

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“ANÁLISIS DEL INCREMENTO DE LA RESISTENCIA MECÁNICA
DEL CONCRETO CON LA ADICIÓN DE FIBRA VEGETAL”**

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

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:
EDINSON FERNANDO PAJARES URTEAGA**

**ASESOR:
M. EN I. HÉCTOR ALBARINO PÉREZ LOAYZA**

CAJAMARCA – PERÚ

2015

AGRADECIMIENTO

Deseo utilizar este espacio para agradecer en primer lugar a Dios, entidad suprema que ha guiado correctamente mi camino; a mis abuelos, Armando y Lucila quienes desde la eternidad me han cuidado siempre; a mi madre, Olga Elizabeth Urteaga Díaz, porque gracias al esfuerzo y sacrificio que realizó, por todo su amor, comprensión, apoyo incondicional y confianza en todo momento de su vida pude culminar con esta etapa, a mis hermanos; Jaqueline, Eduardo, Jessica y Evelyn quienes me apoyaron incondicionalmente a lo largo de mi vida, a mis sobrinos quienes me brindan alegrías en todo momento, a Fer que con su futura llegada iluminó mi camino.

Quisiera agradecer también a todos los docentes y trabajadores de la Universidad Nacional de Cajamarca que contribuyeron con el desarrollo de esta tesis, de manera especial al M. en I. Héctor Albarino Pérez Loayza, por sus valiosas aportaciones; por su profesionalismo, calidad humana, humildad al servicio de la investigación y por su amistad.

Agradezco también a los profesionales encargados del Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca, gracias al Dr. Miguel Ángel Mosqueira Moreno jefe de laboratorio y a Juan Villanueva Zumarán técnico de laboratorio, quienes con sus sabias enseñanzas, su vasto conocimiento y trato afable contribuyeron en la culminación satisfactoria de esta tesis.

Un agradecimiento a todos los docentes que me encaminaron durante la carrera, de manera especial a los Ingenieros José Lezama Leiva, Marcos Mendoza Linares y Roberto Mosqueira Ramírez que me ayudaron a pulir este trabajo de investigación con sus sabias observaciones.

También un profundo agradecimiento a mis incondicionales amigos José Guillermo Antonio Reyes Aguilar y Dennis Minchán Chugnas, quienes siempre me acompañaron y ayudaron durante el desarrollo de esta investigación.

Finalmente, gracias a Danicsa Maza Idrogo que superó todos los inconvenientes que surgieron a lo largo de este trabajo y nunca desfalleció estando siempre a mi lado.

Gracias a todos...

DEDICATORIA

A mi madre: Olga Elizabeth Urteaga Díaz

A mis abuelos: Armando y Lucila Q.D.D.G.E.D.

A mis hermanos: Jaqueline, Eduardo, Jessica y Evelyn

A mis Sobrinos: Armando, María, Andrés, Romina y Marco

A Fer: Luz de mi vida.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTO	i
DEDICATORIA	ii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE IMÁGENES	xii
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xv
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	19
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	19
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	20
1.3. HIPÓTESIS	20
1.3.1. Hipótesis general	20
1.3.2. Hipótesis específicas	20
1.4. OBJETIVOS	20
1.4.1. Objetivo general	20
1.4.2. Objetivos específicos	21
1.5. ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN	21
1.6. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	22
1.7. DELIMITACIONES Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	22
1.7.1. Delimitaciones	22
1.7.2. Limitaciones	23
1.8. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	23
1.8.1. Tipo	23
1.8.2. Diseño	23
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	24
2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN	24
2.2. DEFINICIONES:	25
2.3. BASES TEÓRICAS:	29
2.3.1. Concreto [Rivva (2014a)]	29
2.3.2. Agregado [Rivva (2014a)]	38
2.3.3. Cemento [Rivva (2014a)]	43
2.3.4. Agave cordillerensis (Cabuya)	51

CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS	52
3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA INVESTIGACIÓN	52
3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	52
3.2.1. Tipo	52
3.2.2. Diseño	52
3.2.3. Variables	53
3.3. CANTERA DE ESTUDIO	53
3.3.1. Ubicación	53
3.3.2. Extracción de agregados de la cantera	54
3.4. CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS PARA EL CONCRETO	56
3.4.1. Estudio de las características físicas y mecánicas de los agregados para el concreto	56
3.4.2. Extracción y preparación de muestras para ensayos	56
3.4.3. Reducción de muestras de agregados a tamaño de ensayo	58
3.4.4. Granulometría	58
3.4.5. Tamaño máximo del agregado grueso	65
3.4.6. Tamaño máximo nominal del agregado grueso	65
3.4.7. Módulo de fineza	65
3.4.8. Densidad relativa y absorción	66
3.4.9. Masa por unidad de volumen (Densidad de masa)	72
3.4.10. Desgaste o abrasión del agregado grueso	78
3.5. CARACTERÍSTICAS DE LA FIBRA	80
3.5.1. Determinación de la densidad relativa y absorción	80
3.5.2. Determinación de la resistencia a tracción de la fibra	82
3.5.3. Selección de la longitud de fibra	83
3.6. EL CEMENTO UTILIZADO	84
3.7. EL AGUA	84
3.8. PROCEDIMIENTO DE DISEÑO DE MEZCLAS Y ELABORACIÓN DE ESPECÍMENES	84
3.8.1. Requerimientos del concreto considerados para el diseño de mezclas	84
3.8.2. Propiedades de los materiales a considerar para el diseño de mezclas	85
3.8.3. Procedimiento realizado para la selección de las proporciones del concreto por el método de módulo de fineza de la combinación de los agregados	86
3.8.4. Elaboración de la mezcla de prueba:	89
3.8.5. Procedimiento realizado para el ajuste de las proporciones	90
3.8.6. Procedimiento realizado para la inclusión de fibra en las proporciones	92

3.8.7. Especímenes de concreto a diferentes porcentajes de fibra.....	92
3.8.8. Elaboración de los especímenes de concreto para los ensayos mecánicos.....	94
3.8.9. Curado de los especímenes de concreto.	97
3.9. VARIABLES DE EVALUACIÓN DEL ESTUDIO.....	98
3.9.1. Asentamiento en el concreto en estado fresco.....	99
3.9.2. Densidad de masa del concreto en estado fresco.....	100
3.9.3. Densidad de masa del concreto en estado endurecido.....	104
3.9.4. Resistencia a compresión en especímenes cilíndricos de concreto.	105
3.9.5. Resistencia a la tracción en especímenes cilíndricos de concreto.	108
3.9.6. Resistencia a la flexión en especímenes prismáticos de concreto.	109
3.9.7. Desarrollo de la resistencia del concreto.	111
3.9.8. Módulo de elasticidad del concreto.....	111
3.9.9. Uniformidad de esfuerzos a diferentes edades.....	113
3.9.10. Costo de la elaboración de concreto por metro cúbico.....	113
3.10. TÉCNICAS, INSTRUMENTOS DE RECOPIACIÓN Y PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN.....	114
3.10.1. Técnicas e instrumentos de recopilación de información.....	114
3.10.2. Técnicas de procesamiento y análisis de información.....	114
3.10.3. Análisis de los resultados.....	115
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	116
4.1. ANÁLISIS DE LA CONSISTENCIA DE LAS MEZCLAS.....	116
4.2. ANÁLISIS DE LA DENSIDAD DE MASA DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO.....	117
4.3. ANÁLISIS DE LA DENSIDAD DE MASA DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO.....	118
4.4. ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA PROMEDIO A COMPRESIÓN.....	120
4.5. ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA PROMEDIO A TRACCIÓN.....	125
4.6. ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA PROMEDIO A FLEXIÓN.....	129
4.7. ANÁLISIS DEL ANCHO Y LONGITUD DE FISURA EN ESPECÍMENES A FLEXIÓN.....	134
4.8. ANÁLISIS DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD.....	137
4.9. ANÁLISIS DE COSTOS EN FUNCIÓN A LA RESISTENCIA DEL CONCRETO.....	139
4.10. CONTRASTE DE HIPÓTESIS.....	141
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	142
5.1. CONCLUSIONES.....	142

5.2. RECOMENDACIONES	143
CAPÍTULO VI: BIBLIOGRAFÍA	144
6.1. ARTÍCULOS Y TESIS	144
6.2. LIBROS Y REGLAMENTOS	144
6.3. NORMAS	144
CAPÍTULO VII: ANEXOS	147
7.1. ANEXO I: PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS	147
7.2. ANEXO II: PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE LA FIBRA	159
7.3. ANEXO III: ANÁLISIS QUÍMICO DE LOS AGREGADOS	161
7.4. ANEXO IV: ANÁLISIS QUÍMICO DEL AGUA	165
7.5. ANEXO V: FICHA TÉCNICA DEL CEMENTO UTILIZADO	168
7.6. ANEXO VI: CERTIFICADO DE LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA.....	169
7.7. ANEXO VII: TABLAS PARA EL DISEÑO DE MEZCLAS	170
7.8. ANEXO VIII: DISEÑO DE MEZCLAS	171
7.9. ANEXO IX: CÁLCULO DE PRECIOS UNITARIOS DE EQUIPO Y MANO DE OBRA PARA ELABORACIÓN DE CONCRETO	182
7.10. ANEXO X: ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE CONCRETO PARA DIFERENTES PORCENTAJES DE ADICIÓN DE FIBRA.....	185
7.11. ANEXO XI: PÁNEL FOTOGRÁFICO	187
7.12. ANEXO XII: RESULTADOS DE LOS ENSAYOS MECÁNICOS	193
7.13. ANEXO XIII: CURVAS REPRESENTATIVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN UNITARIA.....	223

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Contenido de ión cloruro soluble en agua	50
Tabla N° 2: Porción de la muestra de campo requerida para los ensayos de laboratorio	57
Tabla N° 3: Cantidad mínima de muestra para partículas menores al tamiz N° 200	58
Tabla N° 4: Requisitos granulométricos del agregado grueso	62
Tabla N° 5: Requisitos granulométricos del agregado fino	63
Tabla N° 6: Capacidad de los recipientes para ensayo de densidad de masa.....	73
Tabla N° 7: Muestra requerida para el ensayo de abrasión	78
Tabla N° 8: Resumen de las propiedades de los agregados a ser empleados en la mezcla de concretos	86
Tabla N° 9: Resumen de las propiedades de los agregados a ser empleados en la mezcla de concretos	86
Tabla N° 10: Tiempo de prueba de los especímenes y tolerancia.....	106
Tabla N° 11: Asentamiento del concreto según el porcentaje de adición de fibra.....	116
Tabla N° 12: Densidad de masa del concreto en estado fresco a diferentes porcentajes de adición de fibra	117
Tabla N° 13: Densidad de masa del concreto en estado endurecido a los 28 días con diferentes porcentajes de adición de fibra	119
Tabla N° 14: Promedio de ensayos a compresión a diferentes edades y porcentajes de adición de fibra	120
Tabla N° 15: Promedio de ensayos a tracción a diferentes edades y porcentajes de adición de fibra	125
Tabla N° 16: Promedio de ensayos a flexión a diferentes edades y porcentajes de adición de fibra	130
Tabla N° 17: Promedio de anchos de fisura en especímenes ensayados a flexión, a diferentes edades y porcentajes de adición fibra	134
Tabla N° 18: Promedio de longitudes de fisura en especímenes ensayados a flexión, a diferentes edades y porcentajes de adición fibra	136
Tabla N° 19: Promedio de módulos de elasticidad a diferentes edades y porcentajes de adición de fibra, método ACI 318	137
Tabla N° 20: Promedio de módulos de elasticidad a diferentes edades y porcentajes de adición de fibra, método ASTM 469	138

Tabla N° 21: Precio de la unidad cúbica de concreto en función a diferentes porcentajes de adición de fibra y su respectiva resistencia a la compresión a los 28 días	139
Tabla N° 22: Precio de la unidad cúbica de concreto en función a diferentes porcentajes de adición de fibra y su respectiva resistencia a la tracción a los 28 días	140
Tabla N° 23: Precio de la unidad cúbica de concreto en función a diferentes porcentajes de adición de fibra y su respectiva resistencia a la flexión a los 28 días.....	140
Tabla N° 24: Ensayo de partículas menores al tamiz N° 200 del agregado grueso	147
Tabla N° 25: Ensayo de partículas menores al tamiz N° 200 del agregado fino	148
Tabla N° 26: Ensayo N° 01 de granulometría del agregado grueso.....	149
Tabla N° 27: Ensayo N° 02 de granulometría del agregado grueso.....	150
Tabla N° 28: Ensayo N° 03 de granulometría del agregado grueso.....	151
Tabla N° 29: Ensayo N° 01 de granulometría del agregado fino	153
Tabla N° 30: Ensayo N° 02 de granulometría del agregado fino	154
Tabla N° 31: Ensayo N° 03 de granulometría del agregado fino	155
Tabla N° 32: Densidad relativa del agregado grueso	157
Tabla N° 33: Densidad relativa del agregado fino	157
Tabla N° 34: Peso específico del agua para ensayo de densidad de masa de los agregados	157
Tabla N° 35: Factor agua para ensayo de densidad de masa de los agregados	158
Tabla N° 36: Densidad de Masa del agregado grueso en estado seco suelto	158
Tabla N° 37: Densidad de Masa del agregado grueso en estado seco compactado	158
Tabla N° 38: Densidad de Masa del agregado fino en estado seco suelto	158
Tabla N° 39: Densidad de Masa del agregado fino en estado seco compactado	159
Tabla N° 40: Porcentaje de vacíos del agregado	159
Tabla N° 41: Resistencia a la abrasión del agregado grueso.....	159
Tabla N° 42: Densidad relativa de la fibra vegetal	159
Tabla N° 43: Resistencia a la tracción de la fibra vegetal.....	160
Tabla N° 44: Resistencia a la compresión promedio	170
Tabla N° 45: Requerimientos de agua en L/m ³ y contenido de aire del concreto para los tamaños nominales máximos del agregado grueso y consistencia indicada	170
Tabla N° 46: Relación agua/cemento del concreto por resistencia	170
Tabla N° 47: Módulo de finura de la combinación de agregados	170
Tabla N° 48: Diseño de mezcla de concreto empleada para correcciones	171

Tabla N° 49: Corrección por contenido de humedad de los agregados para la preparación de especímenes de prueba.....	172
Tabla N° 50: Corrección por agua adicional, apariencia, asentamiento y contenido de aire de los agregados.....	173
Tabla N° 51: Corrección por variación de la resistencia debido al grado de hidratación del concreto.....	174
Tabla N° 52: Diseño base luego de efectuadas todas las correcciones	175
Tabla N° 53: Diseño de mezcla con una adición de 0.50% de fibra vegetal.....	176
Tabla N° 54: Corrección por contenido de humedad del diseño de mezcla con una adición de 0.50% de fibra vegetal	177
Tabla N° 55: Diseño de mezcla con una adición de 1.00% de fibra vegetal.....	178
Tabla N° 56: Corrección por contenido de humedad del diseño de mezcla con una adición de 1.00% de fibra vegetal	179
Tabla N° 57: Diseño de mezcla con una adición de 2.00% de fibra vegetal.....	180
Tabla N° 58: Corrección por contenido de humedad del diseño de mezcla con una adición de 2.00% de fibra vegetal	181
Tabla N° 59: Especímenes ensayados a compresión, siete días de edad, sin adición de fibra vegetal	193
Tabla N° 60: Especímenes ensayados a compresión, catorce días de edad, sin adición de fibra vegetal	194
Tabla N° 61: Especímenes ensayados a compresión, veintiocho días de edad, sin adición de fibra vegetal.....	195
Tabla N° 62: Especímenes ensayados a compresión, siete días de edad, con 0.50% de adición de fibra vegetal.....	196
Tabla N° 63: Especímenes ensayados a compresión, catorce días de edad, con 0.50% de adición de fibra vegetal.....	197
Tabla N° 64: Especímenes ensayados a compresión, veintiocho días de edad, con 0.50% de adición de fibra vegetal	198
Tabla N° 65: Especímenes ensayados a compresión, siete días de edad, con 1.00% de adición de fibra vegetal.....	199
Tabla N° 66: Especímenes ensayados a compresión, catorce días de edad, con 1.00% de adición de fibra vegetal.....	200
Tabla N° 67: Especímenes ensayados a compresión, veintiocho días de edad, con 1.00% de adición de fibra vegetal	201

Tabla N° 68: Especímenes ensayados a compresión, siete días de edad, con 2.00% de adición de fibra vegetal.....	202
Tabla N° 69: Especímenes ensayados a compresión, catorce días de edad, con 2.00% de adición de fibra vegetal.....	203
Tabla N° 70: Especímenes ensayados a compresión, veintiocho días de edad, con 2.00% de adición de fibra vegetal	204
Tabla N° 71: Especímenes ensayados a tracción, siete días de edad, sin adición de fibra vegetal.....	205
Tabla N° 72: Especímenes ensayados a tracción, catorce días de edad, sin adición de fibra vegetal	205
Tabla N° 73: Especímenes ensayados a tracción, veintiocho días de edad, sin adición de fibra vegetal	206
Tabla N° 74: Especímenes ensayados a tracción, veintiocho días de edad, con 0.50% de adición de fibra vegetal.....	206
Tabla N° 75: Especímenes ensayados a tracción, catorce días de edad, con 0.50% de adición de fibra vegetal.....	207
Tabla N° 76: Especímenes ensayados a tracción, veintiocho días de edad, con 0.50% de adición de fibra vegetal.....	207
Tabla N° 77: Especímenes ensayados a tracción, siete días de edad, con 1.00% de adición de fibra vegetal.....	208
Tabla N° 78: Especímenes ensayados a tracción, catorce días de edad, con 1.00% de adición de fibra vegetal.....	208
Tabla N° 79: Especímenes ensayados a tracción, veintiocho días de edad, con 1.00% de adición de fibra vegetal.....	209
Tabla N° 80: Especímenes ensayados a tracción, siete días de edad, con 2.00% de adición de fibra vegetal.....	209
Tabla N° 81: Especímenes ensayados a tracción, catorce días de edad, con 2.00% de adición de fibra vegetal.....	210
Tabla N° 82: Especímenes ensayados a tracción, veintiocho días de edad, con 2.00% de adición de fibra vegetal.....	210
Tabla N° 83: Especímenes ensayados a flexión, siete días de edad, sin adición de fibra vegetal.....	211
Tabla N° 84: Especímenes ensayados a flexión, catorce días de edad, sin adición de fibra vegetal	212

Tabla N° 85: Especímenes ensayados a flexión, veintiocho días de edad, sin adición de fibra vegetal.....	213
Tabla N° 86: Especímenes ensayados a flexión, siete días de edad, con 0.50% de adición de fibra vegetal.....	214
Tabla N° 87: Especímenes ensayados a flexión, catorce días de edad, con 0.50% de adición de fibra vegetal.....	215
Tabla N° 88: Especímenes ensayados a flexión, veintiocho días de edad, con 0.50% de adición de fibra vegetal.....	216
Tabla N° 89: Especímenes ensayados a flexión, siete días de edad, con 1.00% de adición de fibra vegetal.....	217
Tabla N° 90: Especímenes ensayados a flexión, catorce días de edad, con 1.00% de adición de fibra vegetal.....	218
Tabla N° 91: Especímenes ensayados a flexión, veintiocho días de edad, con 1.00 % de adición de fibra vegetal.....	219
Tabla N° 92: Especímenes ensayados a flexión, siete días de edad, con 2.00% de adición de fibra vegetal.....	220
Tabla N° 93: Especímenes ensayados a flexión, catorce días de edad, con 2.00% de adición de fibra vegetal.....	221
Tabla N° 94: Especímenes ensayados a flexión, veintiocho días de edad, con 2.00 % de adición de fibra vegetal.....	222
Tabla N° 95: Esfuerzos y Deformaciones Unitarias del espécimen C01-7D-0%	223
Tabla N° 96: Esfuerzos y Deformaciones Unitarias del espécimen T01-7D-0%	224
Tabla N° 97: Esfuerzos y Deformaciones Unitarias del espécimen F01-7D-0%.....	225

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen N° 1: Proporciones típicas en volumen absoluto de los componentes	29
Imagen N° 3: Fotografía satelital de la ubicación del estudio.....	52
Imagen N° 4: Fotografía satelital de la ubicación de la planta de chancado.....	53
Imagen N° 5: Trituración de agregados	54
Imagen N° 6: Maquinaria para la explotación de la cantera	55
Imagen N° 7: Método de separación de los agregados en cantera	55
Imagen N° 8: Ensayo de materiales más finos que pasan por el tamiz N° 200, agregado grueso	60
Imagen N° 9: Ensayo de materiales más finos que pasan por el tamiz N° 200, agregado fino.....	61
Imagen N° 10: Ensayo de granulometría del agregado grueso	64
Imagen N° 11: Equipo para ensayo de granulometría.....	65
Imagen N° 12: Ensayo de determinación de la densidad relativa y absorción del agregado grueso.....	69
Imagen N° 13: Ensayo de determinación de la densidad relativa y absorción del agregado fino	72
Imagen N° 14: Ensayo de densidad de masa del agregado grueso	77
Imagen N° 15: Ensayo de densidad de masa del agregado fino.....	77
Imagen N° 16: Ensayo de abrasión	79
Imagen N° 17: Ensayo de determinación de la densidad relativa y absorción de la fibra	82
Imagen N° 18: Ensayo de resistencia a la tracción de la fibra	83
Imagen N° 19: Elaboración de especímenes de concreto.....	97
Imagen N° 20: Curado de especímenes de concreto	98
Imagen N° 21: Ensayo de asentamiento del concreto	100
Imagen N° 22: Ensayo de densidad de masa del concreto fresco	104
Imagen N° 23: Ensayo de densidad de masa del concreto endurecido	105
Imagen N° 24: Diagrama esquemático de los patrones típicos de fractura.....	107
Imagen N° 25: Verificación del tipo de fractura.	107
Imagen N° 26: Ensayo de tracción de especímenes de concreto	109
Imagen N° 27: Ensayo de flexión de especímenes de concreto.....	111
Imagen N° 28: Ensayos de deformación unitaria.....	113

Imagen N° 29: Espécimen sin adición de fibra ensayado a compresión.....	123
Imagen N° 30: Espécimen con 0.50% de adición de fibra vegetal ensayado a compresión	124
Imagen N° 31: Espécimen con 1.00% de adición de fibra vegetal ensayado a compresión	124
Imagen N° 32: Espécimen con 2.00% de adición de fibra vegetal ensayado a compresión	125
Imagen N° 33: Espécimen sin adición de fibra vegetal ensayado a tracción	128
Imagen N° 34: Espécimen con adición de 0.50% de fibra vegetal ensayado a tracción	128
Imagen N° 35: Espécimen con adición de 1.00% de fibra vegetal ensayado a tracción	129
Imagen N° 36: Espécimen con adición de 2.00% de fibra vegetal ensayado a tracción	129
Imagen N° 37: Espécimen sin adición de fibra vegetal ensayado a flexión	132
Imagen N° 38: Espécimen con adición de 0.50% de fibra vegetal ensayado a flexión	133
Imagen N° 39: Espécimen con adición de 1.00% de fibra vegetal ensayado a flexión	133
Imagen N° 40: Espécimen con adición de 2.00% de fibra vegetal ensayado a flexión	134
Imagen N° 41: Punto y modo de medición del ancho de fisura en ensayos a flexión	135
Imagen N° 42: Modo de medición de la longitud de fisura en ensayos a flexión.....	137
Imagen N° 43: Determinación del volumen del recipiente para ensayos de densidad de masa del agregado y del concreto.....	187
Imagen N° 44: Ensayo completo de densidad de masa del agregado	187
Imagen N° 45: Ensayo de gravedad específica de la fibra	187
Imagen N° 46: Ensayo completo de densidad de masa del concreto en estado fresco	188
Imagen N° 47: Preparación de mezclas.....	188
Imagen N° 48: Llenado de especímenes y desmolde	189
Imagen N° 49: Máquina lista para el ensayo a compresión	190
Imagen N° 50: Máquina lista para el ensayo a tracción	190
Imagen N° 51: Determinación de las dimensiones de los especímenes de concreto destinados para el ensayo a flexión	191

Imagen N° 52: Máquina lista para el ensayo a flexión.....	191
Imagen N° 53: Medición de las dimensiones de la grieta después del ensayo a flexión	192

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1: Asentamiento del concreto a diferentes porcentajes de adición de fibra	116
Gráfico N° 2: Densidad de masa del concreto en estado fresco a diferentes porcentajes de adición de fibra	118
Gráfico N° 3: Densidad de masa del concreto en estado endurecido a diferentes porcentajes de adición de fibra	120
Gráfico N° 4: Promedio de ensayos a compresión, a edad de siete días y diferentes porcentajes de adición de fibra	121
Gráfico N° 5: Promedio de ensayos a compresión, a edad de catorce días y diferentes porcentajes de adición de fibra	121
Gráfico N° 6: Promedio de ensayos a compresión, a edad de veintiocho días y diferentes porcentajes de adición de fibra	122
Gráfico N° 7: Consolidado de los promedios de ensayos a compresión, a diferentes edades y porcentajes de adición de fibra	122
Gráfico N° 8: Promedio de ensayos a tracción, a edad de siete días y diferentes porcentajes de adición de fibra	126
Gráfico N° 9: Promedio de ensayos a tracción, a edad de catorce días y diferentes porcentajes de adición de fibra	126
Gráfico N° 10: Promedio de ensayos a tracción, a edad de veintiocho días y diferentes porcentajes de adición de fibra	127
Gráfico N° 11: Consolidado de los promedios de ensayos a tracción, a diferentes edades y porcentajes de adición de fibra	127
Gráfico N° 12: Promedio de ensayos a flexión, a edad de siete días y diferentes porcentajes de adición de fibra	130
Gráfico N° 13: Promedio de ensayos flexión, a edad de catorce días y diferentes porcentajes de adición de fibra	131
Gráfico N° 14: Promedio de ensayos a flexión, a edad de veintiocho días y diferentes porcentajes de adición de fibra	131
Gráfico N° 15: Consolidado de los promedios de ensayos a flexión, a diferentes edades y porcentajes de adición de fibra	132
Gráfico N° 16: Promedio de anchos de fisura en especímenes ensayados a flexión, a diferentes edades y porcentajes de fibra	135

Gráfico N° 17: Promedio de anchos de fisura en especímenes ensayados a flexión, a diferentes edades y porcentajes de adición fibra	136
Gráfico N° 18: Promedio de módulos de elasticidad a diferentes edades y porcentajes de adición de fibra, método ACI 318	137
Gráfico N° 19: Promedio de módulos de elasticidad a diferentes edades y porcentajes de adición de fibra, método ASTM 469	138
Gráfico N° 20: Precio de la unidad cúbica de concreto en función a diferentes porcentajes de adición de fibra y su respectiva resistencia a la compresión a los 28 días	139
Gráfico N° 21: Precio de la unidad cúbica de concreto en función a diferentes porcentajes de adición de fibra y su respectiva resistencia a la tracción a los 28 días .	140
Gráfico N° 22: Precio de la unidad cúbica de concreto en función a diferentes porcentajes de adición de fibra y su respectiva resistencia a la flexión a los 28 días...	141
Gráfico N° 23: Requisito granulométrico del agregado grueso	152
Gráfico N° 24: Requisito granulométrico del agregado fino	156
Gráfico N° 25: Esfuerzos y Deformaciones Unitarias del espécimen C01-7D-0%	223
Gráfico N° 26: Esfuerzos y Deformaciones Unitarias del espécimen T01-7D-0%	224
Gráfico N° 27: Esfuerzos y Deformaciones Unitarias del espécimen F01-7D-0%	225

RESUMEN

Este trabajo analizó el incremento de la resistencia mecánica del concreto con la adición de fibra vegetal (cabuya) en porcentajes de 0.50%, 1.00% y 2.00% del volumen del concreto, así como también la reducción de costos basados en las resistencias alcanzadas tomando como patrón de diseño a un concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$. Para ello se elaboraron 216, 72 prismáticos y 144 cilíndricos, divididos en grupos de 6 para ensayos a flexión, tracción y compresión, con diferentes porcentajes de adición de fibra y ensayados a 7, 14 y 28 días, los materiales utilizados fueron cemento Pacasmayo Tipo I, agregados extraídos del Río Chonta, fibra proveniente de Santa Bárbara – Baños del Inca y agua del campus de la Universidad Nacional de Cajamarca, materiales considerados representativos para la ubicación del estudio. Los resultados experimentales mostraron que bajo las tres dosificación el concreto incrementa su resistencia a los diferentes esfuerzos, sin embargo el mayor incremento de resistencia en compresión fue de 7.04% y se obtuvo con una adición de 1.00% de fibra, en tracción se obtuvo un incremento de la resistencia del 16.01% correspondiente a una adición de 1.00% de fibra mientras que en flexión la resistencia se incrementó en 40.66% correspondiendo este incremento a una adición de 1.00% de fibra. El menor costo en relación a la resistencia a compresión se obtuvo con la adición de 0.50% de fibra lográndose una disminución de 1.19% en función al costo base, mientras que para los esfuerzos de tracción y flexión se logró una disminución del costo en un 4.23% y 15.33% respectivamente a una adición de 1.00% en función al costo base.

Palabras clave: Concreto, fibra vegetal, agave cordillerensis, cabuya, esfuerzos del concreto.

ABSTRACT

This paper analyzed the increased mechanical strength of concrete with the addition of vegetable fibers (sisal) in percentages of 0.50%, 1.00% and 2.00% of the volume of concrete as well as cost reduction achieved based on resistors taking as a design pattern $f_c = 280 \text{ kg / cm}^2$, To this 216 specimens were prepared, 72 prismatics and 144 cylindricals, divided into groups of bending, tensile and compressive test, with different percentages of fiber addition and tested at 7, 14 and 28 days, the materials used were cement Type I Pacasmayo, aggregates from Chonta River, fiber from Santa Barbara - Baños del Inca and water of the National University of Cajamarca, materials considered representative for the location of the study.

The experimental results showed that under the three dosage concrete increases its resistance to the different efforts, not only the greatest increase in compressive strength was 7.04% and was obtained with an addition of 1.00% of fiber, the greatest increase in tensile strength was 16.01% corresponding to an addition of 1.00% and the greatest increase in bending strength was 16.01% corresponding to an addition of 1.00% to.

The lower cost compared to the compressive strength was obtained with the addition of 0.50% fiber achieving a reduction of 1.19% according to the base costs, while for the tensile and bending down the cost was achieved in 4.23 % and 15.33% respectively at an addition of 1.00%.

Keywords: Concrete, vegetable fiber, cordillerensis agave, cabuya, concrete efforts.

CAPÍTULO

I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El concreto es uno de los materiales de mayor uso en el área de la construcción debido a la versatilidad en su elaboración y aplicación, y por supuesto a su resistencia, sobre todo a la compresión, pero con desventajas a la tracción, flexión y cortante.

Según el uso que se le quiera dar al concreto, este deberá ser elaborado bajo ciertos requisitos como la economía, durabilidad o resistencia a ciertos esfuerzos, la utilización de diversos tipos de materiales para mejorar las características mecánicas del concreto han sido objeto de estudios, por entidades públicas y privadas relacionadas con esta industria; la actual creación de innumerables productos que modifican las características del concreto ha generado un sin número de problemas, desde la obtención de materias primas hasta la eliminación de desechos industriales, es por ello que teniendo en cuenta las actuales condiciones de sostenibilidad de recursos, se intentan hallar soluciones viables y ecológicas para la fabricación de concretos utilizando materiales de origen natural y cuya obtención no conlleve a la degradación irreversible del ecosistema.

La utilización de fibras artificiales como el polipropileno, acero y vidrio proporciona una mejoría en las propiedades mecánicas del concreto, dependiendo del grado de dosificación, es por ello que la utilización de fibras vegetales podría convertirse en una alternativa en el refuerzo del concreto por sus condiciones de recurso de fácil obtención ya sea por la producción directa a través de cultivos o desde el reciclaje, pasando por un proceso adecuado, en donde se puede contribuir a la optimización de las propiedades del concreto, pudiéndose generar de esta manera una industria a partir de dichas fibras, convirtiéndolas en una fuente de ingresos para personas que se dediquen a su cultivo.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El tema objeto de la presente investigación se puede sintetizar en la siguiente interrogante: ¿Contribuye la adición de fibra vegetal en el incremento de la resistencia mecánica del concreto?, de ésta incógnita se derivan preguntas específicas como las mencionadas a continuación:

- ¿Contribuye la adición de fibra vegetal en el incremento de la resistencia a la compresión del concreto?
- ¿Contribuye la adición de fibra vegetal en el incremento de la resistencia a la tracción del concreto?
- ¿Contribuye la adición de fibra vegetal en el incremento de la resistencia a la flexión del concreto?

1.3. HIPÓTESIS

1.3.1. Hipótesis general

- La adición de fibra vegetal genera un incremento de la resistencia mecánica del concreto.

1.3.2. Hipótesis específicas

- La adición de fibra vegetal genera un incremento de la resistencia a la compresión del concreto.
- La adición de fibra vegetal genera un incremento de la resistencia a la tracción del concreto.
- La adición de fibra vegetal genera un incremento de la resistencia a la flexión del concreto.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

- Analizar el incremento de la resistencia mecánica del concreto con la adición de fibra vegetal.

1.4.2. Objetivos específicos

- Analizar el incremento de la resistencia a compresión del concreto con la adición de fibra vegetal.
- Analizar el incremento de la resistencia a tracción del concreto con la adición de fibra vegetal.
- Analizar el incremento de la resistencia a flexión del concreto con la adición de fibra vegetal.

1.5. ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación analizó las bondades de la fibra de Agave Cordillerensis (Cabuya) como adición en el concreto, y está dirigida a los miembros de la comunidad científica, ya que en el mundo el estudio fibra de Agave Cordillerensis (Cabuya) como adición en el concreto es reducido y más aún en el Perú y Cajamarca, cuyo estudio es nulo; abarca también a los representantes del rubro de la construcción civil, como lo son empresas constructoras, ingenieros, maestros de obra, albañiles y demás personas afines de la ciudad de Cajamarca. Asimismo está dirigida a estudiantes que deseen continuar con la investigación a la que se avoca esta tesis, dirigiendo sus resultados a las variables y premisas contextualizadas adecuadamente.

El presente estudio permitió obtener información acerca de la utilización de fibra vegetal de Agave Cordillerensis (Cabuya) en la elaboración de concretos, además se pudo establecer una comparación económica entre mezclas de concreto con adición de fibra y mezclas convencionales, en relación a su resistencia mecánica a diferentes esfuerzos.

Todos los estudios fueron realizados en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Nacional de Cajamarca, con materiales representativos obtenidos en la ciudad y alrededores.

Para cumplir con los objetivos de la investigación se planteará el diseño de mezclas de concreto con fibra vegetal de Agave Cordillerensis (Cabuya) en remplazo porcentual de parte de los agregados.

Tanto a los agregados como a la fibra vegetal se ensayarán para la obtención de sus propiedades y así poder ser considerados parte de un diseño de mezclas de concreto. Las pruebas realizadas a este tipo de componentes se detallan en capítulos posteriores.

1.6. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El uso de fibra vegetal ya ha sido probado en otras investigaciones determinándose que genera incrementos mecánicos en la resistencia del concreto, sin embargo los contextos y materiales dónde se desarrollaron estas investigaciones difieren a los de la localidad, quedando una vacío para estudiar en este ámbito (Parra y Parra 2007, Pizón 2013, Ochoa et al. 2013).

El uso de fibra vegetal como la del Agave Cordillerensis (Cabuya) como adición en el concreto, puede generar una alternativa en la dosificación en el mismo para mejorar sus propiedades mecánicas, específicamente a tracción y flexión, dando una posible solución al problema que posee el concreto ante estos esfuerzos, además se presenta como una recurso de bajo costo para mejorar las propiedades mecánicas del concreto pudiéndose emplear como línea base para proyectos de viviendas económicas en la región.

La Universidad Nacional de Cajamarca, en específico la Facultad de Ingeniería como centros de generación y difusión conocimiento, se interesan en investigaciones innovadoras y que propongan alternativas de solución ante problemas ingenieriles como lo es el incremento de la resistencia mecánica del concreto mediante adiciones no convencionales (cabuya).

1.7. DELIMITACIONES Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

1.7.1. Delimitaciones

La presente investigación se ha realizado utilizando agregados de la planta de chancado Roca Fuerte donde se procesan agregados extraídos de las márgenes del río Chonta – Distrito de Baños del Inca, fibra vegetal de Agave Cordillerensis (Cabuya) proveniente de Santa Bárbara – Distrito de Baños del Inca, Cemento Pacasmayo Tipo I y Agua usada en el campus universitario, materiales representativos de la localidad de Cajamarca, por lo que el estudio se circunscribe a la localidad de Cajamarca.

Esta tesis se ha iniciado a principios de junio del 2014, por lo que la información y normativa obtenida de las NTP, Normas ASTM o recomendaciones ACI, pueden variar respecto a los siguientes años.

1.7.2. Limitaciones

En Perú, no ha sido ampliamente estudiada la fibra de vegetal de Agave Cordillerensis (Cabuya) en la mejora de las propiedades mecánicas del concreto, aunque se tiene conocimiento que se ha estudiado otro tipo de fibras como la paja de agua en adiciones similares, también se han desarrollado trabajos de investigación a nivel doctoral en países como Colombia, España y México, sin embargo la poca información en nuestro medio se convierte en un limitante para el desarrollo de la tesis.

Otra de las limitaciones dentro de las que se enmarca la tesis es únicamente el estudio del incremento de la resistencia mecánica del concreto, no desviándose al tema de la durabilidad del mismo, ya que en el laboratorio de ensayo de materiales de la Universidad Nacional de Cajamarca se cuenta con los equipos y máquinas para la determinación de la resistencia a diferentes esfuerzos del concreto, sin embargo no se cuenta con materiales ni ambientes adecuados para determinar su durabilidad.

1.8. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

1.8.1. Tipo

El tipo de investigación de esta tesis fue aplicada, con un nivel descriptivo en su primera parte, luego explicativo y finalmente comparativo.

1.8.2. Diseño

Por la naturaleza de las variables fue una investigación de diseño experimental, con un solo factor de control modificable (unifactorial), el cual fue la adición de fibra vegetal (cabuya).

III

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

- Se ha determinado que un porcentaje óptimo para la adición de fibra de fique al concreto es de un valor cercano a 3.3 Kg/m^3 de concreto o 0.3% de peso con respecto al agregado fino, la resistencia a compresión no se ve incrementada con la adición de fibra de fique salvo a una resistencia especificada de 28 MPa donde se obtuvo una resistencia de 29.06 MPa, con porcentajes de adición de entre 1.5% y 2.0% no se muestra rotura sino esponjamiento y con adiciones entre 0.3% y 1.0% sí se evidencia rotura. Los resultados en flexión muestran que el concreto con adición de 0.3% de fibra de fique, permite trabajar concretos con módulo de rotura confiables (Pizón 2013).
- Ochoa et al. (2013) estudiaron algunas de las propiedades de una pasta de yeso con la adición de material orgánico proveniente de las hojas de Agave americana, en esta investigación se evaluó la incidencia de las adiciones midiéndose las incidencias mecánicas a flexo-tracción y a compresión. Se demostró que a una misma consistencia se mejoran las propiedades mecánicas, los tiempos de fraguado aumentaron y se mejoró los tiempos e aplicación del yeso.
- Parra y Parra (2007), plantearon determinar las fuerzas existentes entre la fibra de fique y el mortero, y así determinar las propiedades mecánicas del mortero normal mediante ensayos de compresión, tensión y flexión, con el análisis de los resultados se puede asegurar que el mortero reforzado con fibra de fique aumenta la resistencia a la tensión y flexión. Concluyendo que: La fibra de fique es un material que tiene alta resistencia a la tensión, soportando esfuerzos a tensión de hasta 1400 MPa, lo cual permite afirmar que es una excelente adición para el concreto y el mortero, pues resulta un material compuesto con alta resistencia a la tensión y flexión. La resistencia a la flexión también aumentó aproximadamente en un 12%. El refuerzo de fibra de fique que se utilizó en el mortero reforzado a tensión, el cual se dispuso en el sentido de aplicación de la carga, ocasionó

un aumento de aproximadamente 13%. Los valores reales y teóricos de la resistencia a la tensión difieren en aproximadamente un 11%.

2.2. DEFINICIONES:

- **Absorción:** Es el aumento de la masa del agregado debido al agua que penetra en los poros de las partículas, durante un periodo de tiempo prescrito, pero sin incluir el agua que se adhiere a la superficie exterior de las partículas de la expresa como porcentaje de la masa seca. [NTP 400.021-2013]
- **Agregado:** Conjunto de partículas de origen natural o artificial, que pueden ser tratados o elaborados, y cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados por la NTP 400.011. Se les llama también áridos. [NTP 400.011-2008 (Revisada el 2013)]
- **Agregado anguloso:** Son agregados que poseen aristas bien definidas formadas por la inserción de superficies aproximadamente planas. [NTP 400.011-2008 (Revisada el 2013)]
- **Agregado bien graduado:** Agregado cuya distribución de tamaños de partículas produce una densidad máxima, es decir minimiza los vacíos. [NTP 400.011-2008 (Revisada el 2013)]
- **Agregado de granulometría abierta:** Agregado en el cual los vacíos son relativamente grandes una vez que el agregado se compacta. [NTP 400.011-2008 (Revisada el 2013)]
- **Agregado fino:** Agregado extraído de rocas o piedras proveniente de la disgregación natural o artificial, que pasa el tamiz normalizado 9.5 mm (3/8 pulg) y que cumple con los límites establecidos en la NTP 400.037. [NTP 400.011-2008 (Revisada el 2013)]
- **Agregado global:** Mezcla de agregado fino y agregado grueso, normalizado por una granulometría. [NTP 400.011-2008 (Revisada el 2013)]
- **Agregado grueso:** Agregado grueso retenido en el tamiz 4.75 mm (N° 4) que cumple con los límites establecidos en la NTP 400.037, proveniente de la disgregación natural o artificial de roca. [NTP 400.011-2008 (Revisada el 2013)]
- **Agregado que pasa:** Por un tamiz determinado, expresado generalmente en peso o porcentaje siempre que no retenga más del 5 % en masa (peso) del material tamizado. [NTP 400.011-2008 (Revisada el 2013)]

- **Agregado retenido:** Un agregado es retenido por un tamiz cuando este no deja pasar más de un 5% en masa (peso) del material tamizado. [NTP 400.011-2008 (Revisada el 2013)]
- **Aire accidental:** Vacíos de aire en las pastas, morteros u hormigones (concreto) de cemento Portland, no introducidos en forma intencional y que son significativamente más grandes que aquellos del aire incorporado, de 1 mm o mayor en tamaño. El aire accidental no mejora el desempeño. [NTP 339.047-2006]
- **Cemento Portland:** Un cemento hidráulico producido mediante la pulverización del clinker de Portland compuesto esencialmente de silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente una o más de las formas de sulfato de calcio como una adición durante la molienda. [NTP 400.017-2011]
- **Compactación:** Proceso manual o mecánico que tiende a reducir el volumen total de vacíos de una mezcla de mortero o de hormigón (concreto) fresco. [NTP 339.047-2006]
- **Concreto de peso normal:** Tipo de concreto producido con agregados de densidad normal, frecuentemente piedra triturada o grava, y que tiene una densidad de aproximadamente 2400 kg/m³. [NTP 339.047-2006]
- **Contenido de aire:** Volumen total de vacíos de aire, sea incluido o atrapado, en la pasta de cemento, mortero u hormigón (concreto). El aire incluido aumenta la durabilidad del mortero u hormigón (concreto) endurecido sometido a congelación-deshielo y aumenta la trabajabilidad de las mezclas frescas. [NTP 339.047-2006]
- **Contracción (retracción):** Disminución de la longitud o de volumen de la pasta de cemento, mortero u hormigón (concreto) resultante, de cambios del contenido de humedad, de la temperatura y cambios químicos. [NTP 339.047-2006]
- **Curado:** Proceso que consiste en controlar las condiciones ambientales (especialmente temperatura y humedad) durante el fraguado y/o endurecimiento del cemento, mortero u hormigón (concreto). [NTP 339.047-2006]
- **Curva granulométrica:** Representación gráfica de la granulometría y proporciona una visión objetiva de la distribución de tamaños del agregado. Se obtiene llevando en abscisas los logaritmos de las aberturas de los tamices y en las ordenadas los porcentajes que pasan o sus complementos a 100, que son los retenidos acumulados. [NTP 400.011-2008 (Revisada el 2013)]
- **Densidad:** Es la masa por unidad de volumen de un material, expresado como kilogramos por metro cúbico (libras por pie cúbico). [NTP 400.021-2013]

- **Densidad de masa del agregado:** Masa de una unidad de volumen de la masa material del agregado, en que el volumen incluye el volumen de las partículas individuales y el volumen vacío entre partículas, expresado en kg/m^3 . [NTP 400.017-2011]
- **Gravedad específica:** Es la relación de la densidad de un material a la densidad del agua destilada a una temperatura indicada. [NTP 400.021-2013]
- **Dosificación:** Proceso de medición, por peso o por volumen, de los ingredientes y su introducción en la mezcladora para una cantidad de concreto, mortero, grout o revoque. [NTP 339.047-2006]
- **Durabilidad:** Capacidad del concreto, mortero, grout o revoque de cemento Portland de resistir a la acción de la intemperie y otras condiciones de servicio, tales como ataque químico, congelación-deshielo y abrasión. [NTP 339.047-2006]
- **Ensayo de asentamiento:** Medida de la consistencia del mortero u hormigón (concreto) fresco expresada por el descenso de una masa plástica representativa del pasión, al quedar libre del soporte metálico en que fue moldeado. [NTP 339.047-2006]
- **Ensayo de compresión diametral:** Ensayo de tracción por hendimiento, que consiste en romper un cilindro de hormigón (concreto), del tipo normalizado para ensayo de compresión, entre los cabezales de una prensa según generatrices opuestas. [NTP 339.047-2006]
- **Fibras:** Filamentos delgados discontinuos, provenientes de un proceso industrial, como acero, vidrio, carbón y polímero o de carácter natural como asbesto, celulosa y otros. Se incorporan a la pasta, mortero o concreto para reforzar la matriz de cemento, retardando la formación de grietas e incrementando la resistencia a la tracción. [NTP 339.047-2006]
- **Fraguado:** Condición alcanzada por una pasta, mortero u hormigón (concreto) de cemento cuando ha perdido plasticidad a un grado convencional, generalmente medido en términos de resistencia a la penetración; fraguado inicial se refiere a la primera rigidez; fraguado final se refiere a la adquisición de una rigidez significativa. [NTP 339.047-2006]
- **Granulometría:** Representa la distribución de los tamaños que posee el agregado. La NTP 400.012 establece el procedimiento para su distribución mediante el tamizado, obteniéndose la masa de las fracciones del agregado retenidas en cada uno de los tamices. Eventualmente se calcula la masa retenida y/o que pasa, también los porcentajes parciales y acumulados. [NTP 400.011-2008 (Revisada el 2013)]

- **Homogeneidad de agregados:** Una mezcla de agregados es homogénea cuando cumple con los límites granulométricos establecidos en cada porción de la misma. [NTP 400.011-2008 (Revisada el 2013)]
- **Módulo de elasticidad:** Relación entre el esfuerzo normal y la deformación unitaria correspondiente para esfuerzos de tensión o compresión menores que el límite de proporcionalidad del material. También conocido como módulo de Young o módulo Young de elasticidad, designado por el símbolo E. [NTP 339.047-2006]
- **Módulo de finura (MF):** Factor que se obtiene por la suma de los porcentajes acumulados de material de una muestra de agregado en cada uno de los tamices de la serie especificada y dividido por 100. [NTP 400.011-2008 (Revisada el 2013)]
- **pH:** Símbolo químico que representa el logaritmo del recíproco de la concentración de iones Hidrógeno en átomo gramo por litro, usado para expresar la acidez y la alcalinidad (base) de la solución en una escala de 0 a 14, donde menos que 7 representa acidez y más que 7 alcalinidad. [NTP 339.047-2006]
- **Piedra triturada o chancada:** Se denomina así, al agregado grueso obtenido por trituración artificial de rocas o gravas. [NTP 400.011-2008 (Revisada el 2013)]
- **Plasticidad:** Aquella propiedad de las pasta, concreto, mortero, grout o revoque fresco que determina su trabajabilidad, resistencia a deformación o facilidad de moldeo. [NTP 339.047-2006]
- **Relación agua-cemento (a/c):** Relación entre la masa de agua y la masa de cemento en el concreto. [NTP 339.047-2006]
- **Rendimiento:** Volumen por amasada (bachada, pastón) de concreto que se expresa en metros cúbicos (pies cúbicos). [NTP 339.047-2006]
- **Saturado superficialmente seco:** En relación a partículas del agregado, es la condición en la que los poros permeables de las partículas del agregado están llenos de agua hasta el punto en el que han alcanzado, por inmersión en agua, durante el periodo de tiempo determinado, pero sin contener agua libre en la superficie de las partículas. [NTP 400.022-2013]
- **Secado al horno:** En relación a las partículas del agregado. Es la condición en la que los agregados se han secado por calentamiento en un horno a $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante un tiempo suficiente para alcanzar una masa constante. [NTP 400.022-2013]
- **Segregación:** Separación de los componentes del concreto fresco (agregados y morteros), resultando en una mezcla sin uniformidad. [NTP 339.047-2006]

- **Tamaño máximo del agregado:** Es el que corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado grueso. [NTP 400.011-2008 (Revisada el 2013)]
- **Tamaño nominal máximo del agregado:** Es el que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido. [NTP 400.011-2008 (Revisada el 2013)]
- **Trabajabilidad:** Es la propiedad del concreto, mortero, grout o revoque frescos, que determina sus características de trabajo, es decir, la facilidad para su mezclado, colocación, moldeo y acabado. [NTP 339.047-2006]
- **Vacíos:** En la unidad de volumen del agregado, espacio entre partículas en una masa de agregado no ocupado por la materia sólida del mineral. [NTP 400.017-2011]

2.3. BASES TEÓRICAS:

2.3.1. Concreto [Rivva (2014a)]

El concreto es el material de construcción de mayor uso en nuestro país. Si bien la calidad final del concreto depende en forma muy importante del conocimiento del material y de la calidad profesional del ingeniero, el concreto es, en general, desconocido en muchos de sus siete grandes aspectos: naturaleza, materiales, propiedades, selección de las proporciones, proceso de puesta en obra, control de calidad e inspección, y mantenimiento de los elementos estructurales.

La principal limitación a las múltiples aplicaciones que se pueden dar al concreto es el desconocimiento de alguno de los aspectos ya indicados; así como de la mayor o menor importancia de los mismos de acuerdo al empleo que se pretende dar al material. Ello obliga al estudio y actualización permanentes para obtener del concreto las máximas posibilidades que como material puede ofrecer al Ingeniero.

Aditivos = 0.1% a 0.2%
Aire = 1% a 3%
Agua = 15% a 22%
Agregados 60% a 75%

Imagen N° 1: Proporciones típicas en volumen absoluto de los componentes
Fuente: Pasquel (2011).

2.3.1.1. Requisitos de mezcla

Las mezclas de concreto deberán cumplir con los siguientes requisitos básicos:

a) La mezcla recién preparada deberá tener la trabajabilidad, consistencia y cohesividad que permitan su adecuada colocación en los encofrados.

Esta mezcla deberá estar libre de segregación y tener una exudación mínima.

b) La mezcla endurecida deberá tener las propiedades especificadas en función del empleo que se va a dar a la estructura.

c) El costo de la unidad cúbica de concreto endurecido deberá ser el mínimo compatible con la calidad deseada.

2.3.1.2. Composición del concreto

El concreto endurecido se compone de:

- Pasta
- Agregado

2.3.1.3. La pasta

a) **Elementos fundamentales** :Aquella parte del concreto endurecido conocida como pasta comprende a cuatro elementos fundamentales:

1. El gel, nombre con el que se denomina al producto resultante de la reacción química e hidratación del cemento;
2. Los poros incluidos en ella;
3. El cemento no hidratado, si lo hay;
4. Los cristales de hidróxido de calcio, o cal libre, que puedan haberse formado durante la hidratación del cemento.

Estos cuatro elementos tienen un papel fundamental en el comportamiento del concreto.

b) Funciones de la pasta

La pasta tiene cuatro grandes funciones en el concreto:

1. Contribuir a dar las propiedades requeridas al producto endurecido.
2. Separar las partículas de agregado.
3. Llenar los vacíos entre las partículas de agregado y adherirse fuertemente a ellas.
4. Proporcionar lubricación a la masa cuando ésta aún no ha endurecido.

c) Propiedades de la pasta

Las propiedades de la pasta dependen de:

1. Las propiedades físicas y químicas del cemento.
2. Las proporciones relativas de cemento y agua en la mezcla.
3. El grado de hidratación del cemento, dado por la efectividad de la combinación química entre éste y el agua.

d) Influencia de la pasta en el concreto

Sin desconocer el papel fundamental que tiene el agregado en las características finales del concreto, el comportamiento de éste como material de construcción está directamente influenciado por las características de la pasta y propiedades finales de ella.

Para un cemento dado, las características y porosidad de la pasta dependen fundamentalmente de la relación agua-material cementante y del grado de hidratación de éste; siendo mejores las propiedades del concreto y menor su porosidad cuanto más baja es la relación agua-material cementante de una mezcla trabajable y cuanto mayor es el grado de hidratación del cemento.

Dependiendo el grado de hidratación del cemento de la reacción química entre éste y el agua, todas aquellas condiciones que favorezcan la hidratación tienen importancia en la influencia de la pasta en el concreto.

2.3.1.4. El gel

a) Proceso de formación

En 1882 el investigador francés Le Chatelier sostuvo que los productos de hidratación del cemento tenían una solubilidad menor que los compuestos originales, lo que daba lugar a que los hidratos se precipitasen formando una solución sobresaturada que presentaba cristales elongados y entrelazados, los cuales poseían alta cohesividad y propiedades adhesivas.

En 1893 el investigador francés Michaelis enuncia la teoría coloidal, sosteniendo que el aluminato tricálcico, el sulfoaluminato de calcio y el hidróxido de calcio dan la resistencia

inicial de la pasta y que, a continuación, el agua saturada de cal ataca a los silicatos formando silicato de calcio hidratado el cual, por ser casi insoluble, forma una masa gelatinosa. Debido a la pérdida gradual de agua de la mezcla, ya sea por secado o por hidratación, esta masa endurece gradualmente obteniéndose cohesión.

A partir de 1960 se acepta que ambas teorías contienen algo de verdad y no son irreconciliables. En primer lugar no existen dudas en cuanto a que los coloides, en su condición de partículas cristalinas de gran área superficial, gozan de propiedades diferentes a los sólidos usuales. Ello implica que el comportamiento coloidal de la pasta sería esencialmente función del área superficial de la misma y no de la irregularidad de la estructura interna de las partículas involucradas.

Como consecuencia, en la actualidad se piensa que cuando el cemento se combina con el agua se produce muy rápidamente una solución sobresaturada de hidróxido de calcio, con concentración de silicato cálcico hidratado en condición metastable. De acuerdo a Le Chatelier este hidrato se precipita rápidamente, correspondiendo el endurecimiento posterior a la pérdida de agua del material hidratado, tal como lo enuncia Michaelius. Presentándose el silicato de calcio hidratado en forma de cristales interconectados extremadamente pequeños, los cuales de acuerdo a sus dimensiones pueden ser definidos como gel, la aparente divergencia Le Chatelier – Michaelius se reduciría finalmente a terminología en la medida que el producto final es un gel consistente de cristales.

b) Composición

En su estructura el gel es una aglomeración porosa de partículas sólidamente entrelazadas, en su mayoría escamosas o fibrosas, el conjunto de las cuales forma una red eslabonada que contiene material más o menos amorfo.

En su composición el gel comprende:

1. La masa cohesiva de cemento hidratado en su estado de pasta más densa.
2. Hidróxido de calcio cristalino.
3. Poros Gel.

c) Comportamiento

El gel desempeña el papel más importante en el comportamiento del concreto, especialmente en su resistencia y comportamiento elástico. Las razones de su resistencia

aún no están claramente comprendidas, pero se aceptó que intervienen dos clases de adherencias cohesivas: atracción física y adherencia química.

La atracción física es del tipo Van der Waal entre superficies de sólidos separados únicamente por los microscópicos poros del gel. Esta adherencia es debida a la gran energía disponible en la superficie de las partículas de gel. Es una característica distintiva de éste el que sus fuerzas internas son pequeñas en comparación con sus fuerzas superficiales.

La adherencia química es igualmente una causa importante de cohesión. Dado que el gel tiene capacidad de esponjamiento limitada, debido a que sus partículas no pueden dispersarse por adición de agua, es evidente que ellas están unidas por fuerzas químicas, siendo la ligazón de los tipos iónico y covalente.

Si bien las fuerzas químicas son más importantes que las Van der Waal, la adherencia química actúa únicamente sobre la pequeña fracción que corresponde a la zona de contacto de las partículas de gel. En cambio, la adherencia física actúa sobre un área mayor, dado que la superficie específica del gel cemento es de cerca de dos millones de centímetros cuadrados por gramo. Así, aunque la pasta es un gel del tipo de expansión limitada, la adherencia entre las fibras es lo bastante fuerte para resistir expansiones tixotrópicas ilimitadas.

Por lo expuesto, aunque en la actualidad se sigue investigando sobre la importancia de la influencia relativa de las adherencias física y química, no existen dudas sobre la importancia de la contribución de ambas a las propiedades finales de la pasta endurecida.

2.3.1.5. Hidratación y curado del concreto

Se define como hidratación al proceso de reacción química del cemento en presencia del agua. La hidratación requiere de presencia de humedad, condiciones de curado favorables, y tiempo.

Se define como tiempo de curado al período durante el cual el concreto es mantenido en condiciones de humedad y temperatura tales como para lograr la hidratación del cemento en la magnitud que se desea para alcanzar la resistencia seleccionada.

2.3.1.6. Porosidad de la pasta

a) Clasificación

Los poros presentes en la pasta se clasifican en cuatro categorías definidas por el origen, tamaño promedio, o ubicación de ellos. No existe una línea clara de demarcación que separe un rango de otro. Los poros de estas cuatro categorías son:

1. Poros por aire atrapado

Durante el proceso de mezclado una pequeña cantidad de aire, del orden del 1%, es aportada por los materiales y queda atrapada en la masa de concreto, no siendo eliminada por los procesos de mezclado, colocación o compactación.

Los espacios que este aire forma en la masa de concreto se conocen como poros por aire atrapado. Son parte inevitable de toda pasta.

Los poros por aire atrapado varían en tamaño desde aquellos que no son perceptibles a simple vista hasta aquellos de un centímetro o más de diámetro.

Su perfil puede ser irregular y no necesariamente están interconectados.

La presencia de los poros de aire atrapado es inevitable pero inconveniente dado que contribuyen a la disminución de la resistencia y durabilidad del concreto, pudiendo adicionalmente incrementar la permeabilidad.

En la misma categoría general de poros por aire atrapado, aunque estrictamente no lo son, algunos especialistas incluyen las fisuras u oquedades que en algunas oportunidades se observan debajo del agregado grueso. Ellas han sido formadas por el agua que se ha almacenado debajo de éste y posteriormente se ha secado.

2. Poros por aire incorporado

Fundamentalmente por razones de incremento en la durabilidad del concreto, por incremento en la protección de la pasta contra los procesos de congelación del agua en el interior de la misma, se puede incorporar en forma intencional, mediante el empleo de aditivos químicos, minúsculas burbujas de aire las cuales se conocen como poros por aire incorporado.

Las burbujas de aire incorporado son generalmente de perfil esférico, con diámetros variables que corresponden a un valor promedio de 0.08 a 0.10 mm.

Su volumen en la unidad cúbica de concreto puede ocupar hasta más del 5% de la misma, pudiendo encontrarse en un concreto con 5% de aire incorporado valores del orden de 330 mil burbujas de aire por centímetro cúbico de pasta.

La razón principal del empleo de las burbujas de aire incorporado es que este sistema de poros el cual está muy estrechamente espaciado permite un incremento significativo de la durabilidad del concreto al crear un gran número de cámaras en las que se puede congelar el agua presente en los poros capilares, evitando que la tensión generada por la conversión de agua a hielo contribuya a agrietar el concreto.

Ventajas adicionales incluyen el que los poros de aire incorporado tienden a incrementar la trabajabilidad, plasticidad y fluidez de las mezclas; disminuyen a consistencia permitiendo la reducción de agua sin pérdida de la consistencia original; reducen la segregación del agregado; y disminuyen la exudación de las mezclas.

El principal inconveniente de la presencia de burbujas de aire en la mezcla de concreto es que éstas, al incrementar la porosidad, tienden a disminuir las resistencias mecánicas en un 5% por cada 1% de aire incorporado. Esta disminución es más significativa en las mezclas ricas y tiende a disminuir conforme la mezcla es más pobre, ello principalmente debido a que al mejorar las propiedades al estado fresco permiten una reducción en el contenido de agua con la consiguiente reducción en la relación agua – cemento.

3. Poros capilares

Se define como poros capilares a los espacios originalmente ocupados por el agua en el concreto fresco, los cuales en el proceso de hidratación del cemento no han sido ocupados por el gel.

El gel sólo puede desarrollarse en los espacios originalmente llenos de agua.

Por tanto, si la relación agua-cemento es alta o el curado es pobre, la cantidad de espacios ocupables por el gel será alta y sólo una parte de ellos será ocupada por el gel durante el proceso de hidratación, quedando los espacios residuales en la condición de poros capilares.

Los poros capilares no pueden ser apreciados a simple vista, varían en perfil y forman un sistema, en muchos casos interconectado, distribuido al azar a través de la pasta. En la pasta en proceso de formación los espacios llenos de agua son continuos. Conforme progresa la hidratación los capilares son separados por el gel al comenzar a ocupar éste los espacios originalmente llenos de agua, pudiéndose llegar a un sistema parcialmente discontinuo, el cual definitivamente se presenta en relaciones agua-cemento bajas. En la práctica nunca se llega a un sistema totalmente discontinuo aún en relaciones agua-cemento tan bajas como 0.45

La importancia de los poros capilares radica en que, conforme aumenta su número:

- Disminuyen las resistencias mecánicas de la pasta endurecida.
- Aumentan la porosidad, permeabilidad y capacidad de absorción de la pasta.

Aumenta la vulnerabilidad de la pasta al ataque por acción de las bajas temperaturas sobre el concreto.

Este último punto es de gran importancia dado que los poros capilares son los principales responsables de la vulnerabilidad de la pasta al ataque de las heladas debido a que están en capacidad de contener agua que puede congelarse. Esta agua al pasar al estado sólido debido a las bajas temperaturas incrementa su volumen en un 9%, originando esfuerzos de tensión que el concreto no está en capacidad de soportar, aumentando con ello la capacidad de deterioro del mismo.

4. Poros gel

Durante el proceso de formación del gel quedan atrapados dentro de éste, totalmente aislados unos de otros, así como del exterior, un conjunto de vacíos a los cuales se les conoce con el nombre de poros gel.

Estos poros se presentan en el gel en forma independiente de la relación agua cemento y el grado de hidratación de la pasta, ocupando aproximadamente el 28% de la misma.

Los poros gel tienen un diámetro muy pequeño, del orden de aproximadamente 0.0000010 mm, equivalente al de las moléculas de agua. Debido a su muy pequeño diámetro el agua no congela en ellos. Estos poros no están interconectados.

La imposibilidad que tiene el agua para congelar en los poros gel es debida, fundamentalmente, a que no hay espacio suficiente para que se pueda producir la nuclearización del hielo. Las partículas que conforman el gel son cuatro o cinco veces mayores que los poros gel.

b) Importancia de la porosidad

El agua presente en los poros gel está tan firmemente unida que no se evaporará bajo condiciones de secado que eliminarían casi toda el agua de los poros mayores. Esta agua puede ser considerada para efectos prácticos como agua químicamente combinada.

En el caso de los poros por aire atrapado, estos tienen tan baja propensión a retener agua que pueden considerarse virtualmente vacíos.

Los poros de aire incorporado, cuyo rango de diámetros está entre el de los poros capilares y el de los poros gel, no retienen agua ni están interconectados, pudiéndoseles considerar como virtualmente vacíos.

El contenido de agua de los poros capilares se incrementa o disminuye por humedecimiento o secado del concreto, siendo el agua más fácilmente removible por secado conforme el capilar aumenta de diámetro. La porosidad característica del gel, nominalmente no inferior al 28%, es el límite inferior de la porosidad total que puede ser alcanzada por la pasta en aquellos casos en que, gracias a una adecuada combinación de una relación agua-cemento inicial muy baja y un curado prolongado, la porosidad capilar podría ser reducida a un mínimo. En la práctica la porosidad de la pasta es siempre mayor al 28%, variando en un buen concreto entre 30% y 40%, con lo que la permeabilidad de tales pastas generalmente será la del gel en si mismo.

Adicionalmente deberá tenerse en consideración que en el proceso de secado del concreto endurecido, los poros mayores que contienen agua tenderán a vaciarse más rápidamente que los menores. En cambio, en el proceso de humedecimiento de un concreto seco, la alta capilaridad de los poros muy pequeños produce una gran fuerza de impulso para el movimiento de agua, el mismo que trata de ser impedido por la baja permeabilidad del sistema adyacente compuesto de poros muy pequeños, dando como resultado que los poros menores tiendan a llenarse muy lentamente.

Los macroporos tienen muy pequeña capilaridad y, por tanto, dan origen a una fuerza de impulso para el movimiento del agua. Adicionalmente, como suelen estar rodeados de un sistema poroso de permeabilidad restringida, ello se une a lo anterior para reducir la velocidad de movimiento del agua en los macroporos, excepto aquellos que se encuentran muy cerca de la superficie.

Finalmente, es importante indicar que los macroporos de un elemento de concreto, incluyendo los poros por aire incorporado, permanecen sin llenarse aún en los concretos sumergidos en agua. Los poros de tamaño intermedio tienden a llenarse más fácilmente que los poros de diámetro muy pequeño.

2.3.2. Agregado [Rivva (2014a)]

Se define como agregado al conjunto de partículas inorgánicas, de origen natural o artificial, cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la Norma NTP 400.011. Los agregados son la fase discontinua del concreto.

Ellos son materiales que están embebidos en la pasta y ocupan entre el 62% y el 78% de la unidad cúbica del concreto.

Un adecuado conocimiento de la naturaleza física y química del concreto, así como del comportamiento de éste, implica necesariamente el de los materiales que conforman la corteza terrestre, estudiados a la luz de la geología y, específicamente, de la petrología.

2.3.2.1. Clasificación

El agregado empleado en la preparación del concreto se clasifica en agregado fino, agregado grueso y hormigón, conocido este último como agregado integral.

Se define como agregado fino a aquel, proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasa el Tamiz de 3/8" y queda retenido en el tamiz N° 200. El más usual de los agregados finos es la arena, definida como el producto resultante de la desintegración natural de las rocas.

Se define como agregado grueso a aquel que queda retenido en el Tamiz N° 4 y es proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas. El agregado grueso suele clasificarse en grava y piedra triturada o chancada. La grava es el agregado grueso proveniente de la disgregación y abrasión natural de materiales petreos. Se le encuentra

generalmente en canteras y lechos de ríos depositado en forma natural. La piedra chancada, o piedra triturada, es el agregado grueso obtenido por trituración artificial de rocas y gravas.

Se define como hormigón, o agregado integral, al material conformado por una mezcla de arena y grava. Este material, mezclado en proporciones arbitrarias se da en forma natural en la corteza terrestre y se le emplea tal como se le extrae de la cantera.

2.3.2.2. Funciones del agregado

Las tres principales funciones del agregado en el concreto son:

- a) Proporcionar un relleno adecuado a la pasta, reduciendo el contenido de ésta por unidad de volumen y, por lo tanto, reduciendo el costo de la unidad cúbica de concreto.
- b) Proporcionar una masa de partículas capaz de resistir las acciones mecánicas, de desgaste, o de intemperismo, que puedan actuar sobre el concreto.
- c) Reducir los cambios de volumen resultantes de los procesos de fraguado y endurecimiento; de humedecimiento y secado; o de calentamiento de la pasta.

2.3.2.3. Interrelación agregado – concreto

Las propiedades del concreto resultantes del empleo de un agregado determinado dependen de:

- a) La composición mineral de las partículas de agregado, la cual influye fundamentalmente sobre la resistencia, durabilidad y elasticidad del concreto.
- b) Las características superficiales de las partículas, las cuales influyen especialmente sobre la trabajabilidad, fluidez y consistencia del concreto; así como sobre la adherencia entre la pasta y el agregado.
- c) La granulometría de los agregados fino y grueso, definida por si misma, así como por la superficie específica, módulo de fineza, y tamaño máximo del agregado grueso. Estas propiedades influyen fundamentalmente sobre las propiedades del concreto al estado no endurecido, sobre su densidad y sobre la economía de la mezcla.
- d) El volumen de agregado por unidad de volumen del concreto, el cual influye especialmente en los cambios de volumen debidos a los procesos de humedecimiento y

secado; a los procesos de calentamiento y enfriamiento; así como en el costo de la unidad cúbica de concreto.

e) La porosidad y absorción del agregado, las cuales influyen sobre la relación agua-cemento efectiva, así como sobre las propiedades del concreto al estado no endurecido.

2.3.2.4. Importancia de la porosidad del agregado

Las cuatro clases de poros que pueden estar presentes en la pasta corresponden a espacios que están en el concreto fuera de los límites del agregado. Sin embargo, normalmente éste es poroso y permeable, pudiendo variar el total de poros, de acuerdo a los diferentes tipos de rocas, entre el 0.3% y el 20%.

Algunas rocas presentan macroporos, los cuales se definen como poros lo suficientemente grandes como para que los efectos de la capilaridad en ellos sean muy pequeños o despreciables. Los macroporos presentes en la superficie de la roca, o el concreto, o en el cuerpo de la roca pero conectados a la superficie por otros macroporos, pueden ser llenados fácilmente por inmersión de la roca en agua. Sin embargo, si tales macroporos están dentro del cuerpo de la roca y se encuentran separados de la superficie por una fina estructura porosa que no es fácilmente permeable, no deberán llenarse rápidamente por un proceso ordinario tal como una prolongada inmersión en agua.

La dimensión promedio de los poros en las diversas rocas comprende un amplio rango de tamaños. Usualmente las rocas que presentan una alta porosidad y poros relativamente grandes, tienen una alta permeabilidad al agua. Sin embargo, esta regla presenta excepciones encontrándose rocas, por el ejemplo el horsteno, las cuales tienen una porosidad moderada a alta pero baja permeabilidad, lo que indica poros de tamaño promedio pequeño. En este tipo de rocas el tamaño promedio de los poros podría estar en el rango del diámetro de los poros capilares presentes en la pasta.

La porosidad de los agregados naturales generalmente empleados en la preparación de concretos de peso normal, se encuentra usualmente por debajo del 10% y casi siempre por debajo del 3%, en contraste con el 30% o más de la porosidad total de las pastas. Es lógico esperar, a partir de estos valores, que la permeabilidad de los agregados usualmente empleados sea mucho menor que la de la pasta.

Sin embargo, a nivel de laboratorio se ha podido comprobar que ello no siempre es así, habiéndose encontrado que muchas rocas empleadas como agregado en el concreto pueden tener valores de permeabilidad en el orden de, o más altos que, aquellos que se encuentran en pastas preparadas con relaciones agua – cemento en los rangos de 0.4 a 0.7

La explicación de esta aparente anomalía se encuentra en el hecho que los capilares o espacios porosos en el agregado a través de los cuales el agua puede fluir, son en promedio considerablemente mayores que los existentes en la pasta aun cuando ellos se presentan en mucho menor proporción.

Los pequeños vacíos presentes en el agregado, en forma similar a los poros capilares de la pasta, pueden bajo determinadas circunstancias ser parcial o totalmente llenados de agua. Esta puede congelarse a las temperaturas que usualmente se dan en climas fríos.

2.3.2.5. Capacidad de retención del agua en los poros

La capacidad con la que diversas clases de poros, presentes en la pasta y/o el agregado, pueden retener agua está inversamente relacionada a su tamaño.

En relación con esto se pueden hacer las siguientes distinciones:

- a) El agua presente en los poros gel está firmemente adherida, de manera tal que ella no puede evaporarse bajo condiciones de secado que harían eliminarse casi toda el agua presente en los poros mayores. Para los propósitos de un estudio sobre la naturaleza del concreto, el agua de los poros gel deberá considerarse como agua químicamente combinada, aunque desde el punto de vista de la físico-química podrían establecerse algunas diferencias.
- b) Los grandes poros tienen muy pequeña propensión a retener agua, por lo que en circunstancias totalmente inusuales ellos están llenos.
- c) En los poros de aire incorporado, los cuales normalmente no suelen apreciarse visualmente, puede afirmarse lo mismo que en el caso de los grandes poros.
- d) Ocupando un rango de tamaños intermedios entre aquellos que son visibles por el ojo y los poros gel, los poros capilares tienen una afinidad intermedia con el agua. Pudiendo su contenido incrementarse o disminuir con el humedecimiento o secado del concreto, y siendo el agua presente en los capilares mayores más fácilmente removible por secado que aquella presente en los capilares de diámetro menor.

e) Los poros presentes en el agregado son generalmente mayores que los poros capilares presentes en la pasta, con la excepciones previamente ya indicadas, y por ello tienen una menor habilidad para tomar y retener agua. Sin embargo, los pequeños poros presentes en algunos agregados se comportan, en relación con el agua, en forma muy similar a los poros capilares presentes en la pasta.

Una consecuencia de las propiedades de los diversos tamaños de poros presentes en el concreto, es que puede considerarse que existe una competencia entre ellos en relación con el agua disponible. En efecto, en el proceso de secado del agua contenida en el concreto, los grandes poros que contienen agua tenderán a secarse más fácilmente en tanto que los más pequeños lo harán con mayor dificultad.

Por otra parte, en el humedecimiento de concretos secos, la entrada del agua en los poros estará determinada por dos tipos de acciones diferentes:

a) La alta capilaridad de los poros muy pequeños producirá un nivel de fuerzas muy alto para el agua en movimiento, pero éste será impedido por la baja permeabilidad del sistema de poros muy pequeño circundante, con el resultado que estos últimos poros tenderán a llenarse muy lentamente.

b) La pequeña capilaridad de los grandes poros, o macroporos, crea pequeñas fuerzas de impulso para el movimiento del agua. Adicionalmente estos poros están generalmente rodeados de un sistema de poros de permeabilidad restringida.

Las dos circunstancias mencionadas se combinan para reducir la velocidad de movimiento del agua en los macroporos, excepto aquellos que están muy cerca de la superficie como ya se indicó.

Adicionalmente a las dos consideraciones anteriores, es importante indicar que los grandes poros presentes en la masa de concreto, incluyendo los poros de aire incorporado, permanecen sin llenar aún en concretos sumergidos en agua. Los poros de tamaño intermedio tienden a llenarse más fácilmente que los poros muy grandes o muy finos.

3.3.2.6. Naturaleza química del agregado

Aunque para propósitos prácticos el agregado es considerado usualmente químicamente inocuo, ello no siempre es cierto. En efecto, se ha encontrado que:

a) Algunos agregados, naturales o artificiales, pueden entrar en reacción química con los constituyentes del cemento, especialmente con los álcalis, dando origen a múltiples problemas originados por la reacción y expansión álcali – agregado.

b) Aunque la mayoría de los agregados ricos en sílice son en sí mismos resistentes a los ataques ligeramente ácidos; los agregados calcáreos, especialmente la calcita y la dolomita, pueden ser atacados por los ácidos.

c) Aunque las motivaciones no están aún muy claras, se ha encontrado que los agregados carbonatados pueden, en algunas ocasiones, tener aplicación útil como agregados de sacrificio en concretos expuestos a ataques por ácidos débiles a medios, a fin de reducir el ataque a la pasta en sí misma y así prolongar la vida del concreto en el cual tales concretos son empleados.

2.3.3. Cemento [Rivva (2014a)]

El cemento es el componente más activo del concreto y, generalmente, tiene el mayor costo unitario. Por ello, y considerando que las propiedades del concreto dependen tanto de la cantidad como de la calidad de sus componentes, la selección y uso adecuado del cemento son fundamentales para obtener en forma económica las propiedades deseadas para una mezcla dada.

En el mercado peruano existe variedad de cementos para ser empleados por el usuario y la mayoría de ellos proporcionan adecuados niveles de resistencia y durabilidad en las obras usuales.

Algunos de los cementos disponibles proporcionan niveles más altos para determinadas propiedades que aquellos exigidos por las especificaciones de la obra, por lo que siempre debe indicarse en éstas los requisitos exigidos para el cemento. Imponer requisitos que no son necesarios es antieconómico y, además, puede perjudicar características importantes del concreto.

La importancia de elaborar especificaciones adecuadas es obvia, ya que ellas deben garantizar que sólo se ha de emplear la cantidad y tipo de cemento adecuados para alcanzar los requisitos que se desea obtener en el concreto. La totalidad de los cementos empleados en el Perú son cementos portland que cumplen con los requisitos que especifica la NTP 334.009 o su equivalente, la norma ASTM C 150; o cementos

combinados, que cumplen con lo indicado en la NTP 334.090 o su equivalente, la norma ASTM C 595.

2.3.3.1.El Gel

El gel es el material rígido, de resistencia elevada, homogéneo, con un porcentaje de vacíos, conocidos como poros gel, del orden del 25% en volumen.

Se presenta al microscopio rodeado de una pequeña cantidad de clinker inalterado y de cristales de hidrato cálcico.

a) Formación

El proceso de formación del gel comienza aproximadamente una hora después del mezclado. Se inicia al brotar en toda la superficie de los granos de cemento una formación vermicular o de bastoncillos, la cual no está constituida por cristales simples sino por una sustancia de constitución homogénea compuesta de micro cristales no reconocibles, la cual se conoce como gel.

Este gel forma un filtro coloidal que parece presentar una tendencia a formar hojas enrolladas. La formación de cristales de tobermorita se desarrolla no sólo en la superficie de los granos sino también en el espacio capilar repleto de agua comprendido entre ellos.

Después de 24 horas del inicio de la hidratación, los espacios capilares se muestran ya considerablemente llenos de partículas de gel y, finalmente, después de 28 días, el gel ha rellenado el espacio capilar formando un ligamento entre los granos originales del cemento a los cuales ha unido estrechamente en su superficie de contacto.

La magnitud de la superficie específica del gel es de aproximadamente $2\ 000\ 000\ \text{cm}^2/\text{gr}$, lo cual significa que durante el proceso de hidratación la superficie específica del cemento se hace unas mil veces mayor.

b) Fraguado

Cuando el cemento se mezcla con el agua, las reacciones químicas que se producen originan cambios en la estructura de la pasta, conservando la mezcla su plasticidad durante un cierto tiempo, desde pocos minutos hasta varias horas, para luego ocurrir varios fenómenos sucesivos

1. Un aumento relativamente brusco de la viscosidad acompañado de una elevación de temperatura de la pasta. A este proceso se le conoce como principio del fraguado o fraguado inicial.
2. Después de un período de algunas horas, la pasta se vuelve indeformable y se transforma en un bloque rígido. A este momento se le conoce como el fin del fraguado o fraguado final. No corresponde a un fenómeno particular como el principio del fraguado, su determinación es tan sólo teórica o convencional.
3. La resistencia aumenta con regularidad a medida que transcurre el tiempo. Es el proceso de endurecimiento, del cual nos ocuparemos en el acápite siguiente.

Por lo tanto, el término «fraguado», o «tiempo de fraguado», es un concepto convencional que se emplea para designar el período que necesita una mezcla de cemento y agua para adquirir una dureza previamente fijada.

Es esencial que el fraguado no sea ni demasiado rápido ni demasiado lento. Si es muy rápido el tiempo será insuficiente para colocar el concreto antes que adquiera rigidez. Si es muy lento se pueden originar retrasos en el avance y utilización de la estructura.

Los tiempos de fraguado pueden estar influidos principalmente por cuatro variables: el contenido en SO_3 ; el contenido en C_3A ; el grado de finura; y la temperatura alcanzada en la molienda.

i. Esquema del proceso

Al mezclar el cemento con el agua la reacción principia inmediatamente y en toda su magnitud. Pocos minutos después del mezclado el agua se satura de hidrato cálcico y se produce una sobresaturación elevada.

El silicato tricálcico va pasando a solución dentro de la cual se disgrega rápidamente. La tobermorita se separa del gel y el hidrato cálcico que permanece libre cristaliza gradualmente en la propia solución

El agua absorbe del cemento cantidades importantes de álcalis, especialmente en forma de sulfatos, mientras que los aluminatos que habían pasado en solución son precipitados por la porción de yeso que se ha solubilizado, formando el sulfoaluminato de calcio insoluble o etringita.

Este proceso inicial motiva un endurecimiento pero no disminuye la trabajabilidad de la masa. Por esta razón, durante los primeros momentos del fraguado el endurecimiento inicial de la masa puede ser eliminado mediante un remezclado mecánico. Este fenómeno de tixotropía puede ocurrir mientras la aguja Vicat es capaz de penetrar completamente la pasta.

ii. Regulación del fraguado

La formación de aluminato tricálcico hidratado o silicato tricálcico hidratado parece ser la causa del inicio del fraguado. El tiempo necesario para llegar a este principio de fraguado dependería de cuál de los hidratos se forma primero.

Si no hay presentes en el cemento reguladores de fragua o si el contenido de aluminato tricálcico es muy elevado, éste entra en solución rápidamente y se forma aluminato tricálcico hidratado. Esta formación puede ser lo suficientemente importante como para producir un fraguado instantáneo de la pasta acompañado de marcada elevación de calor.

En el caso mencionado, el hidrato determinaría la estructura de la pasta. Pero si el contenido de este compuesto fuese bajo o se incorporara un material retardador el cual actuase reduciendo la solubilidad del aluminato tricálcico o retardando la precipitación del hidrato, se daría tiempo al reactivo más lento, el silicato tricálcico, para que entrara en solución y se precipitara en forma de silicato tricálcico hidratado. En este segundo caso sería el silicato tricálcico hidratado el que determinaría el fraguado y la estructura de la pasta. El tiempo de fraguado sería normal y no se producirían temperaturas elevadas.

Es justamente la anterior la función que cumple en el cemento el sulfato de calcio, el cual en forma de yeso se muele conjuntamente con el clinker.

La presencia de sulfato de calcio produce una reacción con el aluminato tricálcico y el hidróxido de calcio, formando sulfoaluminato de calcio, muy difícilmente soluble, y reduciendo la concentración del aluminato tricálcico en solución por debajo del punto en que este compuesto hidratado se puede precipitar.

El proceso anterior continúa hasta que se agota el sulfato cálcico o el aluminato tricálcico, permitiendo la hidratación del silicato tricálcico durante este período.

Como resumen puede decirse que el fraguado normal es debido a la hidratación del silicato tricálcico, el cual necesita sólo unas cuantas horas para llegar a un punto determinado de rigidez. La reacción muy rápida del aluminato tricálcicos con el agua podría producir un fraguado instantáneo si no retrasara la misma la incorporación de! sulfato de calcio el cual actúa como regulador del fraguado.

iii. Factores en la duración del fraguado

1. Cemento

Los cementos ricos en C_3A tienen un fraguado rápido que puede regularse por adición de yeso en la molienda.

Dentro de los valores usuales de fineza cuanto más fino es el cemento más rápida es la fragua, tendiendo los cementos demasiado finos a desarrollar una fragua casi instantánea.

La meteorización aumenta la duración del fraguado en relación a la fineza del cemento y al contenido de agua

2. Agua

A menor cantidad de agua corresponde un tiempo de fraguado más corto.

Ei agua que contiene materia orgánica puede retardar la fragua.

El agua de mar, empleada como agua de amasado, puede modificar en algo los tiempos de fraguado.

3. Agregado

La presencia de humus o sustancias químicas en el agregado puede retardar el fraguado.

4. Clima

El aumento de temperatura ambiente disminuye el tiempo de fraguado y una disminución de temperatura tiende a aumentarlo. El fraguado en el aire húmedo a saturación es más lento que en el aire seco.

5. Compuestos

Determinados compuestos solubles actúan por reacción química modificando la velocidad de disolución del aluminato tricálcico. Su acción puede ser retardadora, caso de los lignosulfonatos, o acelerante, como los cloruros de calcio o de sodio.

iv. El falso fraguado

Cuando el yeso contenido en el cemento, aún en su cantidad normal u óptima, ha sido objeto de un sobrecalentamiento durante la molienda a temperaturas superiores a los 100 C, una parte de él, o incluso todo, según la intensidad del esfuerzo térmico, se deshidrata parcialmente, formando hemihidrato, o sea yeso aglomerante.

Este yeso hemihidratado (en cantidades de un 7% a un 10%), fragua a los pocos minutos, hidratándose a $\text{SO}_4\text{Ca}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$, y produciéndose endurecimiento que, aunque con poca resistencia, llega a frenar o impedir incluso la mezcla del concreto que se prepara, produciéndose el fenómeno conocido como «falso fraguado»

El fenómeno de fraguado falso se manifiesta durante o después del mezclado y se caracteriza por un brusco aumento de la viscosidad de la pasta sin gran desprendimiento de calor.

Un mezclado adicional vuelve a dar a la pasta su plasticidad inicial, sin que las resistencias finales se modifiquen. No debe añadirse agua.

El falso fraguado proviene de la deshidratación del yeso durante la molienda conjunta con el clinker. La deshidratación depende del tiempo de molido, del tanto por ciento de humedad y de la temperatura. Durante el mezclado, el semihidrato, muy ávido de agua, forma cristales de yeso los cuales dan rigidez a la pasta.

El falso fraguado está supeditado a.

1. La cantidad de yeso deshidratado; no existiendo la posibilidad de fraguado falso cuando la cantidad de semihidratos producida se combine enteramente en el momento del mezclado con el aluminato tricálcico y el ferroaluminato tetracálcico
2. Su velocidad de precipitación, variable según la temperatura en el momento del amasado. El falso fraguado puede pasar inadvertido si tiene lugar durante el mezclado

Otra causa de fraguado falso puede estar asociada a la presencia de álcalis en el cemento. Los carbonatos alcalinos pueden reaccionar con el hidróxido de calcio producido por la hidrólisis rápida del silicato tricálcico, precipitando carbonato de calcio en cantidad suficiente para producir la rigidez de un fraguado.

Una calidad normal de cemento fragua inicialmente a los 40-50 minutos o a los 30 minutos para los cementos de mayor grado de finura, considerándose normal un tiempo de fraguado final entre 4 y 7 horas.

c) Endurecimiento de las pastas

Producido el proceso de fraguado e iniciado el de endurecimiento es necesario tener en consideración tres aspectos fundamentales.

1. Es la constitución de la pasta y, en primer lugar, su porosidad, la que determina la resistencia del conglomerado cementicio.
2. Al tratar el proceso de endurecimiento es necesario distinguir si lo que debe considerarse principalmente es la resistencia que se obtiene después del desarrollo del proceso de hidratación (resistencia final) o sí, por el contrario, lo más importante es el problema de la velocidad de endurecimiento.
3. La resistencia final de la pasta de cemento depende casi exclusivamente de la cantidad de agua empleada en el mezclado. Por el contrario, el ritmo o desarrollo del endurecimiento, o sea el tiempo necesario para que el concreto alcance la resistencia final, depende por una parte de la composición química y de la finura del cemento y, por la otra, de las condiciones de humedad y de temperatura que se tiene durante el proceso de endurecimiento.

d) Agua. propiedades físicas y químicas del agua de mezclado.

Casi cualquier agua natural que sea potable y que no tenga un sabor u olor pronunciado, se puede utilizar para producir concreto. Sin embargo, algunas aguas no potables pueden ser adecuadas para el concreto.

Las impurezas excesivas en el agua no sólo pueden afectar el tiempo de fraguado y la resistencia del concreto, sino también pueden ser causa de eflorescencia, manchado, corrosión del esfuerzo, inestabilidad volumétrica y una menor durabilidad.

El agua que contiene menos de 2,000 partes por millón (ppm) de sólidos disueltos totales generalmente puede ser utilizada de manera satisfactoria para elaborar concreto.

Carbonatos y bicarbonatos alcalinos. Los carbonatos y bicarbonatos de sodio y potasio tienen diferentes efectos en los tiempos de fraguado de cementos distintos. El carbonato de sodio puede causar fraguados muy rápidos, en tanto que los bicarbonatos pueden acelerar o retardar el fraguado. En concentraciones fuertes estas sales pueden reducir de manera significativa la resistencia del concreto. Cuando la suma de sales disueltas exceda 1,000 ppm, se deberán realizar pruebas para analizar su efecto sobre el tiempo de fraguado y sobre la resistencia a los 28 días. También se deberá considerar la posibilidad que se presenten reacciones álcali-agregado graves.

Cloruros. La inquietud respecto a un elevado contenido de cloruros en el agua de mezclado, se debe principalmente al posible efecto adverso que los iones de cloruro pudieran tener en la corrosión del acero de refuerzo, o de los torones de presfuerzo. Los iones cloruro atacan la capa de óxido protectora formada en el acero por el medio químico altamente alcalino (pH 12.5) presente en el concreto. El nivel de iones cloruro solubles en el agua en el cual la corrosión del acero de refuerzo comienza en el concreto es de aproximadamente 0.15% del peso del cemento. Del contenido total de ión cloruro en el concreto, sólo es soluble en el agua aproximadamente del 50% al 85%; el resto se combina químicamente en reacciones del cemento.

El Reglamento de construcción del American Concrete Institute, ACI 318, limita el contenido de ion cloruro soluble en agua para el concreto, a los siguientes porcentajes en peso del cemento:

Tabla N° 1: Contenido de ión cloruro soluble en agua

Concreto presforzado.	0.06%
Concreto reforzado expuesto a cloruros durante su servicio.	0.15%
Concreto reforzado que vaya a estar seco protegido contra la humedad durante su servicio	1.00%.
Otras construcciones de concreto reforzado	0.30%

Fuente: ACI 318S-2011 (2011)

Sulfatos. El interés respecto a un elevado contenido de sulfatos en el agua, se debe a las posibles reacciones expansivas y al deterioro por ataque de sulfatos, especialmente en aquellos lugares donde el concreto vaya a quedar expuesto a suelos o agua con contenidos

elevados de sulfatos. Aunque se han empleado satisfactoriamente aguas que contenían 10,000 ppm de sulfato de sodio, el límite del producto químico sulfato, como SO₄, de 3,000 ppm, se deberá respetar a menos que se tomen precauciones especiales.

2.3.4. Agave cordillerensis (Cabuya)

2.3.4.1. Origen y taxonomía

Cabuya (*Agave cordillerensis*) originaria de México, en 1753 el naturalista sueco Carlo de Linneo la llamó agave utilizando la palabra griega que significa admirable o noble, en la actualidad se encuentra difundida en todo el mundo.

Taxonomía

Subdivisión : Angiospermae
Clase : Liliopsida
Subclase : Liliidae
Orden : Liliales
Familia : Agavaceae
Género : *Agave*
Especie : *Agave cordillerensis*

Nombres comunes: Chuchao, kullupancarita, mara, maguey, cabuya, pacpa, penca azul, cardón, cocuiza, cocuy, cordón, fiques, henequén, motu, octli, penca, pita, pitera, sisal, yucatán.

La familia Agavaceae está integrada por ocho géneros, entre los cuales se encuentra el género *Agave*. De esta familia en el continente americano se encuentra 273 especies descritas desde Dakota del Norte en Estados Unidos hasta Bolivia y Paraguay.

El género *Agave* comprende una centena de especies, algunas de las cuales son grandes y otras pequeñas. *A. americana*, *A. angustifolia*, *A. cantala*, *A. lurida*, *A. salmiana*, *A. attenauta*, *A. vilmoriniana*, *A. desmettiana*, *A. ellemeetiana* son apreciados en los jardines públicos y privados en diversas partes de Europa, Asia, África y América.

La especie *Agave cordillerensis*, es polimórfica, entre sus variedades existen algunos cultivares con hojas matizadas como: *marginata* con bandas anchas de color amarillo en los bordes de las hojas, *mediopicta* con una banda central amarillo claro en las hojas y *variegata* con las hojas bordeadas de color blanco.

CAPÍTULO

III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación fue realizada en el Laboratorio de Ensayo de Materiales “Carlos Esparza Díaz”, en el edificio 1C de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca, ubicada en la Av. Atahualpa N°1050, entre los meses de Mayo a Noviembre del 2014, con siete (07) meses consecutivos.

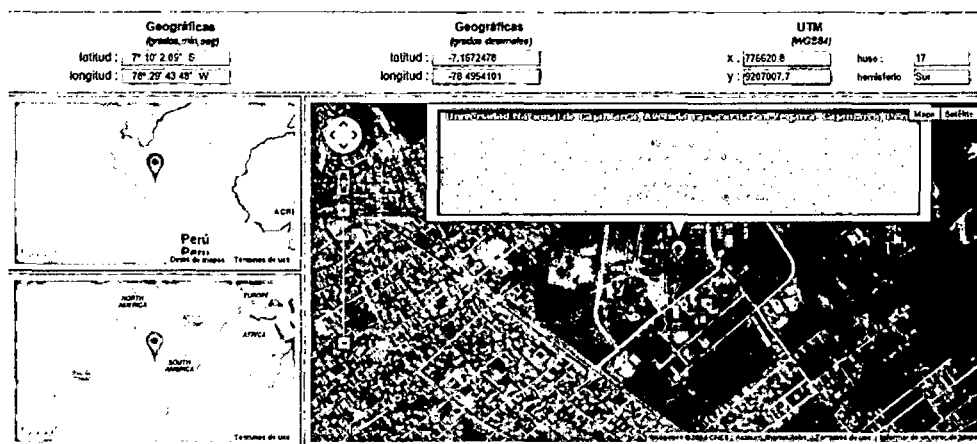


Imagen N° 2: Fotografía satelital de la ubicación del estudio

Fuente: <http://www.mundivideo.com/coordenadas.htm>

3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.2.1. Tipo

El tipo de investigación de esta tesis fue aplicada, con un nivel descriptivo en su primera parte, luego explicativo y finalmente comparativo.

3.2.2. Diseño

Por la naturaleza de las variables fue una investigación de diseño experimental, con un solo factor de control modificable (unifactorial), el cual fue la adición de fibra vegetal (cabuya).

3.2.3. Variables

- **Variable independiente:** Adición de fibra vegetal.
- **Variables dependientes:** Resistencia del concreto.

La unidad de análisis de esta investigación se denominó “especimen de concreto”, que es la denominación técnica correcta, sin embargo suele llamarse comúnmente “probeta”. En consecuencia, la población de estudio fue el conjunto de especímenes de concreto; por lo tanto, la muestra fue intencional por conveniencia en un total de 216 especímenes: 72 especímenes cilíndricos para los ensayos a compresión, 72 especímenes cilíndricos para los ensayos a tracción y 72 especímenes prismáticos para los ensayos a flexión. (La distribución detallada se muestra en el ítem 3.8.7)

3.3. CANTERA DE ESTUDIO

3.3.1. Ubicación

Los agregados de estudio se obtuvieron de la Planta de Chancado “Roca Fuerte” propiedad del ingeniero José Acosta, los agregados son extraídos de las márgenes del río Chonta, ubicado en el distrito de Baños del Inca, provincia y departamento de Cajamarca. Geográficamente en las coordenadas UTM según Datum WGS-84, ubican a la cantera en la Franja 17M con coordenadas 0779671.50 Este y 9207551.09 Norte, a una altitud de 2650 m.s.n.m.

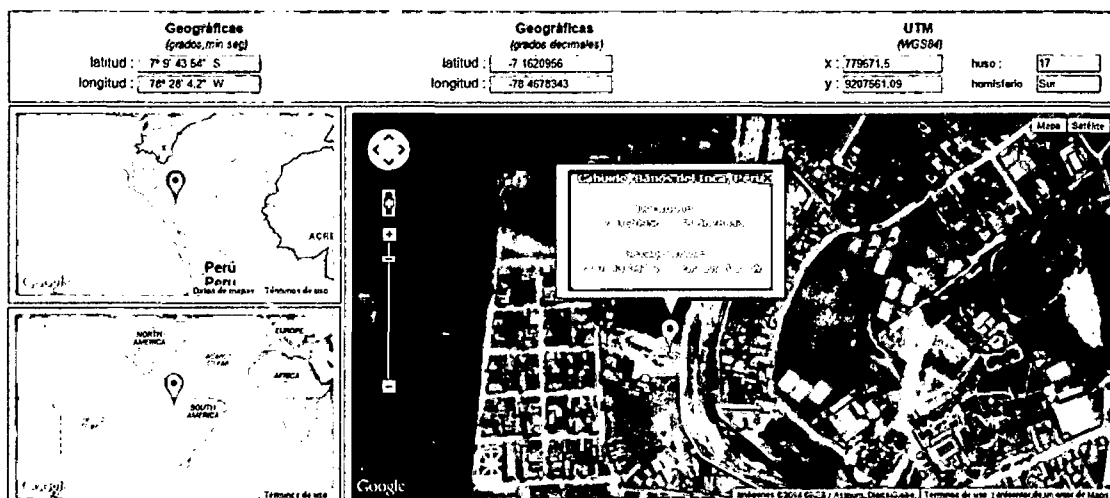


Imagen N° 3: Fotografía satelital de la ubicación de la planta de chancado

Fuente: <http://www.mundivideo.com/coordenadas.htm>

3.3.2. Extracción de agregados de la cantera

Los agregados materia de estudio, se encuentran de forma dispersa a lo largo del Río Chonta, en un área de explotación de la cantera de aproximadamente de dos mil metros cuadrados (2000 m^2), aproximadamente la potencia de explotación de la cantera llega en su punto más profundo a un metro con ochenta centímetros (1.80 m). Los materiales son extraídos desde los márgenes del río con maquinaria pesada que consta de cargadores frontales de tres metros cúbicos de capacidad de pala (3 m^3), y transportado por volquetes de quince metros cúbicos de capacidad de tolva (15 m^3), estos últimos transportan el material a la zona de proceso, donde son lavados, reducidos a través de trituración y tamizados para su futura venta.

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



Imagen N° 4: Trituración de agregados



Imagen N° 5: Maquinaria para la explotación de la cantera



Imagen N° 6: Método de separación de los agregados en cantera

3.4. CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS PARA EL CONCRETO

3.4.1. Estudio de las características físicas y mecánicas de los agregados para el concreto

Los agregados representan en el concreto cerca del 60% del volumen del mismo, es así que la determinación de sus propiedades y características es muy importante para la obtención de un concreto de alta calidad y de las características de los agregados depende la resistencia, trabajabilidad, durabilidad, así como su comportamiento estructural de los elementos estructurales fabricados con estos materiales.

El estudio de las características físico-mecánicas de los agregados para el diseño de mezclas de concreto es indispensable para la obtención de concretos cuya calidad sea la adecuada. Para la verificación de las propiedades de los agregados es necesario que estos sean comparados con los parámetros establecidos en las NTPs o sus equivalentes en normas internacionales como las ASTMs.

3.4.2. Extracción y preparación de muestras para ensayos

Para la obtención del agregado fino y grueso de estudio se realizaron los procedimientos de muestreo descritos en la NTP 400.010-2011, en concordancia con la Norma ASTM D75, donde se describe la obtención de agregados almacenados en pilas.

- **Obtención de la muestra desde pilas de acopio o unidades de transporte:**

De ser posible evitar la toma de muestras de agregado grueso o agregado mezcla gruesa y fina de las reservas de unidades de transporte, particularmente la muestra es realizada para el propósito de la determinación de las propiedades del agregado que puedan depender de su granulometría. Si las circunstancias hacen necesario obtener muestras de agregado grueso o agregado mezcla gruesa y fina de las reservas de unidades de transporte, designar un plan de muestreo para este caso específico, aceptado por todas las partes involucradas; esto permitirá a la entidad que realiza el muestreo el uso de un plan que le dará confianza de los resultados obtenidos, de aceptar esta situación particular. El plan de muestreo definirá el número de muestras necesarias para representar los lotes o sub-lotes de medidas específicas. Los principios generales para el muestreo de depósitos, son aplicables a muestreo de camiones, vagones, barcazas u otras unidades de transporte.

El número de las muestras de campo requeridas depende del estado y variación de la

propiedad a medirse. Designar cada unidad de la que se obtuvo la muestra de campo, previa al muestreo. El número de muestras de la producción deberá ser suficiente como para otorgar la confianza deseada en los resultados de los ensayos

Las masas de las muestras de campo citadas son tentativas. Las masas deberán ser previstas para el tipo y cantidad de ensayos a los cuales el material va a estar sujeto y obtener material suficiente para ejecutar los mismos apropiadamente. La norma de aceptación y ensayos de control están cubiertas por las NTPs, donde se especifica la porción de la muestra de campo requerida para cada ensayo específico. En general, las cantidades indicadas en la Tabla N° 01 proveerán material adecuado para análisis granulométrico y ensayos de calidad rutinarios. Se extraerán porciones de muestra en el campo de acuerdo con el método de ensayo normalizado que se presenta en ASTM C 702 o por otros métodos de ensayo que sean aplicables.

Tabla N° 2: Porción de la muestra de campo requerida para los ensayos de laboratorio

Tamaño del agregado	Masa de la muestra de campo, mín. Kg (lbs)	Muestra de campo Volumen mín. L (Gal)
Agregado Fino		
2.36 mm [N° 8]	10 [22]	8 [2]
4.75 mm [N° 4]	10 [22]	8 [2]
Agregado Grueso		
09.5 mm [3/8 in.]	10 [22]	8 [2]
12.5 mm [1/2 in.]	15 [35]	12 [3]
19.0 mm [3/4 in.]	25 [55]	20 [5]
25.0 mm [1 in.]	50 [110]	40 [10]
37.5 mm [1 1/2 in.]	75 [165]	60 [15]
50.0 mm [2 in.]	110 [220]	80 [21]
63.0 mm [2 1/2 in.]	125 [275]	100 [26]
75.0 mm [3 in.]	150 [330]	120 [32]
90.0 mm [3 1/2 in.]	175 [385]	140 [37]

Fuente: NTP 400.010-2011

➤ **Procedimiento:** Teniendo en cuenta lo antes mencionado se procedió a realizar la extracción de los materiales bajo el siguiente procedimiento:

- Para agregado grueso, se tomó la muestra en tres lugares, de la parte superior de la pila, del punto medio, y del fondo.
- Para agregado fino, se tomó la muestra que se encuentra bajo el material superficial, en tres lugares aleatorios.

De esta manera los agregados fueron recolectados en costales de plástico, para luego ser llevados a las instalaciones del Laboratorio de Mecánica de Materiales de la Facultad de Ingeniería de la UNC.

3.4.3. Reducción de muestras de agregados a tamaño de ensayo

Las muestras de agregados deben ser adecuadas para cada tipo de prueba, éstas han sido reducidas a tamaños adecuados para ser ensayadas utilizando para ello lo descrito en la norma NTP 400.043 o su equivalente la Norma ASTM C 702.

Todas las muestras para la realización de los ensayos fueron obtenidas por los procedimientos descritos a continuación.

➤ **Procedimiento:** El material producto del ensayo fue colocado sobre una superficie libre de impurezas que puedan contaminar el mismo, luego se batió por tres veces el material con ayuda de una palana formando un pequeño montículo, enseguida se esparció el agregado de forma circular y se lo dividió en cuatro partes de apariencia simétrica, se tomó dos mitades opuestas y se procedió a repetir el ensayo hasta obtener las muestras según los pesos necesarios aproximados para cada ensayo

3.4.4. Granulometría

3.4.4.1. Materiales más finos que pasan por el tamiz N° 200:

Los agregados deben cumplir lo establecido por la norma NTP 400.037 o la ASTM C33, también lo descrito en la NTP 400.018, para ello se obtendrá una muestra del tamaño apropiado según la siguiente tabla:

Tabla N° 3: Cantidad mínima de muestra para partículas menores al tamiz N° 200

Tamaño máximo nominal del agregado	Cantidad mínima, g
4.75 mm (N° 4) o más pequeño	300
Mayor que 4.75 mm (N° 4) a 9.5 mm (3/8 pulg)	1000
Mayor que 9.5 mm (3/8 pulg) a 19 mm (3/4 pulg)	2500
Mayor a 19 mm (3/4 pulg)	5000

Fuente: NTP 400.018-2013

➤ **Aparatos:** Se describen a continuación:

a) Tamices: Se utiliza el tamiz normalizado de 1,18 mm (Nº 16) y el de 75 µm (Nº 200), que cumplan con los requisitos de la Norma NTP 350.001.

b) Recipientes: Un recipiente de suficiente tamaño para contener la muestra cubierta con agua y permitir una agitación vigorosa sin pérdidas de la muestra ni el agua.

c) Balanza: Sensible a 0.1% del peso medido.

d) Estufa: Una estufa de tamaño suficiente capaz de mantener una temperatura uniforme de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

➤ **Procedimiento:**

a) Se secó la muestra de ensayo a peso constante a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C}$, se determinó la cantidad con una aproximación al 0.1% de la masa de la muestra de ensayo.

b) Después de secar y determinar la masa, se colocó la muestra de ensayo en el recipiente y adicionó agua suficiente para cubrirla. Se agitó la muestra vigorosamente con el fin de separar completamente todas las partículas más finas que el tamiz normalizado de 75 µm (Nº 200) de las partículas gruesas, y llevar el material fino a la suspensión. Se vertió inmediatamente el agua de lavado conteniendo los sólidos suspendidos y disueltos sobre los tamices, colocando el tamiz más grueso en la parte superior.

c) Se adiciono una segunda carga de agua a la muestra en el recipiente con una manguera, se agitó y decantó como antes. Se repetir esta operación hasta que el agua de lavado estuvo clara.

d) Se devolvió todo el material retenido sobre los tamices mediante un chorro de agua. Se secó el agregado lavado a peso constante a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C}$ y se determinó la masa con aproximación al 0.1 % de la masa original de la muestra.

➤ **Cálculo:** Se calculó la cantidad de material que pasa el tamiz normalizado de 75 μm (N° 200) por vía húmeda tal como sigue:

$$A = \frac{(P_1 - P_2)}{P_1} \times 100$$

Dónde:

A = Porcentaje del material más fino que pasa por el tamiz normalizado de μm (N° 200) por vía húmeda.

P1 = Masa seca de la muestra original, g

P2 = Masa seca de la muestra luego del lavado, g

➤ **Expresión de resultados:** Los cálculos y resultados se encuentran en el Anexo I – Tablas N° 25 y 26

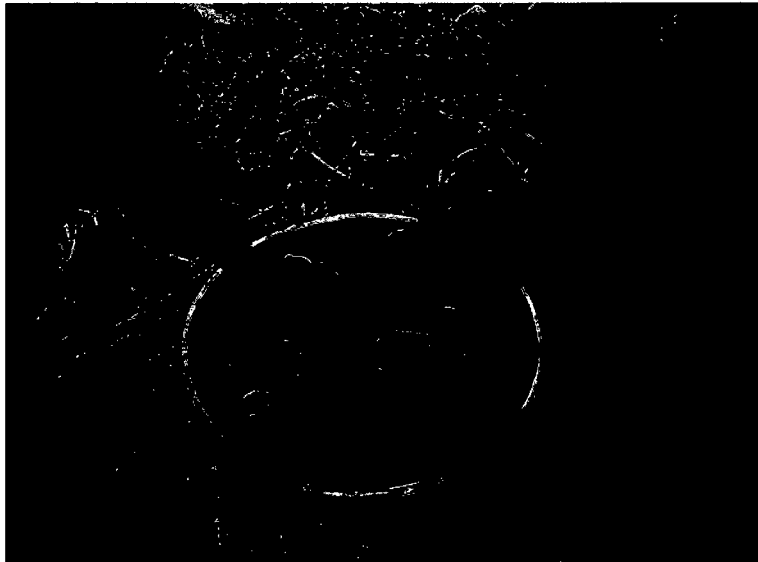


Imagen N° 7: Ensayo de materiales más finos que pasan por el tamiz N° 200, agregado grueso



Imagen N° 8: Ensayo de materiales más finos que pasan por el tamiz N° 200, agregado fino

3.4.4.2. Granulometría del agregado grueso

El agregado grueso debe tener una granulometría comprendida dentro de los límites indicados en las Normas NTP 400.037 o la ASTM C33.

Tabla N° 4: Requisitos granulométricos del agregado grueso

HUSO	TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS													
		100 mm (4 pulg)	90 mm (3½ pulg)	75 mm (3 pulg)	63 mm (2½ pulg)	50 mm (2 pulg)	37.5 mm (1½ pulg)	25.0 mm (1 pulg)	19.0 mm (¾ pulg)	12.5 mm (½ pulg)	9.5 mm (⅜ pulg)	4.75 mm (N° 4)	2.36 mm (N° 8)	1.18 mm (N° 16)	300 µm (N° 50)
1	90 mm. a 37.5 mm (3½ pulg a 1½ pulg)	100	90 a 100	...	25 a 60	...	0 a 15	...	0 a 15	...	...	...	...	...
2	63 mm. a 37.5 mm (2½ pulg a 1½ pulg)	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...
3	50 mm. a 25.0 mm (2 pulg a 1 pulg)	...	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...
357	50 mm. a 4.75 mm (2 pulg a N° 4)	...	...	...	100	90 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	...	0 a 5	...	...
4	37.5 mm. a 4.75 mm (1½ pulg a ¾ pulg)	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	...	0 a 5	...	...	...
467	37.5 mm. a 4.75 mm (1½ pulg a N° 4)	...	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	0 a 5	...	...
5	25 mm. a 12.5 mm (1 pulg a ½ pulg)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...	...	...
56	25 mm. a 9.5 mm (1 pulg a ⅜ pulg)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	...	...
57	25 mm. a 4.75 mm (1 pulg a N° 4)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	...	25 a 60	...	0 a 10	0 a 5	...
6	19.0 mm. a 9.5 mm (¾ pulg a ⅜ pulg)	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	0 a 5	...	...
67	19.0 mm. a 4.75 mm (¾ pulg a N° 4)	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	...	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...
7	12.5 mm. a 4.75 mm (½ pulg a N° 4)	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	...
8	9.5 mm. a 2.36 mm (⅜ pulg a N° 8)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5
89	9.5 mm. a 1.18 mm (⅜ pulg a N° 16)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10
9	4.75 mm. a 1.18 mm (N° 4 a N° 16)	...	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10

Fuente: NTP 400.037-2002

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

3.4.4.3. Granulometría del agregado fino

El agregado fino debe tener una granulometría comprendida dentro de los límites indicados en las Normas NTP 400.037 o la ASTM C33. La granulometría seleccionada será preferentemente uniforme y continua, con valores retenidos en las mallas N°4 a N°100. Se recomienda para el agregado los siguientes límites.

Tabla N° 5: Requisitos granulométricos del agregado fino

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

Fuente: NTP 400.037-2002

- Se permitirá el uso de agregados que no cumplan con las gradaciones especificadas, siempre y cuando existan estudios calificados a satisfacción de las partes, que aseguren que el material producirá hormigón (concreto) de la calidad requerida
- El hormigón (concreto) con agregado fino cercano a los mínimo porcentajes de las mallas 300 µm (N° 50) y 150 µm (N° 100), puede tener dificultades con la trabajabilidad, bombeado o excesiva exudación, lo que puede regularse con adiciones finas (fillers) o aditivos incorporadores de aire.
- El módulo de fineza recomendable está entre 2.3 y 3.1.

3.4.4.4. Análisis Granulométrico de los agregados

El método utilizado para determinar la granulometría del agregado Fino y Grueso fue el de Cribado, este método se utilizó para determinar la distribución aproximada de las partículas de los agregados. Para desarrollar el ensayo se deben reducir las muestras hasta tamaños apropiados para la prueba. Los procedimientos este son descritos en la norma NTP 400.012, también en la ASTM C 136.

➤ **Aparatos :** Los aparatos y equipos a utilizar son los siguientes:

a) Balanzas: Las balanzas utilizadas en el ensayo de agregado fino, grueso y global

deberán tener la siguiente exactitud y aproximación:

- Para agregado fino, con aproximación y exacta a 0.1 g ó 0.1 % de la masa de la muestra, cualquiera que sea mayor, dentro del rango de uso.
- Para agregado grueso o agregado global, con aproximación y exacta a 0.5 g ó 0.1% de la masa de la muestra, cualquiera que sea mayor, dentro del rango de uso.

b) Tamices: Los tamices serán montados sobre armaduras construidas de tal manera que se prevea pérdida de material durante el tamizado. Los tamices cumplirán con la NTP 350.001.

c) Horno: Un horno de medidas apropiadas capaz de mantener una temperatura uniforme de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

➤ **Procedimiento:** El procedimiento es como sigue:

a) Se secó la muestra a peso constante a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C}$.

b) Se seleccionó tamaños adecuados de tamices para proporcionar la información requerida por las especificaciones que cubran el material a ser ensayado. Se encajó los tamices en orden de abertura decreciente desde la tapa hasta el fondo y se colocó la muestra en partes sobre el tamiz superior. Se agitó los tamices manualmente.

➤ **Expresión de resultados:** Los cálculos y resultados se encuentran en el Anexo I – Tablas de la 27 a la 32.



Imagen N° 9: Ensayo de granulometría del agregado grueso



Imagen N° 10: Equipo para ensayo de granulometría

3.4.5. Tamaño máximo del agregado grueso

Según la NTP 400.037 el tamaño máximo es el que corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado grueso.

Granulometrías muy distintas pueden dar el mismo valor del tamaño máximo del agregado grueso. Ello debe tenerse presente en la selección del agregado, de su granulometría y las proporciones de la mezcla.

3.4.6. Tamaño máximo nominal del agregado grueso

De acuerdo a la NTP 400.037 es el que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido. La NTP 400.010 nos indica que el tamaño máximo nominal del agregado es igual a un tamaño mayor que el primer tamiz que retiene más que el 10% del agregado.

3.4.7. Módulo de fineza

Este módulo es generalmente determinado para el agregado fino, sin embargo en algunas metodologías de diseño de mezclas es necesario obtener el módulo de fineza del agregado grueso.

Los agregados que presentan un módulo de fineza bajo indican una preponderancia de las partículas más finas con un área superficial total muy alta, la que será necesario cubrir con pasta.

El módulo de fineza sirve como una medida del valor lubricante de un agregado, dado que cuanto mayor es su valor menor será el valor lubricante y la demanda de agua por área superficial.

Pudiendo obtenerse con diferentes granulometrías el mismo módulo de fineza, éste no deberá emplearse para definir la granulometría de un agregado.

El módulo de fineza es un índice del mayor o menor grosor del conjunto de partículas de un agregado.

Gran número de granulometrías de agregados fino o grueso, o de una combinación de ambos, pueden dar un módulo de fineza determinado. Esta es la principal desventaja del empleo de este factor, el cual se utiliza como un índice de control de uniformidad de materiales.

➤ **Cálculo:**

Se calculó como la suma de los porcentajes acumulados retenidos en las mallas de 3"; 1 1/2"; 3/4"; 3/8"; N° 4; N° 8; N° 16; N° 30; N° 50; y N° 100, divididas entre 100.

➤ **Expresión de resultados:** Los cálculos y resultados se encuentran en el Anexo I – Tablas de la 27 a la 32.

3.4.8. Densidad relativa y absorción

Este ensayo tiene por finalidad establecer un procedimiento para determinar la densidad promedio de partículas de agregado grueso y fino (no incluye los orificios entre las partículas), la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del agregado tanto grueso como fino.

3.4.8.1. Determinación de la gravedad específica y absorción del agregado grueso

El método empleado para el desarrollo de este ensayo es el establecido en la NTP 400.021 en correspondencia con la ASTM C 127.

El método y materiales empleados para el cálculo de estos parámetros son los siguientes:

➤ **Aparatos**

a) Balanza: Un dispositivo para la determinación de la masa que es sensible, fácil de leer, y una precisión de 0.05 % de la carga de muestra en cualquier punto dentro de la gama de uso de este método de ensayo, o de 0.5 g, lo que sea mayor. La balanza deberá estar equipada con un aparato adecuado para suspender el recipiente de la muestra en el agua desde el centro de la plataforma o el plato de la balanza.

b) Recipiente para muestra: Una canasta de alambre de 3.35 mm (N° 6) o malla fina o un cubo de aproximadamente el mismo ancho y altura, con una capacidad de 7 litros, agregado de tamaño máximo nominal o menor de 37.5 mm (1 ½ in) y un recipiente más grande, según sea necesario, para ensayos de agregado de mayor tamaño máximo. El recipiente deberá estar construido, de modo que, evite la retención de aire cuando se sumerge en agua.

c) Tanque de agua: Un recipiente hermético, en el que se coloca el recipiente de la muestra mientras está suspendido debajo de la balanza.

d) Tamices: Un tamiz de 4.75 mm (N° 4) u otros tamaños según sea necesario, conforme la NTP 350.001.

e) Estufa: Una estufa de tamaño suficiente, capaz de mantener una temperatura uniforme de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

➤ **Procedimiento:** El procedimiento es como sigue:

a) Se secó la muestra de ensayo en una estufa hasta una masa constante a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C}$, se enfrió a temperatura ambiente durante 3 h. Se sumergió e agregado en agua por un periodo de 24 h.

b) Se retiró la muestra del agua y se le secó la superficie con una franela, teniendo cuidado en no evaporar el agua, se determinó su masa al aire.

c) Después de la determinación de la masa en aire, se colocó inmediatamente la muestra saturada superficialmente seca en el recipiente de la muestra y se determinó su masa aparente en agua luego de 3 horas de sumersión.

d) Se secó la muestra de ensayo en la estufa hasta una masa constante, a temperatura de

110 °C, se enfrió en aire a temperatura ambiente durante 3 h, hasta que el agregado se volvió manipulable y se determinó su masa.

➤ **Cálculos:**

a) Gravedad Específica

• **Gravedad Específica en Estado Seco al Horno** Calcular la gravedad específica en base al agregado secado al horno de la manera siguiente:

$$\text{Gravedad Específica en Estado Seco al Horno} = \frac{A}{(B - C)}$$

En dónde:

A = masa de la muestra secada al horno en el aire, g

B = masa de la muestra de ensayo de superficie saturada seca al aire, g, y

C = masa aparente de la muestra de ensayo saturada en agua, g

• **Gravedad Específica en Estado Saturado Superficialmente Seco:** Calcular la gravedad específica sobre la base del agregado de superficie seca saturada, de la siguiente manera:

$$\text{Gravedad Específica en Estado Saturado Superficialmente Seco} = \frac{B}{(B - C)}$$

• **Gravedad específica aparente:** Gravedad específica aparente, de la siguiente manera:

$$\text{Gravedad Específica Aparente} = \frac{A}{(A - C)}$$

b) Absorción: Calcular el porcentaje de absorción, de la siguiente manera:

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

➤ **Expresión de resultados:** Los cálculos y resultados se encuentran en el Anexo I – Tabla N° 33.

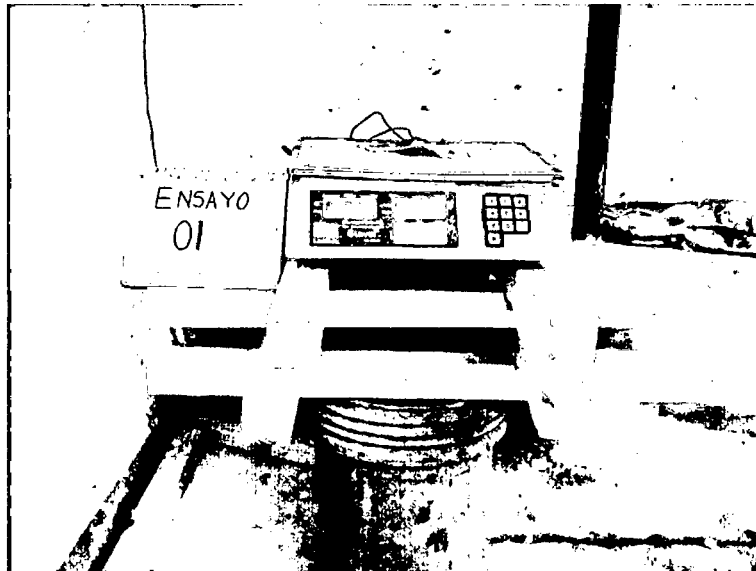


Imagen N° 11: Ensayo de determinación de la densidad relativa y absorción del agregado grueso

3.4.8.2. Determinación de la gravedad específica y absorción del agregado fino

El método empleado para el desarrollo de este ensayo es el establecido en la NTP 400.022 en correspondencia con la ASTM C 128.

El método y materiales empleados para el cálculo de estos parámetros son los siguientes:

➤ Aparatos

a) Balanza: Una balanza o báscula que tiene una capacidad de 1 kg o más, sensibles a 0.1 g o menos, y una precisión de 0.1% de la carga de ensayo en cualquier punto dentro de la gama de uso de este método de ensayo. Dentro de un rango de 100 g de carga de la prueba, la diferencia entre las lecturas deberán tener una precisión de 0.1g.

b) Picnómetro: (para usarse con el procedimiento gravimétrico): Un frasco u otro contenedor apropiado en el cual la muestra de agregado fino puede ser rápidamente introducida y en el cual el contenido del volumen puede ser calibrado hasta $\pm 0.1 \text{ cm}^3$. El volumen del recipiente lleno hasta la marca será de al menos 50 % mayor que el espacio necesario para acomodar la muestra de ensayo. Un matraz aforado de 500 cm^3 de capacidad o un frasco de vidrio, equipado con una tapa de picnómetro es satisfactorio para una muestra de 500 g de la mayoría de los áridos finos.

c) El molde y barra compactadora para los ensayos superficiales de humedad: El molde metálico deberá tener la forma de un tronco de cono con las dimensiones de la siguiente manera: 40 mm \pm 3 mm de diámetro interior en la parte superior, 90 mm \pm 3 mm de diámetro interior en la parte inferior y 75 mm \pm 3 mm de altura; el metal debe tener un espesor mínimo de 0,8 mm. La barra compactadora de metal tendrá una masa de 340 g \pm 15 g y una cara plana circular de apisonamiento de 25 mm \pm 3 mm de diámetro.

d) Estufa: Una estufa de tamaño suficiente, capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 °C \pm 5 °C.

➤ **Procedimiento:** El procedimiento es como sigue:

a) Se colocó la muestra de ensayo en un recipiente adecuado y secó la muestra en una estufa hasta una masa constante a una temperatura de 110 °C, se dejó enfriar el agregado hasta una temperatura de manipulación, se lo cubrió con agua y se lo dejó reposar por 24h.

b) Se decantó el exceso de agua con cuidado para evitar la pérdida de finos, se lo llevó a una superficie no absorbente con corriente de aire natural y se dejó evaporar la humedad superficial realizando la prueba de humedad superficial cada 20 min.

c) Prueba de humedad superficial: Se colocó el molde cónico sobre una superficie no absorbente. Se colocó una porción del agregado fino suelto parcialmente seco en el molde llenándolo hasta el tope y amontonándolo de material adicional por encima de la parte superior del molde sujetándolo con los dedos de la mano que sostiene el molde. Ligeramente se apisonó el agregado fino en el molde con 25 golpes con la barra compactadora. Se comenzó cada golpe aproximadamente a 5 mm por encima de la superficie superior del agregado fino. Permitiendo que la barra compactadora caiga libremente bajo la atracción gravitatoria de cada golpe. Se ajustó la altura inicial de la nueva elevación de la superficie después de cada golpe y distribuyó los golpes sobre la superficie. Se retiró la arena suelta de la base y levantó el molde verticalmente. Se verificó la presencia de humedad de la superficie ya que el agregado fino conservara la forma moldeada. Luego de tres intentos más se observó una ligera caída del agregado fino moldeado lo que nos indicó que se ha llegado a un estado de superficie seca.

d) Se llenó parcialmente el picnómetro con agua. Se introdujo en el picnómetro la

muestra de agregado fino de condición saturada seca superficialmente, preparado como se describe anteriormente, y se llenó de agua adicional hasta aproximadamente el 90 % de la capacidad del recipiente. Se agitó el picnómetro, rodándolo e invirtiéndolo para eliminar las burbujas de aire visibles por un lapso de 20 minutos, se introdujo papel para sacar la espuma formada en la parte superior debido al aire atrapado y se completó con agua hasta la línea de enrase.

e) Se determinó la masa total del picnómetro, el espécimen, y el agua.

f) Se retiró el material del picnómetro y se lo llevó a una estufa por un lapso de 24 h, finalmente se lo dejó enfriar por aproximadamente 1 ½ h y se pesó la muestra.

g) Se determinó la masa del picnómetro lleno hasta la línea de enrase.

➤ **Cálculos:**

a) Densidad Relativa (Gravedad específica)

• **Gravedad Específica en Estado Seco al Horno:** Gravedad específica en base al agregado secado al horno, de la manera siguiente:

$$\text{Gravedad Específica en Estado Seco al Horno} = \frac{A}{(B + S - C)}$$

En dónde:

A = masa de la muestra secada al horno, g

B = masa del picnómetro llenado de agua hasta la marca de calibración, g, y

C = masa del picnómetro lleno de la muestra y el agua hasta la marca de calibración, g

S = masa de la muestra saturada superficialmente seca, g

• **Gravedad Específica en estado Saturado Superficialmente Seco:** Calcular la gravedad específica sobre la base del agregado de superficie seca saturada, de la siguiente manera:

$$\text{Gravedad Específica en estado Sat. Superficialmente Seco} = \frac{S}{(B + S - C)}$$

- **Gravedad específica aparente:** Calcular la gravedad específica aparente de la siguiente manera:

$$\text{Gravedad Específica Aparente} = \frac{A}{(B + A - C)}$$

- b) **Absorción:** Calcular el porcentaje de absorción, de la siguiente manera:

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

- **Expresión de resultados:** Los cálculos y resultados se encuentran en el Anexo I – Tabla N° 35.

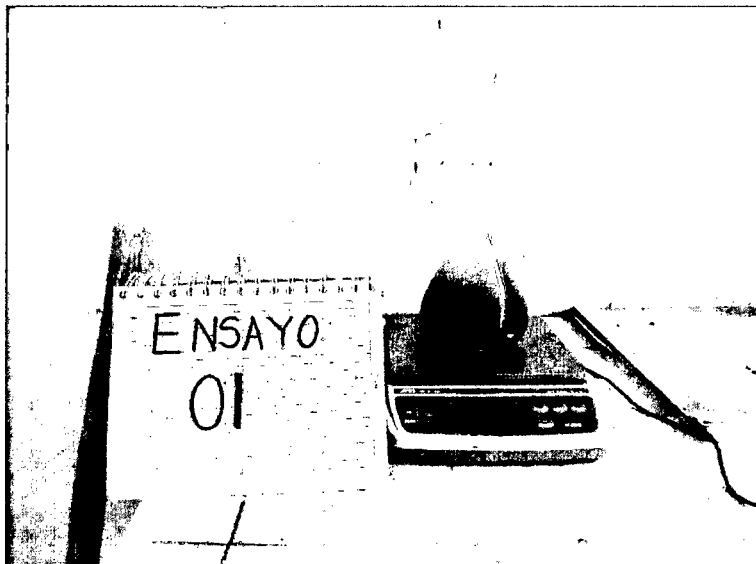


Imagen N° 12: Ensayo de determinación de la densidad relativa y absorción del agregado fino

3.4.9. Masa por unidad de volumen (Densidad de masa)

El siguiente ensayo tiene por finalidad establecer la masa por unidad de volumen o densidad de masa de los agregados en condición suelto o compactado, y calcula los vacíos entre partículas en agregados finos, gruesos o mezcla de ambos basados en la misma determinación. Este método es aplicable a los agregados que no excedan los 125 mm como tamaño máximo.

El método empleado para el desarrollo de este ensayo es el establecido en la NTP 400.017 en correspondencia con la ASTM C 29.

El método y materiales empleados para el cálculo de estos parámetros son los siguientes:

➤ **Aparatos:**

a) Balanzas: Una balanza con exactitud dentro del 0.1% de la carga de ensayo en cualquier punto del rango de uso, con graduación al menos de 0.05 kg. El rango de uso será considerado a ser extendido desde la masa del medidor vacío a la masa del medidor más su contenido hasta 1920 kg/m³.

Una balanza o báscula que tiene una capacidad de 1 kg o más, sensibles a 0.1 g o menos, y una precisión de 0.1% de la carga de ensayo en cualquier punto dentro de la gama de uso de este método de ensayo. Dentro de un rango de 100 g de carga de la prueba, la diferencia entre las lecturas deberán tener una precisión de 0.1g.

b) Varilla de apisonado: Una varilla lisa de acero, redondeada de 16 mm de diámetro y aproximadamente 600 mm de longitud, teniendo un extremo o ambos extremos de forma redondeada tipo semi-esférica, con 16 mm de diámetro.

c) Recipiente: Un recipiente cilíndrico de metal. Será hermético a prueba de agua, con bordes superior e inferior firmes y parejos con precisión en sus dimensiones interiores y suficientemente rígidas para mantener su forma en condiciones severas de uso. El recipiente tendrá una altura aproximadamente igual al diámetro, pero en ningún caso tendrá una altura de menos del 80% ni más del 150% del diámetro. La capacidad del recipiente estará de conformidad con los límites del siguiente cuadro:

Tabla N° 6: Capacidad de los recipientes para ensayo de densidad de masa

Tamaño nominal máximo del agregado		Capacidad del recipiente	
mm	pulg	m ³ (l)	p ³
12.5	1/2	0.0028 (2.8)	1/10
25.0	1	0.0093 (9.3)	1/3
37.5	1 ½	0.0140 (14)	1/2
75	3	0.0280 (28)	1
100	4	0.0700 (70)	2 ½
125	5	0.1000 (100)	3 ½

Fuente: NTP 400.017-2011

d) Pala o cucharón: Una pala o cucharón de un tamaño conveniente para llenar el recipiente con el agregado.

e) Picnómetro: Un frasco u otro contenedor apropiado en el cual el contenido del volumen puede ser calibrado hasta $\pm 0.1 \text{ cm}^3$.

f) Calibración del equipo

i. Placa de Vidrio: Una placa de vidrio, de al menos 6 mm de espesor y al menos 25 mm mayor que el diámetro del recipiente a ser calibrado.

ii. Grasa: Tal como la empleada en bombas de agua, chasis o grasa similar.

iii. Balanza: La misma descrita en el apartado a) con precisión de 0.05 kg.

➤ **Procedimiento:**

a) Determinación de la densidad del agua:

i. Se llenó el picnómetro hasta la línea de calibración.

ii. Se determinó la masa del picnómetro y agua con una exactitud de 0.01 kg

iii. Se determinó la masa del picnómetro con una exactitud de 0.01 kg

b) Calibración del recipiente:

i. Se determinó la masa del vidrio y recipiente con exactitud de 0.05 kg.

ii. Se colocó una capa delgada de grasa sobre el borde del recipiente para prevenir la fuga del agua del recipiente.

iii. Se llenó el recipiente con agua a la temperatura ambiente y cubrirlo con la placa de vidrio de forma tal de eliminar las burbujas y el exceso de agua. Retirar cualquier molécula de agua que pueda tener sobre-fluidez al interior del recipiente o placa de vidrio.

iv. Se determinó la masa del vidrio, agua y recipiente con exactitud de 0.05 kg.

v. Se calculó el volumen del recipiente, alternativamente, calcular el factor F del recipiente.

c) Procedimiento de apisonado:

i. Se llenó el recipiente a 1/3 del total y se niveló la superficie con los dedos. Se apisonó

la capa del agregado con 25 golpes con la varilla de apisonado uniformemente distribuido sobre la superficie. Se llenó el recipiente a los 2/3 del total y se repitió el proceso anterior, finalmente se llenó el molde a sobre-volumen y se apisonó nuevamente de la forma indicada líneas arriba. Se niveló la superficie del agregado con los dedos y la varilla de manera que cualquier proyección leve de las partículas más grandes del agregado aproximadamente quedó equilibrada con los vacíos mayores en la superficie por debajo de la parte superior del recipiente.

ii. En el apisonado de la primera capa, se procuró no golpear el fondo del recipiente con fuerza con la varilla. En el apisonado de la segunda y tercera capas, se usó un esfuerzo vigoroso, pero no mayor del que pueda causar la penetración de la varilla a la capa previa del agregado.

iii. Se determinó la masa del recipiente más su contenido, y la masa del recipiente vacío y se registraron los valores con exactitud de 0.05 kg.

d) Procedimiento para peso suelto

i. Se llenó el recipiente hasta el reboce con un cucharón, descargando el agregado desde una altura aproximada de 50 mm encima del borde superior del mismo. Se Niveló la superficie del agregado con la varilla de manera que cualquier proyección leve de las partículas más grandes del agregado aproximadamente equilibren los vacíos mayores en la superficie por debajo de la parte superior del recipiente.

ii. Se determinó la masa del recipiente más su contenido, y la masa del recipiente vacío y se registraron los valores con exactitud de 0.05 kg.

➤ Cálculos:

a) Densidad del agua: Calcular como sigue:

$$D = \frac{P_1 - P_2}{V}$$

Donde:

D = Densidad del agua para ña temperatura trabajada, kg/m³

P₁ = Masa del picnómetro y agua, kg

P₂ = Masa del picnómetro, kg

V = Volumen del picnómetro hasta la línea de calibración, m³

b) Volumen y Factor del recipiente: Calcular el volumen del recipiente como sigue:

$$V = \frac{(W - M)}{D}$$

$$F = \frac{D}{(W - M)}$$

Donde:

V = Volumen del recipiente, m³

F = Factor para el recipiente, l/m³

W = Masa del agua, placa de vidrio y recipiente, kg

M = Masa de placa de vidrio y recipiente, kg

D = Densidad del agua para la temperatura trabajada, kg/m³

c) Densidad de masa: Calcular la densidad de masa por los procedimientos de apisonado o peso suelto como sigue.

$$PU = \frac{(G - T)}{V}$$

$$PU = (G - T) \times F$$

Donde:

PU = Densidad de masa del agregado, kg/m³

G = Masa del recipiente y agregado, kg

T = Masa del recipiente, kg

V = Volumen del recipiente, m³

F = Factor para el recipiente, l/m³

d) Contenido de vacíos: Calcular el contenido de vacíos en el agregado usando la densidad de masa determinada por cualquiera de los procedimientos descritos como sigue:

$$\% \text{ Vacíos} = \frac{\{(S \times W) - M\}}{(S \times V)} \times 100$$

Donde:

M = Densidad de masa del agregado, kg/m³

S = Gravedad específica de masa de conformidad con el método NTP 400.021 o NTP 400.022 como corresponda

W = Densidad del agua, kg/m³

➤ **Expresión de resultados:** Los cálculos y resultados se encuentran en el Anexo I – Tablas de la 35 a la 41.

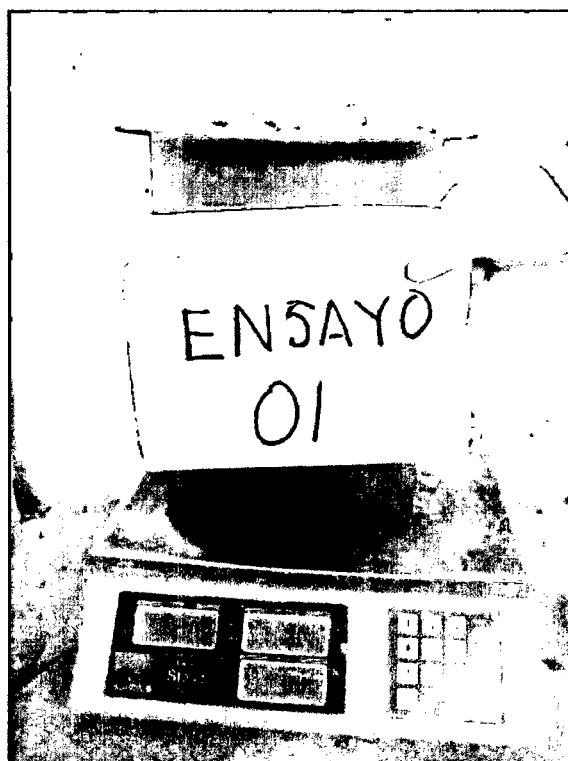


Imagen N° 13: Ensayo de densidad de masa del agregado grueso

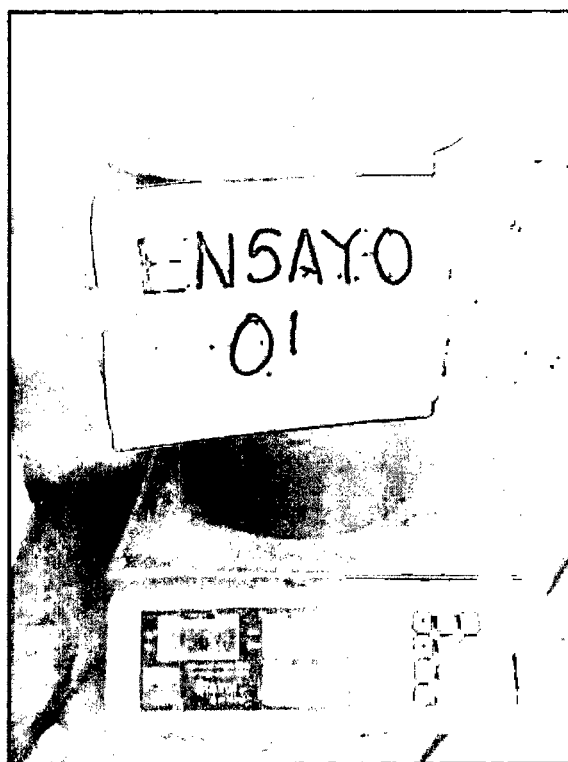


Imagen N° 14: Ensayo de densidad de masa del agregado fino

3.4.10. Desgaste o abrasión del agregado grueso

Este ensayo tiene por finalidad el cálculo del desgaste del agregado grueso, para ello y de acuerdo a la granulometría se empleará el método descrito en la NTP 400.019 o su equivalente la ASTM C 131.

Tabla N° 7: Muestra requerida para el ensayo de abrasión

Tamices		Peso de los tamaños indicados (gr.)			
Pasa	Retiene	A	B	C	D
1 ½"	1"	1250 ± 25	---	---	---
1"	¾"	1250 ± 25	---	---	---
¾"	½"	1250 ± 10	2500 ± 10	---	---
½"	3/8"	1250 ± 10	2500 ± 10	---	---
3/8"	¼"	---	---	2500 ± 10	---
¼"	N° 4	---	---	2500 ± 10	---
N° 4	N° 8	---	---	---	5000 ± 10
Total		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10

Fuente: NTP 400.019-2002

➤ Aparatos:

a) **Máquina de los Ángeles:** Máquina con contador de revoluciones.

b) **Tamices:** Los tamices serán montados sobre armaduras construidas de tal manera que se prevea pérdida de material durante el tamizado. Los tamices cumplirán con la NTP 350.001 según el requerimiento de tipo de abrasión.

c) **Esferas de acero:** De 46.38 a 47.63 mm de diámetro de peso equivalente entre 390 a 445 gr.

d) **Estufa:** Una estufa de tamaño suficiente, capaz de mantener una temperatura uniforme de $110\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$.

e) **Balanza:** Una balanza con exactitud dentro del 0.1% de la carga de ensayo en cualquier punto del rango de uso, con graduación al menos de 0.05 kg.

➤ Procedimiento:

a) Se lavó el material librándolo de partículas menores al tamiz N° 12

b) Se secó el agregado por un lapso de 24h.

c) Se seleccionó la cantidad de material necesario según el tamaño del agregado grueso.

d) Se procedió a colocar el material seleccionado en la máquina de los ángeles con la

carga abrasiva.

e) Luego de concluido el tiempo en que la máquina desgastó el material, se lo retiró y lavó, haciendo pasar las partículas por el tamiz N° 12.

f) Se secó el material retenido por el tamiz N° 12 durante 24 horas y se determinó su masa.

➤ **Cálculos:** Los cálculos se efectuaron como sigue:

$$\% \text{ Abrasión} = \frac{(P_1 - P_2)}{P_1} \times 100$$

Donde:

P1 = Masa de la muestra antes del ensayo, kg

P2 = Masa de la muestra después del ensayo, kg

➤ **Expresión de resultados:** Los cálculos y resultados se encuentran en el Anexo I – Tabla N° 42.



Imagen N° 15: Ensayo de abrasión

3.5. CARACTERÍSTICAS DE LA FIBRA

3.5.1. Determinación de la densidad relativa y absorción

Las fibras vegetales no están normalizadas para su uso en concreto es por ello que no existe norma para determinar estos parámetros, sin embargo, se adaptaron los procedimientos descritos por la NTP 400.021 y NTP 400.022 para el cálculo de la densidad relativa y la absorción de la fibra.

➤ Aparatos

a) **Balanza:** Una balanza o báscula que tiene una capacidad de 1 kg o más, sensibles a 0.1 g o menos, y una precisión de 0.1% de la carga de ensayo en cualquier punto dentro de la gama de uso de este método de ensayo. Dentro de un rango de 100 g de carga de la prueba, la diferencia entre las lecturas deberán tener una precisión de 0.1g.

b) **Picnómetro:** (para usarse con el procedimiento gravimétrico): Un frasco u otro contenedor apropiado en el cual la muestra de agregado fino puede ser rápidamente introducida y en el cual el contenido del volumen puede ser calibrado hasta $\pm 0.1 \text{ cm}^3$. El volumen del recipiente lleno hasta la marca será de al menos 50 % mayor que el espacio necesario para acomodar la muestra de ensayo. Un matraz aforado de 500 cm^3 de capacidad o un frasco de vidrio.

➤ Procedimiento: El procedimiento es como sigue:

a) Previamente pesada, se sumergió la fibra en agua por un periodo de 24 h.

b) Se retiró la muestra del agua y se le secó la superficie con una franela, teniendo cuidado en no estrujar la fibra para evitar la evaporación del agua, se determinó su masa al aire.

c) Después de la determinación de la masa en aire, se colocó inmediatamente la fibra saturada superficialmente seca en el picnómetro y se lo llenó hasta la línea de medición

➤ **Cálculos:**

a) Gravedad específica

- **Gravedad Específica en Estado Seco:** Calcular la densidad relativa (gravedad específica) en base al agregado secado al horno, de la manera siguiente:

$$\text{Densidad Relativa (Gravedad Específica)(OD)} = \frac{A}{(B + S - C)}$$

En dónde:

A = masa de la muestra secada al horno, g

B = masa del picnómetro llenado de agua hasta la marca de calibración, g, y

C = masa del picnómetro lleno de la muestra y el agua hasta la marca de calibración, g

S = masa de la muestra saturada superficialmente seca, g

- **Gravedad Específica en Estado Saturado Superficialmente Seco:** Calcular la densidad relativa (gravedad específica) sobre la base del agregado de superficie seca saturada, de la siguiente manera:

$$\text{Densidad Relativa (Gravedad Específica)(SSD)} = \frac{S}{(B + S - C)}$$

- **Gravedad Específica Aparente:** Calcular la densidad relativa aparente (gravedad específica aparente), de la siguiente manera:

$$\text{Densidad Relativa (Gravedad Específica)(SSD)} = \frac{A}{(B + A - C)}$$

- b) Absorción:** Calcular el porcentaje de absorción, de la siguiente manera:

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

- **Expresión de resultados:** Los cálculos y resultados se encuentran en el Anexo I – Tabla N° 43.

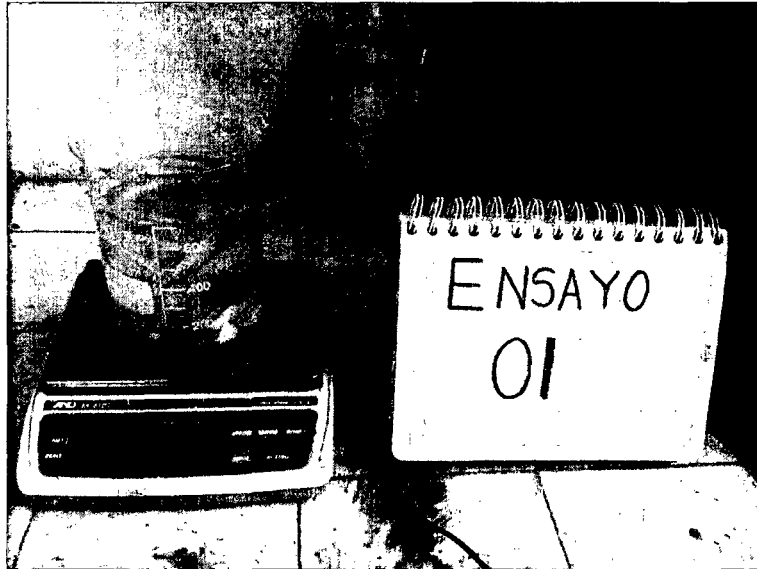


Imagen N° 16: Ensayo de determinación de la densidad relativa y absorción de la fibra

3.5.2. Determinación de la resistencia a tracción de la fibra

Las fibras vegetales no están normalizadas para su uso en concreto es por ello que no existe norma para determinar este parámetro, sin embargo, con ayuda de antecedentes similares.

➤ Aparatos

a) Vernier: Aparato de medición con lecturas que deberán tener una precisión de 0.01 mm.

b) Máquina universal de ensayo a tracción: Se usó una máquina de compresión hidráulica con alimentación de energía eléctrica, teniendo la suficiente capacidad para abastecer el índice de cargas solicitadas. Así mismo se pudo operar con energía constante, siendo capaz de aplicar cargas continuas durante todo los procesos de ensayos.

➤ Procedimiento: El procedimiento es como sigue:

a) Se prepararon especímenes de 10, 20 y 30 fibras con dimensiones promedio.

b) Se colocaron los especímenes en la máquina y se ensayaron a velocidad continua.

➤ **Cálculos:**

a) **Resistencia a la tracción (T):** Se calculó como sigue.

$$T = \frac{P}{A}$$

Dónde:

T = Esfuerzo a tracción de la fibra, MPa

P = Carga máxima leída en la máquina universal, KN

A = Área de la fibra, mm²

➤ **Expresión de resultados:** Los cálculos y resultados se encuentran en el Anexo I – Tabla N° 44.



Imagen N° 17: Ensayo de resistencia a la tracción de la fibra

3.5.3. Selección de la longitud de fibra

En base a los antecedentes estudiados, los cuales demuestran que los mejores resultados se obtuvieron con longitudes de fibra de entre 5 y 10 cm, se cortó la fibra a una longitud promedio de 5 cm, rechazándose aquellas que superaran los 10 cm de longitud.

3.6. EL CEMENTO UTILIZADO

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

Una de sus propiedades principales es que presenta mayor resistencia inicial debida a su óptima formulación. El cemento Tipo I desarrolla mayor resistencia a edades tempranas y menores tiempos de fraguado.

Sus aplicaciones son de uso tradicional en la construcción, para emplearse en obras que no requieran propiedades especiales de ningún tipo: Obras de concreto y de concreto armado en general, para estructuras que requieren rápido desencofrado concreto en clima frío, prefabricados, pavimentos y cimentaciones.

En el Anexo V se presenta la ficha técnica del Cemento portland tipo I de Cementos Pacasmayo S.A.A.

3.7. EL AGUA

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

En el Anexo IV muestra el análisis de agua de la Universidad Nacional de Cajamarca.

3.8. PROCEDIMIENTO DE DISEÑO DE MEZCLAS Y ELABORACIÓN DE ESPECÍMENES

3.8.1. Requerimientos del concreto considerados para el diseño de mezclas

Las características del concreto han de ser función del fin para el cual está destinado. Por ello la selección de las proporciones de la unidad cubica de concreto debe permitir obtener un concreto con la facilidad de colocación, densidad, resistencia, durabilidad u otras

propiedades que se consideran necesarias para el caso particular para el cual la mezcla está siendo diseñada. (Rivva, 2014b)

Para la elaboración del diseño de mezclas para los especímenes cilíndricos de concreto se consideró tener los siguientes requerimientos en el estado endurecido y no endurecido:

3.8.1.1. Apariencia

Para la elaboración de especímenes de concreto y su respectivo ajuste de proporciones se verificó que el concreto no endurecido, presente una apariencia homogénea, evitando que éste sea sobre gravoso o sobre arenoso.

3.8.1.2. Consistencia

Para el diseño y posterior ajuste de mezclas se consideró que el concreto no endurecido posea una consistencia plástica, es decir que su revenimiento se encuentre entre tres y cuatro pulgadas.

3.8.1.3. Resistencia requerida

Para el diseño de mezclas y ajuste de proporciones de los especímenes cilíndricos de concreto, se consideró una resistencia de 280 Kg/cm², ya que esta resistencia ayudó a verificar las diferencias entre los especímenes sin adición de fibra (especímenes base) y concretos adicionados.

3.8.2. Propiedades de los materiales a considerar para el diseño de mezclas

3.8.2.1. Propiedades del cemento:

a) Marca y tipo: CEMENTOS PACASMAYO S.A.A. - Cemento portland Tipo I, este es un cemento de uso general que cumple con los requisitos de las normas técnicas NTP 334.009 y ASTM C 150.

b) Peso específico: El peso específico consignado en la hoja técnica del cemento Pacasmayo Tipo I es de 3.15 gr/cm³, sin embargo debido a que este peso específico fue calculado a nivel del mar, sin tomar en cuenta las variaciones de presión debido a altura, se considerará un peso específico de 3.10 gr/cm³, el cual se ha demostrado en diferentes investigaciones que es apropiado para el diseño de mezclas en nuestra ciudad.

3.8.2.2. Propiedades de los agregados

Las propiedades de los agregados empleadas en el diseño fueron calculadas mediante los procedimientos descritos anteriormente, los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla:

Tabla N° 8: Resumen de las propiedades de los agregados a ser empleados en la mezcla de concretos

Propiedad	Agregado Fino	Agregado grueso
Gravedad Específica en Estado Seco al Horno	2.57 gr/cm ³	2.56 gr/cm ³
Gravedad Específica en Estado Saturado Superficialmente Seco	2.60 gr/cm ³	2.58 gr/cm ³
Gravedad Específica Aparente	2.65 gr/cm ³	2.61 gr/cm ³
Absorción	1.13%	0.75 %
Masa por unidad de volumen seco suelto	1599 kg/m ³	1408 kg/m ³
Masa por unidad de volumen seco compactado	1690 kg/m ³	1504 kg/m ³
Porcentaje de vacíos en estado seco suelto	38%	45%
Porcentaje de vacíos en estado seco compactado	34%	41%
Tamaño máximo nominal	---	1"
Abrasión	---	30.80%

3.8.2.3. Propiedades de la fibra

Las propiedades de los agregados para empleadas en el diseño fueron las siguientes:

Tabla N° 9: Resumen de las propiedades de los agregados a ser empleados en la mezcla de concretos

Propiedad	Valor
Gravedad Específica en Estado Seco	0.24 gr/cm ³
Gravedad Específica en Estado Saturado Superficialmente Seco	0.84 gr/cm ³
Gravedad Específica Aparente	0.63 gr/cm ³
Absorción	247.85 %
Resistencia a la tracción	10.04 MPa

3.8.3. Procedimiento realizado para la selección de las proporciones del concreto por el método de módulo de fineza de la combinación de los agregados.

Este método de diseño considera las tablas empleadas por el comité 211 del ACI para la selección de los materiales que intervienen en la pasta, sin embargo para la selección de las proporciones de los agregados se emplea un módulo denominado de combinación de los agregados, que no es más que la representación del índice del mayor o menor grosor del conjunto de partículas de un agregado si éste fuese global

1. Selección de la resistencia promedio a partir de la resistencia a compresión especificada (Tabla N° 44)

$$f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'_{cr} = (280 + 86.70) \text{ kg/cm}^2 = 366.70 \text{ kg/cm}^2$$

2. Selección del tamaño máximo nominal del agregado.

$$\text{TMN} = 1''$$

3. Selección del asentamiento.

Consistencia = Plástica

Asentamiento = 3" - 4"

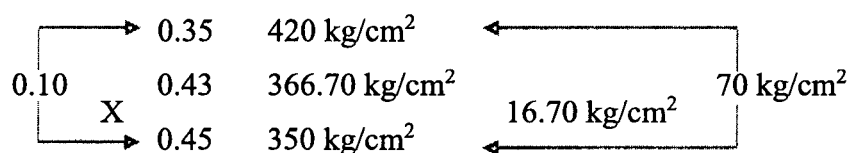
4. Selección de volumen unitario del agua de diseño (Tabla N° 45)

$$\text{Agua} = 193 \text{ lt/m}^3$$

5. Selección del contenido de aire (Tabla N° 45)

$$\text{Aire} = 1.50\%$$

6. Selección de la relación agua/cemento por resistencia (Tabla N° 46)



$$X = \frac{0.10 \times 16.70}{70} = 0.02$$

$$\frac{a}{c} = 0.45 - 0.02 = 0.43$$

7. Determinación del Factor cemento.

$$\text{Cemento} = \frac{193 \text{ kg/m}^3}{0.43} = 448.80 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{N}^\circ \text{ bolsas} = \frac{448.80 \text{ kg/m}^3}{42.50 \text{ kg/bls.}} = 10.60 \text{ kg/m}^3$$

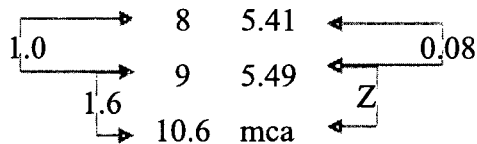
8. Determinación de la suma de los volúmenes absolutos de cemento, agua de diseño, aire (Volumen de la pasta)

$$\text{Volumen de la Pasta} = \frac{193\text{lt}}{1000 \text{ kg/m}^3} + \frac{448.80\text{kg}}{3100 \text{ kg/m}^3} + \frac{1.50\text{m}^3}{100} = 0.352\text{m}^3$$

9. Determinación del volumen absoluto de agregados.

$$\text{Volumen de la Pasta} = 1.000\text{m}^3 - 0.352\text{m}^3 = 0.648\text{m}^3$$

10. Determinación del módulo de fineza de la combinación de los agregados (Tabla N° 47)



$$Z = \frac{1.60 \times 0.08}{1.00} = 0.13$$

$$\text{mfca} = 5.49 + 0.13 = 5.62$$

$$\text{Corrección por vacíos} = \frac{(45\% - 35\%)}{5\%} \times (-0.10) = -0.20$$

$$\text{mfca} = 5.62 - 0.20 = 5.42$$

11. Determinación del porcentaje de agregados que intervienen en la mezcla.

$$\%AF = \frac{7.66 - 5.42}{7.66 - 3.45} \times 100\% = 53.21\%$$

$$\%AG = 100.00\% - 53.21\% = 46.79\%$$

12. Determinación de los valores de diseño del cemento, agua, aire, agregado fino y agregado grueso.

Cemento	=	0.144 m ³	=	448.80 kg/m ³
Agua de diseño	=	0.193 m ³	=	193.00 lt/m ³
Agregado fino	=	0.345 m ³	=	885.70 kg/m ³
Agregado grueso	=	0.303 m ³	=	775.90 kg/m ³
Aire atrapado	=	1.50%	=	1.50%

3.8.4. Elaboración de la mezcla de prueba:

Para la mezcla de prueba solamente se consideró la realización de testigos para ser probados a compresión, ya que este parámetro es el definido por la resistencia especificada.

Los pesos de los materiales de diseño por metro cúbico de concreto considerados para la mezcla de prueba fueron los siguientes:

Cemento	=	448.80 kg/m ³
Agua de diseño	=	193.00 lt/m ³
Agregado fino	=	885.70 kg/m ³
Agregado grueso	=	775.90 kg/m ³

Luego de la corrección por humedad de los áridos, los pesos de los materiales por metro cúbico de concreto considerados para la mezcla de prueba fueron los siguientes:

Cemento	=	448.80 kg/m ³	=	448.80 kg/m ³
Agua efectiva	=	$193.00 - ((2.37\%) \times 885.70 + (0.25\%) \times 775.90)$ lt/m ³	=	170.10 lt/m ³
Agregado fino húm.	=	$885.70 \times (1.035)$ kg/m ³	=	916.70 kg/m ³
Agregado grueso húm.	=	$775.90 \times (1.010)$ kg/m ³	=	783.70 kg/m ³

Con los nuevos pesos de los materiales corregidos por humedad, se procedió a determinar la cantidad de material a ser empleado para realizar la mezcla de prueba, por lo que se consideró tomar como volumen de mezcla la cantidad de 03 especímenes cilíndricos de concreto. Considerando que el volumen de un espécimen, de acuerdo al molde usado para su elaboración, es aproximadamente 0.00556 m³ para la elaboración de 03 especímenes se necesitó un volumen de 0.01668 m³, considerando los desperdicios que pueda acarrear el mezclado y llenado de moldes, se consideró un valor aproximado de 0.02 m³, siendo los pesos de los materiales los siguientes. (El diseño se muestra en el Anexo VIII – Tablas N° 49 y 50)

Cemento	=	8.98 kg/tanda
Agua de diseño	=	3.40 lt/tanda
Agregado fino	=	18.33 kg/tanda
Agregado grueso	=	15.67 kg/tanda

3.8.5. Procedimiento realizado para el ajuste de las proporciones

Verificadas y obtenidas las condiciones anteriores, deberá realizarse en las siguientes tandas, los ajustes apropiados en las proporciones, de acuerdo al siguiente procedimiento:

1. Determinación de las características de la mezcla de prueba.

Apariencia	= Homogenea
Asentamiento	= 11.74 cm
Agua adicional	= (220.00 cm ³)
Contenido de aire	= 0.08 %
Densidad de masa concreto en estado fresco	= 2304.29 kg/m ³

2. Tanda de mezclado

Cemento	= 8.98 kg/tanda
Agua añadida	= 3.62 lt/tanda
Agregado fino húmedo	= 18.33 kg/tanda
Agregado grueso húmedo	= 15.67 kg/tanda
Peso de la Tanda	= 46.61 kg/tanda

3. Rendimiento de la Tanda

$$Y = \frac{46.61 \text{ kg/tanda}}{2304.29 \text{ kg/m}^3} = 0.020226 \text{ m}^3/\text{tanda}$$

4. Agua de mezclado por tanda.

Aporte del agregado fino	= 0.42 lt/tanda
Aporte del agregado grueso	= 0.04 lt/tanda
Agua añadida	= 3.62 lt/tanda
Agua de mezclado por tanda	= 4.08 lt/tanda

5. Agua de mezclado por m³ corregida por agua adicional.

$$\text{Agua} = \frac{4.08 \text{ lt/tanda}}{0.020226 \text{ m}^3/\text{tanda}} = 201.82 \text{ lt/m}^3$$

6. Agua de mezclado por m³ corregido por asentamiento: Se deberá disminuir en 2 litros por cada 10 mm de aumento del asentamiento.

$$\text{Agua} = 201.82 \text{ lt/m}^3 - 2 \times (11.74 - 9) \text{ lt/m}^3 = 196.34 \text{ lt/m}^3$$

7. Agua de mezclado por m³ corregido por contenido de aire: Se deberá disminuir en 3 litros por cada 1% de decremento del contenido de aire.

$$\text{Agua} = 196.34 \text{ lt/m}^3 - 3 \times (1.50 - 0.08) \text{ lt/m}^3 = 192.08 \text{ lt/m}^3$$

8. Nuevos materiales de diseño corregidos por apariencia, agua adicional, asentamiento y contenido de aire: Se determinará a partir de los datos como relación a/c y mfca obtenidos durante el diseño original.

$$\text{Cemento} = 446.60 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agua de diseño} = 192.10 \text{ lt/m}^3$$

$$\text{Agregado fino} = 887.94 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agregado grueso} = 777.73 \text{ kg/m}^3$$

9. Corrección por resistencia: Se determinará a partir de la fórmula de Powers actualizada, la que relaciona el grado de hidratación del concreto, la relación gel/espacio, la resistencia probable a los 28 días y la relación a/c.

$$R = 2380 \times X^3$$

$$X = \frac{0.687 \times \alpha}{0.319 \times \alpha + \frac{a}{c}}$$

Dónde:

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

X = Relación Gel/Espacio

α = Grado de hidratación

a/c = Relación agua/cemento

Datos:

Resistencia a los 7 días = 310.96 kg/cm²

Resistencia esperada a los 28 días = 1.40 × 310.96 kg/cm² = 435.34 kg/cm²

Resistencia de diseño a los 28 días = 280.00 kg/cm²

$$\alpha = \frac{\sqrt[3]{\left(\frac{435.34}{2380}\right)} \times 0.43}{0.687 - \sqrt[3]{\left(\frac{435.34}{2380}\right)} \times 0.319} = 0.48$$

$$\frac{a}{c} = \frac{0.687 \times 0.48}{\sqrt[3]{\left(\frac{280}{2380}\right)}} - 0.319 \times 0.48 = 0.52$$

10. Nuevos materiales de diseño corregidos por resistencia: Se determinará a partir de la nueva relación a/c y el mfca.

Cemento	=	369.42 kg/m ³
Agua de diseño	=	192.10 lt/m ³
Agregado fino	=	921.87 kg/m ³
Agregado grueso	=	807.45 kg/m ³

Luego de la corrección por humedad de los áridos, los pesos de los materiales por metro cúbico de concreto considerados para la mezcla fueron los siguientes:

Cemento	=	369.42 kg/m ³
Agua de diseño	=	176.90 lt/m ³
Agregado fino	=	949.50 kg/m ³
Agregado grueso	=	811.50 kg/m ³

3.8.6. Procedimiento realizado para la inclusión de fibra en las proporciones

Verificadas y obtenidas las condiciones anteriores, se realizó en las siguientes tandas, los ajustes apropiados en las proporciones, a fin de incluir los porcentajes de fibra necesarios para la elaboración de la tesis en remplazo porcentual del volumen de los áridos:

Las proporciones y diseño de mezclas para los diferentes porcentajes de fibra se muestran en el Anexo VIII - Tablas de la 54 a la 59.

3.8.7. Especímenes de concreto a diferentes porcentajes de fibra

3.8.7.1. Dosificación N° 01: Especímenes de concreto sin adición de fibra.

Estos especímenes fueron elaborados con agua, cemento y agregados pero sin la inclusión de fibra vegetal, para cada tipo de ensayo se elaboró la cantidad de concreto necesario bajo las denominaciones siguientes y según la edad de ensayo:

- **Compresión:** C - 0% - 7d, 14d ó 28d
- **Tracción:** T - 0% - 7d, 14d ó 28d
- **Flexión:** F - 0% - 7d, 14d ó 28d

3.8.7.2. Dosificación N° 02: Especímenes de concreto con adición de 0.50% de fibra.

Estos especímenes fueron elaborados con agua, cemento y agregados con una adición de fibra vegetal de 0.50% del volumen del concreto, para cada tipo de ensayo se elaboró la cantidad de concreto necesario bajo las denominaciones siguientes y según la edad de ensayo:

- **Compresión:** C - 0.50% - 7d, 14d ó 28d
- **Tracción:** T - 0.50% - 7d, 14d ó 28d
- **Flexión:** F - 0.50% - 7d, 14d ó 28d

3.8.7.3. Dosificación N° 03: Especímenes de concreto con adición de 1.00% de fibra.

Estos especímenes fueron elaborados con agua, cemento y agregados con una adición de fibra vegetal de 1.00% del volumen del concreto, para cada tipo de ensayo se elaboró la cantidad de concreto necesario bajo las denominaciones siguientes y según la edad de ensayo:

- **Compresión:** C – 1.00% - 7d, 14d ó 28d
- **Tracción:** T – 1.00% - 7d, 14d ó 28d
- **Flexión:** F – 1.00% - 7d, 14d ó 28d

3.8.7.4. Dosificación N° 04: Especímenes de concreto con adición de 1.00% de fibra.

Estos especímenes fueron elaborados con agua, cemento y agregados con una adición de fibra vegetal de 2.00% del volumen del concreto, para cada tipo de ensayo se elaboró la cantidad de concreto necesario bajo las denominaciones siguientes y según la edad de ensayo:

- **Compresión:** C – 2.00% - 7d, 14d ó 28d
- **Tracción:** T – 2.00% - 7d, 14d ó 28d
- **Flexión:** F – 2.00% - 7d, 14d ó 28d

Con cada una de las cuatro dosificaciones vistas en los acápites anteriores, se elaboraron 36 especímenes cilíndricos de concreto para ser ensayados, 18 a tracción, 18 a compresión, 18 especímenes prismáticos de concreto para ser ensayados a flexión, de los cuales cada 6 especímenes serán ensayados a la edad de 7, 14 y 28 días; por lo cual se tendrían 6 repeticiones para cada caso. Se consideró esta cantidad de repeticiones ya que la Norma NTP 339.034 establece que se deberá trabajar con un promedio mínimo de 3 probetas hermanas para considerar al promedio como consistente. Es por ello que se tomaron múltiplos de 3 para la evaluación de los especímenes.

3.8.8. Elaboración de los especímenes de concreto para los ensayos mecánicos

La elaboración de los especímenes de concreto cilíndricos y prismáticos para pruebas de compresión, tracción (150 mm por 300 mm) y flexión (150 mm por 150 mm por 500 mm), con cada una de las dosificaciones descritas en el ítem 3.6.7, se realizaron siguiendo los procedimientos indicados en la Norma NTP 339.183.

➤ Aparatos:

a) Moldes: Deben ser de un material no absorbente y que no reaccione con el cemento, se utilizó moldes fabricados de tubos de PVC de 6 pulg. de diámetro, se fijó y aseguro estos con alambres de acero negro N°8, para evitar que se deformen, así mismo se selló la junta con cinta adhesiva y se cubrió las bases de los moldes con bolsas de plástico para evitar la pérdida de la mezcla o humedad; Los moldes también fueron cubiertos interiormente con una mínima cantidad de aceite de cocina mineral, para facilitar el desmolde de los especímenes en el caso de los especímenes prismáticos se emplearon moldes de acero elaborados con las medidas descritas con anterioridad especialmente para esta tesis.

b) Varilla de apisonado: Una varilla lisa de acero, redondeada de 16 mm de diámetro y aproximadamente 600 mm de longitud, teniendo un extremo o ambos extremos de forma redondeada tipo semi-esférica, con 16 mm de diámetro.

c) Mazo: Con cabeza de hule de peso aproximado a 0.8 Kg.

d) Herramientas manuales: Palas, baldes, espátulas y alisadores de metal para la superficie del concreto, cucharones y reglas.

e) **Balanza:** Una balanza con exactitud dentro del 0.1% de la carga de ensayo en cualquier punto del rango de uso, con graduación al menos de 0.05 kg.

f) **Mezcladora:** Fue una mezcladora tipo trompo eléctrico de 6 pies cúbicos de capacidad.

➤ **Procedimiento:**

a) Pasos para la realización de las mezclas

1. Se realizaron mezclas de volumen igual a 0.02 m^3 con lo que se elaboraran 3 especímenes gemelos para las pruebas a compresión y tracción, además con dos mezclas de este volumen se elaboraron 3 especímenes de prueba para flexión.

2. Se limpió y seco el interior de la mezcladora para que así no aporte agua adicional a la mezcla o algún otro material que no se haya previsto para la elaboración de esta; así mismo se procedió a pesar las dosificaciones de cemento, agregado fino, agregado grueso, medir el volumen del agua y pesar la fibra para los casos que corresponda.

3. No existe norma alguna que indique el procedimiento para cargar la mezcladora con los materiales, sin embargo numerosos antecedentes aconsejan que se debe agregar una porción del agua a la mezcladora, luego se añade el agregado fino y posteriormente el grueso, finalmente se agrega el cemento y el resto del agua, en el caso de los especímenes con adiciones de fibra se mezcló previamente el agregado fino con la fibra, se comenzó a mezclar los materiales, hasta obtener una mezcla de color uniforme de los agregados y el cemento, se continuó mezclando hasta que se presente homogeneidad, consistencia y color uniforme en la mezcla, presentándose el agregado grueso totalmente cubierto por la pasta. Así mismo, se controló que el tiempo de mezclado después de haber sido adicionado el volumen final de agua, para el caso de las mezclas sin adición de fibras el tiempo de mezclado estuvo alrededor de 3 minutos, para el caso de mezclas con fibras el tiempo varió de 5 a 10 minutos hasta verificar el mezclado total de las mismas.

b) Pasos realizados para la elaboración de los especímenes de concreto:

1. Se colocó los moldes en una superficie horizontal, rígida, nivelada y libre de vibraciones.

2. La colocación de la mezcla de concreto en el interior del molde se realizó moviendo el cucharón alrededor del molde para asegurar la distribución del concreto y una segregación mínima que se presenta al golpearse la mezcla al caer.
3. El llenado del molde se realizó en tres capas de igual volumen, en la última capa se agregó una cantidad de mezcla suficiente para que el molde quede lleno después de la compactación.
4. La compactación se realizó en cada capa con 25 penetraciones de la varilla, distribuyendo las penetraciones de forma uniforme. La compactación de la primera capa fue en todo su espesor, y la segunda y tercera capa penetrando 25 mm en la capa anterior.
5. Después de compactar cada capa, se golpeó los lados del molde ligeramente por 12 veces con el mazo de goma para liberar las burbujas que pueden quedar atrapadas.
6. Se enrasó el exceso de mezcla con la varilla de compactación y se dio un acabado con una espátula, procurando dar el menor número de pasadas para producir una superficie lisa y plana.
7. Se identificó los especímenes con el número de espécimen, fecha y tipo de dosificación.
8. Se colocó bolsas plásticas sobre los moldes para evitar la pérdida de humedad y tratar de mantener la temperatura.
9. Transcurridas 24 horas después de elaborar los especímenes, estos fueron sacados de los moldes y se procedió a realizar el curado estándar.



Imagen N° 18: Elaboración de especímenes de concreto

3.8.9. Curado de los especímenes de concreto.

El curado de los 216 especímenes se realizó siguiendo los procedimientos indicados en la NTP 339.183.

➤ Procedimiento

a) Protección después del acabado: Inmediatamente después de elaborar el moldeado de los especímenes, se cubrieron estos con bolsas de plástico para evitar la evaporación y pérdida de humedad.

b) Curado inicial: Después del moldeado, se cubrió a los especímenes con plástico para mantener la temperatura alrededor de estos. Transcurridas 24 horas después de elaborar los especímenes, estos fueron desmoldados y se procedió a realizar el curado estándar.

c) Curado estándar: Al terminar el curado inicial y entre los 30 minutos y 1 hora después de haber sacado los especímenes de los moldes, estos se almacenaron en una poza de curado de concreto cubiertos con agua, además se saturó el agua con cal viva para mantener la temperatura de está y evitar la pérdida de cal de los especímenes, se cubrió la poza con una manta plástica.

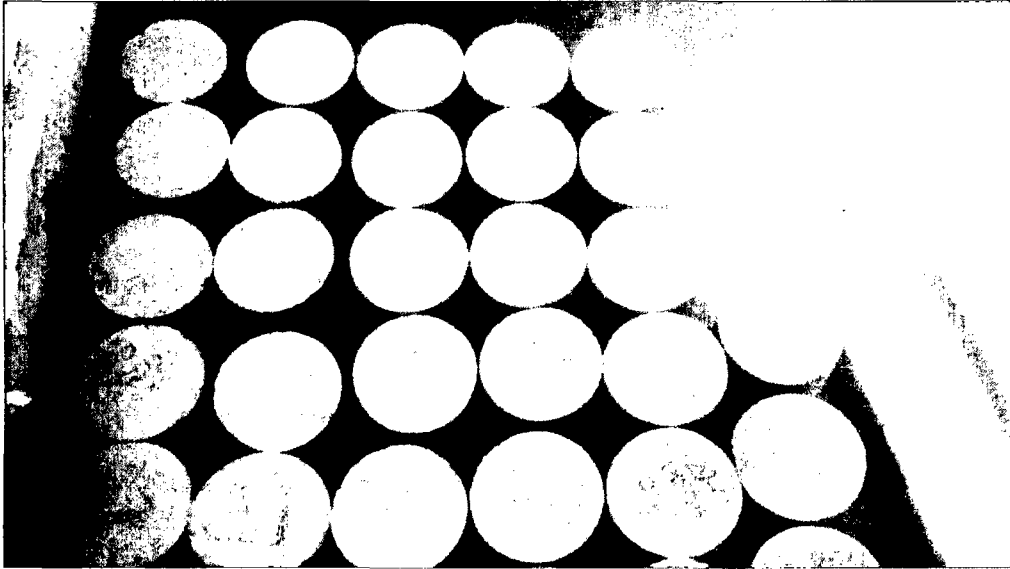


Imagen N° 19: Curado de especímenes de concreto

3.9. VARIABLES DE EVALUACIÓN DEL ESTUDIO

Las variables que se evaluaron en esta tesis son las siguientes:

1. Asentamiento del concreto en estado fresco.
2. Densidad de masa del concreto en estado fresco.
3. Densidad de masa del concreto en estado endurecido.
4. Resistencia a compresión en especímenes cilíndricos de concreto a la edad de 7, 14 y 28 días.
5. Resistencia a tracción en especímenes cilíndricos de concreto a la edad de 7, 14 y 28 días.
6. Resistencia a flexión en especímenes prismáticos de concreto a la edad de 7, 14 y 28 días.
7. Desarrollo de la resistencia del concreto.
8. Módulo de elasticidad del concreto.
9. Costo de la elaboración de concreto por m³ con diferentes adiciones.

3.9.1. Asentamiento en el concreto en estado fresco

Este ensayo se realizó bajo lo establecido en la NTP 339.035 en correspondencia a la ASTM C 143.

➤ **Aparatos:**

a) Molde y placa: Se utilizó un molde y placa metálicos, que no presenta reacción con la pasta de cemento, con un espesor mayor a 1.5 mm, con la forma de la superficie lateral de un cono truncado con una base de 200 mm de diámetro y la parte superior de 100 mm de diámetro con una altura de 300 mm.

b) Varilla de apisonado: Una varilla lisa de acero, redondeada de 16 mm de diámetro y aproximadamente 600 mm de longitud, teniendo un extremo o ambos extremos de forma redondeada tipo semi-esférica, con 16 mm de diámetro.

c) Instrumento de medida: Se utilizó reglas de metal y wincha.

d) Herramientas manuales: Palas, baldes, espátulas y alisadores de metal para la superficie del concreto y cucharones.

➤ **Procedimiento:**

a) Se humedeció el molde y la plancha de acero con aceite vegetal y se colocó el molde sobre la plancha de acero en una superficie rígida y nivelada.

b) Se apoyó el molde firmemente sobre la plancha y presionando con los dos pies los estribos. Procurando no mover los pies durante el llenado con concreto.

c) El llenado del molde se realizó en tres capas de igual volumen, la primera capa a una profundidad de 70 mm, la segunda hasta de 160 mm y la tercera hasta el borde superior del molde en esta última capa se agregó una cantidad de mezcla suficiente para que el molde quede lleno después de la compactación.

d) La compactación se realizó en cada capa con 25 penetraciones de la varilla, distribuyendo las penetraciones de forma uniforme. La compactación de la primera capa fue en todo su espesor, y la segunda y tercera capa penetrando 25 mm en la capa anterior. Al compactar la última capa se mantuvo un excedente de concreto todo el tiempo.

- e) Se enrasó el concreto rodando la varilla de compactación sobre el borde del molde.
- f) Se continuó manteniendo el molde firme y se removió el concreto alrededor del área circundante de la base del molde para prevenir la interferencia en el momento del asentamiento del concreto.
- g) Se levantó el molde por encima de los 300 mm de un solo movimiento, en un solo tiempo lento.
- h) Luego se midió el asentamiento con una precisión de 5 mm desde la parte superior del molde hasta el centro desplazado de la superficie original del espécimen.

➤ **Expresión de resultados:** Los resultados se encuentran en el Capítulo IV.



Imagen N° 20: Ensayo de asentamiento del concreto

3.9.2. Densidad de masa del concreto en estado fresco

Este ensayo se realizó mediante lo establecido por la NTP 339.046 en concordancia a la ASTM C 138.

➤ Aparatos

a) **Balanzas:** Una balanza con exactitud dentro del 0.1% de la carga de ensayo en cualquier punto del rango de uso, con graduación al menos de 0.05 kg. El rango de uso será considerado a ser extendido desde la masa del medidor vacío a la masa del medidor más su contenido hasta 1920 kg/m³.

b) **Varilla de apisonado:** Una varilla lisa de acero, redondeada de 16 mm de diámetro y aproximadamente 600 mm de longitud, teniendo un extremo o ambos extremos de forma

redondeada tipo semi-esférica, con 16 mm de diámetro.

c) Recipiente: Un recipiente cilíndrico de metal. Será hermético a prueba de agua, con bordes superior e inferior firmes y parejos con precisión en sus dimensiones interiores y suficientemente rígidas para mantener su forma en condiciones severas de uso. El recipiente tendrá una altura aproximadamente igual al diámetro, pero en ningún caso tendrá una altura de menos del 80% ni más del 150% del diámetro.

d) Mazo: Con cabeza de hule de peso aproximado a 0.8 Kg.

e) Herramientas manuales: Palas, baldes, espátulas y alisadores de metal para la superficie del concreto y cucharones.

➤ **Procedimiento**

a) Se colocó los moldes en una superficie horizontal, rígida, nivelada y libre de vibraciones.

b) Se colocó el hormigón en el recipiente de medición usando una cuchara metálica. Se movió la cuchara alrededor del perímetro interno del recipiente de medición para asegurar una distribución homogénea del hormigón con segregación mínima.

c) El llenado del molde se realizó en tres capas de igual volumen, en la última capa se agregó una cantidad de mezcla suficiente para que el molde quede lleno después de la compactación.

d) La compactación se realizó en cada capa con 25 penetraciones de la varilla, distribuyendo las penetraciones de forma uniforme. La compactación de la primera capa fue en todo su espesor, y la segunda y tercera capa penetrando 25 mm en la capa anterior.

e) Después de compactar cada capa, se golpeó los lados del molde ligeramente por 12 veces con el mazo de goma para liberar las burbujas que pueden quedar atrapadas.

f) Se enrasó el exceso de mezcla con la varilla de compactación y se dio un acabado con una espátula, procurando dar el menor número de pasadas para producir una superficie lisa y plana.

g) Se limpió el exceso de concreto que quedó en la pestaña del molde.

- h) Se determinó la masa del molde más la muestra.
- i) El volumen y masa del molde se establecieron con anterioridad.

➤ **Cálculos**

a) **Densidad de masa:** Se calculó este parámetro como sigue:

$$D = \frac{(M_c - M_m)}{V_m}$$

Dónde:

D = Densidad de masa del hormigón, kg/m³

M_c = Masa del recipiente de medida lleno de hormigón, kg

M_m = Masa del recipiente vacío, kg

V_m = Volumen del recipiente, m³

b) **Densidad Teórica:** Este parámetro es calculado sobre una base libre de aire, se calculó como sigue:

$$T = \frac{M}{V}$$

T = Densidad teórica del hormigón, kg/m³

M = Masa total de todos los materiales en la tanda, kg

V = Volumen absoluto de los ingredientes componentes de la mezcla, m³

c) **Rendimiento:** Se calculó este parámetro como sigue:

$$Y = \frac{M}{D}$$

Dónde:

Y = Rendimiento, volumen de hormigón (concreto) producido por tanda, m³

M = Masa total de todos los materiales en la tanda, kg

D = Densidad de masa del hormigón (concreto), kg/m³

d) Rendimiento relativo: Se calculó este parámetro como sigue:

$$R_y = \frac{Y}{Y_d}$$

Dónde:

R_y = Rendimiento relativo, m³

Y = Rendimiento, volumen de hormigón (concreto) producido por tanda, m³

Y_d = Volumen de diseño de hormigón (concreto) producido por tanda, m³

e) Contenido de cemento: Se calculó este parámetro como sigue:

$$C = \frac{C_b}{Y}$$

Dónde:

C = Contenido actual del cemento, kg/m³

C_b = Masa del cemento en el lote, kg

Y = Rendimiento, volumen de hormigón (concreto) producido por tanda, m³

f) Contenido de aire: Se calculó este parámetro como sigue:

$$A = \left[\frac{(T - D)}{T} \right] \times 100$$

Dónde:

A = Contenido de aire, %

T = Masa del cemento en el lote, kg

D = Densidad de masa del hormigón, kg/m³

➤ **Expresión de resultados:** Los resultados se encuentran en el Capítulo IV.

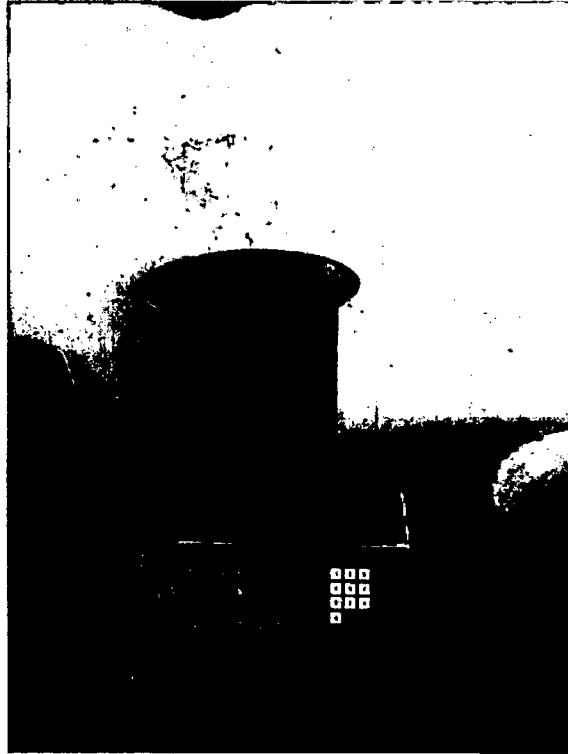


Imagen N° 21: Ensayo de densidad de masa del concreto fresco

3.9.3. Densidad de masa del concreto en estado endurecido

➤ **Aparatos:**

a) **Balanza:** Una balanza con exactitud dentro del 0.1% de la carga de ensayo en cualquier punto del rango de uso, con graduación al menos de 0.05 kg. El rango de uso será considerado a ser extendido desde la masa del medidor vacío a la masa del medidor más su contenido hasta 1920 kg/m³.

b) **Vernier:** Aparato de medición con lecturas que deberán tener una precisión de 0.01 mm.

c) **Regla:** Instrumento de metal con precisión de 0.5 mm.

➤ **Procedimiento:**

a) **Dimensiones y peso de los especímenes:** Se tomaron dimensiones promedio de los especímenes de estudio con una precisión de 0.01 mm para las dimensiones menores a 150 mm con la ayuda de Vernier, y de 0.5 mm con la ayuda de una regla metálica. También se pesó los especímenes antes de ser ensayados con una precisión de 5 gr.

➤ **Cálculos:**

Se calculó la densidad de masa dividiendo la masa de los especímenes entre el volumen determinado de con el promedio de sus mediciones para cada dosificación y edad de ensayo.

➤ **Expresión de resultados:** Los resultados se encuentran en el Capítulo IV.

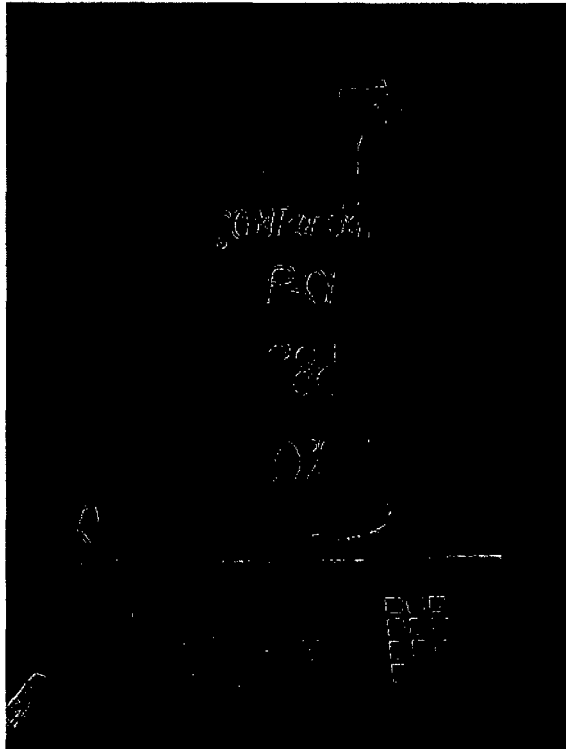


Imagen N° 22: Ensayo de densidad de masa del concreto endurecido

3.9.4. Resistencia a compresión en especímenes cilíndricos de concreto.

Este ensayo se desarrolló acorde a la NTP 339.034 acorde a la ASTM C 39.

➤ **Aparatos:**

a) Máquina universal a compresión: Se usó una máquina de compresión hidráulica con alimentación de energía eléctrica, teniendo la suficiente capacidad para abastecer el índice de cargas solicitadas. Así mismo se pudo operar con energía constante, siendo capaz de aplicar cargas continuas durante todo los procesos de ensayos.

b) Platos retenedores con discos de neopreno: Se utilizó platos retenedores que son fabricados en acero colado cuya superficie es plana en 0.002 pulgadas, que contienen discos de neopreno para colocarlos en las caras de los especímenes para que estas se

presenten niveladas y paralelas.

c) **Vernier:** Aparato de medición con lecturas que deberán tener una precisión de 0.01 mm.

d) **Regla:** De metal con aproximación de 0.5 mm.

e) **Deformímetro:** Aparato de medición de desplazamientos con precisión de 0.005 mm.

➤ **Procedimiento**

a) Los ensayos a compresión de probetas fue realizada minutos después de ser retirados de la poza de curado.

b) Todos los cilindros de ensayo para una determinada edad de ensayo fueron fracturados dentro el tiempo permisible de tolerancias prescritas como sigue:

Tabla N° 10: Tiempo de prueba de los especímenes y tolerancia

Edad de ensayo	Tolerancia permisible
24 h	± 0.5 h ó 2.1 %
03 d	± 2 h ó 2.8 %
07 d	± 6 h ó 3.6 %
28 d	± 20 h ó 3.0 %
90 d	± 48 h ó 2.2 %

Fuente: NTP 339.034 - 2008

c) **Dimensiones los especímenes:** Se midió cuatro diámetros con el calibrador vernier en las dos por cada cara del espécimen, las mediciones fueron tomadas en forma perpendicular una de la otra, también se midió la altura del espécimen en dos de sus lados con ayuda de una regla metálica.

d) **Colocación de los especímenes en la máquina compresora:** Se limpió la superficie de los soportes inferiores y superiores de la compresora, se colocó el espécimen con los platos contenedores con neopreno en ambas caras de éste, alineando los ejes del espécimen con el centro del bloque de empuje inferior y el bloque móvil superior, se descendió el bloque móvil superior lentamente hasta poner en contacto con el plato contenedor superior. Luego, se verificó que el indicador de carga se encuentre en cero, para poder empezar a aplicar la compresión. También se utilizó un deformímetro colocado en la base móvil de la máquina

e) **Aplicación de cargas:** La carga se aplicó continuamente con una aproximación de 2.5 kg/cm² por segundo lo que aproximadamente para estos especímenes de diámetro de 150 mm la aplicación de carga será de 0.5 Toneladas por segundo. Durante el ensayo se ajustó la válvula de inyección de aceite suavemente con el objeto de mantener constante la velocidad de aplicación de la carga. Se aplicó la carga hasta que el espécimen falló y se registró la máxima carga soportada por el espécimen.

f) **Análisis de tipo de fractura y apariencia del concreto:** Después de aplicar la carga y terminar el ensayo se procedió a registrar el tipo de falla de cada espécimen en fotografías, para luego poder clasificarla según el siguiente gráfico, en donde se indica los tipos de falla según la NTP 339.034, así mismo se registró el modo de falla, y si falló el agregado o la pasta durante el proceso.

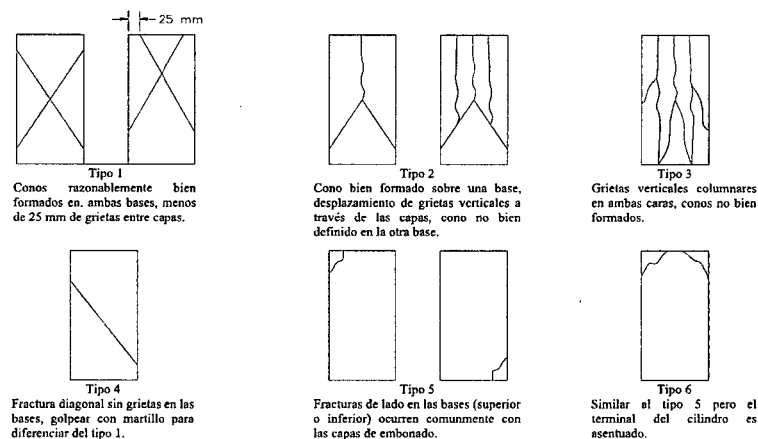


Imagen N° 23: Diagrama esquemático de los patrones típicos de fractura
Fuente: NTP 339.034 – 2008

➤ **Expresión de resultados:** Los cálculos y resultados se encuentran en el Anexo XII.



Imagen N° 24: Verificación del tipo de fractura.

3.9.5. Resistencia a la tracción en especímenes cilíndricos de concreto.

Este ensayo se desarrolló acorde a la NTP 339.084 acorde a la ASTM C 496.

➤ **Aparatos:**

a) Máquina universal a compresión: Se usó una máquina de compresión hidráulica con alimentación de energía eléctrica, teniendo la suficiente capacidad para abastecer el índice de cargas solicitadas. Así mismo se pudo operar con energía constante, siendo capaz de aplicar cargas continuas durante todo los procesos de ensayos.

b) Vernier: Aparato de medición con lecturas que deberán tener una precisión de 0.01 mm.

c) Regla: De metal con aproximación de 0.5 mm.

d) Deformímetro: Aparato de medición de desplazamientos con precisión de 0.005 mm.

➤ **Procedimiento**

a) Los ensayos a tracción de probetas fue realizada minutos después de ser retirados de la poza de curado.

b) Todos los cilindros de ensayo para una determinada edad de ensayo fueron fracturados dentro el tiempo permisible de tolerancias prescritas en la NTP 339.034.

c) Dimensiones los especímenes: Se midió cuatro diámetros con el calibrador vernier en las dos por cada cara del espécimen, las mediciones fueron tomadas en forma perpendicular una de la otra, también se midió la altura del espécimen en dos de sus lados con ayuda de una regla metálica.

d) Colocación de los especímenes en la máquina compresora: Se limpió la superficie de los soportes inferiores y superiores de la compresora, se colocó el espécimen con de forma horizontal entre los émbolos de carga, alineando el espécimen con el centro del bloque de empuje inferior y el bloque movable superior, se descendió el bloque movable superior lentamente hasta poner en contacto con el espécimen. Luego, se verificó que el indicador de carga se encuentre en cero, para poder empezar a aplicar la compresión. También se utilizó un deformímetro colocado en la base móvil de la máquina

e) **Aplicación de cargas:** Durante el ensayo se ajustó la válvula de inyección de aceite suavemente con el objeto de mantener constante la velocidad de aplicación de la carga. Se aplicó la carga hasta que el espécimen falló y se registró la máxima carga soportada por el espécimen.

f) **Análisis de tipo de fractura y apariencia del concreto:** Después de aplicar la carga y terminar el ensayo se procedió a registrar el tipo de falla de cada espécimen en fotografías, para luego poder clasificarla según el siguiente gráfico, en donde se indica los tipos de falla según la NTP 339.034, así mismo se registró el modo de falla, y si falló el agregado o la pasta durante el proceso.

➤ **Expresión de resultados:** Los cálculos y resultados se encuentran en el Anexo XII.

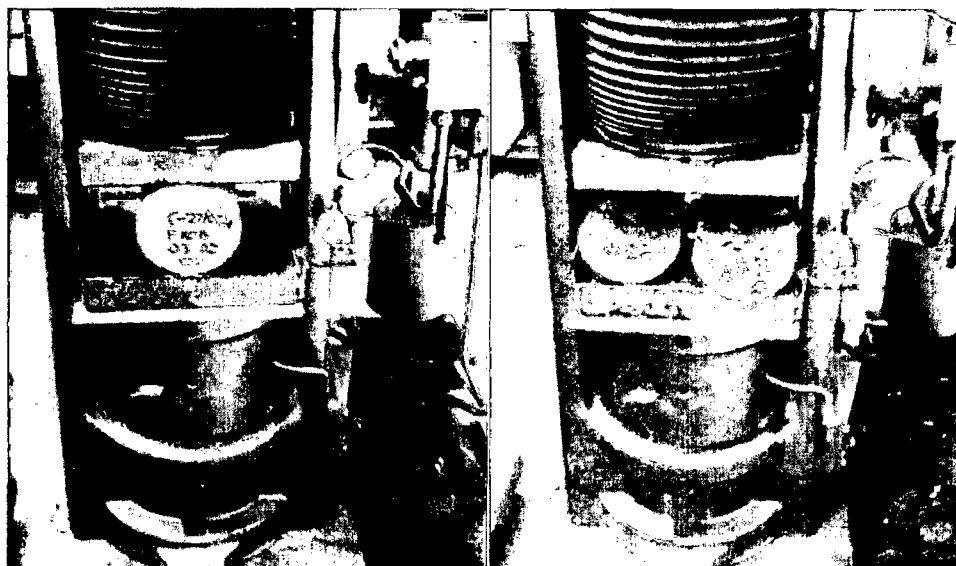


Imagen N° 25: Ensayo de tracción de especímenes de concreto

3.9.6. Resistencia a la flexión en especímenes prismáticos de concreto.

Este ensayo se desarrolló acorde a la NTP 339.079 acorde a la ASTM C 293.

➤ **Aparatos:**

a) **Máquina universal a tracción:** Se usó una máquina de tracción hidráulica con alimentación de energía eléctrica, teniendo la suficiente capacidad para abastecer el índice de cargas solicitadas. Así mismo se pudo operar con energía constante, siendo capaz de aplicar cargas continuas durante todo los procesos de ensayos.

b) **Vernier:** Aparato de medición con una precisión de 0.01 mm.

c) Regla: De metal con aproximación de 0.5 mm.

d) Deformímetro: Aparato de medición de desplazamientos con precisión de 0.005 mm.

➤ **Procedimiento**

a) Los ensayos a flexión de probetas fue realizada minutos después de ser retirados de la poza de curado.

b) Todos los cilindros de ensayo para una determinada edad de ensayo fueron fracturados dentro el tiempo permisible de tolerancias prescritas en la NTP 339.034.

c) Dimensiones los especímenes: Se midió todos los lados de las caras del prisma con ayuda de la regla y el vernier.

d) Colocación de los especímenes en la máquina de tracción: Se limpió los apoyos de la máquina de tracción y se los colocó dejando una luz libre de 450 mm, se colocó el espécimen con de forma horizontal sobre los apoyos dejando en cada costado espacios de 2.5 cm, se elevó la traviesa hasta colocar el espécimen en contacto con la barra distribuidora de carga. Luego, se verificó que el indicador de carga se encuentre en cero, para poder empezar a aplicar la compresión. También se utilizó un deformímetro colocado sobre el espécimen para medir deflexiones.

e) Aplicación de cargas: Durante el ensayo se ajustó la válvula de inyección de aceite suavemente con el objeto de mantener constante la velocidad de aplicación de la carga. Se aplicó la carga hasta que el espécimen falló y se registró la máxima carga soportada por el espécimen.

➤ **Expresión de resultados:** Los cálculos y resultados se encuentran en el Anexo XII.



Imagen N° 26: Ensayo de flexión de especímenes de concreto

3.9.7. Desarrollo de la resistencia del concreto.

Como se explicó anteriormente, se elaboraron un total de 216 especímenes concreto, 144 cilíndricos y 72 prismáticos, las especificaciones de las diferentes dosificaciones de los especímenes de concreto se desarrollaron anteriormente.

Por lo descrito anteriormente, los especímenes serán probados en grupos de 6 a los 7, 14 y 28 días para cada ensayo (compresión, tracción y flexión) y para cada porcentaje de adición de fibra (0.00%, 0.50%, 1.00% y 2.00%). Con los resultados de resistencia a los 7, 14 y 28 días, podemos determinar el desarrollo de resistencia que presentan cada una de las dosificaciones, expresando el aumento de resistencia a la edad de 28 días en porcentaje respecto a las edades de 7 y 14 días, Los resultados obtenidos de desarrollo de resistencia del concreto y análisis de estos se presentan en el Anexo XII y en el Capítulo IV.

3.9.8. Módulo de elasticidad del concreto

La Norma ASTM C 489, describe el método que cubre la determinación del módulo de elasticidad secante de Young y la relación de Poisson en cilindros de concreto moldeados y núcleos de concreto taladrados cuando son sometidos a esfuerzos de compresión longitudinal. Este método de ensayo proporciona un valor de la relación esfuerzo a deformación y una relación de deformación lateral a la longitudinal para el concreto endurecido a cualquier edad y condiciones de curado que pueden ser establecidas.

La Determinación del Esfuerzo - Deformación en los especímenes ensayados a compresión a la edad de 28 días, al no contar con un Compresómetro, se determinaron con un deformímetro ubicado en la base móvil de la máquina compresora, por lo que la

deformación obtenida habría sido no solo del concreto, sino también de los dos discos de neopreno utilizados para el cabeceo del espécimen, por lo que de usarse estas deformaciones para determinar el módulo de Elasticidad con la curva esfuerzo-deformación se obtuvieron resultados dispersos para las diferentes dosificaciones. Así se optó por comparar estos resultados con los calculados al utilizar la fórmula teórica que relaciona la resistencia del concreto con el módulo de elasticidad del mismo. Los resultados obtenidos de módulo de elasticidad y análisis de estos se presentan en el Anexo XII y en el Capítulo IV.

➤ **Cálculos:**

a) Según el ACI 318S:

$$E = w_c^{1.5} 0.043 \sqrt{f'_c}$$

Dónde:

E = Módulo de elasticidad, MPa

W_c = Densidad del concreto, kg/m³

f'_c = Resistencia a la compresión del concreto, MPa

b) Según la Norma ASTM C 469:

$$E = (S_2 - S_1) / (\epsilon_2 - 0.00005)$$

Dónde:

E = Módulo de elasticidad, MPa

S_2 = Esfuerzo correspondiente al 40% de la carga última, MPa

S_1 = Esfuerzo correspondiente a la deformación unitaria longitudinal de ϵ_2 igual a 50 millonésimas, MPa

ϵ_2 = Deformación unitaria longitudinal producida por el esfuerzo S_2

➤ **Expresión de resultados:** Los cálculos y resultados se encuentran en el Anexo XII y en el Capítulo IV.

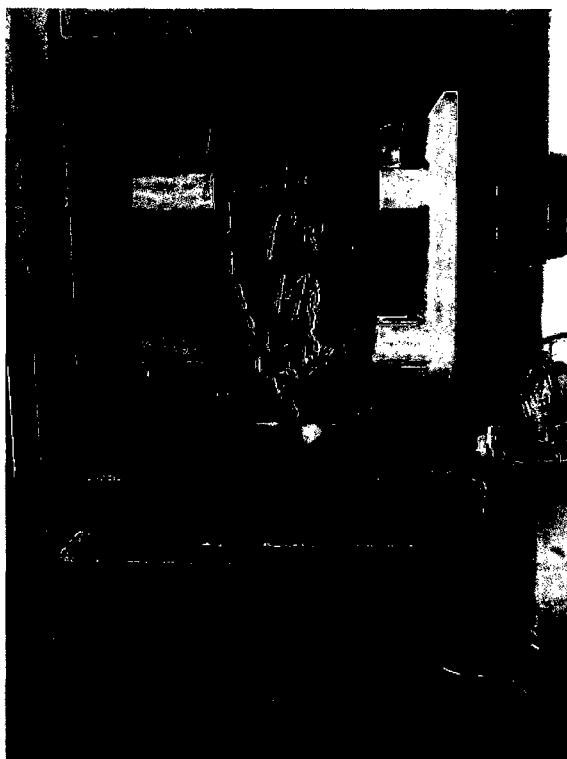


Imagen N° 27: Ensayos de deformación unitaria

3.9.9. Uniformidad de esfuerzos a diferentes edades

Las desviaciones estándar de la resistencia a diferentes esfuerzos y edades indicarían el grado de cuidado con los que se ha realizado el experimento. Así mismo, al haber tenido un estándar de cuidado igual para todas las dosificaciones, también indicarían el grado de uniformidad de cada dosificación de concreto.

3.9.10. Costo de la elaboración de concreto por metro cúbico

Como se explicó con anterioridad las diferentes adiciones de fibra en el concreto hacen variar el costo del concreto en función a sus materiales y rendimientos, es por ello que también se debe analizar la resistencia alcanzada por estos materiales en función a su costo de elaboración para así poder evaluar con precisión el beneficio, desde el punto de vista económico, de la presente investigación.

Para calcular el costo de los materiales en nuestra partida de elaboración de un m³ de concreto se utilizó la dosificación de materiales en volumen como se calculó en el diseño final de mezclas, los cuales dieron diferentes proporciones por pie cúbico de la unidad de concreto

Durante la determinación del costo de elaboración de las diferentes dosificaciones de concreto por m³, se calculó considerando el rendimiento de las partidas de rendimientos de CAPECO para la sierra, área para lo cual está delimitada por la investigación.

Para los costos de mano de obra, se emplearon los requerimientos del Gobierno Regional de Cajamarca valida desde junio hasta diciembre del 2014, haciendo esto más exacto nuestro análisis para el área de influencia del estudio.

3.10. TÉCNICAS, INSTRUMENTOS DE RECOPIACIÓN Y PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN

3.10.1. Técnicas e instrumentos de recopilación de información

Para recopilar la información se usaron los Métodos Cuantitativo y Cualitativo.

El Método Cuantitativo se usó para medir las variables cuantitativas de estudio de las dosificaciones de concreto elaborados; para lo cual se emplearon equipos e instrumentos del Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Nacional de Cajamarca tales como: Maquina de ensayo a compresión y tracción universal, moldes adecuados para la elaboración y control de calidad del concreto, balanzas, calibradores, Tamices compatibles con las NTP y ASTM correspondientes.

El Método Cualitativo se usó para describir algunas propiedades o variables cualitativas de las dosificaciones de concreto elaborados, tales como: trabajabilidad del concreto, apariencia del concreto, tipo de fractura, modo de falla; para lo cual se empleó la observación directa en el laboratorio.

3.10.2. Técnicas de procesamiento y análisis de información.

La información cuantitativa que se obtuvo de las variables de estudio de las diferentes dosificaciones de concreto fue procesada mediante métodos estadísticos como la determinación de promedios, el análisis de varianza, además los costos fueron calculados mediante un análisis de precios unitario. Para lo cual se emplearon programas computarizados como el Microsoft Excel 2013 y S10-2005 con los que se obtuvo resultados de estos métodos y gráficas representativas.

3.10.3. Análisis de los resultados

Los resultados de los ensayos realizados están sujetos a variaciones, que indicarían la uniformidad de estos resultados y el cuidado en la realización de los ensayos. Asimismo, con estas variaciones se puede diferenciar el comportamiento de las dosificaciones de estudio mediante el análisis estadístico. Por ello se realizaron los análisis estadísticos de los resultados de las siguientes variables de evaluación: (a) Asentamiento en el concreto en estado no endurecido, (b) Densidad de masa del concreto fresco, (c) Densidad de masa de los especímenes cilíndricos de concreto endurecido, (d) Resistencia a compresión en especímenes cilíndricos de concreto a la edad de 7, 14 y 28 días, (e) Resistencia a tracción en especímenes cilíndricos de concreto a la edad de 7, 14 y 28 días, (f) Resistencia a flexión en especímenes prismáticos de concreto a la edad de 7, 14 y 28 días, (g) Módulos de elasticidad del concreto 7, 14 y 28 días, (h) Costo del concreto con adición de fibra en relación a su resistencia mecánica.

CAPÍTULO

IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. ANÁLISIS DE LA CONSISTENCIA DE LAS MEZCLAS

Se determinó el asentamiento de seis tandas de concreto para cada tipo de adición con fibra, dos para cada tipo diferente de ensayo (tracción, compresión o flexión), luego se calculó el promedio, los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla N° 11: Asentamiento del concreto según el porcentaje de adición de fibra

N° de Tanda	Adición de 0.00% de fibra	Adición de 0.50% de fibra	Adición de 1.00% de fibra	Adición de 2.00% de fibra
Tanda N° 01	11.50	9.40	9.40	8.55
Tanda N° 02	9.50	9.50	9.10	8.70
Tanda N° 03	10.30	10.20	9.35	8.40
Tanda N° 04	11.00	10.10	9.40	7.80
Tanda N° 05	10.20	9.60	9.70	8.20
Tanda N° 06	9.70	9.75	9.80	7.45
Promedio	10.37	9.76	9.46	8.18

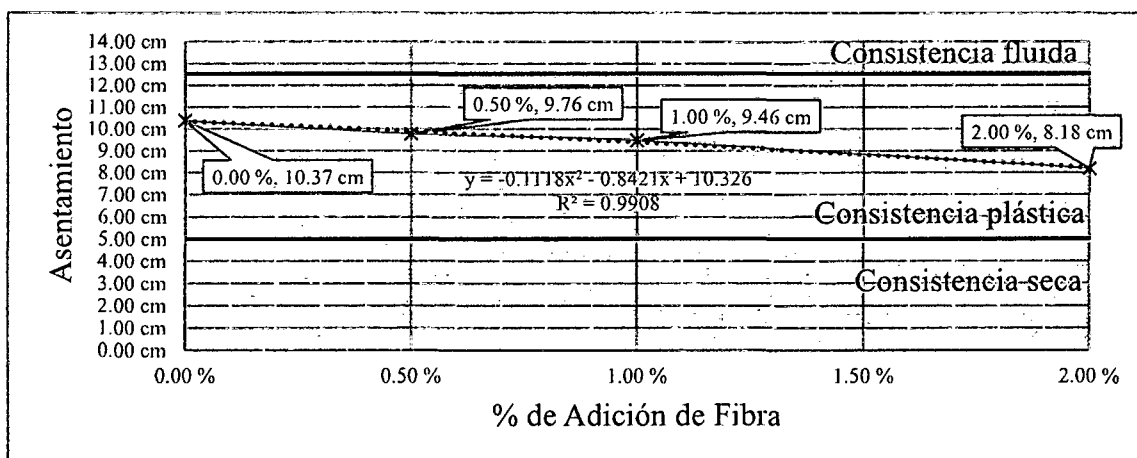


Gráfico N° 1: Asentamiento del concreto a diferentes porcentajes de adición de fibra

Como se observa en la Tabla N° 11 y en el Gráfico N° 1, los especímenes a diferentes porcentajes de adición de fibra presentan diferentes asentamientos, posiblemente por las

características que presentan las fibras vegetales, de ligar al concreto en estado fresco. Es así que se observó que el concreto sin adición de fibra presentó un asentamiento de 10.37 cm con una tendencia de plástica a fluida, el concreto elaborado con adición de fibra al 0.50% obtuvo un asentamiento promedio de 9.76 cm con una consistencia plástica, el concreto elaborado con adición de fibra al 1.00% obtuvo un asentamiento promedio de 9.46 cm ubicándose en el rango plástico, finalmente el concreto con adición de 2.00% obtuvo un asentamiento promedio de 8.18 cm ubicándose también en el rango plástico.

Con el análisis anterior verificamos que la relación entre el porcentaje de adición de fibra vegetal y la consistencia es inversamente proporcional, sin embargo ninguno de los tratamientos se ubicó fuera del rango plástico por lo que se consideran aceptables desde el punto de vista de asentamiento.

Con la observación y manipulación del concreto durante los ensayos de revenimiento se verificó que a pesar de obtener una consistencia dentro del rango plástico (3 pulg. – 4 pulg.), es decir adecuada para el diseño, la trabajabilidad de las mezclas de concreto fue disminuyendo conforme se incrementó el porcentaje de fibra, esto debido a que las fibras vegetales cohesionaban mejor el concreto e impedía la penetración del badilejo y cucharón en la misma.

4.2. ANÁLISIS DE LA DENSIDAD DE MASA DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO

Se determinó la densidad de masa de seis tandas de concreto para cada tipo de adición con fibra, dos para cada ensayo diferente (tracción, compresión o flexión), luego se calculó el promedio, los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla N° 12: Densidad de masa del concreto en estado fresco a diferentes porcentajes de adición de fibra

N° de Tanda	Adición de 0.00% de fibra	Adición de 0.50% de fibra	Adición de 1.00% de fibra	Adición de 2.00% de fibra
Tanda N° 01	2311.65 kg/m ³	2306.53 kg/m ³	2299.37 kg/m ³	2303.46 kg/m ³
Tanda N° 02	2308.58 kg/m ³	2325.45 kg/m ³	2335.17 kg/m ³	2326.47 kg/m ³
Tanda N° 03	2296.82 kg/m ³	2316.76 kg/m ³	2303.98 kg/m ³	2322.38 kg/m ³
Tanda N° 04	2310.11 kg/m ³	2317.27 kg/m ³	2316.25 kg/m ³	2313.18 kg/m ³
Tanda N° 05	2312.67 kg/m ³	2325.45 kg/m ³	2335.17 kg/m ³	2326.47 kg/m ³
Tanda N° 06	2303.98 kg/m ³	2309.60 kg/m ³	2301.93 kg/m ³	2324.43 kg/m ³
Promedio	2307.30 kg/m³	2316.84 kg/m³	2315.31 kg/m³	2319.40 kg/m³

En la Tabla N° 12 se muestran los promedios de la densidad de masa del concreto en estado fresco, para los diversos porcentajes de adición de fibra, con 0.00% se alcanzó una densidad de masa de 2307.30 kg/m³, con 0.50% se alcanzó una densidad de masa de 2316.84 kg/m³, con 1.00% se alcanzó una densidad de masa de 2315.31 kg/m³, con 2.00% se alcanzó una densidad de masa de 2319.40 kg/m³, este valor es cercano al que la bibliografía recomienda que es de aproximadamente 2300 kg/m³.

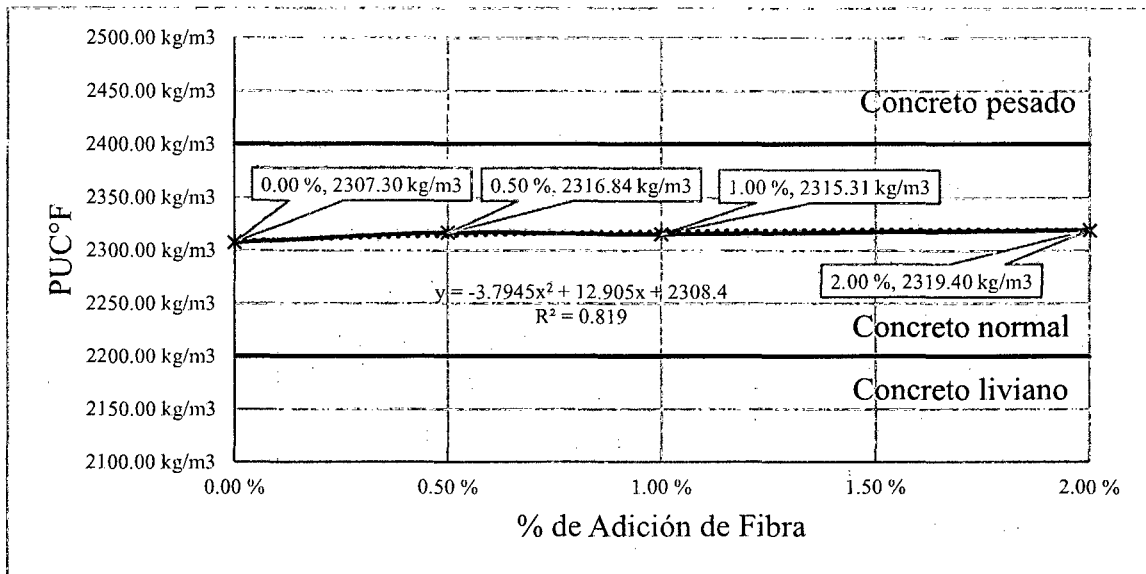


Gráfico N° 2: Densidad de masa del concreto en estado fresco a diferentes porcentajes de adición de fibra

En el Gráfico N° 2 se muestra que la adición de fibra no influye significativamente en la densidad de masa del concreto en estado fresco, ya que todos los promedios se encuentran dentro del rango teóricamente establecido para concretos normales (2200kg/m³–2400kg/m³).

4.3. ANÁLISIS DE LA DENSIDAD DE MASA DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO

Se determinó la densidad de masa de todos los especímenes de concreto para cada porcentaje de adición de fibra, los resultados se muestran en las siguientes tablas:

Tabla N° 13: Densidad de masa del concreto en estado endurecido a los 28 días con diferentes porcentajes de adición de fibra

Especimen	Densidad de masa del concreto en estado endurecido			
	0.00%	0.50%	1.00%	2.00%
C01	2268.68 kg/m ³	2354.71 kg/m ³	2328.48 kg/m ³	2268.68 kg/m ³
C02	2277.45 kg/m ³	2322.77 kg/m ³	2315.03 kg/m ³	2277.45 kg/m ³
C03	2293.88 kg/m ³	2334.98 kg/m ³	2335.76 kg/m ³	2293.88 kg/m ³
C04	2311.44 kg/m ³	2305.47 kg/m ³	2315.94 kg/m ³	2311.44 kg/m ³
C05	2284.61 kg/m ³	2323.61 kg/m ³	2349.48 kg/m ³	2284.61 kg/m ³
C06	2326.70 kg/m ³	2322.94 kg/m ³	2274.32 kg/m ³	2326.70 kg/m ³
T01	2308.97 kg/m ³	2291.55 kg/m ³	2332.52 kg/m ³	2321.46 kg/m ³
T02	2294.38 kg/m ³	2227.30 kg/m ³	2296.71 kg/m ³	2348.39 kg/m ³
T03	2315.30 kg/m ³	2340.99 kg/m ³	2321.28 kg/m ³	2347.27 kg/m ³
T04	2298.29 kg/m ³	2319.12 kg/m ³	2305.85 kg/m ³	2278.57 kg/m ³
T05	2335.75 kg/m ³	2312.60 kg/m ³	2314.02 kg/m ³	2327.44 kg/m ³
T06	2326.30 kg/m ³	2239.62 kg/m ³	2336.98 kg/m ³	2441.46 kg/m ³
F01	2308.53 kg/m ³	2218.88 kg/m ³	2259.78 kg/m ³	2290.15 kg/m ³
F02	2448.25 kg/m ³	2282.16 kg/m ³	2258.08 kg/m ³	2247.56 kg/m ³
F03	2432.25 kg/m ³	2266.95 kg/m ³	2257.98 kg/m ³	2232.77 kg/m ³
F04	2291.61 kg/m ³	2257.36 kg/m ³	2207.35 kg/m ³	2276.92 kg/m ³
F05	2287.95 kg/m ³	2235.37 kg/m ³	2235.20 kg/m ³	2274.78 kg/m ³
F06	2297.10 kg/m ³	2237.81 kg/m ³	2210.19 kg/m ³	2272.09 kg/m ³
Promedio	2317.08 kg/m³	2288.57 kg/m³	2291.94 kg/m³	2301.20 kg/m³

En la Tabla N° 13 se muestra que el promedio de la densidad de masa del concreto en estado endurecido a diferentes porcentajes de adición de fibra vegetal, obtenido a partir de la determinación del peso y medidas de los especímenes ensayados, la densidad de masa promedio del concreto en estado endurecido fue de 2317.08 kg/m³, 2288.57 kg/m³, 2291.94 kg/m³, 2301.20 kg/m³, cercano al valor que la bibliografía recomienda que es aproximadamente de 2300 kg/m³.

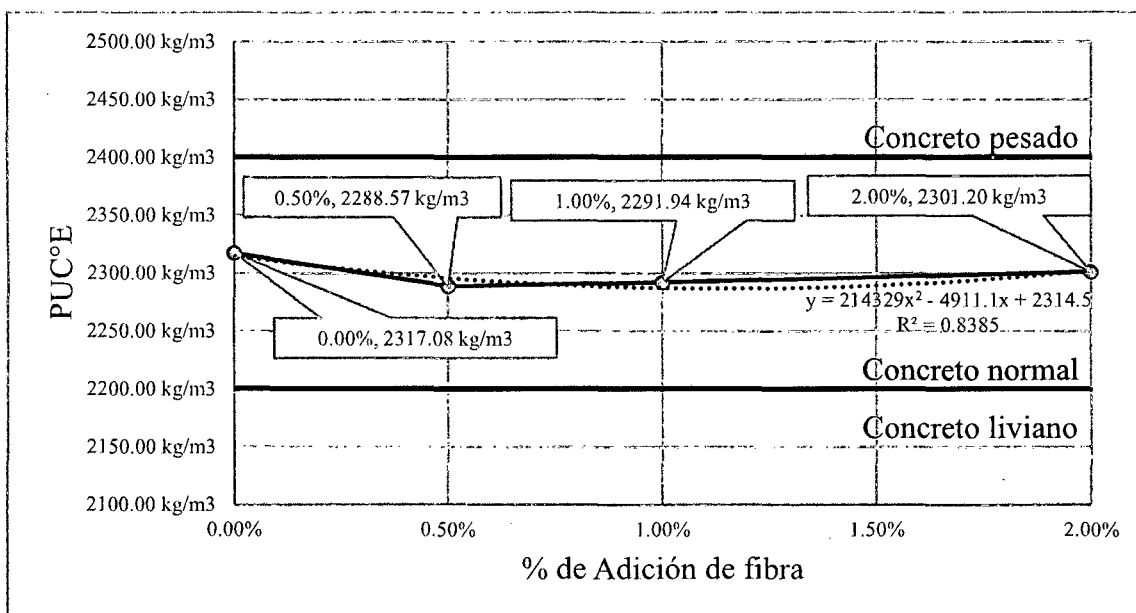


Gráfico N° 3: Densidad de masa del concreto en estado endurecido a diferentes porcentajes de adición de fibra

En el Gráfico N° 3 se muestra que la adición de fibra no influye significativamente en la densidad de masa del concreto en estado endurecido, ya que todos los promedios se encuentran dentro del rango teóricamente establecido para concretos normales ($2200\text{kg/m}^3 - 2400\text{kg/m}^3$).

4.4. ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA PROMEDIO A COMPRESIÓN

Se determinó la resistencia de 72 especímenes de concreto a diferentes edades y adiciones de fibra en grupos de 6 especímenes:

Tabla N° 14: Promedio de ensayos a compresión a diferentes edades y porcentajes de adición de fibra

Porcentaje de Adición de Fibra	Promedio de ensayos a compresión			Variación de la resistencia a los 28 días
	Edad de ensayo			
	Siete días	Catorce días	Veintiocho días	
0.00%	20.68 MPa	27.48 MPa	30.32 MPa	0.00%
0.50%	23.25 MPa	30.27 MPa	32.40 MPa	6.87%
1.00%	23.90 MPa	30.10 MPa	32.45 MPa	7.04%
2.00%	22.18 MPa	29.53 MPa	32.00 MPa	5.55%

En la Tabla N° 14 se observa que la resistencia a compresión del concreto según la edad de ensayo va incrementándose independientemente del porcentaje de adición de fibra, también se verifica que la resistencia a compresión del concreto con adición de diversos

porcentajes de fibra muestra un incremento no significativo en relación a los especímenes base (sin adición), se puede observar finalmente que la resistencia a compresión del concreto al adicionar fibra en porcentajes de 0.50% y 1.00% va aumentando, pero al llegar al 2.00% la resistencia a compresión cae.

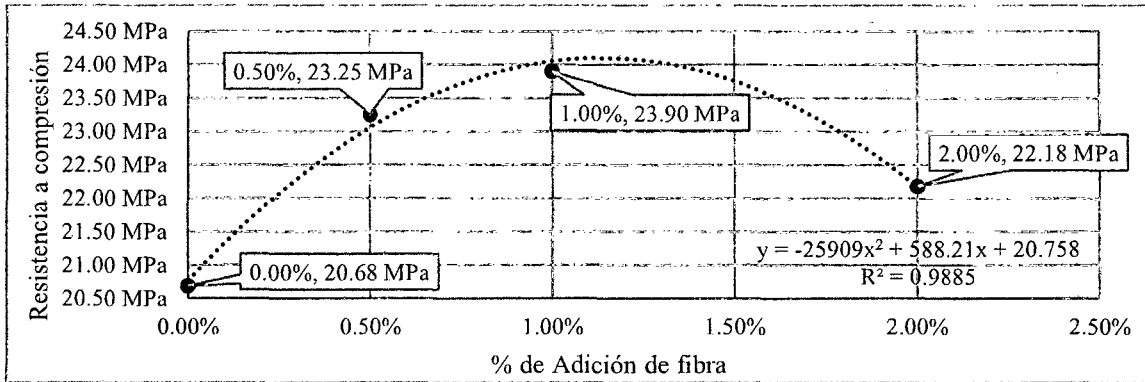


Gráfico N° 4: Promedio de ensayos a compresión, a edad de siete días y diferentes porcentajes de adición de fibra

En el Gráfico N° 4 se desarrolla la resistencia a compresión del concreto a 7 días de ensayo y diferentes porcentajes de adición de fibra, en este gráfico se puede observar que ante la adición de fibra, los especímenes de concreto aumentaron su resistencia a la compresión, se ve también la caída significativa que tiene la resistencia a compresión del concreto a una adición de 2.00% de fibra, comprobándose que a edades iniciales las adiciones superiores a este porcentaje no contribuirán en el incremento de la resistencia a compresión del concreto.

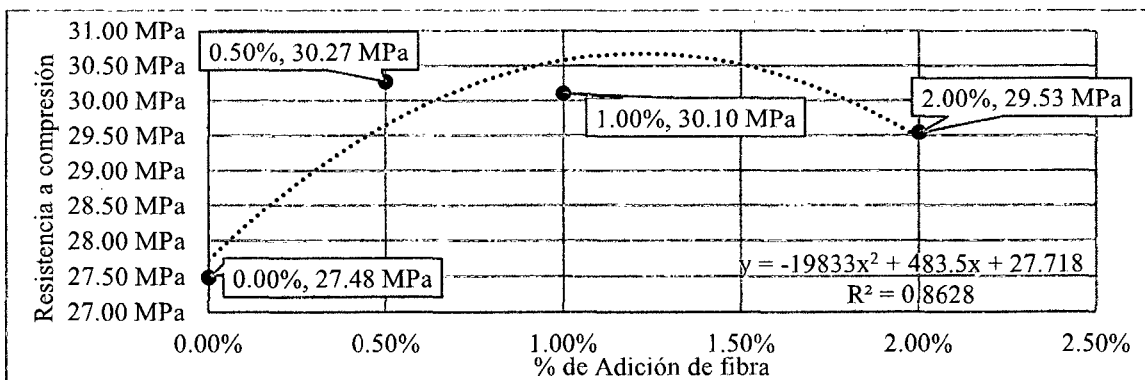


Gráfico N° 5: Promedio de ensayos a compresión, a edad de catorce días y diferentes porcentajes de adición de fibra

En el Gráfico N° 5 se desarrolla la resistencia a compresión del concreto a 14 días de ensayo y diferentes porcentajes de adición de fibra, en este gráfico se puede observar que ante la adición de fibra, los especímenes de concreto aumentaron su resistencia a la compresión, se verifica también que la adición de 1.00% de fibra no presenta una mejoría

en el comportamiento frente a la compresión en relación a una adición de 0.50%, sino por el contrario existe un ligero decremento, se observa también una caída significativa de la resistencia a compresión del concreto con una adición de 2.00% de fibra.

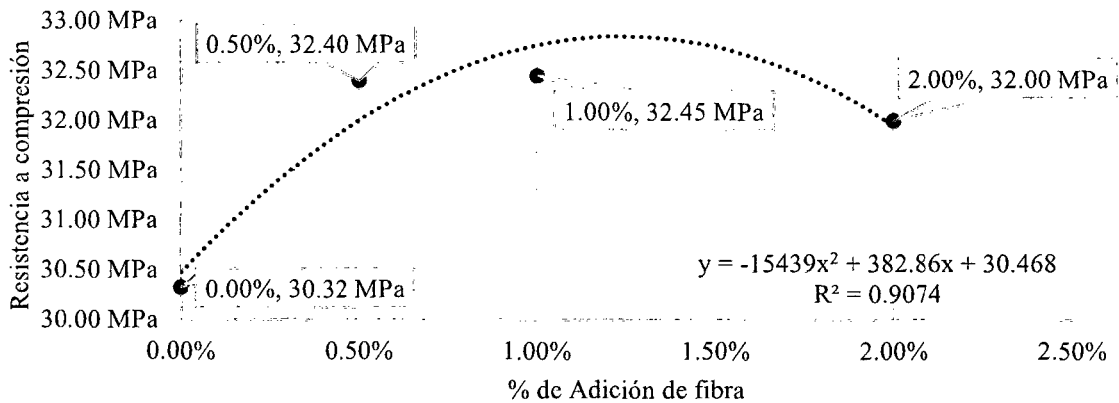


Gráfico N° 6: Promedio de ensayos a compresión, a edad de veintiocho días y diferentes porcentajes de adición de fibra

En el Gráfico N° 6 se desarrolla la resistencia a compresión del concreto a 28 días de ensayo y diferentes porcentajes de adición de fibra, en este gráfico se puede observar que ante la adición de fibra, los especímenes de concreto aumentaron su resistencia a la compresión, se verifica también que no existe un incremento significativo entre especímenes elaborados con una adición de 0.50% y 1.00% de fibra, se observa una caída significativa de la resistencia a compresión del concreto con una adición de 2.00% de fibra.

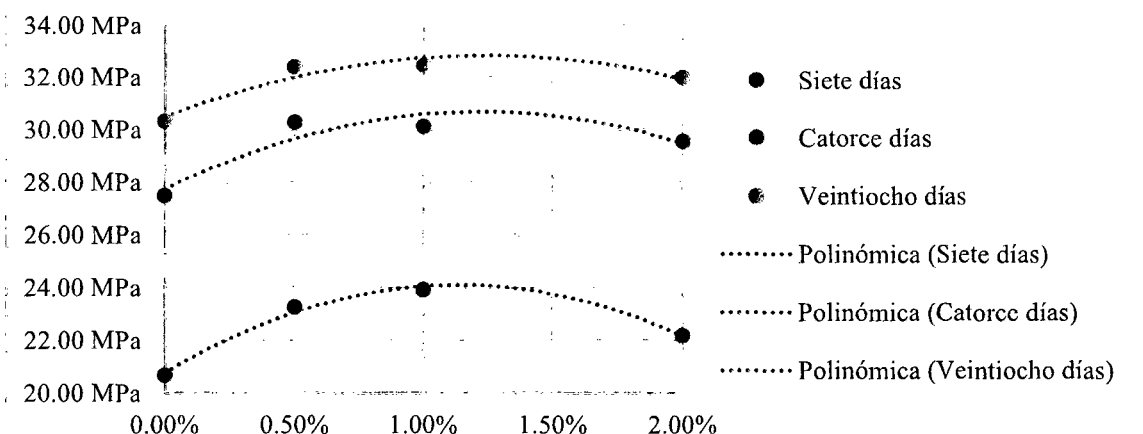


Gráfico N° 7: Consolidado de los promedios de ensayos a compresión, a diferentes edades y porcentajes de adición de fibra

En el Gráfico N° 7 se desarrolla el consolidado de los promedios de ensayos a compresión, a diferentes edades y porcentajes de adición de fibra, en este gráfico se puede observar que existe un incremento considerable en la resistencia de siete a catorce días que va disminuyendo de catorce a veintiocho días, a los siete y veintiocho días, se observa que la resistencia promedio cae a una adición del 2.00% de fibra, sin embargo a los catorce días la resistencia se observa que la resistencia empieza a disminuir a partir de una adición del 1% de fibra. .

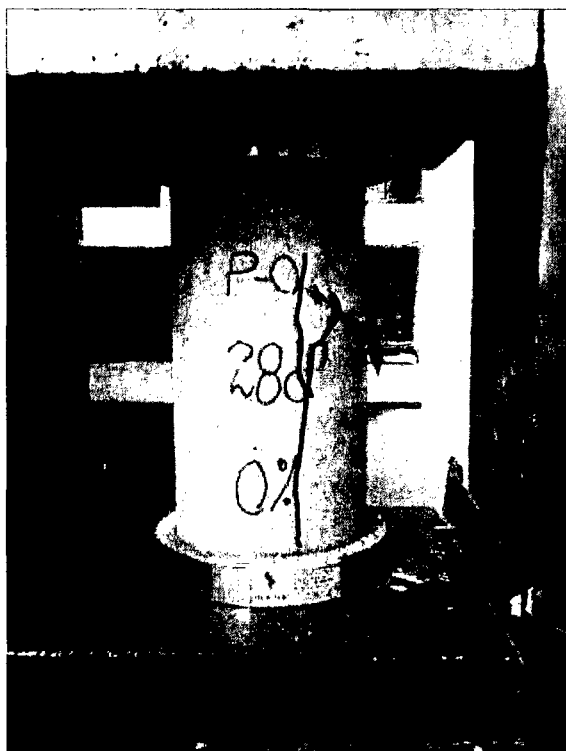


Imagen N° 28: Espécimen sin adición de fibra ensayado a compresión



Imagen N° 29: Espécimen con 0.50% de adición de fibra vegetal ensayado a compresión



Imagen N° 30: Espécimen con 1.00% de adición de fibra vegetal ensayado a compresión

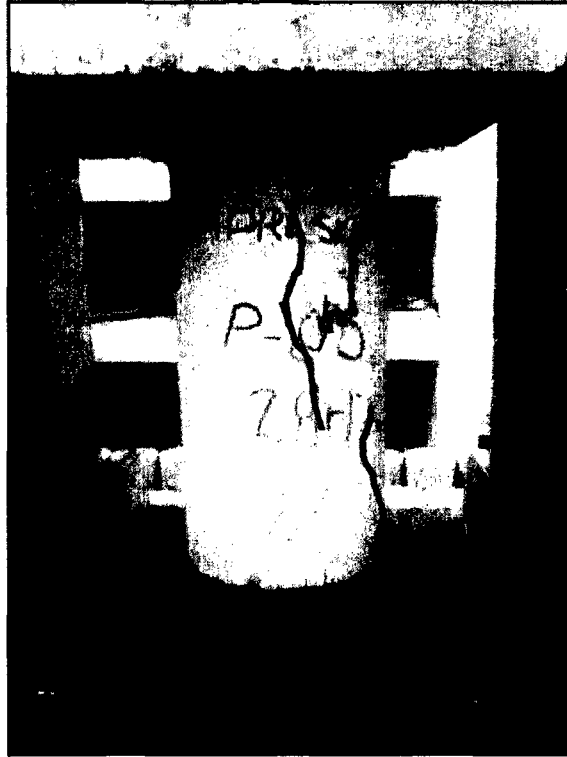


Imagen N° 31: Espécimen con 2.00% de adición de fibra vegetal ensayado a compresión

4.5. ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA PROMEDIO A TRACCIÓN

Se determinó la resistencia de 72 especímenes de concreto a diferentes edades y adiciones de fibra en grupos de 6 especímenes:

Tabla N° 15: Promedio de ensayos a tracción a diferentes edades y porcentajes de adición de fibra

Porcentaje de Adición de Fibra	Promedio de ensayos a tracción			Variación de la resistencia a los 28 días
	Edad de ensayo			
	Siete días	Catorce días	Veintiocho días	
0.00%	2.27 MPa	2.48 MPa	2.55 MPa	0.00%
0.50%	2.32 MPa	2.54 MPa	2.62 MPa	2.61%
1.00%	2.38 MPa	2.82 MPa	2.96 MPa	16.01%
2.00%	2.41 MPa	2.80 MPa	2.93 MPa	15.03%

En la Tabla N° 15 se observa que la resistencia a tracción del concreto según la edad de ensayo va incrementándose independientemente del porcentaje de adición de fibra, también se verifica que la resistencia a tracción del concreto a los 28 día con una adición de 0.50% de fibra solamente muestra un incremento de 2.61% en relación a especímenes base, llegando a una resistencia máxima a tracción con una adición de 16.01% con una

adicción de 1.00%, para finalmente disminuir a 15.03% con una adición de 2.00% de fibra.

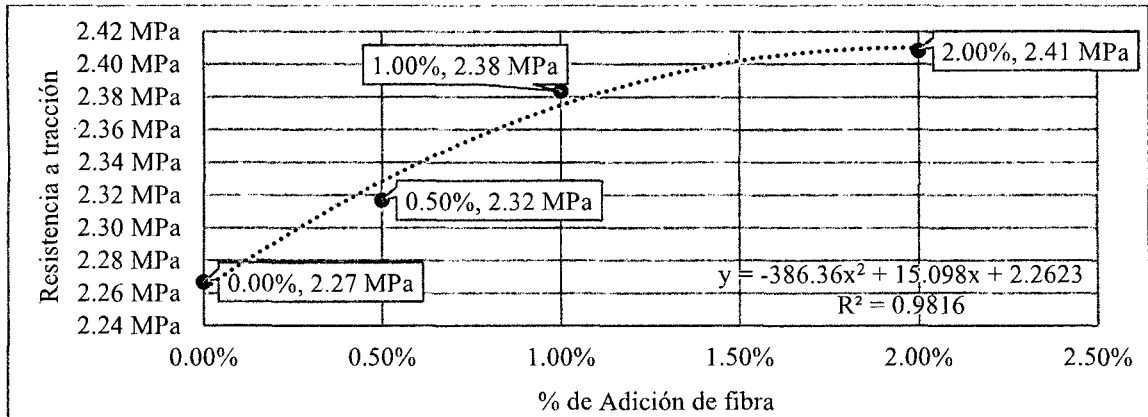


Gráfico N° 8: Promedio de ensayos a tracción, a edad de siete días y diferentes porcentajes de adición de fibra

En el Gráfico N° 8 se desarrolla la resistencia a tracción del concreto a 7 días de ensayo y diferentes porcentajes de adición de fibra, en este gráfico se puede observar que ante la adición de fibra, los especímenes de concreto aumentaron su resistencia a la tracción, alcanzando la máxima resistencia a una adición de 2.00% de fibra.

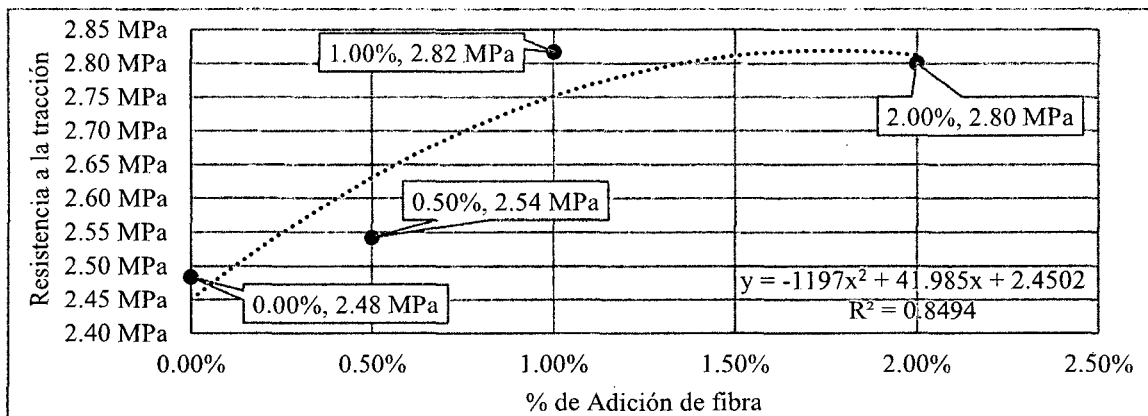


Gráfico N° 9: Promedio de ensayos a tracción, a edad de catorce días y diferentes porcentajes de adición de fibra

En el Gráfico N° 9 se desarrolla la resistencia a tracción del concreto a 14 días de ensayo y diferentes porcentajes de adición de fibra, en este gráfico se puede observar que ante la adición de fibra, los especímenes de concreto aumentaron su resistencia a la tracción alcanzando la máxima resistencia a una adición de 1.00% de fibra, para luego disminuir a 2.00% de adición.

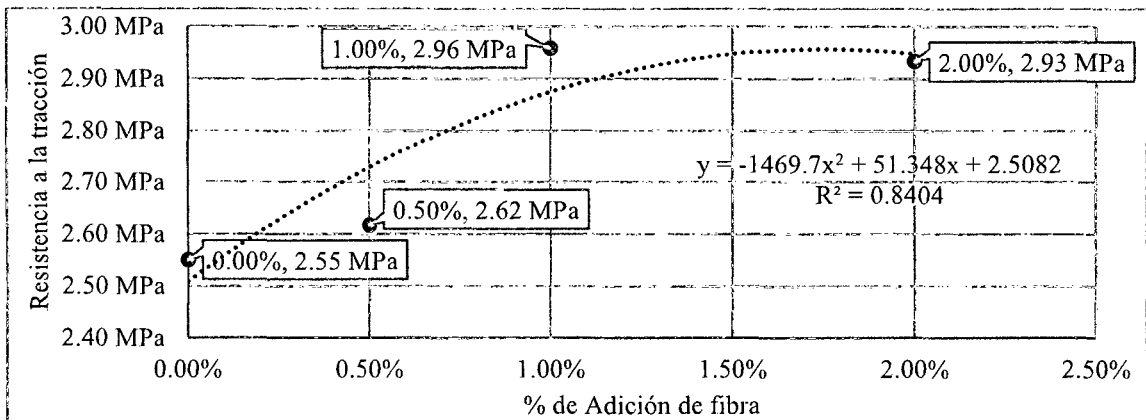


Gráfico N° 10: Promedio de ensayos a tracción, a edad de veintiocho días y diferentes porcentajes de adición de fibra

En el Gráfico N° 10 se desarrolla la resistencia a tracción del concreto a 28 días de ensayo y diferentes porcentajes de adición de fibra, en este gráfico se puede observar que ante la adición de fibra, los especímenes de concreto aumentaron su resistencia a la tracción alcanzando la máxima resistencia a una adición de 1.00% de fibra, para luego tener un ligero decremento a 2.00% de adición.

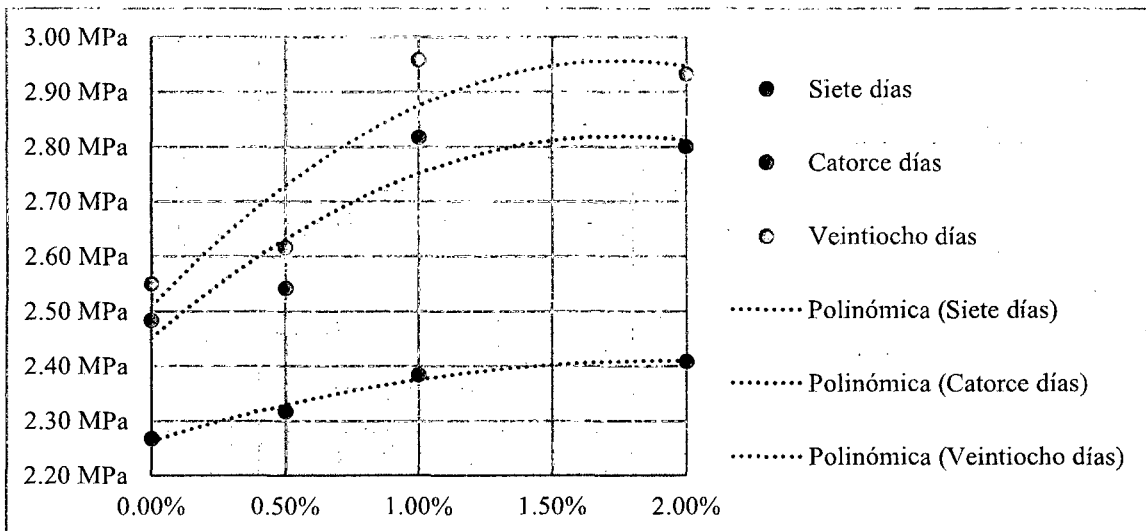


Gráfico N° 11: Consolidado de los promedios de ensayos a tracción, a diferentes edades y porcentajes de adición de fibra

En el Gráfico N° 11 se desarrolla el consolidado de los promedios de ensayos a tracción, a diferentes edades y porcentajes de adición de fibra, en este gráfico se puede observar que el concreto a una edad de siete días no presenta caída en la resistencia a diferentes porcentajes de adición de fibra, sin embargo, a los catorce y veintiocho días presenta un ligero decremento con la adición del 2.00% de fibra, se puede observar también el

incremento que se genera desde la curva de siete días hasta las curvas de catorce y veintiocho debido a la adición de fibra vegetal.

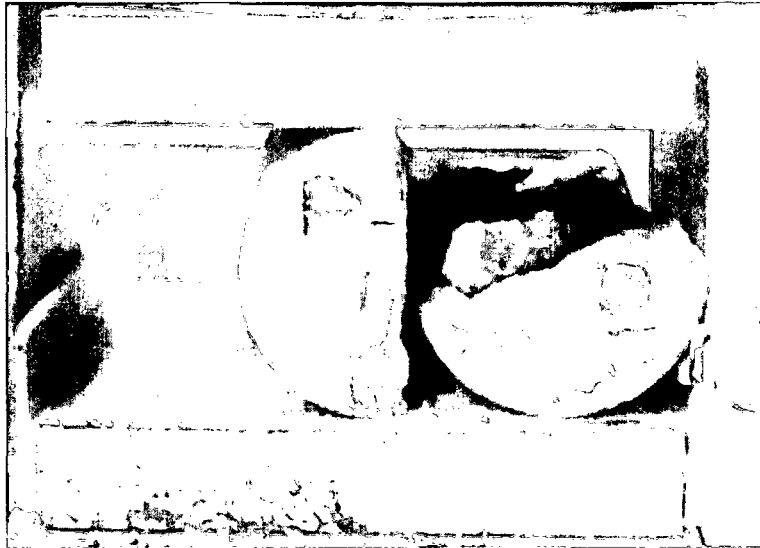


Imagen N° 32: Espécimen sin adición de fibra vegetal ensayado a tracción

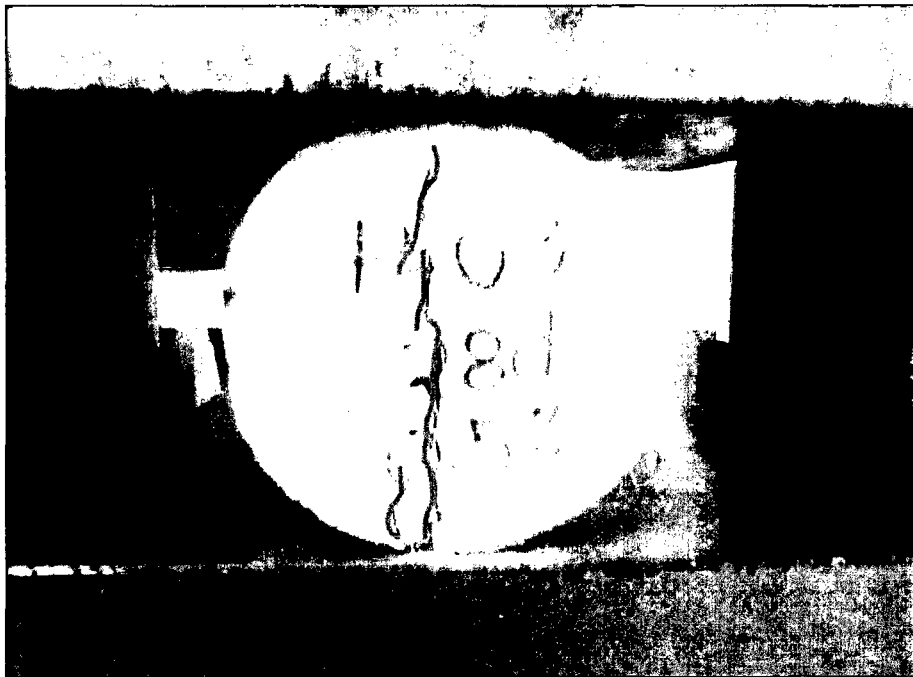


Imagen N° 33: Espécimen con adición de 0.50% de fibra vegetal ensayado a tracción

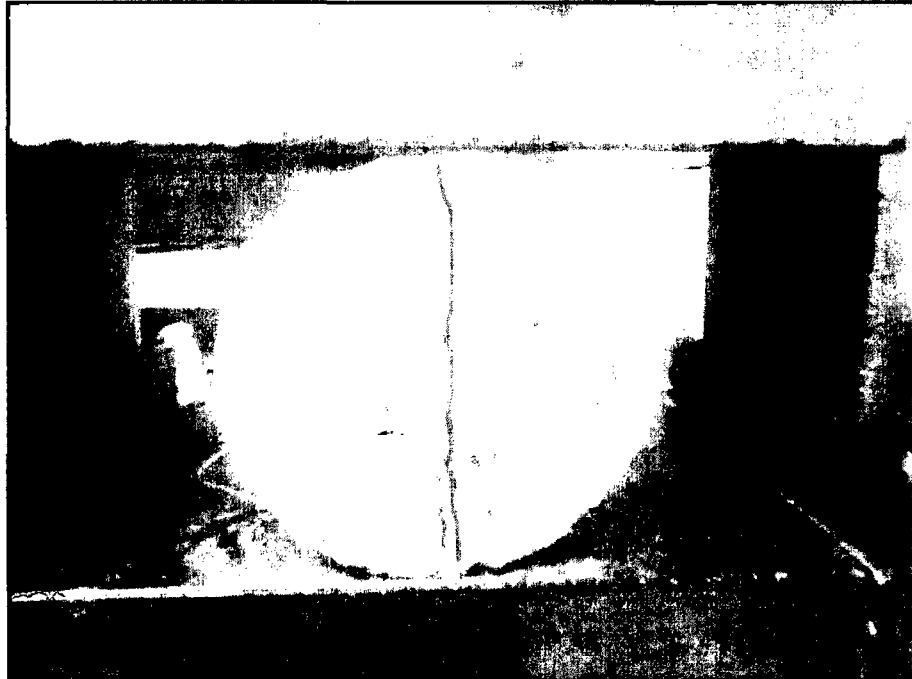


Imagen N° 34: Espécimen con adición de 1.00% de fibra vegetal ensayado a tracción

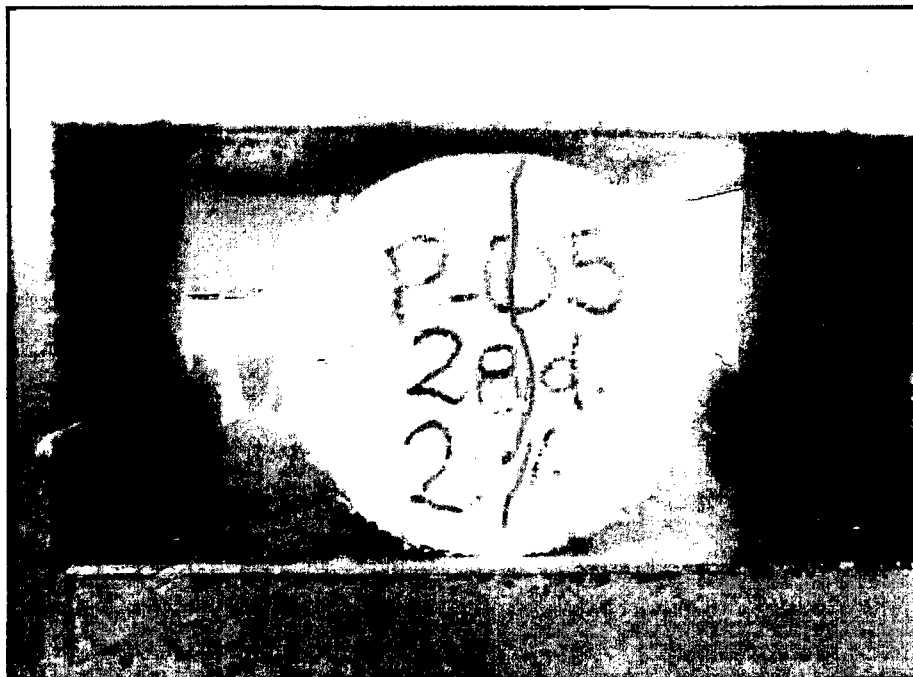


Imagen N° 35: Espécimen con adición de 2.00% de fibra vegetal ensayado a tracción

4.6. ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA PROMEDIO A FLEXIÓN

Se determinó la resistencia de 72 especímenes de concreto a diferentes edades y adiciones de fibra en grupos de 6 especímenes:

Tabla N° 16: Promedio de ensayos a flexión a diferentes edades y porcentajes de adición de fibra

Promedio de ensayos a flexión				Variación de la resistencia a los 28 días
Porcentaje de Adición de Fibra	Edad de ensayo			
	Siete días	Catorce días	Veintiocho días	
0.00%	2.90 MPa	3.07 MPa	3.26 MPa	0.00%
0.50%	3.61 MPa	3.75 MPa	3.79 MPa	16.37%
1.00%	3.74 MPa	4.01 MPa	4.28 MPa	31.46%
2.00%	3.97 MPa	4.08 MPa	4.58 MPa	40.66%

En la Tabla N° 16 se observa que la resistencia a flexión del concreto según la edad de ensayo va incrementándose independientemente del porcentaje de adición de fibra, también se verifica que la resistencia a flexión del concreto a los 28 día con una adición de 0.50% de fibra muestra un incremento de 16.37%, un incremento de 31.46% con una adición de 1.00% de fibra, presentando un mayor incremento con una adición de 2.00% llegando a un incremento del 40.66% en función de los especímenes base.

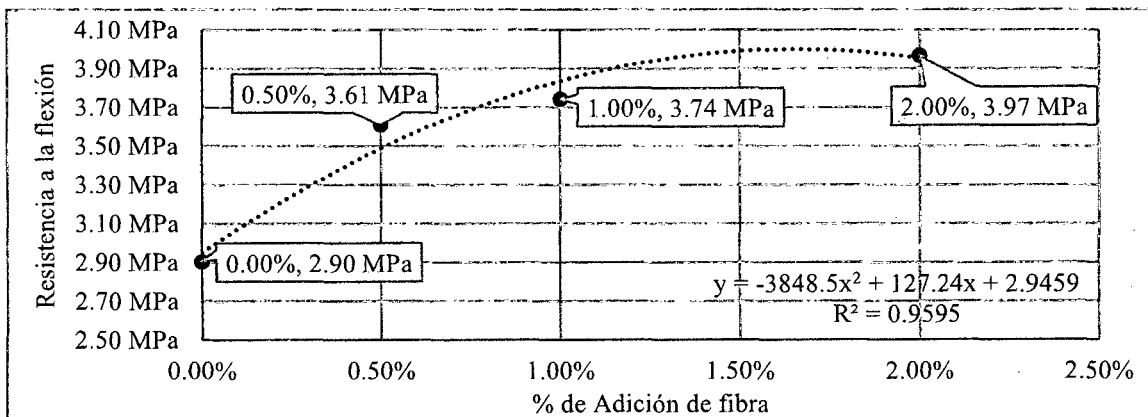


Gráfico N° 12: Promedio de ensayos a flexión, a edad de siete días y diferentes porcentajes de adición de fibra

En el Gráfico N° 12 se desarrolla la resistencia a flexión del concreto a 7 días de ensayo y diferentes porcentajes de adición de fibra, en este gráfico se puede observar que ante la adición de fibra, los especímenes de concreto aumentaron su resistencia a la flexión, alcanzando la máxima resistencia a una adición de 2.00% de fibra.

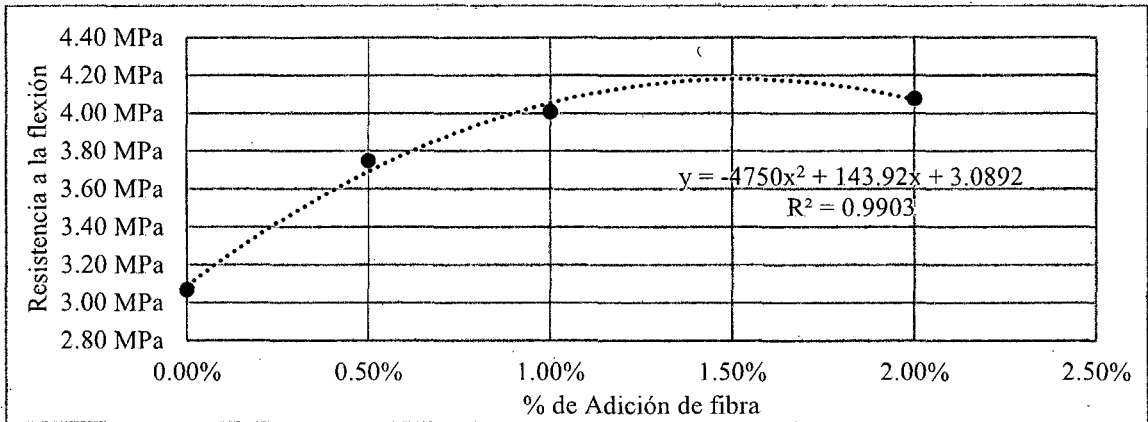


Gráfico N° 13: Promedio de ensayos flexión, a edad de catorce días y diferentes porcentajes de adición de fibra

En el Gráfico N° 13 se desarrolla la resistencia a flexión del concreto a 14 días de ensayo y diferentes porcentajes de adición de fibra, en este gráfico se puede observar que ante la adición de fibra, los especímenes de concreto aumentaron su resistencia a la flexión, alcanzando la máxima resistencia a una adición de 2.00% de fibra.

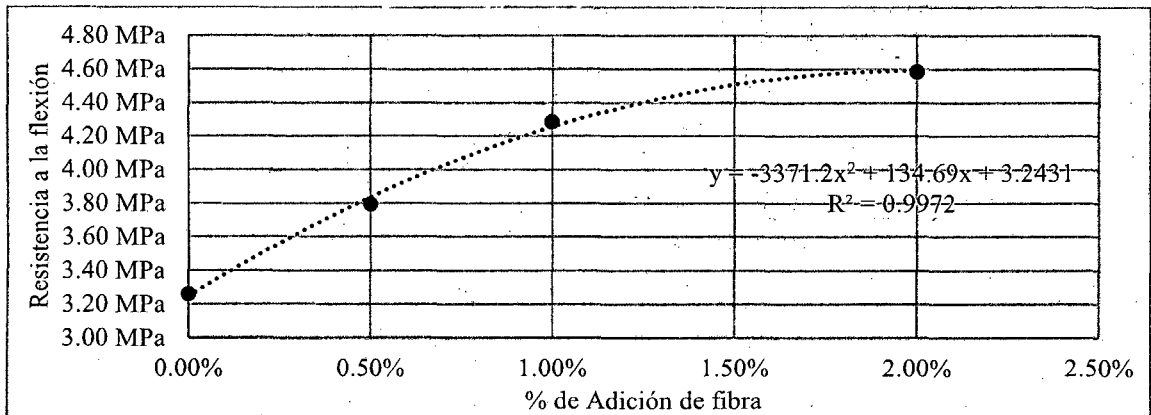


Gráfico N° 14: Promedio de ensayos a flexión, a edad de veintiocho días y diferentes porcentajes de adición de fibra

En el Gráfico N° 14 se desarrolla la resistencia a flexión del concreto a 28 días de ensayo y diferentes porcentajes de adición de fibra, en este gráfico se puede observar que ante la adición de fibra, los especímenes de concreto aumentaron su resistencia a la flexión, alcanzando la máxima resistencia a una adición de 2.00%.

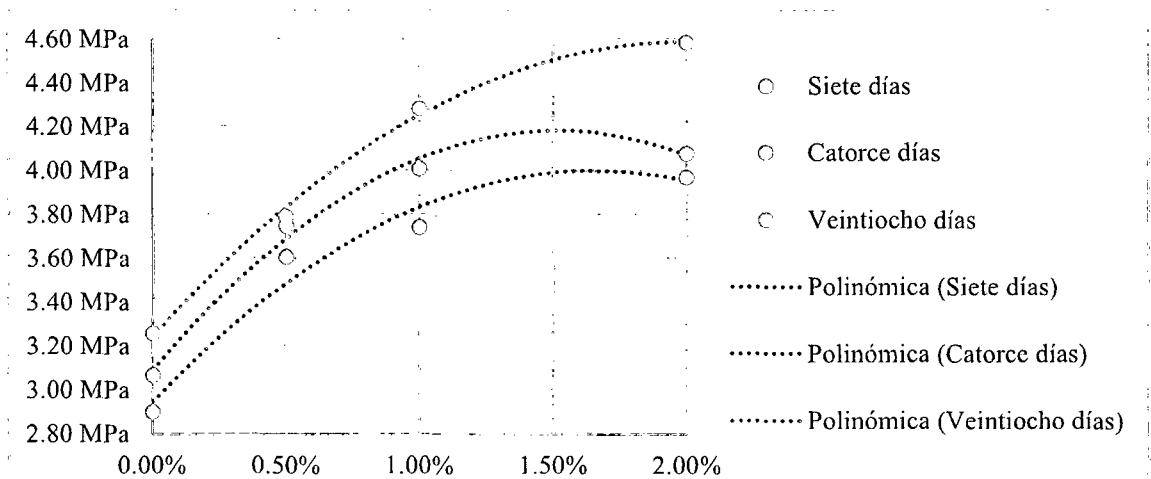


Gráfico N° 15: Consolidado de los promedios de ensayos a flexión, a diferentes edades y porcentajes de adición de fibra

En el Gráfico N° 15 se desarrolla el consolidado de los promedios de ensayos a flexión, a diferentes edades y porcentajes de adición de fibra, en este gráfico se puede observar que el concreto posee poco incremento dependiendo de la edad de ensayo para adiciones de fibra vegetal de 0.50% y 1.00%, sin embargo a 2.00% de adición de fibra vegetal, las resistencias a siete y catorce están muy cercanas en comparación a la resistencia a los veintiocho días.

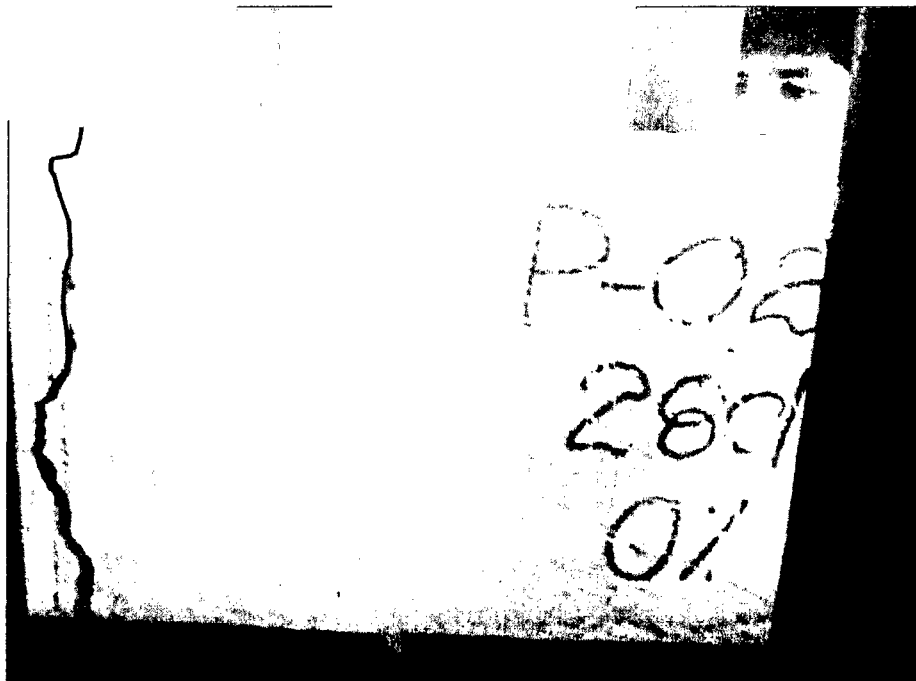


Imagen N° 36: Espécimen sin adición de fibra vegetal ensayado a flexión

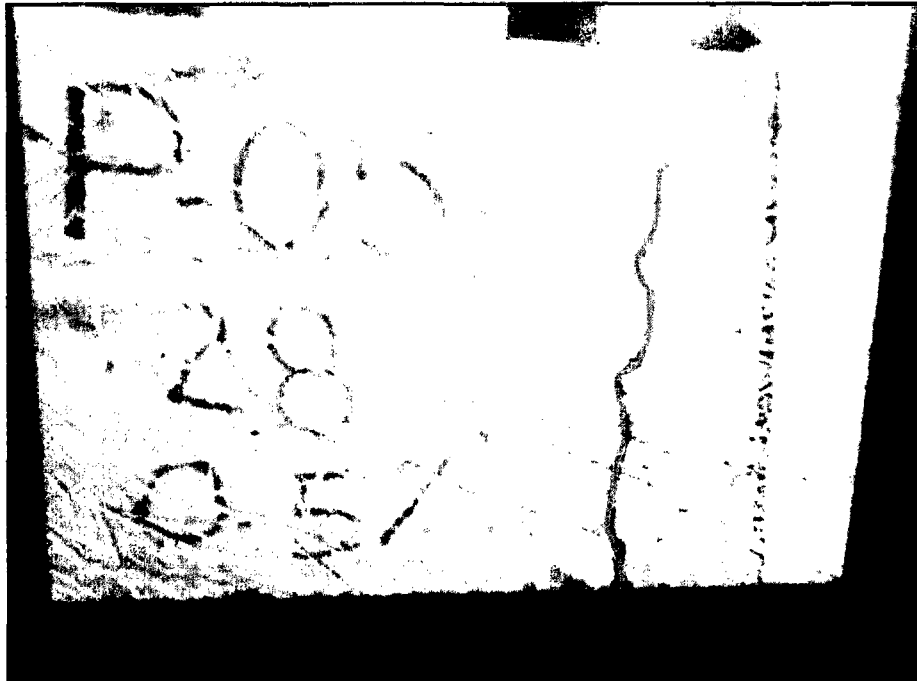


Imagen N° 37: Espécimen con adición de 0.50% de fibra vegetal ensayado a flexión



Imagen N° 38: Espécimen con adición de 1.00% de fibra vegetal ensayado a flexión

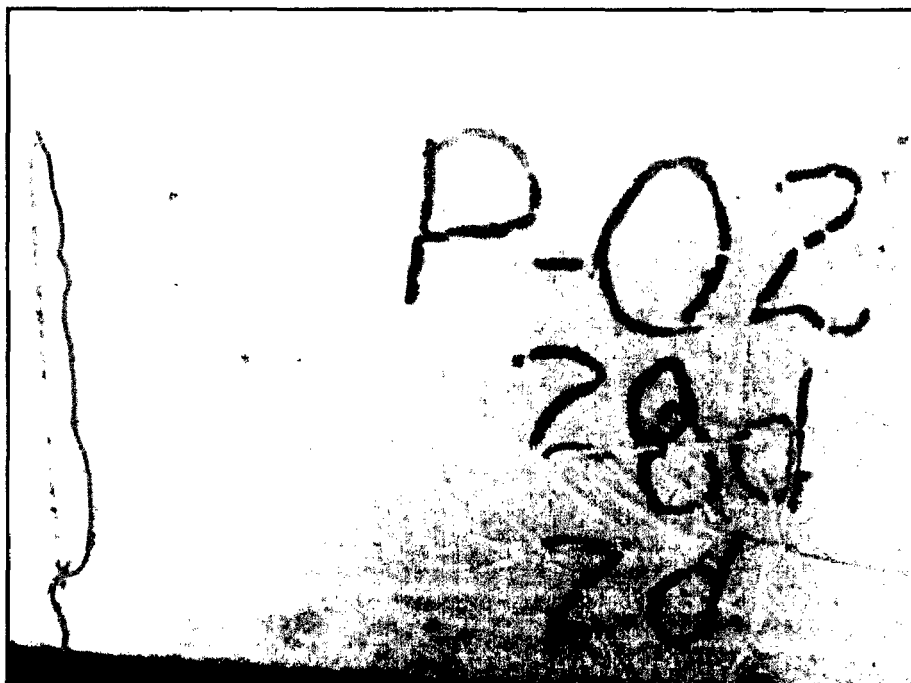


Imagen N° 39: Espécimen con adición de 2.00% de fibra vegetal ensayado a flexión

4.7. ANÁLISIS DEL ANCHO Y LONGITUD DE FISURA EN ESPECÍMENES A FLEXIÓN

Se determinó el ancho y longitud de fisura para los especímenes en flexión para poder tener una noción sobre el comportamiento del concreto adicionado con fibras vegetales.

Tabla N° 17: Promedio de anchos de fisura en especímenes ensayados a flexión, a diferentes edades y porcentajes de adición fibra

Porcentaje de Adición de Fibra	Edad de ensayo			Variación a los 28 días
	Siete días	Catorce días	Veintiocho días	
0.00%	12.05 mm	6.90 mm	4.39 mm	0.00%
0.50%	1.83 mm	1.74 mm	2.24 mm	-49.09%
1.00%	2.24 mm	2.09 mm	1.51 mm	-65.53%
2.00%	2.27 mm	2.00 mm	1.50 mm	-65.76%

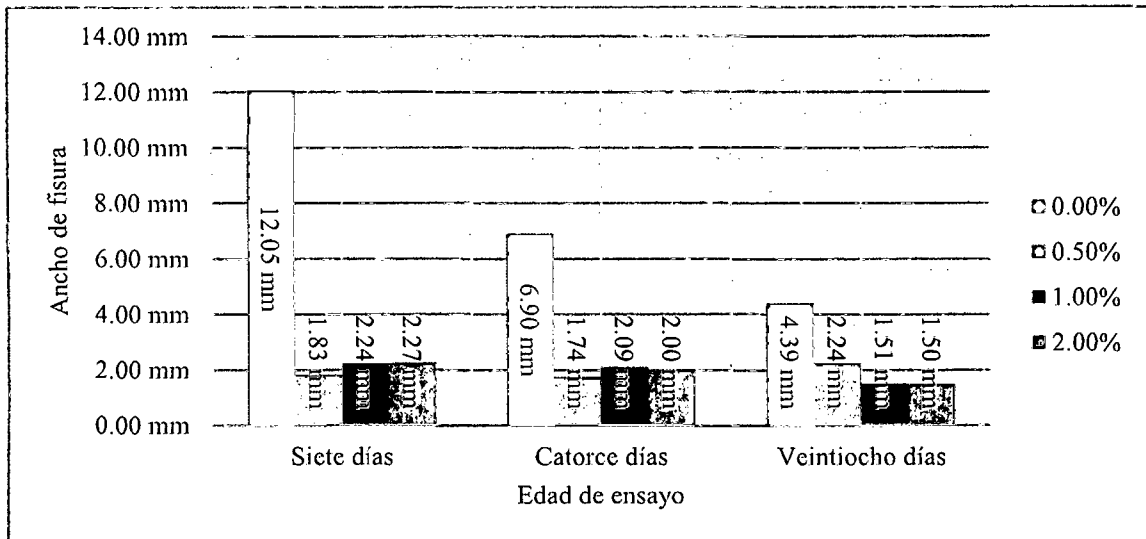


Gráfico N° 16: Promedio de anchos de fisura en especímenes ensayados a flexión, a diferentes edades y porcentajes de fibra

La Tabla N° 17 y el Gráfico N° 16 muestran la variación de los anchos de fisura originados en los ensayos de flexión del concreto a diferentes edades y porcentajes de adición de fibra, aquí se ve que en relación a especímenes sin adición de fibra el ancho de fisura disminuye significativamente, a los 28 días el ancho de fisura disminuye en un 49.09% con una adición de 0.50% de fibra, en 65.53% con una adición de 1.00% de fibra y en un 65.76% con una adición de 1.00% de fibra.

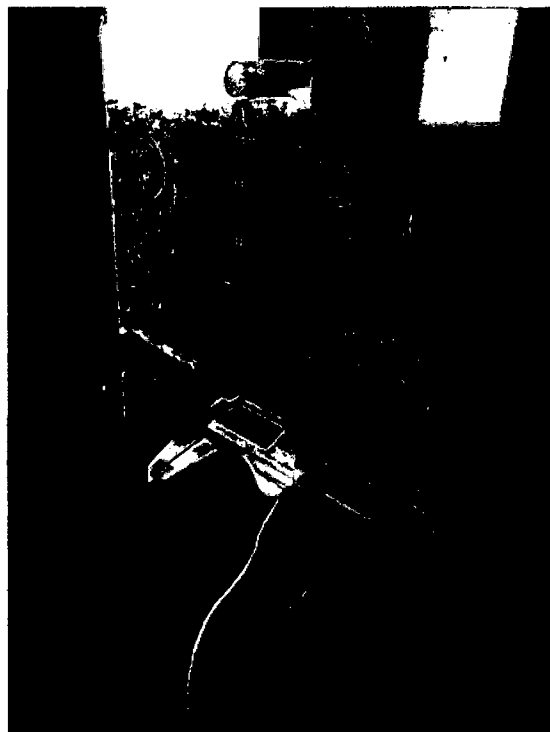


Imagen N° 40: Punto y modo de medición del ancho de fisura en ensayos a flexión

Tabla N° 18: Promedio de longitudes de fisura en especímenes ensayados a flexión, a diferentes edades y porcentajes de adición fibra

Porcentaje de Adición de Fibra	Edad de ensayo			Variación a los 28 días
	Siete días	Catorce días	Veintiocho días	
0.00%	149.44 mm	143.09 mm	148.34 mm	0.00%
0.50%	121.92 mm	128.06 mm	128.91 mm	-13.09%
1.00%	128.91 mm	115.63 mm	123.96 mm	-16.43%
2.00%	127.14 mm	110.39 mm	106.59 mm	-28.14%

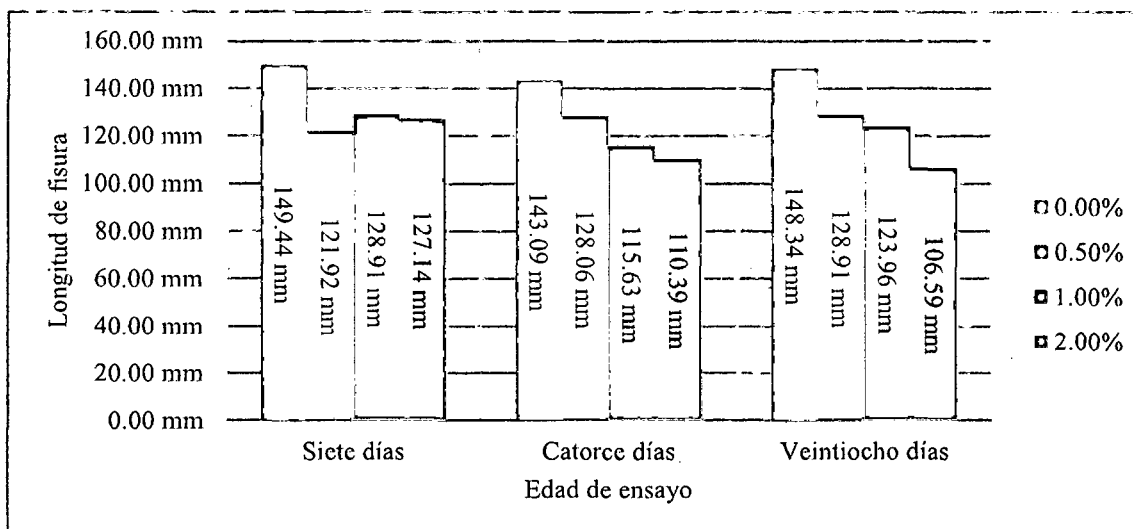


Gráfico N° 17: Promedio de anchos de fisura en especímenes ensayados a flexión, a diferentes edades y porcentajes de adición fibra

La Tabla N° 18 y el Gráfico N° 17 muestran la variación de las longitudes de fisura originados en los ensayos de flexión del concreto a diferentes edades y porcentajes de adición de fibra, aquí se ve que en relación a especímenes sin adición de fibra el ancho de fisura disminuye significativamente, a los 28 días la longitud de fisura disminuye en un 13.09% con una adición de 0.50% de fibra, en 16.43% con una adición de 1.00% de fibra y en un 28.14% con una adición de 1.00% de fibra.



Imagen N° 41: Modo de medición de la longitud de fisura en ensayos a flexión

4.8. ANÁLISIS DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD

Se determinó el módulo de elasticidad a través de los métodos establecidos por el ACI 318 y la norma ASTM C469 para las diferentes edades y porcentajes de adición de fibra, los datos promedio se muestran en las siguientes tablas:

Tabla N° 19: Promedio de módulos de elasticidad a diferentes edades y porcentajes de adición de fibra, método ACI 318

Porcentaje de Adición de Fibra	Edad de ensayo			Variación a los 28 días
	Siete días	Catorce días	Veintiocho días	
0.00%	20991.72 MPa	24159.60 MPa	26007.04 MPa	0.00%
0.50%	23138.14 MPa	26252.37 MPa	27481.21 MPa	5.67%
1.00%	22933.40 MPa	26320.45 MPa	27345.47 MPa	5.15%
2.00%	22317.13 MPa	25604.16 MPa	26707.20 MPa	2.69%

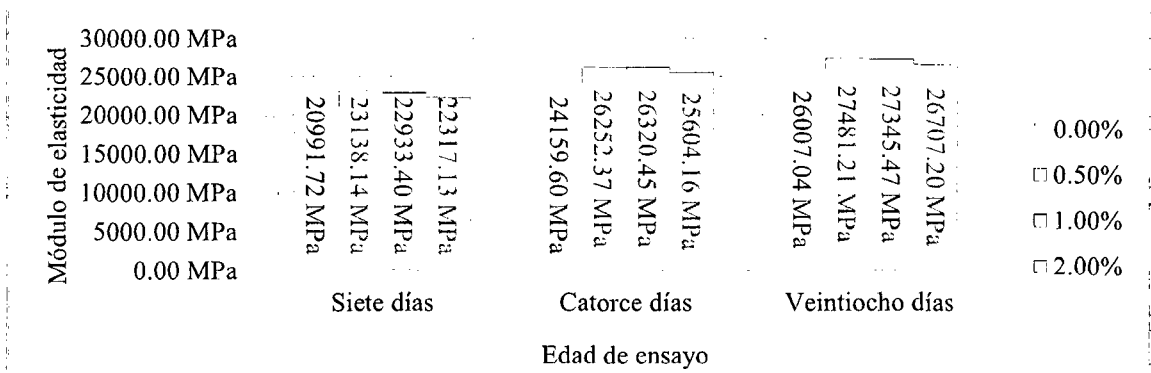


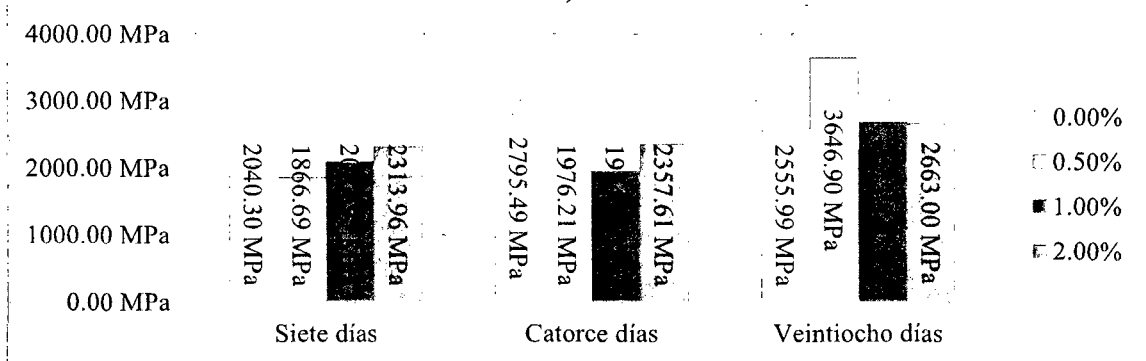
Gráfico N° 18: Promedio de módulos de elasticidad a diferentes edades y porcentajes de adición de fibra, método ACI 318

En la Tabla N° 19 y en el Gráfico N° 18 se puede observar la variación del módulo de elasticidad del concreto a diferentes edades y porcentajes de adición de fibra obtenido mediante lo descrito por el reglamento ACI 318, se observa que para las diferentes edades el módulo de elasticidad crece a 0.50%, este resultado no tiene una variación considerable con un porcentaje de adición de 1.00%, sin embargo el módulo de elasticidad cae cuando se adiciona 2.00% de fibra.

Tabla N° 20: Promedio de módulos de elasticidad a diferentes edades y porcentajes de adición de fibra, método ASTM 469

Porcentaje de Adición de Fibra	Edad de ensayo			Variación a los 28 días
	Siete días	Catorce días	Veintiocho días	
0.00%	2040.30 MPa	2795.49 MPa	2555.99 MPa	0.00%
0.50%	1866.69 MPa	1976.21 MPa	3646.90 MPa	42.68%
1.00%	2087.95 MPa	1954.11 MPa	2672.83 MPa	4.57%
2.00%	2313.96 MPa	2357.61 MPa	2663.00 MPa	4.19%

Gráfico N° 19: Promedio de módulos de elasticidad a diferentes edades y porcentajes de adición de fibra, método ASTM 469



En la Tabla N° 20 y el Gráfico N° 19 se puede observar la variación del módulo de elasticidad del concreto a diferentes edades y porcentajes de adición de fibra obtenido mediante lo descrito por la ASTM C 469, se observa que para las diferentes edades el módulo de elasticidad es variado no presentando una tendencia, además mediante este método se obtienen módulos de elasticidad del orden del 10.7% aproximadamente en relación a los obtenidos por el método descrito en el reglamento ACI 318. Esto se debe a que los resultados de deformaciones obtenidos en laboratorio, no solamente muestran la deformación que sufre el concreto al ser comprimido, sino también la que sufren las almohadillas de neopreno usadas como cabeceadores para los ensayos a compresión, obteniendo de esta manera deformaciones excesivas que influyen en las gráficas de las

curvas de esfuerzo vs deformación, de las cuales se obtienen los parámetros para determinar el módulo de elasticidad.

4.9. ANÁLISIS DE COSTOS EN FUNCIÓN A LA RESISTENCIA DEL CONCRETO

Se hizo un análisis de precios unitarios de materiales, mano de obra, equipos y herramientas para el cálculo del costo por metro cúbico de concreto y se procedió a su análisis en función a la resistencia especificada para los diferentes esfuerzos:

Tabla N° 21: Precio de la unidad cúbica de concreto en función a diferentes porcentajes de adición de fibra y su respectiva resistencia a la compresión a los 28 días

Porcentaje de Adición de Fibra	Costo del m ³ de concreto	Resistencia a compresión	Costo sobre resistencia	Variación
0.00%	S/. 442.88	30.32 MPa	14.61 NS/MPa	0.00%
0.50%	S/. 467.61	32.40 MPa	14.43 NS/MPa	-1.19%
1.00%	S/. 492.32	32.45 MPa	15.17 NS/MPa	3.87%
2.00%	S/. 541.80	32.00 MPa	16.93 NS/MPa	15.91%

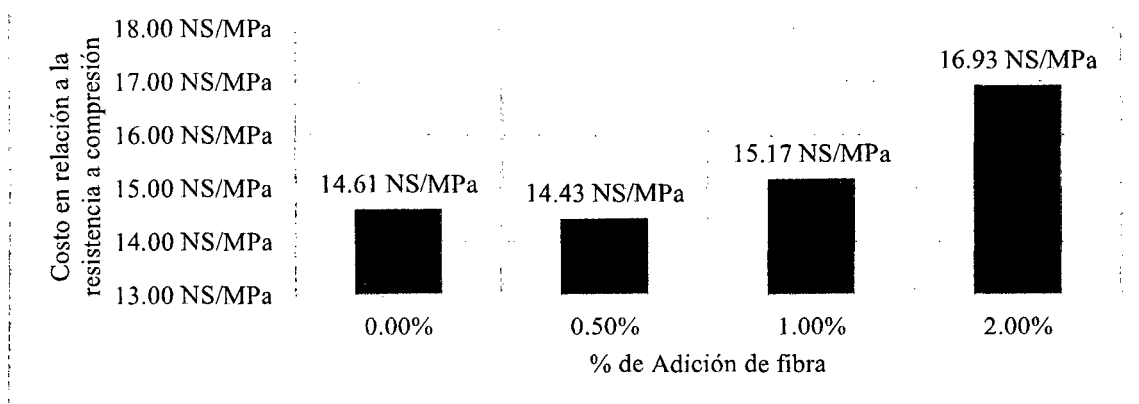


Gráfico N° 20: Precio de la unidad cúbica de concreto en función a diferentes porcentajes de adición de fibra y su respectiva resistencia a la compresión a los 28 días

La Tabla N° 21 y Gráfico N° 20 se muestra el costo del concreto en función a su resistencia a compresión a los 28 días, se puede observar que el concreto con adición de 0.50% de fibra tiene una reducción de costo de 1.19% en función a su resistencia, sin embargo la adición de fibra en 1.00% genera un incremento en el costo de 3.87%, y la adición de 2.00% de fibra conlleva a un incremento en el costo del 15.91% estas comparaciones se hacen en función a la resistencia obtenida y en base a los especímenes sin adición de fibra.

Tabla N° 22: Precio de la unidad cúbica de concreto en función a diferentes porcentajes de adición de fibra y su respectiva resistencia a la tracción a los 28 días

Porcentaje de Adición de Fibra	Costo del m ³ de concreto	Resistencia a tracción	Costo sobre resistencia	Variación
0.00%	S/. 442.88	2.55 MPa	173.68 NS/MPa	0.00%
0.50%	S/. 467.61	2.62 MPa	178.48 NS/MPa	2.76%
1.00%	S/. 492.32	2.96 MPa	166.32 NS/MPa	-4.23%
2.00%	S/. 541.80	2.93 MPa	184.91 NS/MPa	6.47%

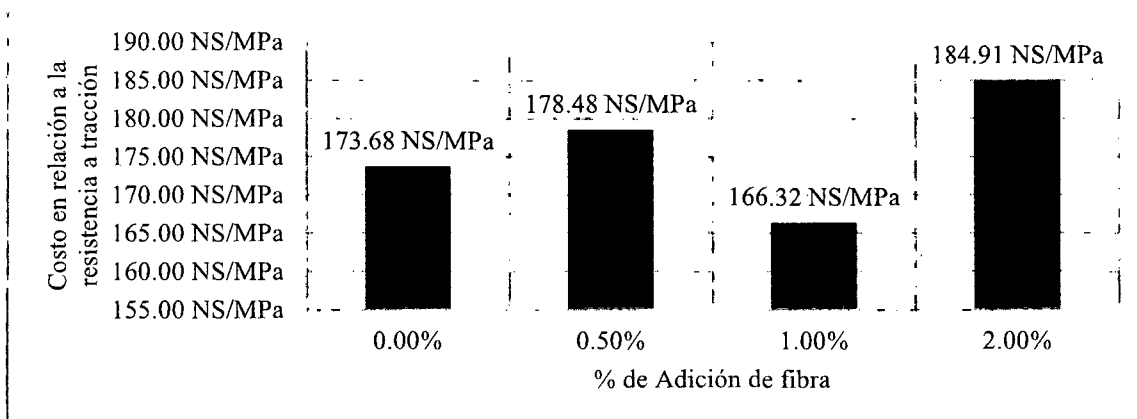


Gráfico N° 21: Precio de la unidad cúbica de concreto en función a diferentes porcentajes de adición de fibra y su respectiva resistencia a la tracción a los 28 días

La Tabla N° 22 y en el Gráfico N° 21 se muestra el costo del concreto en función a su resistencia a tracción a los 28 días, se puede observar que el concreto con adición de 0.50% de fibra tiene un incremento de costo de 2.76% en función a su resistencia, la adición de fibra en un porcentaje de 2.00% genera un incremento de 6.47% en su costo por mega pascal sin embargo la adición de fibra en 1.00% genera una disminución de 4.23% en su costo, estas comparaciones se hacen en función a la resistencia obtenida y en base a los especímenes sin adición de fibra.

Tabla N° 23: Precio de la unidad cúbica de concreto en función a diferentes porcentajes de adición de fibra y su respectiva resistencia a la flexión a los 28 días

Porcentaje de Adición de Fibra	Costo del m ³ de concreto	Resistencia a flexión	Costo sobre resistencia	Variación
0.00%	S/. 442.88	3.26 MPa	135.85 NS/MPa	0.00%
0.50%	S/. 467.61	3.79 MPa	123.38 NS/MPa	-9.18%
1.00%	S/. 492.32	4.28 MPa	115.03 NS/MPa	-15.33%
2.00%	S/. 541.80	4.58 MPa	118.30 NS/MPa	-12.92%

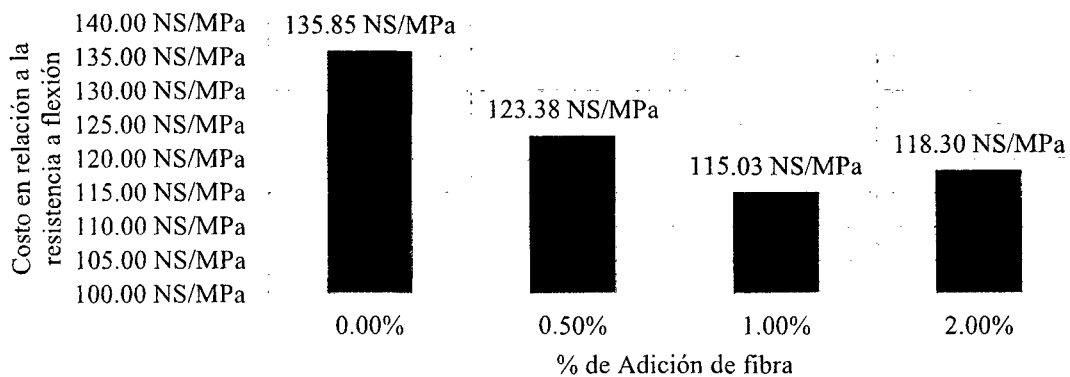


Gráfico N° 22: Precio de la unidad cúbica de concreto en función a diferentes porcentajes de adición de fibra y su respectiva resistencia a la flexión a los 28 días

La Tabla N° 23 y el Gráfico N° 22 se muestra el costo del concreto en función a su resistencia a flexión a los 28 días, se puede observar que el concreto con adición de 0.50% de fibra tiene una reducción del orden de 9.18% en el costo por mega pascal, la adición de 1.00% de fibra genera una reducción del orden de 15.53% en el costo por mega pascal, y al adicional 2.00% de fibra se generó una reducción del orden de 12.92% en el costo por mega pascal.

4.10. CONTRASTE DE HIPÓTESIS

- Se verificó que el concreto con adición de fibra vegetal incrementa su resistencia a los esfuerzos de compresión, tracción y flexión, pues el concreto con adición de fibra vegetal de 0.50% tuvo un incremento del 6.87% en compresión, 2.61% en tracción y 16.37% en flexión; el concreto con adición de 1.00% de fibra vegetal tuvo un incremento del 7.04% en compresión, 16.01% en tracción y 31.46% en flexión, el concreto con adición de 2.00% de fibra vegetal tiene un incremento del 5.55% en compresión, 15.03% en tracción y 40.66% en flexión.

CAPÍTULO

V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- El concreto no presentó un incremento significativo en compresión, ya que el mayor incremento de resistencia solamente fue de 7.04 con adición de 1.0% de fibra vegetal (cabuya).
- El concreto en tracción se incrementa en 2.61% con una adición de 0.5%, alcanza un incremento de hasta 16.01% con una adición de 1.0% pero dicho incremento desciende a 15.03 con adición de 2.0% de fibra vegetal (cabuya).
- El concreto ensayado a flexión posee una tendencia exponencial mostrando incrementos de 16.37%, 31.46% y 40.66% a adiciones de 0.5%, 1.0% y 2.0% de fibra vegetal (cabuya), demostrándose que este es el esfuerzo en el cual el concreto mejora en mayor porcentaje sus propiedades.
- En ensayos a flexión, a los 28 días, el ancho de fisura disminuye en un 49.09% con una adición de 0.50% de fibra, en 65.53% con una adición de 1.00% de fibra y en un 65.76% con una adición de 2.00% de fibra.
- En ensayos a flexión, a los 28 días, la longitud de fisura disminuye en un 13.09% con una adición de 0.50% de fibra, en 16.43% con una adición de 1.00% de fibra y en un 28.14% con una adición de 2.00% de fibra.
- El mayor incremento en el módulo de elasticidad del concreto calculado mediante el método descrito en el reglamento ACI 318 se muestra a una adición de 0.5% de fibra vegetal llegando este a incrementarse en un 5.67%.

- Los costos en función a la resistencia a compresión se redujeron en 1.19% con una adición de 0.5% de fibra y con una adición de 1.0% se logró reducir los costos en tracción y flexión en 4.23% y 15.33% respectivamente.

5.2. RECOMENDACIONES

- Para el cálculo del módulo de elasticidad establecido por la norma ASTM C 469 no se recomienda el uso de cabeceadores de neopreno ya que esto influye en la lectura del deformímetro.
- Realizar estudios de durabilidad de la fibra, para poder recomendar tratamientos adecuados para su protección.
- Realizar estudios de durabilidad del concreto para relacionar la resistencia del mismo con el porcentaje de adición de fibra.
- Realizar estudios de adiciones de fibra natural superiores al 2.00% para verificar los puntos exactos de caída de resistencia en tracción y flexión para así poder complementar esta investigación.
- Realizar investigaciones en uso de fibras naturales en pavimentos y obras similares para evitar o disminuir el agrietamiento.
- Realizar investigaciones comparativas de costo/beneficio en el uso de fibras naturales y fibras artificiales.

CAPÍTULO

VI

BIBLIOGRAFÍA

6.1. ARTÍCULOS Y TESIS

- Ochoa et al. 2013. Efecto de un aditivo extraído de la planta de Agave americana sobre las propiedades físicas y mecánicas de un yeso. Valencia. España
- Pinzón. 2013. Análisis de la resistencia a compresión y flexión del concreto modificado con fibra de fique. Bogotá. Colombia
- Parra y Parra. 2007. Comportamiento del concreto hidráulico con adiciones de fibra. Bucaramanga. Colombia. 75p.

6.2. LIBROS Y REGLAMENTOS

- ACI (American Concrete Institute).2011. Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-11). 544p.
- Pasquel Carbajal, E. 2011. Tópicos de Tecnología del Concreto. Lima. Perú.380p.
- Rivva López, E. 2014a. Materiales Para el Concreto. 3 ed. Lima. Perú. ICG. 208p.
- Rivva López, E. 2014b. Diseño de Mezclas. 2 ed. Lima. Perú. ICG. 208p.
- Vásquez Bustamante, O. 2012. Reglamento Nacional de Edificaciones, Actualizado y Comentado. Lima. Perú. 2 ed. 596p.

6.3. NORMAS

- ASTM C 469. Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression.
- NTP 334.009.2013. CEMENTOS. Cementos Portland. Requisitos. 5ª. Ed. R. 2013-CRT-INDECOPI.

- NTP 339.034.2008 (revisada 2013). HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. 3ª. Ed. R. 2013-CRT-INDECOPI.
- NTP 339.046.2008 (revisada 2013). HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del hormigón (concreto). 2ª. Ed. R. 2013-CRT-INDECOPI.
- NTP 339.047.2006. HORMIGÓN (CONCRETO). Definiciones y terminología relativas al hormigón y agregados. 2ª. Ed. R. 2006-CRT-INDECOPI.
- NTP 339.079.2012 CONCRETO. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas en el centro del tramo. 3ª. Ed. R. 2012-CRT-INDECOPI.
- NTP 339.084.2012 CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica. 3ª. Ed. R. 2012-CRT-INDECOPI.
- NTP 339.088.2006 HORMIGÓN (CONCRETO). Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland. Requisitos. 2ª. Ed. R. 2006-CRT-INDECOPI.
- NTP 339.183.2013. HORMIGÓN. Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio. 2ª. Ed. R. 2013-CRT-INDECOPI.
- NTP 339.185.2013. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable del agregado por secado. 2ª. Ed. R. 2013-CRT-INDECOPI.
- NTP 400.010.2011 AGREGADOS. Extracción y preparación de muestras. 3ª. Ed. R. 2011-CRT-INDECOPI.
- NTP 400.011.2008 (revisada el 2013) AGREGADOS. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones (concretos). 2ª. Ed. R. 2013-CRT-INDECOPI.
- NTP 400.012.2013 AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. 3ª. Ed. R. 2013-CRT-INDECOPI.
- NTP 400.017.2011 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso unitario”) y los vacíos en los agregados. 3ª. Ed. R. 2011-CRT-INDECOPI.

- NTP 400.018.2013 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 μ (N° 200). 3ª. Ed. R. 2013-CRT-INDECOPI.
- NTP 400.019.2002 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores para abrasión e impacto en la máquina de los ángeles. 2ª. Ed. R. 2002-CRT-INDECOPI.
- NTP 400.021.2013 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso. 3ª. Ed. R. 2013-CRT-INDECOPI.
- NTP 400.022.2013 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. 3ª. Ed. R. 2013-CRT-INDECOPI.
- NTP 400.037.2002 AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en hormigón (concreto). 2ª. Ed. R. 2002-CRT-INDECOPI.

CAPÍTULO

VII

ANEXOS

7.1. ANEXO I: PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS

Tabla N° 24: Ensayo de partículas menores al tamiz N° 200 del agregado grueso

ITEM	ENSAYO N° 01	ENSAYO N° 02	ENSAYO N° 03
Peso de la canastilla (gr.)	2530.00	2530.00	2530.00
Peso de la canastilla + material seco antes del ensayo (gr.)	13169.85	13400.15	12699.35
Peso del material seco antes del ensayo (gr.)	10639.85	10870.15	10169.35
Peso de la canastilla + material seco después del ensayo (gr.)	12975.05	13210.15	12506.85
Peso del material seco después del ensayo (gr.)	10445.05	10680.15	9976.85
Peso de las partículas menores al tamiz n° 200	194.80	190.00	192.50
PORCENTAJE DE PARTÍCULAS MENORES AL TAMIZ N° 200	1.83%	1.75%	1.89%

Tabla N° 25: Ensayo de partículas menores al tamiz N° 200 del agregado fino

ITEM	ENSAYO N° 01	ENSAYO N° 02	ENSAYO N° 03
Peso de la tara (gr.)	27.60	26.10	25.80
Peso de la tara + material seco antes del ensayo (gr.)	330.00	330.00	330.00
Peso del material seco antes del ensayo (gr.)	302.40	303.90	304.20
Peso de la tara + material seco después del ensayo (gr.)	320.00	318.70	319.80
Peso del material seco después del ensayo (gr.)	292.40	292.60	294.00
Peso de las partículas menores al tamiz n° 200	10.00	11.30	10.20
PORCENTAJE DE PARTÍCULAS MENORES AL TAMIZ N° 200	3.31%	3.72%	3.35%

Tabla N° 26: Ensayo N° 01 de granulometría del agregado grueso

ENSAYO N° 01					
MALLA		PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)
NOMENCLATURA	ABERTURA (mm)				
1 1/2	38.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1	25.000	6987.15	65.67%	65.67%	34.33%
3/4	19.000	1405.90	13.21%	78.88%	21.12%
1/2	12.500	1955.70	18.38%	97.26%	2.74%
3/8	9.50	96.30	0.91%	98.17%	1.83%
N° 04	4.760	0.00	0.00%	98.17%	1.83%
N° 08	2.380	0.00	0.00%	98.17%	1.83%
N° 16	1.190	0.00	0.00%	98.17%	1.83%
N° 30	0.595	0.00	0.00%	98.17%	1.83%
N° 50	0.297	0.00	0.00%	98.17%	1.83%
N° 100	0.149	0.00	0.00%	98.17%	1.83%
N° 200	0.074	0.00	0.00%	98.17%	1.83%
< N° 200	0.074	194.80	1.83%	100.00%	0.00%
TOTAL		10639.85	100%	MG	7.66

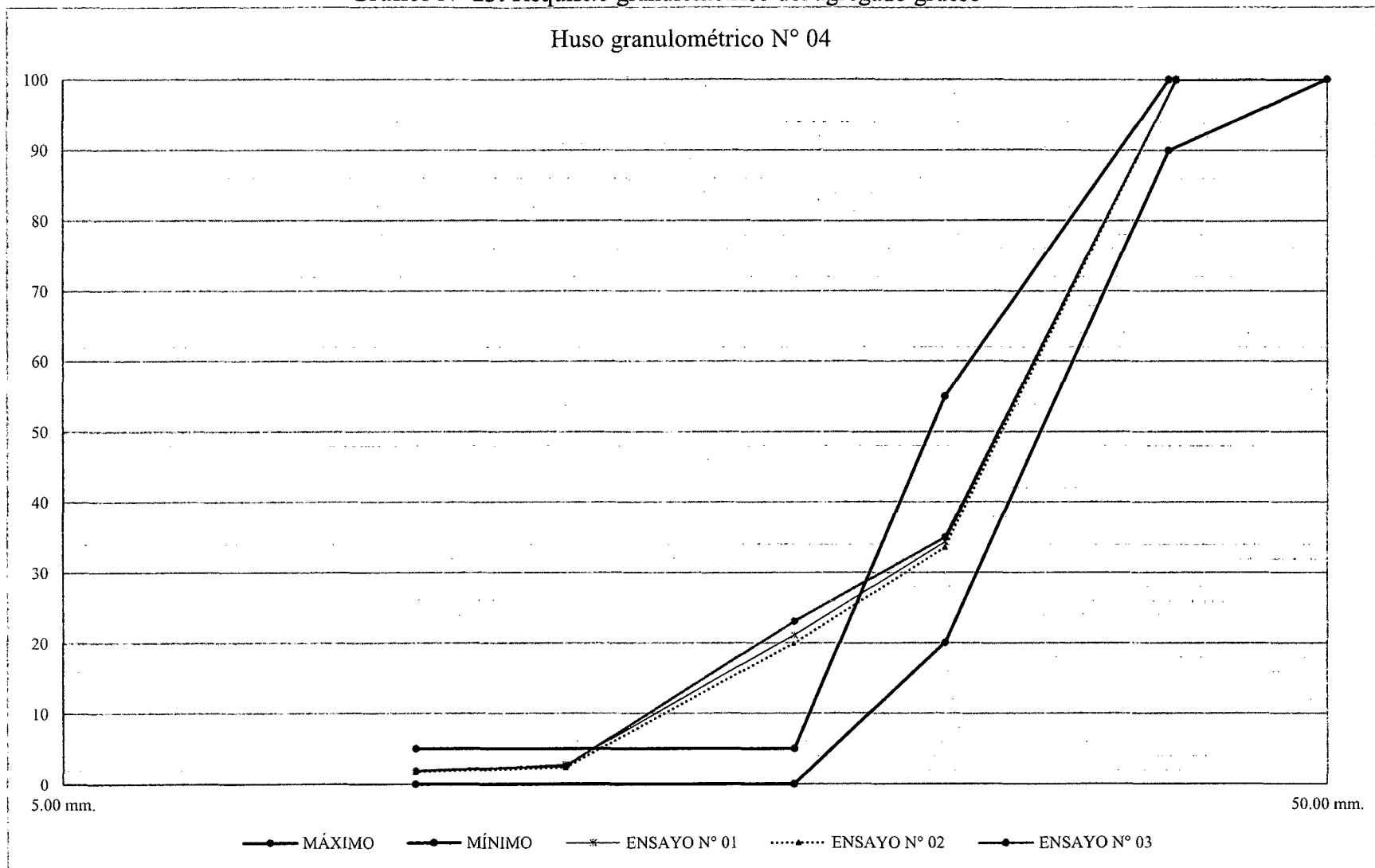
Tabla N° 27: Ensayo N° 02 de granulometría del agregado grueso

ENSAYO N° 02					
MALLA		PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)
NOMENCLATURA	ABERTURA (mm)				
1 1/2	38.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1	25.000	7223.50	66.45%	66.45%	33.55%
3/4	19.000	1480.75	13.62%	80.07%	19.93%
1/2	12.500	1910.60	17.58%	97.65%	2.35%
3/8	9.50	65.30	0.60%	98.25%	1.75%
N° 04	4.760	0.00	0.00%	98.25%	1.75%
N° 08	2.380	0.00	0.00%	98.25%	1.75%
N° 16	1.190	0.00	0.00%	98.25%	1.75%
N° 30	0.595	0.00	0.00%	98.25%	1.75%
N° 50	0.297	0.00	0.00%	98.25%	1.75%
N° 100	0.149	0.00	0.00%	98.25%	1.75%
N° 200	0.074	0.00	0.00%	98.25%	1.75%
< N° 200	0.074	190.00	1.75%	100.00%	0.00%
TOTAL		10870.15	100%	MG	7.68

Tabla N° 28: Ensayo N° 03 de granulometría del agregado grueso

ENSAYO N° 03					
MALLA		PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)
NOMENCLATURA	ABERTURA (mm)				
1 1/2	38.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1	25.000	6607.80	64.98%	64.98%	35.02%
3/4	19.000	1213.50	11.93%	76.91%	23.09%
1/2	12.500	2085.25	20.51%	97.42%	2.58%
3/8	9.50	70.30	0.69%	98.11%	1.89%
N° 04	4.760	0.00	0.00%	98.11%	1.89%
N° 08	2.380	0.00	0.00%	98.11%	1.89%
N° 16	1.190	0.00	0.00%	98.11%	1.89%
N° 30	0.595	0.00	0.00%	98.11%	1.89%
N° 50	0.297	0.00	0.00%	98.11%	1.89%
N° 100	0.149	0.00	0.00%	98.11%	1.89%
N° 200	0.074	0.00	0.00%	98.11%	1.89%
< N° 200	0.074	192.50	1.89%	100.00%	0.00%
TOTAL		10169.35	100%	MG	7.64

Gráfico N° 23: Requisito granulométrico del agregado grueso



Fuente: Elaboración propia en base a la NTP 400.037

Tabla N° 29: Ensayo N° 01 de granulometría del agregado fino

ENSAYO N° 01					
MALLA		PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)
NOMENCLATURA	ABERTURA (mm)				
3/8	9.500	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
N° 04	4.760	66.20	21.89%	21.89%	78.11%
N° 08	2.380	63.30	20.93%	42.82%	57.18%
N° 16	1.190	34.50	11.41%	54.23%	45.77%
N° 30	0.60	25.80	8.53%	62.76%	37.24%
N° 50	0.297	34.40	11.38%	74.14%	25.86%
N° 100	0.149	50.20	16.60%	90.74%	9.26%
N° 200	0.074	18.00	5.95%	96.69%	3.31%
< N° 200	0.074	10.00	3.31%	100.00%	0.00%
TOTAL		302.40	100.00%	MF	3.47

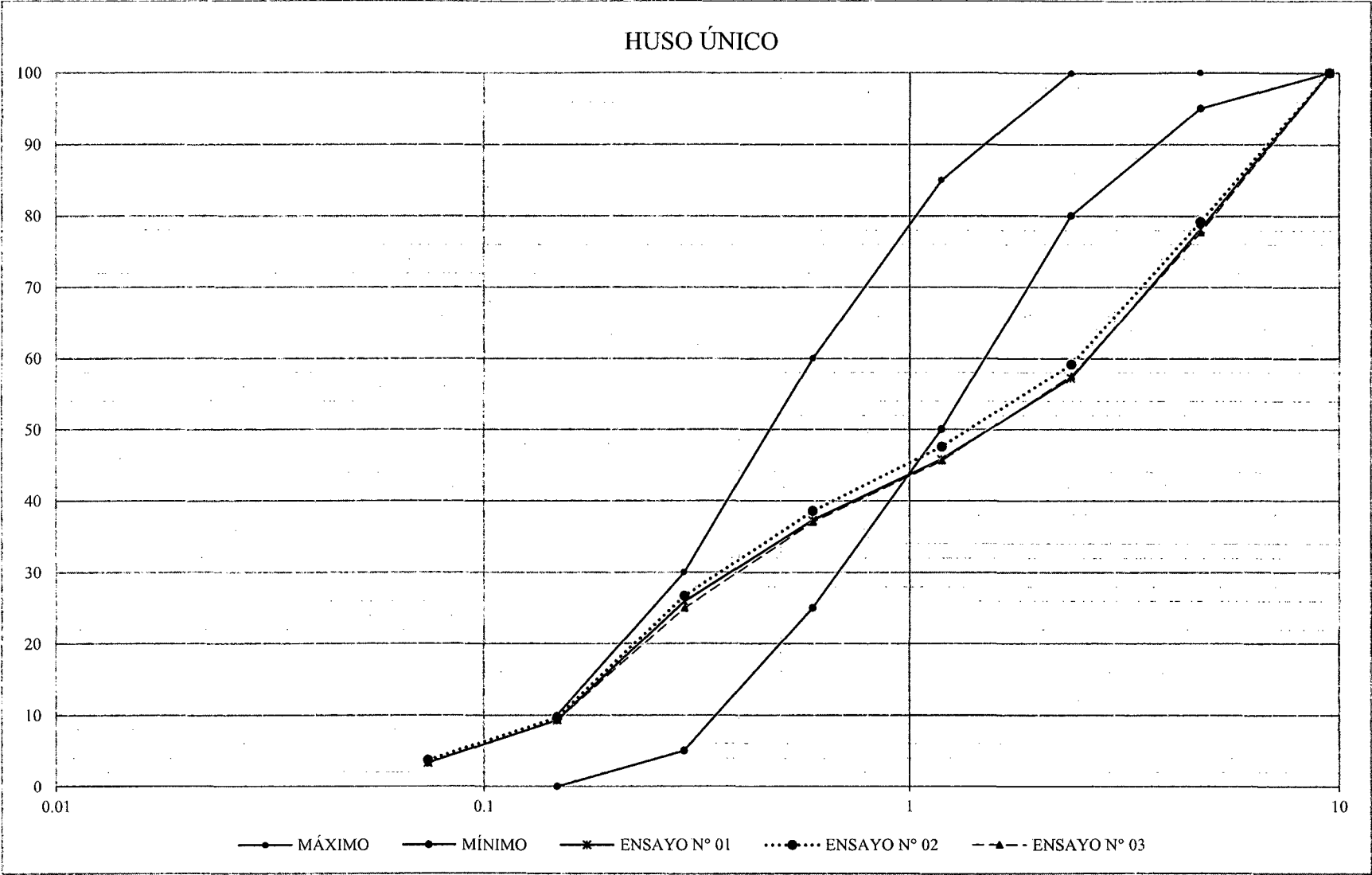
Tabla N° 30: Ensayo N° 02 de granulometría del agregado fino

ENSAYO N° 02					
MALLA		PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)
NOMENCLATURA	ABERTURA (mm)				
3/8	9.500	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
N° 04	4.760	63.20	20.80%	20.80%	79.20%
N° 08	2.380	60.88	20.03%	40.83%	59.17%
N° 16	1.190	35.29	11.61%	52.44%	47.56%
N° 30	0.60	27.31	8.99%	61.43%	38.57%
N° 50	0.297	36.07	11.87%	73.30%	26.70%
N° 100	0.149	51.81	17.05%	90.35%	9.65%
N° 200	0.074	18.04	5.94%	96.29%	3.71%
< N° 200	0.074	11.30	3.72%	100.01%	-0.01%
TOTAL		303.90	100.01%	MF	3.39

Tabla N° 31: Ensayo N° 03 de granulometría del agregado fino

ENSAYO N° 03					
MALLA		PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)
NOMENCLATURA	ABERTURA (mm)				
3/8	9.500	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
N° 04	4.760	67.71	22.26%	22.26%	77.74%
N° 08	2.380	61.54	20.23%	42.49%	57.51%
N° 16	1.190	36.14	11.88%	54.37%	45.63%
N° 30	0.60	26.13	8.59%	62.96%	37.04%
N° 50	0.297	36.60	12.03%	74.99%	25.01%
N° 100	0.149	47.81	15.72%	90.71%	9.29%
N° 200	0.074	18.07	5.94%	96.65%	3.35%
< N° 200	0.074	10.20	3.35%	100.00%	0.00%
TOTAL		304.20	100.00%	MF	3.48

Gráfico N° 24: Requisito granulométrico del agregado fino



Fuente: Elaboración propia en base a la NTP 400.037

Tabla N° 32: Densidad relativa del agregado grueso

ITEM	FÓRMULA	ENSAYO N° 01	ENSAYO N° 02	ENSAYO N° 03	PROMEDIO
Peso de la Muestra Seca (A)	-----	5150.00 gr	4600.00 gr	4810.00 gr	-----
Peso Saturado Superficialmente Seco (B)	-----	5190.00 gr	4630.00 gr	4850.00 gr	-----
Peso de la Muestra en Agua (C)	-----	3180.00 gr	2830.00 gr	2970.00 gr	-----
GRAVEDAD ESPECÍFICA EN ESTADO SECO AL HORNO	$\frac{A}{(B - C)}$	2.56	2.56	2.56	2.56 gr/cm ³
GRAVEDAD ESPECÍFICA EN ESTADO SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO	$\frac{B}{(B - C)}$	2.58	2.57	2.58	2.58 gr/cm ³
GRAVEDAD ESPECÍFICA APARENTE	$\frac{A}{(A - C)}$	2.61	2.60	2.61	2.61 gr/cm ³
ABSORCIÓN	$\frac{(B - A)}{A}$	0.78%	0.65%	0.83%	0.75%

Tabla N° 33: Densidad relativa del agregado fino

ITEM	FÓRMULA	ENSAYO N° 01	ENSAYO N° 02	ENSAYO N° 03	PROMEDIO
Peso Saturado Superficialmente Seco (S)	-----	500.00 gr	500.00 gr	500.00 gr	-----
Peso Saturado Superficialmente Seco + Peso de Picnómetro (C)	-----	1019.30 gr	1019.30 gr	998.90 gr	-----
Peso del Picnómetro + Agua (B)	-----	711.60 gr	711.10 gr	691.80 gr	-----
Peso de la Muestra Seca (A)	-----	495.80 gr	493.20 gr	494.20 gr	-----
GRAVEDAD ESPECÍFICA EN ESTADO SECO AL HORNO	$\frac{A}{(B + S - C)}$	2.58 gr/cm ³	2.57 gr/cm ³	2.56 gr/cm ³	2.57 gr/cm ³
GRAVEDAD ESPECÍFICA EN ESTADO SATURADO SUPERFICIALMENTE	$\frac{S}{(B + S - C)}$	2.60 gr/cm ³	2.61 gr/cm ³	2.59 gr/cm ³	2.60 gr/cm ³
GRAVEDAD ESPECÍFICA APARENTE	$\frac{A}{(B + A - C)}$	2.64 gr/cm ³	2.67 gr/cm ³	2.64 gr/cm ³	2.65 gr/cm ³
ABSORCIÓN	$\frac{(S - A)}{A}$	0.85%	1.38%	1.17%	1.13%

Tabla N° 34: Peso específico del agua para ensayo de densidad de masa de los agregados

Peso Específico del Agua Para Ensayo Densidad de Masa del Agregado				
Ítem	Ensayo 01	Ensayo 02	Ensayo 03	Promedio
Peso de Fiola + Agua (gr)	710.700	710.800	710.700	710.733
Peso de Fiola (gr)	212.800	212.800	212.800	212.800
Peso de Agua (gr)	497.900	498.000	497.900	497.933
Volumen de Agua (cm ³)	500.000	500.000	500.000	500.000
Peso Específico del Agua (gr/cm ³)	0.996	0.996	0.996	0.996

Tabla N° 35: Factor agua para ensayo de densidad de masa de los agregados

Factor Agua (f) Para Ensayo de Densidad de Masa del Agregado				
Item	Ensayo 01	Ensayo 02	Ensayo 03	Promedio
Peso del Molde + Vidrio (gr)	5115.00	5115.00	5115.00	5115.00
Peso del Molde + Vidrio + Agua (gr)	14855.00	14850.00	14855.00	14853.33
Peso de Agua (gr)	9740.00	9735.00	9740.00	9738.33
Peso Específico del Agua (gr/cm³)	0.996	0.996	0.996	0.996
Volumne del Molde (cm³)	9780.43	9775.41	9780.43	9778.75
Factor de agua f (cm⁻³)	0.0001022	0.0001023	0.0001022	0.0001023

Tabla N° 36: Densidad de Masa del agregado grueso en estado seco suelto

ITEM	ENSAYO N° 01	ENSAYO N° 02	ENSAYO N° 03	PROMEDIO
PESO DEL MOLDE (gr)	4220	4220	4220	4220.00
PESO DEL MOLDE + AGREGADO (gr)	17940	18060	17960	17986.67
PESO DE AGREGADO (gr)	13720	13840	13740	13766.67
VOLUMEN DEL RECIPIENTE (gr)	9778.75	9778.75	9778.75	9778.75
DENSIDAD DE MASA EN ESTADO SECO SUELTO (gr/cm³)	1.403	1.415	1.405	1.408

Tabla N° 37: Densidad de Masa del agregado grueso en estado seco compactado

ITEM	ENSAYO N° 01	ENSAYO N° 02	ENSAYO N° 03	PROMEDIO
PESO DEL MOLDE (gr)	4220	4220	4220	4220.00
PESO DEL MOLDE + AGREGADO (gr)	18930	18900	18950	18926.67
PESO DE AGREGADO (gr)	14710	14680	14730	14706.67
VOLUMEN DEL RECIPIENTE (gr)	9778.75	9778.75	9778.75	9778.75
DENSIDAD DE MASA EN ESTADO SECO COMPACTADO (gr/cm³)	1.504	1.501	1.506	1.504

Tabla N° 38: Densidad de Masa del agregado fino en estado seco suelto

ITEM	ENSAYO N° 01	ENSAYO N° 02	ENSAYO N° 03	PROMEDIO
PESO DEL MOLDE (gr)	4220	4220	4220	4220.00
PESO DEL MOLDE + AGREGADO (gr)	19740	19870	19950	19853.33
PESO DE AGREGADO (gr)	15520	15650	15730	15633.33
VOLUMEN DEL RECIPIENTE (gr)	9778.75	9778.75	9778.75	9778.75
DENSIDAD DE MASA EN ESTADO SECO SUELTO (gr/cm³)	1.587	1.600	1.609	1.599

Tabla N° 39: Densidad de Masa del agregado fino en estado seco compactado

ITEM	ENSAYO N° 01	ENSAYO N° 02	ENSAYO N° 03	PROMEDIO
PESO DEL MOLDE (gr)	4220	4220	4220	4220.00
PESO DEL MOLDE + AGREGADO (gr)	20710	20820	20700	20743.33
PESO DE AGREGADO (gr)	16490	16600	16480	16523.33
VOLUMEN DEL RECIPIENTE (gr)	9778.75	9778.75	9778.75	9778.75
DENSIDAD DE MASA EN ESTADO SECO COMPACTADO (gr/cm ³)	1.686	1.698	1.685	1.690

Tabla N° 40: Porcentaje de vacíos del agregado

ITEM	Agregado Grueso	Agregado Fino
Densidad de masa seca suelta (kg/m ³)	1408.00	1599.00
Densidad de masa seca compactada (kg/m ³)	1504.00	1690.00
Gravedad específica de masa (gr/cm ³)	2.56	2.57
Densidad del agua (kr/m ³)	995.87	995.87
Vacíos en base al agregado suelto (%)	45%	38%
Vacíos en base al agregado suelto (%)	41%	34%

Tabla N° 41: Resistencia a la abrasión del agregado grueso

ITEM	FÓRMULA	ENSAYO N° 01	ENSAYO N° 02	ENSAYO N° 03	PROMEDIO
PESO DE TARA (gr)	A	270.00	275.00	295.60	-----
MUESTRA ANTES DE ENSAYO (gr)	B	5270.20	5274.60	5295.50	-----
MUESTRA DESPUÉS DE ENSAYO (gr)	C	3747.50	3775.80	3696.70	-----
ABRASIÓN	$\frac{(B - C)}{(B - A)}$	30.45%	29.98%	31.98%	30.80%

7.2. ANEXO II: PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE LA FIBRA

Tabla N° 42: Densidad relativa de la fibra vegetal

ITEM	FÓRMULA	ENSAYO N° 01	ENSAYO N° 02	ENSAYO N° 03	PROMEDIO
Peso Saturado Superficialmente Seco (S)	-----	21.00 gr	20.20 gr	23.50 gr	-----
Peso Saturado Superficialmente Seco + Peso de Picnómetro (C)	-----	697.70 gr	696.20 gr	699.30 gr	-----
Peso del Picnómetro + Agua (B)	-----	704.80 gr	700.00 gr	700.80 gr	-----
Peso de la Muestra Seca (A)	-----	6.20 gr	6.20 gr	6.20 gr	-----
GRAVEDAD ESPECÍFICA EN ESTADO SECO	$\frac{A}{(B + S + C)}$	0.22 gr/cm ³	0.26 gr/cm ³	0.25 gr/cm ³	0.24 gr/cm ³
GRAVEDAD ESPECÍFICA EN ESTADO SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO	$\frac{S}{(B + S + C)}$	0.75 gr/cm ³	0.84 gr/cm ³	0.94 gr/cm ³	0.84 gr/cm ³
GRAVEDAD ESPECÍFICA APARENTE	$\frac{A}{(B + A + C)}$	0.47 gr/cm ³	0.62 gr/cm ³	0.81 gr/cm ³	0.63 gr/cm ³
ABSORCIÓN	$\frac{(S - A)}{(A)}$	238.71%	225.81%	279.03%	247.85%

Tabla N° 43: Resistencia a la tracción de la fibra vegetal

ITEM	ENSAYO 01	ENSAYO 02	ENSAYO 03
Díametro Promedio	0.016 cm	0.016 cm	0.014 cm
Área Promedio por Fibra	0.000201 cm ²	0.000201 cm ²	0.000154 cm ²
Cantidad de Fibras	10	20	30
Área Total	0.002011 cm ²	0.004021 cm ²	0.004618 cm ²
Carga soportada	0.15 kg	0.43 kg	0.58 kg
RESISTENCIA	74.60 kg/cm²	106.93 kg/cm²	125.59 kg/cm²
	7.32 MPa	10.49 MPa	12.32 MPa
PROMEDIO	10.04 kg/cm²		

7.3. ANEXO III: ANÁLISIS QUÍMICO DE LOS AGREGADOS



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

ANÁLISIS DE IMPUREZAS ORGÁNICAS DE UNA MUESTRA DE AGREGADO GRUESO

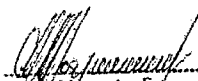
SOLICITA : EDINSON FERNANDO PAJARES URTEAGA
PROYECTO : TESIS: ANÁLISIS DEL INCREMENTO DE LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL
CONCRETO CON LA ADICIÓN DE LA FIBRA VEGETAL
CANTERA : CHANCADORA ROCA FUERTE – RIO CHONTA
PROCEDENCIA : CAJAMARCA - CAJAMARCA
FECHA : 20/02/15

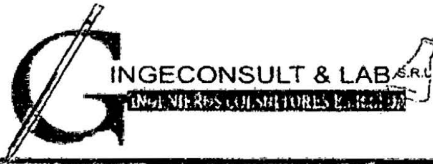
MÉTODO COLORIMÉTRICO ($K_2Cr_2O_7$)

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

Nota: La muestra fue alcanzado por el interesado a esta laboratorio para su análisis respectivo

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


Hugo Magsucira Estraver
Jefe Lab. Químico
I.Q. CIP 27864



Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,
 Concreto y Pavimentos, Análisis Químicos de Minerales y Agua.
 Estudio de: Mecánica de Suelos y Rocas, Concreto y Pavimentos.
 Impacto Ambiental, Construcción de Edificios, Obras de Ingeniería Civil.
 PROYECTOS - ASESORÍA Y CONSULTORÍA
 RPM: *696826 CELULAR: 976026950 TELEFONO: 964793

**ANÁLISIS DE pH, SULFATOS Y CLORUROS DE UNA MUESTRA DE
 AGREGADO GRUESO**

(NTP 339.176. AASHTO T290)

SOLICITA : EDINSON FERNANDO PAJARES URTEAGA
 PROYECTO : TESIS: ANÁLISIS DEL INCREMENTO DE LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL
 CONCRETO CON LA ADICIÓN DE LA FIBRA VEGETAL
 CANTERA : CHANCADORA ROCA FUERTE – RIO CHONTA
 PROCEDENCIA : CAJAMARCA - CAJAMARCA
 FECHA : 20/02/15

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

MUESTRA	Ph	SULFATOS (SO ₄) ²⁻ ppm	CLORUROS Cl ⁻¹ ppm	Temperatura (°C)
AGREGADO GRUESO	6.80	52.80	49.70	20

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


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



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

ANÁLISIS DE IMPUREZAS ORGÁNICAS DE UNA MUESTRA DE ARENA
MTC E 213

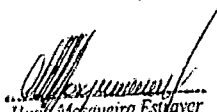
SOLICITA : EDINSON FERNANDO PAJARES URTEAGA
PROYECTO : TESIS: ANÁLISIS DEL INCREMENTO DE LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL
CONCRETO CON LA ADICIÓN DE LA FIBRA VEGETAL
CANTERA : CHANCADORA ROCA FUERTE - RÍO CHONTA
PROCEDENCIA : CAJAMARCA - CAJAMARCA
FECHA : 20/02/15

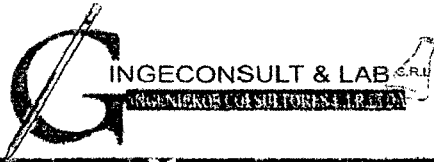
MÉTODO COLORIMÉTRICO ($K_2Cr_2O_7$)

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

Nota: La muestra fue alcanzado por el interesado a esta laboratorio para su análisis respectivo

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


Hugo Mosqueira Estayver
Jefe Lab. Química
I.O. CIP 27684



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

ANÁLISIS DE pH, SULFATOS Y CLORUROS DE UNA MUESTRA DE ARENA

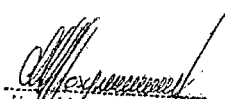
(NTP 339.176, AASHTO T290)

SOLICITA : EDINSON FERNANDO PAJARES URTEAGA
PROYECTO : TESIS: ANÁLISIS DEL INCREMENTO DE LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL
CONCRETO CON LA ADICIÓN DE LA FIBRA VEGETAL
CANTERA : CHANCADORA ROCA FUERTE - RIO CHONTA
PROCEDENCIA : CAJAMARCA - CAJAMARCA
FECHA : 20/02/13

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

MUESTRA	pH	SULFATOS (SO ₄) ⁻² ppm	CLORUROS Cl ⁻¹ ppm	Temperatura (°C)
ARENA	7.10	51.20	39.70	19

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


Hugo Mosquera Estriver
Jefe Lab. Química
I.Q. CIP 27064

7.4. ANEXO IV: ANÁLISIS QUÍMICO DEL AGUA



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

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE UNA MUESTRA DE AGUA

SOLICITA : EDINSON FERNANDO PAJARES URTEAGA
PROYECTO : TESIS: ANÁLISIS DEL INCREMENTO DE LA
 RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO CON LA
 ADICIÓN DE LA FIBRA VEGETAL
UBICACIÓN : UNC CAJAMARCA - CAJAMARCA
PROCEDENCIA : CAJAMARCA - CAJAMARCA
FECHA : 20/02/15

RESULTADOS DE ANÁLISIS

Nº ORDEN	CARACTERÍSTICAS	MEDIDAS	RESULTADOS	MÁXIMO RECOMENDADO OMS	MÁXIMO ADMISIBLE DIGESA CLASE I
01	ASPECTO	-	TRANSPARENTE	-	LIMPIO
02	OLOR	-	INODORO	-	INOFENSIVO
03	SABOR	-	AGRADABLE	-	INOFENSIVO
04	COLOR	-	INCOLORO	15	15
05	CONDUCTIVIDAD A 20°C	µS/CM	135	-	2000
06	SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	ppm	114	500	1000
07	SÓLIDOS SUSPENSIÓN	ppm	96	250	300
08	DUREZA CALCIO (CaCO ₃)	ppm	86	75	200
09	DUREZA MAGNESTO (CaCO ₃)	ppm	75	30	150
10	pH	Unid	8.10	-	6.5 - 8.5
11	ALCALINIDAD TOTAL CaCO ₃	ppm	22.4	-	25

Hugo Mosquera Estrayer
 Hugo Mosquera Estrayer
 Jefe Lab. Químicos
 I.C. CIP 27654

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

12	TURBIDEZ	NTU	3	5	-
13	ARSÉNICO	ppm	-	0.1	-
14	PLOMO	ppm	-	0.1	-
15	SELENIO	ppm	0.001	0.05	-
16	FÓSFORO	ppm	0.02	0.1	-
17	OXIGENO DISUELTO (O ₂)	-	1.3	-	2.5
18	CLORUROS (Cl ⁻)	ppm	62.4	-	250
19	ALUMINIO (Al ³⁺)	ppm	0.01	0.2	0.2
20	SULFATOS (SO ₄) ²⁻	ppm	59.5	250	400
21	FIERRO (Fe)	-	0.02	0.1	1.0
22	COBRE (Cu)	ppm	0.01	0.05	1.5
23	MANGANESO (Mn)	ppm	0.03	0.5	0.5
24	NITRITO (NO ₂) ⁻	ppm	0.02	3.0	3.0
25	ZINC (Zn)	ppm	-	3.0	3.00
26	NITRATO (NO ₃) ⁻	ppm	-	50.00	50.0
27	CADMIO (Cd)	ppm	-	0.003	0.003
28	CROMO (Cr)	ppm	-	0.05	0.05
29	FLORURO F ⁻	-	-	1.5	1.0

Nota: La muestra fue alcanzada al Laboratorio por el interesado.


 Hugo Mosquera Estráver
 Jefe Lab. Químico
 I.Q. CIP 27064

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

ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO DE UNA MUESTRA DE AGUA

SOLICITA : EDINSON FERNANDO PAJARES URTEAGA
PROYECTO : TESIS: ANÁLISIS DEL INCREMENTO DE LA
 RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO CON LA
 ADICIÓN DE LA FIBRA VEGETAL
UBICACIÓN : UNC CAJAMARCA - CAJAMARCA
PROCEDENCIA : CAJAMARCA - CAJAMARCA
FECHA : 20/02/15

ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO MÉTODO FILTRO DE MEMBRANA

RECEPCIÓN DE MUESTRA : 12/12/2015 HORA: 9:00 a.m.
 RESULTADO DE ANÁLISIS : 20/12/2015 HORA: 11.00 a.m.

REGISTRO

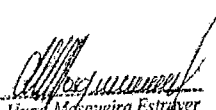
VOLUMEN FILTRADO	Nº COLIFORMES ENCONTRADAS MNP/100 ML	Nº COLIFORMES FECALES TOTALES MNP/ 100ML
100ml.	1.00	0.0

OBSERVACIONES:

CLASIFICACIÓN DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO

CATEGORÍA	RECuento DE COLIFORMES FECALES MNP/ 100 ML
<u>A</u>	0 AGUA BACTERIOLÓGICAMENTE APTA
B	1-10 AGUA BACTERIOLÓGICAMENTE INAPTA (CONTAMINADA)
C	11-50 AGUA BACTERIOLÓGICAMENTE INAPTA (CONTAMINADA)
D	Máyor a 50 AGUA BACTERIOLÓGICAMENTE INAPTA (CONTAMINADA)

Conclusión: La muestra de agua se encuentra en la categoría A, el cual se encuentra dentro de los límites permisibles de acuerdo de la norma DIGESA y OMS para su consumo como agua potable.


 Hugo Mosquera Estráver
 Jefe Lab. Químico
 C. CIP 27864

7.5. ANEXO V: FICHA TÉCNICA DEL CEMENTO UTILIZADO



CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.
 Calle 1ª Oriental N.º 150 M. P. El Valle de Matucana Santiago de Surco - Lima
 Carretera Panamericana Sur, Km. 64.8 Pacasmayo - La Libertad
 Teléfono 317 - 0730



SGG-REG-06-0002
 Versión 01

Cemento Portland Tipo I

Conforme a la NTP 334.009 / ASTM C 150
 Pacasmayo, 14 de noviembre 2014

COMPOSICIÓN QUÍMICA		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
MgO	%	2.7	Máximo 6.0
SO ₃	%	2.7	Máximo 3.0
Pérdida por Ignición	%	1.2	Máximo 3.0
Residuo Insoluble	%	0.28	Máximo 0.75

PROPIEDADES FÍSICAS		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
Contenido de Al ₂ O ₃	%	11	Máximo 12
Expansión en Autoclave	%	0.12	Máximo 0.20
Superficie Específica	m ² /g	3400	Mínimo 2800
Densidad	g/cm ³	3.15	NO ESPECÍFICA

Resistencia Compresión:			
Resistencia Compresión a 28 días	MPa (kg/cm ²)	25 (255)	Mínimo 32.0 (Mínimo 122)
Resistencia Compresión a 7 días	MPa (kg/cm ²)	32.0 (316)	Mínimo 19.0 (Mínimo 164)
Resistencia Compresión a 28 días (*)	MPa (kg/cm ²)	38.7 (379)	Mínimo 28.0 (Mínimo 228)

Tiempo de Fragado Vicat:			
Fragado Inicial	min	185	Mínimo 46
Fragado Final	min	315	Máximo 375

Las resistencias arriba mostradas, corresponden al cemento deshidratado a una humedad del 10.2% el 14 de noviembre 2014.
 La resistencia a compresión a 28 días corresponde al mes de noviembre 2014.
 (*) Requisito especial.

J. Yanuzzi Rojas

Jg. Yanuzzi Rojas
 Superintendente de Control de Calidad

Requisitado por: Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.

Este documento prohíbe la reproducción total o parcial de sus contenidos sin la autorización de Cementos Pacasmayo S.A.A.

7.6. ANEXO VI: CERTIFICADO DE LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA



Universidad Nacional de Cajamarca

"Norte de la Universidad Peruana"

Fundada por Ley 14015 del 13 de febrero de 1962

FACULTAD DE INGENIERÍA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES




EL QUE SUSCRIBE: JEFE DE LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES DE
LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

CERTIFICA

Que el bachiller en Ingeniería Civil PAJARES URTEAGA EDINSON FERNANDO identificado con código ANR N° 2008100062, ex alumno de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Nacional de Cajamarca, ha registrado su asistencia a este laboratorio entre los períodos de junio a diciembre del 2014, dicho alumno ha realizado durante este periodo los ensayos necesarios para el desarrollo de la tesis titulada "ANÁLISIS DEL INCREMENTO DE LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO CON LA ADICIÓN DE FIBRA VEGETAL", dichos resultados obran en este laboratorio para las consultas necesarias.

Se expide el presente certificado a solicitud del interesado para los fines que crea convenientes.

Cajamarca diciembre del 2014


UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
Laboratorio de Ensayo de Materiales
Juan Villalobos

7.7. ANEXO VII: TABLAS PARA EL DISEÑO DE MEZCLAS

Tabla N° 44: Resistencia a la compresión promedio

$f'c$ (kg / cm ²)	$f'cr$ (kg / cm ²)
Menor de 214.20	$f'c + 71.4$
214.20 a 357.00	$f'c + 86.7$
Mayor de 357.00	$1.1f'c + 51$

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma E-060

Tabla N° 45: Requerimientos de agua en L/m³ y contenido de aire del concreto para los tamaños nominales máximos del agregado grueso y consistencia indicada

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

Fuente: Rivva (2014b)

Tabla N° 46: Relación agua/cemento del concreto por resistencia

Relación agua/cemento	Resistencia probable a los 28 días	
	Sin aire incorporado	Con aire incorporado
0.35	420	335
0.45	350	280
0.54	280	225
0.63	225	180
0.71	175	140
0.80	140	110

Fuente: Rivva (2014b)

Tabla N° 47: Módulo de finura de la combinación de agregados

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

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

7.8. ANEXO VIII: DISEÑO DE MEZCLAS

Tabla N° 48: Diseño de mezcla de concreto empleada para correcciones

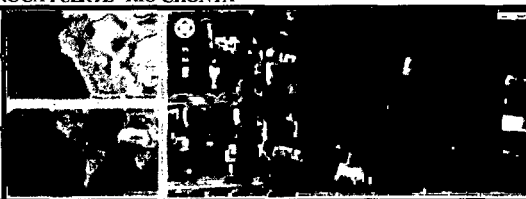
TESIS : ANÁLISIS DEL INCREMENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO CON ADICIÓN DE FIBRA VEGETAL			
TESISTA : Bach. Ing. Civil Edinson Fernando Pajares Urteaga			
DISEÑO DE MEZCLAS USANDO EL MÉTODO DEL MÓDULO DE FINURA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS			
Fecha de Diseño	: Lunes 16 de junio del 2014		
Realizado por	: Bach. Ing. Civil Edinson Fernando Pajares Urteaga		
Revisado por	: Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNC		
UBICACIÓN DEL LUGAR DE EXTRACCIÓN DE LOS AGREGADOS			
Cantera de donde se extraen los materiales : PLANTA DE CHANCADO ROCA FUERTE - RIO CHONTA			
DATUM	USO	FRANJA	
WGS-84	17	M	
COORDENADAS GEOGRÁFICAS	LATITUD :	07° 09' 43.54" S	
	LONGITUD :	78° 28' 04.20" O	
COORDENADAS UTM	COTA :		
	ESTE :	0779671.50	
	NORTE :	9207561.09	
	COTA :		
CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO			
Resistencia a la compresión especificada del Concreto (f'c)	=	280.00	kg / cm ²
Selección		214.20 a 357.00	kg / cm ²
Incremento		86.70	kg / cm ²
Resistencia promedio a la compresión del Concreto (f'cr)	=	366.70	kg / cm ²
CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES			
AGREGADO FINO		AGREGADO GRUESO	
Peso unitario suelto seco (kg/m ³)	: 1599	Peso unitario suelto seco (kg/m ³)	: 1408.00
Peso unitario seco compactado (kg/m ³)	: 1690	Peso unitario seco compactado (kg/m ³)	: 1504.00
Peso específico de masa (gr/cm ³)	: 2.57	Peso específico de masa (gr/cm ³)	: 2.56
Absorción (%)	: 1.13	Absorción (%)	: 0.75
Contenido de Humedad (%)	: 3.50	Contenido de Humedad (%)	: 1.00
Módulo de Finura	: 3.45	Módulo de Finura	: 7.66
CEMENTO		FIBRA	
Norma	: NTP 334.009-2013	Tamaño máximo Nominal (Pulg.)	: 1"
Tipo de Cemento	: Pacasmayo Tipo I	Perfil del Agregado	: Angular
Peso Específico (gr/cm ³)	: 3.11	Peso específico de masa (gr/cm ³)	: 0.24
AGUA		Absorción (%)	: 247.85
Norma	: NTP 334.088-2006	Contenido de Humedad (%)	: 0.00
Peso Específico (gr/cm ³)	: 1.00		
DISEÑO DE MEZCLA			
Selección del Asentamiento	Tipo de consistencia :		Plástica
Tipo de Concreto a diseñar	Asentamiento :		3" - 4"
Volumen unitario de Agua	Concreto sin Aire Incorporado		
Contenido de aire total	193.00 lt/m ³		
Relación Agua / Cemento	1.50 %		
Factor cemento	0.43		
Cálculo de los Volúmenes Absolutos de los elementos de la Pasta :	Factor Cemento	: 448.80	Kg/m ³
	Factor Cemento	: 10.6	Bolsas/m ³
	Cemento	: 0.144	m ³
	Agua	: 0.193	m ³
Volumen absolutos de los Agregados.	Aire	: 0.015	m ³
	Suma de Volúmenes	: 0.352	m ³
	Volumen absoluto	: 0.648	m ³
Módulo de finura de la Combinación de Agregados	Contenido de Cemento	: 10.6	Bolsas/m ³
	TMN	: 1"	
	MFCA	: 5.42	
Agregado Fino en relación al volumen absoluto total de Agregado.	Porcentaje de Agregado Fino	: 53.21	%
Volúmenes absolutos de los Agregados.	Agregado Fino	: 0.345	m ³
	Agregado Grueso	: 0.303	m ³
	Agregado Fino	: 885.70	Kg/m ³
Peso Seco de los Agregados.	Agregado Grueso	: 775.90	Kg/m ³
	Cemento	: 448.80	Kg/m ³
	Agua de diseño	: 193.00	lt/m ³
Cantidad de materiales calculados por el Método del Módulo de Finura de la Combinación de Agregados a ser empleados como valores de Diseño.	Agregado Fino seco	: 885.70	Kg/m ³
	Agregado Grueso seco	: 775.90	Kg/m ³
	Cemento	: 42.50	Kg/bls
	Agua de diseño	: 18.28	lt/bls
Cantidad de materiales en peso seco que se necesitan en una tanda de un saco de Cemento.	Agregado Fino seco	: 83.87	Kg/bls
	Agregado Grueso seco	: 73.48	Kg/bls
	Cemento	: 1	
	Agregado fino seco	: 1.97	
Proporción en peso de los materiales sin ser corregidos por humedad del agregado	Agregado grueso seco	: 1.73	
	Agua de Diseño	: 18.3	lt/bls

Tabla N° 49: Corrección por contenido de humedad de los agregados para la preparación de especímenes de prueba

TESIS : ANÁLISIS DEL INCREMENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO CON ADICIÓN DE FIBRA VEGETAL	
TESISTA : Bach. Ing. Civil Edinson Fernando Pajares Urteaga	
CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS DE LOS VALORES DE DISEÑO	
Fecha de Corrección : Miércoles 18 de junio del 2014	
Realizado por : Bach. Ing. Civil Edinson Fernando Pajares Urteaga	
Revisado por : Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNC	
CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS DE LOS VALORES DE DISEÑO	
Cantera de donde se extraen los materiales : PLANTA DE CHANCADO ROCA FUERTE- RIO CHONTA	
Materiales de Diseño	Cemento : 448.80 Kg/m ³
	Agua de diseño : 193.00 lt/m ³
	Agregado Fino seco : 885.70 Kg/m ³
	Agregado Grueso seco : 775.90 Kg/m ³
Contenido de Humedad de los Componentes	Agregado Fino : 3.50 %
	Agregado Grueso : 1.00 %
Absorción de los Componentes	Agregado Fino : 1.13 %
	Agregado Grueso : 0.75 %
Peso Húmedo de los Componentes	Agregado Fino : 916.70 Kg/m ³
	Agregado Grueso : 783.70 Kg/m ³
Humedad Superficial de los Componentes	Agregado Fino : 2.37 %
	Agregado Grueso : 0.25 %
Aporte de Humedad de los Componentes	Agregado Fino : 21.00 lt/m ³
	Agregado Grueso : 1.90 lt/m ³
	Aporte Total : 22.90 lt/m ³
Agua Efectiva	Agua Efectiva : 170.10 lt/m ³
Peso de los materiales corregidos por humedad a ser emplados en las mezclas de prueba por m ³	Cemento : 448.80 Kg/m ³
	Agua Efectiva : 170.10 lt/m ³
	Agregado Fino Húmedo : 916.70 Kg/m ³
	Agregado Grueso Húmedo : 783.70 Kg/m ³
Relación Agua / Cemento Efectiva	: 0.38
Cantidad de materiales corregidos por humedad que se necesitan en una tanda de un saco de Cemento.	Cemento : 42.5 Kg/bls
	Agua Efectiva : 16.1 lt/bls
	Agregado fino húmedo : 86.8 Kg/bls
	Agregado grueso húmedo : 74.2 Kg/bls
Proporción en peso de los materiales corregidos por Humedad del Agregado.	Cemento : 1
	Agregado fino húmedo : 2.04
	Agregado grueso húmedo : 1.75
	Agua Efectiva : 16.1 lt / saco

Tabla N° 50: Corrección por agua adicional, apariencia, asentamiento y contenido de aire de los agregados

TESIS : ANÁLISIS DEL INCREMENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO CON ADICIÓN DE FIBRA VEGETAL TESISTA : Bach. Ing. Civil Edinson Fernando Pajares Urteaga	
CORRECCIÓN POR APARIENCIA, ASENTAMIENTO, AGUA ADICIONAL Y CONTENIDO DE AIRE	
Fecha de Corrección : Jueves 19 de junio del 2014 Realizado por : Bach. Ing. Civil Edinson Fernando Pajares Urteaga Revisado por : Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNC	
CORRECCIÓN A PARTIR DE LOS VALORES DE OBTENIDOS Cantera de donde se extraen los materiales : PLANTA DE CHANCADO ROCA FUERTE- RIO CHONTA	
Contenido de Humedad de los Componentes	Agregado Fino : 3.50 %
	Agregado Grueso : 1.00 %
Absorción de los Componentes	Agregado Fino : 1.13 %
	Agregado Grueso : 0.75 %
Humedad Superficial de los Componentes	Agregado Fino : 2.37 %
	Agregado Grueso : 0.25 %
Materiales de diseño por tanda (0.02 m3)	Cemento : 8.98 Kg/tanda
	Agua de diseño : 3.86 lt/tanda
	Agregado Fino seco : 17.71 Kg/tanda
	Agregado Grueso seco : 15.52 Kg/tanda
Materiales corregidos por humedad por tanda (0.02 m3)	Cemento : 8.98 Kg/tanda
	Agua Efectiva : 3.40 lt/tanda
	Agregado fino húmedo : 18.33 Kg/tanda
	Agregado grueso húmedo : 15.67 Kg/tanda
Datos obtenidos en laboratorio	Apariencia : Homogenea
	Asentamiento : 11.74 cm
	Agua adicional : 220.00 cm3
	Contenido de Aire : 0.08 %
	Peso Unitario del Concreto : 2304.29 Kg/m3
Tanda de mezclado	Cemento : 8.98 Kg/tanda
	Agua Añadida : 3.62 lt/tanda
	Agregado fino húmedo : 18.33 Kg/tanda
	Agregado grueso húmedo : 15.67 Kg/tanda
	Peso de la Colada : 46.61 Kg/tanda
Rendimiento	Rendimiento de la tanda : 0.0202257662 m3/tanda
Agua de mezclado por tanda	Aporte del Agregado Fino : 0.42 lt/tanda
	Aporte del Agregado Grueso : 0.04 lt/tanda
	Agua Añadida : 3.62 lt/tanda
	Agua de mezclado por tanda : 4.08 lt/tanda
Agua de mezclado por m3, corrección por agua adicional	Agua de mezclado por m3 : 201.82 lt/m3
Corrección por asentamiento (Incremento de 2 lt por cada incremento de 1 cm en asentamiento)	Asentamiento deseado : 9.00 cm
	Asentamiento obtenido : 11.74 cm
	Disminuir asentamiento en : -2.74 cm
	Disminuir el agua de mezcla en : -5.48 lt/m3
Agua de mezclado por m3, corrección por asentamiento	Agua de mezclado por m3 : 196.34 lt/m3
Corrección por contenido de aire (Incremento de 3 lt por cada disminución de 1 % en el contenido de aire)	Contenido de aire deseado : 1.50 %
	Contenido de aire obtenido : 0.08 %
	Incrementar el contenido de aire en : 1.42 %
	Disminuir el agua de mezcla en : -4.26 lt/m3
Agua de mezclado por m3, corrección por contenido de aire	Agua de mezclado por m3 : 192.08 lt/m3
Corrección por apariencia de la mezcla (Método de los volúmenes absolutos)	Agua de diseño : 0.1921 m3
	Cemento : 0.1436 m3
	Aire atrapado : 0.0150 m3
	Agregado grueso : 0.3038 m3
	Agregado fino : 0.3455 m3
Nuevos Materiales de Diseño	Agua de diseño : 192.10 lt/m3
	Cemento : 446.60 Kg/m3
	Agregado grueso : 777.73 Kg/m3
	Agregado fino : 887.94 Kg/m3
	Aire atrapado : 1.50 %

Tabla N° 51: Corrección por variación de la resistencia debido al grado de hidratación del concreto

TESIS : ANÁLISIS DEL INCREMENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO CON ADICIÓN DE FIBRA VEGETAL	
TESISTA : Bach. Ing. Civil Edinson Fernando Pajares Urteaga	
CORRECCIÓN POR RESISTENCIA	
Fecha de Corrección : Miércoles 25 de junio del 2014	
Realizado por : Bach. Ing. Civil Edinson Fernando Pajares Urteaga	
Revisado por : Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNC	
CORRECCIÓN A PARTIR DE LOS VALORES DE OBTENIDOS	
Cantera de donde se extraen los materiales : PLANTA DE CHANCADO ROCA FUERTE- RIO CHONTA	
Resistencia promedio de los especímenes de ensayo a los 7 días	Resistencia del espécimen 01 : 297.94 kg/cm²
	Resistencia del espécimen 02 : 322.12 kg/cm²
	Resistencia del espécimen 03 : 312.82 kg/cm²
	Resistencia de 03 especímenes : 310.96 kg/cm²
Probable resistencia a los 28 días (1.4 de la resistencia a los 7 días)	Resistencia probable a los 28 días : 435.34 kg/cm²
Resistencia deseada a los 28 días	Resistencia deseada a los 28 días f_c : 280.00 kg/cm²
Relación a/c empleada en el diseño original	Relación a/c diseño original : 0.43
Grado de hidratación del concreto bajo las condiciones de curado	Grado de hidratación (α) : 0.52
Relación a/c empleada en el diseño original	Relación a/c corregida por hidrat. : 0.52
Nuevos Materiales de Diseño	Agua de diseño : 192.10 lt/m³
	Cemento : 369.42 Kg/m³
	Agregado grueso seco : 807.45 Kg/m³
	Agregado fino seco : 921.87 Kg/m³
	Aire atrapado : 1.50 %

Tabla N° 52: Diseño base luego de efectuadas todas las correcciones

TESIS : ANÁLISIS DEL INCREMENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO CON ADICIÓN DE FIBRA VEGETAL	
TESISTA : Bach. Ing. Civil Edinson Fernando Pajares Urteaga	
CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS DE LOS VALORES DE DISEÑO YA CORREGIDOS POR RESISTENCIA	
Fecha de Corrección : Viernes 27 de junio del 2014	
Realizado por : Bach. Ing. Civil Edinson Fernando Pajares Urteaga	
Revisado por : Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNC	
CORRECCIÓN A PARTIR DE LOS VALORES DE OBTENIDOS	
Cantera de donde se extraen los materiales : PLANTA DE CHANCADO ROCA FUERTE - RIO CHONTA	
Materiales de Diseño	Cemento : 369.42 Kg/m ³
	Agua de diseño : 192.10 lt/m ³
	Agregado Fino seco : 921.87 Kg/m ³
	Agregado Grueso seco : 807.45 Kg/m ³
Contenido de Humedad de los Componentes	Agregado Fino : 3.00 %
	Agregado Grueso : 0.50 %
Absorción de los Componentes	Agregado Fino : 1.13 %
	Agregado Grueso : 0.75 %
Peso Húmedo de los Componentes	Agregado Fino : 949.50 Kg/m ³
	Agregado Grueso : 811.50 Kg/m ³
Humedad Superficial de los Componentes	Agregado Fino : 1.87 %
	Agregado Grueso : -0.25 %
Aporte de Humedad de los Componentes	Agregado Fino : 17.20 lt/m ³
	Agregado Grueso : -2.00 lt/m ³
	Aporte Total : 15.20 lt/m ³
Agua Efectiva	Agua Efectiva : 176.90 lt/m ³
Peso de los materiales corregidos por humedad a ser empleados en las mezclas de prueba por m³	Cemento : 369.42 Kg/m ³
	Agua Efectiva : 176.90 lt/m ³
	Agregado Fino Húmedo : 949.50 Kg/m ³
	Agregado Grueso Húmedo : 811.50 Kg/m ³
Relación Agua / Cemento Efectiva	: 0.48
Cantidad de materiales corregidos por humedad que se necesitan en una tanda de un saco de Cemento.	Cemento : 42.5 Kg/bls
	Agua Efectiva : 20.4 lt/bls
	Agregado fino húmedo : 109.2 Kg/bls
	Agregado grueso húmedo : 93.4 Kg/bls
Proporción en peso de los materiales corregidos por Humedad del Agregado.	Cemento : 1
	Agregado fino húmedo : 2.57
	Agregado grueso húmedo : 2.20
	Agua Efectiva : 20.4 lt / saco
Proporción en volumen de obra de los materiales componentes del concreto.	Cemento : 1
	Agregado fino : 2.34
	Agregado grueso : 2.33
	Agua Efectiva : 20.4 lt / saco

Tabla N° 53: Diseño de mezcla con una adición de 0.50% de fibra vegetal

TESIS : ANÁLISIS DEL INCREMENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO CON ADICIÓN DE FIBRA VEGETAL		
TESISTA : Bach. Ing. Civil Edinson Fernando Pajares Urteaga		
DISEÑO DE MEZCLAS USANDO EL MÉTODO DEL MÓDULO DE FINURA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS		
Fecha de Diseño : Miércoles 25 de junio del 2014		
Realizado por : Bach. Ing. Civil Edinson Fernando Pajares Urteaga		
Revisado por : Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNC		
UBICACIÓN DEL LUGAR DE EXTRACCIÓN DE LOS AGREGADOS		
Cantera de donde se extraen los materiales : PLANTA DE CHANCADO ROCA FUERTE- RIO CHONTA		
DATUM	USO	
WGS-84	17	
COORDENADAS GEOGRÁFICAS	FRANJA	
	M	
	LATITUD : 07° 09' 43.54" S	
	LONGITUD : 78° 28' 04.20" O	
	COTA :	
COORDENADAS UTM	ESTE : 0779671.50	
	NORTE : 9207561.09	
	COTA :	
CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO		
Resistencia a la compresión especificada del Concreto (f_c)	= 280.00 kg / cm ²	
Selección	214.20 a 357.00 kg / cm ²	
Incremento	86.70 kg / cm ²	
Resistencia promedio a la compresión del Concreto (f_{cr})	= 366.70 kg / cm ²	
CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES		
AGREGADO FINO		
Peso unitario suelto seco (kg/m³) :	1599	
Peso unitario seco compactado (kg/m³) :	1690	
Peso específico de masa (gr/cm³) :	2.57	
Absorción (%) :	1.13	
Contenido de Humedad (%) :	3.00	
Módulo de Finura :	3.45	
AGREGADO GRUESO		
Peso unitario suelto seco (kg/m³) :	1408.00	
Peso unitario seco compactado (kg/m³) :	1504.00	
Peso específico de masa (gr/cm³) :	2.56	
Absorción (%) :	0.75	
Contenido de Humedad (%) :	0.50	
Módulo de Finura :	7.66	
CEMENTO		
Norma :	NTP 334.009-2013	
Tipo de Cemento :	Pacasmayo Tipo I	
Peso Específico (gr/cm³) :	3.11	
AGUA		
Norma :	NTP 334.088-2006	
Peso Específico (gr/cm³) :	1.00	
FIBRA		
Tamaño máximo Nominal (Pulg.) :	1"	
Perfil del Agregado :	Angular	
Peso específico de masa (gr/cm³) :	0.24	
Absorción (%) :	247.85	
Contenido de Humedad (%) :	0.00	
DISEÑO DE MEZCLA		
Materiales de diseño con 0.00% de adición de fibra vegetal	Agua de diseño :	192.10 lt/m ³
	Cemento :	369.42 Kg/m ³
	Agregado grueso seco :	807.45 Kg/m ³
	Agregado fino seco :	921.87 Kg/m ³
	Aire atrapado :	1.50 %
Volúmenes absolutos de materiales de diseño con 0.00% de adición de fibra vegetal	Agua de diseño :	0.192 m ³
	Cemento :	0.119 m ³
	Agregado grueso seco :	0.315 m ³
	Agregado fino seco :	0.359 m ³
	Aire atrapado :	0.015 m ³
Porcentaje de agregados en la mezcla	Agregado grueso seco :	46.79 %
	Agregado fino seco :	53.21 %
Volúmenes absolutos de materiales de diseño con 0.50% de adición de fibra vegetal	Agua de diseño :	0.192 m ³
	Cemento :	0.119 m ³
	Fibra :	0.005 m ³
	Agregado grueso seco :	0.313 m ³
	Agregado fino seco :	0.356 m ³
	Aire atrapado :	0.015 m ³
Cantidad de materiales calculados por el Método del Módulo de Finura de la Combinación de Agregados a ser empleados como valores de Diseño con una Adición de 0.50 % de Fibra.	Agua de diseño :	192.10 lt/m ³
	Cemento :	369.42 Kg/m ³
	Fibra :	1.20 Kg/m ³
	Agregado grueso seco :	801.48 Kg/m ³
	Agregado fino seco :	915.01 Kg/m ³
	Aire atrapado :	1.50 %

Tabla N° 54: Corrección por contenido de humedad del diseño de mezcla con una adición de 0.50% de fibra vegetal

TESIS : ANÁLISIS DEL INCREMENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO CON ADICIÓN DE FIBRA VEGETAL	
TESISTA : Bach. Ing. Civil Edinson Fernando Pajares Urteaga	
CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS DE LOS VALORES DE DISEÑO	
Fecha de Corrección : Jueves 3 de julio del 2014	
Realizado por : Bach. Ing. Civil Edinson Fernando Pajares Urteaga	
Revisado por : Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNC	
CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS DE LOS VALORES DE DISEÑO	
Cantera de donde se extraen los materiales: PLANTA DE CHANCADO ROCA FUERTE - RIO CHONTA	
Materiales de Diseño	Cemento : 369.42 Kg/m ³
	Agua de diseño : 192.10 lt/m ³
	Fibra : 1.20 Kg/m ³
	Agregado Fino seco : 915.01 Kg/m ³
	Agregado Grueso seco : 801.48 Kg/m ³
Contenido de Humedad de los Componentes	Agregado Fino : 3.00 %
	Agregado Grueso : 0.50 %
	Fibra : 0.00 %
Absorción de los Componentes	Agregado Fino : 1.13 %
	Agregado Grueso : 0.75 %
	Fibra : 247.85 %
Peso Húmedo de los Componentes	Agregado Fino : 942.50 Kg/m ³
	Agregado Grueso : 805.50 Kg/m ³
	Fibra : 1.20 Kg/m ³
Humedad Superficial de los Componentes	Agregado Fino : 1.87 %
	Agregado Grueso : -0.25 %
	Fibra : -247.85 %
Aporte de Humedad de los Componentes	Agregado Fino : 17.10 lt/m ³
	Agregado Grueso : -2.00 lt/m ³
	Fibra : -2.97
	Aporte Total : 12.13 lt/m ³
Agua Efectiva	Agua Efectiva : 179.97 lt/m ³
Peso de los materiales corregidos por humedad a ser empleados en las mezclas de prueba por m ³	Cemento : 369.42 Kg/m ³
	Agua Efectiva : 179.97 lt/m ³
	Fibra Húmeda : 1.20 Kg/m ³
	Agregado Fino Húmedo : 942.50 Kg/m ³
	Agregado Grueso Húmedo : 805.50 Kg/m ³
Relación Agua / Cemento Efectiva	: 0.49
Cantidad de materiales corregidos por humedad que se necesitan en una tanda de un saco de Cemento.	Cemento : 42.50 Kg/bls
	Agua Efectiva : 20.71 lt/bls
	Fibra húmeda : 0.14 Kg/bls
	Agregado fino húmedo : 108.43 Kg/bls
	Agregado grueso húmedo : 92.67 Kg/bls
Proporción en peso de los materiales corregidos por Humedad del Agregado.	Cemento : 1
	Agregado fino húmedo : 2.55
	Agregado grueso húmedo : 2.18
	Fibra húmeda : 0.0032
	Agua Efectiva : 20.7 lt / saco
Proporción en volumen de obra de los materiales componentes del concreto.	Cemento : 1
	Agregado fino : 2.32
	Agregado grueso : 2.31
	Agua Efectiva : 20.7 lt / saco

Tabla N° 55: Diseño de mezcla con una adición de 1.00% de fibra vegetal


TESIS	: ANÁLISIS DEL INCREMENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO CON ADICIÓN DE FIBRA VEGETAL		
TESISTA	: Bach. Ing. Civil Edinson Fernando Pajares Urteaga		
DISEÑO DE MEZCLAS USANDO EL MÉTODO DEL MÓDULO DE FINURA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS			
Fecha de Diseño	: Miércoles 25 de junio del 2014		
Realizado por	: Bach. Ing. Civil Edinson Fernando Pajares Urteaga		
Revisado por	: Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNC		
UBICACIÓN DEL LUGAR DE EXTRACCIÓN DE LOS AGREGADOS			
Cantera de donde se extraen los materiales : PLANTA DE CHANCADO ROCA FUERTE - RIO CHONTA			
DATUM WGS-84	USO 17	FRANJA M	
COORDENADAS GEOGRÁFICAS	LATITUD :	07° 09' 43.54" S	
	LONGITUD :	78° 28' 04.20" O	
COORDENADAS UTM	COTA :		
	ESTE :	0779671.50	
	NORTE :	9207561.09	
COTA :			
CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO			
Resistencia a la compresión especificada del Concreto (f'c)	=	280.00	kg / cm ²
Selección		214.20 a 357.00	kg / cm ²
Incremento		86.70	kg / cm ²
Resistencia promedio a la compresión del Concreto (f'cr)	=	366.70	kg / cm ²
CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES			
AGREGADO FINO		AGREGADO GRUESO	
Peso unitario suelto seco (kg/m ³)	:	1599	Peso unitario suelto seco (kg/m ³) : 1408.00
Peso unitario seco compactado (kg/m ³)	:	1690	Peso unitario seco compactado (kg/m ³) : 1504.00
Peso específico de masa (gr/cm ³)	:	2.57	Peso específico de masa (gr/cm ³) : 2.56
Absorción (%)	:	1.13	Absorción (%) : 0.75
Contenido de Humedad (%)	:	3.00	Contenido de Humedad (%) : 0.50
Módulo de Finura	:	3.45	Módulo de Finura : 7.66
CEMENTO		Tamaño máximo Nominal (Pulg.)	
Norma	:	NTP 334.009-2013	Tamaño máximo Nominal (Pulg.) : 1"
Tipo de Cemento	:	Pacasmayo Tipo I	Perfil del Agregado : Angular
AGUA		FIBRA	
Peso Específico (gr/cm ³)	:	3.11	Peso específico de masa (gr/cm ³) : 0.24
Norma	:	NTP 334.088-2006	Absorción (%) : 247.85
Peso Específico (gr/cm ³)	:	1.00	Contenido de Humedad (%) : 0.00
DISEÑO DE MEZCLA			
Materiales de diseño con 0.00% de adición de fibra vegetal	Agua de diseño	:	192.10 lt/m ³
	Cemento	:	369.42 Kg/m ³
	Agregado grueso seco	:	807.45 Kg/m ³
	Agregado fino seco	:	921.87 Kg/m ³
	Aire atrapado	:	1.50 %
Volúmenes absolutos de materiales de diseño con 0.00% de adición de fibra vegetal	Agua de diseño	:	0.192 m ³
	Cemento	:	0.119 m ³
	Agregado grueso seco	:	0.315 m ³
	Agregado fino seco	:	0.359 m ³
	Aire atrapado	:	0.015 m ³
Porcentaje de agregados en la mezcla	Agregado grueso seco	:	46.79 %
	Agregado fino seco	:	53.21 %
Volúmenes absolutos de materiales de diseño con 1.00% de adición de fibra vegetal	Agua de diseño	:	0.192 m ³
	Cemento	:	0.119 m ³
	Fibra	:	0.010 m ³
	Agregado grueso seco	:	0.311 m ³
	Agregado fino seco	:	0.353 m ³
	Aire atrapado	:	0.015 m ³
Cantidad de materiales calculados por el Método del Módulo de Finura de la Combinación de Agregados a ser empleados como valores de Diseño con una Adición de 1.00 % de Fibra.	Agua de diseño	:	192.10 lt/m ³
	Cemento	:	369.42 Kg/m ³
	Fibra	:	2.40 Kg/m ³
	Agregado grueso seco	:	795.49 Kg/m ³
	Agregado fino seco	:	908.18 Kg/m ³
	Aire atrapado	:	1.50 %

Tabla N° 56: Corrección por contenido de humedad del diseño de mezcla con una adición de 1.00% de fibra vegetal

TESIS : ANÁLISIS DEL INCREMENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO CON ADICIÓN DE FIBRA VEGETAL	
TESISTA : Bach. Ing. Civil Edinson Fernando Pajares Urteaga	
CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS DE LOS VALORES DE DISEÑO	
Fecha de Corrección : Jueves 10 de julio del 2014	
Realizado por : Bach. Ing. Civil Edinson Fernando Pajares Urteaga	
Revisado por : Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNC	
CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS DE LOS VALORES DE DISEÑO	
Cantera de donde se extraen los materiales: PLANTA DE CHANCADO ROCA FUERTE - RIO CHONTA	
Materiales de Diseño	Cemento : 369.42 Kg/m ³
	Agua de diseño : 192.10 lt/m ³
	Fibra : 2.40 Kg/m ³
	Agregado Fino seco : 908.18 Kg/m ³
	Agregado Gueso seco : 795.49 Kg/m ³
Contenido de Humedad de los Componentes	Agregado Fino : 3.00 %
	Agregado Gueso : 0.50 %
	Fibra : 0.00 %
Absorción de los Componentes	Agregado Fino : 1.13 %
	Agregado Gueso : 0.75 %
	Fibra : 247.85 %
Peso Húmedo de los Componentes	Agregado Fino : 935.40 Kg/m ³
	Agregado Gueso : 799.50 Kg/m ³
	Fibra : 2.40 Kg/m ³
Humedad Superficial de los Componentes	Agregado Fino : 1.87 %
	Agregado Gueso : -0.25 %
	Fibra : -247.85 %
Aporte de Humedad de los Componentes	Agregado Fino : 17.00 lt/m ³
	Agregado Gueso : -2.00 lt/m ³
	Fibra : -5.95
	Aporte Total : 9.05 lt/m ³
Agua Efectiva	Agua Efectiva : 183.05 lt/m ³
Peso de los materiales corregidos por humedad a ser empleados en las mezclas de prueba por m ³	Cemento : 369.42 Kg/m ³
	Agua Efectiva : 183.05 lt/m ³
	Fibra Húmeda : 2.40 Kg/m ³
	Agregado Fino Húmedo : 935.40 Kg/m ³
	Agregado Gueso Húmedo : 799.50 Kg/m ³
Relación Agua / Cemento Efectiva	: 0.50
Cantidad de materiales corregidos por humedad que se necesitan en una tanda de un saco de Cemento.	Cemento : 42.50 Kg/bls
	Agua Efectiva : 21.06 lt/bls
	Fibra húmeda : 0.28 Kg/bls
	Agregado fino húmedo : 107.61 Kg/bls
	Agregado grueso húmedo : 91.98 Kg/bls
Proporción en peso de los materiales corregidos por Humedad del Agregado.	Cemento : 1
	Agregado fino húmedo : 2.53
	Agregado grueso húmedo : 2.16
	Fibra húmeda : 0.0065
	Agua Efectiva : 21.1 lt / saco
Proporción en volumen de obra de los materiales componentes del concreto.	Cemento : 1
	Agregado fino : 2.31
	Agregado grueso : 2.30
	Agua Efectiva : 21.1 lt / saco

Tabla N° 57: Diseño de mezcla con una adición de 2.00% de fibra vegetal


TESIS : ANÁLISIS DEL INCREMENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO CON ADICIÓN DE FIBRA VEGETAL			
TESISTA : Bach. Ing. Civil Edinson Fernando Pajares Urteaga			
DISEÑO DE MEZCLAS USANDO EL MÉTODO DEL MÓDULO DE FINURA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS			
Fecha de Diseño : Miércoles 25 de junio del 2014			
Realizado por : Bach. Ing. Civil Edinson Fernando Pajares Urteaga			
Revisado por : Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNC			
UBICACIÓN DEL LUGAR DE EXTRACCIÓN DE LOS AGREGADOS			
Cantera de donde se extraen los materiales : PLANTA DE CHANCADO ROCA FUERTE - RIO CHONTA			
DATUM WGS-84	USO 17	FRANJA M	
COORDENADAS GEOGRÁFICAS		LATITUD : 07° 09' 43.54" S LONGITUD : 78° 28' 04.20" O COTA :	
COORDENADAS UTM		ESTE : 0779671.50 NORTE : 9207561.09 COTA :	
CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO			
Resistencia a la compresión especificada del Concreto (f'c)	=	280.00 kg / cm ²	
Selección		214.20 a 357.00 kg / cm ²	
Incremento		86.70 kg / cm ²	
Resistencia promedio a la compresión del Concreto (f'cr)	=	366.70 kg / cm ²	
CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES			
AGREGADO FINO		AGREGADO GRUESO	
Peso unitario suelto seco (kg/m ³)	: 1599	Peso unitario suelto seco (kg/m ³)	: 1408.00
Peso unitario seco compactado (kg/m ³)	: 1690	Peso unitario seco compactado (kg/m ³)	: 1504.00
Peso específico de masa (gr/cm ³)	: 2.57	Peso específico de masa (gr/cm ³)	: 2.56
Absorción (%)	: 1.13	Absorción (%)	: 0.75
Contenido de Humedad (%)	: 3.00	Contenido de Humedad (%)	: 0.50
Módulo de Finura	: 3.45	Módulo de Finura	: 7.66
CEMENTO		FIBRA	
Norma	: NTP 334.009-2013	Tamaño máximo Nominal (Pulg.)	: 1"
Tipo de Cemento	: Pacasmayo Tipo I	Perfil del Agregado	: Angular
Peso Específico (gr/cm ³)	: 3.11	Peso específico de masa (gr/cm ³)	: 0.24
AGUA		FIBRA	
Norma	: NTP 334.088-2006	Absorción (%)	: 247.85
Peso Específico (gr/cm ³)	: 1.00	Contenido de Humedad (%)	: 0.00
DISEÑO DE MEZCLA			
Materiales de diseño con 0.00% de adición de fibra vegetal	Agua de diseño	: 192.10 lt/m ³	
	Cemento	: 369.42 Kg/m ³	
	Agregado grueso seco	: 807.45 Kg/m ³	
	Agregado fino seco	: 921.87 Kg/m ³	
	Aire atrapado	: 1.50 %	
Volúmenes absolutos de materiales de diseño con 0.00% de adición de fibra vegetal	Agua de diseño	: 0.192 m ³	
	Cemento	: 0.119 m ³	
	Agregado grueso seco	: 0.315 m ³	
	Agregado fino seco	: 0.359 m ³	
	Aire atrapado	: 0.015 m ³	
Porcentaje de agregados en la mezcla	Agregado grueso seco	: 46.79 %	
	Agregado fino seco	: 53.21 %	
Volúmenes absolutos de materiales de diseño con 2.00% de adición de fibra vegetal	Agua de diseño	: 0.192 m ³	
	Cemento	: 0.119 m ³	
	Fibra	: 0.020 m ³	
	Agregado grueso seco	: 0.306 m ³	
	Agregado fino seco	: 0.348 m ³	
	Aire atrapado	: 0.015 m ³	
Cantidad de materiales calculados por el Método del Módulo de Finura de la Combinación de Agregados a ser empleados como valores de Diseño con una Adición de 2.00 % de Fibra.	Agua de diseño	: 192.10 lt/m ³	
	Cemento	: 369.42 Kg/m ³	
	Fibra	: 4.80 Kg/m ³	
	Agregado grueso seco	: 783.52 Kg/m ³	
	Agregado fino seco	: 894.50 Kg/m ³	
	Aire atrapado	: 1.50 %	

Tabla N° 58: Corrección por contenido de humedad del diseño de mezcla con una adición de 2.00% de fibra vegetal

TESIS : ANÁLISIS DEL INCREMENTO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO CON ADICIÓN DE FIBRA VEGETAL	
TESISTA : Bach. Ing. Civil Edinson Fernando Pajares Urteaga	
CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS DE LOS VALORES DE DISEÑO	
Fecha de Corrección : Jueves 17 de julio del 2014	
Realizado por : Bach. Ing. Civil Edinson Fernando Pajares Urteaga	
Revisado por : Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNC	
CORRECCIÓN POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS DE LOS VALORES DE DISEÑO	
Cantera de donde se extraen los materiales: PLANTA DE CHANCADO ROCA FUERTE - RIO CHONTA	
Materiales de Diseño	Cemento : 369.42 Kg/m ³
	Agua de diseño : 192.10 lt/m ³
	Fibra : 4.80 Kg/m ³
	Agregado Fino seco : 894.50 Kg/m ³
	Agregado Grueso seco : 783.52 Kg/m ³
Contenido de Humedad de los Componentes	Agregado Fino : 3.00 %
	Agregado Grueso : 0.50 %
	Fibra : 0.00 %
Absorción de los Componentes	Agregado Fino : 1.13 %
	Agregado Grueso : 0.75 %
	Fibra : 247.85 %
Peso Húmedo de los Componentes	Agregado Fino : 921.30 Kg/m ³
	Agregado Grueso : 787.40 Kg/m ³
	Fibra : 4.80 Kg/m ³
Humedad Superficial de los Componentes	Agregado Fino : 1.87 %
	Agregado Grueso : -0.25 %
	Fibra : -247.85 %
Aporte de Humedad de los Componentes	Agregado Fino : 16.70 lt/m ³
	Agregado Grueso : -2.00 lt/m ³
	Fibra : -11.90
	Aporte Total : 2.80 lt/m ³
Agua Efectiva	Agua Efectiva : 189.30 lt/m ³
Peso de los materiales corregidos por humedad a ser empleados en las mezclas de prueba por m ³	Cemento : 369.42 Kg/m ³
	Agua Efectiva : 189.30 lt/m ³
	Fibra Húmeda : 4.80 Kg/m ³
	Agregado Fino Húmedo : 921.30 Kg/m ³
	Agregado Grueso Húmedo : 787.40 Kg/m ³
Relación Agua / Cemento Efectiva	: 0.51
Cantidad de materiales corregidos por humedad que se necesitan en una tanda de un saco de Cemento.	Cemento : 42.50 Kg/bls
	Agua Efectiva : 21.78 lt/bls
	Fibra húmeda : 0.55 Kg/bls
	Agregado fino húmedo : 105.99 Kg/bls
	Agregado grueso húmedo : 90.59 Kg/bls
Proporción en peso de los materiales corregidos por Humedad del Agregado.	Cemento : 1
	Agregado fino húmedo : 2.49
	Agregado grueso húmedo : 2.13
	Fibra húmeda : 0.0130
	Agua Efectiva : 21.8 lt /saco
Proporción en volumen de obra de los materiales componentes del concreto.	Cemento : 1
	Agregado fino : 2.27
	Agregado grueso : 2.26
	Agua Efectiva : 21.8 lt /saco

7.9. ANEXO IX: CÁLCULO DE PRECIOS UNITARIOS DE EQUIPO Y MANO DE OBRA PARA ELABORACIÓN DE CONCRETO

Mezcladora para concreto tipo trompo, 11 pies3

A. Datos generales

Valor de adquisición (Va)	S/. 5,000.00		
Vida económica útil (VEU)	4 años	2000.00 h/año	8000.00 h
Valor de rescate (Vr)	S/. 1,000.00	(20.00% del valor de adquisición)	
Potencia	13.00 HP		
Capacidad	11.00 pie3		
Tasa activa en moneda nacional	15.88%		

Insumos

Combustibles:

Consumo de gasolina de 95 octanos (para equipo nuevo) 0.90 gal/hora

Lubricantes:

Consumo de aceite para motor grado 40 0.03500 gal/hora

Grasa 0.02000 lib/hora

Neumáticos:

Neumáticos 2 unidades

Vida útil de cada unidad 3000.00 h

Cotizaciones

Gasolina 95 octanos	galón	S/. 16.95
Aceite para motor grado 40	galón	S/. 31.09
Grasa	libra	S/. 4.67
Neumáticos	unidad	S/. 60.00

B. Cálculo del costo horario de posesión (Depreciación + Interés del capital invertido + impuestos, seguros y almacenaje)

Costo horario de depreciación

Depreciación S/. 0.50/hora

Costo horario del interés del capital invertido

Interés del capital invertido S/. 0.28/hora

Cálculo de la inversión media anual (IMA)

$$IMA = S/. 3,500.00/\text{año}$$

Costo horario de los seguros, impuestos y almacenaje

Seguros 2.50%

Impuesto 2.00%

Almacenaje 1.00%

TOTAL 5.50%

Seguros, impuestos y almacenaje S/. 0.10/hora

Depreciación

S/. 0.50/hora

Intereses

S/. 0.28/hora

Seguros, impuestos y almacenaje

S/. 0.10/hora

Total del costo horario de posesión S/. 0.87/hora

C. Cálculo del costo horario de operación (Mantenimiento y reparación, combustible, lubricantes, grasas, neumáticos)

Cálculo del costo de mantenimiento y reparación

Costo de mantenimiento 90.00% (del costo de mantenimiento)

S/. 4,500.00

a) Costo de mano de obra

25.00% (del costo de mantenimiento)

S/. 1,125.00

S/. 0.14/hora

b) Costo de reparaciones

75.00% (del costo de mantenimiento)

S/. 3,375.00

S/. 0.42/hora

Costo de mantenimiento y reparación S/. 0.56/hora

Costo de combustible

S/. 15.26/hora

Costo de lubricantes

S/. 1.09/hora

Costo de grasas

S/. 0.09/hora

Costo de neumáticos

S/. 0.04/hora

Total del costo horario de operación S/. 17.04/hora

C. Cálculo del costo horario total

Total del costo horario de posesión S/. 0.87/hora

Total del costo horario de operación S/. 17.04/hora

Cálculo del costo horario total S/. 17.91/hora

Vibrador para concreto 4 HP

A. Datos generales

Valor de adquisición (Va)	S/. 1,500.00		
Vida económica útil (VEU)	2 años	2000.00 h/año	4000.00 h
Valor de rescate (Vr)	S/. 300.00	(20.00% del valor de adquisición)	
Potencia	4.00 HP		
Tasa activa en moneda nacional	15.88%		

Insumos

Combustibles:

Consumo de gasolina de 95 octanos (para equipo nuevo) 0.30 gal/hora

Lubricantes:

Consumo de aceite para motor grado 40 0.01500 gal/hora

Grasa 0.02000 lib/hora

Cotizaciones

Gasolina 95 octanos galón S/. 16.95

Aceite para motor grado 40 galón S/. 31.09

Grasa libra S/. 4.67

B. Cálculo del costo horario de posesión (Depreciación + Interés del capital invertido + impuestos, seguros y almacenaje)

Costo horario de depreciación

Depreciación S/. 0.30/hora

Costo horario del interés del capital invertido

Interés del capital invertido S/. 0.10/hora

Cálculo de la inversión media anual (IMA)

$$IMA = S/. 1,200.00/\text{año}$$

Costo horario de los seguros, impuestos y almacenaje

Seguros 2.50%

Impuesto 2.00%

Almacenaje 1.00%

TOTAL 5.50%

Seguros, impuestos y almacenaje S/. 0.03/hora

Depreciación S/. 0.30/hora

Intereses S/. 0.10/hora

Seguros, impuestos y almacenaje S/. 0.03/hora

Total del costo horario de posesión S/. 0.43/hora

C. Cálculo del costo horario de operación (Mantenimiento y reparación, combustible, lubricantes, grasas, neumáticos)

Cálculo del costo de mantenimiento y reparación

Costo de mantenimiento 90.00% (del costo de mantenimiento)
S/. 1,350.00

a) Costo de mano de obra 25.00% (del costo de mantenimiento)
S/. 337.50

S/. 0.08/hora

b) Costo de reparaciones 75.00% (del costo de mantenimiento)
S/. 1,012.50

S/. 0.25/hora

Costo de mantenimiento y reparación S/. 0.34/hora

Costo de combustible S/. 5.09/hora

Costo de lubricantes S/. 0.47/hora

Costo de grasas S/. 0.09/hora

Total del costo horario de operación S/. 5.98/hora

C. Cálculo del costo horario total

Total del costo horario de posesión S/. 0.43/hora

Total del costo horario de operación S/. 5.98/hora

Cálculo del costo horario total S/. 6.41/hora



**COSTO DE HORA HOMBRE
PARA OBRAS QUE EJECUTA EL GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA
(ESCALAS VIGENTES DEL 01.06.13 AL 31-05-14) ***

CONCEPTOS	CATEGORIAS							
	OPERARIO	OFICIAL	PEON	OPERAD.EM	OPERAD.EP	OPER.ELECT	TOPOGRAFO	
1.- REMUNERACION BASICA VIGENTE (RB) * (Vigente del 01.06.13 al 31.05.14)		52.10	44.10	39.40	52.10	52.10	52.10	52.10
LEYES Y BENEFICIOS SOCIALES SOBRE LA RB **	103.46%	53.90	45.62	40.76	53.90	53.90	53.90	53.90
2.- BONIFICACION UNIFICADA DE CONSTRUCCION (BUC) (Vigente del 01.06.13 al 31.05.14)		16.67	13.23	11.82	16.67	16.67	16.67	16.67
LEYES Y BENEFICIOS SOCIALES SOBRE EL BUC	13.00%	2.17	1.72	1.54	2.17	2.17	2.17	2.17
3.- BONIFICACION POR MOVILIDAD ACUMULADA *** (Res. Direc. N° 777-87-DR-LIM de 08.07.87)		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.- OVEROL (Res. Direc. N° 777-87-DR-LIM de 08.07.87)		0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
5.- ESSALUD VIDA (Obras cuyo costo es mayor a 120 UIT)		0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
6.- BONIFICACION POR ALTA ESPECIALIZACION (BAE) (Vigente del 01.06.13 al 31.05.14)		0.00	0.00	0.00	4.17	5.21	7.82	4.69
- Operador de Equipo Mediano: Sobre el JB del Operario	8.00%							
- Operador de Equipo Pesado: Sobre el JB del Operario	10.00%							
- Operario Electromecánico: Sobre el JB del Operario	15.00%							
- Topógrafo: Sobre el JB del Operario	9.00%							
COSTO DIA HOMBRE 8 horas (DH)		125.44	105.27	94.12	129.61	130.65	133.25	130.13
COSTO HORA HOMBRE (HH)		15.68	13.16	11.77	16.20	16.33	16.66	16.27

* Remuneración Básica de Construcción Civil, vigente a partir del 01-06-13 al 31-05-14 según Acta de Negociación Colectiva del 11-07-2013 firmada entre CAPECO y la FTCCP, aplicable por acuerdo de Consejo Regional N° 039-2007-GRCAJ-CR (17-04-2007).

** Porcentajes deducidos para obras que ejecuta el Gobierno Regional en el departamento de Cajamarca.

*** Se considera campamento de obra, no se paga pasajes o movilidad local, se considera viáticos y movilización de personal en los gastos generales de obra.

Para otras categorías considerar:

EDIFICACIONES	(HH)
- Capataz: 10% más del costo del Operario	17.25
OBRAS VIALES	(HH)
- Capataz A: 40% más del costo del Operario	21.95
- Capataz B: 20% más del costo del Operario	18.82

7.10. ANEXO X: ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE CONCRETO PARA DIFERENTES PORCENTAJES DE ADICIÓN DE FIBRA

S10

Página : 1

Análisis de precios unitarios

Presupuesto **1101001 ANÁLISIS DEL INCREMENTO DE LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO CON LA ADICIÓN DE FIBRA VEGETAL**
 Subpresupuesto **001 ANÁLISIS DEL INCREMENTO DE LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO CON LA ADICIÓN DE FIBRA VEGETAL** Fecha presupuesto **01/11/2014**

Partida **CONCRETO F'C=280 CON 0.00% DE ADICIÓN DE FIBRA VEGETAL**
 Rendimiento **m3/DIA** MO. **10.0000** EQ. **10.0000** Costo unitario directo por : m3 **442.88**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	2.0000	1.6000	15.68	25.09
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	1.6000	13.16	21.06
0101010005	PEON	hh	10.0000	8.0000	11.77	94.16
140.31						
Materiales						
0207070002	AGUA	m3		0.2017	0.50	0.10
0207070004	AGREGADO FINO	m3		0.6054	55.00	33.30
0207070005	AGREGADO GRUESO TMN 1"	m3		0.6021	50.00	30.11
0213010008	CEMENTO PORTLAND TIPO I - PACASMAYO	bol		9.1268	23.60	215.39
278.90						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	140.31	4.21
03012900010005	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP CAP = 1.50"	hm	1.0000	0.8000	6.41	5.13
03012900030004	MEZCLADORA DE TROMPO 9 - 11 P3	hm	1.0000	0.8000	17.91	14.33
23.67						

Partida **CONCRETO F'C=280 CON 0.50% DE ADICIÓN DE FIBRA VEGETAL**
 Rendimiento **m3/DIA** MO. **10.0000** EQ. **10.0000** Costo unitario directo por : m3 **467.61**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	2.0000	1.6000	15.68	25.09
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	1.6000	13.16	21.06
0101010005	PEON	hh	10.0000	8.0000	11.77	94.16
140.31						
Materiales						
0207070002	AGUA	m3		0.2017	0.50	0.10
0207070004	AGREGADO FINO	m3		0.6009	55.00	33.05
0207070005	AGREGADO GRUESO TMN 1"	m3		0.5977	50.00	29.89
0210010003	FIBRA VEGETAL (CABUYA)	kg		1.2600	20.00	25.20
0213010008	CEMENTO PORTLAND TIPO I - PACASMAYO	bol		9.1268	23.60	215.39
303.63						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	140.31	4.21
03012900010005	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP CAP = 1.50"	hm	1.0000	0.8000	6.41	5.13
03012900030004	MEZCLADORA DE TROMPO 9 - 11 P3	hm	1.0000	0.8000	17.91	14.33
23.67						

Fecha : 11/03/2015 10:06:44a.m.

Análisis de precios unitarios

Presupuesto **1101001 ANÁLISIS DEL INCREMENTO DE LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO CON LA ADICIÓN DE FIBRA VEGETAL**
 Subpresupuesto **001 ANÁLISIS DEL INCREMENTO DE LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO CON LA ADICIÓN DE FIBRA VEGETAL** Fecha presupuesto **01/11/2014**

Partida	CONCRETO F'C=280 CON 1.00% DE ADICIÓN DE FIBRA VEGETAL						
Rendimiento	m3/DIA	MO. 10.0000	EQ. 10.0000	Costo unitario directo por : m3			492.32
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
Mano de Obra							
0101010003	OPERARIO	hh	2.0000	1.6000	15.68	25.09	
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	1.6000	13.16	21.06	
0101010005	PEON	hh	10.0000	8.0000	11.77	94.16	
						140.31	
Materiales							
0207070002	AGUA	m3		0.2017	0.50	0.10	
0207070004	AGREGADO FINO	m3		0.5932	55.00	32.63	
0207070005	AGREGADO GRUESO TMN 1"	m3		0.5964	50.00	29.82	
0210010003	FIBRA VEGETAL (CABUYA)	kg		2.5200	20.00	50.40	
0213010008	CEMENTO PORTLAND TIPO I - PACASMAYO	bol		9.1268	23.60	215.39	
						328.34	
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	140.31	4.21	
03012900010005	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP CAP = 1.50"	hm	1.0000	0.8000	6.41	5.13	
03012900030004	MEZCLADORA DE TROMPO 9 - 11 P3	hm	1.0000	0.8000	17.91	14.33	
						23.67	
Partida	CONCRETO F'C=280 CON 2.00% DE ADICIÓN DE FIBRA VEGETAL						
Rendimiento	m3/DIA	MO. 10.0000	EQ. 10.0000	Costo unitario directo por : m3			541.80
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
Mano de Obra							
0101010003	OPERARIO	hh	2.0000	1.6000	15.68	25.09	
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	1.6000	13.16	21.06	
0101010005	PEON	hh	10.0000	8.0000	11.77	94.16	
						140.31	
Materiales							
0207070002	AGUA	m3		0.2017	0.50	0.10	
0207070004	AGREGADO FINO	m3		0.5874	55.00	32.31	
0207070005	AGREGADO GRUESO TMN 1"	m3		0.5843	50.00	29.22	
0210010003	FIBRA VEGETAL (CABUYA)	kg		5.0400	20.00	100.80	
0213010008	CEMENTO PORTLAND TIPO I - PACASMAYO	bol		9.1268	23.60	215.39	
						377.82	
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	140.31	4.21	
03012900010005	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP CAP = 1.50"	hm	1.0000	0.8000	6.41	5.13	
03012900030004	MEZCLADORA DE TROMPO 9 - 11 P3	hm	1.0000	0.8000	17.91	14.33	
						23.67	

Fecha : 11/03/2015 10:06:44a.m.

7.11. ANEXO XI: PÁNEL FOTOGRÁFICO

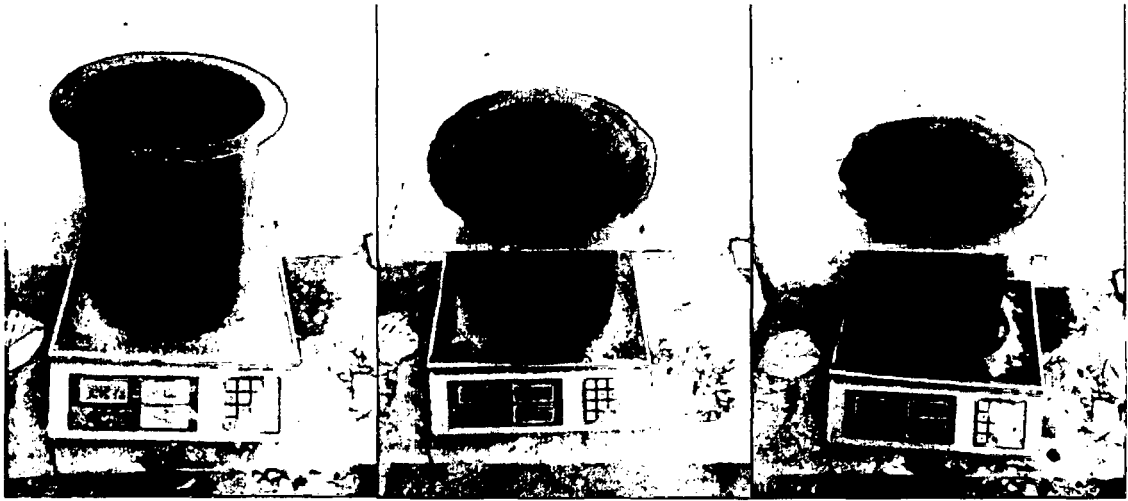


Imagen N° 42: Determinación del volumen del recipiente para ensayos de densidad de masa del agregado y del concreto



Imagen N° 43: Ensayo completo de densidad de masa del agregado

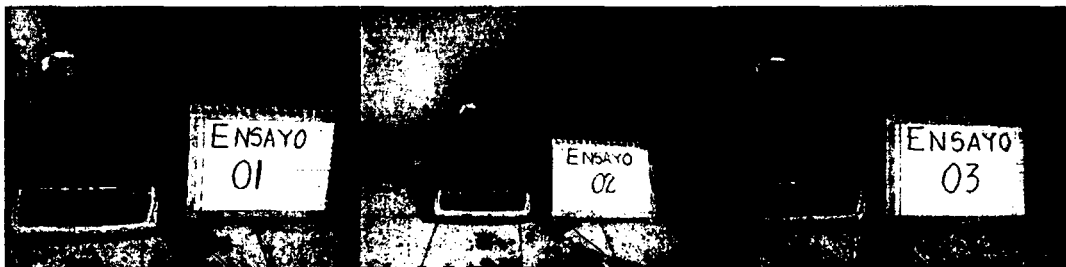


Imagen N° 44: Ensayo de gravedad específica de la fibra



Imagen N° 45: Ensayo completo de densidad de masa del concreto en estado fresco



Imagen N° 46: Preparación de mezclas

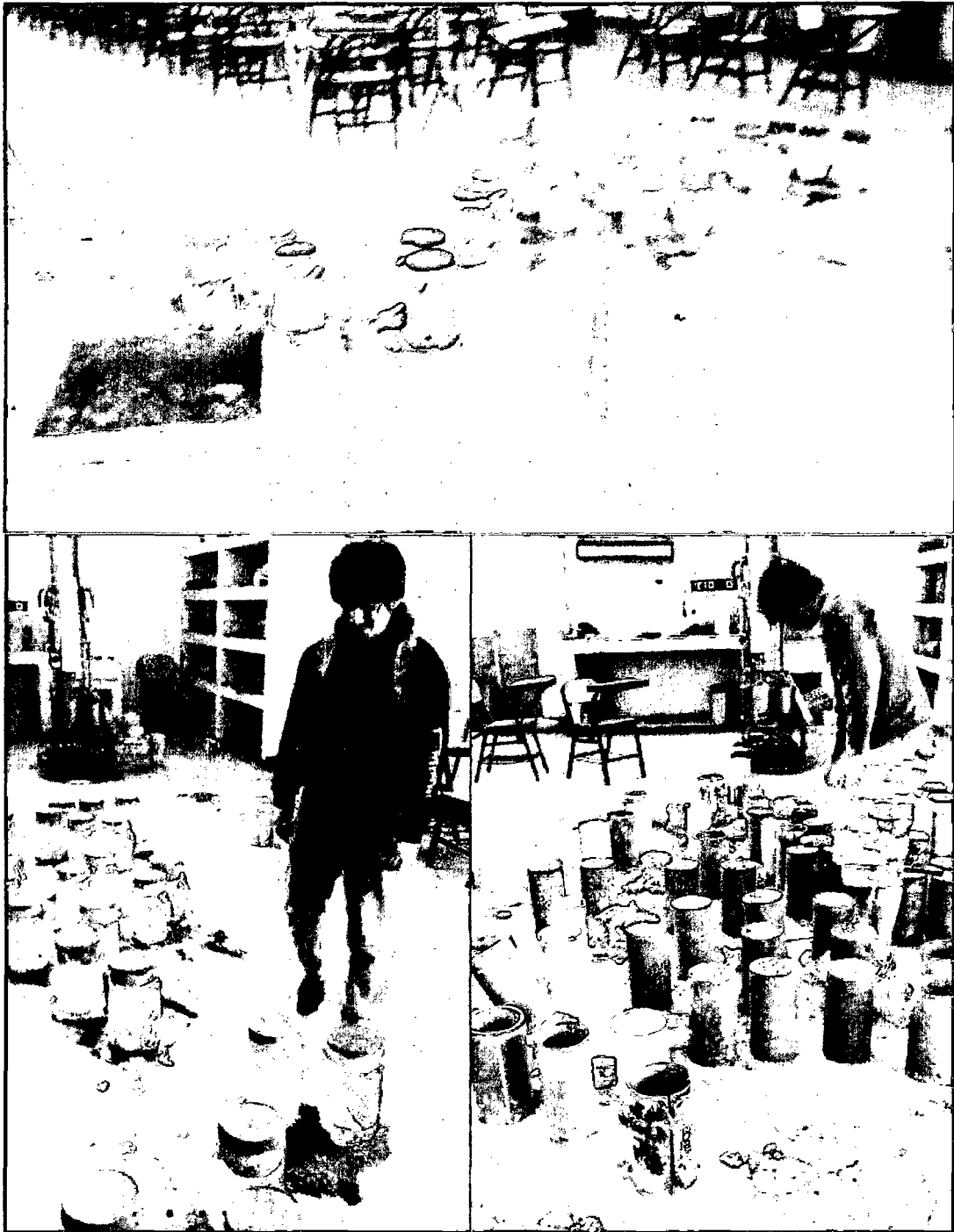


Imagen N° 47: Llenado de especímenes y desmolde



Imagen N° 48: Máquina lista para el ensayo a compresión



Imagen N° 49: Máquina lista para el ensayo a tracción

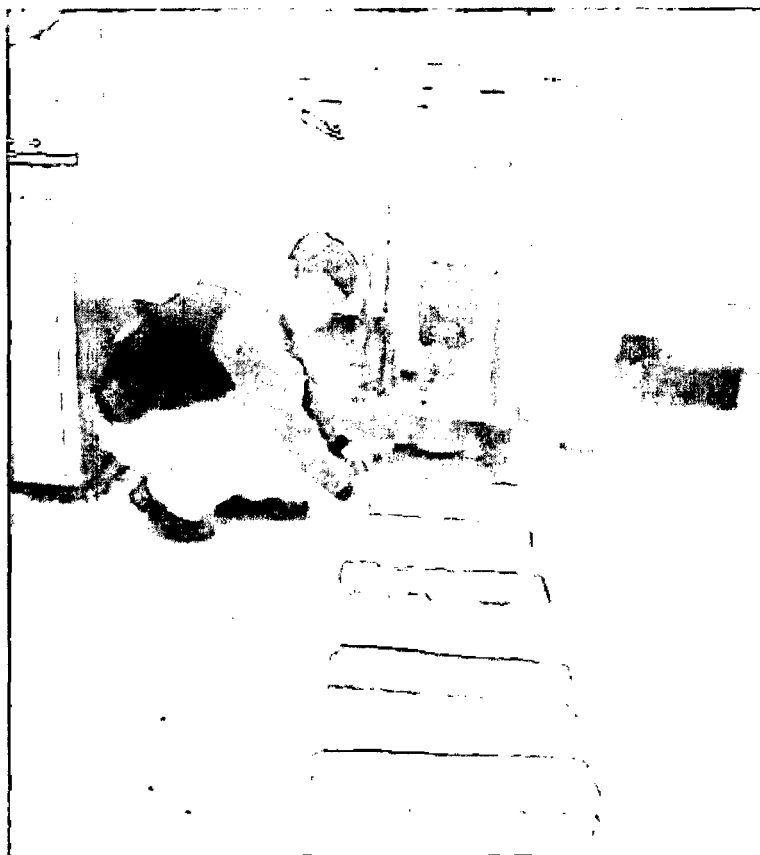


Imagen N° 50: Determinación de las dimensiones de los especímenes de concreto destinados para el ensayo a flexión



Imagen N° 51: Máquina lista para el ensayo a flexión



Imagen N° 523: Medición de las dimensiones de la grieta después del ensayo a flexión

7.12. ANEXO XII: RESULTADOS DE LOS ENSAYOS MECÁNICOS

Tabla N° 59: Especímenes ensayados a compresión, siete días de edad, sin adición de fibra vegetal

Dato del espécimen	Especímen						Promedio
Nomenclatura	C01-7D-0%	C02-7D-0%	C03-7D-0%	C04-7D-0%	C05-7D-0%	C06-7D-0%	---
Edad de ensayo	7 DÍAS	7 DÍAS	7 DÍAS	7 DÍAS	7 DÍAS	7 DÍAS	---
Diámetro promedio	151 mm	153 mm	151 mm	152 mm	152 mm	154 mm	---
Alto promedio	312 mm	307 mm	309 mm	303 mm	303 mm	305 mm	---
Peso	125.40 N	125.00 N	121.95 N	122.85 N	121.35 N	124.45 N	---
Densidad de masa en estado endurecido	2287.86 kg/m ³	2257.51 kg/m ³	2246.52 kg/m ³	2277.65 kg/m ³	2249.84 kg/m ³	2233.03 kg/m ³	2258.74 kg/m ³
Carga máxima de rotura	372780.00 N	362970.00 N	358065.00 N	377685.00 N	387495.00 N	392400.00 N	375232.50 N
Resistencia a la compresión máxima	20.90 MPa	19.80 MPa	20.00 MPa	20.90 MPa	21.40 MPa	21.10 MPa	20.68 MPa
Resistencia al 40% de compresión	8.36 MPa	7.92 MPa	8.00 MPa	8.36 MPa	8.56 MPa	8.44 MPa	8.27 MPa
Resistencia a la deformación de 50 millonésimas	0.53 MPa	0.30 MPa	0.37 MPa	0.81 MPa	0.57 MPa	0.23 MPa	0.47 MPa
Deformación base de 50 millonésimas	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)
Deformación al 40% de la compresión	7.398 E(-3)	2.881 E(-3)	5.521 E(-3)	2.758 E(-3)	3.625 E(-3)	4.020 E(-3)	4.367 E(-3)
Módulo de elasticidad (ASTM C 469)	1065.57 MPa	2692.09 MPa	1393.67 MPa	2789.05 MPa	2233.79 MPa	2067.61 MPa	2040.30 MPa
Módulo de elasticidad (ACI-318S)	21512.30 MPa	20523.24 MPa	20476.20 MPa	21368.37 MPa	21227.65 MPa	20842.59 MPa	20991.72 MPa
Tiempo de ensayo	4.67 mín.	4.17 mín.	5.03 mín.	4.50 mín.	4.58 mín.	4.33 mín.	4.55 mín.
Velocidad de ensayo	4.48 MPa/mín.	4.75 MPa/mín.	3.98 MPa/mín.	4.64 MPa/mín.	4.67 MPa/mín.	4.87 MPa/mín.	4.57 MPa/mín.
Tipo de falla	TIPO 05	TIPO 04	TIPO 05	TIPO 05	TIPO 04	TIPO 05	---
Modo de falla	FRÁGIL	FRÁGIL	FRÁGIL	FRÁGIL	FRÁGIL	FRÁGIL	---
Tipo de espécimen	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	---

Tabla N° 60: Especímenes ensayados a compresión, catorce días de edad, sin adición de fibra vegetal

Dato del espécimen	Espécimen						Promedio
Nomenclatura	C01-14D-0%	C02-14D-0%	C03-14D-0%	C04-14D-0%	C05-14D-0%	C06-14D-0%	---
Edad de ensayo	14 DÍAS	14 DÍAS	14 DÍAS	14 DÍAS	14 DÍAS	14 DÍAS	---
Diámetro promedio	153 mm	153 mm	153 mm	153 mm	152 mm	152 mm	---
Alto promedio	305 mm	304 mm	304 mm	308 mm	309 mm	307 mm	---
Peso	124.65 N	124.90 N	127.50 N	123.05 N	121.05 N	123.20 N	---
Densidad de masa en estado endurecido	2265.95 kg/m ³	2277.97 kg/m ³	2325.38 kg/m ³	2215.08 kg/m ³	2200.70 kg/m ³	2254.38 kg/m ³	2256.58 kg/m ³
Carga máxima de rotura	500310.00 N	480690.00 N	495405.00 N	495405.00 N	510120.00 N	529740.00 N	501945.00 N
Resistencia a la compresión máxima	27.30 MPa	26.20 MPa	27.00 MPa	27.00 MPa	28.20 MPa	29.20 MPa	27.48 MPa
Resistencia al 40% de compresión	10.92 MPa	10.48 MPa	10.80 MPa	10.80 MPa	11.28 MPa	11.68 MPa	10.99 MPa
Resistencia a la def. de 50 millonésimas	0.43 MPa	0.43 MPa	0.21 MPa	0.24 MPa	0.47 MPa	0.36 MPa	0.36 MPa
Deformación base de 50 millonésimas	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)
Deformación al 40% de la compresión	2.972 E(-3)	4.263 E(-3)	7.332 E(-3)	3.597 E(-3)	4.671 E(-3)	2.859 E(-3)	4.282 E(-3)
Módulo de elasticidad (ASTM C 469)	3588.55 MPa	2385.81 MPa	1454.22 MPa	2977.91 MPa	2338.62 MPa	4027.79 MPa	2795.49 MPa
Módulo de elasticidad (ACI-318S)	24234.04 MPa	23929.84 MPa	25054.90 MPa	23293.46 MPa	23574.01 MPa	24871.35 MPa	24159.60 MPa
Tiempo de ensayo	2.03 mín.	2.20 mín.	1.58 mín.	1.95 mín.	1.72 mín.	2.28 mín.	1.96 mín.
Velocidad de ensayo	13.45 MPa/mín.	11.91 MPa/mín.	17.09 MPa/mín.	13.85 MPa/mín.	16.40 MPa/mín.	12.81 MPa/mín.	14.25 MPa/mín.
Tipo de falla	TIPO 03	TIPO 05	TIPO 04	TIPO 03	TIPO 06	TIPO 03	---
Modo de falla	FRÁGIL	FRÁGIL	FRÁGIL	FRÁGIL	FRÁGIL	FRÁGIL	---
Tipo de espécimen	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	---

Tabla N° 61: Especímenes ensayados a compresión, veintiocho días de edad, sin adición de fibra vegetal

Dato del espécimen	Espécimen						Promedio
Nomenclatura	C01-28D-0%	C02-28D-0%	C03-28D-0%	C04-28D-0%	C05-28D-0%	C06-28D-0%	---
Edad de ensayo	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	---
Diámetro promedio	153 mm	152 mm	153 mm	152 mm	150 mm	151 mm	---
Alto promedio	305 mm	305 mm	306 mm	301 mm	304 mm	303 mm	---
Peso	124.80 N	123.65 N	126.60 N	123.85 N	120.40 N	123.85 N	---
Densidad de masa en estado endurecido	2268.68 kg/m ³	2277.45 kg/m ³	2293.88 kg/m ³	2311.44 kg/m ³	2284.61 kg/m ³	2326.70 kg/m ³	2293.79 kg/m ³
Carga máxima de rotura	534645.00 N	519930.00 N	539550.00 N	554265.00 N	578790.00 N	559170.00 N	547725.00 N
Resistencia a la compresión máxima	29.10 MPa	28.70 MPa	29.40 MPa	30.60 MPa	32.80 MPa	31.30 MPa	30.32 MPa
Resistencia al 40% de compresión	11.64 MPa	11.48 MPa	11.76 MPa	12.24 MPa	13.12 MPa	12.52 MPa	12.13 MPa
Resistencia a la def. de 50 millonésimas	0.16 MPa	0.48 MPa	0.81 MPa	0.41 MPa	0.18 MPa	0.34 MPa	0.40 MPa
Deformación base de 50 millonésimas	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)
Deformación al 40% de la compresión	6.458 E(-3)	6.368 E(-3)	2.546 E(-3)	4.572 E(-3)	6.815 E(-3)	4.268 E(-3)	5.171 E(-3)
Módulo de elasticidad (ASTM C 469)	1792.29 MPa	1740.89 MPa	4386.38 MPa	2615.27 MPa	1913.15 MPa	2887.96 MPa	2555.99 MPa
Módulo de elasticidad (ACI-318S)	25065.39 MPa	25036.97 MPa	25615.21 MPa	26433.48 MPa	26891.97 MPa	26999.24 MPa	26007.04 MPa
Tiempo de ensayo	4.68 mín.	3.98 mín.	3.95 mín.	4.75 mín.	4.60 mín.	4.68 mín.	4.44 mín.
Velocidad de ensayo	6.22 MPa/mín.	7.21 MPa/mín.	7.44 MPa/mín.	6.44 MPa/mín.	7.13 MPa/mín.	6.69 MPa/mín.	6.86 MPa/mín.
Tipo de falla	TIPO 04	TIPO 06	TIPO 06	TIPO 06	TIPO 06	TIPO 04	---
Modo de falla	FRÁGIL	FRÁGIL	FRÁGIL	FRÁGIL	FRÁGIL	FRÁGIL	---
Tipo de espécimen	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	---

Tabla N° 62: Especímenes ensayados a compresión, siete días de edad, con 0.50% de adición de fibra vegetal

Dato del espécimen	Especímen						Promedio
Nomenclatura	C01-7D-0.50%	C02-7D-0.50%	C03-7D-0.50%	C04-7D-0.50%	C05-7D-0.50%	C06-7D-0.50%	---
Edad de ensayo	7 DÍAS	7 DÍAS	7 DÍAS	7 DÍAS	7 DÍAS	7 DÍAS	---
Diámetro promedio	154 mm	154 mm	152 mm	152 mm	153 mm	152 mm	---
Alto promedio	306 mm	307 mm	306 mm	305 mm	307 mm	310 mm	---
Peso	128.55 N	128.75 N	126.00 N	128.10 N	128.60 N	128.50 N	---
Densidad de masa en estado endurecido	2299.06 kg/m ³	2295.14 kg/m ³	2313.15 kg/m ³	2359.41 kg/m ³	2322.53 kg/m ³	2328.60 kg/m ³	2319.65 kg/m ³
Carga máxima de rotura	470880.00 N	470880.00 N	436545.00 N	416925.00 N	367875.00 N	392400.00 N	425917.50 N
Resistencia a la compresión máxima	25.30 MPa	25.30 MPa	24.10 MPa	23.00 MPa	20.10 MPa	21.70 MPa	23.25 MPa
Resistencia al 40% de compresión	10.12 MPa	10.12 MPa	9.64 MPa	9.20 MPa	8.04 MPa	8.68 MPa	9.30 MPa
Resistencia a la def. de 50 millonésimas	1.29 MPa	0.78 MPa	0.31 MPa	0.01 MPa	0.27 MPa	0.79 MPa	0.57 MPa
Deformación base de 50 millonésimas	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)
Deformación al 40% de la compresión	2.021 E(-3)	5.606 E(-3)	7.663 E(-3)	8.432 E(-3)	6.014 E(-3)	5.628 E(-3)	5.894 E(-3)
Módulo de elasticidad (ASTM C 469)	4479.65 MPa	1680.57 MPa	1225.44 MPa	1096.90 MPa	1303.54 MPa	1414.05 MPa	1866.69 MPa
Módulo de elasticidad (ACI-318S)	23842.63 MPa	23781.62 MPa	23484.51 MPa	23634.00 MPa	21577.83 MPa	22508.23 MPa	23138.14 MPa
Tiempo de ensayo	2.03 mín.	2.20 mín.	1.58 mín.	1.95 mín.	1.72 mín.	2.28 mín.	1.96 mín.
Velocidad de ensayo	12.46 MPa/mín.	11.50 MPa/mín.	15.25 MPa/mín.	11.79 MPa/mín.	11.69 MPa/mín.	9.52 MPa/mín.	12.04 MPa/mín.
Tipo de falla	TIPO 03	TIPO 04	TIPO 03	TIPO 03	TIPO 03	TIPO 03	---
Modo de falla	DÚCTIL	DÚCTIL	DÚCTIL	DÚCTIL	DÚCTIL	DÚCTIL	---
Tipo de espécimen	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	---

Tabla N° 63: Especímenes ensayados a compresión, catorce días de edad, con 0.50% de adición de fibra vegetal

Dato del espécimen	Espécimen						Promedio
Nomenclatura	C01-14D-0.50%	C02-14D-0.50%	C03-14D-0.50%	C04-14D-0.50%	C05-14D-0.50%	C06-14D-0.50%	---
Edad de ensayo	14 DÍAS	14 DÍAS	14 DÍAS	14 DÍAS	14 DÍAS	14 DÍAS	---
Diámetro promedio	151 mm	153 mm	154 mm	151 mm	151 mm	151 mm	---
Alto promedio	298 mm	304 mm	304 mm	302 mm	304 mm	303 mm	---
Peso	121.85 N	126.70 N	122.15 N	123.15 N	125.10 N	125.60 N	---
Densidad de masa en estado endurecido	2327.54 kg/m ³	2310.79 kg/m ³	2198.97 kg/m ³	2321.21 kg/m ³	2342.45 kg/m ³	2359.58 kg/m ³	2310.09 kg/m ³
Carga máxima de rotura	470880.00 N	539550.00 N	583695.00 N	524835.00 N	581242.50 N	583695.00 N	547316.25 N
Resistencia a la compresión máxima	26.30 MPa	29.40 MPa	31.40 MPa	29.40 MPa	32.50 MPa	32.60 MPa	30.27 MPa
Resistencia al 40% de compresión	10.52 MPa	11.76 MPa	12.56 MPa	11.76 MPa	13.00 MPa	13.04 MPa	12.11 MPa
Resistencia a la def. de 50 millonésimas	0.84 MPa	0.52 MPa	0.43 MPa	0.31 MPa	0.41 MPa	0.16 MPa	0.45 MPa
Deformación base de 50 millonésimas	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)
Deformación al 40% de la compresión	6.842 E(-3)	7.396 E(-3)	7.369 E(-3)	5.461 E(-3)	3.869 E(-3)	7.080 E(-3)	6.336 E(-3)
Módulo de elasticidad (ASTM C 469)	1424.65 MPa	1530.01 MPa	1657.80 MPa	2115.83 MPa	3297.55 MPa	1831.44 MPa	1976.21 MPa
Módulo de elasticidad (ACI-318S)	24762.30 MPa	25899.06 MPa	24846.35 MPa	26074.39 MPa	27791.79 MPa	28140.29 MPa	26252.37 MPa
Tiempo de ensayo	3.75 mín.	3.42 mín.	3.70 mín.	3.53 mín.	3.47 mín.	2.97 mín.	3.47 mín.
Velocidad de ensayo	7.01 MPa/mín.	8.60 MPa/mín.	8.49 MPa/mín.	8.33 MPa/mín.	9.37 MPa/mín.	10.98 MPa/mín.	8.80 MPa/mín.
Tipo de falla	TIPO 06	TIPO 06	TIPO 02	TIPO 02	TIPO 02	TIPO 06	---
Modo de falla	DÚCTIL	FRÁGIL	DÚCTIL	DÚCTIL	DÚCTIL	FRÁGIL	---
Tipo de espécimen	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	---

Tabla N° 64: Especímenes ensayados a compresión, veintiocho días de edad, con 0.50% de adición de fibra vegetal

Dato del espécimen	Especimen						Promedio
Nomenclatura	C01-28D-0.50%	C02-28D-0.50%	C03-28D-0.50%	C04-28D-0.50%	C05-28D-0.50%	C06-28D-0.50%	---
Edad de ensayo	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	---
Diámetro promedio	151 mm	153 mm	150 mm	150 mm	150 mm	151 mm	---
Alto promedio	300 mm	301 mm	303 mm	302 mm	302 mm	303 mm	---
Peso	124.10 N	126.10 N	122.65 N	120.70 N	121.65 N	123.65 N	---
Densidad de masa en estado endurecido	2354.71 kg/m ³	2322.77 kg/m ³	2334.98 kg/m ³	2305.47 kg/m ³	2323.61 kg/m ³	2322.94 kg/m ³	2327.42 kg/m ³
Carga máxima de rotura	583695.00 N	588600.00 N	568980.00 N	539550.00 N	588600.00 N	598410.00 N	577972.50 N
Resistencia a la compresión máxima	32.60 MPa	32.10 MPa	32.20 MPa	30.60 MPa	33.40 MPa	33.50 MPa	32.40 MPa
Resistencia al 40% de compresión	13.04 MPa	12.84 MPa	12.88 MPa	12.24 MPa	13.36 MPa	13.40 MPa	12.96 MPa
Resistencia a la def. de 50 millonésimas	0.15 MPa	0.13 MPa	0.22 MPa	0.17 MPa	0.16 MPa	0.01 MPa	0.14 MPa
Deformación base de 50 millonésimas	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)
Deformación al 40% de la compresión	2.814 E(-3)	3.418 E(-3)	4.002 E(-3)	3.332 E(-3)	3.750 E(-3)	4.519 E(-3)	3.639 E(-3)
Módulo de elasticidad (ASTM C 469)	4663.74 MPa	3773.56 MPa	3204.24 MPa	3676.77 MPa	3567.67 MPa	2995.44 MPa	3646.90 MPa
Módulo de elasticidad (ACI-318S)	28053.29 MPa	27272.89 MPa	27530.98 MPa	26331.01 MPa	27834.75 MPa	27864.35 MPa	27481.21 MPa
Tiempo de ensayo	3.33 mín.	3.33 mín.	3.00 mín.	3.50 mín.	3.83 mín.	3.33 mín.	3.39 mín.
Velocidad de ensayo	9.79 MPa/mín.	9.64 MPa/mín.	10.73 MPa/mín.	8.74 MPa/mín.	8.72 MPa/mín.	10.06 MPa/mín.	9.61 MPa/mín.
Tipo de falla	TIPO 06	TIPO 06	TIPO 04	TIPO 04	TIPO 04	TIPO 06	---
Modo de falla	FRÁGIL	FRÁGIL	DÚCTIL	DÚCTIL	DÚCTIL	FRÁGIL	---
Tipo de espécimen	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	---

Tabla N° 65: Especímenes ensayados a compresión, siete días de edad, con 1.00% de adición de fibra vegetal

Dato del espécimen	Espécimen						Promedio
Nomenclatura	C01-7D-1%	C02-7D-1%	C03-7D-1%	C04-7D-1%	C05-7D-1%	C06-7D-1%	---
Edad de ensayo	7 DÍAS	7 DÍAS	7 DÍAS	7 DÍAS	7 DÍAS	7 DÍAS	---
Diámetro promedio	152 mm	153 mm	154 mm	151 mm	153 mm	152 mm	---
Alto promedio	306 mm	308 mm	304 mm	309 mm	309 mm	305 mm	---
Peso	123.95 N	127.25 N	127.35 N	122.80 N	128.55 N	123.35 N	---
Densidad de masa en estado endurecido	2275.51 kg/m ³	2290.68 kg/m ³	2292.58 kg/m ³	2262.18 kg/m ³	2306.60 kg/m ³	2271.92 kg/m ³	2283.25 kg/m ³
Carga máxima de rotura	431640.00 N	416925.00 N	461070.00 N	431640.00 N	446355.00 N	426735.00 N	435727.50 N
Resistencia a la compresión máxima	23.80 MPa	22.70 MPa	24.80 MPa	24.20 MPa	24.30 MPa	23.60 MPa	23.90 MPa
Resistencia al 40% de compresión	9.52 MPa	9.08 MPa	9.92 MPa	9.68 MPa	9.72 MPa	9.44 MPa	9.56 MPa
Resistencia a la def. de 50 millonésimas	0.87 MPa	0.29 MPa	0.21 MPa	0.28 MPa	0.42 MPa	0.30 MPa	0.39 MPa
Deformación base de 50 millonésimas	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)
Deformación al 40% de la compresión	2.925 E(-3)	6.966 E(-3)	7.443 E(-3)	4.848 E(-3)	3.545 E(-3)	4.002 E(-3)	4.955 E(-3)
Módulo de elasticidad (ASTM C 469)	3008.40 MPa	1271.58 MPa	1313.49 MPa	1960.19 MPa	2661.25 MPa	2312.80 MPa	2087.95 MPa
Módulo de elasticidad (ACI-318S)	22770.65 MPa	22461.01 MPa	23506.17 MPa	22759.71 MPa	23481.69 MPa	22621.13 MPa	22933.40 MPa
Tiempo de ensayo	4.33 mín.	4.33 mín.	5.03 mín.	4.50 mín.	4.58 mín.	4.33 mín.	4.52 mín.
Velocidad de ensayo	5.50 MPa/mín.	5.24 MPa/mín.	4.93 MPa/mín.	5.38 MPa/mín.	5.31 MPa/mín.	5.45 MPa/mín.	5.30 MPa/mín.
Tipo de falla	TIPO 03	TIPO 03	TIPO 02	TIPO 02	TIPO 03	TIPO 03	---
Modo de falla	DÚCTIL	DÚCTIL	DÚCTIL	DÚCTIL	DÚCTIL	DÚCTIL	---
Tipo de espécimen	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	---

Tabla N° 66: Especímenes ensayados a compresión, catorce días de edad, con 1.00% de adición de fibra vegetal

Dato del espécimen	Especímen						Promedio
Nomenclatura	C01-14D-1%	C02-14D-1%	C03-14D-1%	C04-14D-1%	C05-14D-1%	C06-14D-1%	---
Edad de ensayo	14 DÍAS	14 DÍAS	14 DÍAS	14 DÍAS	14 DÍAS	14 DÍAS	---
Diámetro promedio	151 mm	153 mm	154 mm	151 mm	151 mm	151 mm	---
Alto promedio	298 mm	304 mm	304 mm	302 mm	304 mm	303 mm	---
Peso	122.85 N	127.70 N	124.10 N	124.10 N	125.10 N	123.65 N	---
Densidad de masa en estado endurecido	2346.64 kg/m ³	2329.03 kg/m ³	2234.08 kg/m ³	2339.12 kg/m ³	2342.45 kg/m ³	2322.94 kg/m ³	2319.04 kg/m ³
Carga máxima de rotura	549360.00 N	539550.00 N	627840.00 N	510120.00 N	539550.00 N	500310.00 N	544455.00 N
Resistencia a la compresión máxima	30.70 MPa	29.40 MPa	33.80 MPa	28.50 MPa	30.20 MPa	28.00 MPa	30.10 MPa
Resistencia al 40% de compresión	12.28 MPa	11.76 MPa	13.52 MPa	11.40 MPa	12.08 MPa	11.20 MPa	12.04 MPa
Resistencia a la def. de 50 millonésimas	0.83 MPa	0.46 MPa	0.31 MPa	0.28 MPa	0.43 MPa	0.23 MPa	0.42 MPa
Deformación base de 50 millonésimas	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)
Deformación al 40% de la compresión	7.658 E(-3)	7.384 E(-3)	7.669 E(-3)	5.378 E(-3)	3.736 E(-3)	6.515 E(-3)	6.390 E(-3)
Módulo de elasticidad (ASTM C 469)	1504.44 MPa	1540.30 MPa	1734.28 MPa	2087.81 MPa	3160.49 MPa	1697.35 MPa	1954.11 MPa
Módulo de elasticidad (ACI-318S)	27083.63 MPa	26206.29 MPa	26398.16 MPa	25969.82 MPa	26790.35 MPa	25474.49 MPa	26320.45 MPa
Tiempo de ensayo	3.75 mín.	3.42 mín.	3.70 mín.	3.53 mín.	3.47 mín.	2.97 mín.	3.47 mín.
Velocidad de ensayo	8.19 MPa/mín.	8.60 MPa/mín.	9.14 MPa/mín.	8.07 MPa/mín.	8.70 MPa/mín.	9.43 MPa/mín.	8.69 MPa/mín.
Tipo de falla	TIPO 03	TIPO 02	TIPO 03	TIPO 02	TIPO 03	TIPO 03	---
Modo de falla	DÚCTIL	DÚCTIL	DÚCTIL	DÚCTIL	DÚCTIL	DÚCTIL	---
Tipo de espécimen	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	---

Tabla N° 67: Especímenes ensayados a compresión, veintiocho días de edad, con 1.00% de adición de fibra vegetal

Dato del espécimen	Espécimen						Promedio
Nomenclatura	C01-28D-1%	C02-28D-1%	C03-28D-1%	C04-28D-1%	C05-28D-1%	C06-28D-1%	---
Edad de ensayo	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	---
Diámetro promedio	152 mm	153 mm	152 mm	153 mm	151 mm	153 mm	---
Alto promedio	307 mm	305 mm	304 mm	305 mm	302 mm	304 mm	---
Peso	127.25 N	127.35 N	126.40 N	127.40 N	124.65 N	124.70 N	---
Densidad de masa en estado endurecido	2328.48 kg/m ³	2315.03 kg/m ³	2335.76 kg/m ³	2315.94 kg/m ³	2349.48 kg/m ³	2274.32 kg/m ³	2319.84 kg/m ³
Carga máxima de rotura	667080.00 N	618030.00 N	598410.00 N	490500.00 N	598410.00 N	568980.00 N	590235.00 N
Resistencia a la compresión máxima	36.80 MPa	33.70 MPa	33.00 MPa	26.70 MPa	33.50 MPa	31.00 MPa	32.45 MPa
Resistencia al 40% de compresión	14.72 MPa	13.48 MPa	13.20 MPa	10.68 MPa	13.40 MPa	12.40 MPa	12.98 MPa
Resistencia a la def. de 50 millonésimas	0.27 MPa	0.16 MPa	0.19 MPa	-0.15 MPa	0.13 MPa	0.37 MPa	0.16 MPa
Deformación base de 50 millonésimas	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)
Deformación al 40% de la compresión	3.693 E(-3)	9.855 E(-3)	4.953 E(-3)	5.750 E(-3)	5.233 E(-3)	3.393 E(-3)	5.479 E(-3)
Módulo de elasticidad (ASTM C 469)	3966.16 MPa	1358.41 MPa	2653.28 MPa	1900.21 MPa	2560.17 MPa	3598.75 MPa	2672.83 MPa
Módulo de elasticidad (ACI-318S)	29309.09 MPa	27804.78 MPa	27884.74 MPa	24763.72 MPa	28343.25 MPa	25967.25 MPa	27345.47 MPa
Tiempo de ensayo	5.50 mín.	5.58 mín.	5.50 mín.	3.85 mín.	4.17 mín.	5.50 mín.	5.02 mín.
Velocidad de ensayo	6.69 MPa/mín.	6.04 MPa/mín.	6.00 MPa/mín.	6.94 MPa/mín.	8.03 MPa/mín.	5.64 MPa/mín.	6.56 MPa/mín.
Tipo de falla	TIPO 03	TIPO 03	TIPO 03	TIPO 03	TIPO 03	TIPO 03	---
Modo de falla	DÚCTIL	DÚCTIL	DÚCTIL	DÚCTIL	DÚCTIL	DÚCTIL	---
Tipo de espécimen	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	---

Tabla N° 68: Especímenes ensayados a compresión, siete días de edad, con 2.00% de adición de fibra vegetal

Dato del espécimen	Especímen						Promedio
Nomenclatura	C01-7D-2%	C02-7D-2%	C03-7D-2%	C04-7D-2%	C05-7D-2%	C06-7D-2%	---
Edad de ensayo	7 DÍAS	7 DÍAS	7 DÍAS	7 DÍAS	7 DÍAS	7 DÍAS	---
Diámetro promedio	153 mm	153 mm	153 mm	152 mm	153 mm	154 mm	---
Alto promedio	305 mm	307 mm	303 mm	308 mm	306 mm	302 mm	---
Peso	125.20 N	125.20 N	127.65 N	130.00 N	126.10 N	125.10 N	---
Densidad de masa en estado endurecido	2275.95 kg/m ³	2261.12 kg/m ³	2335.80 kg/m ³	2371.08 kg/m ³	2284.82 kg/m ³	2266.99 kg/m ³	2299.30 kg/m ³
Carga máxima de rotura	441450.00 N	412020.00 N	392400.00 N	412020.00 N	353160.00 N	426735.00 N	406297.50 N
Resistencia a la compresión máxima	24.10 MPa	22.50 MPa	21.40 MPa	22.80 MPa	19.30 MPa	23.00 MPa	22.18 MPa
Resistencia al 40% de compresión	9.64 MPa	9.00 MPa	8.56 MPa	9.12 MPa	7.72 MPa	9.20 MPa	8.87 MPa
Resistencia a la def. de 50 millonésimas	0.19 MPa	0.39 MPa	0.45 MPa	0.39 MPa	0.29 MPa	0.38 MPa	0.35 MPa
Deformación base de 50 millonésimas	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)
Deformación al 40% de la compresión	5.295 E(-3)	3.396 E(-3)	3.323 E(-3)	3.386 E(-3)	4.012 E(-3)	3.530 E(-3)	3.824 E(-3)
Módulo de elasticidad (ASTM C 469)	1802.12 MPa	2573.93 MPa	2479.24 MPa	2616.95 MPa	1876.37 MPa	2535.14 MPa	2313.96 MPa
Módulo de elasticidad (ACI-318S)	22920.34 MPa	21930.37 MPa	22455.88 MPa	23705.86 MPa	20631.22 MPa	22259.09 MPa	22317.13 MPa
Tiempo de ensayo	2.22 mín.	2.12 mín.	2.00 mín.	2.08 mín.	2.23 mín.	2.67 mín.	2.22 mín.
Velocidad de ensayo	10.86 MPa/mín.	10.61 MPa/mín.	10.70 MPa/mín.	10.96 MPa/mín.	8.65 MPa/mín.	8.61 MPa/mín.	10.07 MPa/mín.
Tipo de falla	TIPO 03	TIPO 03	TIPO 03	TIPO 06	TIPO 03	TIPO 03	---
Modo de falla	DÚCTIL	DÚCTIL	DÚCTIL	DÚCTIL	DÚCTIL	DÚCTIL	---
Tipo de espécimen	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	---

Tabla N° 69: Especímenes ensayados a compresión, catorce días de edad, con 2.00% de adición de fibra vegetal

Dato del espécimen	Especímen						Promedio
Nomenclatura	C01-14D-2%	C02-14D-2%	C03-14D-2%	C04-14D-2%	C05-14D-2%	C06-14D-2%	---
Edad de ensayo	14 DÍAS	14 DÍAS	14 DÍAS	14 DÍAS	14 DÍAS	14 DÍAS	---
Diámetro promedio	154 mm	151 mm	154 mm	152 mm	152 mm	153 mm	---
Alto promedio	302 mm	304 mm	303 mm	308 mm	303 mm	305 mm	---
Peso	124.10 N	121.35 N	126.80 N	125.70 N	122.55 N	130.10 N	---
Densidad de masa en estado endurecido	2248.87 kg/m ³	2272.24 kg/m ³	2290.22 kg/m ³	2292.65 kg/m ³	2272.09 kg/m ³	2365.02 kg/m ³	2290.18 kg/m ³
Carga máxima de rotura	461070.00 N	549360.00 N	529740.00 N	549360.00 N	578790.00 N	568980.00 N	539550.00 N
Resistencia a la compresión máxima	24.80 MPa	30.70 MPa	28.50 MPa	30.30 MPa	31.90 MPa	31.00 MPa	29.53 MPa
Resistencia al 40% de compresión	9.92 MPa	12.28 MPa	11.40 MPa	12.12 MPa	12.76 MPa	12.40 MPa	11.81 MPa
Resistencia a la def. de 50 millonésimas	0.14 MPa	0.25 MPa	-0.02 MPa	0.38 MPa	0.34 MPa	-0.13 MPa	0.16 MPa
Deformación base de 50 millonésimas	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)
Deformación al 40% de la compresión	8.249 E(-3)	6.090 E(-3)	3.947 E(-3)	3.189 E(-3)	5.460 E(-3)	6.337 E(-3)	5.545 E(-3)
Módulo de elasticidad (ASTM C 469)	1193.40 MPa	1992.01 MPa	2930.87 MPa	3739.86 MPa	2296.68 MPa	1992.85 MPa	2357.61 MPa
Módulo de elasticidad (ACI-318S)	22837.11 MPa	25805.83 MPa	25159.69 MPa	25983.49 MPa	26302.72 MPa	27536.13 MPa	25604.16 MPa
Tiempo de ensayo	1.98 mín.	2.25 mín.	2.17 mín.	2.47 mín.	3.08 mín.	2.93 mín.	2.48 mín.
Velocidad de ensayo	12.53 MPa/mín.	13.64 MPa/mín.	13.13 MPa/mín.	12.27 MPa/mín.	10.36 MPa/mín.	10.58 MPa/mín.	12.09 MPa/mín.
Tipo de falla	TIPO 02	TIPO 06	TIPO 02	TIPO 02	TIPO 06	TIPO 02	---
Modo de falla	DÚCTIL	DÚCTIL	DÚCTIL	DÚCTIL	DÚCTIL	DÚCTIL	---
Tipo de espécimen	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	---

Tabla N° 70: Especímenes ensayados a compresión, veintiocho días de edad, con 2.00% de adición de fibra vegetal

Dato del espécimen	Especimen						Promedio
Nomenclatura	C01-28D-2%	C02-28D-2%	C03-28D-2%	C04-28D-2%	C05-28D-2%	C06-28D-2%	---
Edad de ensayo	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	---
Diámetro promedio	153 mm	152 mm	153 mm	152 mm	150 mm	151 mm	---
Alto promedio	305 mm	305 mm	306 mm	301 mm	304 mm	303 mm	---
Peso	124.80 N	123.65 N	126.60 N	123.85 N	120.40 N	123.85 N	---
Densidad de masa en estado endurecido	2268.68 kg/m ³	2277.45 kg/m ³	2293.88 kg/m ³	2311.44 kg/m ³	2284.61 kg/m ³	2326.70 kg/m ³	2293.79 kg/m ³
Carga máxima de rotura	524835.00 N	519930.00 N	554265.00 N	632745.00 N	618030.00 N	618030.00 N	577972.50 N
Resistencia a la compresión máxima	28.60 MPa	28.70 MPa	30.20 MPa	34.90 MPa	35.00 MPa	34.60 MPa	32.00 MPa
Resistencia al 40% de compresión	11.44 MPa	11.48 MPa	12.08 MPa	13.96 MPa	14.00 MPa	13.84 MPa	12.80 MPa
Resistencia a la def. de 50 millonésimas	0.10 MPa	0.22 MPa	0.62 MPa	0.20 MPa	0.11 MPa	0.14 MPa	0.23 MPa
Deformación base de 50 millonésimas	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)	0.050 E(-3)
Deformación al 40% de la compresión	6.419 E(-3)	6.324 E(-3)	2.587 E(-3)	4.921 E(-3)	7.061 E(-3)	4.499 E(-3)	5.302 E(-3)
Módulo de elasticidad (ASTM C 469)	1780.11 MPa	1794.29 MPa	4518.43 MPa	2824.78 MPa	1980.98 MPa	3079.44 MPa	2663.00 MPa
Módulo de elasticidad (ACI-318S)	24849.12 MPa	25036.97 MPa	25961.38 MPa	28229.71 MPa	27779.20 MPa	28386.86 MPa	26707.20 MPa
Tiempo de ensayo	3.50 mín.	3.98 mín.	3.95 mín.	4.75 mín.	4.60 mín.	4.68 mín.	4.24 mín.
Velocidad de ensayo	8.17 MPa/mín.	7.21 MPa/mín.	7.65 MPa/mín.	7.35 MPa/mín.	7.61 MPa/mín.	7.39 MPa/mín.	7.56 MPa/mín.
Tipo de falla	TIPO 06	TIPO 03	TIPO 03	TIPO 02	TIPO 06	TIPO 06	---
Modo de falla	DÚCTIL	DÚCTIL	DÚCTIL	DÚCTIL	DÚCTIL	DÚCTIL	---
Tipo de espécimen	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	---

Tabla N° 71: Especímenes ensayados a tracción, siete días de edad, sin adición de fibra vegetal

Dato del espécimen	Espécimen						Promedio
Nomenclatura	T01-7D-0%	T02-7D-0%	T03-7D-0%	T04-7D-0%	T05-7D-0%	T06-7D-0%	---
Edad de ensayo	7 DÍAS	7 DÍAS	7 DÍAS	7 DÍAS	7 DÍAS	7 DÍAS	---
Diámetro promedio	152 mm	151 mm	153 mm	152 mm	152 mm	152 mm	---
Alto promedio	309 mm	308 mm	312 mm	304 mm	305 mm	304 mm	---
Peso	125.25 N	124.90 N	125.70 N	122.10 N	123.10 N	122.20 N	---
Densidad de masa en estado endurecido	2277.05 kg/m ³	2308.34 kg/m ³	2233.77 kg/m ³	2256.30 kg/m ³	2267.32 kg/m ³	2258.14 kg/m ³	2266.82 kg/m ³
Carga máxima de rotura	166770.00 N	156960.00 N	171675.00 N	176580.00 N	156960.00 N	156960.00 N	164317.50 N
Resistencia a la tracción máxima	2.30 MPa	2.15 MPa	2.30 MPa	2.45 MPa	2.20 MPa	2.20 MPa	2.27 MPa
Tiempo de ensayo	1.83 mín.	1.98 mín.	1.63 mín.	1.92 mín.	1.78 mín.	1.68 mín.	1.80 mín.
Velocidad de ensayo	1.26 MPa/mín.	1.09 MPa/mín.	1.41 MPa/mín.	1.28 MPa/mín.	1.24 MPa/mín.	1.31 MPa/mín.	1.27 MPa/mín.
Tipo de espécimen	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	---

Tabla N° 72: Especímenes ensayados a tracción, catorce días de edad, sin adición de fibra vegetal

Dato del espécimen	Espécimen						Promedio
Nomenclatura	T01-14D-0%	T02-14D-0%	T03-14D-0%	T04-14D-0%	T05-14D-0%	T06-14D-0%	---
Edad de ensayo	14 DÍAS	14 DÍAS	14 DÍAS	14 DÍAS	14 DÍAS	14 DÍAS	---
Diámetro promedio	152 mm	148 mm	152 mm	152 mm	152 mm	153 mm	---
Alto promedio	304 mm	296 mm	301 mm	306 mm	304 mm	296 mm	---
Peso	124.60 N	118.15 N	122.00 N	124.40 N	124.40 N	121.95 N	---
Densidad de masa en estado endurecido	2302.49 kg/m ³	2365.16 kg/m ³	2276.92 kg/m ³	2283.77 kg/m ³	2298.80 kg/m ³	2284.27 kg/m ³	2301.90 kg/m ³
Carga máxima de rotura	196200.00 N	166770.00 N	166770.00 N	176580.00 N	171675.00 N	176580.00 N	175762.50 N
Resistencia a la tracción máxima	2.75 MPa	2.45 MPa	2.35 MPa	2.45 MPa	2.40 MPa	2.50 MPa	2.48 MPa
Tiempo de ensayo	1.67 mín.	1.25 mín.	1.17 mín.	1.22 mín.	1.08 mín.	1.20 mín.	1.27 mín.
Velocidad de ensayo	1.65 MPa/mín.	1.96 MPa/mín.	2.01 MPa/mín.	2.01 MPa/mín.	2.22 MPa/mín.	2.08 MPa/mín.	1.99 MPa/mín.
Tipo de espécimen	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	---

Tabla N° 73: Especímenes ensayados a tracción, veintiocho días de edad, sin adición de fibra vegetal

Dato del espécimen	Especímen						Promedio
Nomenclatura	T01-28D-0%	T02-28D-0%	T03-28D-0%	T04-28D-0%	T05-28D-0%	T06-28D-0%	---
Edad de ensayo	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	---
Diámetro promedio	153 mm	153 mm	151 mm	153 mm	150 mm	153 mm	---
Alto promedio	304 mm	304 mm	304 mm	303 mm	305 mm	304 mm	---
Peso	126.60 N	125.80 N	123.65 N	125.60 N	123.50 N	127.55 N	---
Densidad de masa en estado endurecido	2308.97 kg/m ³	2294.38 kg/m ³	2315.30 kg/m ³	2298.29 kg/m ³	2335.75 kg/m ³	2326.30 kg/m ³	2313.16 kg/m ³
Carga máxima de rotura	176580.00 N	176580.00 N	196200.00 N	176580.00 N	166770.00 N	206010.00 N	183120.00 N
Resistencia a la tracción máxima	2.45 MPa	2.45 MPa	2.75 MPa	2.45 MPa	2.35 MPa	2.85 MPa	2.55 MPa
Tiempo de ensayo	1.30 mín.	1.42 mín.	1.60 mín.	1.45 mín.	1.77 mín.	1.68 mín.	1.54 mín.
Velocidad de ensayo	1.88 MPa/mín.	1.73 MPa/mín.	1.72 MPa/mín.	1.69 MPa/mín.	1.33 MPa/mín.	1.70 MPa/mín.	1.68 MPa/mín.
Tipo de espécimen	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	---

Tabla N° 74: Especímenes ensayados a tracción, veintiocho días de edad, con 0.50% de adición de fibra vegetal

Dato del espécimen	Especímen						Promedio
Nomenclatura	T01-7D-0.50%	T02-7D-0.50%	T03-7D-0.50%	T04-7D-0.50%	T05-7D-0.50%	T06-7D-0.50%	---
Edad de ensayo	7 DÍAS	7 DÍAS	7 DÍAS	7 DÍAS	7 DÍAS	7 DÍAS	---
Diámetro promedio	151 mm	153 mm	151 mm	152 mm	152 mm	153 mm	---
Alto promedio	306 mm	307 mm	307 mm	307 mm	305 mm	306 mm	---
Peso	123.50 N	127.60 N	120.30 N	123.95 N	122.85 N	122.65 N	---
Densidad de masa en estado endurecido	2297.38 kg/m ³	2304.47 kg/m ³	2230.56 kg/m ³	2268.10 kg/m ³	2262.71 kg/m ³	2222.31 kg/m ³	2264.25 kg/m ³
Carga máxima de rotura	176580.00 N	166770.00 N	161865.00 N	166770.00 N	161865.00 N	171675.00 N	167587.50 N
Resistencia a la tracción máxima	2.45 MPa	2.30 MPa	2.25 MPa	2.30 MPa	2.25 MPa	2.35 MPa	2.32 MPa
Tiempo de ensayo	1.75 mín.	1.63 mín.	1.92 mín.	1.70 mín.	1.80 mín.	1.67 mín.	1.75 mín.
Velocidad de ensayo	1.40 MPa/mín.	1.41 MPa/mín.	1.17 MPa/mín.	1.35 MPa/mín.	1.25 MPa/mín.	1.41 MPa/mín.	1.33 MPa/mín.
Tipo de espécimen	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	---

Tabla N° 75: Especímenes ensayados a tracción, catorce días de edad, con 0.50% de adición de fibra vegetal

Dato del espécimen	Espécimen						Promedio
Nomenclatura	T01-14D-0.50%	T02-14D-0.50%	T03-14D-0.50%	T04-14D-0.50%	T05-14D-0.50%	T06-14D-0.50%	---
Edad de ensayo	14 DÍAS	14 DÍAS	14 DÍAS	14 DÍAS	14 DÍAS	14 DÍAS	---
Diámetro promedio	153 mm	152 mm	153 mm	151 mm	152 mm	152 mm	---
Alto promedio	305 mm	306 mm	303 mm	307 mm	304 mm	302 mm	---
Peso	125.15 N	126.55 N	122.55 N	123.95 N	124.55 N	121.70 N	---
Densidad de masa en estado endurecido	2275.04 kg/m ³	2323.24 kg/m ³	2242.48 kg/m ³	2298.24 kg/m ³	2301.57 kg/m ³	2263.80 kg/m ³	2284.06 kg/m ³
Carga máxima de rotura	186390.00 N	147150.00 N	186390.00 N	176580.00 N	215820.00 N	186390.00 N	183120.00 N
Resistencia a la tracción máxima	2.55 MPa	2.05 MPa	2.60 MPa	2.45 MPa	3.00 MPa	2.60 MPa	2.54 MPa
Tiempo de ensayo	1.77 mín.	1.80 mín.	1.82 mín.	1.92 mín.	1.78 mín.	1.77 mín.	1.81 mín.
Velocidad de ensayo	1.44 MPa/mín.	1.14 MPa/mín.	1.43 MPa/mín.	1.28 MPa/mín.	1.69 MPa/mín.	1.47 MPa/mín.	1.41 MPa/mín.
Tipo de espécimen	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	---

Tabla N° 76: Especímenes ensayados a tracción, veintiocho días de edad, con 0.50% de adición de fibra vegetal

Dato del espécimen	Espécimen						Promedio
Nomenclatura	T01-28D-0.50%	T02-28D-0.50%	T03-28D-0.50%	T04-28D-0.50%	T05-28D-0.50%	T06-28D-0.50%	---
Edad de ensayo	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	---
Diámetro promedio	152 mm	151 mm	152 mm	152 mm	152 mm	152 mm	---
Alto promedio	303 mm	304 mm	305 mm	304 mm	300 mm	302 mm	---
Peso	123.60 N	118.95 N	127.10 N	125.50 N	123.50 N	120.40 N	---
Densidad de masa en estado endurecido	2291.55 kg/m ³	2227.30 kg/m ³	2340.99 kg/m ³	2319.12 kg/m ³	2312.60 kg/m ³	2239.62 kg/m ³	2288.53 kg/m ³
Carga máxima de rotura	191295.00 N	191295.00 N	176580.00 N	201105.00 N	186390.00 N	176580.00 N	187207.50 N
Resistencia a la tracción máxima	2.65 MPa	2.70 MPa	2.45 MPa	2.80 MPa	2.65 MPa	2.45 MPa	2.62 MPa
Tiempo de ensayo	1.75 mín.	1.70 mín.	1.53 mín.	1.52 mín.	1.43 mín.	1.45 mín.	1.56 mín.
Velocidad de ensayo	1.51 MPa/mín.	1.59 MPa/mín.	1.60 MPa/mín.	1.84 MPa/mín.	1.85 MPa/mín.	1.69 MPa/mín.	1.68 MPa/mín.
Tipo de espécimen	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	---

Tabla N° 77: Especímenes ensayados a tracción, siete días de edad, con 1.00% de adición de fibra vegetal

Dato del espécimen	Especímen						Promedio
	T01-7D-1%	T02-7D-1%	T03-7D-1%	T04-7D-1%	T05-7D-1%	T06-7D-1%	
Nomenclatura	T01-7D-1%	T02-7D-1%	T03-7D-1%	T04-7D-1%	T05-7D-1%	T06-7D-1%	---
Edad de ensayo	7 DÍAS	7 DÍAS	7 DÍAS	7 DÍAS	7 DÍAS	7 DÍAS	---
Diámetro promedio	152 mm	153 mm	154 mm	151 mm	153 mm	153 mm	---
Alto promedio	304 mm	309 mm	308 mm	307 mm	307 mm	307 mm	---
Peso	125.80 N	127.20 N	129.50 N	123.65 N	129.30 N	126.55 N	---
Densidad de masa en estado endurecido	2324.67 kg/m ³	2282.37 kg/m ³	2301.01 kg/m ³	2292.68 kg/m ³	2335.17 kg/m ³	2285.50 kg/m ³	2303.57 kg/m ³
Carga máxima de rotura	225630.00 N	171675.00 N	152055.00 N	171675.00 N	142245.00 N	176580.00 N	173310.00 N
Resistencia a la tracción máxima	3.15 MPa	2.35 MPa	2.05 MPa	2.40 MPa	1.95 MPa	2.40 MPa	2.38 MPa
Tiempo de ensayo	2.08 mín.	2.00 mín.	2.13 mín.	2.20 mín.	1.83 mín.	2.30 mín.	2.09 mín.
Velocidad de ensayo	1.51 MPa/mín.	1.18 MPa/mín.	0.96 MPa/mín.	1.09 MPa/mín.	1.07 MPa/mín.	1.04 MPa/mín.	1.14 MPa/mín.
Tipo de espécimen	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	---

Tabla N° 78: Especímenes ensayados a tracción, catorce días de edad, con 1.00% de adición de fibra vegetal

Dato del espécimen	Especímen						Promedio
	T01-14D-1%	T02-14D-1%	T03-14D-1%	T04-14D-1%	T05-14D-1%	T06-14D-1%	
Nomenclatura	T01-14D-1%	T02-14D-1%	T03-14D-1%	T04-14D-1%	T05-14D-1%	T06-14D-1%	---
Edad de ensayo	14 DÍAS	14 DÍAS	14 DÍAS	14 DÍAS	14 DÍAS	14 DÍAS	---
Diámetro promedio	150 mm	152 mm	151 mm	153 mm	153 mm	152 mm	---
Alto promedio	308 mm	306 mm	307 mm	308 mm	306 mm	305 mm	---
Peso	125.25 N	125.90 N	124.60 N	129.70 N	128.55 N	126.15 N	---
Densidad de masa en estado endurecido	2345.77 kg/m ³	2311.31 kg/m ³	2310.29 kg/m ³	2334.79 kg/m ³	2329.21 kg/m ³	2323.49 kg/m ³	2325.81 kg/m ³
Carga máxima de rotura	206010.00 N	166770.00 N	235440.00 N	215820.00 N	210915.00 N	191295.00 N	204375.00 N
Resistencia a la tracción máxima	2.85 MPa	2.30 MPa	3.25 MPa	2.95 MPa	2.90 MPa	2.65 MPa	2.82 MPa
Tiempo de ensayo	2.03 mín.	2.20 mín.	1.58 mín.	1.95 mín.	1.72 mín.	2.28 mín.	1.96 mín.
Velocidad de ensayo	1.40 MPa/mín.	1.05 MPa/mín.	2.06 MPa/mín.	1.51 MPa/mín.	1.69 MPa/mín.	1.16 MPa/mín.	1.48 MPa/mín.
Tipo de espécimen	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	---

Tabla N° 79: Especímenes ensayados a tracción, veintiocho días de edad, con 1.00% de adición de fibra vegetal

Dato del espécimen	Especímen						Promedio
Nomenclatura	T01-28D-1%	T02-28D-1%	T03-28D-1%	T04-28D-1%	T05-28D-1%	T06-28D-1%	---
Edad de ensayo	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	---
Diámetro promedio	151 mm	151 mm	153 mm	152 mm	152 mm	150 mm	---
Alto promedio	302 mm	302 mm	300 mm	301 mm	302 mm	302 mm	---
Peso	123.75 N	121.85 N	125.60 N	123.55 N	124.40 N	122.35 N	---
Densidad de masa en estado endurecido	2332.52 kg/m ³	2296.71 kg/m ³	2321.28 kg/m ³	2305.85 kg/m ³	2314.02 kg/m ³	2336.98 kg/m ³	2317.89 kg/m ³
Carga máxima de rotura	196200.00 N	235440.00 N	215820.00 N	225630.00 N	206010.00 N	186390.00 N	210915.00 N
Resistencia a la tracción máxima	2.75 MPa	3.30 MPa	3.00 MPa	3.15 MPa	2.90 MPa	2.65 MPa	2.96 MPa
Tiempo de ensayo	1.83 mín.	1.63 mín.	1.68 mín.	1.87 mín.	1.95 mín.	1.62 mín.	1.76 mín.
Velocidad de ensayo	1.50 MPa/mín.	2.02 MPa/mín.	1.79 MPa/mín.	1.68 MPa/mín.	1.49 MPa/mín.	1.64 MPa/mín.	1.69 MPa/mín.
Tipo de espécimen	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	---

Tabla N° 80: Especímenes ensayados a tracción, siete días de edad, con 2.00% de adición de fibra vegetal

Dato del espécimen	Especímen						Promedio
Nomenclatura	T01-7D-2%	T02-7D-2%	T03-7D-2%	T04-7D-2%	T05-7D-2%	T06-7D-2%	---
Edad de ensayo	7 DÍAS	7 DÍAS	7 DÍAS	7 DÍAS	7 DÍAS	7 DÍAS	---
Diámetro promedio	152 mm	153 mm	152 mm	151 mm	151 mm	153 mm	---
Alto promedio	306 mm	308 mm	305 mm	302 mm	308 mm	305 mm	---
Peso	129.40 N	127.65 N	126.50 N	124.65 N	128.95 N	126.50 N	---
Densidad de masa en estado endurecido	2375.56 kg/m ³	2297.89 kg/m ³	2329.94 kg/m ³	2349.48 kg/m ³	2383.19 kg/m ³	2299.58 kg/m ³	2339.27 kg/m ³
Carga máxima de rotura	156960.00 N	171675.00 N	181485.00 N	179032.50 N	186390.00 N	171675.00 N	174536.25 N
Resistencia a la tracción máxima	2.15 MPa	2.35 MPa	2.50 MPa	2.50 MPa	2.60 MPa	2.35 MPa	2.41 MPa
Tiempo de ensayo	2.03 mín.	2.20 mín.	1.58 mín.	1.95 mín.	1.72 mín.	2.28 mín.	1.96 mín.
Velocidad de ensayo	1.06 MPa/mín.	1.07 MPa/mín.	1.58 MPa/mín.	1.28 MPa/mín.	1.51 MPa/mín.	1.03 MPa/mín.	1.26 MPa/mín.
Tipo de espécimen	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	---

Tabla N° 81: Especímenes ensayados a tracción, catorce días de edad, con 2.00% de adición de fibra vegetal

Dato del espécimen	Especímen						Promedio
Nomenclatura	T01-14D-2%	T02-14D-2%	T03-14D-2%	T04-14D-2%	T05-14D-2%	T06-14D-2%	---
Edad de ensayo	14 DÍAS	14 DÍAS	14 DÍAS	14 DÍAS	14 DÍAS	14 DÍAS	---
Diámetro promedio	153 mm	151 mm	151 mm	153 mm	151 mm	153 mm	---
Alto promedio	308 mm	303 mm	305 mm	299 mm	304 mm	300 mm	---
Peso	128.65 N	123.00 N	125.15 N	127.00 N	123.90 N	126.90 N	---
Densidad de masa en estado endurecido	2315.89 kg/m ³	2310.73 kg/m ³	2335.71 kg/m ³	2355.00 kg/m ³	2319.98 kg/m ³	2345.30 kg/m ³	2330.43 kg/m ³
Carga máxima de rotura	225630.00 N	220725.00 N	196200.00 N	196200.00 N	176580.00 N	191295.00 N	201105.00 N
Resistencia a la tracción máxima	3.05 MPa	3.10 MPa	2.75 MPa	2.75 MPa	2.45 MPa	2.70 MPa	2.80 MPa
Tiempo de ensayo	2.02 mín.	1.80 mín.	2.25 mín.	1.43 mín.	1.43 mín.	1.12 mín.	1.68 mín.
Velocidad de ensayo	1.51 MPa/mín.	1.72 MPa/mín.	1.22 MPa/mín.	1.92 MPa/mín.	1.71 MPa/mín.	2.41 MPa/mín.	1.75 MPa/mín.
Tipo de espécimen	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	---

Tabla N° 82: Especímenes ensayados a tracción, veintiocho días de edad, con 2.00% de adición de fibra vegetal

Dato del espécimen	Especímen						Promedio
Nomenclatura	T01-28D-2%	T02-28D-2%	T03-28D-2%	T04-28D-2%	T05-28D-2%	T06-28D-2%	---
Edad de ensayo	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	---
Diámetro promedio	152 mm	154 mm	153 mm	153 mm	152 mm	150 mm	---
Alto promedio	302 mm	304 mm	304 mm	301 mm	304 mm	299 mm	---
Peso	124.80 N	130.45 N	128.70 N	123.70 N	125.95 N	126.55 N	---
Densidad de masa en estado endurecido	2321.46 kg/m ³	2348.39 kg/m ³	2347.27 kg/m ³	2278.57 kg/m ³	2327.44 kg/m ³	2441.46 kg/m ³	2344.10 kg/m ³
Carga máxima de rotura	215820.00 N	235440.00 N	245250.00 N	171675.00 N	215820.00 N	176580.00 N	210097.50 N
Resistencia a la tracción máxima	3.00 MPa	3.25 MPa	3.40 MPa	2.40 MPa	3.00 MPa	2.55 MPa	2.93 MPa
Tiempo de ensayo	2.40 mín.	2.42 mín.	2.33 mín.	2.22 mín.	2.37 mín.	2.28 mín.	2.34 mín.
Velocidad de ensayo	1.25 MPa/mín.	1.34 MPa/mín.	1.46 MPa/mín.	1.08 MPa/mín.	1.27 MPa/mín.	1.12 MPa/mín.	1.25 MPa/mín.
Tipo de espécimen	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	---

Tabla N° 83: Especímenes ensayados a flexión, siete días de edad, sin adición de fibra vegetal

Dato del espécimen	Especímen						Promedio
Nomenclatura	F01-7D-0%	F02-7D-0%	F03-7D-0%	F04-7D-0%	F05-7D-0%	F06-7D-0%	---
Edad de ensayo	7 DÍAS	7 DÍAS	7 DÍAS	7 DÍAS	7 DÍAS	7 DÍAS	---
Ancho promedio	150 mm	150 mm	149 mm	149 mm	150 mm	150 mm	---
Alto promedio	153 mm	150 mm	150 mm	149 mm	149 mm	150 mm	---
Largo promedio	497 mm	497 mm	497 mm	499 mm	499 mm	499 mm	---
Peso	252.65 N	255.60 N	255.60 N	254.10 N	252.65 N	254.30 N	---
Densidad de masa en estado endurecido	2257.93 kg/m ³	2329.98 kg/m ³	2345.62 kg/m ³	2338.10 kg/m ³	2309.26 kg/m ³	2308.84 kg/m ³	2314.96 kg/m ³
Longitud del tramo de ensayo	450 mm	450 mm	450 mm	450 mm	450 mm	450 mm	450 mm
Carga máxima de rotura	12262.50 N	10791.00 N	13243.50 N	17658.00 N	17658.00 N	14224.50 N	14306.25 N
Resistencia a la flexión máxima	2.40 MPa	2.20 MPa	2.70 MPa	3.65 MPa	3.60 MPa	2.85 MPa	2.90 MPa
Tiempo de ensayo	2.42 mín.	2.47 mín.	2.70 mín.	2.83 mín.	2.88 mín.	2.67 mín.	2.66 mín.
Velocidad de ensayo	0.99 MPa/mín.	0.89 MPa/mín.	1.00 MPa/mín.	1.29 MPa/mín.	1.25 MPa/mín.	1.07 MPa/mín.	1.08 MPa/mín.
Ancho mayor de fisura	12.35 mm	6.35 mm	7.35 mm	15.72 mm	20.29 mm	10.26 mm	12.05 mm
Longitud de fisura	150.78 mm	149.33 mm	149.54 mm	149.19 mm	148.40 mm	149.39 mm	149.44 mm
Tipo de espécimen	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	---

Tabla N° 84: Especímenes ensayados a flexión, catorce días de edad, sin adición de fibra vegetal

Dato del espécimen	Especimen						Promedio
Nomenclatura	F01-14D-0%	F02-14D-0%	F03-14D-0%	F04-14D-0%	F05-14D-0%	F06-14D-0%	---
Edad de ensayo	14 DÍAS	14 DÍAS	14 DÍAS	14 DÍAS	14 DÍAS	14 DÍAS	---
Ancho promedio	151 mm	150 mm	150 mm	150 mm	150 mm	150 mm	---
Alto promedio	151 mm	152 mm	153 mm	152 mm	152 mm	153 mm	---
Largo promedio	495 mm	496 mm	496 mm	497 mm	495 mm	497 mm	---
Peso	253.10 N	255.40 N	255.40 N	253.50 N	255.85 N	255.95 N	---
Densidad de masa en estado endurecido	2285.94 kg/m ³	2302.16 kg/m ³	2287.11 kg/m ³	2280.44 kg/m ³	2310.87 kg/m ³	2287.43 kg/m ³	2292.32 kg/m ³
Longitud del tramo de ensayo	450 mm	450 mm	450 mm	450 mm	450 mm	450 mm	450 mm
Carga máxima de rotura	16677.00 N	15696.00 N	16677.00 N	15696.00 N	14224.50 N	14715.00 N	15614.25 N
Resistencia a la flexión máxima	3.30 MPa	3.10 MPa	3.25 MPa	3.10 MPa	2.80 MPa	2.85 MPa	3.07 MPa
Tiempo de ensayo	2.42 mín.	2.43 mín.	2.55 mín.	2.29 mín.	2.51 mín.	2.38 mín.	2.43 mín.
Velocidad de ensayo	1.36 MPa/mín.	1.28 MPa/mín.	1.27 MPa/mín.	1.35 MPa/mín.	1.12 MPa/mín.	1.20 MPa/mín.	1.26 MPa/mín.
Ancho mayor de fisura	5.12 mm	8.44 mm	9.95 mm	8.02 mm	2.48 mm	7.37 mm	6.90 mm
Longitud de fisura	140.21 mm	161.72 mm	160.25 mm	150.79 mm	120.18 mm	125.36 mm	143.09 mm
Tipo de espécimen	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	---

Tabla N° 85: Especímenes ensayados a flexión, veintiocho días de edad, sin adición de fibra vegetal

Dato del espécimen	Especimen						Promedio
Nomenclatura	F01-28D-0%	F02-28D-0%	F03-28D-0%	F04-28D-0%	F05-28D-0%	F06-28D-0%	---
Edad de ensayo	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	---
Ancho promedio	150 mm	150 mm	150 mm	150 mm	150 mm	150 mm	---
Alto promedio	154 mm	152 mm	153 mm	153 mm	154 mm	153 mm	---
Largo promedio	497 mm	499 mm	499 mm	499 mm	498 mm	498 mm	---
Peso	260.00 N	273.25 N	273.25 N	257.45 N	258.20 N	257.55 N	---
Densidad de masa en estado endurecido	2308.53 kg/m ³	2448.25 kg/m ³	2432.25 kg/m ³	2291.61 kg/m ³	2287.95 kg/m ³	2297.10 kg/m ³	2344.28 kg/m ³
Longitud del tramo de ensayo	450 mm	450 mm	450 mm	450 mm	450 mm	450 mm	450 mm
Carga máxima de rotura	17658.00 N	16677.00 N	18148.50 N	14715.00 N	16677.00 N	17167.50 N	16840.50 N
Resistencia a la flexión máxima	3.40 MPa	3.25 MPa	3.50 MPa	2.85 MPa	3.20 MPa	3.35 MPa	3.26 MPa
Tiempo de ensayo	2.03 mín.	2.20 mín.	1.58 mín.	1.95 mín.	1.72 mín.	2.28 mín.	1.96 mín.
Velocidad de ensayo	1.67 MPa/mín.	1.48 MPa/mín.	2.22 MPa/mín.	1.46 MPa/mín.	1.86 MPa/mín.	1.47 MPa/mín.	1.69 MPa/mín.
Ancho mayor de fisura	3.62 mm	2.82 mm	4.43 mm	4.51 mm	3.51 mm	7.45 mm	4.39 mm
Longitud de fisura	148.84 mm	154.41 mm	154.25 mm	153.74 mm	133.84 mm	144.93 mm	148.34 mm
Tipo de espécimen	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	---

Tabla N° 86: Especímenes ensayados a flexión, siete días de edad, con 0.50% de adición de fibra vegetal

Dato del espécimen	Especimen						Promedio
Nomenclatura	F01-7D-0.50%	F02-7D-0.50%	F03-7D-0.50%	F04-7D-0.50%	F05-7D-0.50%	F06-7D-0.50%	---
Edad de ensayo	7 DÍAS	7 DÍAS	7 DÍAS	7 DÍAS	7 DÍAS	7 DÍAS	---
Ancho promedio	151 mm	150 mm	150 mm	150 mm	150 mm	150 mm	---
Alto promedio	151 mm	152 mm	153 mm	152 mm	152 mm	153 mm	---
Largo promedio	495 mm	496 mm	496 mm	497 mm	495 mm	497 mm	---
Peso	254.30 N	247.35 N	247.35 N	247.55 N	251.75 N	252.25 N	---
Densidad de masa en estado endurecido	2296.77 kg/m ³	2229.60 kg/m ³	2215.02 kg/m ³	2226.91 kg/m ³	2273.84 kg/m ³	2254.36 kg/m ³	2249.42 kg/m ³
Longitud del tramo de ensayo	450 mm	450 mm	450 mm	450 mm	450 mm	450 mm	450 mm
Carga máxima de rotura	17167.50 N	18540.90 N	19620.00 N	17658.00 N	19423.80 N	18246.60 N	18442.80 N
Resistencia a la flexión máxima	3.40 MPa	3.65 MPa	3.80 MPa	3.45 MPa	3.80 MPa	3.55 MPa	3.61 MPa
Tiempo de ensayo	2.42 mín.	2.43 mín.	2.55 mín.	2.29 mín.	2.51 mín.	2.38 mín.	2.43 mín.
Velocidad de ensayo	1.40 MPa/mín.	1.50 MPa/mín.	1.49 MPa/mín.	1.51 MPa/mín.	1.51 MPa/mín.	1.49 MPa/mín.	1.48 MPa/mín.
Ancho mayor de fisura	1.70 mm	1.78 mm	1.80 mm	1.61 mm	2.05 mm	2.02 mm	1.83 mm
Longitud de fisura	127.68 mm	128.41 mm	127.87 mm	109.90 mm	119.05 mm	118.63 mm	121.92 mm
Tipo de espécimen	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	---

Tabla N° 87: Especímenes ensayados a flexión, catorce días de edad, con 0.50% de adición de fibra vegetal

Dato del espécimen	Especímen						Promedio
Nomenclatura	F01-14D-0.50%	F02-14D-0.50%	F03-14D-0.50%	F04-14D-0.50%	F05-14D-0.50%	F06-14D-0.50%	---
Edad de ensayo	14 DÍAS	14 DÍAS	14 DÍAS	14 DÍAS	14 DÍAS	14 DÍAS	---
Ancho promedio	152 mm	150 mm	151 mm	151 mm	150 mm	150 mm	---
Alto promedio	150 mm	152 mm	153 mm	151 mm	151 mm	151 mm	---
Largo promedio	493 mm	495 mm	495 mm	496 mm	497 mm	495 mm	---
Peso	251.15 N	248.90 N	248.90 N	252.45 N	253.40 N	248.40 N	---
Densidad de masa en estado endurecido	2277.63 kg/m ³	2248.10 kg/m ³	2218.62 kg/m ³	2275.47 kg/m ³	2294.63 kg/m ³	2258.44 kg/m ³	2262.15 kg/m ³
Longitud del tramo de ensayo	450 mm	450 mm	450 mm	450 mm	450 mm	450 mm	450 mm
Carga máxima de rotura	16677.00 N	19620.00 N	19620.00 N	19816.20 N	18246.60 N	20306.70 N	19047.75 N
Resistencia a la flexión máxima	3.30 MPa	3.85 MPa	3.75 MPa	3.90 MPa	3.65 MPa	4.05 MPa	3.75 MPa
Tiempo de ensayo	2.67 mín.	2.23 mín.	1.33 mín.	2.17 mín.	2.00 mín.	2.07 mín.	2.08 mín.
Velocidad de ensayo	1.24 MPa/mín.	1.73 MPa/mín.	2.82 MPa/mín.	1.80 MPa/mín.	1.83 MPa/mín.	1.96 MPa/mín.	1.90 MPa/mín.
Ancho mayor de fisura	1.78 mm	1.10 mm	1.40 mm	2.19 mm	1.91 mm	2.03 mm	1.74 mm
Longitud de fisura	137.71 mm	122.16 mm	117.19 mm	133.23 mm	125.66 mm	132.43 mm	128.06 mm
Tipo de espécimen	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	---

Tabla N° 88: Especímenes ensayados a flexión, veintiocho días de edad, con 0.50% de adición de fibra vegetal

Dato del espécimen	Especimen						Promedio
Nomenclatura	F01-28D-0.50%	F02-28D-0.50%	F03-28D-0.50%	F04-28D-0.50%	F05-28D-0.50%	F06-28D-0.50%	---
Edad de ensayo	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	---
Ancho promedio	150 mm	149 mm	151 mm	150 mm	151 mm	152 mm	---
Alto promedio	152 mm	151 mm	150 mm	152 mm	152 mm	152 mm	---
Largo promedio	499 mm	499 mm	499 mm	500 mm	498 mm	500 mm	---
Peso	247.65 N	251.35 N	251.35 N	252.45 N	250.65 N	253.60 N	---
Densidad de masa en estado endurecido	2218.88 kg/m ³	2282.16 kg/m ³	2266.95 kg/m ³	2257.36 kg/m ³	2235.37 kg/m ³	2237.81 kg/m ³	2249.75 kg/m ³
Longitud del tramo de ensayo	450 mm	450 mm	450 mm	450 mm	450 mm	450 mm	450 mm
Carga máxima de rotura	16971.30 N	19620.00 N	18639.00 N	20601.00 N	19620.00 N	20208.60 N	19276.65 N
Resistencia a la flexión máxima	3.35 MPa	3.90 MPa	3.75 MPa	4.05 MPa	3.80 MPa	3.90 MPa	3.79 MPa
Tiempo de ensayo	2.17 mín.	1.80 mín.	2.00 mín.	2.20 mín.	1.42 mín.	1.10 mín.	1.78 mín.
Velocidad de ensayo	1.54 MPa/mín.	2.17 MPa/mín.	1.88 MPa/mín.	1.84 MPa/mín.	2.68 MPa/mín.	3.55 MPa/mín.	2.28 MPa/mín.
Ancho mayor de fisura	2.04 mm	2.44 mm	2.49 mm	1.78 mm	2.24 mm	2.42 mm	2.24 mm
Longitud de fisura	118.22 mm	130.45 mm	137.73 mm	133.67 mm	134.09 mm	119.31 mm	128.91 mm
Tipo de espécimen	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	---

Tabla N° 89: Especímenes ensayados a flexión, siete días de edad, con 1.00% de adición de fibra vegetal

Dato del espécimen	Especímen						Promedio
Nomenclatura	F01-7D-1%	F02-7D-1%	F03-7D-1%	F04-7D-1%	F05-7D-1%	F06-7D-1%	---
Edad de ensayo	7 DÍAS	7 DÍAS	7 DÍAS	7 DÍAS	7 DÍAS	7 DÍAS	---
Ancho promedio	150 mm	150 mm	150 mm	150 mm	150 mm	151 mm	---
Alto promedio	152 mm	150 mm	151 mm	152 mm	152 mm	153 mm	---
Largo promedio	499 mm	499 mm	499 mm	500 mm	498 mm	500 mm	---
Peso	249.20 N	250.10 N	250.10 N	248.30 N	249.00 N	247.75 N	---
Densidad de masa en estado endurecido	2232.77 kg/m ³	2270.71 kg/m ³	2255.67 kg/m ³	2220.26 kg/m ³	2235.46 kg/m ³	2186.28 kg/m ³	2233.52 kg/m ³
Longitud del tramo de ensayo	450 mm	450 mm	450 mm	450 mm	450 mm	450 mm	450 mm
Carga máxima de rotura	17658.00 N	18639.00 N	18639.00 N	22563.00 N	16677.00 N	20208.60 N	19064.10 N
Resistencia a la flexión máxima	3.45 MPa	3.75 MPa	3.70 MPa	4.40 MPa	3.25 MPa	3.90 MPa	3.74 MPa
Tiempo de ensayo	2.17 mín.	1.80 mín.	2.00 mín.	2.20 mín.	1.42 mín.	1.10 mín.	1.78 mín.
Velocidad de ensayo	1.59 MPa/mín.	2.08 MPa/mín.	1.85 MPa/mín.	2.00 MPa/mín.	2.29 MPa/mín.	3.55 MPa/mín.	2.23 MPa/mín.
Ancho mayor de fisura	2.04 mm	2.44 mm	2.49 mm	1.78 mm	2.24 mm	2.42 mm	2.24 mm
Longitud de fisura	118.22 mm	130.45 mm	137.73 mm	133.67 mm	134.09 mm	119.31 mm	128.91 mm
Tipo de espécimen	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	---

Tabla N° 90: Especímenes ensayados a flexión, catorce días de edad, con 1.00% de adición de fibra vegetal

Dato del espécimen	Especímen						Promedio
Nomenclatura	F01-14D-1%	F02-14D-1%	F03-14D-1%	F04-14D-1%	F05-14D-1%	F06-14D-1%	---
Edad de ensayo	14 DÍAS	14 DÍAS	14 DÍAS	14 DÍAS	14 DÍAS	14 DÍAS	---
Ancho promedio	152 mm	151 mm	150 mm	151 mm	150 mm	152 mm	---
Alto promedio	149 mm	151 mm	152 mm	151 mm	151 mm	151 mm	---
Largo promedio	493 mm	495 mm	495 mm	496 mm	497 mm	495 mm	---
Peso	251.15 N	248.90 N	248.90 N	252.45 N	253.40 N	248.40 N	---
Densidad de masa en estado endurecido	2292.91 kg/m ³	2248.00 kg/m ³	2248.10 kg/m ³	2275.47 kg/m ³	2294.63 kg/m ³	2228.73 kg/m ³	2264.64 kg/m ³
Longitud del tramo de ensayo	450 mm	450 mm	450 mm	450 mm	450 mm	450 mm	450 mm
Carga máxima de rotura	19325.70 N	20110.50 N	21385.80 N	20601.00 N	20895.30 N	19472.85 N	20298.53 N
Resistencia a la flexión máxima	3.90 MPa	3.95 MPa	4.20 MPa	4.05 MPa	4.15 MPa	3.80 MPa	4.01 MPa
Tiempo de ensayo	2.00 mín.	1.87 mín.	2.18 mín.	2.12 mín.	1.80 mín.	1.25 mín.	1.87 mín.
Velocidad de ensayo	1.95 MPa/mín.	2.11 MPa/mín.	1.93 MPa/mín.	1.91 MPa/mín.	2.31 MPa/mín.	3.04 MPa/mín.	2.21 MPa/mín.
Ancho mayor de fisura	1.94 mm	2.30 mm	2.40 mm	1.50 mm	2.08 mm	2.31 mm	2.09 mm
Longitud de fisura	106.40 mm	117.21 mm	121.86 mm	120.31 mm	120.67 mm	107.35 mm	115.63 mm
Tipo de espécimen	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	---

Tabla N° 91: Especímenes ensayados a flexión, veintiocho días de edad, con 1.00 % de adición de fibra vegetal

Dato del espécimen	Especímen						Promedio
Nomenclatura	F01-28D-1%	F02-28D-1%	F03-28D-1%	F04-28D-1%	F05-28D-1%	F06-28D-1%	---
Edad de ensayo	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	---
Ancho promedio	148 mm	150 mm	151 mm	149 mm	150 mm	153 mm	---
Alto promedio	154 mm	152 mm	151 mm	154 mm	153 mm	150 mm	---
Largo promedio	494 mm	494 mm	494 mm	496 mm	495 mm	500 mm	---
Peso	249.60 N	249.50 N	249.50 N	246.45 N	249.10 N	248.80 N	---
Densidad de masa en estado endurecido	2259.78 kg/m ³	2258.08 kg/m ³	2257.98 kg/m ³	2207.35 kg/m ³	2235.20 kg/m ³	2210.19 kg/m ³	2238.10 kg/m ³
Longitud del tramo de ensayo	450 mm	450 mm	450 mm	450 mm	450 mm	450 mm	450 mm
Carga máxima de rotura	23053.50 N	22072.50 N	23544.00 N	21582.00 N	20601.00 N	21091.50 N	21990.75 N
Resistencia a la flexión máxima	4.45 MPa	4.30 MPa	4.65 MPa	4.15 MPa	4.00 MPa	4.15 MPa	4.28 MPa
Tiempo de ensayo	2.08 mín.	1.98 mín.	2.33 mín.	2.40 mín.	2.45 mín.	2.50 mín.	2.29 mín.
Velocidad de ensayo	2.14 MPa/mín.	2.17 MPa/mín.	2.00 MPa/mín.	1.73 MPa/mín.	1.63 MPa/mín.	1.66 MPa/mín.	1.89 MPa/mín.
Ancho mayor de fisura	1.80 mm	1.63 mm	2.03 mm	1.20 mm	1.27 mm	1.15 mm	1.51 mm
Longitud de fisura	129.60 mm	127.14 mm	125.26 mm	126.03 mm	117.56 mm	118.16 mm	123.96 mm
Tipo de espécimen	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	---

Tabla N° 92: Especímenes ensayados a flexión, siete días de edad, con 2.00% de adición de fibra vegetal

Dato del espécimen	Especímen						Promedio
Nomenclatura	F01-7D-2%	F02-7D-2%	F03-7D-2%	F04-7D-2%	F05-7D-2%	F06-7D-2%	---
Edad de ensayo	7 DÍAS	7 DÍAS	7 DÍAS	7 DÍAS	7 DÍAS	7 DÍAS	---
Ancho promedio	150 mm	151 mm	150 mm	150 mm	152 mm	151 mm	---
Alto promedio	154 mm	153 mm	154 mm	154 mm	154 mm	154 mm	---
Largo promedio	499 mm	498 mm	498 mm	498 mm	499 mm	498 mm	---
Peso	257.65 N	253.40 N	253.40 N	256.45 N	258.05 N	248.80 N	---
Densidad de masa en estado endurecido	2278.50 kg/m ³	2245.12 kg/m ³	2245.41 kg/m ³	2272.44 kg/m ³	2252.01 kg/m ³	2190.05 kg/m ³	2247.26 kg/m ³
Longitud del tramo de ensayo	450 mm	450 mm	450 mm	450 mm	450 mm	450 mm	450 mm
Carga máxima de rotura	19620.00 N	17658.00 N	24034.50 N	21582.00 N	21582.00 N	20601.00 N	20846.25 N
Resistencia a la flexión máxima	3.75 MPa	3.40 MPa	4.60 MPa	4.10 MPa	4.05 MPa	3.90 MPa	3.97 MPa
Tiempo de ensayo	1.80 mín.	1.32 mín.	1.83 mín.	1.58 mín.	1.68 mín.	1.92 mín.	1.69 mín.
Velocidad de ensayo	2.08 MPa/mín.	2.58 MPa/mín.	2.51 MPa/mín.	2.59 MPa/mín.	2.41 MPa/mín.	2.03 MPa/mín.	2.37 MPa/mín.
Ancho mayor de fisura	2.15 mm	2.45 mm	2.35 mm	2.02 mm	2.57 mm	2.05 mm	2.27 mm
Longitud de fisura	126.16 mm	124.42 mm	131.10 mm	128.55 mm	125.28 mm	127.31 mm	127.14 mm
Tipo de espécimen	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	---

Tabla N° 93: Especímenes ensayados a flexión, catorce días de edad, con 2.00% de adición de fibra vegetal

Dato del espécimen	Especímen						Promedio
Nomenclatura	F01-14D-2%	F02-14D-2%	F03-14D-2%	F04-14D-2%	F05-14D-2%	F06-14D-2%	---
Edad de ensayo	14 DÍAS	14 DÍAS	14 DÍAS	14 DÍAS	14 DÍAS	14 DÍAS	---
Ancho promedio	150 mm	150 mm	150 mm	150 mm	150 mm	150 mm	---
Alto promedio	151 mm	152 mm	151 mm	152 mm	153 mm	154 mm	---
Largo promedio	499 mm	498 mm	498 mm	498 mm	498 mm	498 mm	---
Peso	249.30 N	246.75 N	246.75 N	243.50 N	249.90 N	251.55 N	---
Densidad de masa en estado endurecido	2248.46 kg/m ³	2215.26 kg/m ³	2229.93 kg/m ³	2186.08 kg/m ³	2228.87 kg/m ³	2229.02 kg/m ³	2222.94 kg/m ³
Longitud del tramo de ensayo	450 mm	450 mm	450 mm	450 mm	450 mm	450 mm	450 mm
Carga máxima de rotura	22366.80 N	24525.00 N	21582.00 N	19620.00 N	18148.50 N	18639.00 N	20813.55 N
Resistencia a la flexión máxima	4.45 MPa	4.80 MPa	4.30 MPa	3.85 MPa	3.50 MPa	3.55 MPa	4.08 MPa
Tiempo de ensayo	2.11 mín.	2.10 mín.	2.02 mín.	2.01 mín.	2.26 mín.	2.14 mín.	2.11 mín.
Velocidad de ensayo	2.11 MPa/mín.	2.29 MPa/mín.	2.13 MPa/mín.	1.92 MPa/mín.	1.55 MPa/mín.	1.66 MPa/mín.	1.94 MPa/mín.
Ancho mayor de fisura	1.59 mm	1.44 mm	2.12 mm	2.63 mm	1.68 mm	2.53 mm	2.00 mm
Longitud de fisura	101.01 mm	108.52 mm	115.12 mm	117.38 mm	111.12 mm	109.17 mm	110.39 mm
Tipo de espécimen	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	---

Tabla N° 94: Especímenes ensayados a flexión, veintiocho días de edad, con 2.00 % de adición de fibra vegetal

Dato del espécimen	Especímen						Promedio
Nomenclatura	F01-28D-2%	F02-28D-2%	F03-28D-2%	F04-28D-2%	F05-28D-2%	F06-28D-2%	---
Edad de ensayo	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	28 DÍAS	---
Ancho promedio	149 mm	150 mm	150 mm	150 mm	151 mm	151 mm	---
Alto promedio	152 mm	151 mm	152 mm	151 mm	151 mm	151 mm	---
Largo promedio	499 mm	500 mm	500 mm	498 mm	499 mm	499 mm	---
Peso	253.90 N	249.70 N	249.70 N	251.95 N	253.90 N	253.60 N	---
Densidad de masa en estado endurecido	2290.15 kg/m ³	2247.56 kg/m ³	2232.77 kg/m ³	2276.92 kg/m ³	2274.78 kg/m ³	2272.09 kg/m ³	2265.71 kg/m ³
Longitud del tramo de ensayo	450 mm	450 mm	450 mm	450 mm	450 mm	450 mm	450 mm
Carga máxima de rotura	22759.20 N	23347.80 N	24525.00 N	20846.25 N	24525.00 N	23151.60 N	23192.48 N
Resistencia a la flexión máxima	4.50 MPa	4.65 MPa	4.80 MPa	4.15 MPa	4.85 MPa	4.55 MPa	4.58 MPa
Tiempo de ensayo	2.20 mín.	2.28 mín.	2.25 mín.	1.95 mín.	2.38 mín.	2.08 mín.	2.19 mín.
Velocidad de ensayo	2.05 MPa/mín.	2.04 MPa/mín.	2.13 MPa/mín.	2.13 MPa/mín.	2.04 MPa/mín.	2.19 MPa/mín.	2.10 MPa/mín.
Ancho mayor de fisura	1.98 mm	1.55 mm	1.65 mm	1.55 mm	0.98 mm	1.31 mm	1.50 mm
Longitud de fisura	97.55 mm	105.08 mm	102.08 mm	102.64 mm	110.24 mm	121.97 mm	106.59 mm
Tipo de espécimen	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	---

7.13. ANEXO XIII: CURVAS REPRESENTATIVAS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN UNITARIA

Tabla N° 95: Esfuerzos y Deformaciones Unitarias del espécimen C01-7D-0%

DEFORMACIÓN UNITARIA VS ESFUERZO			
ε _{UF}	σ _F	ε _{UF}	σ _F
0.000 E(-3)	0.00 MPa	12.885 E(-3)	19.20 MPa
0.032 E(-3)	0.60 MPa	13.077 E(-3)	19.80 MPa
0.160 E(-3)	1.10 MPa	13.237 E(-3)	20.30 MPa
1.282 E(-3)	1.70 MPa	13.622 E(-3)	20.90 MPa
2.244 E(-3)	2.20 MPa		
3.045 E(-3)	2.80 MPa		
3.526 E(-3)	3.30 MPa		
4.135 E(-3)	3.90 MPa		
4.615 E(-3)	4.40 MPa		
5.096 E(-3)	5.00 MPa		
5.545 E(-3)	5.50 MPa		
5.994 E(-3)	6.10 MPa		
6.378 E(-3)	6.60 MPa		
6.699 E(-3)	7.20 MPa		
7.019 E(-3)	7.70 MPa		
7.372 E(-3)	8.30 MPa		
7.692 E(-3)	8.80 MPa		
7.981 E(-3)	9.40 MPa		
8.237 E(-3)	9.90 MPa		
8.526 E(-3)	10.50 MPa		
8.846 E(-3)	11.00 MPa		
9.135 E(-3)	11.60 MPa		
9.359 E(-3)	12.10 MPa		
9.647 E(-3)	12.60 MPa		
9.936 E(-3)	13.20 MPa		
10.160 E(-3)	13.70 MPa		
10.417 E(-3)	14.30 MPa		
10.705 E(-3)	14.80 MPa		
10.929 E(-3)	15.40 MPa		
11.218 E(-3)	15.90 MPa		
11.474 E(-3)	16.50 MPa		
11.795 E(-3)	17.00 MPa		
12.051 E(-3)	17.60 MPa		
12.340 E(-3)	18.10 MPa		
12.596 E(-3)	18.70 MPa		

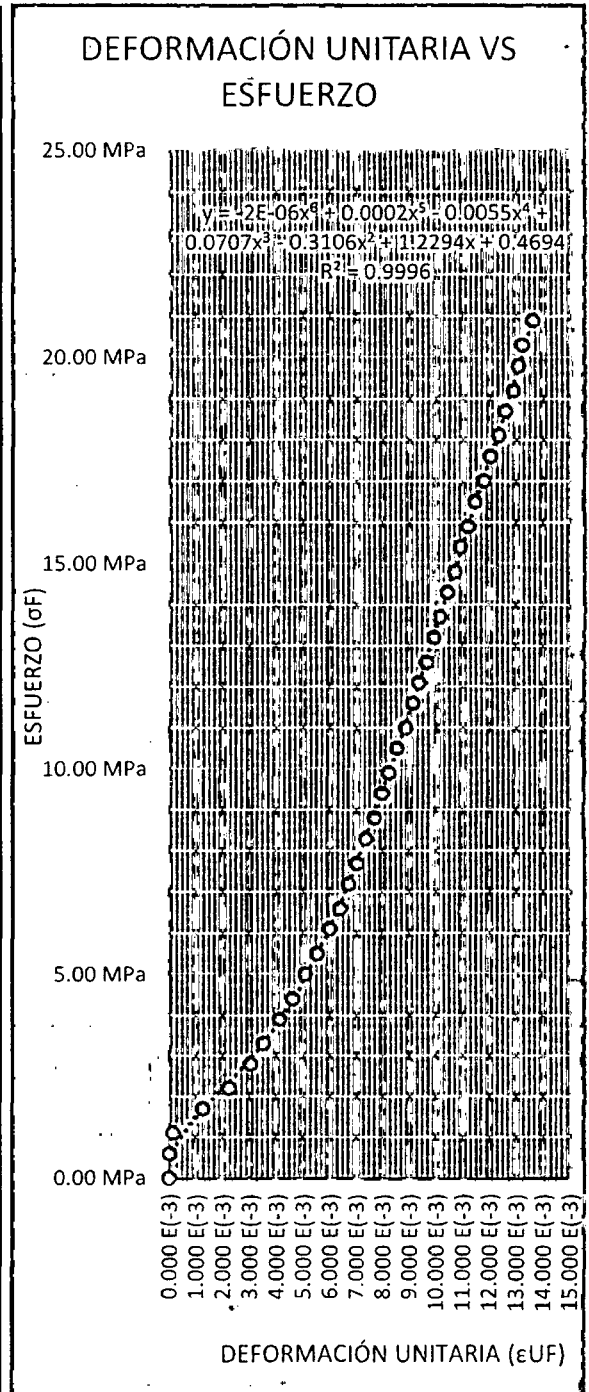


Gráfico N° 25: Esfuerzos y Deformaciones Unitarias del espécimen C01-7D-0%

Tabla N° 96: Esfuerzos y Deformaciones Unitarias del espécimen T01-7D-0%

DEFORMACIÓN UNITARIA VS ESFUERZO	
EUF	σF
0.000 E(-3)	0.00 MPa
1.316 E(-3)	0.15 MPa
1.908 E(-3)	0.30 MPa
2.303 E(-3)	0.40 MPa
2.632 E(-3)	0.55 MPa
3.026 E(-3)	0.70 MPa
3.355 E(-3)	0.80 MPa
3.618 E(-3)	0.95 MPa
3.947 E(-3)	1.10 MPa
4.211 E(-3)	1.20 MPa
4.474 E(-3)	1.35 MPa
4.605 E(-3)	1.50 MPa
4.737 E(-3)	1.60 MPa
4.836 E(-3)	1.75 MPa
5.000 E(-3)	1.90 MPa
5.099 E(-3)	2.00 MPa
5.263 E(-3)	2.15 MPa
5.461 E(-3)	2.30 MPa

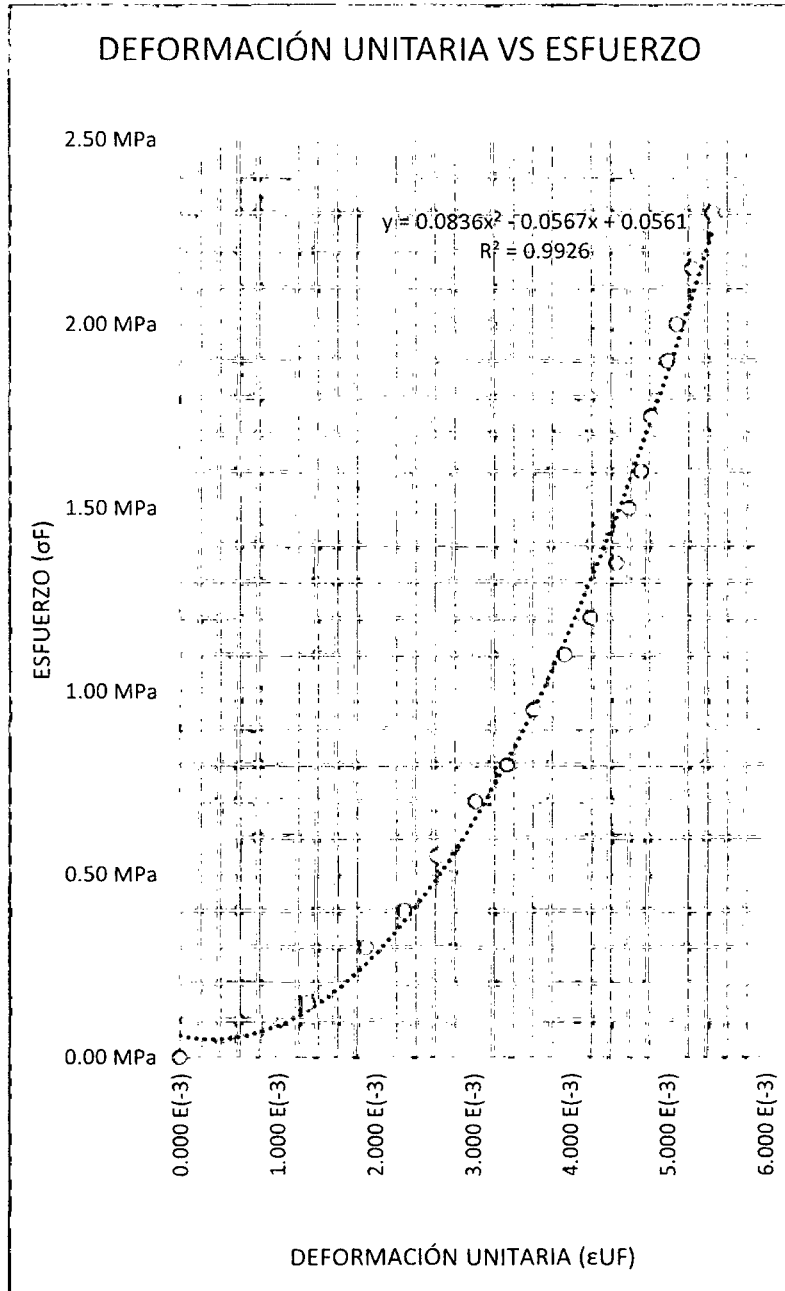


Gráfico N° 26: Esfuerzos y Deformaciones Unitarias del espécimen T01-7D-0%

Tabla N° 97: Esfuerzos y Deformaciones Unitarias del espécimen F01-7D-0%

DEFORMACIÓN UNITARIA VS ESFUERZO	
EUF	σ_F
0.000 E(-3)	0.00 MPa
0.131 E(-3)	0.20 MPa
0.261 E(-3)	0.40 MPa
0.588 E(-3)	0.60 MPa
0.719 E(-3)	0.80 MPa
0.915 E(-3)	0.95 MPa
1.111 E(-3)	1.15 MPa
1.373 E(-3)	1.35 MPa
1.569 E(-3)	1.55 MPa
1.765 E(-3)	1.70 MPa
1.895 E(-3)	1.90 MPa
2.026 E(-3)	2.10 MPa
2.157 E(-3)	2.30 MPa
2.353 E(-3)	2.40 MPa

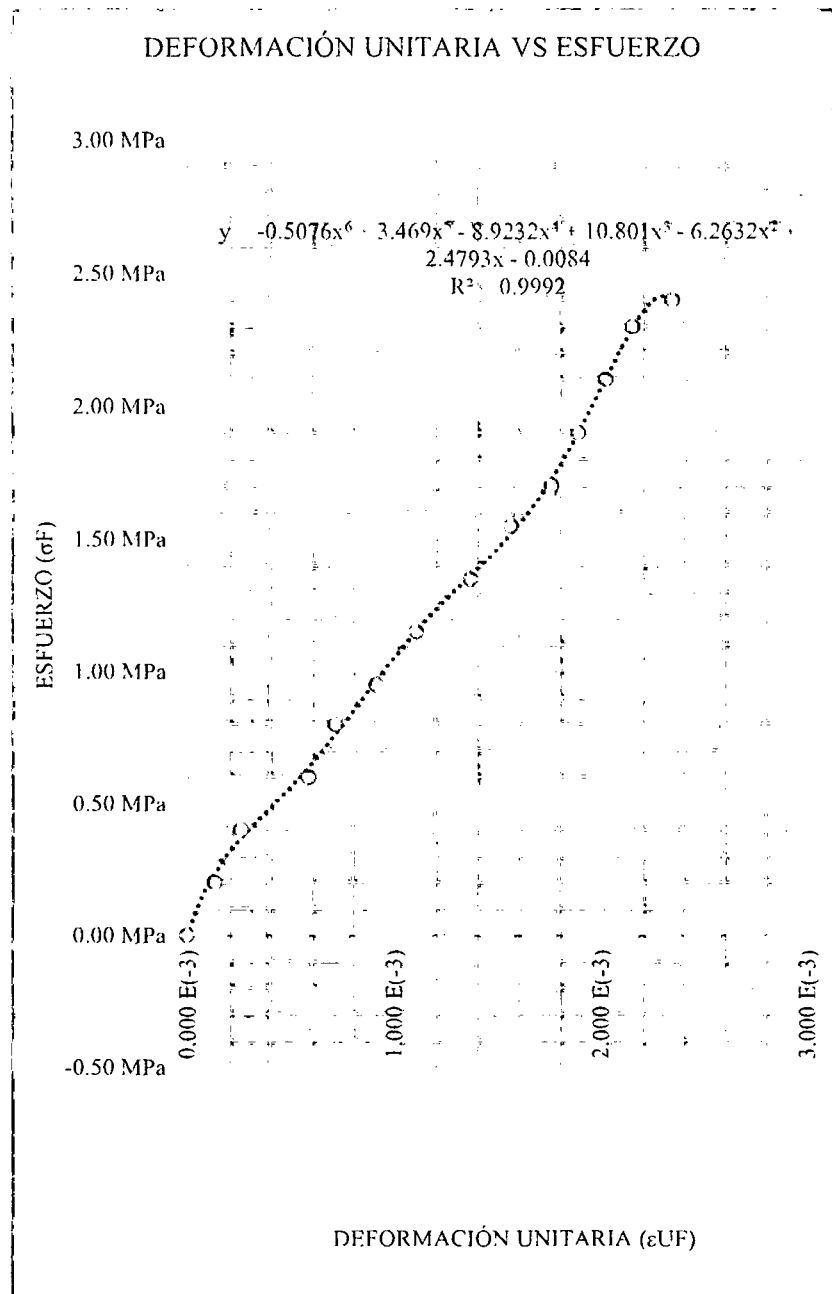


Gráfico N° 27: Esfuerzos y Deformaciones Unitarias del espécimen F01-7D-0%