción Indirecta con adiciones de fibra de sisal de 0.00%, 0.50%, 1.25%, 2.00%.
- Ensayo de Módulo de Elasticidad con adiciones de fibra de sisal de 0.00%, 0.50%, 1.25%, 2.00%.
- Ensayo de Resistencia a la Abrasión con adiciones de fibra de sisal de 0.00%, 0.50%, 1.25%, 2.00%.
- Ensayo de Microscopía Estereoscópica a la fibra de sisal.
- Ensayo de Microscopía Estereoscópica para el análisis de segregación al concreto con adiciones de fibra de sisal de 0.00%, 0.50%, 1.25%, 2.00%.
- Ensayo de Contracción por secado en el análisis de cambio de longitudes con adiciones de fibra de sisal de 0.00%, 0.50%, 1.25%, 2.00%.
- Diseño de Mezcla para concreto autocompactante según el ACI – 237 R – 07, de un f'c = 280 kg/cm2 con adiciones de 0.00%, 0.50%, 1.25%, 2.00%.

Se alcanza al interesado para los fines pertinentes.

Observación: Adjunto

Henry Rivadeneyra Oblitas
Responsable de Lab Ing. Civil

Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Hoja resumen de **ENSAYOS PARA AGREGADOS**

SOLICITANTE	: Francisco Jiampier López Torres
ESCUELA	: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
TESIS	: Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm² con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado
LUGAR	: Av San Josemaría Escriva de Balaguer 855, Chiclayo 14012

1.- GRANULOMETRIA: N.T.P. 400.012

Muestra : La Victoria - Pátapo

Peso Húm. : 500

Modulo de Fineza: 2.843 Cont, Hum. : 1.87

Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Ret. Acum.	% Que Pasa
3/8"	0	0.0	0.0	100.0
Nº4	17.5	3.5	3.5	96.5
Nº8	57.6	11.5	15.0	85.0
Nº16	103.2	20.6	35.7	64.3
Nº30	125.0	25.0	60.7	39.3
Nº50	98.4	19.7	80.3	19.7
Nº100	43.8	8.8	89.1	10.9
FONDO	54.5	10.9	100.0	0.0

Muestra : La Victoria - Pátapo

Peso Húm. : 2331.3

Cont, Hum. : 1.13

Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Ret. Acum.	% Que Pasa
2"	0		0.0	100.0
1 1/2"	0	0.0	0.0	100.0
1"	0	0.0	0.0	100.0
3/4"	368	15.8	15.8	84.2
1/2"	642.5	27.6	43.3	56.7
3/8"	603.4	25.9	69.2	30.8
Nº4	674.5	28.9	98.2	1.8
Nº8	38.9	1.7	99.8	0.2
Nº16	0.7	0.0	99.9	0.1
FONDO	3.3	0.1	100.0	0.0

2.- PESO UNITARIO : N.T.P. 400.017

SUELTO	A	B
- Peso de la muestra húmeda	9232	9240
- Volumen del molde		0.00552
- Peso unitario suelto húmedo		1674
- PESO UNIT. SUELTO SECO		**1643**

COMPACTADO ((((A+B)/2)/V)/1000)/(1+(C.H./100))

- Peso de la muestra húmeda	10076	10068
- Volumen del molde		0.0055163
- Peso unitario suelto húmedo		1826
- PESO UNIT. COMPACTADO SECO		**1792**

T.M.: 1"

SUELTO	T.M.N.: 3/4"	
- Peso de la muestra húmeda	8210	8220
- Volumen del molde		0.00552
- Peso unitario suelto húmedo		1489
- PESO UNIT. SUELTO SECO		**1473**

COMPACTADO

- Peso de la muestra húmeda	8970	8982
- Volumen del molde		0.00552
- Peso unitario suelto húmedo		1627
- PESO UNIT. COMPACTADO SECO		**1609**

3.- PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN : N.T.P. 400.021 Arena

A .- Datos de la arena *N.T.P. 400.022 Piedra*

1.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca.		g	500.0	500.0
2.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca + Peso frasco + Peso del agua.		g	967.7	967.7
3.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca + Peso del frasco.	(1+5)	g	643.2	643.2
4.- Peso del Agua.	(2-3)	g	324.5	324.5
5.- Peso del Frasco		g	143.2	143.2
6.- Peso de la Muest. secada ahorno + Peso del frasco.	(5+7)	g	639.3	639.3
7.- Peso de la Muest. seca en el horno.		g	496.1	496.1
8.- Volumen del frasco.		cm^3	500.0	500.0

B.- Resultados

					Promedio
A.- PESO ESPECIFICO DE LA ARENA.	7/(8-4)	g/cm^3	2.827	2.827	**2.827**
B.- PESO ESPECIFICO DE LA MASA S.S.S.	7/(7-4)	g/cm^3	2.849	2.849	2.849
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	7/((8-4)-(8-7))	g/cm^3	2.891	2.891	2.891
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN.	((1-7)/7)*100	%	0.79	0.79	**0.79**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT

TÉCNICO DE LABORATORIO

A .- *Datos de la grava*

1.- Peso de la muestra seca al horno		g	2013.3	2013.3
2.- Peso de la muestra saturada superficialmente seca		g	2030.0	2030.0
3.- peso de la muestra saturada dentro del agua + peso de la canastilla		g	1260.0	1260.0
4.- Peso de la canastilla		g	0.0	0.0
5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua	(3-4)	g	1260	1260

B.- Resultados

					Promedio
A.- PESO ESPECIFICO DE LA GRAVA.	1/(2-5)	g/cm^3	2.615	2.615	**2.615**
B.- PESO ESPECIFICO DE LA MASA S.S.S.	2/(2-5)	g/cm^3	2.636	2.636	2.636
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	1/(1-5)	g/cm^3	2.673	2.673	2.673
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN.	((2-1)/1)*100	%	0.83	0.83	**0.83**

4.- CONTENIDO DE HUMEDAD : N.T.P. 339.185

Arena ((A+B)/2)/(1+(C.H./100))

1.- Peso de la muest. húmeda	500	500
2.- Peso de la muestra seca	490.8	490.8
3.- Cont. Humedad	1.87	1.87
4.- Promedio		**1.87**

Grava

1.- Peso de la muest. húmeda	2056.2	2056.2
2.- Peso de la muestra seca	2033.2	2033.2
3.- Cont. Humedad	1.13	1.13
4.- Promedio		**1.13**

Henry Ribadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT
USAT Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Formato Interno para ensayo de: **GRANULOMETRÍA - AGREGADO FINO**

SOLICITANTE	: Francisco Jiampier López Torres
ESCUELA	: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
TESIS	: Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm² con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado
LUGAR	: Av San Josemaría Escriva de Balaguer 855, Chiclayo 14012

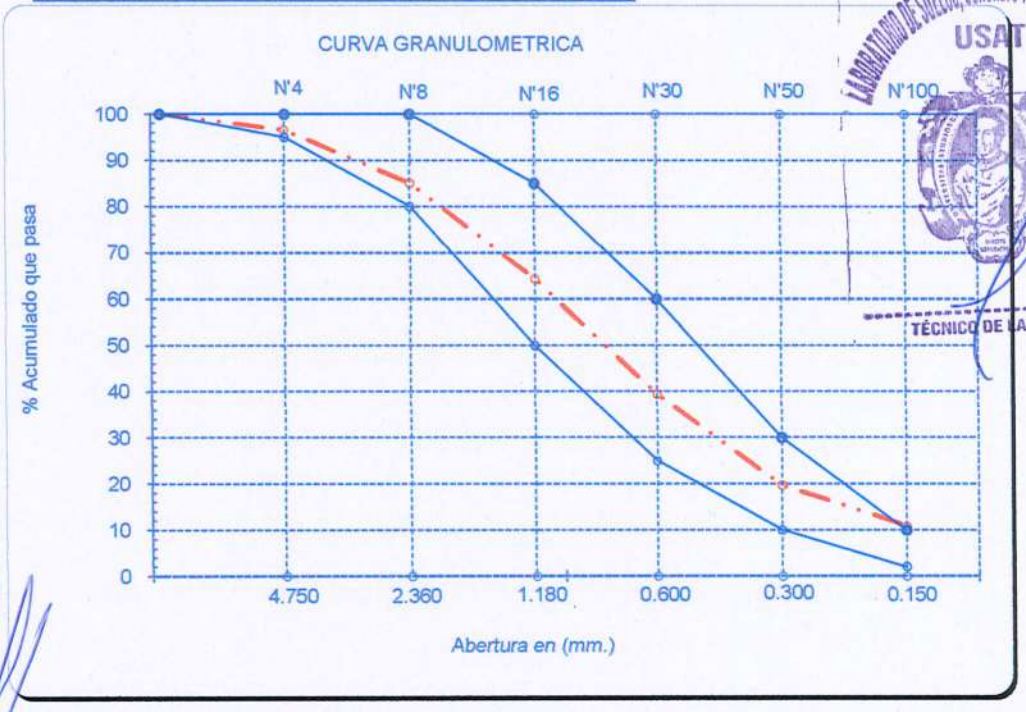
Ensayo : Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino
Referencia : Norma ASTM C-136 ó N.T.P. 400.012

Cantera : La Victoria - Pátapo

P. Inicial S. 500.0 % = 187.45%

Malla		Peso	(%)	(%) Acum.	(%) Acum.	Especificaciones:	
Pulg.	(mm.)	Ret.	Ret.	Ret.	Que Pasa		
1/2"	12.700	0	0.0	0.0	100.0	100	100
3/8"	9.500	0	0.0	0.0	100.0	100	100
Nº 04	4.750	17.5	3.5	3.5	96.5	95	100
Nº 08	2.360	57.6	11.5	15.0	85.0	80	100
Nº 16	1.180	103.2	20.6	35.7	64.3	50	85
Nº 30	0.600	125	25.0	60.7	39.3	25	60
Nº 50	0.300	98.4	19.7	80.3	19.7	10	30
Nº 100	0.150	43.8	8.8	89.1	10.9	2	10
Fondo		54.5	10.9	100.0	0.0		

Módulo de Fineza	2.843
Abertura de malla de referencia	9.500



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO

Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT
USAT Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Formato Interno para ensayo de: **GRANULOMETRÍA - AGREGADO GRUESO**

SOLICITANTE	: Francisco Jiampier López Torres
ESCUELA	: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
TESIS	: Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm² con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado
LUGAR	: Av San Josemaría Escriva de Balaguer 855, Chiclayo 14012

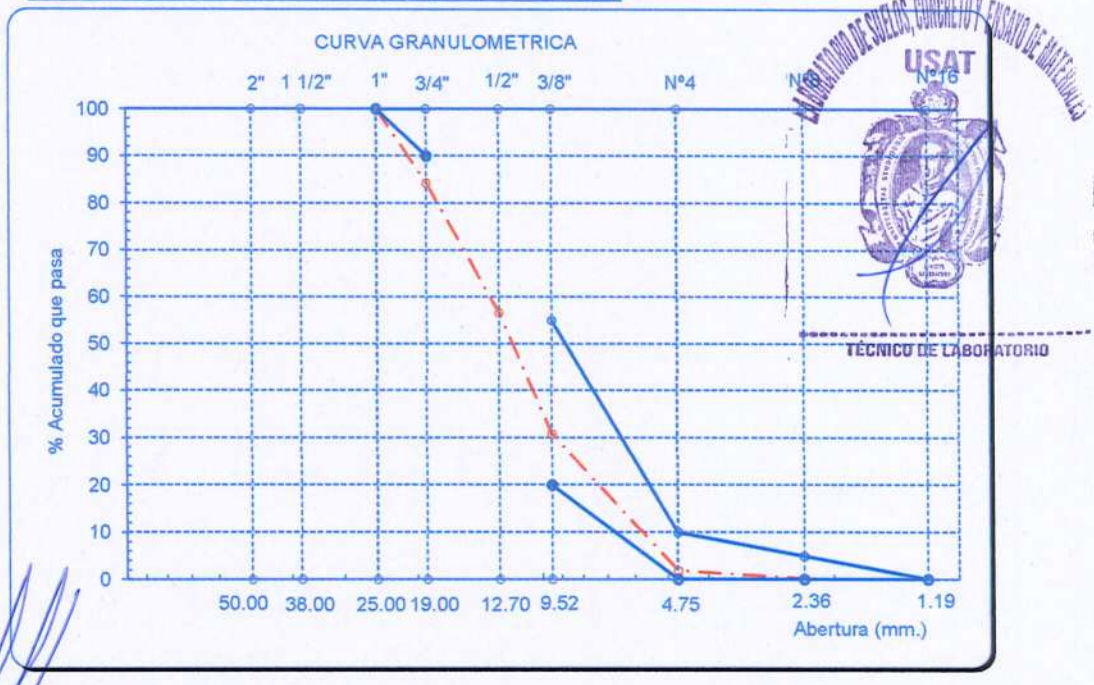
Ensayo : Análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso
Referencia : Norma ASTM C-136 ó N.T.P. 400.012

Cantera : La Victoria - Pátapo

P. Inicial H. 2331.3 % = 113.12%

Malla		Peso	(%)	(%) Acum.	(%) Acum.	Especificaciones	
Pulg.	(mm.)	Ret.	Ret.	Ret.	Que Pasa		
2"	50.00	0.0	0.0	0.0	100.0		
1 1/2"	38.00	0.0	0.0	0.0	100.0		
1"	25.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
3/4"	19.00	368.0	15.8	15.8	84.2	90.0	100.0
1/2"	12.70	642.5	27.6	43.3	56.7		
3/8"	9.52	603.4	25.9	69.2	30.8	20.0	55.0
Nº 04	4.75	674.5	28.9	98.2	1.8	0.0	10.0
Nº 08	2.36	38.9	1.7	99.8	0.2	0.0	5.0
Nº 16	1.19	0.7	0.0	99.9	0.1	0.0	0.0
Fondo		3.3	0.1	100.0	0.0		

Tamaño Maximo	1"	25.00
Tamaño Maximo Nominal	3/4"	19.00



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO

Henry Rivadeneyra Ojeda
Tec. Laboratorio USAT
USAT Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Formato Interno para ensayo de: **PESO UNITARIO - AGREGADO GRUESO**

SOLICITANTE	: Francisco Jiampier López Torres
ESCUELA	: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
TESIS	: Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm² con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado
LUGAR	: Av San Josemaría Escriva de Balaguer 855, Chiclayo 14012

Ensayo : Peso unitario del agregado grueso
Referencia : Norma ASTM C-29 ó N.T.P. 400.017

Cantera : La Victoria - Pátapo

A.- PESO UNITARIO SUELTO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	18351.0	18361.0
2.- Peso del recipiente	(gr.)	10141.0	10141.0
3.- Peso del material		8210.0	8220.0
4.- Constante ó Volumen	(m^3)	0.00552	0.00552
5.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m^3)	1488.3	1490.1
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m^3)	1472.55	

B.- PESO UNITARIO COMPACTADO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	19111.0	19123.0
2.- Peso del recipiente	(gr.)	10141.0	10141.0
3.- Peso del material		8970.0	8982.0
4.- Constante ó Volumen	(m^3)	0.00552	0.00552
5.- Peso unitario compactado húmedo	(kg/m^3)	1626.1	1628.3
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m^3)	1608.96	

Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT

USAT Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Formato Interno para ensayo de: **PESO UNITARIO - AGREGADO FINO**

SOLICITANTE	: Francisco Jiampier López Torres
ESCUELA	: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
TESIS	: Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm² con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado
LUGAR	: Av San Josemaría Escriva de Balaguer 855, Chiclayo 14012

Ensayo : **Peso unitario del agregado fino**
Referencia : Norma ASTM C-29 ó N.T.P. 400.017

Cantera : La Victoria - Pátapo

A.- PESO UNITARIO SUELTO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	14103.0	14111.0
2.- Peso del recipiente	(gr.)	4871.0	4871.0
3.- Peso del material		9232.0	9240.0
4.- Constante ó Volumen	(m^3)	0.00552	0.00552
5.- Peso unitario suelto húmedo	(kg/m^3)	1673.6	1675.0
6.- Peso unitario suelto seco (Promedio)	(kg/m^3)	1643.49	

B.- PESO UNITARIO COMPACTADO

1.- Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	14947.0	14939.0
2.- Peso del recipiente	(gr.)	4871.0	4871.0
3.- Peso del material		10076.0	10068.0
4.- Constante ó Volumen	(m^3)	0.00552	0.00552
5.- Peso unitario compactado húmedo	(kg/m^3)	1826.6	1825.1
6.- Peso unitario compactado seco (Promedio)	(kg/m^3)	1792.25	

Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Formato Interno para ensayo de: **PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN**

SOLICITANTE	: Francisco Jiampier López Torres
ESCUELA	: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
TESIS	: Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm² con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado
LUGAR	: Av San Josemaría Escriva de Balaguer 855, Chiclayo 14012

Ensayo : Peso especifico y Absorción del agregado fino

Referencia : Norma ASTM C-128 ó N.T.P. 400.022

Cantera : La Victoria - Pátapo

I .- Datos.

1.- Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco + Peso del Agua	(g)	967.7	967.7
2.- Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco	(g)	643.2	643.2
3.- Peso del Agua	(g)	324.5	324.5
4.- Peso de la Arena Secada al Horno + Peso del Frasco	(g)	639.3	639.3
5.- Peso del Frasco	(g)	143.2	143.2
6.- Peso de la Arena Secada al Horno	(g)	496.1	496.1
7.- Volumen del frasco	(g)	500.0	500.0

II .- Resultados

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm3)	**2.827**
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm3)	2.849
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm3)	2.891
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	**0.79**

Ensayo : Peso especifico y Absorción del agregado grueso

Referencia : Norma ASTM C-127 ó N.T.P. 400.021

Cantera : La Victoria - Pátapo

I .- Datos.

1.- Peso de la muestra secada al horno	(g)	2013.3	2013.3
2.- Peso de la muestra superficialmente seca	(g)	2030.0	2030.0
3.- Peso de la muestra dentro del agua + peso del canastilla	(g)	1260.0	1260.0
4.- Peso de la canastilla	(g)	0.0	0.0
5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua	(g)	1260.0	1260.0

II .- Resultados

A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm3)	**2.615**
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm3)	2.636
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm3)	2.673
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	**0.83**

Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT
USAT Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Formato Interno para ensayo de: **CONTENIDO DE HUMEDAD**

SOLICITANTE	: Francisco Jiampier López Torres
ESCUELA	: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
TESIS	: Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm^2 con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado
LUGAR	: Av San Josemaría Escriva de Balaguer 855, Chiclayo 14012

Ensayo : Contenido de humedad del agregado fino

Referencia : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

Cantera : La Victoria - Pátapo

I .- Datos

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	500	500
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	490.8	490.8
C.- Peso de recipiente	(gr.)	48.9	48.9
D.- Contenido de humedad	(%)	1.87	1.87
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	1.87	

Ensayo : Contenido de humedad del agregado grueso

Referencia : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

Cantera : La Victoria - Pátapo

I .- Datos

A.- Peso de muestra húmeda	(gr.)	2056.2	2056.2
B.- Peso de muestra seca	(gr.)	2033.2	2033.2
C.- Peso de recipiente	(gr.)	80.0	80.0
D.- Contenido de humedad	(%)	1.13	1.13
E.- Contenido de humedad (promedio)	(%)	1.13	

Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO

DISEÑO DE MEZCLA CON EL MÉTODO ACI 237-R

Tesista : LÓPEZ TORRES FRANCISCO JIAMPIER
Universidad : UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
Tesis : Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm² con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado
Lugar : Av San Josemaría Escriva de Balaguer 855, Chiclayo 14012

Ensayo : DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO (Sin aire incorporado)
Referencia : RECOMENDACIÓN ACI 237 R

DATOS

RESISTENCIA DEL DISEÑO: F'c = 280 Kg/cm2

I.) DATOS DE LOS AGREGADOS:

	GRUESO:	FINO:	UND
01.- Tamaño máximo nominal	3/4"	-	pulg.
02.- Peso Unitario suelto seco	1472.55	1643.49	kg/m³
03.- Peso Unitario compactado seco	1608.96	1792.25	kg/m³
04.- Peso específico de masa seco	2614.68	2826.78	kg/m³
05.- Contenido de humedad	1.13	1.87	%
06.- Contenido de absorción	0.83	0.79	%
07.- Módulo de fineza (adimensional)	-	2.8428	

II.) DATOS DEL CEMENTO

08.- Peso específico del cemento	: Cemento Tipo I - CEMEX	3080	kg/m³

III.) DATOS DEL AGUA

09.- Peso específico del agua	: Potable a 24°C	1000	L/m³

IV.) DATOS DEL ADITIVO

11.- Porcentaje del aditivo	: Z RR PLAST - 971 (SUPERPLASTIFICANTE)	1.63	%
12.- Densidad del aditivo	: Z RR PLAST - 971	1200	kg/m³

DATOS

I.) PASO 1: DETERMINAR LA RESISTENCIA A LOS 28 DÍAS

Calculo de Resist. promedio f'cr		
<210	f'c +	70
210 a 350	f'c +	85
>350	f'c +	98

F'c = 365 kg/cm²

II.) PASO 2: RELACIÓN DE a/c

f'cr a los 28 días (kg/cm2)	C° S/Aire incorporado	C° C/Aire incorporado
200	0.70	0.61
210	0.68	0.59
250	0.62	0.53
280	0.57	0.48
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	0.34
420	0.41	0.33

a/c = 0.465

Según la **ACI 237 - R**, la relación agua/cemento **(a/c)** en un concreto autocompactante suele estar en el rago de 0.30 - 0.45

a/c = 0.450

Henry Rondenyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT
USAT Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO

III.) PASO 3: DETERMINAR EL FLUJO DE ASENTAMIENTO DESEADO

Tabla 80: *Objetivos de Slump Flow (Daczko and Container, 2001)*

CARACTERISTICAS DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES		SLUMP FLOW		
		<550 mm	550 a 650mm	>650 mm
Nivel de refuerzo	Bajo			
	Medio			
	Alto			
Elementos de forma complicada	Bajo			
	Medio			
	Alto			
Elementos profundos	Bajo			
	Medio			
	Alto			
Excelentes acabados superficiales	Bajo			
	Medio			
	Alto			
Elementos largos	Bajo			
	Medio			
	Alto			
Paredes delgadas	Bajo			
	Medio			
	Alto			
Contenido de agregado grueso	Bajo			
	Medio			
	Alto			
Energía de colocación	Bajo			
	Medio			
	Alto			

Fuente: (ACI 237R-07, 2007) tomado de (León Parra & Eguez Álava, 2009)

Slump Flow ELEGIDO para un concreto autocompactante:	600 mm

IV.) PASO 4: CONTENIDO DE CEMENTO

Teniendo en cuenta el flujo de asentamiento obtenido según la tabla anterior, se puede calcular la cantidad de cemento mediante la siguiente tabla:

Rangos de contenido de cemento según su SLUMP			
mm	<550	550-600	>650
Contenido de material cementante (kg/m3)	355-385	385-445	>458

550	385.00
600	445.00
600	445.00

cantidad de cemento =	445.0 kg/m3

V.) PASO 5: CONTENIDO DE AGUA

Relación a/c =	0.450
Cantidad de cemento =	445 kg/m3

Cantidad de agua =	200.25 Lt/m3

VI.) PASO 6: CONTENIDO DE ADITIVO

Porción del aditivo =	1.63%
Peso del cemento =	445.0 kg/m3

Cantidad de aditivo =	7.254 Lt/m3

VII.) PASO 7: CONTENIDO DE AIRE

T.M.N	Aire (%)
4"	0.20%
3"	0.30%
2"	0.50%
1 1/2"	1.00%
1"	1.50%
3/4"	2.00%
1/2"	2.50%
3/8"	3.00%

% Aire atrapado=	2.00%

Volumen de Aire atrapado=	0.020 m3

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO

Henry Pisfil Cheneyra Olivas
Téc. Laboratorio USAT
USAT Universidad Católica

VII.) PASO 8: CONTENIDO DE AGREGADOS

	VOLUMENES				
cemento	0.144	m3	AG.	45%	0.283
Agua	0.200	m3	AF.	55%	0.346
Aditivo	0.006	m3			
Aire	0.020	m3			
SUMA	0.371				

0.629

Cantidad de Ag. Grueso = 740.35 Kg/m3

Cantidad de Ag. Fino = 978.27 Kg/m3

DETERMINACIÓN DE CANTIDADES POR m3

II.) PASO 2: SELECCIONAR EL AGREGADO GRUESO Y SU PROPORCIÓN

III.) Calculo de volúmenes absolutos, corrección por humedad y aporte de agua

a) Cemento	445.00	Kg/m³	0.144	m³
b) Agua	200.25	Lt/m³	0.200	m³
c) Aditivo	7.254	Lt/m³	0.006	m³
d) Aire	0.02	m³	0.020	m³
e) Ag. Fino	978.27	Kg/m³	0.346	m³
f) Ag. Grueso	740.35	Kg/m³	0.283	m³
	2371.15		1.000	m³

CORRECCIONES DE LA DOSIFICACIÓN

I.) PASO 1: CORRECCIÓN POR HUMEDAD

a) Ag. Fino 996.61 Kg
b) Ag. Grueso 748.72 Kg

$$Corrección\ por humedad\ [kg] = Contenido\ de\ Agregado\ [Kg] \times \frac{\%de humedad}{100} + 1$$

II.) PASO 2: APORTE DE AGUA

a) Ag. Fino 10.85 Lt
b) Ag. Grueso 2.26 Lt

$$Aporte\ de\ Agua\ [\dots] = Contenido\ de\ Agregado\ Corregido\ [Kg] \times \left(\frac{\%de humedad - \%Absorción}{100}\right)$$

Aporte de Agua de Agregados = 13.11 Lt

III.) PASO 3: AGUA EFECTIVA EN LA MEZCLA

Agua efectiva en la mezcla = 187.14 Lt

$$Agua\ Efectiva\ [\dots] = Agua\ de\ Mezcla\ [\dots] - Aporte\ de\ Agua\ de\ Agregados\ [\dots]$$

IV.) PASO 4: RELACIÓN "A/C" EFECTIVA

Relación a/c efectiva = 0.421

$$Relación\ \frac{A}{C}\ Efectiva = \frac{Agua\ Efectiva\ [\dots]}{Contenido\ de\ Cemento\ [Kg.]}$$

RESULTADO FINAL DEL DISEÑO (Húmedo)

I.) PASO 1: DETERMINAR LAS CANTIDADES FINALES

a) Cemento	445.00	Kg/m³	0.144	m³
b) Agua	187.14	Lt/m³	0.187	m³
c) Aditivo	7.254	Lt/m³	0.006	m³
d) Aire	0.02	m³	0.020	m³
e) Ag. Fino	996.61	Kg/m³	0.356	m³
f) Ag. Grueso	748.72	Kg/m³	0.286	m³
	2384.75		1.000	m³

PARÁMETROS PARA EL PROPORCIONAMIENTO DE MEZCLAS DE CONCRETO AUTOCOMPACTANTE	
Vol. Absoluto de Ag. Grueso	28.64%
Fracción de Pasta	35.77%
Fracción de Mortero	71.36%
Relación a/c	0.42
Contenido de cemento	445.0 kg/m3

II.) PASO 2: TANDA DE ENSAYO

Medidas de una probeta de concreto:	Diámetro (D) =	15.20 cm =	0.01815 m2
	Altura (h) =	30.20 cm =	0.3020 m
	N° probetas =		3.0
	% desperdicio =		1.15

Vol. del molde = 0.005480 m3

Vol. molde + desperdicio = 0.018906 m3

II.) PASO 2: CANTIDAD DE MATERIAL QUE ENTRA POR TANDA DE ENSAYO

a) Cemento	8.413	Kg	F/	10.5 Bolsas
b) Agua	3.538	Lt	R a/c	0.450 Diseño
c) Aditivo	0.137	Lt	R a/c	0.421 Obra
e) Ag. Fino	18.842	Kg	Aditivo	7.254 Kg/m3
f) Ag. Grueso	14.156	Kg		
	45.086	Kg		

II.) PASO 2: DOSIFICACIÓN (materiales con humedad natural)

	Cemento	Arena	Piedra	Agua	Aditivo	
Proporción en peso :	1.00	2.24	1.66	17.9	0.003	Lts/bls
Proporción en volumen :	1.00	2.05	1.71	17.9	0.093	Lts/m³

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO

Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT
USAT Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

DISEÑO DE MEZCLA CON EL MÉTODO ACI 237-R

Tesista : LÓPEZ TORRES FRANCISCO JIAMPIER
Universidad : UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
Tesis : Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm² con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado
Lugar : Av San Josemaría Escriva de Balaguer 855, Chiclayo 14012

Ensayo : DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO (Sin aire incorporado)
Referencia : RECOMENDACIÓN ACI 237 R

DATOS

RESISTENCIA DEL DISEÑO: F'c = 280 Kg/cm2

I.) DATOS DE LOS AGREGADOS:

	GRUESO:	FINO:	UND
01.- Tamaño máximo nominal	3/4"	-	pulg.
02.- Peso Unitario suelto seco	1472.55	1643.49	kg/m³
03.- Peso Unitario compactado seco	1608.96	1792.25	kg/m³
04.- Peso específico de masa seco	2614.68	2826.78	kg/m³
05.- Contenido de humedad	1.13	1.87	%
06.- Contenido de absorción	0.83	0.79	%
07.- Módulo de fineza (adimensional)	-	2.8428	

II.) DATOS DEL CEMENTO

08.- Peso específico del cemento : Cemento Tipo I - CEMEX — 3080 kg/m³

III.) DATOS DEL AGUA

09.- Peso específico del agua : Potable a 24°C — 1000 L/m³

IV.) DATOS DEL ADITIVO

11.- Porcentaje del aditivo : Z RR PLAST - 971 (SUPERPLASTIFICANTE) — 1.63 %
12.- Densidad del aditivo : Z RR PLAST - 971 — 1200 kg/m³

V.) DATOS DE LA FIBRA

13.- Densidad : Fibra de SISAL — 1500 kg/m³

DATOS

I.) PASO 1: DETERMINAR LA RESISTENCIA A LOS 28 DÍAS

Calculo de Resist. promedio f'cr		
<210	f'c+	/0
210 a 350	f'c+	85
>350	f'c+	98

F'c= 365 kg/cm²

II.) PASO 2: RELACIÓN DE a/c

f'cr a los 28 días (kg/cm2)	C° S/Aire incorporado	C° C/Aire incorporado
200	0.70	0.61
210	0.68	0.59
250	0.62	0.53
280	0.57	0.48
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	0.34
420	0.41	0.33

a/c = 0.465

Según la **ACI 237 - R**, la relación agua/cemento **(a/c)** en un concreto autocompactante suele estar en el rago de 0.30 - 0.45

a/c = 0.450

Henry Ruddeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT
USAT Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO

III.) PASO 3: DETERMINAR EL FLUJO DE ASENTAMIENTO DESEADO

Tabla 80: *Objetivos de Slump Flow (Daczko and Container, 2001)*

CARACTERISTICAS DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES		SLUMP FLOW		
		<550 mm	550 a 650mm	>650 mm
Nivel de refuerzo	Bajo			
	Medio			
	Alto			
Elementos de forma complicada	Bajo			
	Medio			
	Alto			
Elementos profundos	Bajo			
	Medio			
	Alto			
Excelentes acabados superficiales	Bajo			
	Medio			
	Alto			
Elementos largos	Bajo			
	Medio			
	Alto			
Paredes delgadas	Bajo			
	Medio			
	Alto			
Contenido de agregado grueso	Bajo			
	Medio			
	Alto			
Energia de colocación	Bajo			
	Medio			
	Alto			

Fuente: (ACI 237R-07, 2007) tomado de (León Parra & Eguez Álava, 2009)

Slump Flow ELEGIDO para un concreto autocompactante:	600 mm

IV.) PASO 4: CONTENIDO DE CEMENTO

Teniendo en cuenta el flujo de asentamiento obtenido según la tabla anterior, se puede calcular la cantidad de cemento mediante la siguiente tabla:

Rangos de contenido de cemento según su SLUMP			
mm	<550	550-600	>650
Contenido de material cementante (kg/m3)	355-385	385-445	>458

550	385.00
600	445.00
600	445.00

cantidad de cemento =	445.0 kg/m3

V.) PASO 5: CONTENIDO DE AGUA

Relación a/c =	0.450
Cantidad de cemento =	445 kg/m3

Cantidad de agua =	200.25 Lt/m3

VI.) PASO 6: CONTENIDO DE ADITIVO

Porción del aditivo =	1.63%
Peso del cemento =	445.0 kg/m3

Cantidad de aditivo =	7.254 Lt/m3

VII.) PASO 7: CONTENIDO DE FIBRA DE SISAL

Porción de la fibra =	0.50%
Peso del cemento =	445.0 kg/m3

Cantidad de fibra =	2.225 kg/m3

VIII.) PASO 8: CONTENIDO DE AIRE

T.M.N	Aire (%)
4"	0.20%
3"	0.30%
2"	0.50%
1 1/2"	1.00%
1"	1.50%
3/4"	2.00%
1/2"	2.50%
3/8"	3.00%

% Aire atrapado= 2.00%

Volumen de Aire atrapado=	0.020 m3

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO

Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT
USAT Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

IX.) PASO 9: CONTENIDO DE AGREGADOS

	VOLUMENES				
cemento	0.1445	m3	AG.	45%	0.282
Agua	0.2003	m3	AF.	55%	0.345
Aditivo	0.0060	m3			
Aire	0.0200	m3			
Fibra	0.0015	m3			
SUMA	**0.3723**				
0.628					

Cantidad de Ag. Grueso = 738.60 Kg/m3

Cantidad de Ag. Fino = 975.97 Kg/m3

DETERMINACIÓN DE CANTIDADES POR m3

a) Cemento	445.00	Kg/m³	0.144	m³
b) Agua	200.25	Lt/m³	0.200	m³
c) Aditivo	7.254	Lt/m³	0.006	m³
d) Fibra	2.225	Kg/m³	0.001	m³
e) Aire	0.02	m³	0.020	m³
f) Ag. Fino	975.97	Kg/m³	0.345	m³
g) Ag. Grueso	738.60	Kg/m³	0.282	m³
	2369.32		1.000	m³

CORRECCIONES DE LA DOSIFICACIÓN

I.) PASO 1: CORRECCIÓN POR HUMEDAD

a) Ag. Fino 994.26 Kg
b) Ag. Grueso 746.96 Kg

$$Corrección\ por\ humedad\ (kg) = Contenido\ de\ Agregado\ (Kg) \times \frac{\%de\ humedad}{100} + 1$$

II.) PASO 2: APORTE DE AGUA

a) Ag. Fino 10.82 Lt
b) Ag. Grueso 2.25 Lt

$$Aporte\ de\ Agua\ (..) = Contenido\ de\ Agregado\ Corregido\ (Kg) \times \left(\frac{\%de\ humedad - \%Absorción}{100}\right)$$

Aporte de Agua de Agregados = 13.08 Lt

III.) PASO 3: AGUA EFECTIVA EN LA MEZCLA

Agua efectiva en la mezcla = 187.17 Lt

$$Agua\ Efectiva\ (..) = Agua\ de\ Mezcla\ (..) - Aporte\ de\ Agua\ de\ Agregados\ (..)$$

IV.) PASO 4: RELACIÓN "A/C" EFECTIVA

Relación a/c efectiva = 0.421

$$Relación\ \frac{A}{C}\ Efectiva = \frac{Agua\ Efectiva\ (..)}{Contenido\ de\ Cemento\ (Kg.)}$$

RESULTADO FINAL DEL DISEÑO (Húmedo)

I.) PASO 1: DETERMINAR LAS CANTIDADES FINALES

a) Cemento	445.00	Kg/m³	0.144	m³
b) Agua	187.17	Lt/m³	0.187	m³
c) Aditivo	7.254	Lt/m³	0.006	m³
d) Fibra	2.225	Kg/m³	0.001	m³
e) Aire	0.02	m³	0.020	m³
f) Ag. Fino	994.26	Kg/m³	0.355	m³
g) Ag. Grueso	746.96	Kg/m³	0.286	m³
	2382.89		1.000	m³

PARAMETROS PARA EL PROPORCIONAMIENTO DE MEZCLAS DE CONCRETO AUTOCOMPACTANTE	
Vol. Absoluto de Ag. Grueso	28.57%
Fracción de Pasta	35.77%
Fracción de Mortero	71.28%
Relación a/c	0.42
Contenido de cemento	445.0 kg/m3

II.) PASO 2: TANDA DE ENSAYO

Medidas de una probeta de concreto:

Diámetro (D) =	15.20 cm =	0.01815 m2	
Altura (h) =	30.20 cm =	0.3020 m	
N° probetas =		3.0	
% desperdicio =		1.15	

Vol. del molde = 0.005480 m3

Vol. molde + desperdicio = 0.018906 m3

II.) PASO 2: CANTIDAD DE MATERIAL QUE ENTRA POR TANDA DE ENSAYO

a) Cemento	8.413 Kg	$F'_{cremento}$	10.5 Bolsas
b) Agua	3.539 Lt	$R^{A/C}$	0.450 Diseño
c) Aditivo	0.137 Lt	$R^{A/C}$	0.421 Obra
d) Fibra	0.042 Kg	Aditivo	7.254 Kg/m3
e) Ag. Fino	18.798 Kg		
f) Ag. Grueso	14.122 Kg		
	45.051 Kg Kg		

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO

II.) PASO 2: DOSIFICACIÓN (materiales con humedad natural)

	Cemento	Arena	Piedra	Agua	Aditivo	
Proporción en peso :	1.00	2.23	1.68	17.9	0.693	Lts/Pie³
Proporción en volumen :	1.00	2.04	1.71	17.9	0.693	Lts/Pie³

Henry Rivadeneyra Ortiz
Tec. Laboratorio USAT
USAT Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

DISEÑO DE MEZCLA CON EL MÉTODO ACI 237-R

Tesista : LÓPEZ TORRES FRANCISCO JIAMPIER
Universidad : UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
Tesis : Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm² con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado
Lugar : Av San Josemaría Escriva de Balaguer 855, Chiclayo 14012

Ensayo : DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO (Sin aire incorporado)
Referencia : RECOMENDACIÓN ACI 237 R

DATOS

RESISTENCIA DEL DISEÑO: F'c = 280 Kg/cm2

I.) DATOS DE LOS AGREGADOS:

	GRUESO:	FINO:	UND
01.- Tamaño máximo nominal	3/4"	-	pulg.
02.- Peso Unitario suelto seco	1472.55	1643.49	kg/m³
03.- Peso Unitario compactado seco	1608.96	1792.25	kg/m³
04.- Peso específico de masa seco	2614.68	2826.78	kg/m³
05.- Contenido de humedad	1.13	1.87	%
06.- Contenido de absorción	0.83	0.79	%
07.- Módulo de fineza (adimensional)	-	2.8428	

II.) DATOS DEL CEMENTO

08.- Peso específico del cemento : Cemento Tipo I - CEMEX — 3080 kg/m³

III.) DATOS DEL AGUA

09.- Peso específico del agua : Potable a 24°C — 1000 l/m³

IV.) DATOS DEL ADITIVO

11.- Porcentaje del aditivo : Z RR PLAST - 971 (SUPERPLASTIFICANTE) — 1.63 %
12.- Densidad del aditivo : Z RR PLAST - 971 — 1200 kg/m³

V.) DATOS DE LA FIBRA

13.- Densidad : Fibra de SISAL — 1500 kg/m³

DATOS

I.) PASO 1: DETERMINAR LA RESISTENCIA A LOS 28 DÍAS

Calculo de Resist. promedio f'cr		
<210	f'c+	/0
210 a 350	f'c+	85
>350	f'c+	98

F'c= 365 kg/cm²

II.) PASO 2: RELACIÓN DE a/c

f'cr a los 28 días (kg/cm2)	C° S/Aire incorporado	C° C/Aire incorporado
200	0.70	0.61
210	0.68	0.59
250	0.62	0.53
280	0.57	0.48
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	0.34
420	0.41	0.33

a/c = 0.465

Según la **ACI 237 - R**, la relación agua/cemento **(a/c)** en un concreto autocompactante suele estar en el rago de 0.30 - 0.45

a/c = 0.450

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO

Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

III.) PASO 3: DETERMINAR EL FLUJO DE ASENTAMIENTO DESEADO

Tabla 80: *Objetivos de Slump Flow (Daczko and Container, 2001)*

CARACTERISTICAS DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES		SLUMP FLOW		
		<550 mm	550 a 650mm	>650 mm
Nivel de refuerzo	Bajo			
	Medio			
	Alto			
Elementos de forma complicada	Bajo			
	Medio			
	Alto			
Elementos profundos	Bajo			
	Medio			
	Alto			
Excelentes acabados superficiales	Bajo			
	Medio			
	Alto			
Elementos largos	Bajo			
	Medio			
	Alto			
Paredes delgadas	Bajo			
	Medio			
	Alto			
Contenido de agregado grueso	Bajo			
	Medio			
	Alto			
Energia de colocación	Bajo			
	Medio			
	Alto			

Fuente: (ACI 237R-07, 2007) tomado de (León Parra & Eguez Álava, 2009)

Slump Flow ELEGIDO para un concreto autocompactante:	600 mm

IV.) PASO 4: CONTENIDO DE CEMENTO

Teniendo en cuenta el flujo de asentamiento obtenido según la tabla anterior, se puede calcular la cantidad de cemento mediante la siguiente tabla:

Rangos de contenido de cemento según su SLUMP			
mm	<550	550-600	>650
Contenido de material cementante (kg/m3)	355-385	385-445	>458

550	385.00
600	445.00
600	445.00

cantidad de cemento =	445.0 kg/m3

V.) PASO 5: CONTENIDO DE AGUA

Relación a/c =	0.450
Cantidad de cemento =	445 kg/m3

Cantidad de agua =	200.25 Lt/m3

VI.) PASO 6: CONTENIDO DE ADITIVO

Porción del aditivo =	1.63%
Peso del cemento =	445.0 kg/m3

Cantidad de aditivo =	7.254 Lt/m3

VII.) PASO 7: CONTENIDO DE FIBRA DE SISAL

Porción de la fibra =	1.25%
Peso del cemento =	445.0 kg/m3

Cantidad de fibra =	5.563 kg/m3

VIII.) PASO 8: CONTENIDO DE AIRE

T.M.N	Aire (%)
4"	0.20%
3"	0.30%
2"	0.50%
1 1/2"	1.00%
1"	1.50%
3/4"	2.00%
1/2"	2.50%
3/8"	3.00%

% Aire atrapado=	2.00%

Volumen de Aire atrapado=	0.020 m3

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO

Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT
USAT Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

IX.) PASO 9: CONTENIDO DE AGREGADOS

	VOLUMENES				
cemento	0.1445	m3	AG.	45%	0.281
Agua	0.2003	m3	AF.	55%	0.344
Aditivo	0.0060	m3			
Aire	0.0200	m3			
Fibra	0.0037	m3			
SUMA	0.374				
0.626					

Cantidad de Ag. Grueso = 735.99 Kg/m3

Cantidad de Ag. Fino = 972.51 Kg/m3

DETERMINACIÓN DE CANTIDADES POR m3

a) Cemento	445.00	Kg/m^3	0.144	m^3
b) Agua	200.25	Lt/m^3	0.200	m^3
c) Aditivo	7.254	Lt/m^3	0.006	m^3
d) Fibra	5.563	Kg/m^3	0.004	m^3
e) Aire	0.02	m^3	0.020	m^3
f) Ag. Fino	972.51	Kg/m^3	0.344	m^3
g) Ag. Grueso	735.99	Kg/m^3	0.281	m^3
	2366.58		1.000	m^3

CORRECCIONES DE LA DOSIFICACIÓN

I.) PASO 1: CORRECCIÓN POR HUMEDAD

a) Ag. Fino 990.74 Kg
b) Ag. Grueso 744.31 Kg

$$\text{Corrección por humedad}\,(kg) = \text{Contenido de Agregado}\,(Kg) \times \left(\frac{\%\text{de humedad}}{100} + 1\right)$$

II.) PASO 2: APORTE DE AGUA

a) Ag. Fino 10.78 Lt
b) Ag. Grueso 2.25 Lt

$$\text{Aporte de Agua}\,(\text{Lt.}) = \text{Contenido de Agregado Corregido}\,(Kg) \times \left(\frac{\%\text{de humedad} - \%\text{Absorción}}{100}\right)$$

Aporte de Agua de Agregados = 13.03 Lt

III.) PASO 3: AGUA EFECTIVA EN LA MEZCLA

Agua efectiva en la mezcla = 187.22 Lt

$$\text{Agua Efectiva}\,(\text{Lt.}) = \text{Agua de Mezcla}\,(\text{Lt.}) - \text{Aporte de Agua de Agregados}\,(\text{Lt.})$$

IV.) PASO 4: RELACIÓN "A/C" EFECTIVA

Relación a/c efectiva = 0.421

$$\text{Relación}\frac{A}{C}\text{Efectiva} = \frac{\text{Agua Efectiva}\,(\text{Lt.})}{\text{Contenido de Cemento}\,(Kg.)}$$

RESULTADO FINAL DEL DISEÑO (Húmedo)

I.) PASO 1: DETERMINAR LAS CANTIDADES FINALES

a) Cemento	445.00	Kg/m^3	0.144	m^3
b) Agua	187.22	Lt/m^3	0.187	m^3
c) Aditivo	7.254	Lt/m^3	0.006	m^3
d) Fibra	5.563	Kg/m^3	0.004	m^3
e) Aire	0.02	m^3	0.020	m^3
f) Ag. Fino	990.74	Kg/m^3	0.354	m^3
g) Ag. Grueso	744.31	Kg/m^3	0.285	m^3
	2380.11		1.000	m^3

PARÁMETROS PARA EL PROPORCIONAMIENTO DE MEZCLAS DE CONCRETO AUTOCOMPACTANTE	
Vol. Absoluto de Ag. Grueso	28.47%
Fracción de Pasta	35.77%
Fracción de Mortero	71.16%
Relación a/c	0.42
Contenido de cemento	445.0 kg/m3

II.) PASO 2: TANDA DE ENSAYO

Medidas de una probeta de concreto:	Diámetro (D) =	15.20 cm =	0.01815 m2
	Altura (h) =	30.20 cm =	0.3020 m
	N° probetas =		3.0
	% desperdicio =		1.15

Vol. del molde = 0.005480 m3

Vol. molde + desperdicio = 0.018906 m3

II.) PASO 2: CANTIDAD DE MATERIAL QUE ENTRA POR TANDA DE ENSAYO

a) Cemento	8.413	Kg
b) Agua	3.540	Lt
c) Aditivo	0.137	Lt
d) Fibra	0.105	Kg
e) Ag. Fino	18.731	Kg
f) Ag. Grueso	14.072	Kg
	44.998	Kg

$F/^{cemento}$	10.5	Bolsas
$R^{a/c}$	0.450	Diseño
$R^{a/c}$	0.421	Obra
Aditivo	7.254	Kg/m3

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO

II.) PASO 2: DOSIFICACIÓN (materiales con humedad natural)

	Cemento	Arena	Piedra	Agua	Aditivo	
Proporción en peso :	1.00	2.23	1.67	17.9	0.693	Lts/Pie^3
Proporción en volumen :	1.00	2.09	1.70	17.9	0.693	Lts/Pie^3

Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT
USAT Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

DISEÑO DE MEZCLA CON EL MÉTODO ACI 237-R

Tesista : LÓPEZ TORRES FRANCISCO JIAMPIER
Universidad : UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
Tesis : Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm² con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado
Lugar : Av San Josemaría Escriva de Balaguer 855, Chiclayo 14012

Ensayo : DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO (Sin aire incorporado)
Referencia : RECOMENDACIÓN ACI 237 R

RESISTENCIA DEL DISEÑO: F'c = 280 Kg/cm2

I.) DATOS DE LOS AGREGADOS:

	GRUESO:	FINO:	UND
01.- Tamaño máximo nominal	3/4"	-	pulg.
02.- Peso Unitario suelto seco	1472.55	1643.49	kg/m³
03.- Peso Unitario compactado seco	1608.96	1792.25	kg/m³
04.- Peso específico de masa seco	2614.68	2826.78	kg/m³
05.- Contenido de humedad	1.13	1.87	%
06.- Contenido de absorción	0.83	0.79	%
07.- Módulo de fineza (adimensional)	-	2.8428	

II.) DATOS DEL CEMENTO

08.- Peso específico del cemento : Cemento Tipo I - CEMEX — 3080 kg/m³

III.) DATOS DEL AGUA

09.- Peso específico del agua : Potable a 24°C — 1000 L/m³

IV.) DATOS DEL ADITIVO

11.- Porcentaje del aditivo : Z RR PLAST - 971 (SUPERPLASTIFICANTE) — 1.63 %
12.- Densidad del aditivo : Z RR PLAST - 971 — 1200 kg/m³

V.) DATOS DE LA FIBRA

13.- Densidad : Fibra de SISAL — 1500 kg/m³

DATOS

I.) PASO 1: DETERMINAR LA RESISTENCIA A LOS 28 DÍAS

Calculo de Resist. promedio f'cr		
<210	f'c+	/0
210 a 350	f'c+	85
>350	f'c+	98

F'c= 365 kg/cm²

II.) PASO 2: RELACIÓN DE a/c

f'cr a los 28 días (kg/cm2)	C° S/Aire incorporado	C° C/Aire incorporado
200	0.70	0.61
210	0.68	0.59
250	0.62	0.53
280	0.57	0.48
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	0.34
420	0.41	0.33

a/c = 0.465

Según la **ACI 237 - R**, la relación agua/cemento **(a/c)** en un concreto autocompactante suele estar en el rago de 0.30 - 0.45

a/c = 0.450

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO

Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT
USAT Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

III.) PASO 3: DETERMINAR EL FLUJO DE ASENTAMIENTO DESEADO

Tabla 80: *Objetivos de Slump Flow (Daczko and Container, 2001)*

CARACTERISTICAS DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES		SLUMP FLOW		
		<550 mm	550 a 650mm	>650 mm
Nivel de refuerzo	Bajo			
	Medio			
	Alto			
Elementos de forma complicada	Bajo			
	Medio			
	Alto			
Elementos profundos	Bajo			
	Medio			
	Alto			
Excelentes acabados superficiales	Bajo			
	Medio			
	Alto			
Elementos largos	Bajo			
	Medio			
	Alto			
Paredes delgadas	Bajo			
	Medio			
	Alto			
Contenido de agregado grueso	Bajo			
	Medio			
	Alto			
Energia de colocación	Bajo			
	Medio			
	Alto			

Fuente: (ACI 237R-07, 2007) tomado de (León Parra & Eguez Álava, 2009)

Slump Flow ELEGIDO para un concreto autocompactante:	600 mm

IV.) PASO 4: CONTENIDO DE CEMENTO

Teniendo en cuenta el flujo de asentamiento obtenido según la tabla anterior, se puede calcular la cantidad de cemento mediante la siguiente tabla:

Rangos de contenido de cemento según su SLUMP			
mm	<550	550-600	>650
Contenido de material cementante (kg/m3)	355-385	385-445	>458

550	385.00
600	445.00
600	445.00

cantidad de cemento =	445.0 kg/m3

V.) PASO 5: CONTENIDO DE AGUA

Relación a/c =	0.450
Cantidad de cemento =	445 kg/m3

Cantidad de agua =	200.25 Lt/m3

VI.) PASO 6: CONTENIDO DE ADITIVO

Porción del aditivo =	1.63%
Peso del cemento =	445.0 kg/m3

Cantidad de aditivo =	7.254 Lt/m3

VII.) PASO 7: CONTENIDO DE FIBRA DE SISAL

Porción de la fibra =	2.00%
Peso del cemento =	445.0 kg/m3

Cantidad de fibra =	8.900 kg/m3

VIII.) PASO 8: CONTENIDO DE AIRE

T.M.N	Aire (%)
4"	0.20%
3"	0.30%
2"	0.50%
1 1/2"	1.00%
1"	1.50%
3/4"	2.00%
1/2"	2.50%
3/8"	3.00%

% Aire atrapado=	2.00%

Volumen de Aire atrapado=	0.020 m3

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT
TECNICO DE LABORATORIO

Henry Ribadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT
USAT Universidad Católica

IX.) PASO 9: CONTENIDO DE AGREGADOS

VOLUMENES					
cemento	0.1445	m3	AG.	45%	0.280
Agua	0.2003	m3	AF.	55%	0.343
Aditivo	0.0060	m3			
Aire	0.0200	m3	**Cantidad de Ag. Grueso =**	733.37 Kg/m3	
Fibra	0.0059	m3			
SUMA	**0.377**		**Cantidad de Ag. Fino =**	969.05 Kg/m3	
0.623					

DETERMINACIÓN DE CANTIDADES POR m3

a) Cemento	445.00	Kg/m^3	0.144	m^3
b) Agua	200.25	Lt/m^3	0.200	m^3
c) Aditivo	7.254	Lt/m^3	0.006	m^3
d) Fibra	8.900	Kg/m^3	0.006	m^3
e) Aire	0.02	m^3	0.020	m^3
f) Ag. Fino	969.05	Kg/m^3	0.343	m^3
g) Ag. Grueso	733.37	Kg/m^3	0.280	m^3
	2363.84		1.000	m^3

CORRECCIONES DE LA DOSIFICACIÓN

I.) PASO 1: CORRECCIÓN POR HUMEDAD

a) Ag. Fino	987.21 Kg
b) Ag. Grueso	741.66 Kg

$$Corrección\ por\ humedad\ (kg) = Contenido\ de\ Agregado\ (Kg) \times \frac{\%de\ humedad}{100} + 1$$

II.) PASO 2: APORTE DE AGUA

a) Ag. Fino	10.74 Lt
b) Ag. Grueso	2.24 Lt

$$Aporte\ de\ Agua\ (L.) = Contenido\ de\ Agregado\ Corregido\ (Kg) \times \left(\frac{\%de\ humedad - \%Absorción}{100}\right)$$

Aporte de Agua de Agregados = 12.98 Lt

III.) PASO 3: AGUA EFECTIVA EN LA MEZCLA

Agua efectiva en la mezcla = 187.27 Lt

$$Agua\ Efectiva\ (L.) = Agua\ de\ Mezcla\ (L.) - Aporte\ de\ Agua\ de\ Agregados\ (L.)$$

IV.) PASO 4: RELACIÓN "A/C" EFECTIVA

Relación a/c efectiva = 0.421

$$Relación\ \frac{A}{C}\ Efectiva = \frac{Agua\ Efectiva\ (L.)}{Contenido\ de\ Cemento\ (Kg.)}$$

RESULTADO FINAL DEL DISEÑO (Húmedo)

I.) PASO 1: DETERMINAR LAS CANTIDADES FINALES

a) Cemento	445.00	Kg/m^3	0.144	m^3
b) Agua	187.27	Lt/m^3	0.187	m^3
c) Aditivo	7.254	Lt/m^3	0.006	m^3
d) Fibra	8.900	Kg/m^3	0.006	m^3
e) Aire	0.02	m^3	0.020	m^3
f) Ag. Fino	987.21	Kg/m^3	0.353	m^3
g) Ag. Grueso	741.66	Kg/m^3	0.284	m^3
	2377.32		1.000	m^3

PARÁMETROS PARA EL PROPORCIONAMIENTO DE MEZCLAS DE CONCRETO AUTOCOMPACTANTE	
Vol. Absoluto de Ag. Grueso	28.37%
Fracción de Pasta	35.78%
Fracción de Mortero	71.04%
Relación a/c	0.42
Contenido de cemento	445.0 kg/m3

II.) PASO 2: TANDA DE ENSAYO

Medidas de una probeta de concreto:	Diámetro (D) =	15.20 cm =	0.01815 m2
	Altura (h) =	30.20 cm =	0.3020 m
	N° probetas =		3.0
	% desperdicio =		1.15

Vol. del molde = 0.005480 m3

Vol. molde + desperdicio = 0.018906 m3

II.) PASO 2: CANTIDAD DE MATERIAL QUE ENTRA POR TANDA DE ENSAYO

a) Cemento	8.413 Kg	$F/_{cemento}$	10.5 Bolsas
b) Agua	3.541 Lt	$R^{a/c}$	0.450 Diseño
c) Aditivo	0.137 Lt	$R^{a/c}$	0.421 Obra
d) Fibra	0.168 Kg	Aditivo	7.254 Kg/m3
e) Ag. Fino	18.664 Kg		
f) Ag. Grueso	14.022 Kg		
	44.946 Kg	Kg	

II.) PASO 2: DOSIFICACIÓN (materiales con humedad natural)

	Cemento	Arena	Piedra	Agua	Aditivo	
Proporción en peso :	1.00	2.22	1.67	17.9	0.693	Lts/Pie^3
Proporción en volumen :	1.00	2.03	1.70	17.9	0.693	Lts/Pie^3

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO

Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT
USAT Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Formato Interno para ensayo de: **FLUIDEZ (SLUMP FLOW)**

TESISTA : Francisco Jiampier López Torres

ESCUELA : Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

TESIS : Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm^2 con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado.

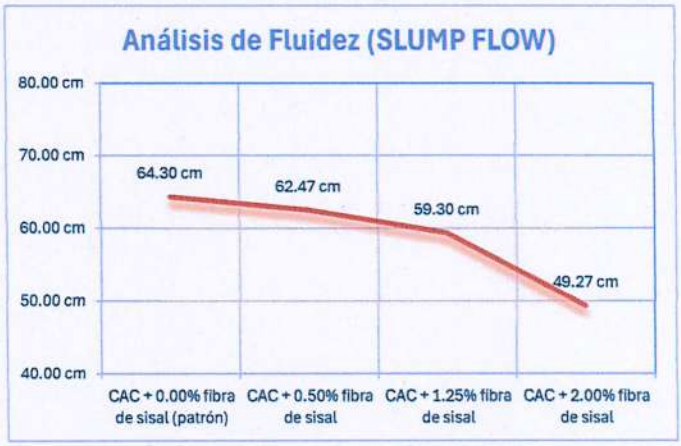
LUGAR : Av San Josemaría Escriva de Balaguer 855, Chiclayo 14012

Ensayo : Fluidez (SLUMP FLOW)

Referencia : Norma ASTM C-1611

I.- MEDICIONES DE LONGITUD:

Muestra	Flujo de asentamiento (cm)			Promedio (cm)
	M1	M2	M3	
CAC + 0.00% fibra de sisal (patrón)	64.30	64.10	64.50	**64.30 cm**
CAC + 0.50% fibra de sisal	62.60	62.40	62.40	**62.47 cm**
CAC + 1.25% fibra de sisal	58.90	58.90	60.10	**59.30 cm**
CAC + 2.00% fibra de sisal	49.20	49.50	49.10	**49.27 cm**



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES USAT

TÉCNICO DE LABORATORIO

II.- PARÁMETROS:

Clasificación del Flujo	Diámetro de Slump Flow (cm)	Interpretación
Muy bajo	< 55 cm	Fluidez insuficiente (no es CAC)
Aceptable para CAC	55 - 80 cm	Fluidez adecuada (sin segregación)
Excesivo	> 80 cm	Riesgo de segregación

Henry Rondeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Formato Interno para ensayo de: **T-500**

TESISTA : Francisco Jiampier López Torres

ESCUELA : Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

TESIS : Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm^2 con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado.

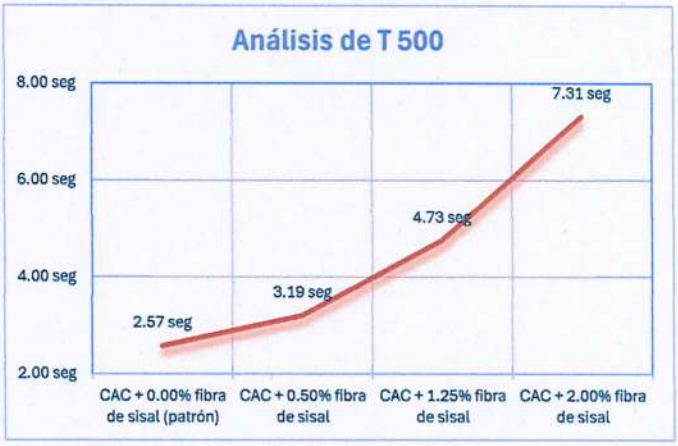
LUGAR : Av San Josemaría Escriva de Balaguer 855, Chiclayo 14012

Ensayo : T 500

Referencia : Norma ASTM C-1611

I.- MEDICIONES DE TIEMPO:

Muestra	Tiempo (seg)			Promedio (seg)
	M1	M2	M3	
CAC + 0.00% fibra de sisal (patrón)	2.57	2.51	2.62	**2.57 seg**
CAC + 0.50% fibra de sisal	3.24	3.19	3.15	**3.19 seg**
CAC + 1.25% fibra de sisal	4.71	4.76	4.73	**4.73 seg**
CAC + 2.00% fibra de sisal	7.30	7.35	7.28	**7.31 seg**



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO

II.- PARÁMETROS:

Tiempo T 500 (s)	Interpretación de la Viscosidad
< 2	Muy baja viscosidad (riesgo de segregación)
2 - 5	Viscosidad adecuada (rango ideal para SCC)
> 6	Alta viscosidad (riesgo de mezcla muy densa, poco fluida)

Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT
USAT Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Formato Interno para ensayo de: **ANILLO - J**

TESISTA : Francisco Jiampier López Torres

ESCUELA : Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

TESIS : Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm² con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado.

LUGAR : Av San Josemaría Escriva de Balaguer 855, Chiclayo 14012

Ensayo : Anillo J

Referencia : Norma ASTM C-1621

I.- DIFERENCIA DE ALTURA (ALTURA INTERNA VS EXTERNA)

1.- Mediciones de Longitudes

Muestra	Altura dentro de anillo (H1) (cm)			Altura fuera de anillo (H2) (cm)			ΔH (cm)			Promedio (cm)
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	
CAC + 0.00% fibra de sisal (patrón)	10.50	10.40	10.60	10.30	10.20	10.20	0.20	0.20	0.40	**0.27 cm**
CAC + 0.50% fibra de sisal	10.30	10.20	10.20	9.90	10.00	9.90	0.40	0.20	0.30	**0.30 cm**
CAC + 1.25% fibra de sisal	9.80	10.00	9.90	9.30	9.40	9.30	0.50	0.60	0.60	**0.57 cm**
CAC + 2.00% fibra de sisal	9.40	9.30	9.40	8.40	8.50	8.50	1.00	0.80	0.90	**0.90 cm**



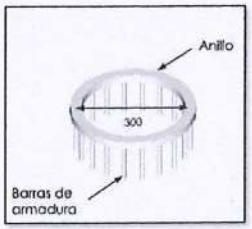
2.- Parámetros:

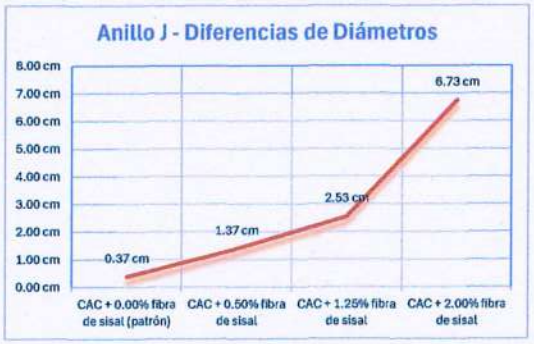
ΔH = H1-H2	Interpretación de la Capacidad de paso
ΔH <= 1 cm	Buena capacidad de paso
ΔH > 1 cm	Posible bloqueo o fricción interna excesiva

II .- COMPARACIÓN CON SLUMP FLOW SIN ANILLO

1 .- Mediciones de Longitudes

Muestra	Diámetro sin anillo (D1) (cm)			Diámetro con anillo (D2) (cm)			ΔD (cm)			Promedio (cm)
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	
CAC + 0.00% fibra de sisal (patrón)	64.30	64.10	64.50	64.00	64.00	63.80	0.30	0.10	0.70	**0.37 cm**
CAC + 0.50% fibra de sisal	62.60	62.40	62.40	61.20	61.00	61.10	1.40	1.40	1.30	**1.37 cm**
CAC + 1.25% fibra de sisal	58.90	58.90	60.10	56.80	56.80	56.70	2.10	2.10	3.40	**2.53 cm**
CAC + 2.00% fibra de sisal	49.20	49.50	49.10	42.50	42.40	42.70	6.70	7.10	6.40	**6.73 cm**





II.- Parámetros:

ΔD = Slump - Diámetro "J"	Interpretación de la Capacidad de paso
ΔD <= 5 cm	Excelente capacidad de paso
ΔD > 5 cm	Mezcla con restricciones de flujo

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Formato Interno para ensayo de: **CAJA - L**

TESISTA : Francisco Jiampier López Torres

ESCUELA : Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

TESIS : Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm² con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado.

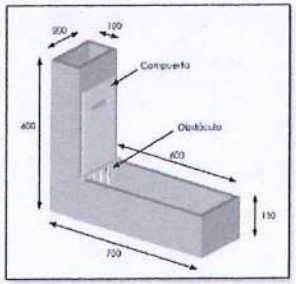
LUGAR : Av San Josemaría Escriva de Balaguer 855, Chiclayo 14012

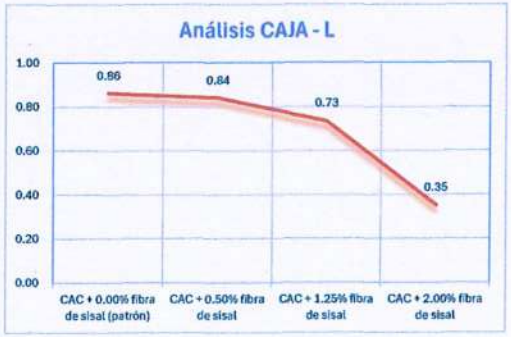
Ensayo : Caja - L

Referencia : Norma UNE-EN 12350-10

I.- MEDICIONES DE LONGITUD:

Muestra	Altura final del concreto en el brazo horizontal (H1) (cm)			Altura inicial del concreto en el brazo vertical (H2) (cm)			Relación H1/H2			Promedio
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	
CAC + 0.00% fibra de sisal (patrón)	12.10	12.20	12.00	14.10	14.10	14.00	0.86	0.87	0.86	**0.86**
CAC + 0.50% fibra de sisal	12.00	11.90	11.90	14.20	14.20	14.30	0.85	0.84	0.83	**0.84**
CAC + 1.25% fibra de sisal	11.20	11.20	11.20	15.30	15.20	15.30	0.73	0.74	0.73	**0.73**
CAC + 2.00% fibra de sisal	6.50	6.60	6.40	18.50	18.60	18.60	0.35	0.35	0.34	**0.35**





II.- Parámetros:

H1/H2	Interpretación de la Capacidad de paso
>= 0.80	Buena capacidad de paso
0.60 - 0.79	Capacidad de paso moderada
< 0.6	Posible bloqueo o fricción interna excesiva

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Formato Interno para ensayo de: **EMBUDO EN V**

TESISTA : Francisco Jiampier López Torres

ESCUELA : Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

TESIS : Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm^2 con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado.

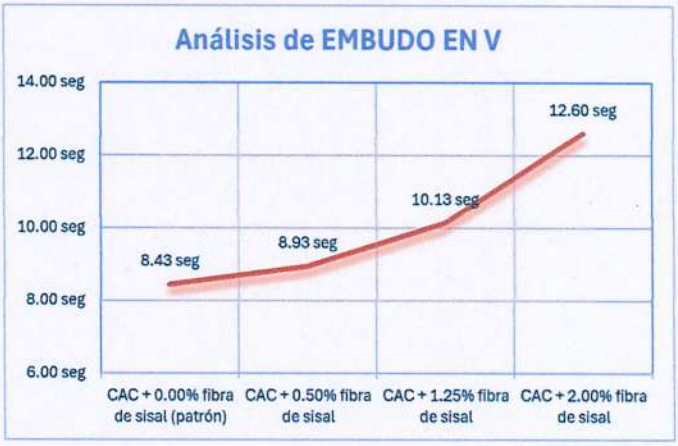
LUGAR : Av San Josemaría Escriva de Balaguer 855, Chiclayo 14012

Ensayo : EMBUDO EN V

Referencia : Norma UNE-EN 12350-9

I.- MEDICIONES DE TIEMPO:

Muestra	Flujo de asentamiento (cm)			Promedio (seg)
	M1	M2	M3	
CAC + 0.00% fibra de sisal (patrón)	8.40	8.50	8.40	**8.43 seg**
CAC + 0.50% fibra de sisal	8.90	8.90	9.00	**8.93 seg**
CAC + 1.25% fibra de sisal	10.10	10.20	10.10	**10.13 seg**
CAC + 2.00% fibra de sisal	12.60	12.50	12.70	**12.60 seg**



II.- Parámetros:

Tiempo de Flujo (s)	Interpretación del Comportamiento
6 - 12	Fluidez adecuada
< 6	Mezcla muy fluida, riesgo de segregación
> 12	Mezcla muy viscosa, riesgo de bloqueo o falta de llenado

Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES USAT

TÉCNICO DE LABORATORIO

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Formato Interno para ensayo de: **TEMPERATURA**

SOLICITANTE : Francisco Jiampier López Torres

ESCUELA : Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

TESIS : Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm^2 con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado.

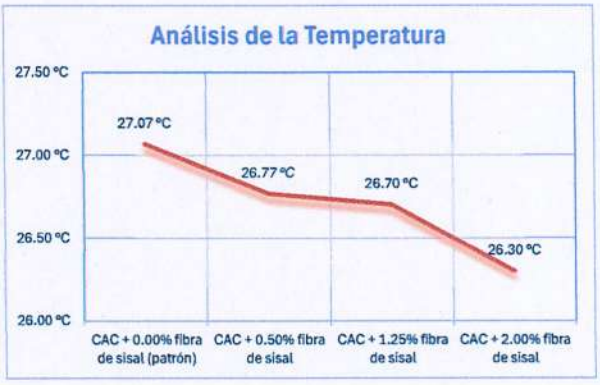
LUGAR : Av San Josemaría Escriva de Balaguer 855, Chiclayo 14012

Ensayo : TEMPERATURA

Referencia : Norma NTP 339.184 / ASTM C1064

I.- MEDICIONES DE TEMPERATURA:

Muestra	Temperatura (°C)			Promedio (°C)
	M1	M2	M3	
CAC + 0.00% fibra de sisal (patrón)	26.80	27.30	27.10	**27.07 °C**
CAC + 0.50% fibra de sisal	27.20	26.60	26.50	**26.77 °C**
CAC + 1.25% fibra de sisal	26.80	26.50	26.80	**26.70 °C**
CAC + 2.00% fibra de sisal	26.00	26.50	26.40	**26.30 °C**



2.- Parámetros:

Temperatura °C	Interpretación de la Temperatura para el Concreto
10 - 30 °C	Rango óptimo para la colocación
< 10 °C	Ralentiza el fraguado y reduce resistencia temprana
> 30 °C	Riesgo de pérdida rápida de trabajabilidad y fisuración por secado

Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Formato Interno para ensayo de: **PESO UNITARIO EN EL CONCRETO**

TESISTA	: Francisco Jiampier López Torres
ESCUELA	: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
TESIS	: Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm² con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado
LUGAR	: Av San Josemaría Escriva de Balaguer 855, Chiclayo 14012

Ensayo : PESO UNITARIO EN EL CONCRETO

Referencia : Norma NTP 339.046 / ASTM C138

I .- MEDICIONES DE PESO UNITARIO

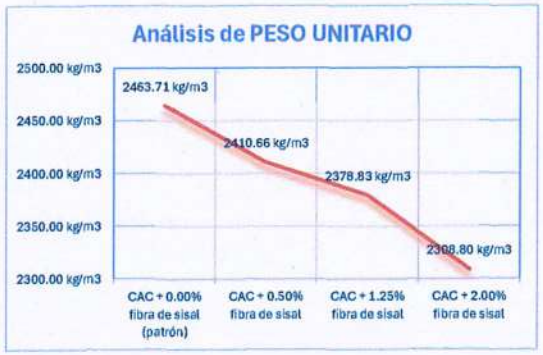
DESCRIPCIÓN		MUESTRAS											
		CAC + 0.00% fibra de sisal (patrón)			CAC + 0.50% fibra de sisal			CAC + 1.25% fibra de sisal			CAC + 2.00% fibra de sisal		
		M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
1.- Peso del material + recipiente	(gr.)	**4120.0**	**4100.0**	**4110.0**	**4030.0**	**4020.0**	**4030.0**	**3980.0**	**3970.0**	**3980.0**	**3860.0**	**3870.0**	**3870.0**
2.- Peso del recipiente	(gr.)	240.0	240.0	240.0	240.0	240.0	240.0	240.0	240.0	240.0	240.0	240.0	240.0
3.- Peso del material	(gr.)	3880.0	3860.0	3870.0	3790.0	3780.0	3790.0	3740.0	3730.0	3740.0	3620.0	3630.0	3630.0
4.- Volumen del recipiente	(m^3)	0.00157	0.00157	0.00157	0.00157	0.00157	0.00157	0.00157	0.00157	0.00157	0.00157	0.00157	0.00157
5.- Peso unitario real por muestra	(kg/m^3)	2470.1	2457.3	2463.7	2412.8	2406.4	2412.8	2381.0	2374.6	2381.0	2304.6	2310.9	2310.9
6.- Peso unitario real (Promedio)	**(kg/m^3)**		**2463.71**			**2410.66**			**2378.83**			**2308.80**	
7.- Peso unitario teórico (diseño de mezcla)	(kg/m^3)		2384.75			2382.89			2380.11			2377.32	
8.- Rendimiento			**0.97**			**0.99**			**1.00**			**1.03**	

II .- RESULTADOS

Muestra	Peso Unitario (kg/m3)
CAC + 0.00% fibra de sisal (patrón)	**2463.71 kg/m3**
CAC + 0.50% fibra de sisal	**2410.66 kg/m3**
CAC + 1.25% fibra de sisal	**2378.83 kg/m3**
CAC + 2.00% fibra de sisal	**2308.80 kg/m3**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO

Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT
USAT Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo



II.- Parámetros:

Peso Unitario (kg/m3)	Interpretación del Comportamiento
2300 - 2500	Rango normal
>2500	Concreto denso (posiblemente con agregado pesado)
<2300	Ligera pérdida de masa (posible exceso de aire, aditivos, fibras en exceso)

Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT

TÉCNICO DE LABORATORIO

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Formato Interno para ensayo de: **CONTENIDO DE AIRE POR MÉTODO A PRESIÓN**

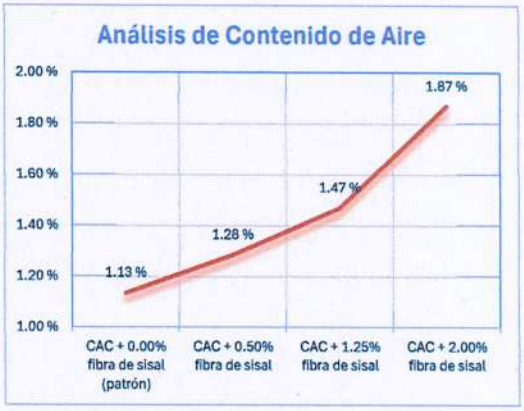
TESISTA	: Francisco Jiampier López Torres
ESCUELA	: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
TESIS	: Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm^2 con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado.
LUGAR	: Av San Josemaría Escriva de Balaguer 855, Chiclayo 14012

Ensayo : CONTENIDO DE AIRE POR MÉTODO A PRESIÓN

Referencia : Norma NTP 339.083 / ASTM C231

I.- MEDICIONES DE PRESIÓN:

Muestra	Contenido de aire (%)			Promedio (%)
	M1	M2	M3	
CAC + 0.00% fibra de sisal (patrón)	1.10	1.10	1.20	**1.13 %**
CAC + 0.50% fibra de sisal	1.25	1.30	1.30	**1.28 %**
CAC + 1.25% fibra de sisal	1.40	1.50	1.50	**1.47 %**
CAC + 2.00% fibra de sisal	1.80	1.80	2.00	**1.87 %**



2.- Parámetros:

Contenido de Aire (%)	Interpretación del Contenido de Aire
< 1.00	Mezcla demasiado densa o segregación incipiente.
1.00 - 1.50	Ideal para concretos autocompactantes
1.60 - 2.50	Contenido de Aire moderado
> 2.50	Señal de mala dispersión de fibras o exceso de aire atrapado.

Henry Rivadeneyra Oblitas
Téc. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Formato Interno para ensayo de: **RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

TESISTA	: Francisco Jiampier López Torres
ESCUELA	: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
TESIS	: Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm^2 con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado.
LUGAR	: Av San Josemaría Escriva de Balaguer 855, Chiclayo 14012

Ensayo : Resistencia a la Compresión

Referencia : Norma ASTM C39-2005 - NTP 339.034

PROBETAS CON CONCRETO AUTOCOMPACTANTE CON 0.00% DE FIBRA DE SISAL

I.- Resultados.

N°	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD DÍAS	DIÁMETRO cm	ÁREA cm2	CARGA Kgf	ESF. ROTURA Kgf/cm2	F'c Kgf/cm2	%	PROMEDIO F'c Kgf/cm2
1	28/05/2025	04/06/2025	7	10.00	78.50	15747.90	200.6	280	71.64%	202.37
2	28/05/2025	04/06/2025	7	10.01	78.73	15841.40	201.2	280	71.86%	
3	28/05/2025	04/06/2025	7	10.01	78.69	16155.70	205.3	280	73.32%	

II.- Parámetros:

OBSERVACIONES: Los especímenes fueron elaborados con cemento "CEMEX tipo I", agregado fino y grueso proveniente de la cantera "La Victoria - Pátapo" y aditivo superplastificante "Z RR PLAST-971"

PARÁMETROS	
7 días	70 - 85 %
14 días	85 - 95 %
28 días	100 - 120%

Harry Riva Obllas
Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROV
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Formato Interno para ensayo de: **RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

TESISTA : Francisco Jiampier López Torres

ESCUELA : Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

TESIS : Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm^2 con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado.

LUGAR : Av San Josemaría Escriva de Balaguer 855, Chiclayo 14012

Ensayo : Resistencia a la Compresión

Referencia : Norma ASTM C39-2005 - NTP 339.034

PROBETAS CON CONCRETO AUTOCOMPACTANTE CON 0.00% DE FIBRA DE SISAL

I.- Resultados.

N°	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD DÍAS	DIÁMETRO cm	ÁREA cm2	CARGA Kgf	ESF. ROTURA Kgf/cm2	F'c Kgf/cm2	%	PROMEDIO F'c Kgf/cm2
1	28/05/2025	11/06/2025	14	10.00	78.54	19997.40	254.6	280	90.93%	252.63
2	28/05/2025	11/06/2025	14	10.02	78.92	19801.20	250.9	280	89.61%	
3	28/05/2025	11/06/2025	14	10.01	78.67	19855.30	252.4	280	90.14%	

II.- Parámetros:

OBSERVACIONES: Los especímenes fueron elaborados con cemento "CEMEX tipo I", agregado fino y grueso proveniente de la cantera "La Victoria - Pátapo" y aditivo superplastificante "Z RR PLAST-971"

PARÁMETROS	
7 días	70 - 85 %
14 días	85 - 95 %
28 días	100 - 120%

Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT

TÉCNICO DE LABORATORIO
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Formato Interno para ensayo de: **RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

TESISTA	: Francisco Jiampier López Torres
ESCUELA	: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
TESIS	: Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm^2 con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado.
LUGAR	: Av San Josemaría Escriva de Balaguer 855, Chiclayo 14012

Ensayo : Resistencia a la Compresión

Referencia : Norma ASTM C39-2005 - NTP 339.034

PROBETAS CON CONCRETO AUTOCOMPACTANTE CON 0.00% DE FIBRA DE SISAL

I.- Resultados.

N°	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD DÍAS	DIÁMETRO cm	ÁREA cm2	CARGA Kgf	ESF. ROTURA Kgf/cm2	F'c Kgf/cm2	%	PROMEDIO F'c Kgf/cm2
1	28/05/2025	25/06/2025	28	10.01	78.66	22456.90	285.5	280	101.96%	287.73
2	28/05/2025	25/06/2025	28	10.02	78.86	22679.20	287.6	280	102.71%	
3	28/05/2025	25/06/2025	28	10.01	78.72	22835.90	290.1	280	103.61%	

II.- Parámetros:

OBSERVACIONES: Los especímenes fueron elaborados con cemento "CEMEX tipo I", agregado fino y grueso proveniente de la cantera "La Victoria - Pátapo" y aditivo superplastificante "Z RR PLAST-971"

PARÁMETROS	
7 días	70 - 85 %
14 días	85 - 95 %
28 días	100 - 120%

Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETO Y ASFALTO
USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Formato Interno para ensayo de: **RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

TESISTA	: Francisco Jiampier López Torres
ESCUELA	: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
TESIS	: Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm^2 con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado.
LUGAR	: Av San Josemaría Escriva de Balaguer 855, Chiclayo 14012

Ensayo : Resistencia a la Compresión

Referencia : Norma ASTM C39-2005 - NTP 339.034

PROBETAS CON CONCRETO AUTOCOMPACTANTE CON 0.50% DE FIBRA DE SISAL

I.- Resultados.

N°	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD DÍAS	DIÁMETRO cm	ÁREA cm2	CARGA Kgf	ESF. ROTURA Kgf/cm2	F'c Kgf/cm2	%	PROMEDIO F'c Kgf/cm2
1	28/05/2025	04/06/2025	7	9.99	78.33	16473.10	210.3	280	75.11%	210.90
2	28/05/2025	04/06/2025	7	10.00	78.49	16937.70	215.8	280	77.07%	
3	28/05/2025	04/06/2025	7	9.99	78.41	16199.40	206.6	280	73.79%	

II.- Parámetros:

OBSERVACIONES: Los especímenes fueron elaborados con cemento "CEMEX tipo I", agregado fino y grueso proveniente de la cantera "La Victoria - Pátapo" y aditivo superplastificante "Z RR PLAST-971"

PARÁMETROS	
7 días	70 - 85 %
14 días	85 - 95 %
28 días	100 - 120%

Henry Rivadeneyra Oblitas
Téc. Laboratorio USAT

TÉCNICO DE LABORATORIO
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Formato Interno para ensayo de: **RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

TESISTA : Francisco Jiampier López Torres

ESCUELA : Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

TESIS : Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm^2 con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado.

LUGAR : Av San Josemaría Escriva de Balaguer 855, Chiclayo 14012

Ensayo : Resistencia a la Compresión

Referencia : Norma ASTM C39-2005 - NTP 339.034

PROBETAS CON CONCRETO AUTOCOMPACTANTE CON 0.50% DE FIBRA DE SISAL

I .- Resultados.

N°	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD DÍAS	DIÁMETRO cm	ÁREA cm2	CARGA Kgf	ESF. ROTURA Kgf/cm2	F'c Kgf/cm2	%	PROMEDIO F'c Kgf/cm2
1	28/05/2025	11/06/2025	14	10.00	78.52	20971.60	267.1	280	95.39%	263.77
2	28/05/2025	11/06/2025	14	10.02	78.84	20633.60	261.7	280	93.46%	
3	28/05/2025	11/06/2025	14	10.01	78.64	20642.20	262.5	280	93.75%	

II.- Parámetros:

OBSERVACIONES: Los especímenes fueron elaborados con cemento "CEMEX tipo I", agregado fino y grueso proveniente de la cantera "La Victoria - Pátapo" y aditivo superplastificante "Z RR PLAST-971"

PARÁMETROS	
7 días	70 - 85 %
14 días	85 - 95 %
28 días	100 - 120%

TÉCNICO DE LABORATORIO

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES USAT

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROV
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Formato Interno para ensayo de: **RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

TESISTA : Francisco Jiampier López Torres

ESCUELA : Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

TESIS : Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm^2 con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado.

LUGAR : Av San Josemaría Escriva de Balaguer 855, Chiclayo 14012

Ensayo : Resistencia a la Compresión

Referencia : Norma ASTM C39-2005 - NTP 339.034

PROBETAS CON CONCRETO AUTOCOMPACTANTE CON 0.50% DE FIBRA DE SISAL

I .- Resultados.

N°	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD DÍAS	DIÁMETRO cm	ÁREA cm2	CARGA Kgf	ESF. ROTURA Kgf/cm2	F'c Kgf/cm2	%	PROMEDIO F'c Kgf/cm2
1	28/05/2025	25/06/2025	28	9.99	78.36	23249.00	296.7	280	105.96%	296.73
2	28/05/2025	25/06/2025	28	9.99	78.45	22891.20	291.8	280	104.21%	
3	28/05/2025	25/06/2025	28	10.01	78.71	23746.10	301.7	280	107.75%	

II.- Parámetros:

OBSERVACIONES: Los especímenes fueron elaborados con cemento "CEMEX tipo I", agregado fino y grueso proveniente de la cantera "La Victoria - Pátapo" y aditivo superplastificante "Z RR PLAST-971"

PARÁMETROS	
7 días	70 - 85 %
14 días	85 - 95 %
28 días	100 - 120%

Henry Riva Deneyra Oblitas
Téc. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y MATERIALES
USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Formato Interno para ensayo de: **RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

TESISTA : Francisco Jiampier López Torres

ESCUELA : Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

TESIS : Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm^2 con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado.

LUGAR : Av San Josemaría Escriva de Balaguer 855, Chiclayo 14012

Ensayo : Resistencia a la Compresión

Referencia : Norma ASTM C39-2005 - NTP 339.034

PROBETAS CON CONCRETO AUTOCOMPACTANTE CON 1.25% DE FIBRA DE SISAL

I.- Resultados.

N°	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD DÍAS	DIÁMETRO cm	ÁREA cm2	CARGA Kgf	ESF. ROTURA Kgf/cm2	F'c Kgf/cm2	%	PROMEDIO F'c Kgf/cm2
1	28/05/2025	04/06/2025	7	10.02	78.89	19754.50	250.4	280	89.43%	252.30
2	28/05/2025	04/06/2025	7	10.00	78.61	20235.10	257.4	280	91.93%	
3	28/05/2025	04/06/2025	7	10.01	78.67	19595.50	249.1	280	88.96%	

II.- Parámetros:

OBSERVACIONES: Los especímenes fueron elaborados con cemento "CEMEX tipo I", agregado fino y grueso proveniente de la cantera "La Victoria - Pátapo" y aditivo superplastificante "Z RR PLAST-971"

PARÁMETROS	
7 días	70 - 85 %
14 días	85 - 95 %
28 días	100 - 120%

Henry Riladeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y EXPEDIENTE DE INVESTIGACIÓN
USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROV
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Formato Interno para ensayo de: **RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

TESISTA : Francisco Jiampier López Torres

ESCUELA : Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

TESIS : Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm^2 con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado.

LUGAR : Av San Josemaría Escriva de Balaguer 855, Chiclayo 14012

Ensayo : Resistencia a la Compresión

Referencia : Norma ASTM C39-2005 - NTP 339.034

PROBETAS CON CONCRETO AUTOCOMPACTANTE CON 1.25% DE FIBRA DE SISAL

I.- Resultados.

N°	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD DÍAS	DIÁMETRO cm	ÁREA cm2	CARGA Kgf	ESF. ROTURA Kgf/cm2	F'c Kgf/cm2	%	PROMEDIO F'c Kgf/cm2
1	28/05/2025	11/06/2025	14	10.01	78.66	22015.70	279.9	280	99.96%	277.20
2	28/05/2025	11/06/2025	14	10.01	78.77	21684.65	275.3	280	98.32%	
3	28/05/2025	11/06/2025	14	10.01	78.68	21746.41	276.4	280	98.71%	

II.- Parámetros:

OBSERVACIONES: Los especímenes fueron elaborados con cemento "CEMEX tipo I", agregado fino y grueso proveniente de la cantera "La Victoria - Pátapo" y aditivo superplastificante "Z RR PLAST-971"

PARÁMETROS	
7 días	70 - 85 %
14 días	85 - 95 %
28 días	100 - 120%

Henry Rivadeneyra Ortiz
Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Formato Interno para ensayo de: **RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

TESISTA : Francisco Jiampier López Torres

ESCUELA : Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

TESIS : Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm^2 con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado.

LUGAR : Av San Josemaría Escriva de Balaguer 855, Chiclayo 14012

Ensayo : Resistencia a la Compresión

Referencia : Norma ASTM C39-2005 - NTP 339.034

PROBETAS CON CONCRETO AUTOCOMPACTANTE CON 1.25% DE FIBRA DE SISAL

I.- Resultados.

N°	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD DÍAS	DIÁMETRO cm	ÁREA cm2	CARGA Kgf	ESF. ROTURA Kgf/cm2	F'c Kgf/cm2	%	PROMEDIO F'c Kgf/cm2
1	28/05/2025	25/06/2025	28	10.01	78.76	27464.20	348.7	280	124.54%	353.03
2	28/05/2025	25/06/2025	28	10.00	78.53	27996.10	356.5	280	127.32%	
3	28/05/2025	25/06/2025	28	9.99	78.37	27734.30	353.9	280	126.39%	

II.- Parámetros:

OBSERVACIONES: Los especímenes fueron elaborados con cemento "CEMEX tipo I", agregado fino y grueso proveniente de la cantera "La Victoria - Pátapo" y aditivo superplastificante "Z RR PLAST-971"

PARÁMETROS	
7 días	70 - 85 %
14 días	85 - 95 %
28 días	100 - 120%

Henry Riva Deneyra Oblitas
Téc. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROV
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Formato Interno para ensayo de: **RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

TESISTA	: Francisco Jiampier López Torres
ESCUELA	: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
TESIS	: Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm^2 con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado.
LUGAR	: Av San Josemaría Escriva de Balaguer 855, Chiclayo 14012

Ensayo : Resistencia a la Compresión

Referencia : Norma ASTM C39-2005 - NTP 339.034

PROBETAS CON CONCRETO AUTOCOMPACTANTE CON 2.00% DE FIBRA DE SISAL

I.- Resultados.

N°	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD DÍAS	DIÁMETRO cm	ÁREA cm2	CARGA Kgf	ESF. ROTURA Kgf/cm2	F'c Kgf/cm2	%	PROMEDIO F'c Kgf/cm2
1	28/05/2025	04/06/2025	7	10.01	78.70	15142.30	192.4	280	68.71%	194.73
2	28/05/2025	04/06/2025	7	9.99	78.44	15594.50	198.8	280	71.00%	
3	28/05/2025	04/06/2025	7	10.00	78.48	15146.20	193.0	280	68.93%	

II.- Parámetros:

OBSERVACIONES: Los especímenes fueron elaborados con cemento "CEMEX tipo I", agregado fino y grueso proveniente de la cantera "La Victoria - Pátapo" y aditivo superplastificante "Z RR PLAST-971"

PARÁMETROS	
7 días	70 - 85 %
14 días	85 - 95 %
28 días	100 - 120%

Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Formato Interno para ensayo de: **RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

TESISTA : Francisco Jiampier López Torres

ESCUELA : Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

TESIS : Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm^2 con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado.

LUGAR : Av San Josemaría Escriva de Balaguer 855, Chiclayo 14012

Ensayo : Resistencia a la Compresión

Referencia : Norma ASTM C39-2005 - NTP 339.034

PROBETAS CON CONCRETO AUTOCOMPACTANTE CON 2.00% DE FIBRA DE SISAL

I.- Resultados.

N°	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD DÍAS	DIÁMETRO cm	ÁREA cm2	CARGA Kgf	ESF. ROTURA Kgf/cm2	F'c Kgf/cm2	%	PROMEDIO F'c Kgf/cm2
1	28/05/2025	11/06/2025	14	10.01	78.75	18064.50	229.4	280	81.93%	233.10
2	28/05/2025	11/06/2025	14	9.99	78.37	18424.40	235.1	280	83.96%	
3	28/05/2025	11/06/2025	14	10.00	78.51	18434.70	234.8	280	83.86%	

II.- Parámetros:

OBSERVACIONES: Los especímenes fueron elaborados con cemento "CEMEX tipo I", agregado fino y grueso proveniente de la cantera "La Victoria - Pátapo" y aditivo superplastificante "Z RR PLAST-971"

PARÁMETROS	
7 días	70 - 85 %
14 días	85 - 95 %
28 días	100 - 120%

Henry Riuadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROV
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Formato Interno para ensayo de: **RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

TESISTA : Francisco Jiampier López Torres

ESCUELA : Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

TESIS : Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm^2 con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado.

LUGAR : Av San Josemaría Escriva de Balaguer 855, Chiclayo 14012

Ensayo : Resistencia a la Compresión

Referencia : Norma ASTM C39-2005 - NTP 339.034

PROBETAS CON CONCRETO AUTOCOMPACTANTE CON 2.00% DE FIBRA DE SISAL

I.- Resultados.

N°	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD DÍAS	DIÁMETRO cm	ÁREA cm2	CARGA Kgf	ESF. ROTURA Kgf/cm2	F'c Kgf/cm2	%	PROMEDIO F'c Kgf/cm2
1	28/05/2025	25/06/2025	28	10.01	78.65	21684.10	275.7	280	98.46%	278.00
2	28/05/2025	25/06/2025	28	10.01	78.77	21812.40	276.9	280	98.89%	
3	28/05/2025	25/06/2025	28	10.00	78.48	22085.50	281.4	280	100.50%	

II.- Parámetros:

OBSERVACIONES: Los especímenes fueron elaborados con cemento "CEMEX tipo I", agregado fino y grueso proveniente de la cantera "La Victoria - Pátapo" y aditivo superplastificante "Z RR PLAST-971"

PARÁMETROS	
7 días	70 - 85 %
14 días	85 - 95 %
28 días	100 - 120%

Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y MATERIALES USAT
TÉCNICO DE LABORA

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Formato Interno para ensayo de: **RESISTENCIA A LA FLEXIÓN**

TESISTA	: Francisco Jiampier López Torres
ESCUELA	: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
TESIS	: Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm² con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado.
LUGAR	: Av San Josemaría Escriva de Balaguer 855, Chiclayo 14012

Ensayo : Resistencia a la Flexión

Referencia : Norma NTP 339.059 / ASTM C 42

VIGUETAS DE CONCRETO AUTOCOMPACTANTE CON 0.00% DE FIBRA DE SISAL

I.- Resultados.

N°	FECHA - VACIADO	FECHA - ROTURA	EDAD (Dias)	DISTANCIA ENTRE APOYOS (mm)	BASE (mm)	PERALTE (mm)	CARGA (N)	MOD. ROTURA (Mpa)	PROMEDIO Fr (Mpa)	PROMEDIO F'c REAL (Mpa)	fr/f'c
1	28/05/2025	25/06/2025	28	300.00	100	100	7092.000	3.191	3.27	28.22	11.61%
2	28/05/2025	25/06/2025	28	300.00	100	100	7454.000	3.354			
3	28/05/2025	25/06/2025	28	300.00	100	100	7285.000	3.278			

II.- Parámetros:

OBSERVACIONES: Los especímenes fueron elaborados con cemento "CEMEX tipo I", agregado fino y grueso proveniente de la cantera "La Victoria - Pátapo" y aditivo superplastificante "Z RR PLAST-971"

PARÁMETROS			
f'c (kg/cm2)	f'c (MPa)	fr=0.62√f'c (MPa)	fr/f'c (Mpa)
280	27.5	3.25	11.82%

Hetry Ricadeneyra Obiticas
Tec. Laboratorio USAT
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Formato Interno para ensayo de: **RESISTENCIA A LA FLEXIÓN**

TESISTA	: Francisco Jiampier López Torres
ESCUELA	: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
TESIS	: Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm^2 con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado.
LUGAR	: Av San Josemaría Escriva de Balaguer 855, Chiclayo 14012

Ensayo : Resistencia a la Flexión

Referencia : Norma NTP 339.059 / ASTM C 42

VIGUETAS DE CONCRETO AUTOCOMPACTANTE CON 0.50% DE FIBRA DE SISAL

I.- Resultados.

N°	FECHA - VACIADO	FECHA - ROTURA	EDAD (Días)	DISTANCIA ENTRE APOYOS (mm)	BASE (mm)	PERALTE (mm)	CARGA (N)	MOD. ROTURA (Mpa)	PROMEDIO Fr (Mpa)	PROMEDIO F'c REAL (Mpa)	fr/f'c
1	28/05/2025	25/06/2025	28	300.00	100	100	7273.000	3.273	3.35	29.10	11.52%
2	28/05/2025	25/06/2025	28	300.00	100	100	7490.000	3.371			
3	28/05/2025	25/06/2025	28	300.00	100	100	7577.000	3.410			

II.- Parámetros:

OBSERVACIONES	PARÁMETROS			
	f'c (kg/cm2)	f'c (MPa)	fr=0.62√f'c (MPa)	fr/f'c (Mpa)
OBSERVACIONES: Los especímenes fueron elaborados con cemento "CEMEX tipo I", agregado fino y grueso proveniente de la cantera "La Victoria - Pátapo" y aditivo superplastificante "Z RR PLAST-971"	280	27.5	3.25	11.82%

Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Formato Interno para ensayo de: **RESISTENCIA A LA FLEXIÓN**

TESISTA	: Francisco Jiampier López Torres
ESCUELA	: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
TESIS	: Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm² con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado.
LUGAR	: Av San Josemaría Escriva de Balaguer 855, Chiclayo 14012

Ensayo : Resistencia a la Flexión

Referencia : Norma NTP 339.059 / ASTM C 42

VIGUETAS DE CONCRETO AUTOCOMPACTANTE CON 1.25% DE FIBRA DE SISAL

I.- Resultados.

N°	FECHA - VACIADO	FECHA - ROTURA	EDAD (Días)	DISTANCIA ENTRE APOYOS (mm)	BASE (mm)	PERALTE (mm)	CARGA (N)	MOD. ROTURA (Mpa)	PROMEDIO Fr (Mpa)	PROMEDIO F'c REAL (Mpa)	fr/f'c
1	28/05/2025	25/06/2025	28	300.00	100	100	7773.000	3.498	3.54	34.62	10.23%
2	28/05/2025	25/06/2025	28	300.00	100	100	7869.000	3.541			
3	28/05/2025	25/06/2025	28	300.00	100	100	7972.000	3.587			

II.- Parámetros:

OBSERVACIONES: Los especímenes fueron elaborados con cemento "CEMEX tipo I", agregado fino y grueso proveniente de la cantera "La Victoria - Pátapo" y aditivo superplastificante "Z RR PLAST-971"

PARÁMETROS			
f'c (kg/cm2)	f'c (MPa)	fr=0.62√f'c (MPa)	fr/f'c (Mpa)
280	27.5	3.25	11.82%

Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES USAT
TECNICO DE LABORATORIO

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Formato Interno para ensayo de: **RESISTENCIA A LA FLEXIÓN**

TESISTA	: Francisco Jiampier López Torres
ESCUELA	: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
TESIS	: Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm² con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado.
LUGAR	: Av San Josemaría Escriva de Balaguer 855, Chiclayo 14012

Ensayo : Resistencia a la Flexión

Referencia : Norma NTP 339.059 / ASTM C 42

VIGUETAS DE CONCRETO AUTOCOMPACTANTE CON 2.00% DE FIBRA DE SISAL

I.- Resultados.

N°	FECHA - VACIADO	FECHA - ROTURA	EDAD (Días)	DISTANCIA ENTRE APOYOS (mm)	BASE (mm)	PERALTE (mm)	CARGA (N)	MOD. ROTURA (Mpa)	PROMEDIO Fr (Mpa)	PROMEDIO F'c REAL (Mpa)	fr/f'c
1	28/05/2025	25/06/2025	28	300.00	100	100	6831.000	3.074	3.04	27.26	11.17%
2	28/05/2025	25/06/2025	28	300.00	100	100	6653.000	2.994			
3	28/05/2025	25/06/2025	28	300.00	100	100	6815.000	3.067			

II.- Parámetros:

OBSERVACIONES: Los especímenes fueron elaborados con cemento "CEMEX tipo I", agregado fino y grueso proveniente de la cantera "La Victoria - Pátapo" y aditivo superplastificante "Z RR PLAST-971"

PARÁMETROS			
f'c (kg/cm2)	f'c (MPa)	fr=0.62√f'c (MPa)	fr/f'c (Mpa)
280	27.5	3.25	11.82%

Henry Rivadeneyra Obiles
Tec. Laboratorio USAT

TÉCNICO DE LABORATORIO
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
USAT

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Formato Interno para ensayo de: **TRACCIÓN INDIRECTA**

TESISTA	: Francisco Jiampier López Torres
ESCUELA	: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
TESIS	: Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm^2 con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado.
LUGAR	: Av San Josemaría Escriva de Balaguer 855, Chiclayo 14012

Ensayo : Tracción Indirecta

Referencia : Norma C496/C496M

VIGUETAS DE CONCRETO AUTOCOMPACTANTE CON 0.00% DE FIBRA DE SISAL

I.- Resultados.

N°	FECHA - VACIADO	FECHA - ROTURA	EDAD (Dias)	LONGITUD (cm)	DIÁMETRO (cm)	CARGA (kgf)	RESISTENCIA A TRACCIÓN IND. (kgf/cm2)	PROMEDIO Ft (kgf/cm2)	PROMEDIO F'c REAL (kgf/cm2)	ft/f'c
1	30/05/2025	27/06/2025	28	30.00	15	21450	30.346	29.99	287.73	10.42%
2	30/05/2025	27/06/2025	28	30.00	15	21020	29.737			
3	30/05/2025	27/06/2025	28	30.00	15	21120	29.879			

II.- Parámetros:

OBSERVACIONES: Los especímenes fueron elaborados con cemento "CEMEX tipo I", agregado fino y grueso proveniente de la cantera "La Victoria - Pátapo" y aditivo superplastificante "Z RR PLAST-971"

PARÁMETROS				
f'c (kg/cm2)	f'c (MPa)	ft=0.56√f'c (MPa)	ft (kg/cm2)	ft/f'c (%)
280	27.500	2.937	29.946	10.69%

Ing. Henry Arbildo Obiitas
Téc. Laboratorio USAT

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Formato Interno para ensayo de: **TRACCIÓN INDIRECTA**

TESISTA	: Francisco Jiampier López Torres
ESCUELA	: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
TESIS	: Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm^2 con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado.
LUGAR	: Av San Josemaría Escriva de Balaguer 855, Chiclayo 14012

Ensayo : Tracción Indirecta

Referencia : Norma C496/C496M

VIGUETAS DE CONCRETO AUTOCOMPACTANTE CON 0.50% DE FIBRA DE SISAL

I.- Resultados.

N°	FECHA - VACIADO	FECHA - ROTURA	EDAD (Dias)	LONGITUD (cm)	DIÁMETRO (cm)	CARGA (kgf)	RESISTENCIA A TRACCIÓN IND. (kgf/cm2)	PROMEDIO Ft (kgf/cm2)	PROMEDIO F'c REAL (kgf/cm2)	ft/f'c
1	30/05/2025	27/06/2025	28	30.00	15	21960	31.067	30.69	296.73	10.34%
2	30/05/2025	27/06/2025	28	30.00	15	21880	30.954			
3	30/05/2025	27/06/2025	28	30.00	15	21240	30.048			

II.- Parámetros:

OBSERVACIONES	PARÁMETROS				
	f'c (kg/cm2)	f'c (MPa)	ft=0.56√f'c (MPa)	ft (kg/cm2)	ft/f'c (MPa)
OBSERVACIONES: Los especímenes fueron elaborados con cemento "CEMEX tipo I", agregado fino y grueso proveniente de la cantera "La Victoria - Pátapo" y aditivo superplastificante "Z RR PLAST-971"	280	27.500	2.937	29.946	10.68%

Henry Ruadeneyra Obitas
Tec. Laboratorio
USAT

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Formato Interno para ensayo de: **TRACCIÓN INDIRECTA**

TESISTA	: Francisco Jiampier López Torres
ESCUELA	: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
TESIS	: Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm^2 con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado.
LUGAR	: Av San Josemaría Escriva de Balaguer 855, Chiclayo 14012

Ensayo : Tracción Indirecta

Referencia : Norma C496/C496M

VIGUETAS DE CONCRETO AUTOCOMPACTANTE CON 1.25% DE FIBRA DE SISAL

I.- Resultados.

N°	FECHA - VACIADO	FECHA - ROTURA	EDAD (Días)	LONGITUD (cm)	DIÁMETRO (cm)	CARGA (kgf)	RESISTENCIA A TRACCIÓN IND. (kgf/cm2)	PROMEDIO Ft (kgf/cm2)	PROMEDIO F'c REAL (kgf/cm2)	ft/f'c
1	30/05/2025	27/06/2025	28	30.00	15	25390	35.920	35.04	353.03	9.93%
2	30/05/2025	27/06/2025	28	30.00	15	24310	34.392			
3	30/05/2025	27/06/2025	28	30.00	15	24610	34.816			

II.- Parámetros:

OBSERVACIONES: Los especímenes fueron elaborados con cemento "CEMEX tipo I", agregado fino y grueso proveniente de la cantera "La Victoria - Pátapo" y aditivo superplastificante "Z RR PLAST-971"

PARÁMETROS				
f'c (kg/cm2)	f'c (MPa)	ft=0.56√f'c (MPa)	ft (kg/cm2)	ft/f'c (Mpa)
280	27.500	2.937	29.946	10.68%

Henry Rivadeneyra Obitas
Tec. Laboratorio USAT

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Formato Interno para ensayo de: **TRACCIÓN INDIRECTA**

TESISTA	: Francisco Jiampier López Torres
ESCUELA	: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
TESIS	: Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm^2 con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado.
LUGAR	: Av San Josemaría Escriva de Balaguer 855, Chiclayo 14012

Ensayo : Tracción Indirecta

Referencia : Norma C496/C496M

VIGUETAS DE CONCRETO AUTOCOMPACTANTE CON 2.00% DE FIBRA DE SISAL

I.- Resultados.

N°	FECHA - VACIADO	FECHA - ROTURA	EDAD (Días)	LONGITUD (cm)	DIÁMETRO (cm)	CARGA (kgf)	RESISTENCIA A TRACCIÓN IND. (kgf/cm2)	PROMEDIO Ft (kgf/cm2)	PROMEDIO F'c REAL (kgf/cm2)	ft/f'c
1	30/05/2025	27/06/2025	28	30.00	15	15550	21.999	23.02	278.00	8.28%
2	30/05/2025	27/06/2025	28	30.00	15	15550	21.999			
3	30/05/2025	27/06/2025	28	30.00	15	17720	25.069			

II.- Parámetros:

OBSERVACIONES: Los especímenes fueron elaborados con cemento "CEMEX tipo I", agregado fino y grueso proveniente de la cantera "La Victoria - Pátapo" y aditivo superplastificante "Z RR PLAST-971"

PARÁMETROS				
f'c (kg/cm2)	f'c (MPa)	ft=0.56√f'c (MPa)	ft (kg/cm2)	ft/f'c (%)
280	27.500	2.937	29.946	10.68%

LEMS W&C EIRL
RNP Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chiclayo – Lambayeque
R.U.C. 20480781334
servicios@lemswyc.com

COTIZACION 2107A-25

DATOS DEL SOLICITANTE

Solicitante: López Torres Francisco Jiampier
Proyecto : Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm² con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado
Teléfono :
Email :
Fecha : 21/07/2025

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

ENSAYOS DE DURABILIDAD

Ensayos	CANTIDAD DE ENSAYOS	Precio		Precio Total
		Unitario	Parcial	
Abrasión	12	20	240	420.00
Modulo Elastico	12	15	180	
		TOTAL:		S/420.00

I. CUENTAS BANCARIAS

BANCO	MONEDA	NÚMERO DE CUENTA	CÓDIGO DE CUENTA INTERBANCARIO
Banco de Crédito del Perú - BCP	Soles	305 97811648 0 30	00230519781164803000

A nombre de: Yessenia Herrera Vásquez

Condiciones de pago: 50% adelanto

II. ACEPTACIÓN DE LA COTIZACIÓN DE SERVICIOS

1. Aceptada la cotización de servicio, le solicitamos su confirmación mediante comunicación afirmativa a su contacto principal, para proceder con las coordinaciones de inicio de servicio. Asimismo el envío del comprobante de pago.
2. El solicitante deberá proporcionar los materiales necesarios para el desarrollo de tesis además de personal para la elaboración de muestras.

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS – LEMS W&C – CHICLAYO

LEMS W&C EIRL.
YESSENIA HERRERA VÁSQUEZ
(e) GERENTE GENERAL

LEMS W&C EIRL
Certificado INDECOPI N°00137704 RNP Servicios **S0608589**

Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chiclayo – Lambayeque
R.U.C. 20480781334
servicios@lemswyc.com

CARTA DE AUTORIZACIÓN PARA LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Chiclayo, 22 de julio de 2025.

Quien suscribe:

Ing. Yessenia Herrera Vásquez

(e) Gerente General – LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS W & C E.I.R.L. - LEMS W & C E.I.R.L.

AUTORIZA: Permiso para recojo de información pertinente en función del proyecto de investigación, denominado "ANÁLISIS FÍSICO-MECÁNICO DE CONCRETO AUTOCOMPACTANTE F'C=280 KG/CM² CON ADICIÓN DE FIBRA DE SISAL PARA MITIGAR SEGREGACIÓN Y CONTRACCIÓN POR SECADO ".

Por el presente, quien suscribe, Yessenia Herrera Vásquez (e) Gerente General de la empresa LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS W & C E.I.R.L. - LEMS W & C E.I.R.L. **AUTORIZO** al estudiante López Torres Francisco Jiampier, identificado con DNI N° 75675392, estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO y autor del trabajo de investigación denominado "**Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm² con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado**" para el uso de laboratorio técnico y formatos de procesamiento de datos y cálculo para obtención de resultados de control de calidad en efectos exclusivamente académicos de la elaboración de tesis, enunciada líneas arriba de quien solicita se garantice la absoluta confidencialidad de la información solicitada.

Ensayos realizados

- Método estándar para la determinación del módulo de elasticidad estático y de la relación de Poisson del concreto sometido a compresión (12)
- Método normalizado para la resistencia a la abrasión del concreto o superficies de mortero mediante el ensayo del rodillo giratorio (12)

Atentamente,

LABORATORIO DE CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES USAT

TÉCNICO DE LABORATORIO

LEMS W&C EIRL.
YESSENIA HERRERA VÁSQUEZ
GERENTE GENERAL

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS LEMS W&C CHICLAYO

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
LF-A-047-2025

Expediente	:	2025050
Solicitante	:	LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS W & C E.I.R.L. - LEMS W & C E.I.R.L.
Dirección	:	CAL. LA FE 0167 UPIS SEÑOR DE LOS MILAGROS CHICLAYO - CHICLAYO - LAMBAYEQUE
Instrumento de Medición	:	Máquina de Ensayo Uniaxial
Marca	:	TECNICAS CP
Modelo	:	STYE-2000B
Serie	:	131214
Capacidad Máxima	:	2 000 kN
Resolución	:	0,01 kN (0 kN a 999,99 kN) 0,1 kN (1 000,0 kN a 2 000,0 kN)
Procedencia	:	No indica
Tipo de Indicación	:	Digital
Fecha de Calibración	:	2025-05-14
Fecha de Emisión	:	2025-05-21

Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	23,9	24,3

Este certificado de calibración es trazable a patrones internacionales y/o nacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

CELDA E.I.R.L. recomienda interpretar correctamente el presente documento a fin de evitar resultados o acciones erróneas.

Este certificado de calibración no debe ser reproducido en forma parcial ni modificado sin la autorización de CELDA E.I.R.L.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Los resultados del certificado de calibración sólo son válidos para el objeto calibrado.

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN CELDA E.I.R.L.
CELDA

John Oros Fuerte
Laboratorio de Calibración

LEMS W&C
FSSENIA HERRERA VA[illegible]
(e) GERENTE GENERAL

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS
LEMS W&C E.I.R.L.
CHICLAYO

Método de Calibración
La calibración se realizó según la PC-032 ed. 01 "Procedimiento para la calibración de máquinas de ensayos uniaxiales" del INACAL.

Trazabilidad
Los resultados de la calibración tienen trazabilidad a los patrones de HBK (Alemania), en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI).

Código	Instrumento patrón	Certificado de Calibración
TF-C06	Transductor de Fuerza Clase 0,5 de 3000 kN	130493 D-K-12029-01-00 2024-12

Lugar de Calibración
LABORATORIO
PROLONGACIÓN BOLOGNESI KM 3.5 - PIMENTEL - CHICLAYO - LAMBAYEQUE

Observaciones
La incertidumbre de medición reportada se denomina Incertidumbre Expandida (U), la que se obtiene a partir de la multiplicación de la Incertidumbre Estándar Combinada (u) por el Factor de Cobertura (k) igual a 2, de modo que la Probabilidad de Cobertura (p) corresponde a un Nivel de Confianza de aproximadamente 95 %.

A solicitud del cliente, la máquina de ensayo uniaxial se calibro en el intervalo de indicación de 200 kN a 1 600 kN.

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS
LEMS W&C
CHICLAYO

LEMS W&C EIRL.
YESSENIA HERRERA VÁSQUEZ
(e) GERENTE GENERAL

Resultados de Medición

Dirección de carga: Compresión

Indicación del instrumento a calibrar		Indicación en el transductor de fuerza patrón				Error
		Serie 1	Serie 2	Serie 3	Promedio	
(%)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)
10	200,00	200,94	201,12	201,27	201,11	-1,11
15	300,00	299,97	301,08	300,78	300,61	-0,61
20	400,00	399,29	400,80	400,29	400,13	-0,13
25	500,00	497,76	500,79	499,53	499,36	0,64
30	600,00	598,01	600,61	599,56	599,39	0,61
40	800,00	798,19	801,43	800,06	799,89	0,11
50	1 000,0	998,8	1 002,0	1 000,7	1 000,5	-0,5
60	1 200,0	1 198,7	1 202,5	1 200,9	1 200,7	-0,7
70	1 400,0	1 397,8	1 402,6	1 400,5	1 400,3	-0,3
80	1 600,0	1 597,3	1 602,9	1 600,3	1 600,2	-0,2

Indicación del instrumento a calibrar		Errores de medición relativos de				Incertidumbre U (k=2)
		Exactitud q	Repetibilidad b	Reversibilidad v	Resolución Relativa a	
(%)	(kN)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
10	200,00	-0,55	0,16	---	0,00	0,14
15	300,00	-0,20	0,37	---	0,00	0,24
20	400,00	-0,03	0,38	---	0,00	0,24
25	500,00	0,13	0,61	---	0,00	0,36
30	600,00	0,10	0,43	---	0,00	0,26
40	800,00	0,01	0,40	---	0,00	0,24
50	1 000,0	-0,05	0,32	---	0,01	0,19
60	1 200,0	-0,06	0,32	---	0,01	0,19
70	1 400,0	-0,02	0,34	---	0,01	0,21
80	1 600,0	-0,01	0,35	---	0,01	0,21
Error relativo de cero f_0		0,00				

Clase de la escala de la máquina	Valor máximo permitido %				
	Error relativo de				Resolución Relativa a
	Exactitud q	Repetibilidad b	Reversibilidad v	Cero f_0	
0,5	± 0,5	0,5	± 0,75	± 0,05	0,25
1	± 1,0	1,0	± 1,5	± 0,1	0,5
2	± 2,0	2,0	± 3,0	± 0,2	1,0
3	± 3,0	3,0	± 4,5	± 0,3	1,5

FIN DEL DOCUMENTO

LEMS W&C E.I.R.L.
YESSENIA HERRERA VASQUEZ
(e) GERENTE GENERAL

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS LEMS W&C CHICLAYO

LEMS W&C EIRL
Certificado INDECOPI N°00137704 RNP Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chiclayo – Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: servicios@lemswyc.com

Solicitud de Ensayo : **2207A-25/ LEMS W&C**
Solicitante : López Torres Francisco Jiampier
Proyecto / Obra : Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm² con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.
Fecha de Apertura : martes, 22 de Julio de 2025
Inicio de Ensayo : martes, 22 de Julio de 2025
Fin de Ensayo : martes, 22 de Julio de 2025

Ensayo : STANDARD TEST METHOD FOR STATIC MODULUS OF ELASTICITY AND POISSON'S RATIO OF CONCRETE IN COMPRESSION (Método estándar para la determinación del módulo de elasticidad estático y de la relación de Poisson del concreto sometido a compresión).
Referencia : ASTM C-469

IDENTIFICACIÓN	Fecha de vaciado	Fecha Ensayo	Edad (Días)	σ_u (Kg/cm^2)	Esfuerzo S2 (40%σ_u) Kg/cm^2	Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm^2	ϵ unitaria ϵ_2 (S_2)	E_c Kg/cm^2	Promedio E_c Kg/cm^2
PC - f´c= 280 kg/cm2	24/06/2025	22/07/2025	28	320.71	128	17.52058	0.000458	271510.99	**272109.78**
PC - f´c= 280 kg/cm2	24/06/2025	22/07/2025	28	304.08	122	18.45550	0.000426	274510.88	
PC - f´c= 280 kg/cm2	24/06/2025	22/07/2025	28	312.66	125	17.08086	0.000449	270307.48	

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL.
Ronal Enrique Altamirano Llontop
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

LEMS W&C EIRL
Elferez Mendoza Medina
INGENIERO CIVIL
REG. CIP 324531

Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO

LEMS W&C EIRL
Certificado INDECOPI N°00137704 RNP Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chiclayo – Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: servicios@lemswyc.com

Solicitud de Ensayo : **2207A-25/ LEMS W&C**
Solicitante : López Torres Francisco Jiampier
Proyecto / Obra : Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm² con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.
Fecha de Apertura : martes, 22 de Julio de 2025
Inicio de Ensayo : martes, 22 de Julio de 2025
Fin de Ensayo : martes, 22 de Julio de 2025

Ensayo : STANDARD TEST METHOD FOR STATIC MODULUS OF ELASTICITY AND POISSON'S RATIO OF CONCRETE IN COMPRESSION (Método estándar para la determinación del módulo de elasticidad estático y de la relación de Poisson del concreto sometido a compresión).
Referencia : ASTM C-469

IDENTIFICACIÓN	Fecha de vaciado	Fecha Ensayo	Edad (Días)	σ_u (Kg/cm^2)	Esfuerzo S2 (40%σ_u) Kg/cm^2	Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm^2	ϵ unitaria ϵ_2 (S_2)	E_c Kg/cm^2	Promedio E_c Kg/cm^2
0.5%FS	24/06/2025	22/07/2025	28	350.08	140	19.44316	0.000450	301137.99	**305115.68**
0.5%FS	24/06/2025	22/07/2025	28	352.09	141	19.23514	0.000450	310993.71	
0.5%FS	24/06/2025	22/07/2025	28	345.16	138	19.16759	0.000442	303215.34	

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL.
Ronal Enrique Altamirano Llontop
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

LEMS W&C EIRL
Elferez Mendoza Medina
INGENIERO CIVIL
REG. CIP 324531

Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT
TECNICO DE LABORATORIO

LEMS W&C EIRL
Certificado INDECOPI N°00137704 RNP Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chiclayo – Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: servicios@lemswyc.com

Solicitud de Ensayo : **2207A-25/ LEMS W&C**
Solicitante : López Torres Francisco Jiampier
Proyecto / Obra : Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm² con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.
Fecha de Apertura : martes, 22 de Julio de 2025
Inicio de Ensayo : martes, 22 de Julio de 2025
Fin de Ensayo : martes, 22 de Julio de 2025

Ensayo : STANDARD TEST METHOD FOR STATIC MODULUS OF ELASTICITY AND POISSON'S RATIO OF CONCRETE IN COMPRESSION (Método estándar para la determinación del módulo de elasticidad estático y de la relación de Poisson del concreto sometido a compresión).
Referencia : ASTM C-469

IDENTIFICACIÓN	Fecha de vaciado	Fecha Ensayo	Edad (Días)	σ_u (Kg/cm^2)	Esfuerzo S2 (40%σ_u) Kg/cm^2	Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm^2	ϵ unitaria ϵ_2 (S_2)	E_c Kg/cm^2	Promedio E_c Kg/cm^2
1.25% FS	24/06/2025	22/07/2025	28	369.29	148	22.41392	0.000417	341072.04	**345578.22**
1.25% FS	24/06/2025	22/07/2025	28	366.82	147	22.26242	0.000409	346792.44	
1.25% FS	24/06/2025	22/07/2025	28	352.62	141	24.07975	0.000385	348870.17	

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL.
Ronal Enrique Altamirano Llontop
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

LEMS W&C EIRL
Elferez Mendoza Medina
INGENIERO CIVIL
REG. CIP 324531

Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO

LEMS W&C EIRL
Certificado INDECOPI N°00137704 RNP Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chiclayo – Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: servicios@lemswyc.com

Solicitud de Ensayo : **2207A-25/ LEMS W&C**
Solicitante : López Torres Francisco Jiampier
Proyecto / Obra : Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm² con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.
Fecha de Apertura : martes, 22 de Julio de 2025
Inicio de Ensayo : martes, 22 de Julio de 2025
Fin de Ensayo : martes, 22 de Julio de 2025

Ensayo : STANDARD TEST METHOD FOR STATIC MODULUS OF ELASTICITY AND POISSON'S RATIO OF CONCRETE IN COMPRESSION (Método estándar para la determinación del módulo de elasticidad estático y de la relación de Poisson del concreto sometido a compresión).
Referencia : ASTM C-469

IDENTIFICACIÓN	Fecha de vaciado	Fecha Ensayo	Edad (Días)	σ_u (Kg/cm²)	Esfuerzo S2 (40%σ_u) Kg/cm²	Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm²	ϵ unitaria ϵ_2 (S_2)	E_c Kg/cm²	Promedio E_c Kg/cm²
2% FS	24/06/2025	22/07/2025	28	303.21	121	15.05704	0.000505	233352.26	233524.78
2% FS	24/06/2025	22/07/2025	28	297.10	119	14.75336	0.000499	232073.25	
2% FS	24/06/2025	22/07/2025	28	283.52	113	15.48652	0.000466	235148.84	

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL.
Ronal Enrique Altamirano Llontop
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

LEMS W&C EIRL
Elferez Mendoza Medina
INGENIERO CIVIL
REG. CIP 324531

Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-LM-0379-2025

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

1. Expediente	0644
2. Solicitante	LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS W & C E.I.R.L. - LEMS W & C E.I.R.L.
3. Dirección	CAL.LA FE NRO. 0167 UPIS SEÑOR DE LOS MILAGROS LAMBAYEQUE - CHICLAYO - CHICLAYO
4. Instrumento calibrado	**BALANZA ELECTRÓNICA**
Marca	AMPUT
Modelo	457
N° de serie	NO INDICA
Identificación	CI-1351
Procedencia	CHINA
Capacidad máxima:	2000 g
División de escala (d)	0,01 g
Div. de verificación (e)	0,1 g
Capacidad mínima	0,5 g
Clase de exactitud	II
5. Fecha de calibración	2025-07-11

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

2025-07-21

Escanee el QR para ver el certificado de calibración

FIRMA DIGITAL

Firmado digitalmente por: ASTETE SORIANO LUCIO FIR 42817546 hard
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 21/07/2025 12:07:02-0500

CALIBRATEC S.A.C. LABORATORIO PERU

Jefe de Laboratorio

LEMS W&C EIRL.
YESSENIA HERRERA VASQUEZ
(e) GERENTE GENERAL

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS LEMS W&C CHICLAYO

977 997 385 - 913 028 621
913 028 623 - 913 028 624
Av. Maria Parado de Bellido Lote 20-A - Comas - Lima - Lima
comercial@calibratec.com.pe
CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-LM-0379-2025

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

6. Método de calibración:
La calibración se realiza por comparación directa entre las indiciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones siguiendo el procedimiento PC-011 "Procedimiento para la calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase I y II" (Edición 04) de INDECOPI

7. Lugar de calibración
Laboratorio de Suelos de LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS W & C E.I.R.L. - LEMS W & C E.I.R.L. ubicado en Cal. La Fe Nro. 0167 Upis Señor de Los Milagros Lambayeque - Chiclayo - Chiclayo

8. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	22,8 °C	22,9 °C
Humedad relativa	69 %	72 %

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
ELICROM	Juego de pesas de 1 mg a 1 kg de clase E2	CLC-1834-001-24
PESATEC	Juego de pesas de 1 kg a 5 kg de clase F1	1113-MPES-C-2024

10. Observaciones
- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- En el caso de ser necesario, ajustar la indicación en cero antes de cada medición.
- Se realizó el ajuste de las indicaciones de la balanza antes de la calibración. (Para la carga de 2000 g la balanza indicaba 1998,27 g)
- La división de verificación "e" y la capacidad mínima se encuentra indicado en la balanza
- La clase de exactitud ha sido determinado por el fabricante
- Los resultados declarados en el presente certificado, se relacionan solamente con el item calibrado indicado en la página 1.
- En coordinación con el cliente, la variación de temperatura es 10 °C
- Se ha considerado como coeficiente de deriva de temperatura a 0,00001 $°C^{-1}$ según el procedimiento de calibración
- El cliente no cuenta con pesas patrones para realizar el ajuste de la balanza.
- El cliente no cuenta con la información de los certificados anteriores para la balanza a calibrar. Por lo tanto, la contribución de la incertidumbre de la deriva de la balanza no será considerada.
- El laboratorio de CALIBRATEC S.A.C. no se hace responsable de los datos suministrados por el cliente.

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS LEMS W&C CHICLAYO

LEMS W&C EIRL.
ESSENIA HERRERA VASQUEZ
(e) GERENTE GENERAL

977 997 385 - 913 028 621
913 028 623 - 913 028 624
Av. Maria Parado de Bellido Lote 20-A - Comas - Lima - Lima
comercial@calibratec.com.pe
CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LM-0379-2025

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

11. Inspección Visual

Ajuste a cero	Tiene	Escala	No tiene
Oscilación libre	Tiene	Cursor	No tiene
Plataforma	Tiene	Nivelación	Tiene
Sistema de traba	No tiene		

12. Resultados de la medición

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

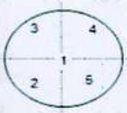
	Inicial	Final
Temperatura	22,8 °C	22,8 °C

	Inicial	Final
Humedad	69,0 %	72,0 %

Carga L1	1 000,002 g	
I	ΔL	E
g	g	g
1 000,00	0,008	-0,005
1 000,00	0,006	-0,002
1 000,00	0,008	-0,005
1 000,00	0,007	-0,003
1 000,00	0,007	-0,003
1 000,00	0,006	-0,002
999,99	0,008	-0,014
1 000,00	0,007	-0,003
999,99	0,007	-0,013
1 000,00	0,006	-0,002
Dif Máx. Encontrada		0,012
EMP		0,20

Carga L2	2 000,002 g	
I	ΔL	E
g	g	g
2 000,00	0,005	-0,002
2 000,00	0,007	-0,004
1 999,99	0,007	-0,014
2 000,00	0,006	-0,003
2 000,00	0,006	-0,003
2 000,00	0,007	-0,004
2 000,00	0,006	-0,003
2 000,00	0,005	-0,002
2 000,00	0,006	-0,003
2 000,00	0,006	-0,003
Dif Máx. Encontrada		0,012
EMP		0,20

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD



	Inicial	Final
Temperatura	22,8 °C	22,9 °C

	Inicial	Final
Humedad	72,0 %	72,0 %

Pos. Carga	Determinación del Error en Cero E_0				Determinación del Error Corregido Ec				
	C. mínima g	I g	ΔL g	E_0 g	Carga L g	I g	ΔL g	E g	Ec g
1		0,10	0,006	-0,001		600,00	0,007	-0,002	-0,001
2		0,10	0,006	-0,001		600,00	0,007	-0,002	-0,001
3	0,100	0,10	0,007	-0,002	600,000	600,00	0,006	-0,001	0,001
4		0,10	0,006	-0,001		600,00	0,006	-0,001	0,000
5		0,10	0,005	0,000		600,00	0,006	-0,001	-0,001
					Error máximo permitido (±)				0,20

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS LEMS W&C
CONSULTING LEMS W&C EIRL.
YESSENIA HERRERA VASQUEZ
GERENTE GENERAL

977 997 385 - 913 028 621
913 028 623 - 913 028 624
Av. Maria Parado de Bellido Lote 20-A - Comas, Lima
comercial@calibratec.com.pe
CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-LM-0379-2025

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

ENSAYO DE PESAJE

	Inicial	Final
Temperatura	22,9 °C	22,9 °C

	Inicial	Final
Humedad	72,0 %	72,0 %

Carga L	Carga creciente				Carga decreciente				EMP
	I	ΔL	E	Ec	I	ΔL	E	Ec	
g	g	g	g	g	g	g	g	g	g
E_0	0,100	0,10	0,005	0,000					
0,500	0,50	0,005	0,000	0,000	0,49	0,009	-0,014	-0,014	0,10
200,000	200,00	0,006	-0,001	-0,001	199,99	0,007	-0,012	-0,012	0,10
400,000	400,00	0,006	-0,001	-0,001	400,00	0,007	-0,002	-0,002	0,10
600,000	600,00	0,007	-0,002	-0,002	599,99	0,005	-0,010	-0,010	0,20
800,000	800,00	0,006	-0,001	-0,001	799,99	0,006	-0,011	-0,011	0,20
1 000,002	1 000,00	0,007	-0,003	-0,003	1 000,00	0,006	-0,002	-0,002	0,20
1 250,002	1 250,00	0,008	-0,005	-0,005	1 249,99	0,005	-0,012	-0,012	0,20
1 500,002	1 500,00	0,007	-0,004	-0,004	1 500,00	0,006	-0,003	-0,003	0,20
1 750,002	1 750,00	0,007	-0,004	-0,004	1 750,00	0,006	-0,003	-0,003	0,20
2 000,002	1 999,99	0,007	-0,014	-0,014	2 000,00	0,007	-0,004	-0,004	0,20

L: Carga puesta sobre la plataforma de la balanza
I: Lectura de indicación de la balanza
E: Error encontrado
EMP: Error máximo permitido

E_0: Error en cero
Ec: Error corregido
ΔL: Carga incrementada

Incertidumbre expandida de medición $U_R = 2 \times \sqrt{0{,}00016\ g^2 + 0{,}00000000084 * R^2}$

Lectura corregida de la balanza $R_{corregida} = R + 0{,}0000037 * R$

R: Indicación de la lectura de la balanza en g

13. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración.

FIN DEL DOCUMENTO

LEMS W&C EIR
SEMIA HERRERA VASQU
(e) GERENTE GENERAL

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS
LEMS W&C
CHICLAYO

977 997 385 - 913 028 621
913 028 623 - 913 028 624

Av. Maria Parado de Bellido Lote 20-A - Comas - Lima - Lima
comercial@calibratec.com.pe
CALIBRATEC SAC

LEMS W&C EIRL
RNP - Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chiclayo – Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: servicios@lemswyc.com

Solicitud de Ensayo : 2207A_2025/LMS W&C
Solicitante : López Torres Francisco Jiampier
Proyecto / Obra : Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm² con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.
Fecha de Apertura : martes, 22 de Julio de 2025
Inicio de Ensayo : martes, 22 de Julio de 2025
Fin de Ensayo : martes, 22 de Julio de 2025

ENSAYO : Standard Test Method for Abrasion Resistance of Concrete or Mortar Surfaces by the Rotating-Cutter Method (Método normalizado para la resistencia a la abrasión del concreto o superficies de mortero mediante el ensayo del rodillo giratorio).

NORMA : ASTM C944 / C944M - 12

Muestra	Descripción o nombre de la muestra	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad (días)	Tiempo Abrasión (Minutos)	ciclo	Carga (N)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Desgaste (g)	Desgaste (%)
M-1	PATRÓN	24/06/2025	22/07/2025	28	2	3	98	810.7	810.3	0.42	0.05
M-2		24/06/2025	22/07/2025	28	2	3	98	845.1	844.7	0.43	0.05
M-3		24/06/2025	22/07/2025	28	2	3	98	820.4	819.9	0.45	0.05

NOTA 1 : Según norma se deberá ensayar como mínimo tres especimenes.

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.

LEMS W&C EIRL.
Ronal Enrique Altamirano Llontop
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

LEMS W&C EIRL
Elferez Mendoza Medina
INGENIERO CIVIL
REG. CIP 324531

Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT
USAT Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO

LEMS W&C EIRL
RNP - Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chiclayo – Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: servicios@lemswyc.com

Solicitud de Ensayo : 2207A_2025/LMS W&C
Solicitante : López Torres Francisco Jiampier
Proyecto / Obra : Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm² con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.
Fecha de Apertura : martes, 22 de Julio de 2025
Inicio de Ensayo : martes, 22 de Julio de 2025
Fin de Ensayo : martes, 22 de Julio de 2025

ENSAYO : Standard Test Method for Abrasion Resistance of Concrete or Mortar Surfaces by the Rotating-Cutter Method (Método normalizado para la resistencia a la abrasión del concreto o superficies de mortero mediante el ensayo del rodillo giratorio).

NORMA : ASTM C944 / C944M - 12

Muestra	Descripción o nombre de la muestra	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad (días)	Tiempo Abrasión (Minutos)	ciclo	Carga (N)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Desgaste (g)	Desgaste (%)
M-1	P+0.5%FS	24/06/2025	22/07/2025	28	2	3	98	845.4	844.9	0.53	0.06
M-2		24/06/2025	22/07/2025	28	2	3	98	899.4	898.9	0.56	0.06
M-3		24/06/2025	22/07/2025	28	2	3	98	912.0	911.5	0.51	0.06

NOTA 1 : Según norma se deberá ensayar como mínimo tres especimenes.

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.

LEMS W&C EIRL.
Ronal Enrique Altamirano Llontop
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

LEMS W&C EIRL
Elferez Mendoza Medina
INGENIERO CIVIL
REG. CIP 324531

Henry Ribadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO

LEMS W&C EIRL
RNP - Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chiclayo – Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: servicios@lemswyc.com

Solicitud de Ensayo : 2207A_2025/LMS W&C
Solicitante : López Torres Francisco Jiampier
Proyecto / Obra : Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm² con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.
Fecha de Apertura : Lunes, 26 de agosto del 2024
Inicio de Ensayo : Lunes, 16 de setiembre del 2024
Fin de Ensayo : Lunes, 14 de octubre del 2024

ENSAYO : Standard Test Method for Abrasion Resistance of Concrete or Mortar Surfaces by the Rotating-Cutter Method (Método normalizado para la resistencia a la abrasión del concreto o superficies de mortero mediante el ensayo del rodillo giratorio).

NORMA : ASTM C944 / C944M - 12

Muestra	Descripción o nombre de la muestra	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad (días)	Tiempo Abrasión (Minutos)	ciclo	Carga (N)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Desgaste (g)	Desgaste (%)
M-1	P+1.25%FS	24/06/2025	22/07/2025	28	2	3	98	878.9	878.4	0.55	0.06
M-2		24/06/2025	22/07/2025	28	2	3	98	860.5	859.9	0.53	0.06
M-3		24/06/2025	22/07/2025	28	2	3	98	821.3	820.8	0.54	0.07

NOTA 1 : Según norma se deberá ensayar como mínimo tres especimenes.

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.

LEMS W&C EIRL.
Ronal Enrique Altamirano Llontop
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

LEMS W&C EIRL
Elferez Mendoza Medina
INGENIERO CIVIL
REG. CIP 324531

Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO

LEMS W&C EIRL
RNP - Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Chiclayo – Lambayeque
R.U.C. 20480781334
Email: servicios@lemswyc.com

Solicitud de Ensayo : 2207A_2025/LMS W&C
Solicitante : López Torres Francisco Jiampier
Proyecto / Obra : Análisis físico-mecánico de concreto autocompactante f'c=280 kg/cm² con adición de fibra de sisal para mitigar segregación y contracción por secado

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.
Fecha de Apertura : martes, 22 de Julio de 2025
Inicio de Ensayo : martes, 22 de Julio de 2025
Fin de Ensayo : martes, 22 de Julio de 2025

ENSAYO : Standard Test Method for Abrasion Resistance of Concrete or Mortar Surfaces by the Rotating-Cutter Method (Método normalizado para la resistencia a la abrasión del concreto o superficies de mortero mediante el ensayo del rodillo giratorio).

NORMA : ASTM C944 / C944M - 12

Muestra	Descripción o nombre de la muestra	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad (días)	Tiempo Abrasión (Minutos)	ciclo	Carga (N)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Desgaste (g)	Desgaste (%)
M-1	P+2%FS	24/06/2025	22/07/2025	28	2	3	98	851.7	851.1	0.60	0.07
M-2		24/06/2025	22/07/2025	28	2	3	98	836.5	835.9	0.59	0.07
M-3		24/06/2025	22/07/2025	28	2	3	98	880.0	879.4	0.61	0.07

NOTA 1 : Según norma se deberá ensayar como mínimo tres especimenes.

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.

LEMS W&C EIRL.
Ronal Enrique Altamirano Llontop
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

LEMS W&C EIRL
Elferez Mendoza Medina
INGENIERO CIVIL
REG. CIP 324531

Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT
USAT Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT
TECNICO DE LABORATORIO

(01) CONTENIDO DE HUMEDAD

- AG. FINO

. M.H. + P.Tara = 500 g.
. P. tara = 48.9 g.
. M.S. + P.tara = 490.8 g.

- AG. GRUESO

. M.H. + Tara = 2056.2 g.
. P.tara = 80 g.
. M.S. + P.tara = 2033.2 g.

(02) GRANULOMETRIA

- AG. FINO

. Peso muestra. = 500 g.

3/8"	0
N° 04	17.5
N° 08	57.6
N° 16	103.2
N° 30	125
N° 50	98.4
N° 100	43.8
Fondo	54.2

- AG. GRUESO

. Peso muestra. = 2331.3 g.

1"	0
3/4"	368.0 g.
1/2"	642.5 g
3/8"	603.4
N° 04	674.5
N° 08	38.9
N° 16	0.7
Fondo	3.1

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO

(03) PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO

* SUELTO

- AG. FINO

. Peso Recipiente = 4871 g.
. Peso muestra + recipiente = 14103 g. / 14111
. Diámetro = 15.2 cm
. altura = 30.4 cm

- AG. GRUESO

. Peso Recipiente = 18351 / 18361
. Peso Muestra + Recip. = 10141
. Diámetro = 15.2 cm
. altura = 30.4 cm.

* COMPACTADO

- AG. FINO

. Peso Recipiente = 4871
. Peso muestra + recipiente = 14947 / 14939
. Diámetro = 15.2
. Altura = 30.4

- AG. GRUESO

. Peso Recipiente = 10141
. Peso muestra + Recip. = 19111 / 19123
. Diámetro = 15.2
. Altura = 30.4

Iris Colors
Tu compañero de clase

④ PESO ESPECIFICO Y ABSORCION:

- AG GRUESO

. Muestra secada horno = 2013.3 g.
. Muestra superf. seca = 2030 g.
. Muestra dentro de agua + canastilla = 1260 g.
. Canastilla = 0.0 g.



- AG. FINO

. Peso muestra superf. seca + peso del frasco + peso agua = 967.7 g.
. Peso muestra superf. seca + peso del frasco = 643.2 g.
. Peso del frasco = 143.2 g.
. Peso de la arena secada al horno = 496.1 g.

⑤ DISEÑO DE MEZCLA:

Para 3 Probetas (15.0 x 30.0):

Patrón: cemento = 8.413 kg.
agua = 3.538 lt.
aditivo = 0.137 lt.
ag. fino = 18.842 kg.
ag. grueso = 14.156 kg.

0.5%: cemento = 8.413 kg.
agua = 3.539 lt.
aditivo = 0.137 lt.
ag. fino = 18.798 kg.
ag. grueso = 14.122 kg.
fibra = 0.042 kg.

1.25%: cemento = 8.413 kg.
agua = 3.54 lt.
aditivo = 0.137 lt.
ag. fino = 18.731 kg.
ag. grueso = 14.072 kg.
fibra = 0.105 kg.

2.0%: cemento = 8.413 kg.
agua = 3.541 lt.
aditivo = 0.137 lt.
ag. fino = 18.664 kg.
ag. grueso = 14.022 kg.
fibra = 0.168 kg.

ESTADO FRESCO:

(01) FLUIDEZ:

	M1	M2	M3
0 %	64.3	64.1	64.5
0.5 %	62.6	62.4	62.4
1.25 %	58.9	58.9	60.1
2 %	49.2	49.5	49.1

(02) T-500:

	M1	M2	M3
0 %	2.57	2.51	2.62
0.5 %	3.24	3.19	3.15
1.25 %	4.71	4.76	4.73
2.0 %	7.30	7.35	7.28



(03) ANILLO J:

→ POR ALTURAS

	M1	M2	M3	M1	M2	M3
0%	10.50	10.4	10.6	10.3	10.2	10.2
0.5%	10.3	10.2	10.2	9.9	10.0	9.9
1.25%	9.8	10.0	9.9	9.3	9.4	9.3
2.0%	9.4	9.3	9.4	8.4	8.5	8.5
	DENTRO DE ANILLO			FUERA DE ANILLO		

→ POR DIAMETRO

	M1	M2	M3
0%	64.0	64.0	63.8
0.5%	61.2	61.0	61.0
1.25%	56.8	56.8	56.8
2.0%	42.5	42.4	42.7

04 CAJA - L :

	M1	M2	M3	M1	M2	M3
0%	12.1	12.2	12.0	14.1	14.1	14.0
0.5%	12.0	11.9	11.9	14.2	14.2	14.3
1.25%	11.2	11.2	11.2	15.3	15.2	15.3
2.0%	6.5	6.6	6.4	18.5	18.6	18.6
	ALTURA FINAL			ALTURA INICAL		

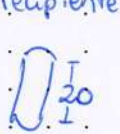
05 EMBUDO - V :

	M1	M2	M3
0%	8.4	8.5	8.4
0.5%	8.9	8.9	9.0
1.25%	10.1	10.2	10.1
2.0%	12.6	12.5	12.7



06 PESO UNITARIO

- Peso recipiente = 240 g.
- recipiente + material =



0%

M1 = 4120
M2 = 4100
M3 = 4110

0.5%			1.25%			2.0%		
M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
4030	4020	4030	3980	3970	3980	3860	3870	3870

07 MEDICION TEMPERATURA

	M1	M2	M3
0%	26.8	27.3	27.1
0.5%	27.2	26.6	26.5
1.25%	26.8	26.5	26.8
2.0%	26.0	26.5	26.4

08 CONTENIDO AIRE:

	M1	M2	M3
0%	1.1	1.10	1.20
0.5%	1.25	1.30	1.30
1.25%	1.40	1.50	1.50
2.0%	1.80	1.80	2.00



ESTADO ENDURECIDO

01 F'C - 7 DIAS:

	0%			0.5%		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3
DIAMETRO	10	10.01	10.01	9.99	10.0	9.99
CARGA	15747.9	15841.4	16155.7	16473.1	16937.7	16199.4

	1.25%			2.0%		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3
Diametro	10.02	10.0	10.01	10.01	9.99	10.0
Carga	19754.5	20235.1	19595.5	15142.3	15594.5	15146.2

F'C - 14 DIAS:

	0%			0.5%		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3
DIAMETRO	10.0	10.02	10.01	10.0	10.02	10.01
CARGA	19997.4	19801.2	19855.3	20971.6	20633.6	20642.2

	1.25%			2.0%		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3
DIAMETRO	10.01	10.01	10.01	10.01	9.99	10.0
CARGA	22015.7	21684.6	21746.4	18064.5	18424.4	18434.7

F'C - 28 DIAS:

	0%			0.5%		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3
DIAMETRO	10.01	10.02	10.01	9.99	9.99	10.01
CARGA	22456.9	22679.2	22835.9	23249	22891.2	23746.1

	1.25%			2.0%		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3
DIAMETRO	10.01	10.0	9.99	10.01	10.01	10.0
CARGA	27464.2	27996.1	27734.3	21684.1	21812.4	22085.5

(02) FLEXION:

	0%			0.5%		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3
CARGA		7.454	7.285	7.273	7.490	7.597

	1.25%			2%		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3
CARGA		7.869	7.972	6.831	6.653	6.815

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT

(03) TRACCION:

TÉCNICO DE LABORATORIO

	0%			0.5%		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3
CARGA	21450	21020	21120	21960	21880	21240

	0.5%			2.0%		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3
CARGA	25390	24310	24610	15550	15930	17920

MODULO ELASTICIDAD

	MUESTRA	CARGA (KN)	DIAL (mm)
0%	1	555.63	0.506
	2	560.34	0.469
	3	541.69	0.494
0.5%	1	607.0	0.51
	2	610.5	0.49
	3	597.99	0.48
1.25%	1	639.79	0.466
	2	635.51	0.45
	3	623.19	0.423
2.0%	1	525.31	0.59
	2	574.73	0.554
	3	531.27	0.521

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT

TÉCNICO DE LABORATORIO

LEMS W&C EIRL.
Ronal Enrique Altamirano Llontop
TEC ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS
LEMS W&C
CHICLAYO

Iris colors

ABRASION

	MUESTRA	MASA 1	MASA 2	MASA 3	MASA 4
0%	1	810.72	810.58	810.42	810.30
	2	[illegible] 845.12	[illegible] 844.92	844.85	844.73
	3	[illegible] 820.42	820.29	820.12	819.94
0.5%	1	845.4	845.3	845.1	849.9
	2	895.4	899.2	899.1	898.9
	3	912.0	911.8	911.7	911.5
1.25%	1	878.9	878.7	878.5	878.4
	2	860.5	860.3	860.1	859.9
	3	821.3	821.1	820.9	820.8
2.0%	1	851.7	851.4	851.2	851.1
	2	836.5	836.2	836.1	835.9
	3	880	879.8	879.6	879.4

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT

TÉCNICO DE LABORATORIO

Iris colors

INFORME DE ENSAYO

Solicitado por: López Torres, Francisco Jiampier

Fecha de Emisión: 03-10-2025

Elmer Polo Briceño
Ing. de Materiales
DNI: 70224297

1. CONDICIONES DE ENSAYO

- **Tipo de ensayo**: Estereoscopía Óptica
- **Fecha de ejecución**: 03-10-2025
- **Material**: Fibra de Sisal fraccionada y ubicada en portaobjetos para estudio de laboratorio

2. TOMA DE MUESTRAS

- Las muestras ensayadas fueron proporcionadas por el solicitante



Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO

Laboratorio de Polímeros



Elmer Polo Briceño
Ing. de Materiales
DNI: 70224297



Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO

- ENSAYO ESTEREOSCOPIA ÓPTICA PARA LA FIBRA DE SISAL



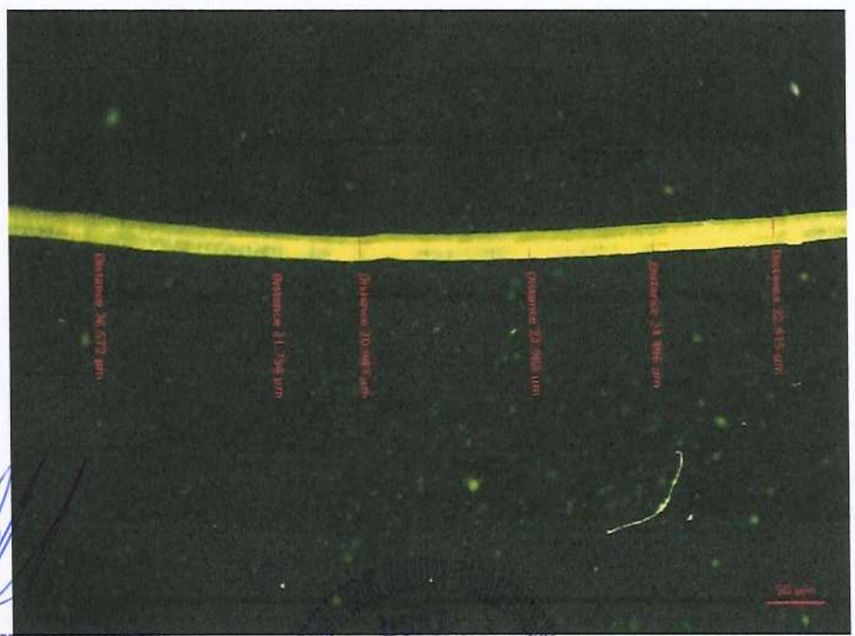
MUESTRA 1: Se evaluó el primero de los 3 retazos de fibra con ayuda del portaobjetos.

OBJETO DE ESTUDIO: Fibra de Sisal

AUMENTO: 1.5 X

FECHA DE EJECUCIÓN: 03-10-2025

Elmer Polo Briceño
Ing. de Materiales
DNI: 70224297



Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio

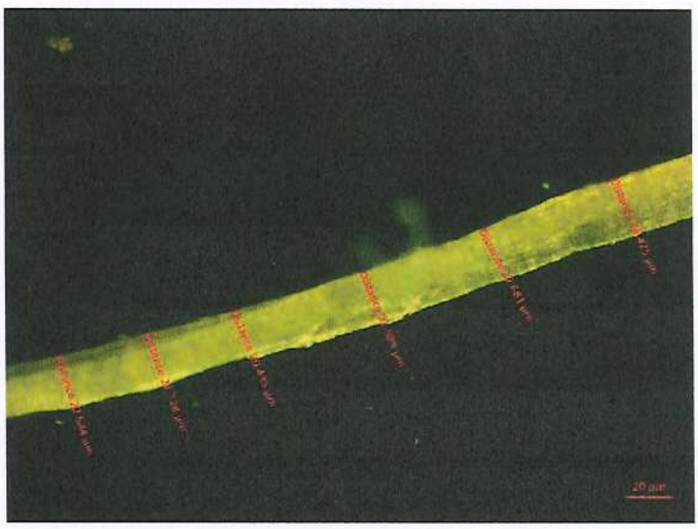
TÉCNICO DE LABORATORIO

MUESTRA 2: Se evaluó el segundo de los 3 retazos de fibra con ayuda del portaobjetos.

OBJETO DE ESTUDIO: Fibra de Sisal

AUMENTO: 1.5 X

FECHA DE EJECUCIÓN: 03-10-2025

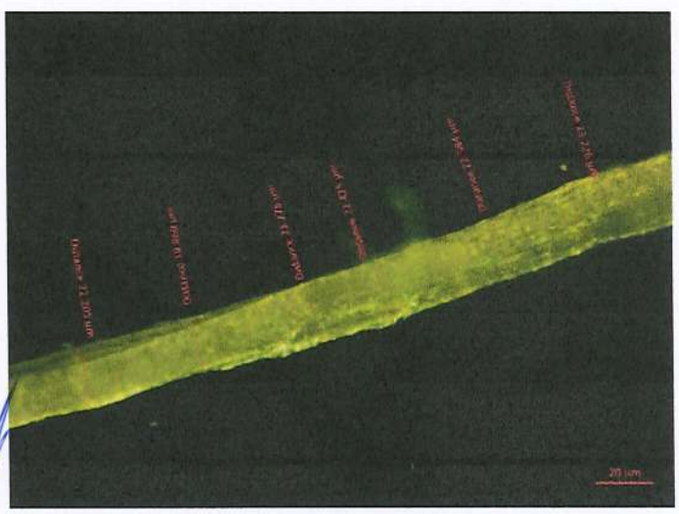


MUESTRA 3: Se evaluó el tercero de los 3 retazos de fibra con ayuda del portaobjetos.

OBJETO DE ESTUDIO: Fibra de Sisal

AUMENTO: 1.5 X

FECHA DE EJECUCIÓN: 03-10-2025



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO

Elmer Polo Briceño
Ing. de Materiales
DNI: 70224297

Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT

INFORME DE ENSAYO

Solicitado por: López Torres, Francisco Jiampier

Fecha de Emisión: 03-10-2025

1. CONDICIONES DE ENSAYO

- **Tipo de ensayo**: Estereoscopía Óptica
- **Fecha de ejecución**: 03-10-2025
- **Material**: Probeta cilíndrica con distintos porcentajes adicionados de Fibra de Sisal para estudio de laboratorio

2. TOMA DE MUESTRAS

- Las muestras ensayadas fueron proporcionadas por el solicitante



Ilustración 1: *Muestra con 0.00% de Fibra de Sisal*

Elmer Polo Briceño
Ing. de Materiales
DNI: 70224297

Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES USAT

Laboratorio de Polímeros

TÉCNICO DE LABORATORIO



Elmer Polo Briceño
Ing. de Materiales
DNI: 70224297

Ilustración 2: *Muestra con 0.50 % de Fibra de Sisal*



Ilustración 3: *Muestra con 1.25 % de Fibra de Sisal*

Henry Rivadeneyra Ortiz
Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO



Ilustración 4: *Muestra con 2.00 % de Fibra de Sisal*

ENSAYO ESTEREOSCOPIA ÓPTICA PARA EVALUAR LA SEGREGACIÓN

Primero se procede a tomar una mitad de la muestra seleccionada para cada porcentaje. Luego se evalúa la mitad de esta muestra seleccionada mediante el equipo. Una vez ajustado con su aumento respectivo (5X), se toma captura para luego registrar las áreas de agregado grueso y/o agregado fino; se realiza el mismo procedimiento para la otra mitad y se compara. Según sus resultados, se calcula la relación que hay de agregado grueso con respecto a la otra.

Elmer Polo Briceño
Ing. de Materiales
DNI: 70224297

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT

Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT

TÉCNICO DE LABORATORIO

MUESTRA 1: Probeta con 0.00 % de fibra de sisal (corte izquierdo)

OBJETO DE ESTUDIO: Áreas de agregado grueso sobre la superficie

AUMENTO: 5 X

FECHA DE EJECUCIÓN: 03-10-2025

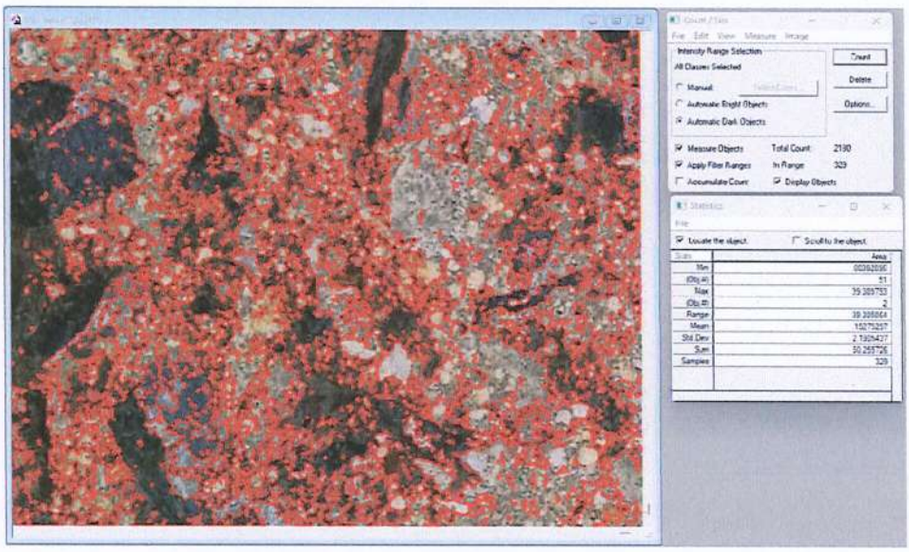


Ilustración 5: *Muestra con 0.00 % de Fibra de Sisal (Lado Izquierdo)*

MUESTRA 2: Probeta con 0.00 % de fibra de sisal (corte derecho)

OBJETO DE ESTUDIO: Áreas de agregado grueso sobre la superficie

AUMENTO: 5 X

FECHA DE EJECUCIÓN: 03-10-2025

Elmer Polo Briceño
Ing. de Materiales
DNI: 70224297

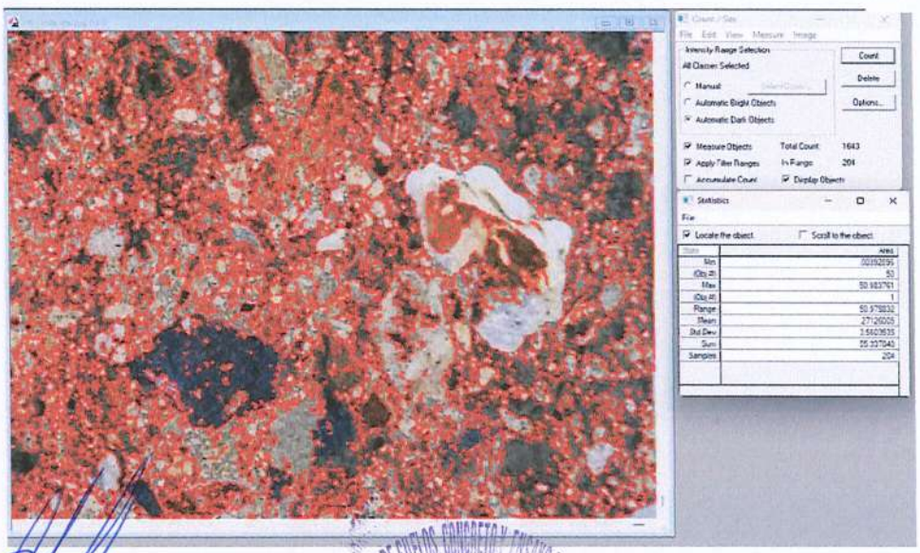


Ilustración 6: *Muestra con 0.00 % de Fibra de Sisal (Lado Derecho)*

Henry Rinaldo Oblitas
Tec. Laboratorio USAT

TÉCNICO DE LABORATORIO

MUESTRA 3: Probeta con 0.50 % de fibra de sisal (corte izquierdo)

OBJETO DE ESTUDIO: Áreas de agregado grueso sobre la superficie

AUMENTO: 5 X

FECHA DE EJECUCIÓN: 03-10-2025



Ilustración 7: *Muestra con 0.50 % de Fibra de Sisal (Lado Izuierdo)*

MUESTRA 4: Probeta con 0.50 % de fibra de sisal (corte derecho)

OBJETO DE ESTUDIO: Áreas de agregado grueso sobre la superficie

AUMENTO: 5 X

FECHA DE EJECUCIÓN: 03-10-2025

Elmer Polo Briceño
Ing. de Materiales
DNI: 70224297

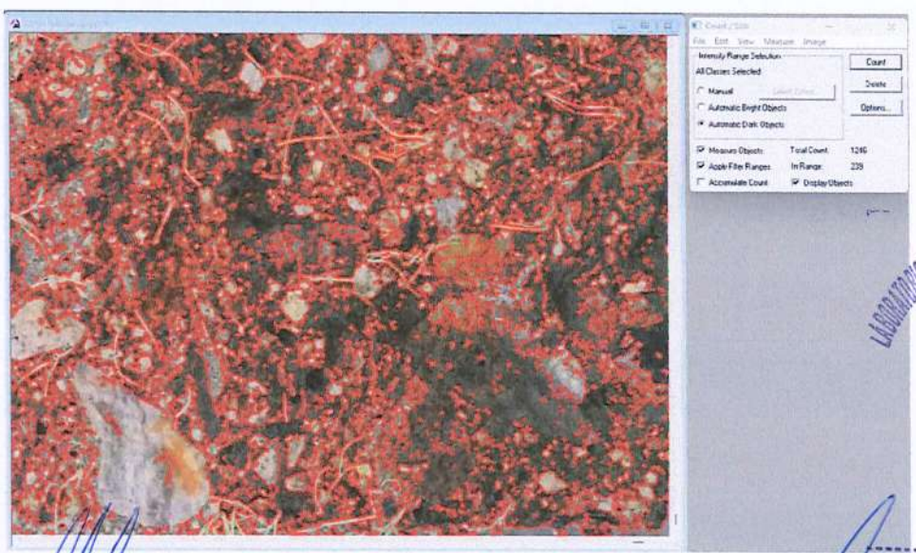


Ilustración 8: *Muestra con 0.50 % de Fibra de Sisal (Lado Derecho)*

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT

TÉCNICO DE LABORATORIO

Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT

MUESTRA 5: Probeta con 1.25 % de fibra de sisal (corte Izquierdo)

OBJETO DE ESTUDIO: Áreas de agregado grueso sobre la superficie

AUMENTO: 5 X

FECHA DE EJECUCIÓN: 03-10-2025

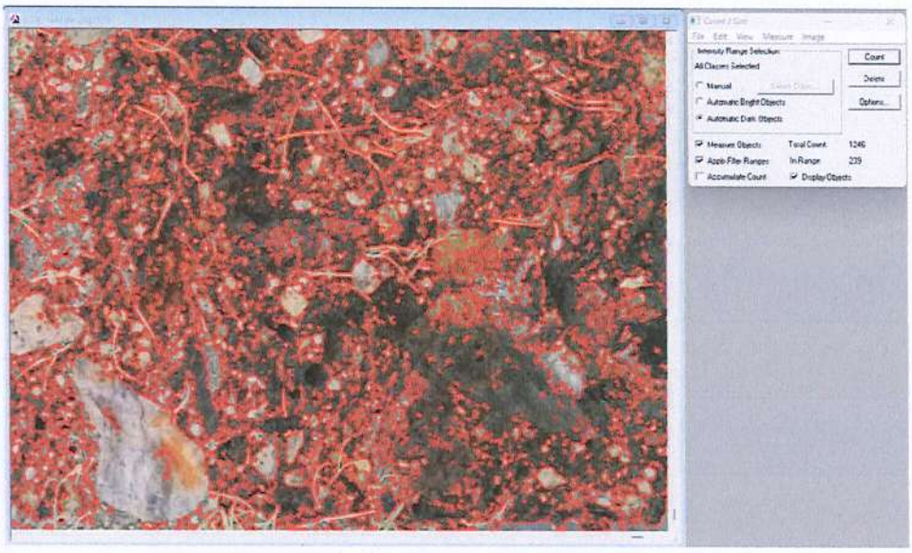


Ilustración 9: *Muestra con 1.25 % de Fibra de Sisal (Lado Izquierdo)*

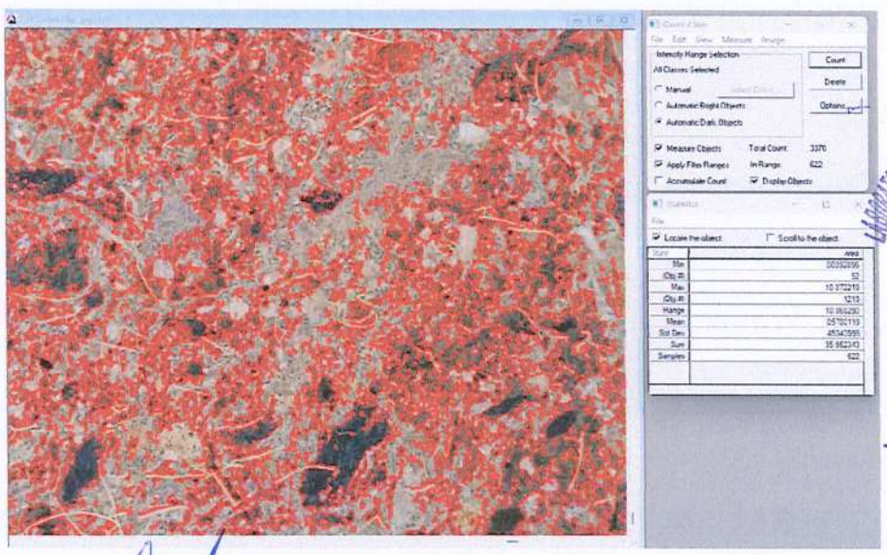
MUESTRA 6: Probeta con 1.25 % de fibra de sisal (corte Izquierdo)

OBJETO DE ESTUDIO: Áreas de agregado grueso sobre la superficie

AUMENTO: 5 X

FECHA DE EJECUCIÓN: 03-10-2025

Elmer Polo Briceño
Ing. de Materiales
DNI: 70224297



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO

Ilustración 10: *Muestra con 1.25 % de Fibra de Sisal (Lado Derecho)*

Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT
USAT Universidad Católica

MUESTRA 7: Probeta con 2.00 % de fibra de sisal (corte Izquierdo)

OBJETO DE ESTUDIO: Áreas de agregado grueso sobre la superficie

AUMENTO: 5 X

FECHA DE EJECUCIÓN: 03-10-2025

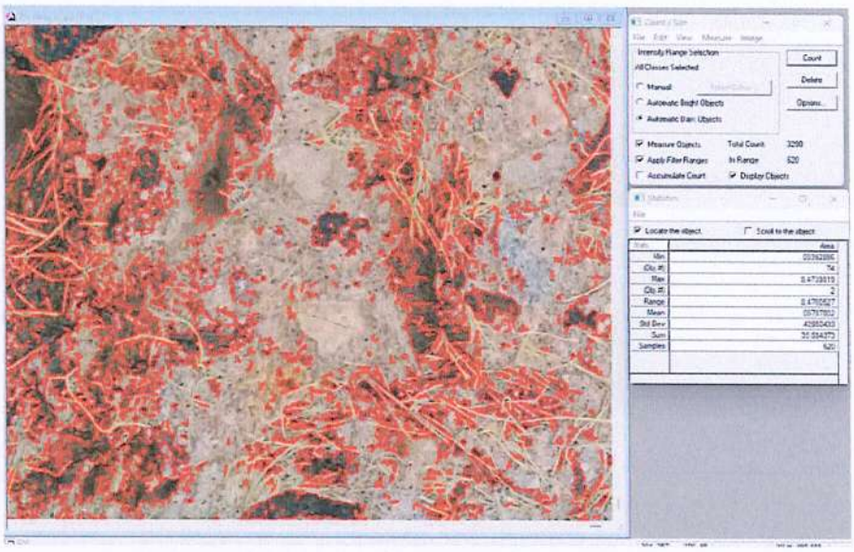


Ilustración 11: *Muestra con 2.00 % de Fibra de Sisal (Lado Izquierdo)*

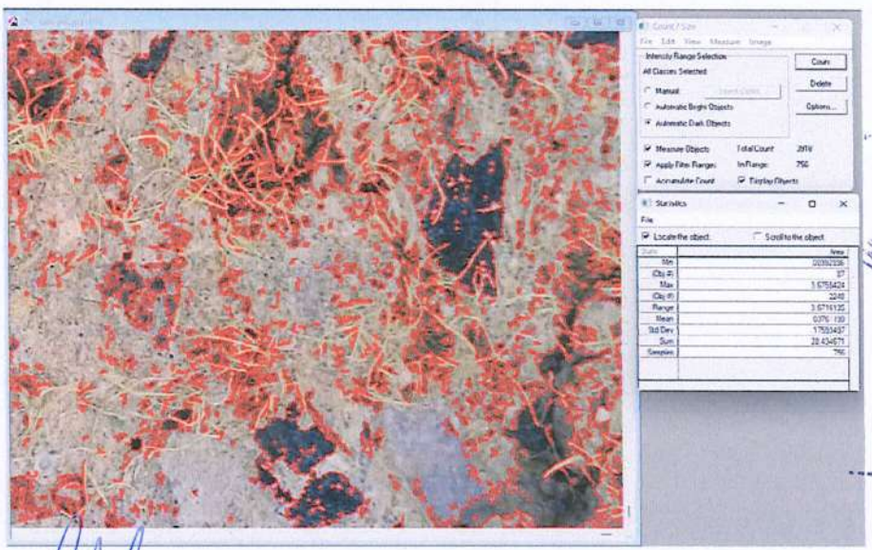
MUESTRA 8: Probeta con 2.00 % de fibra de sisal (corte Izquierdo)

OBJETO DE ESTUDIO: Áreas de agregado grueso sobre la superficie

AUMENTO: 5 X

FECHA DE EJECUCIÓN: 03-10-2025

Elmer Polo Briceño
Ing. de Materiales
DNI: 70224297



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO

Ilustración 12: *Muestra con 2.00 % de Fibra de Sisal (Lado Derecho)*

Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT
USAT Universidad Católica