

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE
CAJAMARCA**



FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO CON
ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO PARA UNA RESISTENCIA
DE 500 Kg/cm²**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

BACHILLER: IVAN VÁSQUEZ GONZALES

ASESOR: Mg. Ing. HÉCTOR ALBARINO PÉREZ LOAYZA

Cajamarca - Perú

2015

AGRADECIMIENTO

Agradecer a dios por haberme dado la oportunidad de llegar hasta este punto de mi vida, con lo cual logro llegar a cumplir uno de mis grandes sueños de ser profesional, logro que me servirá para desarrollarme de aquí en adelante tanto social como profesionalmente, y estoy seguro que lo lograre satisfactoriamente.

A mi asesor Mg. Ing. Héctor A. Pérez Loayza, por su valiosa orientación, sus conocimientos, colaboración, por su calidad humana y trabajo dedicado para hacer posible la realización de la presente investigación.

A mis padres, hermanos, y demás familiares que a lo largo de mi carrera siempre estuvieron a mi lado para darme los consejos, comprensión y ánimo inagotable, apoyo que tanto necesite para lograr mis metas.

A mis amigos y compañeros que de una u otra manera me brindaron su apoyo, y que estuvieron conmigo en los buenos y malos momentos de esta etapa de mi vida, experiencias dignas de recordar y que siempre las tendré presentes.

Asimismo hago llegar agradecimiento a todos los docentes ingenieros, profesores de la EAP de Ingeniería civil de la Facultad de Ingeniería de la UNC que contribuyeron, cada uno con su valioso aporte, en el desarrollo del proceso de formación que condujo a la elaboración de la presente tesis y así mismo han contribuido en el logro del más grande de mis sueños.

Gracias al Laboratorio de Resistencia y Ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca, instalaciones en las que se ha llevado a cabo todos los ensayos realizados.

Finalmente, gracias a todos los que, con la certeza de que me perdonen por no constar entre los relacionados, saben muy bien que contribuyeron en el logro de este objetivo.

¡Gracias a Todos!

DEDICATORIA

A dios por ofrecerme salud, inteligencia y una maravillosa familia que me rodea y apoya incondicionalmente cada día.

A mis padres Carlos y Fausta, quienes tienen la receta mágica para ser los conejeros y maestros guía, quienes me brindaron su amor comprensión y apoyo incondicional.

A mis hermanos, Elizabeth, Lili, Roxana, Eber, Pamela y Lenin, por su confianza, apoyo y compañía en cada paso, logros, triunfos, alegrías y tristezas de mi vida.

A Luanita que es mi motor y motivo, quien me da la fuerza necesaria para seguir adelante.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTO	ii
DEDICATORIA	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xiv
RESUMEN	xvi
ABSTRACT	xvii
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA:.....	2
1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.....	2
1.4. OBJETIVOS:.....	3
1.4.1. OBJETIVO GENERAL	3
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.	3
1.6. ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
1.7. DELIMITACIONES Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.	5
1.8. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	6
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	7
2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN	7
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.	7
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES.	9
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES.	9
2.2. BASES TEÓRICAS.....	10
2.2.1. CONCRETO.	10
2.2.2. CONCRETOS DE ALTA RESISTENCIA:.....	10
2.2.3. CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE ACERO (CRFA).....	11
2.2.4. COMPONENTES DEL CRFA:	12
2.2.5. APLICACIONES DEL CRFA.....	41
2.2.6. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS:.....	44
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS	48
3.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.	48
3.1.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA INVESTIGACIÓN.....	48

3.1.2.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	48
3.1.3.	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	49
3.2.	CANTERA EN ESTUDIO.	52
3.2.1.	ELECCIÓN DE LA CANTERA PARA EL PRESENTE TRABAJO. ...	52
3.2.2.	UBICACIÓN DE LA CANTERA.....	52
3.2.3.	EXTRACCIÓN DE AGREGADOS DE LA CANTERA.....	53
3.3.	PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL AGREGADO.....	53
3.3.1.	CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS:	53
3.3.2.	EXTRACCIÓN Y PREPARACIÓN DE MUESTRAS.	54
3.3.3.	REDUCCIÓN DE MUESTRAS DE AGREGADOS A TAMAÑO DE ENSAYO.....	54
3.3.4.	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO [NTP 400.012 – 2011; ASTM C 136]. 55	
3.3.5.	MÓDULO DE FINURA [NTP 400.011 – 2011; ASTM C 136]:	56
3.3.6.	PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN [NTP 400.021 – 400.022, 2011; ASTM C 127- C128]:	56
3.3.7.	CONTENIDO DE HUMEDAD [NTP 339.185, 2011; ASTM C 70]:.....	60
3.3.8.	PESO UNITARIO [NTP 400.017, 2011; ASTM C 29]:	62
3.3.9.	PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ N° 200 [NTP 400.018, 2011; ASTM C 117]:.....	65
3.3.10.	RESISTENCIA A LA ABRASIÓN [NTP 400.019, 2011; ASTM C 131]: 66	
3.4.	CARACTERÍSTICAS DE LA FIBRA DE ACERO.....	67
3.5.	CARACTERÍSTICAS DEL CEMENTO.....	67
3.6.	CARACTERÍSTICAS DEL AGUA.....	68
3.7.	CARACTERÍSTICAS DEL SIKAMENT 290N	68
3.8.	PROCEDIMIENTO PARA EL DISEÑO DE MEZCLA.....	68
3.9.	DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE ÓPTIMO DE SIKAMENT 290N. 71	
3.10.	PROCEDIMIENTO PARA LA ELABORACIÓN DE LA MEZCLA DE PRUEBA.	72
3.11.	ELABORACIÓN DEL AJUSTE DE MEZCLA.....	73
3.12.	ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO EN EL DISEÑO DE MEZCLA.....	74
3.13.	ELABORACIÓN DE ESPECÍMENES DE CONCRETO.	76
3.14.	CURADO DE LOS ESPECÍMENES DE CONCRETO.	79
3.14.1.	PROTECCIÓN DESPUÉS DEL ACABADO:.....	79

3.14.2.	CURADO INICIAL:	79
3.14.3.	CURADO ESTÁNDAR:	79
3.15.	ENSAYO DE ESPECÍMENES.	80
3.15.1.	ENSAYOS DEL CONCRETO FRESCO.	80
3.15.2.	ENSAYOS DE CONCRETO ENDURECIDO.	83
3.16.	TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.	92
3.16.1.	ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.....	93
3.16.2.	EVALUACIÓN DE RESULTADOS.	93
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....		95
4.1.	ELECCIÓN DEL PORCENTAJE ÓPTIMO DE SIKAMENT 290N.....	95
4.2.	ANÁLISIS DE LA CONSISTENCIA DE LA MEZCLA DE CONCRETO ..	96
4.3.	ANÁLISIS DEL PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO	99
4.4.	ANÁLISIS DEL PESO UNITARIO DEL CONCRETO ENDURECIDO ...	101
4.5.	ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN	104
4.6.	ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA.....	108
4.7.	ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A FLEXIÓN	112
4.8.	ANÁLISIS DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD.....	115
4.9.	ANÁLISIS DE LA FISURA DE ESPECÍMENES:.....	119
4.9.1.	ENSAYOS A TRACCIÓN INDIRECTA:.....	119
4.9.2.	FISURA DE ESPECÍMENES ENSAYADOS A FLEXIÓN:.....	121
4.10.	ANÁLISIS DEL TIPO DE FALLA DE ESPECIMENES A COMPRESIÓN: 124	
4.11.	ANÁLISIS DEL MODO DE FALLA DE ESPECÍMENES A COMPRESIÓN.....	126
4.12.	ANÁLISIS DE COSTOS.	127
4.13.	VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL USO DE FIBRA DE ACERO EN EL CONCRETO.	131
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		132
5.1.	CONCLUSIONES:.....	132
5.2.	RECOMENDACIONES:.....	134
CAPÍTULO VI: BIBLIOGRAFÍA		135
6.1.	LIBROS:	135
6.2.	INVESTIGACIONES:	135
6.3.	NORMAS:.....	136

CAPÍTULO VII: ANEXOS.....	138
7.1. ANEXO I: TABLAS PARA PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE AGREGADOS.....	138
7.2. ANEXO II: PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE AGREGADOS .	143
7.3. ANEXO III: ANÁLISIS QUÍMICO DE LOS AGREGADOS UTILIZADOS EN LOS ENSAYOS.	153
7.3.1. ANÁLISIS DE pH, SULFATOS Y CLORUROS DE LA MUESTRA DE AGREGADO FINO UTILIZADO EN EL ESTUDIO.....	153
7.3.2. ANÁLISIS DE pH, SULFATOS Y CLORUROS DE LA MUESTRA DE AGREGADO GRUESO UTILIZADO EN EL ESTUDIO.....	154
7.3.3. ANÁLISIS DE IMPUREZAS ORGÁNICAS TOTALES DE LA MUESTRA DE AGREGADO FINO UTILIZADO EN EL ESTUDIO.	155
7.3.4. ANÁLISIS DE IMPUREZAS ORGÁNICAS TOTALES DE LA MUESTRA DE AGREGADO GRUESO UTILIZADO EN EL ESTUDIO.	156
7.4. ANEXO IV: HOJA TÉCNICA DE LA FIBRA DE ACERO UTILIZADA EN EL ESTUDIO.	157
7.5. ANEXO V: HOJA TÉCNICA DEL SIKAMENT 290N.....	159
7.6. ANEXO VI: FICHA TÉCNICA DEL CEMENTO PACASMAYO TIPO I UTILIZADO EN LOS ENSAYOS.	161
7.7. ANEXO VII: NORMA NTE E.060.....	162
7.7.1. NORMA NTE E.060 PARA EL NÚMERO DE ESPECÍMENES ENSAYADOS.	162
7.8. ANEXO VIII: TABLAS PARA EL DISEÑO DE MEZCLAS	163
7.9. ANEXO IX: DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO.....	165
7.10. ANEXO X: RESULTADOS DE LOS ENSAYOS EN LABORATORIO.	178
7.11. ANEXO XI: GRÁFICOS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN DE LOS ESPECÍMENES DE CONCRETO ENSAYADOS.	201
7.12. ANEXO XII: PANEL FOTOGRÁFICO	215

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla N° 1: Características de las fibras Usadas en el concreto.....</i>	<i>22</i>
<i>Tabla N° 2: Propiedades y tipo de fibras de acero CHO.....</i>	<i>27</i>
<i>Tabla N° 3: Proporciones de los materiales de diseño por metro cúbico de concreto.....</i>	<i>71</i>
<i>Tabla N° 4: Materiales de diseño finales ajustados para un metro cúbico de concreto.</i>	<i>75</i>
<i>Tabla N° 5: Elección del porcentaje óptimo de Sikament 290N</i>	<i>95</i>
<i>Tabla N° 6: Asentamiento del concreto según las diferentes proporciones de adición de fibra de acero.....</i>	<i>96</i>
<i>Tabla N° 7: Variación porcentual del asentamiento del concreto con diferentes proporciones de fibra de acero, con respecto al patrón.....</i>	<i>97</i>
<i>Tabla N° 8: Peso unitario del concreto fresco para los diferentes porcentajes de adición de fibra de acero.....</i>	<i>99</i>
<i>Tabla N° 9: Variación porcentual del peso unitario del concreto fresco con diferentes porcentajes de adición de fibra respecto al concreto patrón.....</i>	<i>100</i>
<i>Tabla N° 10: Peso Unitario del concreto endurecido a los 28 días para cada porcentaje de adición de fibra de acero.</i>	<i>102</i>
<i>Tabla N° 11: Variación porcentual del Peso Unitario del concreto endurecido a los 28 días para cada porcentaje de adición de fibra respecto al concreto patrón.</i>	<i>103</i>
<i>Tabla N° 12: Resistencia promedio a la compresión de los diferentes especímenes evaluados.</i>	<i>104</i>
<i>Tabla N° 13: Variación porcentual de la resistencia a compresión por el efecto del Sikament 290N y la fibra de acero, respecto al concreto patrón.</i>	<i>105</i>
<i>Tabla N° 14: Resistencia a la tracción indirecta promedio.</i>	<i>108</i>
<i>Tabla N° 15: Variación porcentual de la resistencia a tracción indirecta ocasionada por la fibra de acero y el Sikament 290N respecto del concreto patrón.</i>	<i>110</i>
<i>Tabla N° 16: Resistencia promedio a la flexión de los diferentes concretos en estudio.....</i>	<i>112</i>
<i>Tabla N° 17: Variación porcentual de la resistencia a la flexión de las diferentes muestras de concreto respecto al concreto patrón.</i>	<i>114</i>
<i>Tabla N° 18: Módulos de elasticidad de los diferentes tipos de concreto evaluados, según normas E.060, ACI 318S, y gráficas esfuerzo Vs. deformación.....</i>	<i>116</i>
<i>Tabla N° 19: Anchos y longitudes de fisura en especímenes ensayados a Tracción Indirecta.</i>	<i>119</i>
<i>Tabla N° 20: Anchos y longitudes de fisura de especímenes ensayados a Flexión.</i>	<i>122</i>
<i>Tabla N° 21: Tipos de falla obtenidos en los diferentes tipos de concreto.....</i>	<i>124</i>
<i>Tabla N° 22: Porcentajes de falla registradas en los ensayos a compresión.....</i>	<i>125</i>
<i>Tabla N° 23: Modos de falla más comunes registrados en los ensayos a compresión.....</i>	<i>126</i>
<i>Tabla N° 24: Porcentajes de los modos de falla registrados a compresión.....</i>	<i>127</i>
<i>Tabla N° 25: Costos por unidad cúbica de concreto.</i>	<i>128</i>
<i>Tabla N° 26: Costos Vs Esfuerzo a Compresión a los 28 días de edad.....</i>	<i>129</i>
<i>Tabla N° 27: Costo Vs Esfuerzo a Tracción Indirecta ensayado a 28 días.....</i>	<i>129</i>
<i>Tabla N° 28: Costos Vs Esfuerzo a Flexión ensaya a 28 días de edad.</i>	<i>129</i>
<i>Tabla N° 29: Cuadro comparativo de las ventajas y desventajas del concreto reforzado con fibra de acero.....</i>	<i>131</i>
<i>Tabla N° 30: Porción de muestra requerida para los ensayos de laboratorio.....</i>	<i>138</i>
<i>Tabla N° 31: Husos granulométricos del agregado fino.....</i>	<i>138</i>
<i>Tabla N° 32: Husos granulométricos del agregado grueso.....</i>	<i>139</i>
<i>Tabla N° 33: Capacidad de los recipientes para ensayo de densidad de masa.</i>	<i>140</i>

<i>Tabla N° 34: Cantidad mínima de muestra para partículas menores al tamiz N° 200.</i>	<i>140</i>
<i>Tabla N° 35: Tipo de gradación según peso retenido de la muestra de ensayo.</i>	<i>140</i>
<i>Tabla N° 36: Carga abrasiva según tipo de gradación del material</i>	<i>141</i>
<i>Tabla N° 37: Diámetro de varilla y número de varillados a ser usados al moldearse especímenes de prueba.</i>	<i>141</i>
<i>Tabla N° 38: Número de capas de compactación requeridas por espécimen.</i>	<i>142</i>
<i>Tabla N° 39: Capacidad de los recipientes de medición.</i>	<i>142</i>
<i>Tabla N° 40: Tolerancias en los tiempos de prueba de los especímenes de concreto.</i>	<i>142</i>
<i>Tabla N° 41: Granulometría de agregado fino – Ensayo N° 01</i>	<i>143</i>
<i>Tabla N° 42: Granulometría de agregado fino – Ensayo N° 02.</i>	<i>144</i>
<i>Tabla N° 43: Granulometría de agregado fino – Ensayo N° 03</i>	<i>145</i>
<i>Tabla N° 44: Granulometría de agregado grueso – Ensayo N° 01</i>	<i>146</i>
<i>Tabla N° 45: Granulometría de agregado grueso – Ensayo N° 02.....</i>	<i>147</i>
<i>Tabla N° 46: Granulometría de agregado grueso – Ensayo N° 03.....</i>	<i>148</i>
<i>Tabla N° 47: Ensayo de partículas menores al tamiz N° 200 del agregado fino</i>	<i>149</i>
<i>Tabla N° 48: Ensayo de partículas menores al tamiz N° 200 del agregado grueso.....</i>	<i>149</i>
<i>Tabla N° 49: Resultado de Peso Específico y absorción de agregado fino.....</i>	<i>149</i>
<i>Tabla N° 50: Resultado de Peso Específico y absorción de agregado grueso.</i>	<i>150</i>
<i>Tabla N° 51: Resultados de contenido de humedad del agregado fino.</i>	<i>150</i>
<i>Tabla N° 52: Resultados de contenido de humedad del agregado grueso.</i>	<i>150</i>
<i>Tabla N° 53: Peso específico del agua para determinar el Factor Agua “f”</i>	<i>151</i>
<i>Tabla N° 54: Factor Agua “f” para determinar los Pesos Unitarios.</i>	<i>151</i>
<i>Tabla N° 55: Peso Unitario Suelto Seco del agregado fino.</i>	<i>151</i>
<i>Tabla N° 56: Peso Unitario Suelto Seco del agregado grueso.</i>	<i>152</i>
<i>Tabla N° 57: Peso Unitario Seco Compactado del agregado fino.....</i>	<i>152</i>
<i>Tabla N° 58: Peso Unitario Seco Compactado del agregado grueso.</i>	<i>152</i>
<i>Tabla N° 59: Resultado del porcentaje de desgaste del agregado grueso.</i>	<i>152</i>
<i>Tabla N° 60: Resistencia a la compresión promedio</i>	<i>163</i>
<i>Tabla N° 61: Consistencia, Asentamiento y Trabajabilidad del concreto.....</i>	<i>163</i>
<i>Tabla N° 62: Requerimientos de agua en L/m³ y contenido de aire del concreto para los tamaños nominales máximos del agregado grueso y consistencia indicada</i>	<i>163</i>
<i>Tabla N° 63: Módulo de finura de la combinación de agregados</i>	<i>164</i>
<i>Tabla N° 64. Límites de sustancia permisibles en el agua de mezcla o curado.</i>	<i>164</i>
<i>Tabla N° 65. Diseño de mezcla del concreto para ajuste de mezclas de prueba.....</i>	<i>165</i>
<i>Tabla N° 66. Corrección por contenido de humedad de los agregados para el ajuste de mezcla.</i>	<i>166</i>
<i>Tabla N° 67. Ajuste de mezcla por apariencia, asentamiento, agua adicional y contenido de aire para la elaboración del concreto</i>	<i>167</i>
<i>Tabla N° 68. Ajuste de mezcla por resistencia, mediante ley de powers.</i>	<i>168</i>
<i>Tabla N° 69. Diseño de mezcla del concreto patrón, proporcionamiento base para las adiciones de fibra.....</i>	<i>169</i>
<i>Tabla N° 70. Diseño de mezcla del concreto más Sikament 290N.</i>	<i>170</i>
<i>Tabla N° 71. Corrección por humedad de los agregados del diseño de mezcla del concreto más Sikament 290N.</i>	<i>171</i>
<i>Tabla N° 72. Diseño de mezcla del concreto con adición de 20 kg/m³ de fibra de acero.....</i>	<i>172</i>
<i>Tabla N° 73. Corrección por humedad de los agregados del diseño de mezcla del concreto con adición de 20 kg/m³ de fibra de acero.</i>	<i>173</i>

Tabla N° 74. Diseño de mezcla del concreto con adición de 30 kg/m ³ de fibra de acero.....	174
Tabla N° 75. Corrección por humedad de los agregados del diseño de mezcla del concreto con adición de 30 kg/m ³ de fibra de acero.....	175
Tabla N° 76. Diseño de mezcla del concreto con adición de 40 kg/m ³ de fibra de acero.....	176
Tabla N° 77. Corrección por humedad de los agregados del diseño de mezcla del concreto con adición de 40 kg/m ³ de fibra de acero.....	177
Tabla N° 78. Especímenes cilíndricos de concreto patrón ensayados a compresión a los 07 días de edad.....	178
Tabla N° 79. Especímenes cilíndricos de concreto patrón ensayados a compresión a los 14 días de edad.....	178
Tabla N° 80. Especímenes cilíndricos de concreto patrón ensayados a compresión a los 28 días de edad.....	179
Tabla N° 81. Especímenes cilíndricos de concreto más Sikament 290N ensayados a compresión a los 07 días de edad.....	179
Tabla N° 82. Especímenes cilíndricos de concreto más Sikament 290N ensayados a compresión a los 14 días de edad.....	180
Tabla N° 83. Especímenes cilíndricos de concreto más Sikament 290N ensayados a compresión a los 28 días de edad.....	180
Tabla N° 84. Especímenes cilíndricos de concreto con adición de 20kg/m ³ de fibra de acero, ensayados a compresión a los 07 días de edad.....	181
Tabla N° 85. Especímenes cilíndricos de concreto con adición de 20kg/m ³ de fibra de acero, ensayados a compresión a los 14 días de edad.....	181
Tabla N° 86. Especímenes cilíndricos de concreto con adición de 20kg/m ³ de fibra de acero, ensayados a compresión a los 28 días de edad.....	182
Tabla N° 87. Especímenes cilíndricos de concreto con adición de 30kg/m ³ de fibra de acero, ensayados a compresión a los 07 días de edad.....	182
Tabla N° 88. Especímenes cilíndricos de concreto con adición de 30kg/m ³ de fibra de acero, ensayados a compresión a los 14 días de edad.....	183
Tabla N° 89. Especímenes cilíndricos de concreto con adición de 30kg/m ³ de fibra de acero, ensayados a compresión a los 28 días de edad.....	183
Tabla N° 90. Especímenes cilíndricos de concreto con adición de 40kg/m ³ de fibra de acero, ensayados a compresión a los 07 días de edad.....	184
Tabla N° 91. Especímenes cilíndricos de concreto con adición de 40kg/m ³ de fibra de acero, ensayados a compresión a los 14 días de edad.....	184
Tabla N° 92. Especímenes cilíndricos de concreto con adición de 40kg/m ³ de fibra de acero, ensayados a compresión a los 28 días de edad.....	185
Tabla N° 93. Especímenes cilíndricos de concreto patrón, ensayados a tracción indirecta a los 07 días de edad.....	185
Tabla N° 94. Especímenes cilíndricos de concreto patrón, ensayados a tracción indirecta a los 14 días de edad.....	186
Tabla N° 95. Especímenes cilíndricos de concreto patrón, ensayados a tracción indirecta a los 28 días de edad.....	186
Tabla N° 96. Especímenes cilíndricos de concreto más Sikament 290N, ensayados a tracción indirecta a los 07 días de edad.....	187
Tabla N° 97. Especímenes cilíndricos de concreto más Sikament 290N, ensayados a tracción indirecta a los 14 días de edad.....	187
Tabla N° 98. Especímenes cilíndricos de concreto más Sikament 290N, ensayados a tracción indirecta a los 28 días de edad.....	188

Tabla N° 99. <i>Especímenes cilíndricos de concreto con adición de 20kg/m³ de fibra de acero, ensayados a tracción indirecta a los 07 días de edad.</i>	188
Tabla N° 100. <i>Especímenes cilíndricos de concreto con adición de 20kg/m³ de fibra de acero, ensayados a tracción indirecta a los 14 días de edad.</i>	189
Tabla N° 101. <i>Especímenes cilíndricos de concreto con adición de 20kg/m³ de fibra de acero, ensayados a tracción indirecta a los 28 días de edad.</i>	189
Tabla N° 102. <i>Especímenes cilíndricos de concreto con adición de 30kg/m³ de fibra de acero, ensayados a tracción indirecta a los 07 días de edad.</i>	190
Tabla N° 103. <i>Especímenes cilíndricos de concreto con adición de 30kg/m³ de fibra de acero, ensayados a tracción indirecta a los 14 días de edad.</i>	190
Tabla N° 104. <i>Especímenes cilíndricos de concreto con adición de 30kg/m³ de fibra de acero, ensayados a tracción indirecta a los 28 días de edad.</i>	191
Tabla N° 105. <i>Especímenes cilíndricos de concreto con adición de 40kg/m³ de fibra de acero, ensayados a tracción indirecta a los 07 días de edad.</i>	191
Tabla N° 106. <i>Especímenes cilíndricos de concreto con adición de 40kg/m³ de fibra de acero, ensayados a tracción indirecta a los 14 días de edad.</i>	192
Tabla N° 107. <i>Especímenes cilíndricos de concreto con adición de 40kg/m³ de fibra de acero, ensayados a tracción indirecta a los 28 días de edad.</i>	192
Tabla N° 108. <i>Especímenes prismáticos de concreto patrón, ensayados a flexión a los 07 días de edad.</i>	193
Tabla N° 109. <i>Especímenes prismáticos de concreto patrón, ensayados a flexión a los 14 días de edad.</i>	193
Tabla N° 110. <i>Especímenes prismáticos de concreto patrón, ensayados a flexión a los 28 días de edad.</i>	194
Tabla N° 111. <i>Especímenes prismáticos de concreto más Sikament 290N, ensayados a flexión a los 07 días de edad.</i>	194
Tabla N° 112. <i>Especímenes prismáticos de concreto más Sikament 290N, ensayados a flexión a los 14 días de edad.</i>	195
Tabla N° 113. <i>Especímenes prismáticos de concreto más Sikament 290N, ensayados a flexión a los 28 días de edad.</i>	195
Tabla N° 114. <i>Especímenes prismáticos de concreto con adición de 20kg/m³ de fibra de acero, ensayados a flexión a los 07 días de edad.</i>	196
Tabla N° 115. <i>Especímenes prismáticos de concreto con adición de 20kg/m³ de fibra de acero, ensayados a flexión a los 14 días de edad.</i>	196
Tabla N° 116. <i>Especímenes prismáticos de concreto con adición de 20kg/m³ de fibra de acero, ensayados a flexión a los 28 días de edad.</i>	197
Tabla N° 117. <i>Especímenes prismáticos de concreto con adición de 30kg/m³ de fibra de acero, ensayados a flexión a los 07 días de edad.</i>	197
Tabla N° 118. <i>Especímenes prismáticos de concreto con adición de 30kg/m³ de fibra de acero, ensayados a flexión a los 14 días de edad.</i>	198
Tabla N° 119. <i>Especímenes prismáticos de concreto con adición de 30kg/m³ de fibra de acero, ensayados a flexión a los 28 días de edad.</i>	198
Tabla N° 120. <i>Especímenes prismáticos de concreto con adición de 40kg/m³ de fibra de acero, ensayados a flexión a los 07 días de edad.</i>	199
Tabla N° 121. <i>Especímenes prismáticos de concreto con adición de 40kg/m³ de fibra de acero, ensayados a flexión a los 14 días de edad.</i>	199
Tabla N° 122. <i>Especímenes prismáticos de concreto con adición de 40kg/m³ de fibra de acero, ensayados a flexión a los 28 días de edad.</i>	200

ÍNDICE DE IMAGENES

<i>Imagen N° 1: Secciones de las fibras más comunes.</i>	24
<i>Imagen N° 2: Formas geométricas de las fibras.</i>	24
<i>Imagen N° 3: Esfuerzo de tracción en la fibra.</i>	26
<i>Imagen N° 4 : Perfiles esfuerzo – deformación para $l = l_c$; $l > l_c$ y $l < l_c$ respect.</i>	26
<i>Imagen N° 5: Orientación de las fibras en los diferentes compuestos reforzados.</i>	27
<i>Imagen N° 6: Fibra de acero utilizada en la investigación, CHO 65/35 NB.</i>	28
<i>Imagen N° 7: Prueba de Revenimiento o Slump.</i>	31
<i>Imagen N° 8: Respuesta a compresión simple de CRFA con diferentes V_f.</i>	33
<i>Imagen N° 9: Curvas tracción directa Vs alargamiento de CRFA.</i>	34
<i>Imagen N° 10: Curva carga-flecha a flexotracción para un CRFA.</i>	35
<i>Imagen N° 11: Elemento de hormigón reforzado con fibras sometido a tracción o flexotracción.</i>	41
<i>Imagen N° 12: Pavimento “Fercam” (Milán) sin juntas de retracción.</i>	42
<i>Imagen N° 13: Hormigón Proyectado.</i>	43
<i>Imagen N° 14: Dovelas prefabricadas.</i>	43
<i>Imagen N° 15: Oceanográfico de Valencia.</i>	44
<i>Imagen N° 16: Fotografía satelital de la ubicación donde se realizó la investigación “Universidad Nacional de Cajamarca”</i>	48
<i>Imagen N° 17: Fotografía satelital de la ubicación de la planta chancadora “Roca Fuerte” lugar de obtención de los agregados.</i>	52
<i>Imagen N° 18: Trituración de agregados.</i>	53
<i>Imagen N° 19: Camión realizando el traslado del agregado</i>	53
<i>Imagen N° 20: Ensayo de granulometría del agregado fino.</i>	56
<i>Imagen N° 21: Ensayo de peso específico del agregado fino.</i>	58
<i>Imagen N° 22: Ensayo peso específico del agregado grueso</i>	58
<i>Imagen N° 23: Presentaciones de la humedad superficial del agregado.</i>	61
<i>Imagen N° 24: Ensayo de peso unitario suelto del agregado fino</i>	63
<i>Imagen N° 25: Ensayo de peso unitario compactado del agregado grueso</i>	64
<i>Imagen N° 26: Ensayo de lavado del agregado</i>	65
<i>Imagen N° 27: Ensayo de abrasión del agregado grueso.</i>	67
<i>Imagen N° 28: Fabricación de probetas cilíndricas.</i>	78
<i>Imagen N° 29: Fabricación de probetas prismáticas.</i>	79
<i>Imagen N° 30: Curado estándar en poza de curado de los especímenes elaborados.</i>	80
<i>Imagen N° 31: Medición de slump de cada tanda de mezclado.</i>	81
<i>Imagen N° 32: Esquema de los patrones de tipos de fractura</i>	85
<i>Imagen N° 33: Ensayo a compresión, registro de tipo de falla e identificación de especímenes.</i>	86
<i>Imagen N° 34: Ensayo de Tracción Indirecta, identificación y ruptura de los especímenes de concreto.</i>	88
<i>Imagen N° 35: Ensayo de flexión método de carga en el punto medio.</i>	89
<i>Imagen N° 36: Ensayo de Flexión, identificación y ruptura de los especímenes de concreto.</i>	91
<i>Imagen N° 37: Se muestra la elección del agregado en la cantera “Roca Fuerte” – Baños del Inca.</i>	215
<i>Imagen N° 38: Cuarteo del agregado fino y grueso para la reducción a tamaño de muestra para los ensayos a realizar.</i>	215

Imagen N° 39: Secado en la estufa a 110°C del agregado fino y grueso para los diferentes ensayos; asimismo también el pesado de los mismos.	215
Imagen N° 40: Tamizado del agregado tanto fino como grueso para la obtención de su granulometría.	216
Imagen N° 41: Se aprecia el ensayo de pesos específico de agregado grueso.	216
Imagen N° 42: Ensayo de peso específico del agregado fino.	216
Imagen N° 43: Ensayo de lavado del agregado para determinar las partículas que pasan el tamiz N° 200.....	217
Imagen N° 44: Ensayo de abrasión en la máquina los Ángeles, así como el tamizado del mismo para determinar el porcentaje de desgaste.....	217
Imagen N° 45: Ensayo de peso unitario suelto seco de los agregados fino y grueso.	217
Imagen N° 46: Ensayo de peso unitario seco compactado de los agregados fino y grueso.....	218
Imagen N° 47: Medición del Sikament 290N y adición al agua de mezclado de cada tanda de concreto, como superplastificante de la mezcla (0.7% del peso de cemento).....	218
Imagen N° 48: Pesado de los componentes de la mezcla y mezclado de la tanda.	218
Imagen N° 49: Medición del peso unitario y el Slump (asentamiento) mediante el cono de Abrams, del concreto fresco de cada tanda de mezclado.	219
Imagen N° 50: Elaboración de los especímenes de concreto tanto circulares como prismáticos, para los ensayos de compresión, tracción y flexión, con los diferentes porcentajes de adición de fibra de acero.	219
Imagen N° 51: Se muestra la codificación de los especímenes recién desencofrados, para posteriormente ingresar a la poza de curado.	219
Imagen N° 52: Curado y extracción de los especímenes de concreto de la poza de curado para realizar los ensayos correspondientes.	220
Imagen N° 53: Identificación, pesado, y medición de los especímenes tanto circulares como prismáticos, para su posterior rotura.....	220
Imagen N° 54: Ensayo a compresión de los especímenes cilíndricos en la prensa universal.	220
Imagen N° 55: Fallas típicas obtenidas en los especímenes ensayados a compresión.	221
Imagen N° 56: Ensayo a tracción indirecta de los especímenes de concreto cilíndricos.	221
Imagen N° 57: Fallas típicas de los especímenes ensayados a tracción indirecta, por lo general la probeta falla completamente (se abre) en los casos de concreto sin fibra.	222
Imagen N° 58: Ensayo a flexión de especímenes prismáticos, a los 7, 14 y 28 días de edad, tanto en concreto patrón como con las diferentes adiciones de fibra de acero.	222
Imagen N° 59: Fallas típicas de los especímenes ensayados a flexión, como se aprecia la abertura de falla disminuye considerablemente a medida que incrementa la cantidad de fibra adicionada.....	222
Imagen N° 60: Medición del ancho y longitud de fisura de los especímenes ensayados a flexión.	223
Imagen N° 61: Medición del ancho y longitud de fisura de los especímenes ensayados a tracción indirecta.	223
Imagen N° 62: Comprobación de resistencias mecánicas de concreto con el porcentaje óptimo de fibra de acero (30 kg/m ³), a los 7 días de edad.....	223

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1: Elección del porcentaje óptimo de Sikament 290N.....	95
Gráfico N° 2: Trabajabilidad de las diferentes tandas de concreto fresco.	97
Gráfico N° 3: Variación porcentual del asentamiento de las mezclas de concreto fresco con respecto al concreto patrón.....	98
Gráfico N° 4: Peso Unitario del concreto fresco para cada porcentaje de fibra.....	99
Gráfico N° 5: Variación porcentual del peso unitario del concreto fresco para cada porcentaje de fibra respecto al concreto patrón.	101
Gráfico N° 6: Peso Unitario del concreto endurecido a los 28 días para cada porcentaje de adición de fibra de acero.	102
Gráfico N° 7: Variación porcentual del peso unitario del concreto endurecido a los 28 días para cada porcentaje de adición de fibra respecto al concreto patrón.	103
Gráfico N° 8: Resistencia promedio a la compresión de los diferentes especímenes de concreto evaluados.	104
Gráfico N° 9: Variación porcentual de la resistencia a compresión por el efecto del Sikament 290N y la fibra de acero, respecto al concreto patrón.	106
Gráfico N° 10: Evolución de la resistencia a compresión de los diferentes ensayos realizados a través del tiempo.	106
Gráfico N° 11: Proyección de la resistencia a compresión de los diferentes ensayos realizados a los 56 días de edad.	107
Gráfico N° 12: Promedio de la resistencia a tracción indirecta de los ensayos realizados.	109
Gráfico N° 13: Variación porcentual de la resistencia a tracción indirecta producida por la fibra de acero y el Sikament 290N respecto al concreto patrón.	110
Gráfico N° 14: Evolución de la resistencia a tracción indirecta a través del tiempo para las diferentes muestras de concreto.	111
Gráfico N° 15: Resistencia promedio a la flexión de los diferentes concretos en estudio.....	113
Gráfico N° 16: Variación porcentual de la resistencia a flexión de los especímenes de concreto por efecto del Sikament y la fibra respecto al concreto patrón.	114
Gráfico N° 17: Evolución de la resistencia a flexión a través del tiempo.	115
Gráfico N° 18: Módulos de elasticidad de los diferentes tipos de concreto evaluados, según normas E.060, ACI 318S, y gráfica esfuerzo Vs. Deformación, a 7 días de edad.....	117
Gráfico N° 19: Módulos de elasticidad de los diferentes tipos de concreto evaluados, según normas E.060, ACI 318S, y gráfica esfuerzo Vs. Deformación, a 14 días de edad.....	118
Gráfico N° 20: Módulos de elasticidad de los diferentes tipos de concreto evaluados, según normas E.060, ACI 318S, y gráfica esfuerzo Vs. Deformación, a 28 días de edad.....	118
Gráfico N° 21: Ancho de la fisura de los especímenes ensayados a tracción indirecta.	120
Gráfico N° 22: Longitud transversal de la fisura de los ensayos a tracción indirecta.....	121
Gráfico N° 23: Longitud transversal de fisura de los especímenes ensayados a Flexión.	123
Gráfico N° 24: Longitud transversal de fisura de los ensayos a Flexión.	123
Gráfico N° 25: Longitud transversal de fisura de los ensayos a Flexión.	125
Gráfico N° 26: Porcentajes de falla típicas registradas en los ensayos a compresión.	125
Gráfico N° 27: Modos de falla comunes registrados en los ensayos a compresión.	126
Gráfico N° 28: Porcentajes de los modos de falla registrados en especímenes sin fibra de acero.	127
Gráfico N° 29: Porcentajes de los modos de falla registrados en especímenes con fibra.....	127

Gráfico N° 30: Costo Vs. Esfuerzo a la Compresión, Tracción y Flexión de los diferentes tipos de concreto evaluados.....	129
Gráfico N° 31: Curva granulométrica del agregado fino – Ensayo N° 01.	143
Gráfico N° 32: Curva granulométrica del agregado fino – Ensayo N° 02.	144
Gráfico N° 33: Curva granulométrica del agregado fino – Ensayo N° 03.	145
Gráfico N° 34: Curva granulométrica del agregado grueso – Ensayo N° 01.....	146
Gráfico N° 35: Curva granulométrica del agregado grueso – Ensayo N° 02.....	147
Gráfico N° 36: Curva granulométrica del agregado grueso – Ensayo N° 03.....	148

RESUMEN

En nuestro país y específicamente en Cajamarca el concreto reforzado con fibra es muy limitado, debido a que no se cuenta con suficiente evidencia experimental y requisitos reglamentarios al respecto, sin embargo, debido al uso y el requerimiento de la ingeniería civil es necesario contrarrestar la baja resistencia a tracción y flexión del concreto convencional, el cual presenta una frecuente fisuración por contracción plástica y un deficiente desempeño en condiciones de humedad. Frente a ello, el presente trabajo tiene por finalidad estudiar la influencia de la adición en distintos porcentajes de fibra de acero “Sika Fiber CHO 65/35 NB”, en las propiedades mecánicas del concreto, utilizando cemento Pacasmayo tipo I, agregados de la zona, Sikament 290N, y agua del Campus Universitario. Realizándose ensayos comparativos entre concreto patrón, concreto mas Sikament 290N (0.7% del peso del cemento), concretos con adición de 20, 30 y 40 kg/m³ de fibra de acero en los tres casos también con Sikament 290N, se ha elaborado 270 especímenes de concreto, 180 cilíndricos y 90 prismáticos, para un $f'c = 500 \text{ kg/cm}^2$, ensayados 6 especímenes a 7, 14 y 28 días tanto a compresión, tracción y flexión. Las propiedades del concreto evaluadas fueron la consistencia, peso unitario del concreto fresco y endurecido, resistencia a la compresión, tracción indirecta y flexión. Los resultados experimentales mostraron una disminución de la consistencia y por ende de la trabajabilidad del concreto fresco a medida que se incrementa la cantidad de fibra de adición, en cuanto al peso unitario, tanto en estado fresco y endurecido se incrementa moderadamente con la incorporación de Sikament 290N y con la adición de fibra de acero, pero manteniéndose en el rango de concretos normales. En cuanto a la resistencia a la compresión se determinó que el Sikament 290N mejora esta propiedad, sin embargo la fibra de acero más bien tiene una ligera tendencia a disminuirla. Pero en lo referente a la resistencia a la tracción indirecta y flexión la fibra de acero brinda incrementos de hasta 165.62 % y 180.50% respectivamente respecto al concreto patrón.

Palabras claves: Concreto, fibra de acero, Sikament 290N, comportamiento mecánico, trabajabilidad.

ABSTRACT

In our country, specifically in Cajamarca the concrete fibreglass-reinforced is very limited, due to there is not sufficient experimental evidence and regulatory requirements in this regard, however, due to the usage and the requirement of civil engineering is necessary to counteract the low resistance to traction and Flex of conventional concrete, which presents a common plastic shrinkage cracking and a poor performance in wet conditions. In response, the present work aims to study the influence of the addition in different percentages of steel fiber "Sika Fiber CHO 65/35 NB", on the mechanical properties of concrete, using cement Pacasmayo type I, aggregates of the area, Sikament 290N, and water of the University Campus. Comparative testing between concrete pattern, concrete more Sikament 290N (0.7% of the cement weight), concrete with addition of 20, 30 and 40 kg/m³ of steel fiber in all three cases also with Sikament 290N, has produced 270 concrete specimens, 180 cylindrical and prismatic 90, for a $f'c = 500 \text{ kg/cm}^2$, 6 specimens tested to 7, 14 and 28 days to compression, tensile and bending. The properties of concrete evaluated were consistency, weight unit of the fresh concrete and hardened, compression, indirect tensile and flexural stability. The experimental results showed a decrease in consistency and workability of the fresh concrete therefore to increase the amount of fiber of addition, in terms of weight, both in fresh and hardened State increases moderately with the incorporation of Sikament 290N and with the addition of steel fiber, but staying on the range of specific normal. In terms of compressive strength was determined that Sikament 290N improves this property, however steel fiber rather has a slight tendency to decrease it. But in relation to indirect tensile and bending strength of steel fiber provides increases of up to 165.62% and 180.50% respectively compared to concrete pattern.

Key words: Concrete, fiberglass, Sikament 290N, mechanical behavior, workability.

CAPÍTULO

I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Se conoce que el concreto es uno de los materiales más usados y el más versátil de los materiales de construcción, esto permite su utilización en diversos tipos y formas estructurales, así como también en los diversos climas variados, todos ellos buscando siempre la mejora de sus propiedades y comportamiento.

Una de las opciones más eficientes para la construcción de viviendas de interés social, es el desarrollo de conjuntos habitacionales con viviendas de concreto en su totalidad. Teniendo en cuenta la resistencia inherente de las estructuras con muros de concreto, las demandas sísmicas en este tipo de viviendas son bajas.

En pos de superar los problemas en algunos aspectos negativos del concreto convencional como por ejemplo su baja resistencia a la tracción, flexión, la constante fisuración por contracción plástica y un deficiente desempeño en condiciones de cambios de humedad, se han hecho variados esfuerzos, entre los cuales destacan el reforzamiento del concreto mediante fibras, con ello se busca un conveniente, práctico y económico método para superar estas deficiencias. El concreto reforzado con fibra, contiene materiales fibrosos que aumentan su resistencia estructural. Contiene fibras cortas, de discretos tamaños que son repartidas de manera uniforme y orientadas al azar. Las fibras más usadas en el mercado mundial son las fibras de acero, fibras sintéticas, fibras de basalto y fibras de vidrio, para diferentes solicitaciones.

Actualmente se reconoce que la adición de fibras de acero en vigas de concreto reforzado incrementa la resistencia a cortante. Por ejemplo, si se adiciona una cantidad de fibra suficiente, se puede evitar falla frágil por cortante y, al mismo tiempo, generar comportamiento más dúctil en vigas. Por tanto, el concreto reforzado con fibras de acero (CRFA) también podría convertirse en una opción eficiente para la construcción de muros de viviendas de interés social. (Carrillo J. y González G. 2012.)

Sin embargo, se ha confirmado que la adición de fibras afecta favorablemente las propiedades plásticas y en estado endurecido de los morteros y de los concretos. Dependiendo del material de la fibra, longitud y diámetro, geometría y deformación, y la tasa de adición, muchas propiedades son ganadas, entre ellas:

- ✓ Notablemente el control del agrietamiento por encogimiento plástico.
- ✓ La resistencia al impacto, solicitud muy importante en concretos destinados para pavimentos.
- ✓ La tenacidad o ductilidad, consiguiendo en algunos casos eliminar por completo las mallas de acero en losas.
- ✓ Se puede evitar falla frágil por cortante y, al mismo tiempo, generar comportamiento más dúctil en vigas.

Por esta razón sus principales aplicaciones son losas de bajo espesor, aplicaciones de concreto lanzado en soportes subterráneos, estabilización de cortes y pendientes rocosas, túneles, y elementos prefabricados.

Sin embargo, pese a esos resultados en el Perú, la fibra de acero, es un material muy poco estudiado y valdría la pena darle la importancia que requiere, teniendo en cuenta que podría ser para nuestro medio una alternativa muy importante tanto estructural como económica, en la construcción de distintas losas de bajo espesor.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA:

Como consecuencia de los argumentos presentados y que anteceden a estas líneas, el problema de la investigación queda planteado de la siguiente manera:

¿De qué manera influye la incorporación de fibra de acero en el comportamiento mecánico del concreto?

1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.

1.3.1. HIPÓTESIS GENERAL.

La adición de fibra de acero influye en el incremento de la resistencia mecánica del concreto.

1.3.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.

- La adición de fibra de acero influye en el incremento de la resistencia mecánica a la compresión del concreto.
- La adición de fibra de acero influye en el incremento de la resistencia mecánica a la tracción del concreto.
- La adición de fibra de acero influye en el incremento de la resistencia mecánica a la flexión del concreto.

1.4. OBJETIVOS:

1.4.1. OBJETIVO GENERAL.

Evaluar cómo influye la adición de fibra de acero en el comportamiento mecánica del concreto para una resistencia de 500 kg/cm².

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Determinar las propiedades físico-mecánicas de los agregados.
- Determinar la variación de trabajabilidad en concretos reforzados con fibra de acero.
- Determinar la variación del peso unitario en estado fresco y endurecido en concretos reforzados con fibra de acero y concretos sin fibra.
- Evaluar cualitativa y cuantitativamente la resistencia a la compresión en concretos con adiciones de fibra de acero y concretos sin fibra.
- Evaluar cualitativa y cuantitativamente la resistencia a la tracción en concretos con adiciones de fibra de acero y concretos sin fibra.
- Evaluar cualitativa y cuantitativamente la resistencia a la flexión en concretos con adiciones de fibra de acero y concreto sin fibra.
- Evaluar los costos de concretos elaborados con y sin adiciones porcentuales de fibra de acero.

1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

El uso de las diversas fibras en la producción de concreto viene siendo desde hace algunos años una técnica en estudio hacia la búsqueda de la optimización de los materiales que los componen y del concreto mismo, en el caso de la fibra de acero, puede generar una alternativa en la dosificación del concreto para mejorar propiedades en la tracción, compresión y flexión.

Es la situación socioeconómica que tiene muchos sectores de Cajamarca y del Perú, los que requieren urgentemente de nuevos productos, y a la vez de técnicas de construcción que en este caso mediante la combinación de los materiales se busca sumar efectos y obtener un producto de mayor calidad, perdurables en el tiempo, con óptimas respuestas estructurales y sobre todo económicas.

La finalidad de la presente investigación es evaluar de qué manera contribuye en el mejoramiento de las propiedades mecánicas del concreto la utilización de fibra de acero tipo “CHO 65/36 NB” como elemento adicionado en proporciones recomendadas por la hoja técnica brindada por Sika Fiber (25 – 45Kg/m³), asimismo se optó por el uso de Sikament 290N como superplastificante en dosificación elegida mediante ensayos de laboratorio (0.7% del peso de cemento), utilizando agregados de la zona y cemento comercial en Cajamarca.

El uso del Sikament 290N se optó básicamente por dos razones, la primera por evaluación económica, y la segunda para mejorar la trabajabilidad del concreto considerando que la fibra de acero le reduce consistencia, con lo cual se espera obtener un concreto más económico y con mejoras importantes en las propiedades tanto en concreto fresco como endurecido, las mismas que difícilmente son obtenidas con concretos tradicionales dadas las características que se buscan obtener, ya que es un concreto de mediana a alta resistencia. Además se debe acotar que en investigaciones anteriores se comprobó las bondades del Sikament 290N respecto a la trabajabilidad y resistencia.

El diseño de la mezcla se realizó con el Método del Módulo de Finura de la Combinación de Agregados, por considerar este método como uno de los más adecuados y que generan mezclas con menor porcentaje de vacíos. Así como también nos da la posibilidad de obtener mezclas en las que se cubra eficientemente la superficie específica de los agregados, lo cual resulta conveniente porque permite obtener mezclas más trabajables y con una mayor adherencia pasta - agregado y la vez con la fibra de acero. Es decir este método genera un mejor proporcionamiento de agregados en la mezcla implicando la probabilidad de obtener mejores niveles de resistencia en el concreto endurecido.

1.6. ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN.

La presente investigación se realizó en el Laboratorio de Ensayo de Materiales “Carlos Esparza Díaz” de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca, con agregados de la zona, aditivo superplastificante (Sikament 290N) y fibra de acero CHO 65/35 NB normalizados.

El estudio se encuentra enmarcado en el ámbito de la ingeniería civil, específicamente en el área de Tecnología de Concreto, y se realizó apoyándose en los postulados teóricos y temas de investigación anteriores y de otras partes del mundo, así como las normas vigentes de nuestro país, con el objetivo de analizar el comportamiento mecánico del concreto cuando se le adiciona fibra de acero.

Para cumplir con los objetivos de la investigación se planteó el diseño de mezclas de concreto con fibra de acero en remplazo porcentual de parte de los agregados y Sikament 290N como superplastificante, asimismo una serie de ensayos tanto de concreto fresco como endurecido (resistencia a la compresión, tracción, flexión, trabajabilidad, peso unitario, etc.), esperando contribuir con la investigación y con posteriores trabajos de naturaleza similar.

1.7. DELIMITACIONES Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.

1.7.1. DELIMITACIONES.

1.7.1.1. ESPACIAL.

El estudio se ha realizado en el Laboratorio de Materiales “Carlos Esparza Díaz” de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca, por consiguiente se trató de mantener condiciones reales durante la realización de los ensayos.

1.7.1.2. TEMPORAL.

La investigación se llevó a cabo en el periodo comprendido entre los meses de Agosto del 2014 y enero del 2015.

1.7.1.3. CIENTÍFICA.

El estudio se encuentra enmarcado en el ámbito de la Ingeniería Civil, específicamente en el área de Tecnología de los Materiales, y se realizó apoyándose en los postulados teóricos de investigadores, así como de normas tanto peruanas como extranjeras (NTP, ACI Y ASTM), con el objetivo de analizar el comportamiento mecánico del concreto con adición de fibra de acero en proporciones de 20kg/m^3 , 30kg/m^3 y 40kg/m^3 , en todos

ellos con adición de Sikament 290N, el uso del aditivo se ha evaluado previamente y debido a la resistencia de diseño propuesta (500 kg/cm^2) resulta antieconómico usar un concreto normal para esas características, además de ello considerando que la adición de fibra de acero le reduce trabajabilidad a la mezcla, se busca con el uso del superplastificante (Sikament 290N) contrarrestar ese efecto.

La presente investigación se ha realizado utilizando agregados de la planta de chancado “Roca Fuerte” con agregados extraídos de las márgenes del río Chonta del Distrito de Baños del Inca, Cemento Pacasmayo Tipo I, fibra de acero CHO 65/35 NB, Sikament 290N, Agua usada en el campus universitario, todos los materiales son de uso comercial en Cajamarca por lo que la investigación está circunscrita en nuestra Localidad.

1.7.2. LIMITACIONES.

Aunque en realidad no signifique una limitación, cabe mencionar que el número total de especímenes del presente trabajo es bastante considerable haciendo un total de 270 especímenes, de los cuales 90 especímenes de concreto se ensayaron a compresión, 90 a tracción indirecta y 90 a flexión, en cada caso a edades de 7, 14 y 28 días, asimismo para cada edad se ensayaron 06 especímenes por cada porcentaje de adición de fibra de acero; parámetro que hizo que el tiempo del término de la investigación dure más allá de lo previsto.

La evaluación de los costos del concreto, estará limitados sólo respecto a los materiales usados por unidad cúbica de concreto, mas no se evaluará la mano de obra, equipo, herramientas y rendimientos, ya que éstos no pueden ser calculados y evaluados con exactitud en éste caso.

Cabe mencionar que la presente investigación es netamente de naturaleza experimental, y su aplicación está basada en las consideraciones mencionadas y tomadas en cuenta durante su desarrollo.

1.8. TIPO DE INVESTIGACIÓN.

Según su aplicación, esta investigación es:

- **De tipo experimental y con diseño específico del tipo muestras separadas,** debido a la naturaleza de los datos e información a analizar, puesto que manipulamos las variables para llegar a los objetivos trazados.

CAPÍTULO

II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

Para el desarrollo de la presente investigación, ha sido necesario realizar una profunda revisión de investigaciones previas relacionadas con el comportamiento en concreto con y sin la adición de fibras, como antecedentes relevantes en cuanto al tipo de investigación, para ello se ha seleccionado la bibliografía necesaria como bases teóricas.

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.

- Se encontró la investigación de Gonzales Giovanni y Carrillo Julián, (Colombia 2012), realizada en la Universidad Militar de Nueva Granada, Bogotá, Colombia, titulado “Correlación entre las Propiedades Mecánicas del Concreto Reforzado con Fibras de Acero”, en el cual con el propósito de caracterizar las propiedades mecánicas básicas y las propiedades que caracterizan el desempeño a flexión del CRFA, el programa experimental incluyó el ensayo de 128 especímenes; 88 en forma de cilindros y 40 en forma de vigas. En este se llegó a concluir que a medida que se incrementa la fibra de acero la resistencia a compresión del concreto disminuye a un valor casi constante ($f_c/f_{co}=0.87$) y su capacidad de deformación en compresión aumenta; el módulo de elasticidad disminuye. Esta tendencia se genera por la disminución de agregado grueso (sustitución de agregado grueso por fibra de acero), y por el aumento del contenido de aire en la mezcla, el cual crea menor adherencia entre la matriz cementante y la fibra. El aumento de aire se origina porque éste queda atrapado por la disminución de revenimiento del concreto o porque se introduce en el momento del mezclado de las fibras. En términos generales, la fibra de acero genera que el concreto se vuelva ligeramente menos resistente, pero más dúctil cuando éste se somete a fuerzas axiales de compresión. En cuanto al ensayo de compresión diametral, tal como se esperaba, la resistencia a tensión indirecta del concreto aumenta proporcionalmente con la cantidad de fibras de acero. La prueba de flexión es considerada como una de las más representativas para el CRFA, pues a partir de

ella se puede estimar la capacidad de deformación que la fibra le proporciona al concreto después de alcanzar el agrietamiento inicial por flexión. Adicionalmente, a partir de los resultados medidos durante esta prueba, se determina la tenacidad del CRFA; es decir, la capacidad de absorción de energía del material. Se observó que el CRFA con valores del producto $V_f \times (l_f/df)$ mayores que aproximadamente 50. Este comportamiento demuestra un mejor trabajo de la matriz cementante-fibra, el cual está asociado principalmente a una mejor entre ambos componentes.

- Del mismo modo, se encontró el trabajo de investigación realizado en la Universidad Militar de Nueva Granada (Colombia 2013), titulado: “Comportamiento del concreto reforzado con fibras de acero ZP-306 sometido a esfuerzos de compresión”; El programa experimental comprendió el ensayo de 48 muestras en forma de cilindros. A partir de las tendencias de los resultados experimentales, se propusieron correlaciones numéricas para estimar las principales propiedades mecánicas del CRFA. Llegando a obtener los siguientes resultados: la resistencia a compresión disminuyó levemente, esta tendencia se genera por la sustitución de agregado grueso por fibras de acero en la mezcla y por el aumento de contenido de aire debido al incremento del volumen de fibras en la mezcla. Asimismo, Las fibras de acero le generan un efecto de confinamiento al concreto, ya que al incrementar el contenido de fibras, disminuyó la relación de Poisson. Pero en general las fibras de acero le proporcionan una mejora en las propiedades mecánicas del concreto.
- Así pues también, se revisó el trabajo de grado de Mármol Patricia C. (Madrid 2010) de la Universidad Politécnica de Madrid, titulado: “Hormigones con Fibras de Acero – Características Mecánicas”; quien a su vez concluye que en general la adición de fibras al hormigón mejora sus características mecánicas, dándoles la característica de presentar una rotura dúctil, tanto a compresión como a flexotracción, mejoran la resistencia a la fatiga, incrementa la resistencia al impacto, le da mayor ductilidad al hormigón lo que permite una mejor redistribución de las fisuras y micro-fisuras; sin embargo esta adición disminuye levemente la resistencia a compresión del hormigón fibroreforzado. Asimismo, recomienda aumentar la proporción de arena con relación al árido grueso y usar siempre plastificante en estos concretos reforzados para mejorar la trabajabilidad de los mismos.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES.

- Igualmente se encontró la investigación de Luis Velásquez y Nelson Berrospid (Lima 2007), titulado: “Sostenimiento de Rocas: Fibras de Acero Como Refuerzo Estructural del Shotcrete Operación y Seguridad Minera”, realizado en la Pontificia Universidad Católica del Perú, en el cual el objetivo de la investigación es demostrar el comportamiento estructural de las fibras de acero en el shotcrete, razón de su empleo para impartir mayor resistencia a la tracción a un material que es frágil. En donde se llega a concluir que la fibra de acero aporta mayor resistencia a la tracción a un material frágil que es el concreto, asimismo mejora la energía de absorción, la resistencia al impacto, absorción de las fuerzas de voladura y la resistencia a la rajadura o resquebrajamiento; también permite continuar cargando peso después del resquebrajamiento denominado comportamiento post-crack, es decir la habilidad de soportar un número largo de un ciclo de cargas repetitivas a un nivel más alto de esfuerzos que del shotcrete simple. En cuanto a los ensayos de tenacidad, la fibra de acero dosificada a 30 kg/m^3 , se tiene que al evaluar la performance de la fibra de acero, ésta se encuentra en la categoría excelente según la Norma ASTM C1018. Además, el ensayo de absorción de energía muestra que la fibra de acero como elemento estructural, genera 627 Joules a una abertura de 25mm, según la norma ASTM C1550, (un joule es la cantidad de energía necesaria para levantar 1kg una altura de 10cm en la superficie terrestre).

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES.

- Se encontró la Tesis para obtener el título de ingeniero civil de Pajares Urteaga Edinson F. (2015), de la Universidad Nacional de Cajamarca, titulado “Análisis del Incremento de la Resistencia Mecánica del Concreto con la Adición de Fibra Vegetal”, donde se concluye que el concreto presenta un incremento en compresión de 7.04%, y en tracción incrementa 16.01% en ambos con adición de 1% de cabuya. En flexión incrementa el 40.66% con adición del 2% de cabuya, el ancho y longitud de fisura disminuye en 65.76% y 28.14% respectivamente, en ambos casos con el 2% de cabuya. En lo concerniente al costo en función de la resistencia tanto a tracción como a flexión indica la disminución del 4.23% y 15.33% respectivamente, ambos con el 1% de adición de cabuya y en función del concreto patrón.

2.2. BASES TEÓRICAS.

2.2.1. CONCRETO.

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.

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 López, E. (2007) *Diseño de Mezclas*. Pág. 37]

2.2.2. CONCRETOS DE ALTA RESISTENCIA:

El Concreto de Alta Resistencia es un tipo de concreto de alto desempeño, que comúnmente tiene una resistencia a la compresión especificada de 6000 psi (35 MPa) o superiores. La producción de concreto de alta resistencia requiere un mayor estudio así como un control de calidad más exigente en comparación con el concreto normal convencional. (Villanueva, 2013)

2.2.2.1. Usos del concreto de alta resistencia:

- Recomendado para proyectos que requieran de elementos estructurales que soporten altas demandas de carga.
- En todas las estructuras donde se requiera obtener resistencias a 28 días o resistencias iniciales altas.
- Por sus características mecánicas mejoradas es ideal para construir: Muros de rigidez, columnas y vigas en edificios de oficinas, departamentos, centros comerciales, hoteles y edificios de gran altura. Se especifica para concretos pre-esforzados, como vigas pre esforzadas para puentes de grandes luces. Estructuras costeras, sanitarias y militares. Bóvedas de seguridad. Elementos prefabricados.
- Ideal para sistemas industrializados.

- Para colocar el concreto en servicio a una edad mucho menor, por ejemplo dar tráfico a pavimentos a 3 días de su colocación.
- Para satisfacer necesidades específicas de ciertas aplicaciones especiales como por ejemplo durabilidad, módulo de elasticidad y resistencia a la flexión.

2.2.2.2. Ventajas del concreto de alta resistencia:

- Mayor rendimiento en ejecución de obras. Permite mayor rotación de encofrados y menos tiempo de uso.
- Se pueden diseñar menores secciones estructurales, con ahorro en áreas de construcción.
- Permite disminuir cuantías de refuerzo en los diseños.
- Permite la reducción de la cantidad de acero de refuerzo en columnas.
- Mejora la protección contra la corrosión del acero de refuerzo.
- La estructura tiene un menor costo versus otras diseñadas en acero.
- Mayor resistencia a la erosión.
- Su consistencia permite bombearlo a grandes alturas.
- Su alta fluidez permite su colocación aún en zonas congestionadas de acero de refuerzo.

2.2.2.3. Precauciones del uso de concreto de alta resistencia:

- Requiere excelentes condiciones de curado.
- Cualquier adición de agua, cemento o aditivo en obra alterará su diseño, perjudicando la calidad de concreto.
- El concreto que haya empezado con el proceso de fraguado no debe vibrarse, ni mezclarse, ni utilizarse en caso de demoras en obra.
- Se deben cumplir estrictamente todas las normas referentes a manejo de protección y control de concreto.

2.2.3. CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE ACERO (CRFA)

El hormigón reforzado con fibras, según la definición del ACI-American Concrete Institute, no es más que hormigón hecho a partir de cementos hidráulicos, conteniendo áridos finos, o finos y gruesos, agua y fibras discretas discontinuas cuya misión es contribuir a la mejora de determinadas características de los concretos.

Estos concretos tienen menos docilidad que los concretos tradicionales. Debe proveerse una dispersión uniforme de las fibras y prevenirse una segregación o agrupación de las mismas.

La inclusión de fibras en los concretos reforzados con fibra de acero, además de alterar el comportamiento del hormigón en estado endurecido, también lo hacen en estado fresco, por lo que a algunos de los componentes se les exigen condiciones que en los concretos tradicionales no son necesarios. (Mármol Patricia, 2010, pág. 15)

En función de la cantidad de fibras que se van a adicionar a la mezcla y de la geometría de éstas, el material compuesto tendrá que sufrir ciertas modificaciones. Éstas modificaciones pasan principalmente por una limitación en el tamaño máximo del árido, mayor demanda de finos, inclusión de aditivos reductores de agua, entre otros. (Mármol Patricia, 2010, pág. 15)

Es por ello que en el presente trabajo se ha considerado incluir aditivo reductor de agua (SIKAMENT 290N), para mejorar las características y comportamiento mecánico del concreto.

2.2.4. COMPONENTES DEL CRFA:

Los CRFA están constituidos esencialmente por los mismos componentes que un hormigón tradicional y adicionalmente fibras de acero. En función de la cantidad de fibras que se van a adicionar al hormigón y de la geometría de éstas, el material compuesto tendrá que sufrir ciertas modificaciones respecto de un hormigón tradicional. Estas modificaciones pasan principalmente por una limitación en el tamaño máximo del árido, menores valores de relación grava-arena, mayores cantidades de aditivos reductores de agua, y mayor demanda de finos, entre otros. (Mármol Patricia, 2010, pág. 15)

2.2.4.1. Cemento:

El cemento es un componente decisivo en la docilidad del material en estado fresco y, posteriormente, en las características mecánicas del hormigón endurecido. Se puede emplear cualquier cemento que cumpla con los requisitos establecidos para un hormigón tradicional, siempre que sea capaz de proporcionar al hormigón las características que exige el proyecto.

Cuanto mayor sea el contenido de fibras y menor el tamaño máximo del árido, será necesario emplear una mayor cantidad de cemento con la finalidad de proporcionar más pasta. (Mármol Patricia, 2010, pág. 16)

2.2.4.1.1. Cemento Portland:

El cemento portland esencialmente es un Clinker finamente molido, producido por la cocción a elevadas temperaturas, de mezclas que contienen cal, alúmina, fierro y sílice en proporciones determinadas.

Las materias primas finamente molida e íntimamente mezcladas, se calienta hasta el principio de la fusión (1400-1450°C), usualmente en grandes hornos. A la materia parcialmente fundido que sale del horno se le denomina “Clinker”. El Clinker enfriado y molido a polvo muy fino, es lo que constituye el cemento portland comercial. Durante la molienda se agrega una pequeña cantidad de yeso (3 o 4%), para regular el fraguado del cemento. (Flavio Abanto, 2009, pág. 15)

El cemento portland se divide en cinco categorías normadas por las especificaciones del [ASTM C150], y las Normas Técnicas Peruanas [NTP 334.009-2013], cada categoría posee características físicas y químicas específicas. (Flavio Abanto, 2009, pág. 17).

- **Cemento tipo I:** De uso general en la construcción, cuando en las mismas no se especifican la utilización de los otros 4 tipos de cemento. Se emplea en obras que no requieren propiedades especiales. El cemento portland Tipo I se fabrica mediante la molienda conjunta de Clinker Tipo I y yeso, que brindan mayor resistencia inicial y menores tiempos de fraguado. Sus aplicaciones más importantes son:
 - ✓ Obras de concreto y concreto armado en general.
 - ✓ Estructuras que requieran un rápido desencofrado.
 - ✓ Concreto en clima frío.
 - ✓ Productos prefabricados, pavimentos y cimentaciones.

- **Cemento tipo II:** Se utiliza en obras de concreto en general y cuando se espera un ataque moderado de los sulfatos o cuando se requiere un calor de hidratación moderado, para lograr este tipo de características se regulan la cantidad máxima de silicato tricálcico (C3S) y aluminato tricálcico (C3A), este cemento alcanza una resistencia similar al cemento Tipo I pero requiere más tiempo de fraguado.

- **Cemento tipo III:** Este desarrolla una alta resistencia en un tiempo menor, en 7 días tiene la misma resistencia que un concreto tipo I o II en 28 días. Para lograr este rápido fraguado se aumentan las cantidades de silicato tricálcico (C3S) y aluminato tricálcico (C3A). Este cemento desprende grandes cantidades de calor por lo que no es recomendado para chorreas masivas.
- **Cemento tipo IV:** Este es un cemento de secado lento por lo que no genera gran cantidad de calor de hidratación siendo ideal para chorreas masivas que no requieran una alta resistencia inicial, para lograr esto se regulan las cantidades de silicato tricálcico (C3S) y aluminato tricálcico (C3A), ya que estos son los elementos que se encargan de fraguado inicial por lo que liberan la mayor cantidad de calor de hidratación.
- **Cemento tipo V:** Este es un cemento con gran resistencia al ataque de sulfatos, por lo que es muy utilizado en estructuras hidráulicas expuestas a aguas con gran concentración de álcalis o estructuras expuestas a agua de mar. Para lograr esto se reduce la cantidad de aluminato tricálcico (C3A) ya que este es el componente más vulnerable a los sulfatos.

2.2.4.2. Agregado:

Se define como agregado al conjunto de partículas inorgánicas, de origen natural o artificial, cuya calidad deben cumplir ciertos parámetros fijados en la Norma NTP 400.011, para garantizar su desempeño óptimo; deben contener partículas durables, limpias, duras, resistentes y libres de productos químicos absorbidos, recubrimientos de arcilla y otros materiales finos que pudieran afectar la hidratación y la adherencia de la pasta al cemento. Las partículas de agregado que sean desmenuzables o susceptibles de resquebrajarse son indeseables.

Éstos son materiales que están embebidos en la pasta y ocupan entre el 60% y el 80% de la unidad cúbica del concreto. Conformando la fase discontinua del concreto.

Según Abanto Flavio, los agregados naturales se clasifican en:

- Agregados Finos.
 - Arena fina.
 - Arena gruesa.
- Agregados gruesos.

- Grava.
- Piedra.

2.2.4.2.1. Agregado fino:

Se considera como agregados finos a la arena o piedra natural finamente triturada, de dimensiones reducidas y que pasan el tamiz 9.5mm (3/8") y que quedan retenidos en el tamiz 0.047 (N° 200), además cumple con los límites establecidos en la norma NTP 400.037, o la norma ASTM C33.

La norma prescribe que la diferencia entre el contenido que pasa una malla y el retenido en la siguiente, no debe ser mayor del 45% del total de la muestra. De esta manera, se tiende a una granulometría más regular.

Para que el concreto tenga una adecuada trabajabilidad, las partículas de agregado grueso deben estar espaciadas de manera tal que puedan moverse con relativa facilidad, durante los procesos de mezclado y colocación; el agregado fino actúa como lubricante del agregado grueso. (Flavio Abanto, 2009, pág. 23-25).

Según Abanto Flavio, el agregado fino debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Debe ser arena natural. Sus partículas serán limpias, de perfiles preferentemente angulares, duros, compactos y resistentes.
- Limpio de cantidades perjudiciales de polvo, esquistos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales u otros.
- Cumplir con el huso granulométrico.
- Las partículas dañinas no deben exceder como máximo: partículas deleznable: 3%; material más fino que la malla N° 200: 5%

2.2.4.2.2. Agregado grueso:

Se define como agregado grueso el material retenido en el tamiz 4.75mm (N° 4) proveniente de la desintegración natural o mecánica de rocas, cumpliendo con lo establecido en la norma NTP 400.037 o la norma ASTM C33.

El tamaño máximo del agregado grueso utilizado en un concreto tiene su fundamento en la economía, y está dado por la abertura de la malla inmediata superior a la que retiene el 15% o más del agregado grueso tamizado.

El agregado grueso deberá estar conformado por partículas limpias, de perfil preferentemente angular, duras, compactas, resistentes, y de textura preferentemente rugosa, químicamente estables y deberán estar libres de escamas, tierra, polvo, limo, humus, incrustaciones superficiales, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas.

La granulometría seleccionada no deberá tener más del 5% del agregado retenido en la malla de 1 ½" y no más del 6% del agregado que pasa la malla de ¼". (Flavio Abanto, 2009, pág. 26-28).

Asimismo; Abanto Flavio indica que en ningún caso el tamaño máximo del agregado grueso deberá ser mayor que:

- Un quinto, de la menor dimensión, entre caras de encofrados.
- Un tercio de la altura de las losas.
- Tres cuartos del espacio libre entre las barras o alambres individuales de refuerzo, paquetes de barras, cables o ductos de presfuerzo.

2.2.4.3. Agua:

El agua empleada en la preparación y curado del concreto deberá cumplir con los requisitos de la Norma NTP 334.088 y ser, de preferencia potable. Está prohibido el empleo de aguas ácidas, calcáreas, minerales, carbonatadas, aguas provenientes de minas o relaves, aguas que contengan residuos minerales o industriales, aguas con un contenido de sulfatos mayores a 1%, aguas con algas, materia orgánica, humus, o descargas de desagües, aguas que contengan azúcares o sus derivados. (Rivva López, 2007, pág. 29).

2.2.4.3.1. Agua de mezclado:

Es el agua que reacciona con el cemento, produciendo su hidratación, así mismo, actúa como un lubricante, contribuyendo a la trabajabilidad de la mezcla.

El agua de mezclado asegura el espacio necesario en la pasta, para el desarrollo de los productos de hidratación. La hidratación completa del cemento requiere del 22-25%, del agua de mezclado.

Las impurezas del agua pueden presentarse disueltas o en forma de suspensión ya sean: carbonatos o bicarbonatos, cloruros, sulfatos, sales de hierro, sales inorgánicas, ácidos, materia orgánica, aceites, o sedimentos y pueden interferir en la hidratación del cemento, producir modificaciones del tiempo de fraguado, reducir la resistencia mecánica, causar manchas en la superficie del concreto y aumentar el riesgo de corrosión de las armaduras.

2.2.4.3.2. Agua de curado

El agua de curado no debe contener sustancias agresivas para el concreto endurecido o las armaduras, ya que durante las primeras edades el concreto es sumamente permeable; no emplear agua con elevados contenidos de cloruros en caso de estructuras armadas, evitar sustancias que puedan provocar decoloraciones o manchas superficiales y mantener reducida la diferencia de temperatura entre el agua de curado y el concreto para evitar la aparición de fisuras.

2.2.4.3.3. Relación agua: material cementante

De ella dependen la resistencia y la durabilidad, así como los coeficientes de retracción y de fluencia. También determina la estructura interna de la pasta de cemento endurecida.

$$R = A/C \quad \dots\dots\dots(1)$$

R: Relación agua/ material cementante

A: masa de agua del concreto fresco

C: masa del material cementante del concreto fresco

Cuanto más baja es la relación A/C tanto más favorables son las propiedades de la pasta de cemento endurecida, si en cambio esta relación es mayor, habrá mayor cantidad de poros capilares en la pasta de cemento, logrando el incrementando de la permeabilidad y reduciendo la resistencia.

Según Enrique Pasquel C. (2011), afirma que:

- Para $A/C > 0.42$ sobra agua de hidratación y todo el cemento se hidrata.
- Para $A/C = 0.42$ no sobra agua de hidratación
- Para $A/C < 0.42$ queda cemento sin hidratar

2.2.4.4. Teoría de los aditivos

2.2.4.4.1. Definición:

Un aditivo es definido, tanto por el American Concrete Institute, como por la Norma ASTM C 125, como: “Un material que no siendo agua, agregado, cemento hidráulico, o fibra de refuerzo, es empleado como un ingrediente del mortero o concreto, y es añadido a la tanda inmediatamente antes o durante su mezclado”.

Los aditivos son productos que se adicionan en pequeña proporción al concreto durante el mezclado en porcentajes entre 0.1% y 5% (según el producto o el efecto deseado) de la masa o peso del cemento, con el propósito de producir una modificación en algunas de sus propiedades originales o en el comportamiento del concreto en su estado fresco y/o en condiciones de trabajo en una forma susceptible de ser prevista y controlada. (Sánchez, D. 2001)

El uso de aditivos está condicionado por:

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

2.2.4.4.2. Clasificación de los aditivos.

De acuerdo a la Norma ASTM C 494, los aditivos se clasifican en:

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

2.2.4.4.3. Consideraciones Economicas

Al evaluar la posibilidad de emplear un aditivo determinado debe considerarse su efecto sobre el volumen de la tanda; así como las posibles modificaciones en el rendimiento, a fin de poder determinar las causas reales de la variación de las propiedades y el costo de dicha variación.

Sánchez, D. (2001) dice adicionalmente, que en todo análisis económico del empleo de un aditivo se debe considerarse:

- El costo de utilizar un ingrediente extra y el efecto de ello sobre los costos de puesta en obra del concreto;
- Los efectos económicos del aditivo sobre la trabajabilidad y consistencia del concreto; así como sobre la magnitud y velocidad de ganancia de resistencia;
- La posibilidad de emplear procedimientos menos costosos, o diseños más avanzados.

2.2.4.4.4. Razones de Empleo:

Sánchez, D. (2001) indica que para modificar las propiedades del concreto no endurecido o fresco se puede mencionar:

- Reducción en el contenido de agua de la mezcla.
- Incremento en la trabajabilidad sin modificación del contenido de agua; o disminución del contenido de agua sin modificación de la trabajabilidad.
- Reducción, incremento o control del asentamiento.
- Aceleración o retardo del tiempo de fraguado inicial.
- Modificación de la velocidad y/o magnitud de la exudación.
- Reducción o prevención de la segregación; o desarrollo de una ligera expansión.
- Mejora en la facilidad de colocación y/o bombeo de las mezclas.

Para modificar las propiedades de los concretos endurecidos se pueden mencionar.

- Retardo en el desarrollo del calor de hidratación o reducción en la magnitud de éste durante el endurecimiento inicial.
- Aceleración en la velocidad de desarrollo de la resistencia inicial y/o final del concreto y en el incremento de la misma.
- Incremento en la durabilidad (resistencia a condiciones severas de exposición).
- Disminución de la permeabilidad del concreto.
- Control de la expansión debida a la reacción álcali-agregados;
- Incremento en las adherencias acero-concreto; y concreto antiguo-concreto fresco.
- Incremento en las resistencias al impacto y/o la abrasión
- Control de la corrosión de los demonios metálicos embebidos en el concreto
- Producción de concretos o morteros celulares.
- Producción de concretos o morteros coloreados.

2.2.4.5. Fibras.

Las fibras, en el sentido más amplio, son los filamentos de cuerpo plástico, flexible y resistente. Asimismo, poseen una gran finura con un cuerpo macroscópicamente homogéneo y una relación largo-ancho bastante alta con una pequeña sección transversal.

2.2.4.5.1. Tipos de fibras.

2.2.4.5.1.1. Vidrio.

La fibra de vidrio es resistente a los álcalis se usa en la fabricación de productos de cemento reforzado con vidrio (GRC: glassreinforced concrete), los cuales tienen un amplio rango de aplicaciones. Se utilizan longitudes de fibra de hasta 35 mm en aplicaciones de rociado y las longitudes de 25 mm en aplicaciones de premezclado.

2.2.4.5.1.2. Las fibras de acero

El uso de fibras derechas y lisas casi ha desaparecido y las modernas tienen, ya sea superficies ásperas, extremos en gancho, o son rizadas u onduladas a través de su longitud. Típicamente las fibras de acero tienen diámetros equivalentes (con base en el área de la sección transversal) de 0.15 a 2 mm y longitudes de 7 a 75 mm. Las relaciones de aspecto generalmente varían de 20 a 100.

2.2.4.5.1.3. Fibras sintéticas

Las fibras sintéticas son artificiales; resultan de la investigación y desarrollo en las industrias petroquímica y textil. Existen dos formas físicas diferentes de fibras: la de monofilamentos, y las producidas de cintas de fibrilla. La mayoría de las aplicaciones de las fibras sintéticas están en el nivel de 0.1% por volumen. A ese nivel, se considera que la resistencia del concreto no se ve afectada y se buscan las características de control de las grietas. Los tipos de fibras que han sido ensayados en las matrices de concreto son:

a. Acrílico

Las fibras acrílicas han sido usadas para reemplazar la fibra de asbesto en muchos productos de concreto reforzado con fibras. También se han agregado fibras acrílicas al concreto convencional a bajos volúmenes para reducir los efectos del agrietamiento por contracción plástica.

b. Aramida

Las fibras de aramida son dos veces y media más resistentes que las de vidrio y cinco veces más que las de acero, por unidad de masa. Debido al costo relativamente alto de estas fibras, el concreto reforzado con fibras de aramida se ha usado principalmente como un reemplazo del asbesto en ciertas aplicaciones de alta resistencia.

c. Carbón

Las fibras de carbón son sustancialmente más costosas que los otros tipos de fibras. Por esta razón su uso comercial ha sido limitado. Tienen alta resistencia a tensión y alto módulo de elasticidad y una característica quebradiza bajo esfuerzo-deformación. Se requiere de investigación adicional para determinar la viabilidad del concreto con fibra de carbón en una base económica. Las propiedades de resistencia al fuego de los compuestos de fibras de carbón necesitan ser evaluadas, pero ignorando el aspecto económico, las aplicaciones estructurales parecen ser prometedoras.

d. Nylon

Es el nombre genérico que identifica una familia de polímeros. Las propiedades de las fibras de nylon son impartidas por el tipo a base de polímeros, la adición de diferentes niveles de aditivos, las condiciones de fabricación y las dimensiones de las fibras. Actualmente sólo dos tipos de fibras de nylon se comercializan para el concreto. Es particularmente efectivo para impartir resistencia al impacto y tenacidad a flexión y para sostener e incrementar la capacidad para soportar cargas del concreto después de la primera grieta.

e. Poliéster

Están disponibles en forma de monofilamentos y pertenecen al grupo de poliéster termoplástico. Son sensibles a la temperatura y a temperaturas por encima del servicio normal sus propiedades pueden ser alteradas. Las fibras de poliéster son algo hidrófobas. Se han usado a bajos contenidos (0.1% por volumen) para controlar el agrietamiento por contracción plástica en el concreto.

f. Polietileno

Ha sido producido para el concreto en forma de monofilamentos con deformaciones superficiales parecidas a verrugas. El polietileno en forma de pulpa puede ser una alternativa a las fibras de asbesto. El concreto reforzado con fibras de polietileno a contenidos de entre 2 y 4% por volumen exhibe un comportamiento de flexión lineal

bajo cargas de flexión hasta la primera grieta, seguido por una transferencia de carga aparente a las fibras, permitiendo un incremento en la carga hasta que las fibras se rompen.

g. Polipropileno

Las fibras de polipropileno fueron usadas para concreto reforzado en los años sesentas. El polipropileno es un polímero de hidrocarburo sintético cuya fibra está hecha usando procesos de extrusión por medio de estiramiento en caliente del material a través de un troquel. Las fibras de polipropileno son hidrófobas y por lo tanto tienen como desventajas el tener pobres características de adherencia con la matriz del cemento, un bajo punto de fusión, alta combustibilidad y un módulo de elasticidad relativamente bajo, son tenaces, pero tienen baja resistencia a tensión y bajo módulo de elasticidad; tienen una característica plástica de esfuerzo-deformación. Se asegura que se han usado exitosamente contenidos de fibras de hasta 12% por volumen, con técnicas de fabricación de empaquetado manual, pero se ha reportado que volúmenes de 0.1% de fibras de 50 mm en el concreto han causado una pérdida de revenimiento de 75 mm.

Tabla N° 1: Características de las fibras Usadas en el concreto.

Tipo de Fibra	Resistencia a Tracción (MPa)	Módulo de Elasticidad (GPa)	Densidad (kg/m³)	Alargamiento de Rotura (%)
Acero	500 - 3000	210	7800	3.5
Acero Inoxidable	2100	160	7860	3
Vidrio	2000	60	2700	3.6
Carbono	3000	200 - 500	1900	0.5
Nylon	900	4	1100	13 - 15
Polipropileno	400 - 800	5 - 25	900	8 - 20
Poliéster	700 - 900	8.2	1400	11 - 13
Hormigón	5 - 8	30	2300	-----

Fuente: Ramos Salcedo, H. (2012), pág. 5.

2.2.4.6. Fibras de acero:

Las fibras de acero son elementos de corta longitud y pequeña sección que se adicionan al hormigón con el fin de conferirle ciertas propiedades específicas, con las características necesarias para dispersarse aleatoriamente en una mezcla de hormigón en estado fresco empleando metodologías de mezclado tradicionales.

La efectividad del refuerzo matriz - fibras, exige a las fibras las siguientes propiedades:

- Una resistencia a tracción significativamente mayor que la del hormigón.
- Una adherencia con la matriz del mismo orden o mayor que la resistencia a tracción de la matriz.
- Un módulo de elasticidad significativamente mayor que el del hormigón.

Las fibras suponen una mejora ante determinadas propiedades como el control de la fisuración por retracción, incremento en la resistencia al fuego, abrasión e impacto, entre otras. Las especificaciones estándar, clasificación y definiciones relativas a las fibras de acero, se encuentran normalizadas en ASTM A820 / A820M-04. (*Ramos Salcedo, 2012, pág. 8-9.*)

Las convenciones empleadas para describir las fibras geoméricamente son:

- l_f : longitud de la fibra (mm).
- d : diámetro o diámetro equivalente de la fibra (mm).
- λ : esbeltez o relación de aspecto de la fibra (l/d).
- A_f : área de la sección transversal de la fibra (mm²).

Además de las características geométricas, también se especifica:

- R_m : Resistencia a tracción de la fibra (N/mm²).
- Previsiones de espacio (espesor, recubrimiento y espacio entre barras de armado en el elemento, si es el caso).
- Forma de suministro: sueltas o en peines.

Las fibras deben cumplir con algunos requerimientos mecánicos de resistencia a tracción, doblado y condiciones de superficie. Los ensayos para evaluar estos factores y los criterios de aceptación o rechazo se encuentran en la norma ASTM A820.

En función del material base utilizado para la producción de las fibras de acero, se clasifican en los siguientes grupos según la ASTM A820 / A820M -04:

- **Tipo I:** alambres estriados en frío (cold - drawn wire).
- **Tipo II:** laminas cortadas (cut sheet).
- **Tipo III:** extractos fundidos (Melt – extracted).
- **Tipo IV:** conformados en frío (mill cut).
- **Tipo V:** aserrados de bloques de acero (milled from Steel blocks)

Las fibras de acero pueden ser de acero al carbono (en ocasiones con aleaciones con el fin de mejorar prestaciones técnicas y mecánicas) o acero inoxidable. También se pueden encontrar fibras con revestimientos de zinc o galvanizadas, que resultan menos costosas que las de acero inoxidable y prestan resistencia a la corrosión.

Las fibras de acero pueden tener formas muy variadas, pudiendo ser rectas, onduladas, corrugadas, con extremos formados, dentadas, etc. Así, las secciones también pueden ser circulares, cuadradas, rectangulares y planas. (*Ramos Salcedo, 2012, pág. 9-10.*)

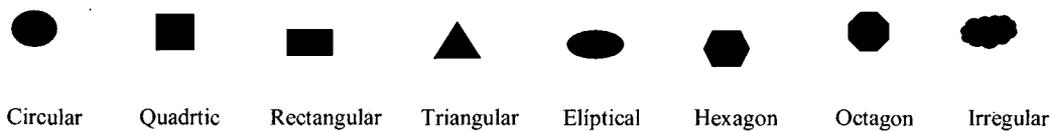


Imagen N° 1: Secciones de las fibras más comunes.

Fuente: Mármod Patricia. Madrid 2010. pág. 19.

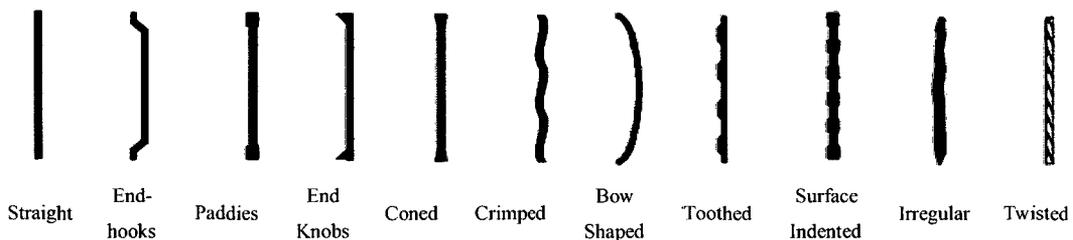


Imagen N° 2: Formas geométricas de las fibras.

Fuente: Mármod Patricia. Madrid 2010. pág. 19.

2.2.4.7. Longitudes:

Además de las limitaciones relacionadas con el tamaño máximo de árido, cuando el hormigón va a ser bombeado, la longitud de la fibra no debe superar $2/3$ del diámetro interior del tubo. Otro factor limitante de la longitud de las fibras es la separación entre las barras de acero armado, en estos casos la longitud de la fibra no debe superar la separación mínima entre barras a no ser que se demuestre con ensayos previos que no presenta inconvenientes.

La sección transversal de las fibras depende principalmente del material usado en la fabricación. El tipo I suele tener diámetros de 0.25 a 1 mm, en función a la sección del cable del que son obtenidos.

El tipo II por lo general planas y rectas, tienen secciones transversales con espesor de 0.15 a 0.64 mm y anchos de 0.25 a 2 mm, independiente del tipo de fibras, la gran mayoría tienen diámetros entre 0.4 y 0.8 mm y longitudes de 25 a 60 mm. Su índice de esbeltez por lo general es menor que 100, generalmente entre 40 y 8.

Para fibras de igual longitud, la reducción en el diámetro aumenta el número de ellas por unidad de peso y hacen más denso el entramado o red de fibras. El espaciamiento entre fibras se reduce cuando la fibra es más fina, siendo más eficiente y permitiendo una mejor redistribución de la carga o de los esfuerzos.

El efecto de las fibras en las diferentes etapas del proceso de fisuración del hormigón se refleja a dos escalas: material y estructural. Así, en la fase de fisuración aleatoria, las fibras cosen las fisuras activas y retardan el desarrollo, incrementando la resistencia y la ductilidad a escala del material, mientras que en la etapa en que las macrofisuras se propagan, las fibras también cosen las fisuras y así aportan mayor capacidad resistente y ductilidad a escala estructural.

Cuando se requiere que las fibras actúen en las microfisuras, se debe adicionar un gran número de fibras y su diámetro debe ser pequeño. La trabajabilidad del material, que está mucho más ligado a la relación l/d , conduce a preferir fibras cortas. Por otro lado, para controlar las macrofisuras las fibras deben ser lo suficientemente largas para estar adecuadamente ancladas en la matriz, si bien por requerimientos de trabajabilidad las fibras largas deben ser usadas en menores proporciones que las cortas.

En definitiva, la resistencia a tracción y la ductilidad del material pueden ser incrementadas empleando una alta proporción de fibras cortas y, para mejorar la capacidad resistente y la ductilidad de la estructura, se debe añadir una cierta cantidad más baja de fibras largas. (*Ramos Salcedo, 2012, pág. 10-11.*)

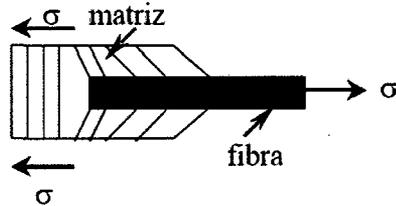
Sin embargo, Mármol Patricia en su tesis de master en “Hormigones con Fibra de Acero - Características Mecánicas”, Madrid 2010; recomienda que el tamaño máximo de áridos mayores que 20mm no debe utilizarse; recomendando que el tamaño máximo del árido no supere:

- $2/3$ de la longitud máxima de la fibra.
- $1/5$ del lado menor del elemento.
- $3/4$ de la distancia libre entre las barra de armado.

2.2.4.8. Longitud crítica de la fibra:

Al aplicar un esfuerzo de tracción, en los extremos de la fibra no hay transmisión de carga desde la matriz, se genera un patrón de deformación.

Existe una longitud de fibra crítica para aumentar la resistencia y rigidez del compuesto.

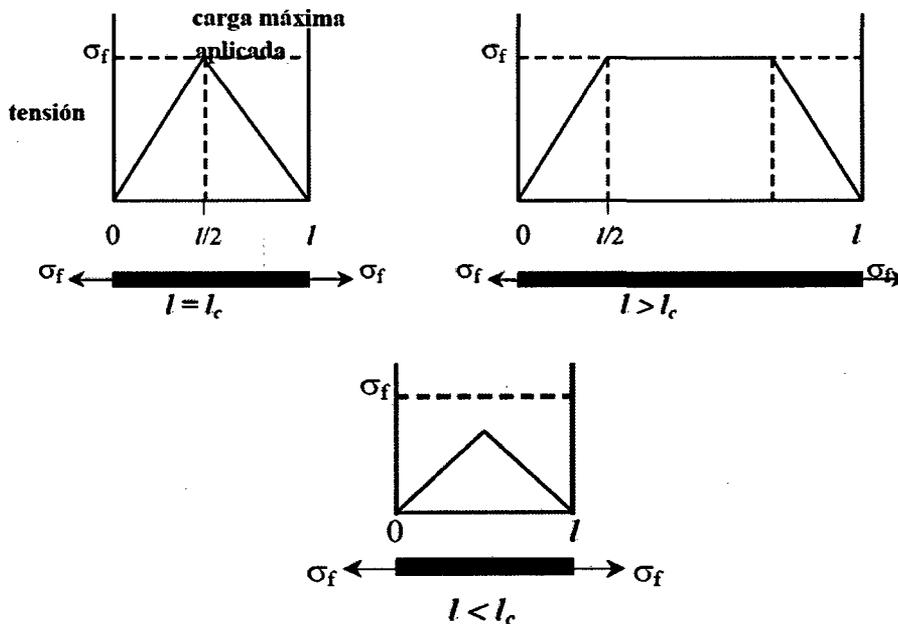


*Imagen N° 3: Esfuerzo de tracción en la fibra.
Fuente: Mármod Patricia. Madrid 2010. Pág. 20.*

Esta longitud crítica l_c depende del diámetro d de la fibra, de la resistencia a tracción σ_f y de la resistencia de la unión matriz – fibra (o resistencia al cizallamiento de la matriz), T_c , de acuerdo con:

$$l_c = \frac{\sigma_f d}{T_c} \dots\dots\dots(2)$$

Los perfiles esfuerzo – deformación dependen si la longitud de la fibra es mayor o menor que la longitud crítica. En la siguiente figura pueden verse los perfiles esfuerzo - deformación para $l = l_c$ y $l > l_c$ y $l < l_c$.



*Imagen N° 4 : Perfiles esfuerzo – deformación para $l = l_c$; $l > l_c$ y $l < l_c$ respect.
Fuente: Mármod Patricia. Madrid 2010. Pág. 21.*

- Si $l = l_c$: la carga máxima se consigue en el centro de la fibra.
- Si $l > l_c$: el reforzamiento es más efectivo.
- Si $l < l_c$: el reforzamiento es insignificante (la matriz se deforma alrededor de la fibra, casi no existe transferencia del esfuerzo).

Además:

- Si $l > l_c$: (normalmente $l > 15 l_c$) fibras continuas.
- Si $l < l_c$: fibras cortas o discontinuas.

2.2.4.9. Influencia de la Orientación y de la Concentración de la Fibra.

La disposición u orientación relativa de las fibras y su concentración y distribución influyen radicalmente en la resistencia y en otras propiedades del concreto reforzado con fibras. Con respecto a la orientación existen dos situaciones extremas: alineación paralela de los ejes longitudinales de las fibras y alineación al azar. Las fibras continuas normalmente se alinean, mientras que las fibras discontinuas se pueden alinear o bien se pueden orientar al azar o alinearse parcialmente.

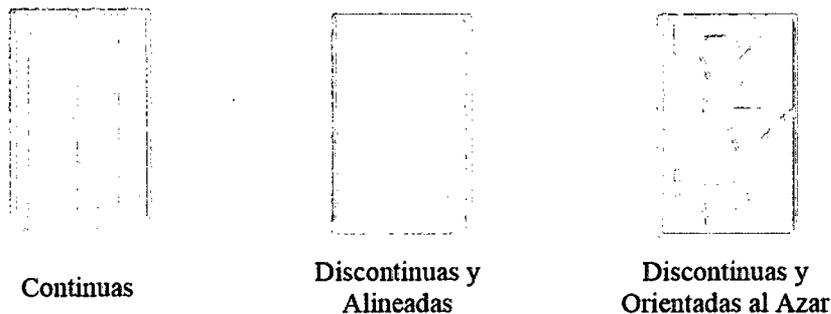


Imagen N° 5: Orientación de las fibras en los diferentes compuestos reforzados.

Tabla N° 2: Propiedades y tipo de fibras de acero CHO.

PROPIEDADES	TIPO DE FIBRA DE ACERO:		
	CHO 65/35 NB	CHO 80/60 NB	CHO 45/35 NB
Resistencia a la Tracción (MPa)	Min. 1200	Min. 1100	Min. 1150
Elongación de Rotura (%)	4	4	4
Diámetro de la Fibra (mm)	0.53	0.75	0.77
Longitud de la Fibra (mm)	35	60	35
Relación de Aspecto ($L/D = \lambda$)	65	80	45

Fuente: Propiedades de fibra de acero, Sika Fiber.

En la presente investigación, el tipo de fibra que se utilizara es el CHO 65/35 NB, el diámetro de fibra es 0.53 mm, su largo será de 35 mm, la resistencia a la tracción de la fibra de acero corresponde a 1200 MPa y elongación de rotura de 4%. Es así que, se obtiene que $l \approx 3 l_c$, (l_c = longitud crítica de la fibra). Es decir, se tiene una fibra discontinua o fibra corta. Además esta fibra estará orientada al azar.



Imagen N° 6: Fibra de acero utilizada en la investigación, CHO 65/35 NB.

2.2.4.10. Propiedades físicas y mecánicas del concreto reforzado con fibras.

La norma ASTM C 1116, que trata sobre Terminología para Cemento y Concreto, define las fibras como: "Filamentos finos y elongados en forma de haz, malla o trenza, de algún material natural o manufacturado que pueda ser distribuido a través de una mezcla de concreto fresco."

Al agregar fibras al concreto se incrementa en forma importante la tenacidad del material; es decir, el concreto reforzado con fibras es capaz de soportar cargas bajo flexión o deformaciones mucho mayores que aquellas a las cuales aparece el primer agrietamiento en la matriz. Al reducir las pequeñas grietas que siempre se producen en la matriz del concreto, aumentan la resistencia a la fisuración y la ductilidad del material, así como en grado pequeño, la resistencia a tensión. Las ventajas principales del CRF son su resistencia al impacto, su resistencia a esfuerzos térmicos, su resistencia al desgaste y astillamiento y su elevada capacidad de absorción de energía.

El concreto reforzado con fibras es un material de múltiples fases, que contiene pasta de cemento, agua, agregados, aditivos y fibras. En términos generales, las propiedades mecánicas y físicas de un sistema compuesto dependen de las propiedades de sus componentes y de la interacción mecánica, física y química entre ellos. (*Ramos Salcedo, 2012, pág. 13*).

2.2.4.11. Propiedades físicas del CRF.

Dentro de estas propiedades se puede mencionar la trabajabilidad del concreto, que de acuerdo con el ACI 116 (ACI 116, 1990), es aquella propiedad del concreto recién mezclado que determina la facilidad y homogeneidad con que puede ser mezclado, transportado, colocado, compactado y acabado. La homogeneidad y uniformidad, la consistencia, la estabilidad y la compacidad en conjunto se complementan para ofrecer una perspectiva global de su trabajabilidad. (ACI 116, 1990).

2.2.4.11.1. Homogeneidad y uniformidad

La homogeneidad es una condición necesaria para que una mezcla de concreto pueda considerarse trabajable, en el curso de todas las operaciones en las que sea sometida. Si el concreto no llega homogéneo al sitio de la colocación, se puede atribuir con certeza a que presenta una deficiencia de trabajabilidad en la mezcla, por lo que debe de corregirse. La verificación de la uniformidad del concreto, de revoltura a revoltura, es un instrumento fundamental para el control de la calidad durante la producción y uso del concreto.

Las pruebas más comunes para evaluar estas características son el revenimiento con la norma ASTM C 143, el peso unitario con la norma ASTM C 138, contenido de aire con la norma ASTM C 231.

La falta de homogeneidad de la mezcla de concreto se debe a:

- El sistema de carga, el orden y rapidez con que se introducen los ingredientes.
- El tiempo de mezclado.
- El volumen de materiales para fabricación en relación a la capacidad del equipo.
- El sistema y condiciones de descarga del concreto de la mezcladora.
- Las características del equipo para fabricación del concreto.
- El procedimiento de muestreo y prueba del concreto.

2.2.4.11.2. Trabajabilidad del concreto fresco

Está definida por la mayor o menor dificultad para el mezclado, transporte, colocación y compactación del concreto. Está influenciada principalmente por la pasta, el contenido

de agua y el equilibrio adecuado entre gruesos y finos, que produce en el caso óptimo una suerte de continuidad en el desplazamiento natural y/o inducido de la masa.

El método más utilizado para medir la trabajabilidad es el “Slump” o asentamiento con el cono de Abrams, ya que permite una aproximación numérica a ésta. Tal y como está establecido en la NTP 339.047 - 2006 (Asentamiento de concreto fresco con el cono de Abrams)

2.2.4.11.3. Consistencia (cohesión y viscosidad)

Partiendo de que la presencia de las fibras restringe la fluidez de la matriz, es importante evaluar la consistencia de los CRFA con métodos dinámicos como el Cono Invertido, el Consistómetro VeBe y el Manejabilímetro.

El ACI 116 (Terminología para Cemento y Concreto, 1990) identifica la consistencia del concreto recién mezclado con su relativa movilidad para fluir, y admite que la manera más usual para evaluarla es por medio de la prueba del revenimiento o Slump. La prueba de revenimiento, es un ensayo prácticamente estático en el que la muestra de concreto se deforma exclusivamente por efecto de la reducida energía potencial de la propia muestra. Por tal motivo no se espera su uso en mezclas de concreto duras, y sólo resulta aplicable en mezclas que requieren poco esfuerzo para deformarse y comenzar a fluir, tales como las de consistencia semi plástica en adelante.

La cohesión se representa por la resistencia que la mezcla opone para deformarse e iniciar el flujo. Lo deseable es que las mezclas de concreto fluyan con facilidad, pero permaneciendo homogéneas.

El tipo de concreto y la consistencia con que deben elaborarse las mezclas, normalmente se definen de acuerdo con las características de la estructura, o elemento de concreto por colar, y las condiciones de exposición y servicio. Una vez hecha esa definición, deben seleccionarse los equipos y procedimientos adecuados para mezclar, conducir, colocar y compactar satisfactoriamente y sin segregación el concreto.

La prueba estándar de revenimiento o Slump (ASTM C 143) utiliza un molde troncocónico, cuyo volumen es de aproximadamente 6 litros. La prueba consiste en llenar el molde en 3 capas con concreto, cada capa consolidada por 25 golpes con una

varilla de 16 mm de diámetro y 60 cm de longitud y de punta hemisférica; y retirar el molde verticalmente a fin de permitir que la masa de concreto se asiente, siendo la magnitud de este asentamiento la medida de la consistencia de la mezcla. (Ramos Salcedo, 2012, pág. 14).

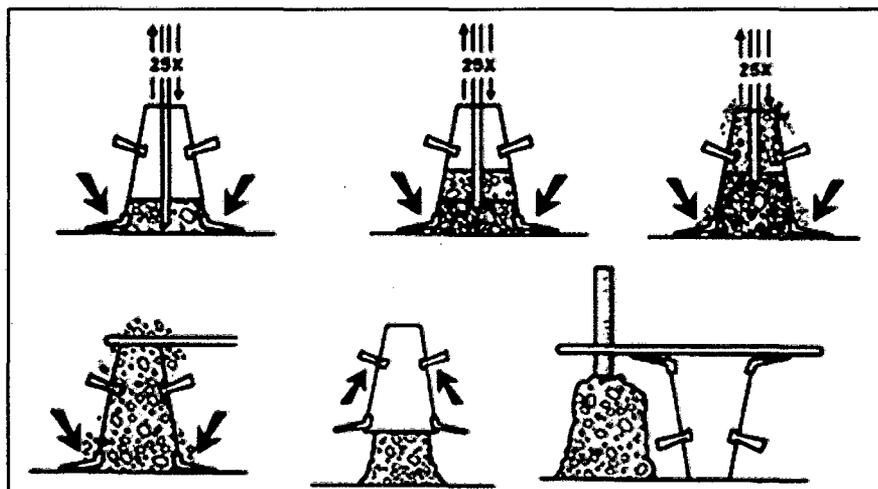


Imagen N° 7: Prueba de Revenimiento o Slump.

2.2.4.11.4. Segregación del concreto (NTP 339.047 – 2006)

El fenómeno de segregación representa el estado opuesto de la homogeneidad y suele reservarse para el caso en que una parte de la grava se separe ostensiblemente de la masa de concreto originalmente homogénea.

El tamaño máximo de la grava juega un papel muy importante en la tendencia a la segregación de las mezclas de concreto, pues el riesgo de que las gravas segreguen se incrementa considerablemente al aumentar su tamaño y su correspondiente masa, lo cual es aún más crítico cuando el peso específico de la grava es alto.

2.2.4.11.5. Exudación (NTP 339.047 – 2006).

El sangrado del concreto es un hecho natural y se considera que un sangrado moderado no resulta perjudicial al concreto si se manifiesta en forma normal. Un sangrado puede ser de cierta utilidad en estructuras con gran superficie expuesta, pues evita el resecamiento superficial del concreto y su posible agrietamiento por contracción plástica, antes de que se realicen las operaciones de acabado y de curado.

2.2.4.11.6. Compacidad

El ACI 116 (Terminología para Cemento y Concreto, 1990), define la compactación como el proceso según el cual un volumen de concreto recién colado se reduce al espacio mínimo, por medio de vibración, centrifugación, apisonamiento, o una combinación de estas acciones, para moldearlo dentro de las cimbras y alrededor del acero de refuerzo y de otras partes embebidas, y para eliminar las burbujas del aire atrapado pero no las del aire incluido intencionalmente.

Una alta compacidad, conduce a un alto peso unitario del concreto. Éste, depende en buena medida de la calidad y cantidad de los materiales que integran el concreto, lo cual depende a su vez de la densidad del material.

Para que un concreto sea compacto, denso, homogéneo, resistente y durable, se requerirá:

- El empleo de un cementante de buena calidad y la aplicación de bajas relaciones Agua/cemento.
- El uso de agregados densos, poco porosos y bien gradados.
- Usar un bajo contenido de agua de mezclado, lo que se logra empleando aditivos reductores de agua.
- Un adecuado manejo, colocación y compactación del concreto dentro de la cimbra o acero de refuerzo.
- Una aplicación correcta y continua del curado después del fraguado final.

2.2.4.12. Propiedades Mecánicas

La resistencia mecánica que potencialmente puede desarrollar el concreto depende de la resistencia individual de los agregados y de la pasta de cemento endurecida, y de la adherencia que se produce entre ambos materiales. La proporción de vacíos en el concreto endurecido tiene un efecto decisivo en su resistencia mecánica.

2.2.4.12.1. Resistencia a compresión (ASTM C 39 – NTP 339.034).

Es de común aceptación que la adición de fibras al hormigón no conlleva un incremento significativo de la resistencia del hormigón a compresión. Suelen producirse ligeros incrementos o decrementos de la misma.

En CRFA con fibras de esbeltez 45, 65 y 80, y volúmenes de fibras de 0.5%, 1.0% y 1.5% encontraron incrementos de la resistencia a compresión entre 4-19% respecto de concretos idénticos sin fibras.

En concretos jóvenes (antes de los 28 días) la capacidad de mantener la carga máxima a compresión se incrementa significativamente con la adición de fibras, a medida que madura el hormigón este incremento se reduce y la capacidad de absorción de energía y la ductilidad se concentran principalmente en la región post-fisura.

Cuanto menor es el tamaño de las probetas se obtienen mayores resistencias a compresión, debido a que se acentúa un alineamiento preferente de las fibras. El efecto se hace mucho más sensible a medida que se aumenta la longitud de la fibra. Probetas con mayor esbeltez soportan tensiones sensiblemente mayores, pero presentan respuestas menos dúctiles a compresión. Se debe tener especial cuidado con estas situaciones para no generar falsos panoramas con resultados excesivamente optimistas (Ramos Salcedo, 2012, pág. 19)

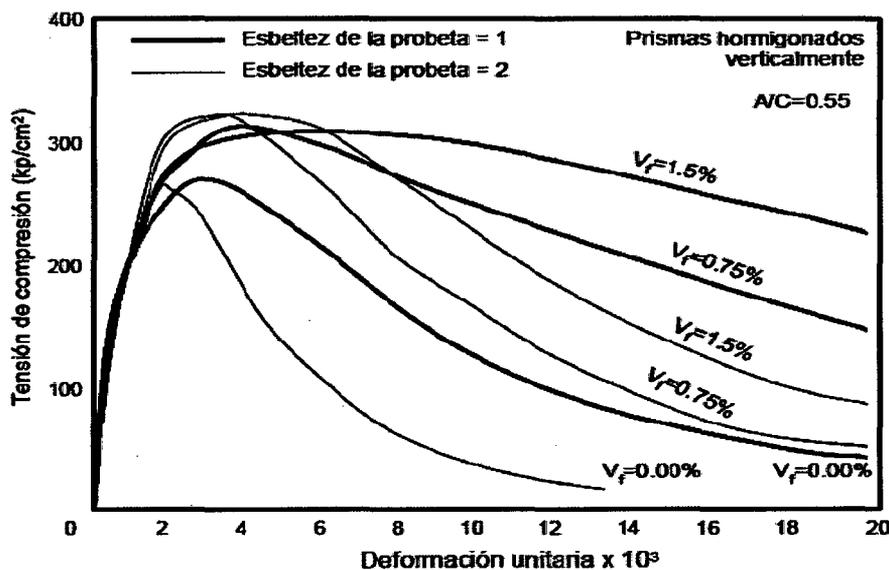


Imagen N° 8: Respuesta a compresión simple de CRFA con diferentes Vf
Fuente: Ramos Salcedo, H. (2012), pág. 19.

2.2.4.12.2. Resistencia a Tracción

En el diagrama tensión-deformación a tracción directa del CRFA, las fibras rigidizan sensiblemente la respuesta en fase de pre-fisura respecto de la de un hormigón

tradicional y, de forma destacada, aportan una capacidad de resistencia residual post - fisura debida al efecto de cosido entre los dos labios de la fisura

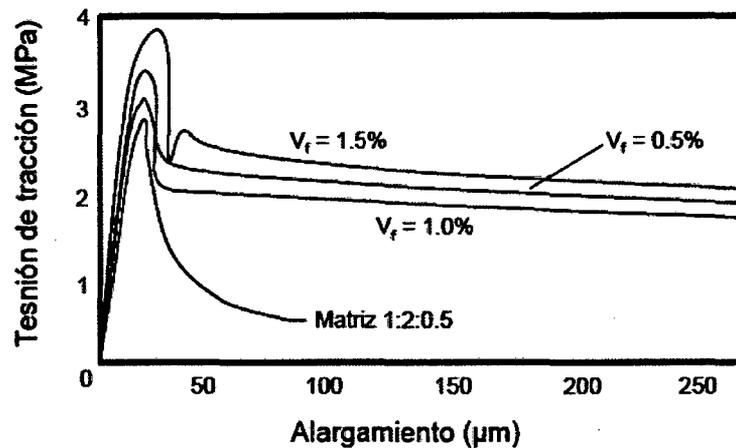


Imagen N° 9: Curvas tracción directa Vs alargamiento de CRFA.
Fuente: Ramos Salcedo, H. (2012), pág. 16.

El efecto más importante en el comportamiento mecánico del hormigón, debido a la presencia de las fibras, se manifiesta en la resistencia a tracción post-fisura. La resistencia a tracción post-fisura, a su vez, afecta a muchas otras propiedades mecánicas como la adherencia de armaduras, la resistencia a cortante, la fatiga, etc.

Adicionando fibras en un 1.5% en volumen en concretos o morteros se obtienen incrementos en la resistencia a tracción directa del orden del 30 - 40%. (Ramos H 2012).

2.2.4.12.3. Resistencia a tensión por compresión diametral o tracción indirecta (ASTM C 496)

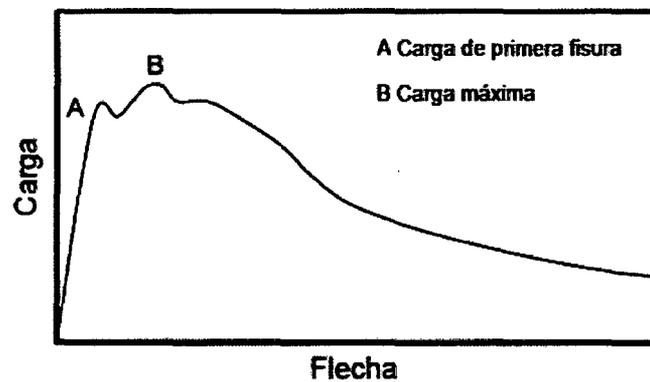
La resistencia a tensión del concreto depende también de las resistencias a tensión propias de la pasta de cemento y de los agregados, y de la adherencia que se genera entre ambos. Para medir la resistencia a tensión indirecta, se llevan a cabo pruebas mediante el ensaye de especímenes cilíndricos, sujetos a la aplicación de una carga de compresión diametral.

Al diseñar las estructuras se procura que el concreto no trabaje a tensión directa; sin embargo, casi siempre es inevitable que el concreto en la estructura deba soportar ciertos esfuerzos a tensión, ya sea como consecuencia de determinadas condiciones de carga que involucran flexión y cortante, o como resultado de las contracciones que se producen en el concreto por secado o por temperatura.

La determinación de la resistencia a tensión del concreto por este procedimiento es relativamente sencilla y rápida, y sus resultados suelen mostrar una aceptable uniformidad. El procedimiento se encuentra reglamentado como prueba estándar en la norma ASTM C 496.

2.2.4.12.4. Resistencia a Flexión

El incremento de la resistencia a flexotracción al adicionar fibras de acero al hormigón es considerablemente mayor que el de la resistencia a compresión y a tracción. Esto se debe al comportamiento dúctil del CRFA en la zona fisurada por tracción, desarrollando resistencias residuales.



*Imagen N° 10: Curva carga-flecha a flexotracción para un CRFA.
Fuente: Ramos Salcedo, H. (2012), pág. 18.*

Los ensayos de flexotracción en CRFA se realizan principalmente sobre probetas prismáticas. Normalmente, se determina la resistencia a primera fisura, la resistencia a rotura por flexotracción y la resistencia residual a flexotracción.

El incremento de la resistencia a primera fisura obtenido con la adición de fibras de acero es mínimo, lo cual indica que esta propiedad depende básicamente de la matriz y muy poco del contenido de fibras, del tamaño y de la forma de éstas, por lo que resulta más rentable mejorar las características de la matriz con el uso de, por ejemplo, aditivos, humo de sílice, entre otros.

La resistencia a rotura depende principalmente del volumen de fibras y de la esbeltez de éstas, logrando incrementos de hasta el 100% respecto de la resistencia de la matriz, si se utilizan fibras de extremos conformados.

El empleo de mayores volúmenes de fibras, ensayos con sistemas de carga en el centro de luz, probetas de menores dimensiones, fibras de mayores longitudes con orientación preferencial (cuando el ancho y/o la altura es menor que tres veces la longitud de las fibras) en la dirección longitudinal del elemento, da lugar a mayores incrementos en la resistencia, llegando hasta valores del 150%. Con contenidos de fibras bajos y fibras de esbeltez baja, no es de esperar incrementos significativos de resistencia.

Los ensayos con orientación preferencial son representativos cuando se experimenta una orientación similar en el elemento en el que se empleará el hormigón (*Ramos Salcedo, 2012, pág. 17-18*).

2.2.4.12.5. Resistencia al Impacto:

El comportamiento del CRFA ante impactos ha sido estudiado por Almansa y Canovas, Wang y Mohammadi.

Una de las principales características del CRFA es su resistencia a los impactos por absorción de energía, siendo en este caso su resistencia de 3 a 10 veces la resistencia del hormigón en masa. Además, el CRFA presenta una menor tendencia a la desfragmentación y el desprendimiento.

Todo lo anterior se debe a la sensibilidad de la matriz, a la resistencia de las fibras al arrancamiento y a la deformación. (*Ramos Salcedo, 2012, pág. 18*).

2.2.4.12.6. Tenacidad:

La variable que más influye en la tenacidad es la capacidad adherente de las fibras.

La tenacidad es tradicionalmente cuantificada como el área bajo la curva carga – flecha obtenida experimentalmente. El ensayo de tracción directa, por la dificultad que implica realizarlo, no es muy empleado para evaluar esta propiedad. El ensayo de flexo - tracción, además de ser más simple que el de tracción directa, simula las condiciones de carga para muchas aplicaciones prácticas.

La curva carga-flecha depende principalmente de las dimensiones del elemento (ancho, alto y longitud), de la configuración de carga (punto medio o a tercios), del criterio de control del ensayo (carga, flecha, abertura de fisura, carrera de la prensa, etc.) y de la

velocidad de carga. Los métodos de ensayo más utilizados evalúan la tenacidad mediante una flecha máxima establecida o con unos índices de tenacidad, en función de diferentes valores de flecha obtenidos como múltiplos de la flecha a primera fisura.

El valor de los índices de tenacidad depende principalmente del contenido de fibras, del tipo y de la esbeltez de éstas y poco o nada de que la matriz sea hormigón o mortero, es decir, los índices reflejan principalmente el incremento de tenacidad debido a las fibras y no a cualquier otro mecanismo como por ejemplo el incremento de la resistencia a primera fisura. (*Ramos Salcedo, 2012, pág. 20*).

2.2.4.12.7. Contracción por secado (NTP 339.047 – 2006; ASTM C157)

Es una de las propiedades más importantes en función de los problemas de fisuración que acarrea con frecuencia. La pasta de cemento necesariamente se contrae debido a la reducción del volumen original de agua por combinación química, y a esto se le llama contracción intrínseca que es un proceso irreversible.

Pero además existe otro tipo de contracción inherente también a la pasta de cemento y es la llamada contracción por secado, que es la responsable de la mayor parte de los problemas de fisuración, dado que ocurre tanto en el estado plástico como en el endurecido si se permite la pérdida de agua en la mezcla.

2.2.4.12.8. Módulo de Deformación:

El módulo de deformación para los CRFA con contenidos habituales de fibras ($V_f < 1\%$ en volumen) no presenta modificaciones significativas respecto al de los concretos tradicionales. Generalmente se adopta un módulo de deformación igual al de la matriz o se efectúa una estimación de su valor mediante el uso de formulaciones que relacionan la resistencia a compresión con el módulo de deformación.

2.2.4.12.9. Punzonamiento:

Al emplear volúmenes de fibras superiores al 0.5% se han experimentado roturas por punzonamiento más graduales y dúctiles, con un incremento considerable de la fisuración previa al agotamiento y de la resistencia después de la fisuración, en función del contenido de fibras, la esbeltez y la capacidad adherente de éstas. Las fibras

permiten aumentar la resistencia a la rotura por punzonamiento, habiéndose obtenido incrementos de hasta un 42%. (*Ramos Salcedo, 2012, pág. 21*).

2.2.4.12.10. Adherencia Fibra-Matriz:

La adherencia fibras-matriz es el fenómeno que gobierna el comportamiento del CRFA después de la fisuración, cuando las fibras cosen las fisuras, retrasando y haciendo más dúctil el fenómeno de agotamiento del material compuesto. Para elevar la absorción de energía se deben propiciar fenómenos de arrancamiento y evitar la rotura de las fibras, hecho que no debe producirse ya que daría lugar a una rotura frágil, y no una rotura dúctil.

La adherencia aumenta con la esbeltez de las fibras. Se ha comprobado que utilizando fibras de extremos conformados, la resistencia al arrancamiento de tres fibras de esbeltez igual a 100 es un 50% mayor que la obtenida al ensayar una sola fibra de esbeltez igual a 75 y con el mismo volumen que el conjunto de las tres fibras anteriores.

Se han comparado tres tipos de fibras elaboradas del mismo material y con la misma área, una circular recta, otra circular con extremos conformados y una triangular retorcida. Realizando ensayos de tracción a una sola fibra, se encontró que la fibra triangular retorcida dio una resistencia de adherencia un 400% y 200% mayor que la fibra recta y que la de extremos conformados, respectivamente. Además, la energía de arrancamiento fue 2.5 veces mayor en el caso de la fibra triangular respecto de la conformada. (*Ramos Salcedo, 2012, pág. 21*).

2.2.4.12.11. Adherencia CRFA-Armadura:

Las fibras confinan (resistencia extra frente a dilatación o expansión) el hormigón aumentando la resistencia al inicio y en la propagación de las fisuras principales y de las microfisuras internas de adherencia. Con ello se mantiene la integridad del hormigón en un entorno próximo de las armaduras después de haberse alcanzado la tensión máxima de adherencia.

Las fibras influyen más si las barras son corrugadas (pues son mayores la fisuración interna y las presiones radiales), cuanto mayor es el diámetro de las barras, con barras

hormigonadas en vertical (por la favorable orientación de las fibras) y si las fibras son de adherencia mejorada.

La adherencia de armaduras pretensas en CRFA ha sido estudiada por Martí (2008). Los resultados obtenidos en ensayos realizados con cordones de pretensado de siete alambres han puesto de manifiesto que, respecto de los concretos tradicionales, en CRFA resultan longitudes de transmisión menores y longitudes de anclaje mayores.

También han constatado que el efecto de reducción de la longitud de transmisión con el aumento de la edad de destensado es más acusado en el caso del CRFA y que, como era de esperar, se consigue una mejor transmisión del pretensado en CRFA cuando se produce fisuración durante el destensado. Finalmente apuntan que es necesario realizar más estudios para generalizar las conclusiones obtenidas. (*Ramos Salcedo, 2012, pág. 22*).

2.2.4.12.12. Durabilidad del CRFA

La adición de fibras de acero en el hormigón genera comportamientos mecánicos caracterizados por presentar un mayor número de fisuras con menores valores de abertura de fisura, factor importante en los requerimientos de durabilidad.

Uno de los aspectos más preocupantes es la corrosión. En concretos sin fisuras se ha constatado que la corrosión de las fibras se limita a la superficie del hormigón. Una vez que la superficie está corroída, el efecto de la corrosión no se propaga más de 2 mm a partir de la superficie. Las fibras muestran una buena resistencia a la corrosión en elementos no fisurados, aun cuando los elementos se encuentren expuestos a agua de mar.

Mediante análisis de rayos X y microscopía electrónica, se ha observado que las reacciones entre el CRFA y el agua de mar se limitan a unos pocos milímetros bajo la superficie del hormigón. Estos cambios microquímicos aparentemente no tienen ningún efecto negativo en la durabilidad y el comportamiento del hormigón bajo cargas sostenidas en ambiente marino. Cuando se emplean fibras con recubrimiento de zinc (galvanizadas), se han experimentado efectos positivos frente a la corrosión, tanto desde el punto de vista estético como mecánico.

Granju ha detectado incrementos en la resistencia a flexotracción en elementos fisurados sometidos a ambientes marinos, efecto que atribuye al autocurado (autohealing) del hormigón y a la leve corrosión de las fibras que hace que la superficie sea menos limpia y más rugosa, haciendo el deslizamiento más difícil y generando ese incremento adicional.

Respecto de la carbonatación, la profundidad de penetración depende del hormigón, no del hecho de tener o no fibras. El uso de fibras para reforzar el hormigón no reduce la necesidad de inclusión de aire para resistir los efectos de los ciclos hielo-deshielo en ambientes severos. (*Ramos Salcedo, 2012, pág. 22-23*).

2.2.4.12.13. Contribución del hormigón y las fibras en el comportamiento conjunto

Cuando se intenta analizar el comportamiento del hormigón reforzado con fibras, CRF, surgen dudas sobre el comportamiento que se debe esperar de éste y de qué forma contribuyen cada uno de los componentes. Por tanto, teniendo en cuenta que se está hablando de hormigón reforzado con fibras, los materiales que lo componen serán los que darán el comportamiento mecánico al compuesto.

Los materiales que componen el CRF se pueden agrupar en hormigón y en fibras. Esta agrupación en ambos componentes es importante ya que la suma de la contribución de ambos materiales dará el comportamiento final del compuesto. En el caso del hormigón, el comportamiento a tracción o a flexotracción se debe al comportamiento mecánico que puede tener la pasta de cemento y los áridos agregados, es decir, depende de la naturaleza de los materiales que lo componen, que en este caso son materiales frágiles.

En el caso de las fibras embebidas en el hormigón, hay que tener en cuenta que el comportamiento de éstas no será el mismo que se tiene en el hormigón reforzado con una barra de acero o si se tuviera sólo una fibra embebida.

Si se dispone de un elemento de hormigón reforzado con fibras que es sometido a tracción o a flexotracción, entonces es lógico pensar, que cuando se inicia el proceso de carga, el que toma dicha carga es el hormigón, por lo tanto el trabajo de fibra durante esa fase es mínimo o nulo, luego cuando la matriz de hormigón se empieza a fisurar

entonces empieza a transmitirle carga a las fibras, hasta que finalmente son las fibras las que prácticamente absorben toda la carga (Ramos Salcedo, 2012, pág. 23-24).

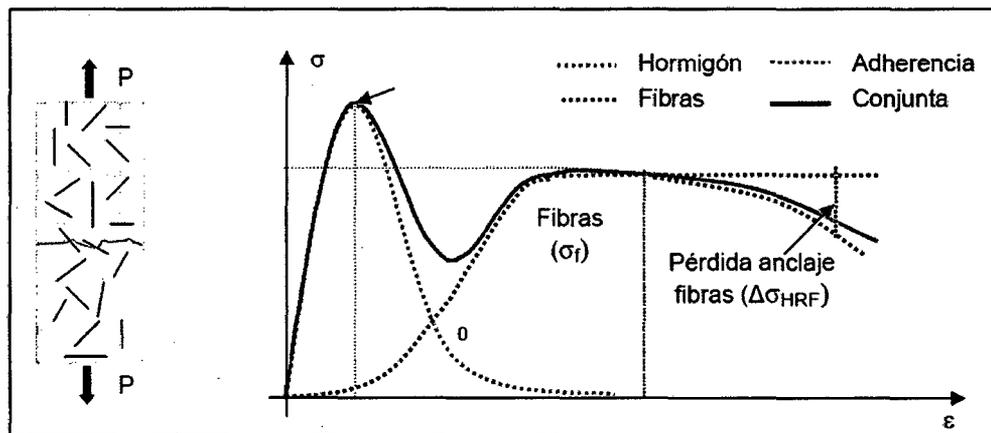


Imagen N° 11: Elemento de hormigón reforzado con fibras sometido a tracción o flexotracción.

Fuente: Ramos Salcedo, H. (2012), pág. 24.

En la Figura se puede ver que la tensión del hormigón reforzado con fibras es, como se ha explicado anteriormente, la suma de la contribución del hormigón con la contribución de las fibras. Pero, también hay que tener en cuenta que cuando se llega a una determinada deformación, se inicia una fase de descarga en el que el elemento estudiado aumenta su deformación a una tensión cada vez menor. Esta fase de descarga representa la pérdida de anclaje entre las fibras y el hormigón, que acaba produciendo un deslizamiento de la fibra hasta que finalmente se produce la rotura final de la probeta. (Ramos Salcedo, 2012, pág. 23-24).

2.2.5. APLICACIONES DEL CRFA

Las ventajas en las características ingenieriles y económicas que pueden conseguirse a través de la utilización de fibras de acero en la matriz cementicia que forma el hormigón está popularizando el uso de estos concretos de alta performance para una gran variedad de aplicaciones en la ingeniería de la construcción.

A continuación se nombran algunas de las aplicaciones, todas ellas se basan en que la incorporación de fibras al hormigón mejora las propiedades mecánicas del mismo, aumentando su ductilidad y la energía de fractura, lo que prolonga la vida útil de la estructura consiguiendo controlar la morfología de la fisuración.

2.2.5.1. Pavimentos

Los concretos empleados en la construcción de pavimentos requieren unas características particulares para dar respuesta a las exigencias estructurales:

- **Resistencia a flexotracción:** Un pavimento es un elemento estructural que por su forma de trabajar, transmitiendo las cargas de tráfico a la base o terreno, requiere de elevada resistencia a flexotracción.
- **Resistencia a fatiga:** Necesaria debido a la forma repetida de actuación de las cargas de tráfico.
- **Trabajabilidad:** El hormigón debe ser fácilmente trabajable con los equipos de construcción y que posean gran cohesión y tixotropía.
- **Mínima retracción:** La retracción es un problema característico de los pavimentos, donde predomina la superficie sobre el espesor, provocando la aparición de fisuras no deseables. Además, en pavimentos de carreteras la necesidad de resistencias iniciales altas conlleva habitualmente una fisuración considerable.

El CRFA responde a las exigencias mencionadas y es por esta razón que su aplicación en este ámbito ha tenido un gran éxito

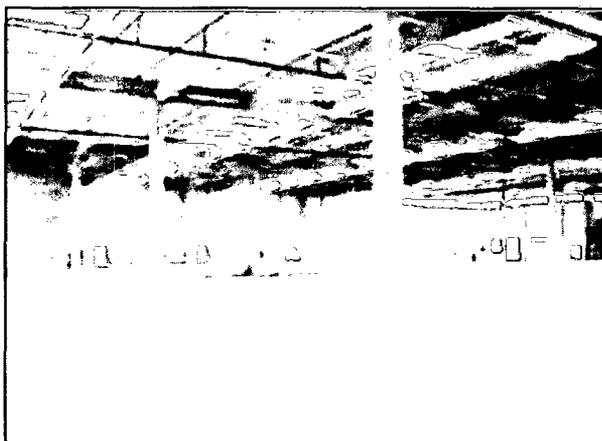


Imagen N° 12: Pavimento “Fercam” (Milán) sin juntas de retracción.

2.2.5.2. Túneles

La experiencia ha demostrado que la aplicación del hormigón reforzado con fibras de acero en el revestimiento de túneles presenta ventajas en cuanto a rendimientos de puesta en obra. Con este material se consiguen resistencias elevadas incluso a las pocas

horas de su colocación y se elimina la necesidad de colocar malla electrosoldada de acero, proceso que retrasa la ejecución de la obra.



Imagen N° 13: Hormigón Proyectado.

2.2.5.3. Otras aplicaciones

Como prefabricados: Se han construido viviendas prefabricadas mediante construcción industrializada y en la que no se ha empleado armado convencional. Así mismo, se han construido tubos, arquetas, canales y otros elementos prefabricados.



Imagen N° 14: Dovelas prefabricadas.

La construcción: La aplicación del CRFA en láminas delgadas en el oceanográfico de Valencia. La exigencia en el cumplimiento de los requerimientos de resistencia, durabilidad y ligereza hizo que el CRFA fuera el material escogido para su realización. El proceso constructivo fue mediante proyectado puesto que la ejecución y el comportamiento eran mejores que los de hormigonado in situ.



Imagen N° 15: Oceanográfico de Valencia.

2.2.6. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS:

- **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 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 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 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]
- **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 le expresa como porcentaje de la masa seca. [NTP 400.021- Revisada el 2013].

- **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]
- **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]
- **Módulo de Finura de la Combinación de Agregados:** Método de diseño de mezcla empleado para determinar las proporciones de los componentes del concreto.
- **Densidad:** Es la masa por unidad de volumen de un material, expresado como kilogramos por metro cúbico (libras por pie cúbico). [NTP 400.021- Revisada el 2013]
- **Peso específico:** Se define como la relación entre la masa de un volumen unitario del material y la masa de igual volumen de agua destilada, libre de gas, a una temperatura especificada. [NTP 400.021 - 2006]
- **Peso unitario:** Se lo define como el peso (masa) por unidad de volumen de la masa material del agregado, en que el volumen incluye el volumen de las partículas individuales y el volumen de vacíos entre partículas, expresado en kg/m^3 . [NTP 400.017 - 2011]
- **Saturado superficialmente seco (SSD):** 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]
- **Resistencia a la abrasión:** Se define como la resistencia que ofrece el material bajo condiciones de desgaste. [NTP 400.019-2002]
- **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]
- **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]
- **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]
- **Rendimiento:** Volumen por amasada (bachada, colada, pastón) de concreto que se expresa en metros cúbicos (pies cúbicos). [NTP 339.047-2006]
- **Resistencia a compresión:** Resistencia máxima que una probeta de concreto o mortero puede resistir cuando es cargada axialmente en compresión en una máquina de ensayo a una velocidad especificada. [NTP 339.034-2008 - Revisada el 2013]
- **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 339.084-2006]
- **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.

- **Fibra de Acero:** Filamentos de acero cortados y doblados en determinadas longitudes dependiendo el uso al que será sometido, para el refuerzo de concreto y mortero.
- **Relación de aspecto:** Es la relación entre el diámetro y la fibra. El diámetro puede ser el diámetro equivalente. [ASTM A 820].
- **Fibras encoladas:** fibras empaquetadas y adheridas unas a las otras a partir de medios químicos o mecánicos. Durante el proceso de mezclado, las fibras son soltadas y se convierten en fibras individuales. [ASTM A 820].
- **Aditivo:** Un material que no siendo agua, agregado, cemento hidráulico, o fibra de refuerzo, es empleado como un ingrediente del mortero o concreto. [ASTM C - 494]
- **Aditivo superplastificante:** Es un aditivo que, sin modificar la consistencia, permite reducir fuertemente el contenido en agua de un determinado hormigón, o que, sin modificar el contenido en agua, aumenta considerablemente su asentamiento. [ASTM C - 494]
- **Aditivo Sikament 290N:** Es un aditivo polifuncional para concretos que puede ser empleado como plastificante o superplastificante según la dosificación utilizada. Muy adecuado para plantas de concreto al obtener con un único aditivo dos efectos diferentes sólo por la variación de la proporción del mismo. Como plastificante cumple con la Norma ASTM C-494, tipo D y como superplastificante con la Norma ASTM C-494, tipo G. [ASTM C - 494]

CAPÍTULO

III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.

3.1.1. 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 Agosto de 2014 a Enero de 2015.

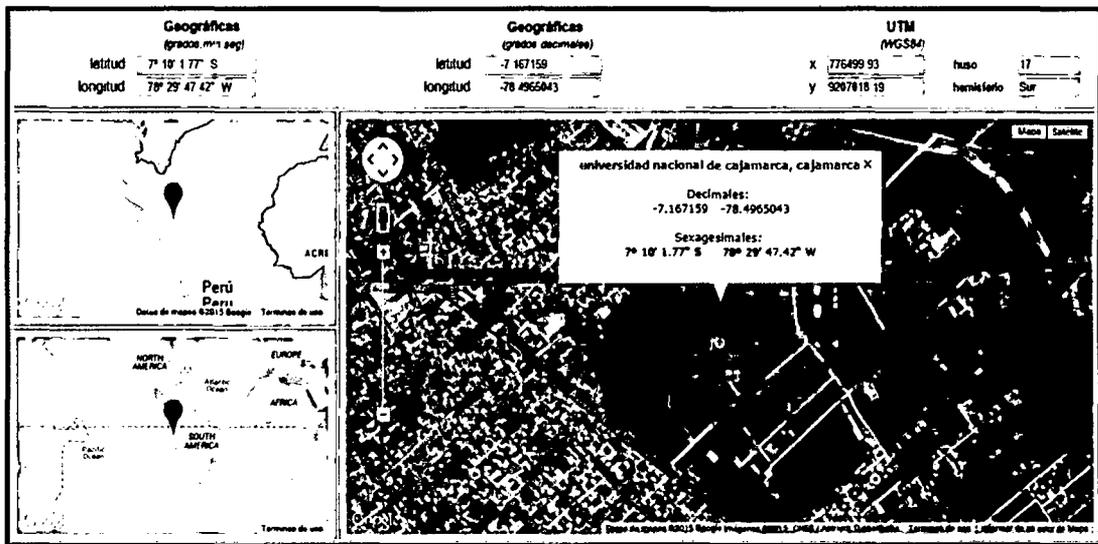


Imagen N° 16: Fotografía satelital de la ubicación donde se realizó la investigación “Universidad Nacional de Cajamarca”.

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

3.1.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.

En la investigación se estudió y analizó la resistencia a la compresión, flexión y tracción indirecta de especímenes de concreto normal, concreto con Sikament 290N y con adición de fibra de acero, así como la trabajabilidad y peso unitario del concreto, recolectando datos a través del tiempo en periodos especificados. Todo esto relacionándose con la normativa vigente y otras características precisas que definen la elaboración de la propuesta.

Así mismo el presente proyecto de investigación obedece a un diseño básico del tipo experimental y con diseño específico del tipo muestras separadas. Por lo tanto, el esquema del diseño experimental queda modelado de la siguiente manera:

CP	O₁	---	O₂
C+SK	O₃	X₁	O₄
CRF I	O₅	X₂	O₆
CRF II	O₇	X₃	O₈
CRF III	O₉	X₄	O₁₀

Dónde:

CP = Concreto Patrón.

C+SK = Concreto con Sikament 290N.

CRF I = Concreto con Fibra 1.

CRF II = Concreto con Fibra 2.

CRF III = Concreto con Fibra 3.

O₁, O₃, O₅, O₇ y O₉ = Resultado de Pre-Test.

= No Aplicación de Variable Experimental.

X₁, X₂, X₃ y X₄ = Variable Experimental en Variadas Proporciones.

O₂, O₄, O₆, O₈ y O₁₀ = Resultado de Post-Test.

Para ello se elaboró probetas cilíndricas y prismáticas de concreto, sin incorporación y con incorporación de fibra de acero, dicha adición fue de 20 Kg/m³, 30 Kg/m³ y 40 Kg/m³ de concreto, en todos los casos excepto el concreto patrón se usó Sikament 290N en una proporción de 0.7% del peso del cemento, todos los ensayos fueron evaluados a los 07, 14 y 28 días de edad con una resistencia de diseño promedio de 500 Kg/cm².

3.1.3. POBLACIÓN Y MUESTRA.

3.1.3.1. POBLACIÓN.

Especímenes de concreto cilíndricos y prismáticos, con 0% de adición de Sikament 290N más 0% de adición de fibra de acero, con 0.7% (del peso del cemento) de adición de Sikament 290N más 0% de adición de fibra de acero, y con 0.7% de adición de Sikament 290N y adiciones de fibra de acero en tres proporciones; 20 Kg/m³, 30 Kg/m³ y 40 Kg/m³ de fibra por metro cúbico de concreto.

3.1.3.2. MUESTRA.

Estuvo constituido por 270 especímenes de concreto, entre probetas cilíndricas y prismáticas, con y sin fibra de acero, así como también con y sin adición de Sikament 290N en proporción del 0.7% del peso de cemento, distribuidos de la siguiente manera:

Se elaboró un total de 90 especímenes cilíndricos de concreto con medidas estándar para pruebas a **COMPRESIÓN**, los cuales se repartieron de la siguiente manera:

- 18 especímenes con 0% de adición de fibra de acero y 0% de adición de Sikament 290N los cuales fueron probados; 6 a los 07 días, 6 a los 14 días y 6 a los 28 días.
- 18 especímenes con 0% de adición de fibra de acero y 0.7% de adición de Sikament 290N, los cuales fueron probados; 6 a los 07 días, 6 a los 14 días y 6 a los 28 días.
- 18 especímenes con 20 Kg/m³ de adición de fibra de acero y 0.7% de adición de Sikament 290N, los cuales fueron probados; 6 a los 07 días, 6 a los 14 días y 6 a los 28 días.
- 18 especímenes con 30 Kg/m³ de adición de fibra de acero y 0.7% de adición de Sikament 290N, los cuales fueron probados; 6 a los 07 días, 6 a los 14 días y 6 a los 28 días.
- 18 especímenes con 40 Kg/m³ de adición de fibra de acero y 0.7% de adición de Sikament 290N, los cuales fueron probados; 6 a los 07 días, 6 a los 14 días y 6 a los 28 días.

Se elaboró un total de 90 especímenes cilíndricos de concreto con medidas estándar para pruebas a **TRACCIÓN INDIRECTA**, los cuales se repartieron de la siguiente manera:

- 18 especímenes con 0% de adición de fibra de acero y 0% de adición de Sikament 290N los cuales fueron probados; 6 a los 07 días, 6 a los 14 días y 6 a los 28 días.
- 18 especímenes con 0% de adición de fibra de acero y 0.7% de adición de Sikament 290N, los cuales fueron probados; 6 a los 07 días, 6 a los 14 días y 6 a los 28 días.
- 18 especímenes con 20 Kg/m³ de adición de fibra de acero y 0.7% de adición de Sikament 290N, los cuales fueron probados; 6 a los 07 días, 6 a los 14 días y 6 a los 28 días.

- 18 especímenes con 30 Kg/m³ de adición de fibra de acero y 0.7% de adición de Sikament 290N, los cuales fueron probados; 6 a los 07 días, 6 a los 14 días y 6 a los 28 días.
- 18 especímenes con 40 Kg/m³ de adición de fibra de acero y 0.7% de adición de Sikament 290N, los cuales fueron probados; 6 a los 07 días, 6 a los 14 días y 6 a los 28 días.

Se elaboró un total de 90 especímenes prismáticos de concreto con medidas estándar para pruebas a **FLEXIÓN**, los cuales se repartieron de la siguiente manera:

- 18 especímenes con 0% de adición de fibra de acero y 0% de adición de Sikament 290N los cuales fueron probados; 6 a los 07 días, 6 a los 14 días y 6 a los 28 días.
- 18 especímenes con 0% de adición de fibra de acero y 0.7% de adición de Sikament 290N, los cuales fueron probados; 6 a los 07 días, 6 a los 14 días y 6 a los 28 días.
- 18 especímenes con 20 Kg/m³ de adición de fibra de acero y 0.7% de adición de Sikament 290N, los cuales fueron probados; 6 a los 07 días, 6 a los 14 días y 6 a los 28 días.
- 18 especímenes con 30 Kg/m³ de adición de fibra de acero y 0.7% de adición de Sikament 290N, los cuales fueron probados; 6 a los 07 días, 6 a los 14 días y 6 a los 28 días.
- 18 especímenes con 40 Kg/m³ de adición de fibra de acero y 0.7% de adición de Sikament 290N, los cuales fueron probados; 6 a los 07 días, 6 a los 14 días y 6 a los 28 días.

Para la elección del número de muestras se tomó como referencia lo estipulado en la norma NTE E.060 (ANEXO VII) que está basado en la norma ASTM C-192 “Práctica normalizada para preparación y curado de especímenes de concreto para ensayo en laboratorio” en donde indica que; para un análisis no estadístico deben moldearse mínimo tres o más especímenes para cada edad de ensayo (07, 14 y 28 días).

Eligiendo por la naturaleza de nuestro estudio, 06 especímenes de concreto ensayados a diferentes edades, adiciones de fibra de acero y adición de Sikament 290N según corresponda, para los ensayos a compresión, tracción y flexión, superando de esta manera el número de probetas mínima estipulada por norma, para tener una mejor garantía de los resultados obtenidos.

3.2. CANTERA EN ESTUDIO.

3.2.1. ELECCIÓN DE LA CANTERA PARA EL PRESENTE TRABAJO.

Teniendo en cuenta a las normas NTP, ASTM y la sugerencia del asesor (debido a la amplia experiencia en el tema), el material utilizado para la elaboración de los especímenes del presente trabajo de investigación fueron de origen pluvial, tanto el agregado fino (arena) como el agregado grueso (piedra chancada); provinieron de la cantera del Río Chonta - Baños del Inca.

3.2.2. UBICACIÓN DE LA CANTERA.

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 Este y 9207551 Norte, a una altitud de 2650 m.s.n.m.

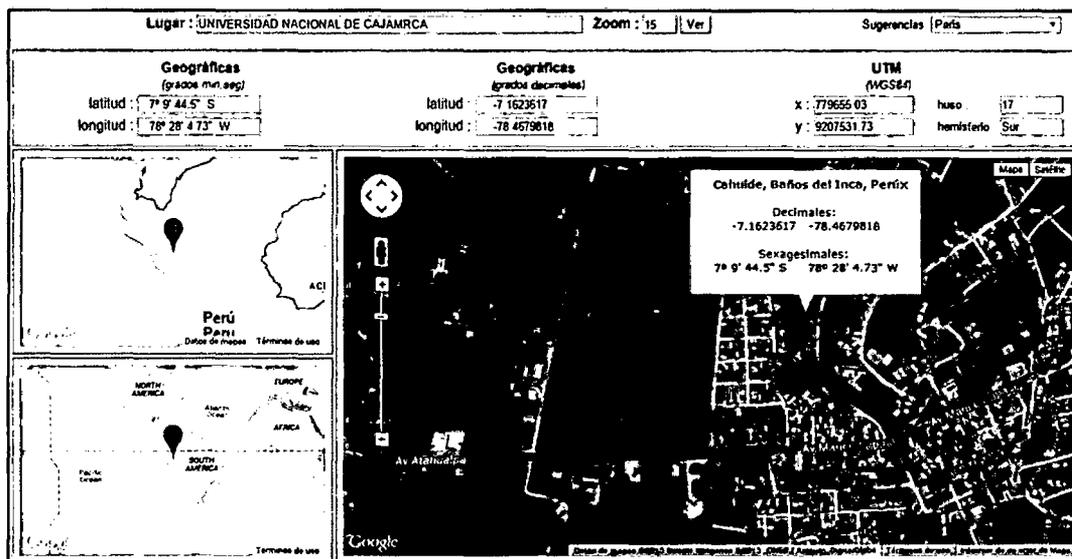


Imagen N° 17: Fotografía satelital de la ubicación de la planta chancadora “Roca Fuerte” lugar de obtención de los agregados.

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

3.2.3. 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 dos mil metros cuadrados (2000 m²), aproximadamente la potencia de explotación de la cantera llega en su punto más profundo a un metro con ochenta centímetros (1.80 m). Los materiales son extraídos desde los márgenes del río con maquinaria pesada y transportado a la zona de proceso, donde son lavados, reducidos a través de trituración y tamizados para su futura venta para lo cual es 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° 18: Trituración de agregados



Imagen N° 19: Camión realizando el traslado del agregado

3.3. PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL AGREGADO.

3.3.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS:

Los agregados representan en el concreto alrededor 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 regidos en los parámetros establecidos en la norma NTP o sus equivalentes en normas internacionales como la ASTM.

3.3.2. EXTRACCIÓN Y PREPARACIÓN DE MUESTRAS.

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 general, las cantidades indicadas en la **Tabla N° 30** 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.

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

Posteriormente los agregados fueron trasladados a las instalaciones del Laboratorio de Mecánica de Materiales de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca.

3.3.3. REDUCCIÓN DE MUESTRAS DE AGREGADOS A TAMAÑO DE ENSAYO

Las muestras de agregados deben ser adecuados 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.

El material producto del ensayo fue colocado sobre una superficie libre de impurezas que puedan contaminar el mismo, luego se mezcló 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 (cuarteo), se tomó dos mitades opuestas y se procedió a repetir el ensayo hasta obtener las muestras según los pesos necesarios aproximados para cada ensayo

3.3.4. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO [NTP 400.012 – 2011; ASTM C 136].

El procedimiento que se utilizó fue el mecánico o granulometría por tamizado para el agregado fino y grueso encontrando su distribución granulométrica y módulo de finura. Este método se utilizó para determinar la distribución aproximada de las partículas de los agregados. Los procedimientos son descritos en la norma NTP 400.012, también en la ASTM C 136.

3.3.4.1. Aparatos y materiales.

Balanza con sensibilidad de 0.1 g ó 0.1 % de la masa de la muestra; juego de tamices conformado por: Para el agregado fino: N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100. Para el agregado grueso 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", una estufa capaz de mantener una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, taras y recipientes.

3.3.4.2. Preparación de la muestra.

La cantidad de muestra a ensayar para el agregado grueso debe ser el que corresponda al tamaño máximo de las partículas. (Ver Anexo I), para el agregado fino será de acuerdo con lo establecido con la NTP 400.012.

3.3.4.3. Procedimiento de ensayo.

Para el agregado grueso y para el agregado fino: Se colocó el agregado en la estufa a una temperatura de 110°C , hasta conseguir peso constante, se colocó la muestra en la malla superior del juego de tamices, dispuestos en forma decreciente, según la abertura, se realizó el tamizado en forma manual con movimientos de vaivén hasta observar que no pase de un tamiz a otro. Con esta distribución granulométrica se verificó los requerimientos de la NTP 400.037(husos granulométricos).



Imagen N° 20: Ensayo de granulometría del agregado fino.

3.3.5. MÓDULO DE FINURA [NTP 400.011 – 2011; ASTM C 136]:

Es un parámetro que se obtiene de la suma de los porcentajes retenidos acumulados de la serie de tamices especificados que cumplan con la relación 1:2 desde el tamiz N°100 en adelante hasta el tamaño máximo presente y dividido entre 100.

- Para el **Agregado Fino (Arena)**, se calculara a partir del análisis granulométrico sumando los porcentajes retenidos acumulados en los tamices N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100.

$$MF = \frac{\Sigma \% \text{ RET. ACUM. TAMICES (N}^\circ 4, \text{N}^\circ 8, \text{N}^\circ 16, \text{N}^\circ 30, \text{N}^\circ 50, \text{N}^\circ 100)}{100} \dots \dots \dots (3)$$

- Para el **Agregado Grueso**, se calcula a partir del análisis granulométrico sumando los porcentajes retenidos acumulados en los tamices 1", 3/4", 3/8", N°4, más el valor de 500; y dividiendo dicha suma entre 100.

$$MG = \frac{\Sigma \% \text{ RET. ACUM. TAMICES (1", 3/4", 3/8", N}^\circ 4) + 500}{100} \dots \dots \dots (4)$$

3.3.6. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN [NTP 400.021 – 400.022, 2011; ASTM C 127- C128]:

3.3.6.1. SELECCIÓN DE MATERIALES.

- **Para el agregado fino:**

Balanza con sensibilidad de 0.1 gr y capacidad no menor de 1 kg, frasco volumétrico, cuya capacidad sea 500 cm³, calibrado hasta 0.10 cm³ a 20°C, molde cónico metálico de diámetro menor 40±3 mm, diámetro mayor 90±3 mm y altura 75±3 mm, varilla de metal con un extremo redondeado, de (25±3) mm de diámetro y (340±15) gr de peso.

- **Para el agregado grueso:**

Balanza con sensibilidad de 0.5 gr y capacidad no menor de 5 kg, cesta de malla de alambre, con abertura no mayor de 3.35 mm (N°6), depósito adecuado para sumergir la cesta de alambre en agua, estufa capaz de mantener una temperatura de $110^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$, termómetro con aproximación de 0.5°C .

3.3.6.2. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA.

- **Para el agregado fino.**

Se seleccionó por cuarteo 1000g, se colocó en un envase y se puso a secar en la estufa hasta la temperatura de 110°C , se retiró la muestra, se cubrió con agua y se dejó en reposo por 24 horas, se extendió en una superficie plana de aire tibio y se removió con frecuencia para garantizar un secado uniforme. Se continuó esta operación hasta que los granos de agregado fino no se adhieran marcadamente entre sí, luego se colocó el agregado fino en forma suelta en el molde cónico, golpeando la superficie suavemente 25 veces con la varilla de metal y levantando verticalmente el molde, hasta que el cono se derrumbe al quitar el molde, indicando que el agregado fino alcanzó una condición de saturado con superficie seca.

- **Para el agregado grueso.**

Luego de un lavado completo para eliminar el polvo y otras impurezas superficiales de las partículas, se secó la muestra a una temperatura de 110°C hasta peso constante, y luego se sumergió en agua durante 24 horas, se sacó la muestra del agua y se la hizo rodar sobre un paño absorbente.

3.3.6.3. PESO ESPECÍFICO DE MASA:

Según las normas NTP 400.021 y ASTM C 127 para el agregado grueso y la NTP 400.022 y ASTM C 128 para el agregado fino. Definen como una relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de material (incluyendo los poros permeables e impermeables naturales del material); a la masa en el aire de la misma densidad, de un volumen igual de agua destilada libre de aire.

- Para el **Agregado Fino**, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Pe. m = \frac{W_{ms}}{S - V_a} \dots \dots \dots (5)$$

Donde:

- W_{ms}** : Peso en el aire de la muestra secada al horno a 110 °C.
- S** : Peso en el aire de la muestra saturada de superficie seca.
- V_a** : Volumen de agua añadida.



Imagen N° 21: Ensayo de peso específico del agregado fino.

- Para el **Agregado Grueso**, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Pe. m = \frac{W_{ms}}{S - W_{ma}} \dots \dots \dots (6)$$

Donde:

- W_{ms}** : Peso en el aire de la muestra secada al horno a 110 °C.
- S** : Peso en el aire de la muestra saturada de superficie seca.
- W_{ma}** : Peso en el agua de la muestra saturada.



Imagen N° 22: Ensayo peso específico del agregado grueso

3.3.6.4. PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA:

Es lo mismo que el peso específico de masa, excepto que la masa incluye el agua en los poros permeables.

- Para el **Agregado Fino**, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\text{Pe. m(S. S. S)} = \frac{S}{S - V_a} \dots \dots \dots (7)$$

Donde:

- S** : Peso en el aire de la muestra saturada superficialmente seca.
- V_a** : Volumen de agua añadida.

- Para el **Agregado Grueso**, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\text{Pe. m(S. S. S)} = \frac{S}{S - W_{ma}} \dots \dots \dots (8)$$

Donde:

- S** : Peso en el aire de la muestra saturada superficialmente seca.
- W_{ma}** : Peso en el agua de la muestra saturada.

3.3.6.5. PESO ESPECÍFICO APARENTE:

Es la relación a una temperatura estable, de la masa en el aire, de un volumen unitario de material, a la masa en el aire de igual densidad de un volumen igual de agua destilada libre de gas, si el materiales un sólido, el volumen es igual a la porción impermeable.

- Para el **Agregado Fino**, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\text{Pe. a} = \frac{W_{ms}}{[(S - V_a) - (S - W_{ms})]} \dots \dots \dots (9)$$

Donde:

- W_{ms}** : Peso en el aire de la muestra secada al horno a 110 °C.
- S** : Peso en el aire de la muestra saturada de superficie seca.
- V_a** : Volumen de agua añadida.

- Para el **Agregado Grueso**, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\text{Pe. a} = \frac{W_{ms}}{W_{ms} - W_{ma}} \dots \dots \dots (10)$$

Donde:

W_{ms} : Peso en el aire de la muestra secada al horno a 110 °C.

W_{ma} : Peso en el agua de la muestra saturada.

3.3.6.6. ABSORCIÓN [NTP 400.021 – 400.022, 2011; ASTM C 127- C128]:

Capacidad que tienen los agregados para llenar de agua los vacíos permeables de su estructura interna, al ser sumergido durante 24 horas en esta. La relación del incremento en peso al peso de la muestra seca expresado en porcentaje, se denomina porcentaje de Absorción.

La absorción, depende de la porosidad, y es importante para las correcciones en las dosificaciones de mezcla de concreto.

La Absorción influye en otras propiedades del agregado, como la adherencia con el cemento, la resistencia a la abrasión y a la resistencia del concreto al congelamiento y deshielo.

Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Abs = \frac{S - W_{ms}}{[W_{ms}]} \times 100 \dots \dots \dots (11)$$

Donde:

W_{ms} : Peso de la muestra secada al horno a 110 °C.

S : Peso de la muestra saturada de superficie seca.

3.3.7. CONTENIDO DE HUMEDAD [NTP 339.185, 2011; ASTM C 70]:

Se define como el exceso de agua en un estado saturado y con una superficie seca, expresado en porcentaje (%). es una característica importante que se debe de tomar en cuenta porque altera la cantidad de agua en el concreto y nos permite efectuar las correcciones necesarias en el proporcionamiento de las mezclas de diseño. Esta puede ser mayor o menor que el porcentaje de absorción.

Los agregados se presentan en los siguientes estados: secos en el laboratorio, seco al aire, saturado superficialmente seco y húmedos; en los cálculos para el proporcionamiento de los componentes del concreto se considera al agregado en

condiciones de saturado superficialmente seco, es decir con todos sus poros abiertos llenos de agua y libre de humedad superficial.

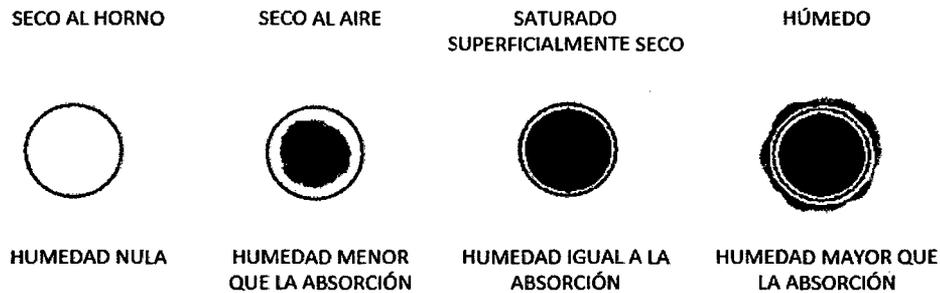


Imagen N° 23: Presentaciones de la humedad superficial del agregado.

A. SECO AL HORNO (EN EL LABORATORIO):

Condición en el que no existe humedad en el agregado. Se lo consigue mediante un secado prolongado en una estufa a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante un tiempo suficiente para alcanzar una masa constante (aprox. 24 horas). El contenido de humedad es menor que el porcentaje de absorción.

B. SECO AL AIRE:

Condición característica de los agregados que se han dejado secar al medio ambiente, cuando existe algo de humedad en el interior del árido. Al igual que en el estado anterior, el contenido de humedad es menor que el porcentaje de absorción.

C. SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO (S.S.S):

Es la condición en la que los poros permeables de las partículas de 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. Es la condición ideal de un agregado, en el cual el agregado no absorbe ni cede agua al concreto.

D. HÚMEDO:

Condición en la que existe una película de agua que rodea al agregado, llamado agua libre, y en la cantidad de agua en exceso. En éste estado el contenido de humedad es mayor que el porcentaje de absorción. Es importante mencionar que el agregado fino retiene mayor cantidad de agua que el agregado grueso.

3.3.7.1. PROCEDIMIENTO DE ENSAYO.

Se colocó la muestra húmeda a ensayar en un depósito adecuado determinándose dicho peso (peso del recipiente + muestra húmeda), se llevó el recipiente con la muestra húmeda a una estufa, para secarla durante 24 horas a una temperatura de 110°C, se pesó el recipiente con la muestra seca (peso recipiente más muestra seca) y se determinó la cantidad de agua evaporada.

El **contenido de Húmedad** se calcula mediante la siguiente expresión:

$$W \% = \frac{MH - MS}{MS} \times 100 \dots \dots \dots (12)$$

Donde:

MH : Peso de la muestra húmeda.

MS : Peso de muestra seca al horno a una temperatura de 110 °C ± 5°C.

3.3.8. PESO UNITARIO [NTP 400.017, 2011; ASTM C 29]:

Es el peso del material seco que se necesita para llenar un recipiente de volumen unitario. También se le denomina peso volumétrico y se emplea en la conversión de cantidades de peso a cantidades de volumen y viceversa.

El peso unitario está en función directa del tamaño, forma y distribución de las partículas, y el grado de compactación (suelto o compactado).

3.3.8.1. SELECCIÓN DE EQUIPOS Y MATERIALES.

Balanza que permita lecturas de por lo menos 0.1 % del peso de la muestra, barra compactadora de acero liso circular recta de 5/8" de diámetro y 60 cm de largo, recipiente cilíndrico y de metal suficiente rígido para condiciones duras de trabajo.

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 de la **Tabla N° 33**.

3.3.8.2. PESO UNITARIO SECO SUELTO:

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.

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.



Imagen N° 24: Ensayo de peso unitario suelto del agregado fino

3.3.8.3. PESO UNITARIO SECO COMPACTADO:

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.

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.

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.



Imagen N° 25: Ensayo de peso unitario compactado del agregado grueso

3.3.8.4. CÁLCULO DEL PESO UNITARIO.

a. **Densidad del agua:** Calcular como sigue:

$$D = \frac{P_1 - P_2}{V} \quad \dots\dots\dots(13)$$

Donde:

D = Densidad del agua para la 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:

$$V = \frac{(W - M)}{D} \quad \dots\dots\dots(14)$$

$$F = \frac{D}{(W - M)} \quad \dots\dots\dots(15)$$

Donde:

V = Volumen del recipiente, m³

F = Factor para el recipiente, l/m³

W = Masa del agua y recipiente, kg

M = Masa de 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.

$$PU = \frac{(G - T)}{V} \quad \dots\dots\dots(16)$$

$$PU = (G - T) \times F \quad \dots\dots\dots(17)$$

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

3.3.9. PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ N° 200 [NTP 400.018, 2011; ASTM C 117]:

Son materiales muy finos del agregado, se presentan en forma de recubrimientos superficiales (arcillas), o en forma de partículas sueltas (limo y polvo de trituración). La primera interfiere en la adherencia entre el agregado y el cemento, y la segunda incrementa la cantidad de agua de mezclado, logrando disminuir la resistencia.

- Las partículas muy finas como la arcilla, el limo y el polvo de trituración pueden ser eliminadas de los agregados mediante el lavado de los mismos con agua potable o su similar.
- El porcentaje que pasa el tamiz N° 200 (75 µm), se calcula mediante tamizado por lavado en la malla N° 200. A la pérdida en peso debido al lavado, calculado en porcentaje en peso de la muestra original, se la conoce como; porcentaje de material que pasa 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 **Tabla N° 34**.



Imagen N° 26: Ensayo de lavado del agregado

3.3.9.1. Porcentaje que pasa el tamiz n° 200:

Se realizó el cálculo del porcentaje de material que pasa el tamiz N° 200 (75 µm), tal cual se obtuvo de la cantera, utilizándose la siguiente expresión.

$$\% \text{ QUE PASA EL TAMIZ N}^\circ \text{ 200} = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100 \dots \dots \dots (18)$$

Donde:

W_i : Peso seco de la muestra original (en gr).

W_f : Peso seco de la muestra después del lavado (en gr).

3.3.10. RESISTENCIA A LA ABRASIÓN [NTP 400.019, 2011; ASTM C 131]:

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.

3.3.10.1. Selección del equipo.

La máquina de los ángeles, balanza que permita lecturas de por lo menos 0.1% del peso de la muestra requerida para el ensayo, estufa capaz de mantener una temperatura uniforme de 110°C, tamices que cumplan con la NTP 350.001 según el requerimiento del tipo de abrasión.

La carga abrasiva consiste en esferas de acero, de aproximadamente 4.7cm de diámetro y cada uno con un peso entre 390 y 445gr.

3.3.10.2. Preparación de la muestra.

La muestra de ensayo estuvo constituida por agregado limpio representativo del material a ensayar, libre de partículas menores al tamiz N° 12 y secada en una estufa a 110°C, hasta un peso aproximadamente constante.

3.3.10.3. Procedimiento de ensayo.

Se colocó la muestra de ensayo de acuerdo al peso establecido por la NTP 400.019 seleccionada de acuerdo a los pesos retenidos en las mallas como lo especifica la norma, haciendo un total de 5000gr y la carga abrasiva para una gradación B, en la máquina de los ángeles que gira a una velocidad de 30 a 33 rpm durante 500 revoluciones. Cuando terminó las revoluciones se descargó el material y se lavó por el tamiz N°12, luego se secó este retenido lavado en el horno a una temperatura de 110 °C por un

espacio de 24 horas. Secada la muestra se procedió a pesarla, obteniéndose así un valor que será remplazado en la fórmula para obtener el resultado de la abrasión.

La **Resistencia a la Abrasión** se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\% \text{Desgaste} = \frac{W_o - W_f}{W_o} \times 100 \dots \dots \dots (19)$$

Donde:

W_o : Peso original de la muestra.

W_f : Peso final de la muestra.



Imagen N° 27: Ensayo de abrasión del agregado grueso.

3.4. CARACTERÍSTICAS DE LA FIBRA DE ACERO.

Son filamentos de acero cortados y doblados en determinadas longitudes dependiendo el uso al que será sometido, para el refuerzo de concreto y mortero. Para refuerzo de concreto y mortero lanzado, obteniendo un elevado número de fibras por kg distribuyéndose uniformemente y logrando un comportamiento mecánico homogéneo. Cumple con la Norma ASTM A 820, Tipo 1.

En el **ANEXO IV** se presenta la hoja técnica de la fibra de acero proporcionada por Sika Fiber, y en la **Tabla N° 2** algunas características mecánicas adicionales.

3.5. CARACTERÍSTICAS DEL CEMENTO.

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

En el **ANEXO VI** se presenta la ficha técnica del Cemento portland tipo I de Cementos Pacasmayo S.A.A.

3.6. CARACTERÍSTICAS DEL 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**.

3.7. CARACTERÍSTICAS DEL SIKAMENT 290N

El Sikament 290N es un aditivo polifuncional para concretos que puede ser empleado como plastificante o superplastificante según la dosificación utilizada. Muy adecuado para plantas de concreto al obtener con un único aditivo dos efectos diferentes sólo con la variación de la proporción del mismo.

Asimismo el Sikament 290N no contiene cloruros y no ejerce ninguna acción corrosiva sobre las armaduras. Como plastificante cumple con la Norma ASTM C 494, tipo D y como superplastificante con la Norma ASTM C 494, tipo G, tal como se aprecia en la hoja técnica adjunta en el **ANEXO V**.

3.8. PROCEDIMIENTO PARA EL DISEÑO DE MEZCLA.

Para la realización del diseño de mezcla y de las proporciones del concreto se eligió el método del 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.

Se realizó el diseño de mezclas, para un concreto de $f'c = 500 \text{ kg/cm}^2$, utilizando cemento Pacasmayo Tipo I, propiedades encontradas de los agregados de la cantera del Rio Chonta y agua potable de la ciudad universitaria (UNC). En primer lugar se realizó el diseño de mezcla, posteriormente se confecciono una mezcla para el ajuste de las proporciones. Teniendo las proporciones de la mezcla ya corregidas se diseñó en

primer lugar una mezcla Patrón (sin fibra), asimismo se realizó mezclas para diferentes porcentajes de aditivo superplastificante (Sikament 290N), para obtener el porcentaje óptimo de aditivo y posteriormente realizar mezclas con tres (03) diferentes porcentajes de fibra de acero; 20 kg/m³, 30 kg/m³, y 40 kg/m³.

Los pasos para obtener el proporcionamiento de los componentes del concreto (Diseño) según el método antes mencionado es:

1° Selección de la resistencia promedio (f'_{cr}) requerida para alcanzar la resistencia mínima especificada (f'_c), debido a que se desconoce el valor de la desviación estándar y asumiendo un grado de control aceptable en obra se utilizó la **Tabla N° 60**.

2° Selección del tamaño máximo nominal. Se escogió (TMN = 1/2"), debido a que se necesita mayor trabajabilidad para la manipulación del concreto con la fibra incluida, así como también es más recomendable la utilización de agregado de menor tamaño para concretos de medianas a altas resistencias.

3° Elección de la consistencia de la mezcla. Deseándose tener una buena trabajabilidad en la mezcla se eligió una consistencia plástica (Trabajable) tomando como referencia la **Tabla N° 61**.

4° Determinación del volumen de agua de mezclado, se utilizó la **Tabla N° 62**, ingresando con el asentamiento, el TMN y la presencia o no de aire incorporado (para éste caso será concreto sin aire incorporado).

5° Se determina el porcentaje de aire atrapado. Se utilizó la **Tabla N° 62**, ingresando a la tabla con el tamaño máximo nominal (TMN) del agregado se obtiene el porcentaje de aire.

6° Seleccionar la relación Agua – Cemento (a/c) requerida para obtener la resistencia deseada. En este caso para tomar esta decisión se tomó en cuenta el libro de concreto de alta resistencia del ing. Rivva López E., donde recomienda para tipos de concretos de alta resistencia una relación a/c entre 0.28 a 0.36, en base a ello se para éste trabajo se eligió una relación a/c de 0.35, para no perjudicar la trabajabilidad del concreto con la adición de la fibra.

7° Determinación el factor cemento por unidad cúbica de concreto en función de la relación agua - cemento seleccionada y del volumen unitario de agua.

$$\text{Factor cemento} = \frac{\text{volumen unitario de agua}}{\text{relacion A/C}} \dots\dots\dots(20)$$

8° Determinación del volumen absoluto de cemento. El volumen absoluto está en función del factor cemento y del peso específico del cemento. El factor cemento se encontró de dividir el factor cemento por el peso específico del cemento.

9° Determinación del volumen de la pasta. El volumen de la pasta se encontró al sumar el volumen absoluto de cemento más el agua de mezclado más el volumen absoluto de Sikament 290N dividida entre sus pesos específicos más el porcentaje de aire atrapado.

10° Determinación del volumen absoluto de los agregados. El volumen absoluto de los agregados se encontró de restar de la unidad cúbica de concreto el volumen de las pasta.

11° Cálculo de la incidencia del agregado fino y grueso respecto del agregado global. En este paso es donde interviene el método del módulo de finura de la combinación de agregados, se hizo uso de la siguiente fórmula:

$$r_f = \frac{m_g - m_c}{m_g - m_f} * 100 \dots\dots\dots(21)$$

Donde:

- mg** : Módulo de finura del agregado grueso.
- mf** : Módulo de finura del agregado fino.
- mc** : Módulo de la combinación de agregados.
- rf** : Porcentaje de agregado fino con respecto al agregado global.

Para encontrar el valor de “mc”, ingresamos a la **Tabla N° 63**, con el número de bolsas de cemento por metro cúbico y el tamaño máximo nominal del agregado (TMN) y encontramos “mc”. Luego se encontró el porcentaje del agregado grueso por simple diferencia y posteriormente los volúmenes de los agregados multiplicando el porcentaje respectivo por el volumen absoluto de los agregados.

12° Cálculo de los pesos secos de los agregados, se encontró multiplicando el volumen de cada uno de los agregados por su respectivo peso específico.

13° Corrección por humedad de los agregados de los valores de diseño. Se partió encontrando los pesos húmedos de los agregados, multiplicando su peso por su

respectivo contenido de humedad, luego se encontró la humedad superficial de los agregados sumando algebraicamente su contenido de humedad más su absorción, luego de determinó el aporte de humedad de los agregados multiplicando su peso seco por el porcentaje de humedad superficial de los agregados, se encontró el aporte total de los agregados sumando algebraicamente los aportes independientes de los mismos, finalmente se encontró el agua efectiva, para ello se toma en cuenta el aporte de los agregados si es negativo significa que hay que sumarle agua de no ser así se hace lo contrario.

14° Proporción en peso de los materiales, ya corregidos por humedad del agregado, se determinó el peso de los demás componentes con respecto al peso de una bolsa de cemento (42.5 Kg).

3.9. DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE ÓPTIMO DE SIKAMENT 290N.

Se elaboraron 08 especímenes con adición de Sikament 290N, con 0.7%, 0.85%, 1.0%, 1.2% del peso del cemento respectivamente, 2 especímenes con cada porcentaje, con la finalidad de ensayarlos y obtener el porcentaje con el cual se obtenga el mejor resultado en laboratorio. Asimismo cabe resaltar que para todos los casos se disminuyó el 15 % del agua de mezclado, permitiendo reducir más de dos bolsas de cemento por m³, lo cual resulta económicamente beneficioso dadas las características del concreto que se desea obtener.

Los pesos de los materiales húmedos por unidad cúbica de concreto fueron los siguientes:

Tabla N° 3: Proporciones de los materiales de diseño por metro cúbico de concreto.

MATERIALES DE DISEÑO (por m3)	PORCENTAJE DE ADICION DE SIKAMENT 290N (del peso de cemento)			
	0.70%	0.85%	1.00%	1.20%
Cemento (kg)	503.15	503.15	503.15	503.15
Agua Efectiva (lt)	178.15	177.51	176.87	176.02
Sikament 290N (Kg)	3.52	4.28	5.03	6.04
Agr. Fino (kg)	825.59	825.59	825.59	825.59
Agr. Grueso (kg)	817.51	817.51	817.51	817.51

Los resultados obtenidos fueron los que se muestran a en la **Tabla N°05**. Por lo que se determinó como porcentaje óptimo de Sikament 290N el 0.7 % del peso de cemento.

3.10. PROCEDIMIENTO PARA LA ELABORACIÓN DE LA MEZCLA DE PRUEBA.

Para la mezcla de prueba se consideró la elaboración de tres (03) especímenes cilíndricos de concreto patrón para ser probados a compresión, ya que este parámetro es el que define la resistencia especificada (500 Kg/cm²).

Los pesos de los materiales de diseño por metro cúbico de concreto considerados para la mezcla de prueba, según el diseño respectivo (*Tabla N° 66*) fueron los siguientes:

- **Cemento** : 617.10 Kg/m³
- **Agua Efectiva** : 216.00 Lts/m³
- **Agregado fino** : 725.10 Kg/m³
- **Agregado grueso** : 732.30 Kg/m³

Con los pesos de los materiales húmedos, se procedió a determinar la cantidad de material en volumen a ser empleado para realizar la mezcla de prueba. Como se consideró realizar tres (03) especímenes cilíndricos de concreto, se tomará el volumen de un espécimen, de acuerdo al molde metálico usado para su elaboración; el cual tiene un diámetro aproximado de 15 cm, con una altura aproximada de 30 cm, del cual se desprende el volumen:

Para la elaboración de tres (03) especímenes cilíndricos:

$$\text{Vol. espec. cil.} = 3 * \frac{\pi * 0.15^2}{4} * 0.30 \dots\dots\dots(22)$$

$$\text{Vol. espec. cil.} = 0.015904 \text{ m}^3$$

Considerando los desperdicios de mezclado y otros, la colada será:

$$\text{Vol. colada.} = 0.020 \text{ m}^3$$

Siendo los pesos de los materiales para los tres (03) especímenes cilíndricos de concreto (Vol. Tanda = 0.020 m³):

- **Cemento** : 12.34 Kg/tanda
- **Agua Efectiva** : 4.056 Lts/tanda
- **Agregado fino** : 15.016 Kg/tanda
- **Agregado grueso** : 14.71 Kg/tanda

3.11. ELABORACIÓN DEL AJUSTE DE MEZCLA.

El diseño de mezcla que mencionamos sirve para calcular las proporciones de los diferentes materiales que componen el concreto, permiten conocer unas cantidades que teóricamente producen un concreto con las propiedades deseadas. Sin embargo, existen algunos factores de los materiales que no se detectan en los ensayos y que traen como consecuencia un concreto con propiedades algo diferentes a las esperadas.

Por esto es necesario comprobar las cantidades teóricas por medio de mezclas de prueba. A dicha mezcla se le verifica el peso unitario, cantidad de agua añadida, Slump o asentamiento, el rendimiento volumétrico del concreto, así como el contenido de aire y la resistencia a compresión de los especímenes de concreto a los 28 días. También se debe observar que el concreto tenga la trabajabilidad y el acabado adecuado y que no se presente exudación ni segregación. De acuerdo a ello, se puede llevar a cabo los ajustes pertinentes con las proporciones de las mezclas subsecuentes siguiendo el procedimiento sugerido que se indica a continuación:

- **Agua de mezclado:** La cantidad de agua de mezclado estimada para obtener el mismo asentamiento que las tandas de prueba, deberá ser igual al volumen neto del agua de mezclado empleado dividido entre el rendimiento de la mezcla de ensayo expresado en metros cúbicos.
- **Corrección por asentamiento:** La cantidad de agua de mezclado requerida por metro cubico de concreto deberá ser incrementada en dos (02) litros por cada incremento de 1 cm de asentamiento hasta obtener el asentamiento deseado.
- **Corrección por contenido de aire:** Para ajustar la mezcla a fin de compensar los efectos de un contenido de aire incorrecto en una mezcla de prueba con aire incorporado, reducir o incrementar el contenido de agua de mezclado en 3 litros por metro cúbico por cada 1 % en el cual, el contenido de aire se incrementa o disminuye en relación con el de la mezcla de ensayo.
- **Corrección por apariencia de la mezcla:** cuando la mezcla tiene la apariencia sobregravosa el volumen del agregado grueso por metro cubico deberá disminuirse en un 10 - 15 %, si tiene apariencia sobrearenosa se aumentara el 10 - 15 % del agregado grueso. Las proporciones de los agregados se calculara respecto al “*rf*”; porcentaje de agregado fino con respecto al agregado global.

- **Peso unitario:** Si la base del proporcionamiento de los materiales integrantes de la unidad cúbica de concreto ha sido el peso estimado por metro cúbico del concreto fresco, el peso unitario recalculado del concreto fresco a ser empleado para efectuar el ajuste de las mezclas de prueba será igual al peso unitario medido en la tanda de ensayo, reducido o incrementado por el porcentaje de incremento o disminución en el contenido de aire de la tanda ajustada de la primera mezcla de prueba.
- **Corrección por resistencia:** Como se obtuvieron especímenes cuya resistencia promedio ensayada a los 7 días está por debajo o por encima del 73% de la resistencia requerida $f'c$ (como corresponde a concretos de alta resistencia según Rivva López E.), se reajustó la relación agua/cemento debido a la hidratación del concreto como sigue, considerando que la resistencia a los 28 días fue considerada como 1.37 veces la resistencia a los 7 días, para esto se utilizó la Ley de Powers:

$$R = 2380 * X^3 \quad ; \quad X = \frac{(0.647*\alpha)}{(0.319*\alpha+a/c)} \quad \dots\dots\dots(23)$$

Dónde:

- R** = Resistencia a la compresión a 28 días (kg/cm²).
- X** = Relación Gel / Espacio.
- α** = Grado de hidratación.
- a/c** = Relación agua/cemento.

Los materiales de diseño luego de realizar todas las correcciones (Ajuste de Mezcla) del concreto normal o patrón (sin adición de fibra) por metro cúbico, se muestran de manera detallada en la **Tabla N° 69**, fueron los siguientes:

- **Cemento** : 591.94 Kg/m³
- **Agua Efectiva** : 213.10 Lts/m³
- **Agregado fino** : 746.55 Kg/m³
- **Agregado grueso** : 739.24 Kg/m³

3.12. ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO EN EL DISEÑO DE MEZCLA.

Luego de verificadas y obtenidas las condiciones anteriores, se realizó la adición de las distintas proporciones para las mezclas tomando en cuenta la recomendación de sika fiber, de tal forma que se permita observar la respuesta inmediata a una cantidad

mínima de fibra agregada. Simultáneamente, se realizaron algunas mezclas con el orden anteriormente descrito para observar si existe alguna relación en la mejora de las propiedades mecánicas con respecto a las cantidades inferiores. A fin de tener un parámetro de comparación, se mantuvo como mezcla de control o patrón a la cual no se le fue adicionada la fibra, (concreto normal y concreto con sikament 290N)

Una vez determinado las proporciones de los materiales del concreto, así como el porcentaje adecuado de sikament 290N, se procedió a establecer las proporciones y cantidades de fibra necesarios 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 IX**.

Finalmente, se le denominará a las mezclas de acuerdo a la cantidad por metro cúbico de fibra en dicha mezcla. Por ejemplo, se referirá como mezcla de 20 kg/m³ a la mezcla que contiene 20 kg de fibra por metro cúbico de concreto con adición de superplastificante. La excepción será la mezcla denominada “Concreto Patrón” ya que está representada por la que posee 0 kg de fibra y 0 % de Sikament 290N; y concreto más Sikament 290N a aquella mezcla que contiene solo concreto con adición del aditivo mas no de fibra de acero. De ésta misma manera se identificaron las probetas de ensayo. A continuación se muestra una tabla con materiales finales para el diseño de las mezclas.

Tabla N° 4: Materiales de diseño finales ajustados para un metro cúbico de concreto.

MEZCLA	C° PATRÓN	C° MÁS SIKAMENT 290N	C° CON 20Kg/m³ DE FIBRA	C° CON 30Kg/m³ DE FIBRA	C° CON 40Kg/m³ DE FIBRA
CEMENTO	591.94 Kg	503.15 Kg	503.15 Kg	503.15 Kg	503.15 Kg
AGUA	213.10 Lts	178.15 Lts	178.15 Lts	178.15 Lts	178.15 Lts
SIKAMENT 290N	0 Kg	3.52 Kg	3.52 Kg	3.52 Kg	3.52 Kg
FIBRA DE ACERO	0 Kg	0 Kg	20 Kg	30 Kg	40 Kg
A. FINO	746.55 Kg	825.59 Kg	822.26 Kg	820.59 Kg	818.93 Kg
A. GRUESO	739.24 Kg	817.51 Kg	814.22 Kg	812.57 Kg	810.92 Kg

3.13. ELABORACIÓN DE ESPECÍMENES DE CONCRETO. [NPT 339.183]

La elaboración de los especímenes de concreto se realizó según la NTP 339.183. Para lo cual se confecciono especímenes de concreto cilíndricos y prismáticos para pruebas de compresión, tracción indirecta (probetas cilíndrica graduada de 15 cm de diámetro y 30 cm de alto) y flexión (probeta prismáticas graduada de 15 cm de arista y 50 cm de largo), según el diseño de cada una de las adiciones (dosificaciones) de fibra descritas anteriormente. El equipo utilizado para la confección de los especímenes de concreto tanto cilíndricos como prismáticos fue:

- Balanza con capacidad aproximada 30 Kg.
- Recipientes para pesar los materiales (baldes de aceites de 18 litros y balde transparente graduado para el agua).
- Probetas:
 - Cilíndrica; graduada de 15 cm de diámetro y 30 cm de alto.
 - Prismática; graduada de 15 cm de arista y 50 cm de largo.
- Herramientas: palanas, badilejo, cucharón, enrasador, carretilla.
- Cono de Abrams para medir el asentamiento o Slump.
- Varilla de Acero semiredondeada, para la compactación de la mezcla en cada una de los especímenes, lizo de 60 cm de largo y de 5/8" de diámetro.
- Mezcladora de concreto de 11 pies 3.
- Comba de goma.
- Recipiente graduado para determinar el Peso Unitario del concreto fresco.

El procedimiento detallado de la confección de los hormigones se describe a continuación:

- a) Pesar los agregados separadamente (agregado grueso y agregado fino) en estado húmedo.
- b) Homogenizar separadamente los dos agregados mediante una palana, para que así ellos presenten un estado de humedad uniforme.
- c) Tomar muestras de los agregados pesados y determinar su contenido de humedad en ese momento.
- d) Corregir por humedad el peso de los agregados y del agua.
- e) Pesar el cemento, agua total (corregida por humedad de los agregados) y la fibra.

- f)** Preparar la mezcladora, humedeciéndola antes de cargar los materiales.
- g)** Cargar el agregado grueso y el agregado fino en la mezcladora.
- h)** Agregando una fracción del agua total (un 40% aproximadamente) con el aditivo (Sikament 290N).
- i)** Revolver los agregados durante 30 segundos para humedecerlos completamente.
- j)** Adicionar la fibra de acero en la mezcladora mediante una “lluvia continua” de los filamentos de fibra sobre el hormigón y dejar mezclar durante 1 minuto aproximadamente.
- k)** Cargar el cemento en la mezcladora.
- l)** Agregar un 25 % de agua de mezcla y al agua restante adicionar lentamente tomando en cuenta la consistencia de la mezcla.
- m)** Amasar los materiales durante 3 minutos.
- n)** Revolver manualmente la mezcla verificando su estado (asegurándose de que no quede material sin mezclar adherido al fondo y en las paredes de la mezcladora).
- o)** Amasar durante otros 2 minutos.
- p)** Descargar en carretillas, previamente humedecidas para evitar que estas consuman el agua de la mezcla.
- q)** Una vez amasados todos los hormigones, medir la docilidad de cada uno de ellos mediante el cono de Abrams.
- r)** Determinar el peso unitario del concreto fresco.
- s)** Poner la tanda de concreto en las probetas (cilíndricas o prismáticas según sea el caso) correspondientes para los ensayos planificados del concreto.

La faena de confección del hormigón requiere la participación de por lo menos 3 personas. Todo el proceso de mezclado del concreto con los distintos porcentajes de fibra requiere un tiempo aproximado de 30 minutos por tanda de mezclado. La medición de la trabajabilidad o Slump y el moldeo de las probetas requieren a su vez de otros 15 minutos, este tiempo varían según el tipo de probeta que se esté confeccionando siendo para cada caso:

- **Fabricación de Probetas Cilíndricas para Ensayos de Compresión y Tracción Indirecta.**

Una vez obtenida la docilidad requerida para la mezcla de hormigón reforzado con fibra de acero se procedió a la confección de los especímenes cilíndricos de concreto. La mezcla de material se añadió en tres capas (Según la Norma NPT 339.183, Ver Tabla N° 38) de espesor similar dentro de los moldes de 15 cm de diámetro, debidamente engrasados. Luego de depositar una capa ésta era apisonada con una varilla graduada de 60 cm de largo y 5/8" de diámetro, según norma, distribuyendo los golpes en toda la sección del molde, 25 golpes por capa (Ver Tabla N° 37). Al terminar el apisonado de cada capa se golpeó con un mazo de goma dando 12 golpes por capa, al terminar la tercera capa se procedió al alisado de la superficie para que este no interfiera con los ensayos de compresión y tracción destinados para el concreto. El proceso total de llenado del molde tomó aprox. 2 minutos.



Imagen N° 28: Fabricación de probetas cilíndricas.

- **Fabricación de Probetas Prismáticas para Ensayos de Flexión.**

Al igual que el caso anterior, la mezcla fue adicionada a los moldes, previamente engrasados, en tres capas de espesor similar, procediendo a compactarlas 1 varillado por cada 14 cm² de superficie dando en total entonces 54 golpes por cada capa (ver Tabla N° 37). Terminado el apisonado se procedió al alisado superficial. El tiempo requerido para llenar el molde fue de aproximadamente 3 minutos. Las dimensiones de estos moldes prismáticos corresponden a 15 cm de arista y 50 cm de largo.



Imagen N° 29: Fabricación de probetas prismáticas.

3.14. CURADO DE LOS ESPECÍMENES DE CONCRETO. [NTP 339.183–2013].

El curado de los especímenes de concreto se realizó siguiendo los procedimientos indicados en la NTP 339.183 – 2013.

3.14.1. PROTECCIÓN DESPUÉS DEL ACABADO:

Inmediatamente después de elaborar el moldeado de los especímenes, se cubrieron estos con bolsas de plástico para evitar la evaporación del agua superficial, provocando pérdida de humedad, así como también la contaminación de los mismos.

3.14.2. CURADO INICIAL:

Después del moldeado, transcurridas 24 horas después de elaborar los especímenes, estos fueron desmoldados y se procedió a realizar el traslado de manera tal que no sean alteradas las superficies y arista, para su posterior curado estándar.

3.14.3. 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, así mismo se cubrió la poza con una manta plástica para evitar la contaminación del agua y proteger los especímenes del rocío y heladas de las madrugadas. Las probetas permanecieron 7, 14 y 28 días en la poza de curado dependiendo de las edades requeridas.

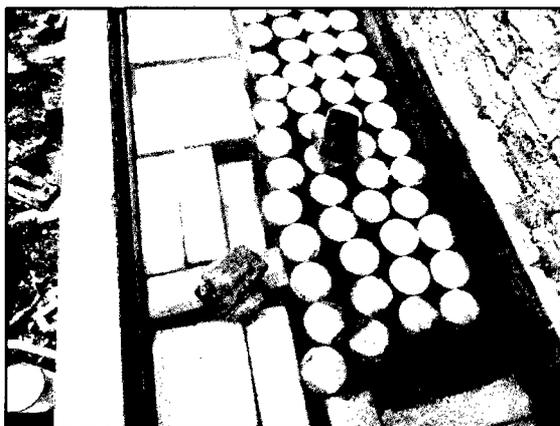


Imagen N° 30: Curado estándar en poza de curado de los especímenes elaborados.

3.15. ENSAYO DE ESPECÍMENES.

3.15.1. ENSAYOS DEL CONCRETO FRESCO. [NTP 339.035 – ASTM C 143].

3.15.1.1. Asentamiento o Slump.

El ensayo se desarrolló de acuerdo a lo establecido en la NTP 339.035 – ASTM C 143.

El método de determinación empleado, es el ensayo del "Cono de Abrams" o "Slump" (Norma NTP 339.035 ó ASTM C143) que define la consistencia de la mezcla por el asentamiento, medido en pulgadas o centímetros, de una masa de concreto que previamente ha sido colocada y compactada en un molde metálico de dimensiones definidas y sección tronco cónica. Por consiguiente, se puede definir el asentamiento, como la medida de la diferencia de altura entre el molde metálico estándar y la masa de concreto después que ha sido retirado el molde que la recubría. Es una prueba sencilla que se usa tanto en el campo como en el laboratorio. Se puede clasificar al concreto de acuerdo a su consistencia en tres grupos:

- Concretos consistentes o secos, con asentamiento de 0" a 2" (0 a 5 cm).
- Concretos plásticos, con asentamiento de 3" a 4" (7,5 a 10 cm).
- Concretos fluidos, con asentamientos con más de 5" (12,5 cm).



Imagen N° 31: Medición de slump de cada tanda de mezclado.

3.15.1.2. Peso Unitario del Concreto.

El ensayo se desarrolló de acuerdo a lo establecido en la **NTP 339.046 – Revisada el 2013 – ASTM C 138**.

Según Norma éste ensayo consiste en determinar el volumen del concreto producido, con el fin de verificar la correcta dosificación y rendimiento de los materiales. Es una base para determinar el rendimiento de la mezcla, el contenido de cemento, así como el contenido de aire.

El peso unitario del concreto fresco nos permite formar un juicio inmediato de la calidad de la composición granulométrica y de la compactación del concreto, siendo un importante medio de control del concreto.

El peso unitario se calcula de la siguiente manera:

- **Densidad (Peso Unitario):** Se calculó este parámetro como sigue:

$$D = \frac{(M_c - M_m)}{V_m} \dots\dots\dots(24)$$

Dónde:

D = Densidad de masa (peso unitario) del concreto (kg/m³)

M_c = Masa del recipiente de medida lleno de concreto (kg)

M_m = Masa del recipiente vacío (kg)

V_m = Volumen del recipiente (m³).

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

$$T = \frac{M}{V} \dots\dots\dots(25)$$

Dónde:

T = Densidad teórica del concreto (kg/m³)

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

V = Volumen absoluto de los componentes de la mezcla (m³)

- **Rendimiento:** Se calculó este parámetro como sigue:

$$Y = \frac{M}{D} \dots\dots\dots(26)$$

Dónde:

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

M = Masa total de todos los materiales en la tanda (kg).

D = Densidad de masa (Peso Unitario) del concreto (kg/m³)

- **Rendimiento relativo:** Se calculó este parámetro como sigue:

$$R_y = \frac{Y}{Y_d} \dots\dots\dots(27)$$

Dónde:

R_y = Rendimiento relativo, un exceso de este valor mayor a 1 indica un exceso de concreto que se produce, un valor menor indica que el volumen de la mezcla será corto con relación al volumen diseñado.

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

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

- **Contenido de cemento:** Se calculó este parámetro como sigue:

$$C = \frac{C_b}{Y} \dots\dots\dots(28)$$

Dónde:

C = Contenido actual del cemento (kg/m³)

C_b = Masa del cemento en el lote (kg)

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

3.15.1.3. Contenido de Aire – Método Gravimétrico.

El ensayo se desarrolló de acuerdo a lo establecido en la NTP 339.046 – Revisada el 2013.

El contenido de aire se calculó en base a los resultados obtenidos del ensayo del peso unitario del concreto fresco (Método Gravimétrico) y se calcula de la siguiente manera:

$$A = \left[\frac{(T-D)}{T} \right] \times 100 \quad \dots\dots\dots(29)$$

Dónde:

A = Contenido de aire (%)

T = Masa del cemento en el lote (kg)

D = Densidad de masa (peso unitario) del hormigón (kg/m³)

3.15.2. ENSAYOS DE CONCRETO ENDURECIDO.

3.15.2.1. Densidad de Masa o Peso Unitario del Concreto.

El ensayo se desarrolló de acuerdo a lo establecido en la NTP 339.034 - Revisada el 2013, la presente norma establece la fórmula para determinar la densidad de los especímenes de concreto con aproximación de 10 Kg/m³ como sigue:

$$\text{Densidad} = \frac{W}{V} \quad \dots\dots\dots(30)$$

Donde:

W = Masa del espécimen (Kg).

V = Volumen del espécimen determinado del diámetro promedio y longitud promedio o del peso del cilindro en el aire y sumergido en el agua (m³).

3.15.2.2. Resistencia a Compresión. [NTP 339.034 – ASTM C 39]

El ensayo se desarrolló de acuerdo a lo establecido en las normas NTP 339.034 - Revisada el 2013 – ASTM C 39, la presente norma establece un procedimiento para determinar la resistencia del concreto sometido a compresión.

La resistencia a la compresión del concreto en la presente tesis se realizó a los 7, 14 y 28 días para obtener el comportamiento del concreto tanto patrón como con las diferentes adiciones de fibra y su evolución en el tiempo. También se consiguió tener las tolerancias de una probeta de acuerdo a las edades de las muestras, para esto

tenemos la recomendación de la norma NTP 339.034 – 3013, **Tabla N° 40**, que nos indica la tolerancias que debemos tener con las edades de las muestras.

Para la realización del ensayo se siguió los siguientes pasos:

3.15.2.2.1. Identificación de Probetas.

Para la identificación y colocación de la información de las probetas se colocó en la parte lateral de estas con un plumón indeleble las iniciales del nombre del tesista (I.V.G.), el número de espécimen (1, 2, 3, 4, 5 y 6), porcentaje de la adición de fibra de acero (Concreto Patrón, Concreto más Sikament 290N, 20 kg/m³, 30kg/m³, 40kg/m³), la fecha de fabricación y los días a la cual está siendo ensayada el espécimen.

3.15.2.2.2. Medición de la Probeta.

La medición de las probetas se llevó a cabo siguiendo el protocolo que a continuación se detalla:

- Se miden los diámetros de las dos caras laterales de la probeta (a_1 , a_2 , b_1 y b_2) lo más cercano posible al eje horizontal de cada diámetro.
- Se mide las alturas de los dos lados de la probeta cilíndrica (h_1 y h_2) aproximadamente en el eje vertical de cada lado.
- Estas medias se realizan con un vernier digital que expresan las medidas con aproximación a 0.01mm.
- Se determina la masa de la probeta aproximando a 0.05 Kg. en balanza electrónica de capacidad de 30 Kg.

3.15.2.2.3. Ensayo del Especimen.

Previo al ensayo, se debe observar que los cabezales de carga y caras de ensayo se encuentren absolutamente limpias, y que la probeta se encuentre correctamente centrada entre las placas y zona de carga.

a) Posición de las probetas.

Se coloca la probeta de modo que ambas caras se encuentren paralelas a la placa inferior de la máquina compresora.

b) Aplicación de la carga

La carga se deberá aplicar en forma continua y sin choques, a una velocidad de movimiento correspondiente a una velocidad de esfuerzo sobre la probeta de $0.25 \pm$

0.05 Mpa/s (2.5 kg/cm²). La velocidad de movimiento diseñada será mantenida al menos durante la primera mitad final de la fase de carga anticipada.

Durante la aplicación de la primera mitad de la fase de la carga anticipada, una alta velocidad de carga será permitida. La alta velocidad de carga será aplicada de manera controlada. No se debe hacer ajustes durante la velocidad de movimiento cuando la carga final está siendo aplicada y la velocidad de esfuerzo decrece debido a la fractura del espécimen.

Al aplicar la carga de compresión mientras el indicador muestra que la carga disminuye constantemente, el espécimen muestra un patrón de fractura bien definido el cual debe ser observado, anotado así como debe también registrarse la carga máxima "P" expresada en Toneladas y las deformaciones registradas con el deformímetro.

c) 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 la siguiente imagen, 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.

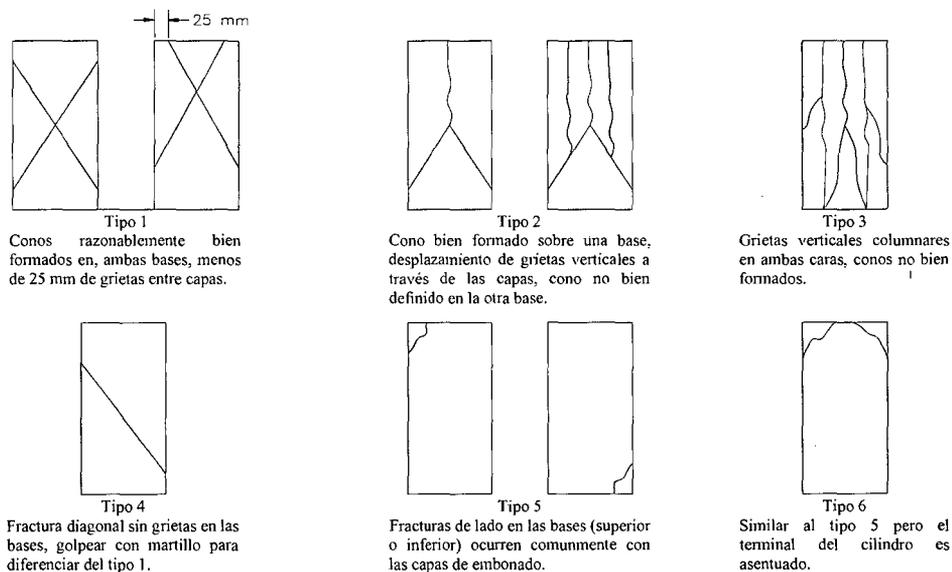


Imagen N° 32: Esquema de los patrones de tipos de fractura
Fuente: NTP 339.034 – 2013

3.15.2.2.4. Expresión de Resultados.

Se calcula la resistencia a la compresión del hormigón mediante la siguiente fórmula:

$$R_c = \frac{P}{S} \quad \dots\dots\dots(31)$$

Donde:

R_c = Resistencia a Compresión (Kg/cm²).

S = Superficie de carga (cm²).

P = Carga Máxima (Kg).

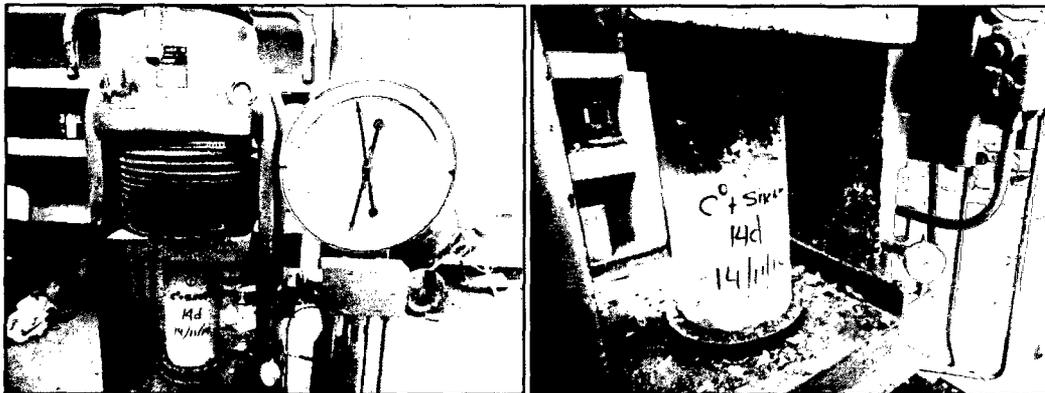


Imagen N° 33: Ensayo a compresión, registro de tipo de falla e identificación de especímenes.

3.15.2.3. Resistencia a Tracción Indirecta. [NTP 339.084 - ASTM C496]

El ensayo se desarrolló de acuerdo a lo establecido en la NTP 339.084 ó ASTM C496, las presentes normas establecen un procedimiento para determinar la resistencia a tracción indirecta de los especímenes de concreto.

Éste ensayo se realizó a los 7, 14 y 28 días para obtener el comportamiento del concreto con las diferentes adiciones de fibra en el tiempo. Se utiliza el mismo equipo empleado en pruebas de resistencia a compresión, cuyos resultados se muestran en **Tabla N° 15**.

En este ensayo se probaron especímenes cilíndricos en posición horizontal, sometiéndolos a la acción de dos fuerzas opuestas de compresión uniformemente distribuidas a lo largo de las generatrices contenidas en su plano vertical de simetría. A fin de reducir la concentración de esfuerzos de compresión que se producen a lo largo de las generatrices en que se aplican las cargas, se colocan dos tiras de material compresible (madera laminada) entre la superficie de concreto del espécimen y las placas que transmiten la carga, para evitar la ruptura del concreto por aplastamiento en la zona de contacto, consiguiendo que el espécimen falle por efecto de los esfuerzos de tensión.

Para la realización del ensayo se siguió los siguientes pasos:

3.15.2.3.1. Identificación de Probetas.

Para la identificación y colocación de la información de las probetas se colocó en la parte lateral de estas con un plumón indeleble las iniciales del nombre del tesista (I.V.G.), el número de espécimen (1, 2, 3, 4, 5 y 6), porcentaje de la adición de fibra de acero (Concreto Patrón, Concreto más Sikament 290N, 20 kg/m³, 30kg/m³, 40kg/m³), la fecha de fabricación y los días a la cual está siendo ensayada el espécimen.

3.15.2.3.2. Medición de las Probetas.

La medición de las probetas se llevó a cabo siguiendo el protocolo que a continuación se detalla:

- Se miden los diámetros de las dos caras laterales de la probeta (a_1 , a_2 , b_1 y b_2) lo más cercano posible al eje horizontal de cada diámetro.
- Se mide las alturas de los dos lados de la probeta cilíndrica (h_1 y h_2) aproximadamente en el eje vertical de cada lado.
- Estas medias se realizan con un vernier digital que expresan las medidas con aproximación a 0.01mm.
- Se determina la masa de la probeta aproximando a 0.05 Kg. en balanza electrónica de capacidad de 30 Kg.

3.15.2.3.3. Ensayo.

Previo al ensayo, se debe observar que las placas de carga y caras de ensayo se encuentren absolutamente limpias, y que la probeta se encuentre correctamente centrada entre las placas y zona de carga.

a) Posición de las probetas

Se coloca la probeta con sus caras en un plano perpendicular a la placa inferior y superior de la máquina compresora, obteniendo de esta manera tener al espécimen de forma echada en donde se puede observar las caras en donde previamente se ha plasmado la información e identificación de cada probeta.

b) Aplicación de la carga

La carga se deberá aplicar en forma similar que para el ensayo a compresión; de forma continua y sin choques, a una velocidad de movimiento correspondiente a una velocidad de esfuerzo sobre la probeta de $0.25 \pm 0.05 \text{ Mpa/s}$ (2.5 kg/cm^2).

Al aplicar la carga de compresión mientras el indicador muestra que la carga disminuye constantemente, el espécimen muestra un patrón de fractura bien definido el cual debe ser observado, anotado así como debe también registrarse la carga máxima "P" expresada en Toneladas, las deformaciones registradas con el deformímetro y la longitud de la abertura luego de la aplicación de la carga.



Imagen N° 34: Ensayo de Tracción Indirecta, identificación y ruptura de los especímenes de concreto.

3.15.2.3.4. Expresión de resultados

Se calcula la resistencia a la Tracción Indirecta del hormigón mediante la siguiente fórmula:

$$S_t = \frac{2 \cdot P}{\pi \cdot t \cdot d} \dots\dots\dots(32)$$

Donde:

S_t = Resistencia a la Tracción Indirecta (Kg/cm^2).

P = Carga Máxima (Kg).

t = Altura de la probeta (cm).

d = Diametro de la probeta (cm).

π = Pi número adimensional con valor de 3.1416.

3.15.2.4. Resistencia a la Flexión. [NTP 339.079 - ASTM C293]

El ensayo se desarrolló de acuerdo a lo establecido en la NTP 339.079 ó ASTM C293, las presentes normas establece un procedimiento para determinar la resistencia a flexión de los especímenes de concreto.

Se ha considerado de interés el caracterizar los hormigones del presente estudio en cuanto a su resistencia a la flexión, ello principalmente, debido a que una posible aplicación de estos hormigones sería la de pavimentos industriales, y en ese caso un aumento de la resistencia a flexión por efecto de las fibras sería muy beneficioso. El ensayo consiste en someter a una vigueta de hormigón simplemente apoyada, a una sollicitación de flexión mediante la acción de carga en el centro de la luz de la probeta. La luz de ensayo cumplirá con las siguientes condiciones, según la forma de aplicación de la carga:

Cargas **P** aplicadas en el centro de la luz.

$$L > 3 h \quad \dots\dots\dots(33)$$

Donde:

L = luz de ensayo;

h = altura de la probeta.

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

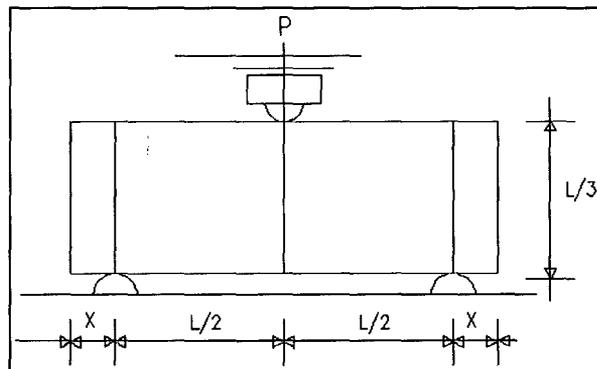


Imagen N° 35: Ensayo de flexión método de carga en el punto medio.

Fuente: Norma NTP 339.079.

3.15.2.4.1. Identificación de Probetas.

Para la identificación y colocación de la información de las probetas se colocó en la parte lateral de estas con un plumón indeleble las iniciales del nombre del tesista (I.V.G.), el número de espécimen (1, 2, 3, 4, 5 y 6), porcentaje de la adición de fibra de acero (Concreto Patrón, Concreto más Sikament 290N, 20 kg/m³, 30kg/m³, 40kg/m³), la fecha de fabricación y los días a la cual está siendo ensayada el espécimen.

3.15.2.4.2. Medición de la Probeta.

- Se coloca las probetas cilíndricas con la cara de llenado en un plano vertical lo más cerca posible a donde se efectuara el ensayo.
- Trazar rectas finas con un plumón indeleble sobre las cuatro caras mayores que marquen las secciones de apoyo y de carga y que no alteren el tamaño, forma o características estructurales de las probetas.
- Al realizar el trazado se recomienda verificar la rectitud de los trazos con la regla. No debe pasar luz entre la cara de la probeta y la regla.
- Verificar y registrar la luz de ensayo, expresándola en milímetros con aproximación a 1mm, medida en la cara inferior de la probeta en su posición de ensayo.
- Se miden las aristas de las dos caras laterales de la probeta (a_1 , a_2 , b_1 y b_2).
- Se mide las longitudes de los dos lados de la probeta prismática (h_1 y h_2) aproximadamente en el eje vertical de cada lado.
- Estas medias se realizan con un vernier digital que expresan las medidas con aproximación a 0.01mm y wincha.
- Se determina la masa de la probeta aproximando a 0.05 Kg. en balanza electrónica de capacidad de 30 Kg.
- Limpiar la superficie de las piezas de apoyo y carga de las zonas de contacto de la probeta.

3.15.2.4.3. Ensayo.

- Colocar la probeta en la prensa de ensayo, haciendo coincidir las líneas de trazado con las piezas de apoyo y de carga correspondientes.
- El contacto entre la probeta y cada pieza de apoyo o de carga deberá ser total.
- Se aceptará una separación igual o menor a 0,05 mm.

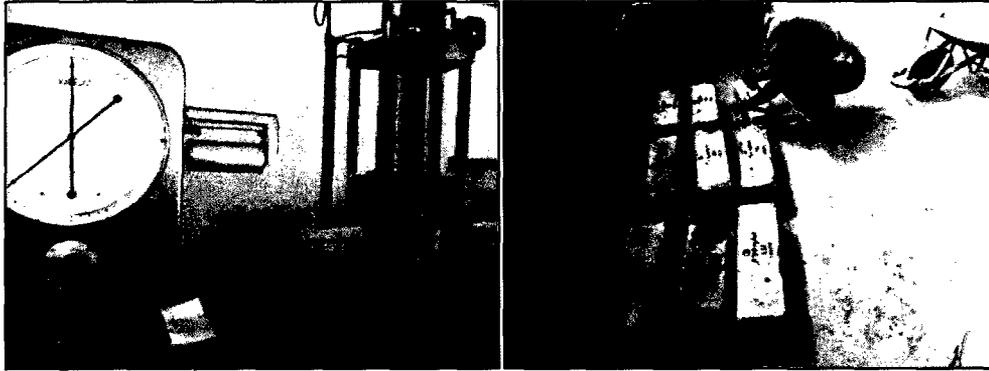


Imagen N° 36: Ensayo de Flexión, identificación y ruptura de los especímenes de concreto.

3.15.2.4.4. Expresión de resultados.

Si la fractura de la probeta se produce en el tercio central de la luz de ensayo, se calcula la resistencia a la tracción por flexión como la tensión de rotura según la fórmula siguiente:

$$R = \frac{3(P \cdot L)}{2(b \cdot h^2)} \dots\dots\dots(34)$$

Donde:

R = Tensión de rotura (Kg/cm²)

P = Carga máxima aplicada (kg).

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

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

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

3.15.2.5. Módulo de Elasticidad.

El módulo de elasticidad del concreto se determinó con 3 diferentes formas:

- **NORMA E0.60.**

Se tomó como módulo de elasticidad:

$$E = 15000 * \sqrt{f'_c} \dots\dots\dots(35)$$

- **ACI 318s.**

Para concretos de peso unitario “w_c” comprendido entre 1450 y 2500 kg/m³, el módulo de elasticidad, E_c, para el concreto puede tomarse como:

$$E = w_c^{1.5} 0.043 \sqrt{f'_c} \dots\dots\dots(36)$$

Dónde:

E = Módulo de elasticidad, MPa.

W_c = Densidad del concreto, kg/m³.

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

• **Según la Gráfica Esfuerzo Vs Deformación.**

Se tomó los valores obtenidos de la gráfica esfuerzo vs deformación originados por las lecturas del deformímetro en relación con su esfuerzo alcanzado, teniendo en cuenta la deformación máxima cuando se produce el máximo esfuerzo del espécimen de concreto ensayado a compresión.

$$E = \frac{\text{Esfuerzo}}{\text{Deformación}} \dots\dots\dots(37)$$

3.16. TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.

Antes del tratamiento, análisis de los datos y presentación de resultados, según el diseño de la investigación, se obtuvo y presentó los resultados de las características de los materiales utilizados en la mezcla tanto en los especímenes con concreto patrón (0% de fibra) como aquellos en los que se le adicione diferentes porcentajes de fibra de acero (20, 30 y 40 kg/m³).

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 elaboradas; para lo cual se emplearon equipos e instrumentos del laboratorio tales como:

- Máquina universal a compresión.
- Máquina de ensayo a Flexión.
- Moldes adecuados para la elaboración del concreto.
- Cono de abrams normalizado.
- Tamices compatibles con las NTP y ASTM correspondientes.
- Balanzas, reglas, varillas, etc.

El Método Cualitativo se usó para describir algunas propiedades o variables cualitativas de las dosificaciones de concreto, para lo cual se empleó la observación directa en el laboratorio, tales como:

- Apariencia del concreto.
- Trabajabilidad del concreto.
- Tipo de fractura y modo de falla.
- Espesor de la abertura.

3.16.1. 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, etc. Para lo cual se emplearon programas computarizados como el Microsoft Word y Excel, con los que se obtuvo resultados de éstos métodos y gráficas representativas.

3.16.2. EVALUACIÓN DE 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 comparativo. Por ello se realizaron los análisis correspondientes de los resultados de las siguientes variables de evaluación:

- Asentamiento, revenimiento o Slump del concreto en estado fresco.
- Peso unitario del concreto fresco.
- Peso unitario del concreto endurecido.
- Resistencia a compresión en especímenes cilíndricos de concreto los 7, 14 y 28 días.
- Resistencia a tracción indirecta de los especímenes cilíndricos de concreto a los 7, 14 y 28 días.
- Resistencia a flexión en especímenes prismáticos de concreto los 7, 14 y 28 días.
- Módulos de elasticidad del concreto a los 7, 14 y 28 días de edad.
- Evaluación de los costos del concreto por unidad cúbica con las diferentes dosificaciones en estudio.
- Longitudes y anchos de las fisuras producidas en los especímenes de concreto por la aplicación de cargas.

- Tipo de falla producido en los especímenes de concreto ensayados a compresión.
- Análisis de costo/ beneficio del concreto normal y el concreto adicionado con fibra de acero.

La presentación de los resultados se realizó en tablas y gráficos. En las tablas se consideraron columnas con la información fundamental y necesaria: el número de orden, la codificación, la altura, el área, el peso, la carga, el esfuerzo y el tipo de falla de cada uno de los especímenes de las diferentes dosificaciones y adiciones de fibra. En los gráficos se utilizó diversos tipos de barras y de dispersión considerando la resistencia a compresión, tracción indirecta y flexión que son tema de estudio de la presente investigación.

Utilizando el método de la comparación, se analizaron los datos tanto de los especímenes de concreto patrón con aquellos a los cuales se les fueron adicionados ciertos porcentajes de fibra y Sikament 290N para determinar el nivel de variación en sus comportamientos mecánicos.

CAPÍTULO

IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. ELECCIÓN DEL PORCENTAJE ÓPTIMO DE SIKAMENT 290N.

Para la elección del porcentaje óptimo de Sikament 290N se elaboró 08 especímenes de concreto con 04 porcentajes diferentes de Sikament 290N (0.7%, 0.85%, 1.00%, 1.2%, del peso de cemento), tomando como referencia la hoja técnica brindada por Sika se le dio el uso de superplastificante, reduciendo el 15% de agua de mezclado, y teniendo en cuenta recomendaciones adicionales tanto de empleo, almacenamiento, etc. Se evaluó de acuerdo a la resistencia a la compresión el porcentaje que resulte más conveniente, tal como se muestra a continuación.

Tabla N° 5: Elección del porcentaje óptimo de Sikament 290N

SIKAMENT 290N (%Del Peso de Cemento)	RESISTENCIA A COMPRESION		PROMEDIO
0.70 %	532.6 kg/cm ²	534.2 kg/cm ²	533.4 kg/cm ²
0.85 %	508.6 kg/cm ²	509.8 kg/cm ²	509.2 kg/cm ²
1.00 %	498.7 kg/cm ²	503.1 kg/cm ²	500.9 kg/cm ²
1.20 %	513.7 kg/cm ²	518.0 kg/cm ²	515.9 kg/cm ²

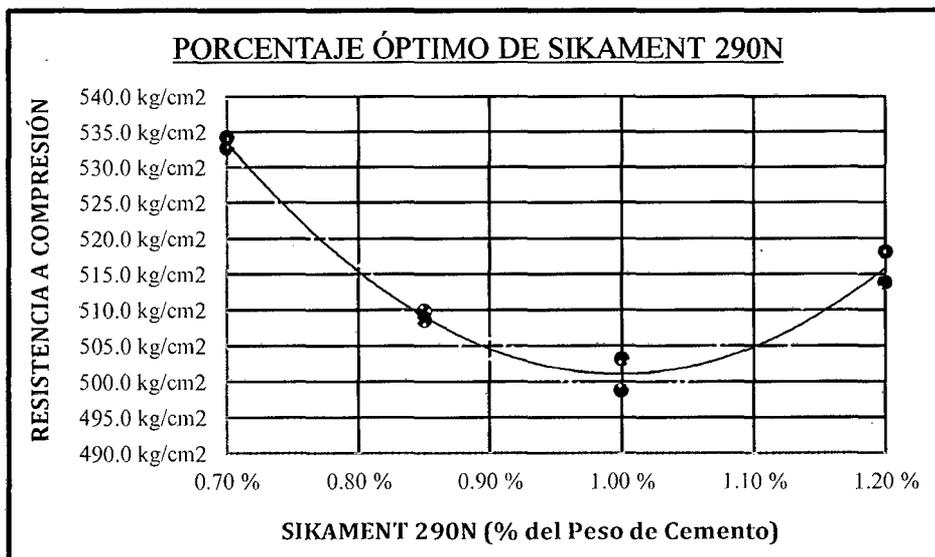


Gráfico N° 1: Elección del porcentaje óptimo de Sikament 290N.

Tal como se muestra en la tabla y gráfico anteriores, se obtuvo una mayor resistencia a la compresión con el menor porcentaje de Sikament 290N (0.7%), alcanzando una resistencia promedio de 533.4 kg/cm², mostrando una caída con respecto a los porcentajes mayores de aditivo, lo cual para el presente caso nos resulta económicamente y mecánicamente más favorable. Es por ello que se optó realizar todos los diseños de mezcla posteriores con una adición de Sikament 290N del 0.7% del peso del cemento.

4.2. ANÁLISIS DE LA CONSISTENCIA DE LA MEZCLA DE CONCRETO

Con el ensayo de trabajabilidad se logra apreciar una clara influencia de la presencia de las fibras en el concreto fresco, observándose una disminución de la docilidad de la mezcla a medida que aumenta el porcentaje de fibra de acero adicionado.

Para determinar el asentamiento de las diferentes mezclas de concreto fresco con las distintas adiciones de fibra de acero, según sea el caso, se elaboraron tandas de mezcla experimentales, midiendo el revenimiento mediante el método del cono de Abrams, luego se calculó el promedio del asentamiento para cada caso.

Los resultados del ensayo se muestran en las **Tabla N° 6** y **Tabla N° 7**, y su representación se aprecia en los **Gráfico N° 2** y **Gráfico N° 3**.

Tabla N° 6: Asentamiento del concreto según las diferentes proporciones de adición de fibra de acero.

TANDA	PATRÓN	C° MÁS SIKAMENT 290N	20 Kg /m ³ DE FIBRA	30 Kg /m ³ DE FIBRA	40 Kg /m ³ DE FIBRA
	ASENTAMIENTO DEL CONCRETO - MÉTODO DEL CONO DE ABRAMS "cm"				
N° 01	9.00	10.00	8.00	7.50	7.00
N° 02	8.00	10.50	8.70	7.20	6.80
N° 03	8.50	9.80	9.00	7.80	7.20
N° 04	9.50	10.00	8.20	8.00	7.40
N° 05	9.30	10.40	8.50	8.00	6.00
N° 06	8.00	9.50	8.20	7.20	6.60
PROMEDIO	8.72	10.03	8.43	7.62	6.83

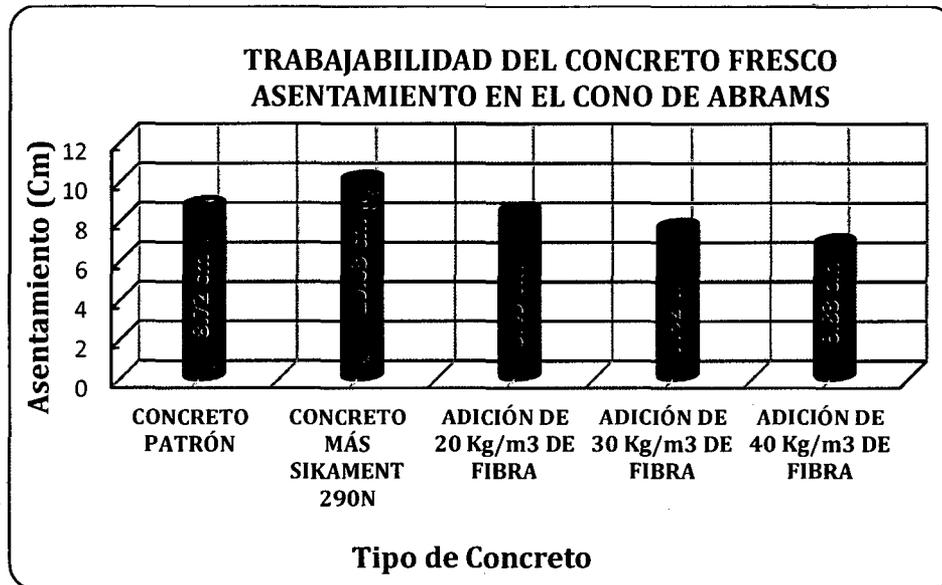


Gráfico N° 2: Trabajabilidad de las diferentes tandas de concreto fresco.

En la tabla y gráficos anteriores se aprecia que a medida que se incrementa las cantidades de adición de fibra de acero en la mezcla de concreto, el asentamiento mediante el método del cono de Abrams es menor. Lo cual refleja una proporción inversa entre la cantidad de fibra adicionada y la trabajabilidad de la mezcla.

Sin embargo para el caso del concreto con adición de Sikament 290N sucede lo contrario, en el cual el revenimiento incrementa respecto al patrón, y es mucho mayor que para los casos con adición de fibra de acero. Esto se debe a que el superplastificante mejora la trabajabilidad de la mezcla y además la inexistencia de fibra de acero no le resta consistencia.

Tabla N° 7: Variación porcentual del asentamiento del concreto con diferentes proporciones de fibra de acero, con respecto al patrón.

TIPO DE CONCRETO	ASENTAMIENTO (Cm.)	VARIACIÓN DEL ASENT. CON RESPECTO AL CONCRETO PATRÓN.
CONCRETO PATRÓN	8.72	—
CONCRETO MÁS SIKAMENT 290N	10.03	15.11 %
ADICIÓN DE 20 Kg/m ³ DE FIBRA	8.43	-3.25 %
ADICIÓN DE 30 Kg/m ³ DE FIBRA	7.62	-12.62 %
ADICIÓN DE 40 Kg/m ³ DE FIBRA	6.83	-21.61 %

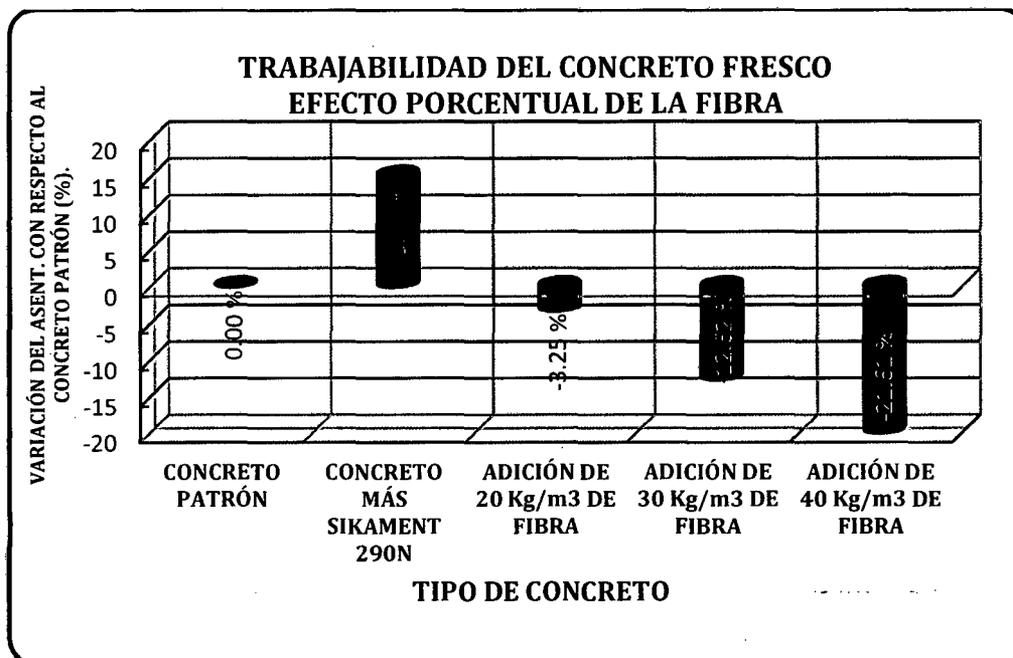


Gráfico N° 3: Variación porcentual del asentamiento de las mezclas de concreto fresco con respecto al concreto patrón.

Tal como se muestra, según los resultados obtenidos y que a continuación se muestran, la variación porcentual del asentamiento del concreto fresco de las distintas mezclas realizadas respecto al concreto patrón, se muestra que en el caso del concreto más Sikament 290N el asentamiento mejora en un 15.11%, lo cual se verá reflejado favorablemente en la trabajabilidad del concreto, conforme se muestra en la **Tabla N° 7**, y de igual forma en el **Gráfico N° 3**.

Todo lo contrario respecto al asentamiento mediante el cono de Abrams sucede en los casos con adición de fibra de acero, ya que para la mezcla con adición de 20 kg/m³ de fibra el asentamiento respecto al concreto patrón disminuye en 3.25%, lo cual es casi despreciable. Sin embargo para el caso de adición de 30 kg/m³ de fibra de acero el asentamiento se reduce en 12.62% respecto al patrón, y para el caso con adición de 40 kg/m³ de fibra de acero disminuye en 21.61% respecto del patrón; en estos dos últimos casos la trabajabilidad de la mezcla se ve afectada ya que la consistencia de la misma se ve reducida considerablemente. Lo cual se tiene que tener en cuenta para la realización de trabajos posteriores.

4.3. ANÁLISIS DEL PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO

Para evaluar el peso unitario del concreto fresco, de manera similar que para el caso de la trabajabilidad, se realizaron seis (06) tandas de concreto para cada tipo de adición con fibra de acero, luego se calculó el promedio para cada porcentaje de fibra adicionada.

Los resultados del ensayo se muestran en las **Tabla N° 8** y **Tabla N° 9**, y su respectiva representación gráfica. (**Gráfico N° 4** y **Gráfico N° 5**).

Tabla N° 8: Peso unitario del concreto fresco para los diferentes porcentajes de adición de fibra de acero.

TANDA	CONCRETO PATRÓN	CONCRETO MÁS SIKAMENT 290N	ADICIÓN DE 20 Kg/m ³ DE FIBRA	ADICIÓN DE 30 Kg/m ³ DE FIBRA	ADICIÓN DE 40 Kg/m ³ DE FIBRA
	PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO EN "Kg/m ³ "				
N° 01	2326.80	2336.08	2382.99	2358.76	2367.01
N° 02	2308.25	2351.55	2358.76	2378.87	2380.93
N° 03	2318.04	2340.21	2353.61	2353.09	2358.25
N° 04	2343.30	2361.86	2368.56	2387.11	2349.48
N° 05	2311.34	2359.28	2342.78	2370.10	2361.86
N° 06	2337.11	2372.16	2374.23	2365.46	2388.66
PROMEDIO	2324.14	2353.52	2363.49	2368.90	2367.70

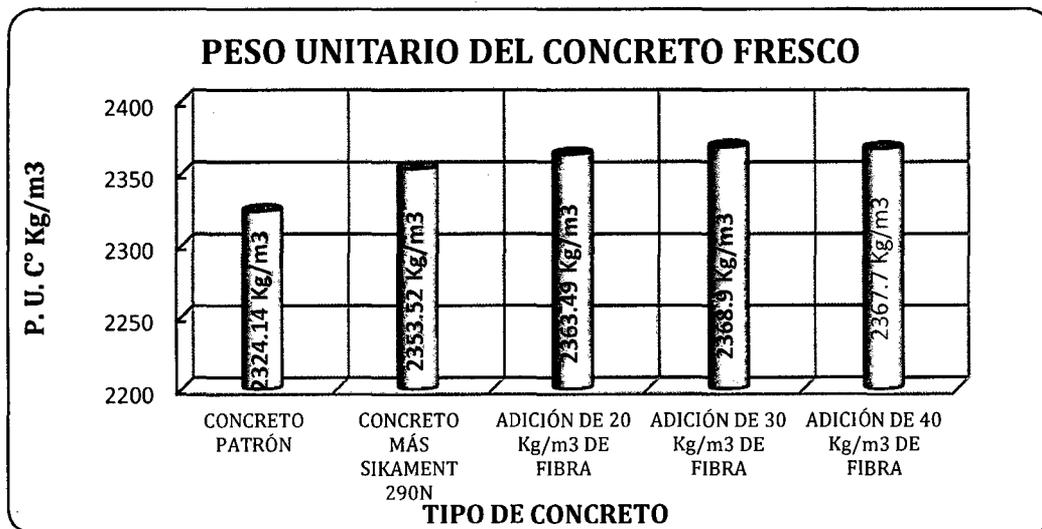


Gráfico N° 4: Peso Unitario del concreto fresco para cada porcentaje de fibra.

Se aprecia los promedios de los pesos unitarios del concreto fresco para cada tipo de concreto (con los diferentes porcentajes de adición de fibra), observándose que el peso unitario se incrementa para el caso de adición de Sikament 290N, esto se debe a que el

aditivo superplastificante permite reducir cierta cantidad de agua (en este caso 15%), volumen que será suplido por una cierta cantidad de agregados para seguir obteniendo la unidad cúbica de concreto.

Del mismo modo, a medida que se le va incrementando el porcentaje de adición de fibra de acero, el peso unitario se incrementa ya que en éste caso, la fibra de acero reemplaza a cierta cantidad de agregados, lo cual hace que la mezcla sea más pesada ya que la fibra es mucho más densa que los agregados; todo ello se realiza pero sin alterar la unidad cúbica de concreto.

Sin embargo se aprecia que para el caso de adición de 40 kg/m³ de fibra de acero (mayor porcentaje), el peso unitario del concreto fresco decrece respecto al concreto con adición de 30 kg/m³ de fibra, lo cual se debe a que para éste caso la fibra adicionada alberga una mayor concentración de vacíos en el concreto, esto se debería a que el asentamiento de la misma se ve reducido, y por ende la trabajabilidad, lo que estaría dificultando la realización de un buen compactado de la mezcla. Sin embargo ello podría variar dependiendo de la relación A/C utilizada y del porcentaje de plastificante adicionado.

Tabla N° 9: Variación porcentual del peso unitario del concreto fresco con diferentes porcentajes de adición de fibra respecto al concreto patrón.

TIPO DE CONCRETO	PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO (Kg/m ³)	VARIACIÓN DEL PESO UNIT. C° FRESCO CON RESPECTO AL CONCRETO PATRÓN (%).
CONCRETO PATRÓN	2324.14	0 %
CONCRETO MÁS SIKAMENT 290N	2353.52	1.26 %
ADICIÓN DE 20 Kg/m ³ DE FIBRA	2363.49	1.69 %
ADICIÓN DE 30 Kg/m ³ DE FIBRA	2368.90	1.93 %
ADICIÓN DE 40 Kg/m ³ DE FIBRA	2367.70	1.87 %

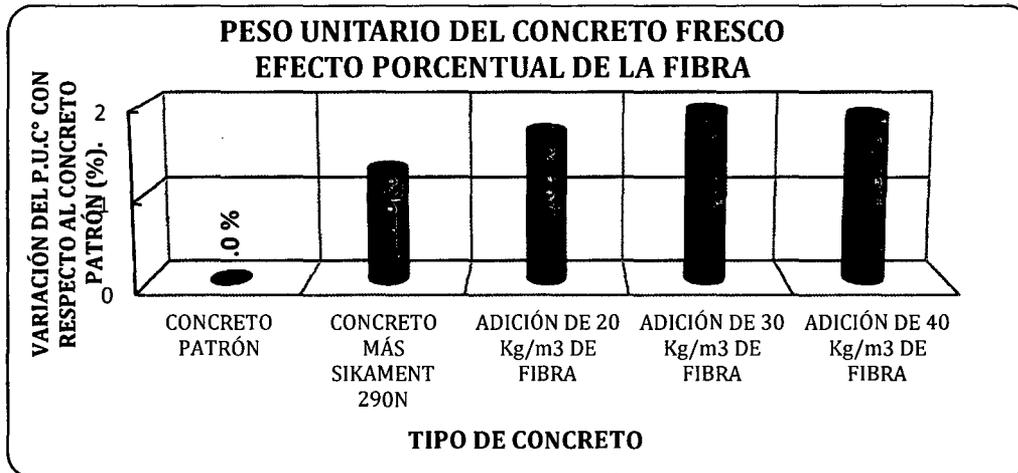


Gráfico N° 5: Variación porcentual del peso unitario del concreto fresco para cada porcentaje de fibra respecto al concreto patrón.

Se observa que el peso unitario del concreto fresco incrementa respecto al concreto patrón en todos los casos, para el concreto más Sikament 290N en 1.29%, para el concreto con adición de 20 kg/m³ de fibra incrementa en 1.69%, para el concreto con adición de 30 kg/m³ de fibra en 1.93%, y para el caso del concreto con adición de 40 kg/m³ de fibra en 1.87%, todo ello se debe a las razones anteriormente explicadas.

4.4. ANÁLISIS DEL PESO UNITARIO DEL CONCRETO ENDURECIDO

Para determinar el peso unitario del concreto endurecido, se tomó el promedio de los pesos unitarios de los 18 especímenes de concreto realizados para todos los ensayos realizados (06 a compresión, 06 a tracción indirecta y 06 a flexión) para cada adición de fibra, a los 28 días de su fabricación.

Los resultados del ensayo se muestran en las **Tabla N° 10** y **Tabla N° 11**, y su representación gráfica se aprecia en los **Gráfico N° 6** y **Gráfico N° 7**.

Tabla N° 10: Peso Unitario del concreto endurecido a los 28 días para cada porcentaje de adición de fibra de acero.

PESO UNITARIO DEL CONCRETO ENDURECIDO A LOS 28 DÍAS en "Kg/m ³ "						
ENSAYO	PROBETA	CONCRETO PATRÓN	CONCRETO MÁS SIKAMENT 290N	CONCRETO CON 20Kg/m ³ DE FIBRA	CONCRETO CON 30Kg/m ³ DE FIBRA	CONCRETO CON 40Kg/m ³ DE FIBRA
COMPRESIÓN	N° 01	2335.49	2338.20	2352.45	2380.41	2372.81
	N° 02	2316.97	2356.81	2370.94	2347.64	2361.68
	N° 03	2324.14	2357.46	2358.13	2372.04	2357.91
	N° 04	2311.59	2342.23	2351.09	2384.08	2357.28
	N° 05	2309.08	2367.80	2352.26	2376.73	2372.91
	N° 06	2321.32	2340.23	2377.86	2355.27	2345.00
TRACCIÓN	N° 01	2314.26	2348.56	2357.81	2357.75	2376.74
	N° 02	2310.64	2359.44	2369.88	2356.49	2344.54
	N° 03	2326.91	2353.94	2344.25	2383.40	2377.43
	N° 04	2323.25	2335.47	2356.78	2339.26	2369.11
	N° 05	2321.32	2345.63	2370.29	2380.05	2352.54
	N° 06	2306.39	2348.84	2358.85	2384.38	2349.94
FLEXIÓN	N° 01	2326.33	2348.65	2374.64	2369.80	2363.81
	N° 02	2314.45	2351.00	2349.77	2372.71	2370.72
	N° 03	2309.75	2338.00	2363.47	2354.78	2361.37
	N° 04	2326.49	2349.80	2362.80	2376.67	2379.03
	N° 05	2322.74	2339.02	2350.74	2362.09	2367.78
	N° 06	2313.84	2348.70	2357.68	2350.04	2374.63
PROMEDIO		2318.61	2348.32	2359.98	2366.87	2364.18

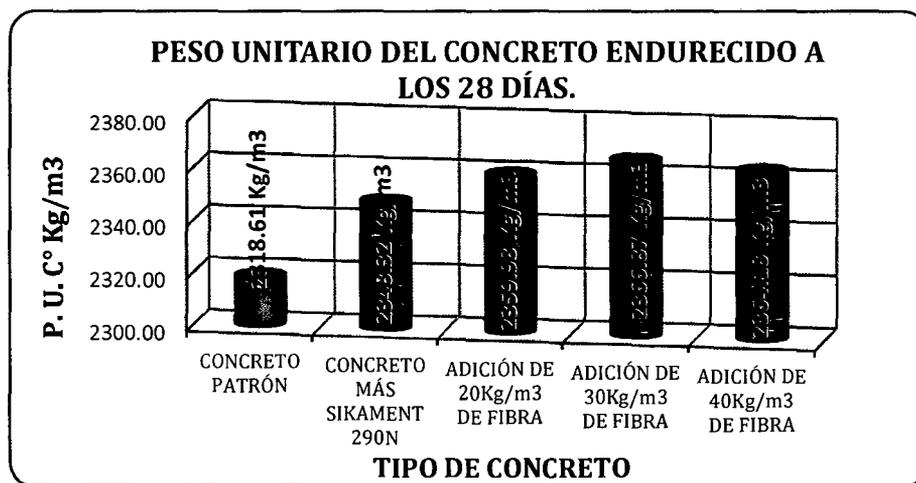


Gráfico N° 6: Peso Unitario del concreto endurecido a los 28 días para cada porcentaje de adición de fibra de acero.

Se aprecia los pesos unitarios del concreto endurecido de los diferentes muestras de concreto elaboradas en laboratorio, todas a una edad de 28 días, obteniendo como resultados promedio, 2318.61 kg/m³ para el concreto patrón, 2384.32 kg/m³ para el

concreto más Sikament 290N, 2359.98 kg/m³ para el concreto con adición de 20 kg/m³ de fibra de acero, 2366.87 kg/m³ para el concreto con adición de 30 kg/m³ de fibra de acero y 2364.18 kg/m³ para el concreto con adición de 40 kg/m³ de fibra de acero; todos éstos resultados son bastante cercanos al peso unitario del concreto fresco para cada caso.

Tabla N° 11: Variación porcentual del Peso Unitario del concreto endurecido a los 28 días para cada porcentaje de adición de fibra respecto al concreto patrón.

TIPO DE CONCRETO	PESO UNITARIO DEL CONCRETO ENDU. A 28 DÍAS (Kg/ m ³)	VARIACIÓN DEL P.U C° ENDU. CON RESPECTO AL CONCRETO PATRÓN
CONCRETO PATRÓN	2318.61	-
CONCRETO MÁS SIKAMENT 290N	2348.32	1.28 %
ADICIÓN DE 20Kg/m ³ DE FIBRA	2359.98	1.78 %
ADICIÓN DE 30Kg/m ³ DE FIBRA	2366.87	2.08 %
ADICIÓN DE 40Kg/m ³ DE FIBRA	2364.18	1.97 %

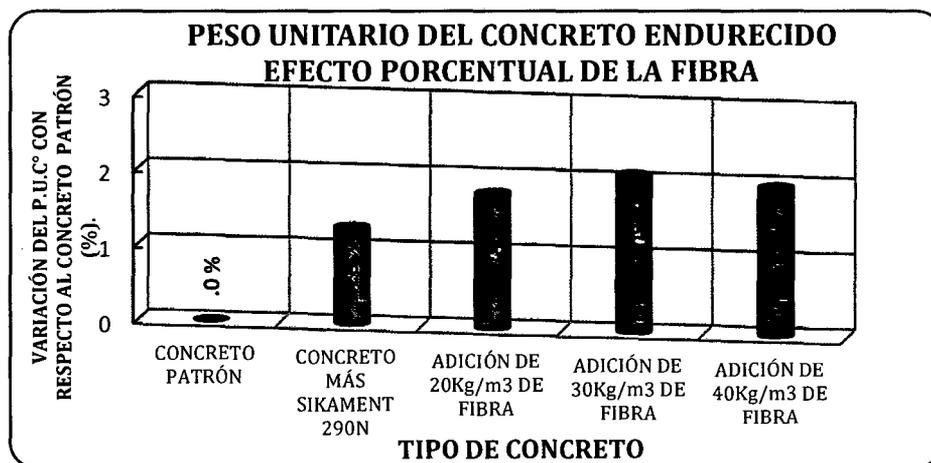


Gráfico N° 7: Variación porcentual del peso unitario del concreto endurecido a los 28 días para cada porcentaje de adición de fibra respecto al concreto patrón.

Para el caso de la variación porcentual de los pesos unitarios de concreto endurecido de las muestras elaboradas, todos respecto al concreto patrón, se aprecia que existe un incremento del 1.28% para el concreto con Sikament 290N, incremento de 1.78% para en concreto con adición de 20 kg/m³ de fibra de acero, 2.08% para concreto con adición de 30 kg/m³ de fibra de acero y 1.97% para el concreto con adición de 40 kg/m³ de fibra de acero. Las razones son las mismas que se ha explicado en el caso del concreto fresco.

4.5. ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN

Los ensayos a compresión de los especímenes de concreto fueron realizados a las edades de 07, 14 y 28 días, para cada una de las cuales se elaboraron 06 especímenes cilíndricos, elaborándose para el concreto patrón 18 especímenes para las tres edades, 18 para el concreto más Sikament 290N, 18 para concreto con adición de 20 kg/m³ de fibra de acero, 18 para concreto con adición de 30 kg/m³ de fibra de acero, 18 para concreto con adición de 40 kg/m³ de fibra, haciendo un total de 90 especímenes de concreto. Los resultados obtenidos se muestran en las tablas y gráficos que a continuación se presentan:

Tabla N° 12: Resistencia promedio a la compresión de los diferentes especímenes evaluados.

PROMEDIO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN Kg/cm ²			
TIPO DE CONCRETO	EDAD DE ENSAYO		
	07 días	14 días	28 días
CONCRETO PATRÓN	396.81	441.03	464.50
CONCRETO MÁS SIKAMENT 290N	573.64	600.27	629.02
ADICIÓN DE 20 Kg/m ³ DE FIBRA	546.56	575.23	624.19
ADICIÓN DE 30 Kg/m ³ DE FIBRA	567.27	597.96	629.36
ADICIÓN DE 40 Kg/m ³ DE FIBRA	542.10	586.34	622.57

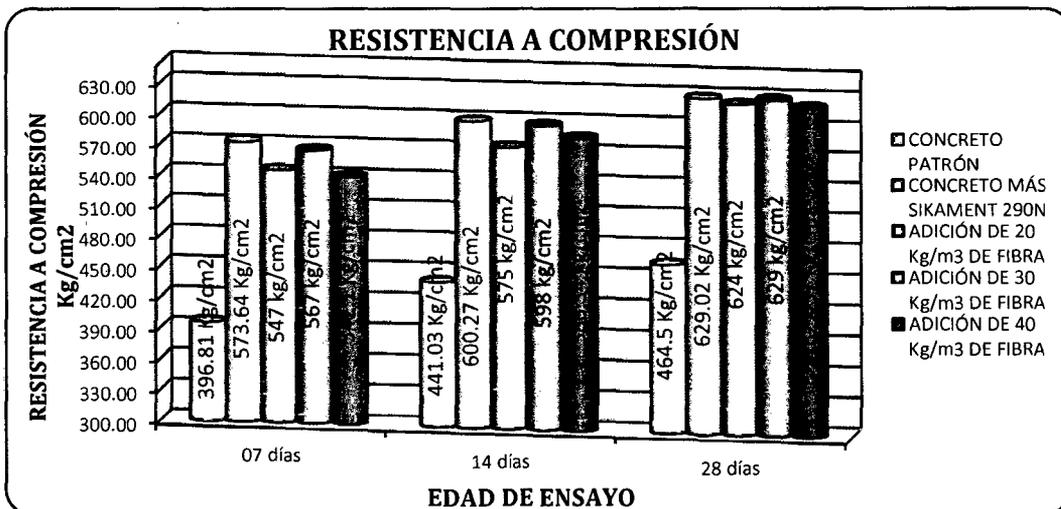


Gráfico N° 8: Resistencia promedio a la compresión de los diferentes especímenes de concreto evaluados.

Tal como se observa, la resistencia a compresión aumenta significativamente con la adición del superplastificante (Sikament 290N), ello se debe gracias a que se logra un incremento de aproximadamente más de 150 kg/cm² en el concreto con Sikament 290N comparado con el concreto patrón.

Sin embargo para el caso de las muestras con adición de fibra de acero comparado con el concreto más Sikament 290N, no hay una variación bastante significativa ya que las resistencias a compresión son bastante cercanas, oscilando en variaciones no mayores de 30 kg/cm² a edades tempranas, pero a los 28 días la resistencia última de los 4 tipos de concreto (concreto más Sikament 290N, concreto con adición de 20, 30 y 40 kg/m³ de fibra de acero) son prácticamente iguales, aunque ligeramente más bajas resistencia en los casos con fibra de acero, lo cual demuestra que en lo concerniente a compresión la fibra de acero no mejora esta propiedad del concreto, tampoco la desfavorece en una cantidad considerable, sino que prácticamente conserva su resistencia a compresión se mantiene.

Tabla N° 13: Variación porcentual de la resistencia a compresión por el efecto del Sikament 290N y la fibra de acero, respecto al concreto patrón.

VARIACIÓN PORCENTUAL DE LOS ENSAYOS A COMPRESIÓN (%) RESP AL PATRÓN			
TIPO DE CONCRETO	EDAD DE ENSAYO		
	07 días	14 días	28 días
CONCRETO PATRÓN	100.00 %	100.00 %	100.00 %
CONCRETO MÁS SIKAMENT 290N	144.56 %	136.11 %	135.42 %
ADICIÓN DE 20 Kg/m³ DE FIBRA	137.75 %	130.43 %	134.38 %
ADICIÓN DE 30 Kg/m³ DE FIBRA	142.96 %	135.58 %	135.49 %
ADICIÓN DE 40 Kg/m³ DE FIBRA	136.61 %	132.95 %	134.03 %
VARIACIÓN PORCENTUAL A COMPRESIÓN RESPECTO AL CONCRETO MÁS SIKAMENT (%)			
TIPO DE CONCRETO	EDAD DE ENSAYO		
	07 días	14 días	28 días
CONCRETO PATRÓN	69.17 %	73.47 %	73.85 %
CONCRETO MÁS SIKAMENT 290N	100.00 %	100.00 %	100.00 %
ADICIÓN DE 20 Kg/m³ DE FIBRA	95.28 %	95.83 %	99.23 %
ADICIÓN DE 30 Kg/m³ DE FIBRA	98.89 %	99.62 %	100.06 %
ADICIÓN DE 40 Kg/m³ DE FIBRA	94.50 %	97.68 %	98.97 %

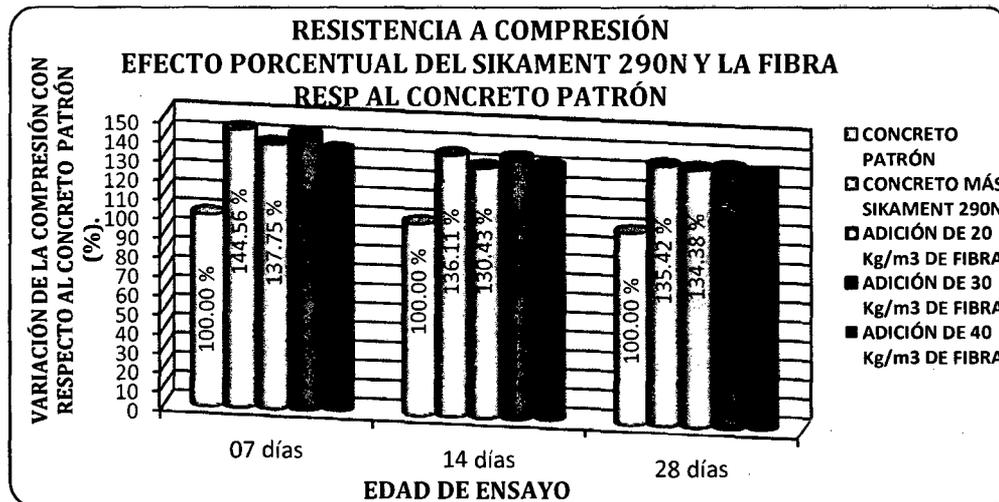


Gráfico N° 9: Variación porcentual de la resistencia a compresión por el efecto del Sikament 290N y la fibra de acero, respecto al concreto patrón.

Tal como se explicó anteriormente y como se aprecia en el gráfico y tabla anteriores, en cuanto a la resistencia a compresión del concreto existe una variación bastante considerable en ésta propiedad, debida a la adición del superplastificante (Sikament 290N), el cual ha permitido mejorar la resistencia a compresión en hasta el 44.56% respecto al concreto patrón, a la edad de los 7 días, que es en la cual se produce el mayor incremento de esta propiedad, tal como se aprecia en el gráfico de la variación porcentual mostrado.

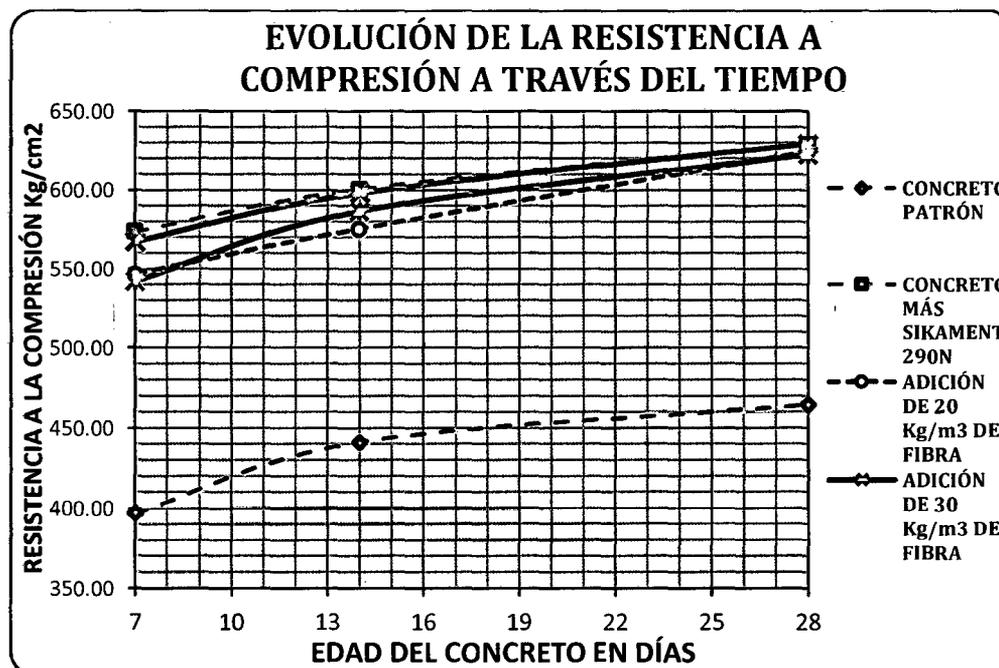


Gráfico N° 10: Evolución de la resistencia a compresión de los diferentes ensayos realizados a través del tiempo.

Se puede apreciar que existe una diferencia muy amplia entre la resistencia a compresión obtenida para el concreto patrón, comparado con los demás ensayos que contienen Sikament 290N, y Sikament más fibra de acero. Además se muestra la manera cómo va evolucionando esta propiedad del concreto a través del tiempo, ya que la evolución mayor de ésta se produce hasta los 14 días, de los 14 a 28 días el incremento en la resistencia no es bastante grande.

Así mismo se aprecia que para el caso de los concretos con aditivo superplastificante, el incremento de la resistencia desde los 7 a los 28 días es aproximadamente alrededor del 12 %, lo cual es típico en concretos de alta resistencia.

Los concretos de alta resistencia muestran una ganancia de resistencia en edades tempranas si se los compara con concretos de resistencias menores, pero en el largo plazo la diferencia no es significativa. Parrot ha reportado relaciones típicas de 7 a 28 días de 0.80 a 0.90 para concretos de alta resistencia y de 0.70 a 0.72 para concretos de resistencias menores. [Rivva López E. – Concreto de Alta Resistencia].

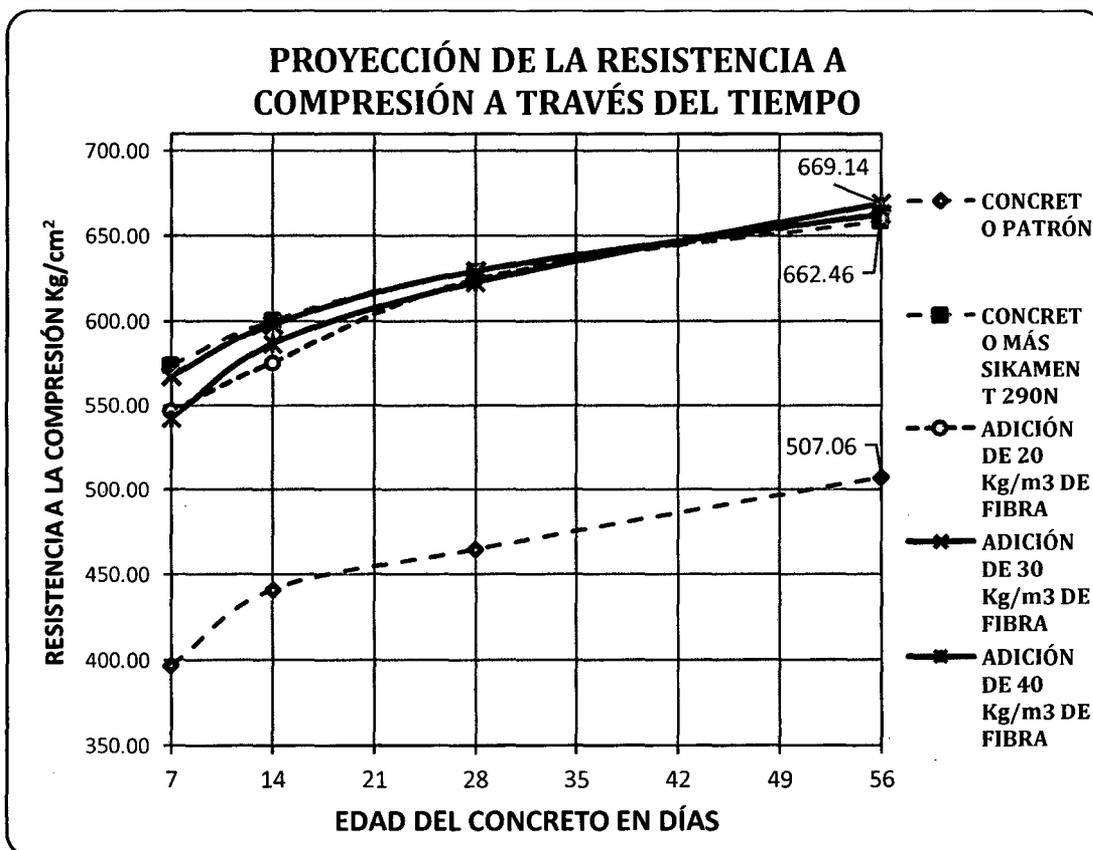


Gráfico N° 11: Proyección de la resistencia a compresión de los diferentes ensayos realizados a los 56 días de edad.

El **Gráfico N° 11** muestra una proyección de la resistencia a compresión del concreto a 56 días en todas las distintas dosificaciones, en este sentido se observa que el patrón llega a los 56 días con una resistencia a la compresión de 507.06 Kg/cm², mientras que tenemos una resistencia proyectada entre 662.46 Kg/cm² y 669.14 Kg/cm² para los concretos tanto concreto con Sikament 290N y concretos con adición de Sikament más fibra de acero en diferentes proporciones.

4.6. ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA

Para el presente ensayo se elaboraron 06 especímenes de concreto para cada edad (7, 14 y 28 días), haciendo un total de 18 especímenes para cada tipo de concreto (concreto patrón, concreto más Sikament 290N, concreto con adición de 20, 30 y 40 kg/m³ de fibra de acero), haciendo un total de 90 especímenes cilíndricos para los 5 tipos de concreto en estudio. Los resultados obtenidos se presentan en la tabla y gráfico que a continuación se muestran.

Tabla N° 14: Resistencia a la tracción indirecta promedio.

PROMEDIO DE ENSAYOS A TRACCIÓN Kg/cm²			
TIPO DE CONCRETO	EDAD DE ENSAYO		
	07 días	14 días	28 días
CONCRETO PATRÓN	27.07	29.62	31.51
CONCRETO MÁS SIKAMENT 290N	35.88	38.21	40.96
ADICIÓN DE 20 Kg/m³ DE FIBRA	40.29	45.14	48.52
ADICIÓN DE 30 Kg/m³ DE FIBRA	44.68	50.35	52.19
ADICIÓN DE 40 Kg/m³ DE FIBRA	43.53	47.97	51.50

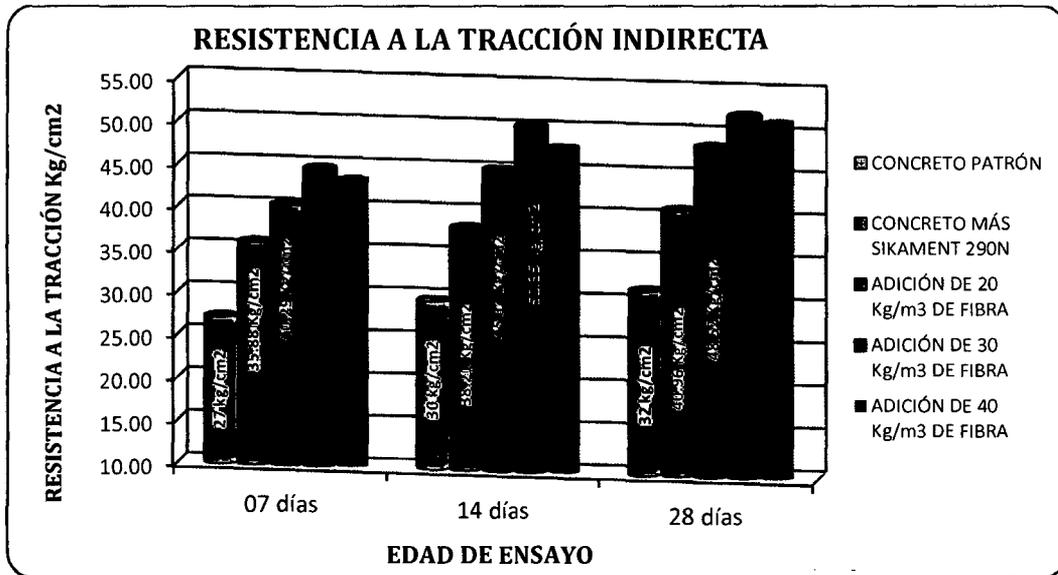


Gráfico N° 12: Promedio de la resistencia a tracción indirecta de los ensayos realizados.

Se aprecian los promedios de los resultados obtenidos de los diferentes ensayos realizados en laboratorio para los distintos tipos de concreto en estudio, los cuales dan muestra de la marcada diferencia producida por la adición de fibra de acero en la mezcla de concreto, cabe resaltar asimismo, que la adición de superplastificante (Sikament 290N) contribuye notablemente en favor de esta propiedad del concreto comparado con el concreto patrón, ya que con el tan solo hecho de incrementar su resistencia a compresión, también incrementa la resistencia a tracción del mismo ya que se estaría hablando de una matriz cementicia más resistente, tal y como se ve reflejada en la tabla y gráfico anteriores.

Asimismo cabe resaltar que para el presente estudio, los mejores resultados obtenidos en laboratorio son con adición de 30 kg/m³ de fibra de acero, ya que a los 28 días la resistencia a tracción indirecta es de 52.19 kg/cm², seguida de la mezcla con 40 kg/m³ de fibra de acero con una resistencia de 51.50 kg/cm², luego de la mezcla con 20 kg/m³ de fibra de acero con una resistencia a tracción de 48.52 kg/cm², por la mezcla con Sikament 290N con resistencia a la tracción de 40.96 kg/cm², y por último de la mezcla de concreto patrón con una resistencia a la tracción indirecta de 31.51 kg/cm².

Tabla N° 15: Variación porcentual de la resistencia a tracción indirecta ocasionada por la fibra de acero y el Sikament 290N respecto del concreto patrón.

VARIACIÓN PORCENTUAL DE ENSAYOS A TRACCIÓN RESPECTO AL PATRÓN (%)			
TIPO DE CONCRETO	Edad de ensayo		
	07 días	14 días	28 días
CONCRETO PATRÓN	100.00 %	100.00 %	100.00 %
CONCRETO MÁS SIKAMENT 290N	132.54 %	128.99 %	129.96 %
ADICIÓN DE 20 Kg/m ³ DE FIBRA	148.83 %	152.37 %	153.96 %
ADICIÓN DE 30 Kg/m ³ DE FIBRA	165.04 %	169.99 %	165.62 %
ADICIÓN DE 40 Kg/m ³ DE FIBRA	160.77 %	161.93 %	163.43 %
VARIACIÓN PORCENTUAL DE ENSAYOS A TRACCIÓN RESPECTO AL CONCRETO MÁS SIKAMENT (%)			
TIPO DE CONCRETO	Edad de ensayo		
	07 días	14 días	28 días
CONCRETO PATRÓN	75.45 %	77.52 %	76.95 %
CONCRETO MÁS SIKAMENT 290N	100.00 %	100.00 %	100.00 %
ADICIÓN DE 20 Kg/m ³ DE FIBRA	112.29 %	118.12 %	118.47 %
ADICIÓN DE 30 Kg/m ³ DE FIBRA	124.53 %	131.78 %	127.44 %
ADICIÓN DE 40 Kg/m ³ DE FIBRA	121.30 %	125.53 %	125.75 %



Gráfico N° 13: Variación porcentual de la resistencia a tracción indirecta producida por la fibra de acero y el Sikament 290N respecto al concreto patrón.

Tal como muestran la tabla y gráfico anteriores, a la edad de 7 días la mezcla con la que se ha obtenido mejores resultados es con la adición de 30 kg/m³ de fibra de acero, con la cual la resistencia a tracción indirecta promedio ha llegado a alcanzar el 165.04 %

comparada con el concreto patrón, seguida de la mezcla con 40 kg/m³, 20 kg/m³ de fibra de acero y por el concreto más Sikament 290N, respectivamente.

Asimismo, a la edad de 14 días la mezcla con el mejores resultados también es con la adición de 30 kg/m³ de fibra de acero, con la cual la resistencia a tracción indirecta alcanzada es el 169.99 % comparada con el concreto patrón, seguida también de la mezcla con 40 kg/m³, 20 kg/m³ de fibra de acero y por el concreto más Sikament 290N, respectivamente.

Finalmente, a la edad de 28 días la mezcla con el mejores resultados sigue siendo la con adición de 30 kg/m³ de fibra de acero, con la cual la resistencia a tracción indirecta alcanzada es el 165.62 % comparada con el concreto patrón, seguida también de la mezcla con 40 kg/m³, 20 kg/m³ de fibra de acero y por el concreto más Sikament 290N, respectivamente.

Lo cual demuestra que para ésta resistencia, la relación A/C (0.35) y el porcentaje de Sikament 290N (0.7% del peso del cemento) utilizados, el mejor resultado obtenido en los diferente ensayos realizados es con la adición de 30 kg/m³ de fibra de acero.

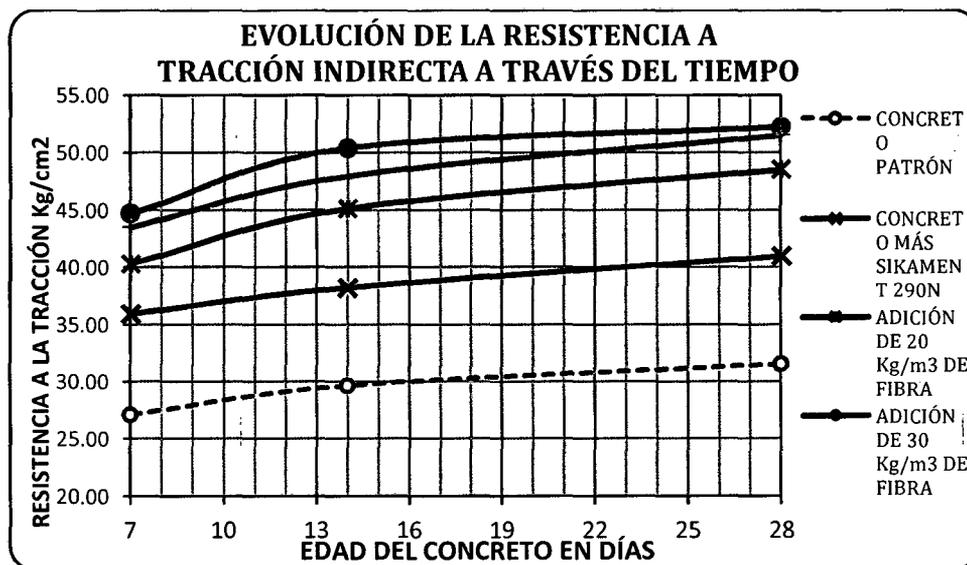


Gráfico N° 14: Evolución de la resistencia a tracción indirecta a través del tiempo para las diferentes muestras de concreto.

El Gráfico N° 14 nos muestra la manera como va evolucionando la resistencia a tracción indirecta de los diferentes tipos de concreto evaluados a través del tiempo, observándose que el mayor incremento en la resistencia se produce de los 7 a 14 días de edad, crecimiento que se ve disminuido de ahí en adelante. Asimismo se aprecia que en

cuanto a ésta propiedad (tracción indirecta) del concreto, se ha obtenido mejores resultados en el concreto con adición de 30 kg/m³ de fibra de acero, seguido del concreto con adición de 40 kg/m³ de fibra, luego del concreto con 20 kg/m³ de fibra de acero, seguido del concreto más Sikament 290N, con una amplia ventaja por encima del concreto patrón.

4.7. ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A FLEXIÓN

El ensayo de flexión fue realizado a 06 especímenes de concreto para cada edad (7, 14 y 28 días), haciendo un total de 18 especímenes para cada tipo de concreto (concreto patrón, concreto más Sikament 290N, concreto con adición de 20, 30 y 40 kg/m³ de fibra de acero), haciendo un total de 90 especímenes cilíndricos para los 5 tipos de concreto en estudio. Los resultados obtenidos se presentan en la tabla y gráfico que a continuación se muestran.

Tabla N° 16: Resistencia promedio a la flexión de los diferentes concretos en estudio.

PROMEDIO DE RESISTENCIA A FLEXIÓN (Kg/cm²)			
TIPO DE CONCRETO	EDAD DE ENSAYO		
	07 días	14 días	28 días
CONCRETO PATRÓN	42.34	45.87	47.40
CONCRETO MÁS SIKAMENT 290N	55.85	62.72	65.04
ADICIÓN DE 20 Kg/m³ DE FIBRA	58.81	67.57	74.52
ADICIÓN DE 30 Kg/m³ DE FIBRA	66.96	81.29	85.56
ADICIÓN DE 40 Kg/m³ DE FIBRA	64.64	72.36	81.31

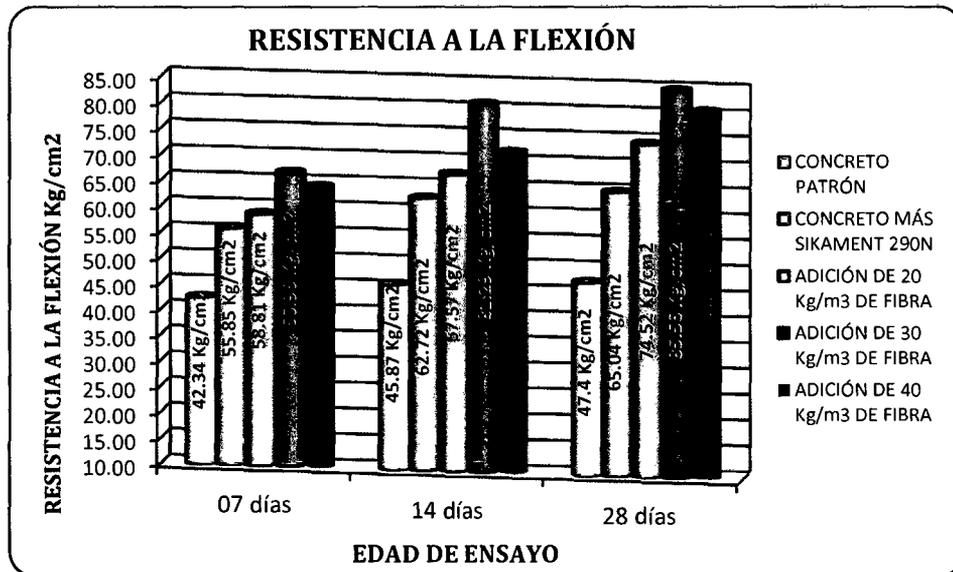


Gráfico N° 15: Resistencia promedio a la flexión de los diferentes concretos en estudio.

Tal como se observa en la tabla y gráfico anteriores, en lo concerniente a la resistencia a la flexión de las muestras elaboradas, los resultados obtenidos indican que tanto a 7, 14 y 28 días de edad, la mezcla con la que se obtuvo mejores resultados es la que contiene 30 kg/m³ de fibra de acero, con la cual se obtuvo una resistencia promedio a los 28 días de 85.56 kg/cm², seguida de la mezcla con adición de 40 kg/m³ de fibra de acero con una resistencia de 81.31 kg/cm², los especímenes con 20 kg/m³ de fibra de acero con una resistencia a la flexión de 74.52 kg/cm², concreto con Sikament 290N con una resistencia de 65.04 kg/cm², todos ellos superando en ampliamente a los especímenes de concreto patrón con los cuales se ha obtenido una resistencia a flexión de 47.40 kg/cm². Todos estos resultados son a los 28 días, pero cabe mencionar que tanto a 7 como a 14 días de edad, los resultados son también superados en el mismo orden por el concreto con adición de 30 kg/m³ de fibra de acero.

Tabla N° 17: Variación porcentual de la resistencia a la flexión de las diferentes muestras de concreto respecto al concreto patrón.

VARIACIÓN PORCENTUAL DE ENSAYOS A FLEXIÓN RESPECTO AL PATRÓN (%)			
TIPO DE CONCRETO	EDAD DE ENSAYO		
	07 días	14 días	28 días
CONCRETO PATRÓN	100.00 %	100.00 %	100.00 %
CONCRETO MÁS SIKAMENT 290N	131.91 %	136.74 %	137.21 %
ADICIÓN DE 20 Kg/m ³ DE FIBRA	138.88 %	147.31 %	157.20 %
ADICIÓN DE 30 Kg/m ³ DE FIBRA	158.14 %	177.22 %	180.50 %
ADICIÓN DE 40 Kg/m ³ DE FIBRA	152.66 %	157.74 %	171.52 %

VARIACIÓN PORCENTUAL DE ENSAYOS A FLEXIÓN RESPECTO AL CONCRETO MÁS SIKAMENT (%)			
TIPO DE CONCRETO	Edad de ensayo		
	07 días	14 días	28 días
CONCRETO PATRÓN	75.81 %	73.13 %	72.88 %
CONCRETO MÁS SIKAMENT 290N	100.00 %	100.00 %	100.00 %
ADICIÓN DE 20 Kg/m ³ DE FIBRA	105.29 %	107.73 %	114.57 %
ADICIÓN DE 30 Kg/m ³ DE FIBRA	119.88 %	129.61 %	131.55 %
ADICIÓN DE 40 Kg/m ³ DE FIBRA	115.73 %	115.36 %	125.00 %

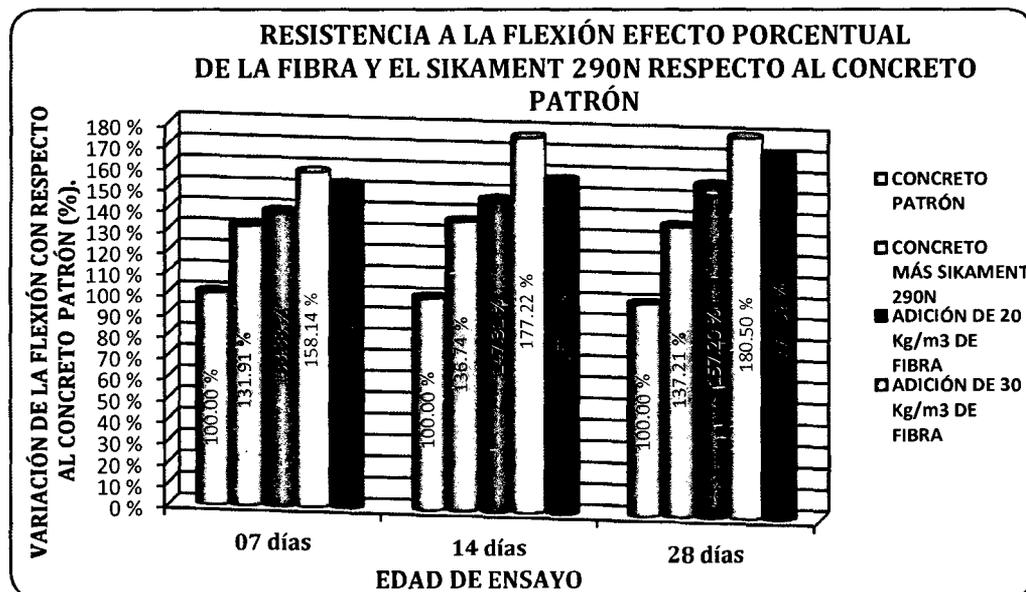


Gráfico N° 16: Variación porcentual de la resistencia a flexión de los especímenes de concreto por efecto del Sikament y la fibra respecto al concreto patrón.

Como se aprecia en la **Tabla N° 17** y el **Gráfico N° 16**, la variación porcentual del concreto producida por el Sikament 290N y la adición de fibra de acero, se ha obtenido

una mayor variación en las tres edades del concreto (7, 14, y 28 días) con la muestra con adición de 30 kg/m³ de fibra de acero, seguida del concreto con adición de 40 kg/m³ de fibra, luego por el que contiene 20 kg/m³ de fibra de acero, luego por el concreto mas Sikament 290N, y por último el concreto patrón, obteniéndose a los 28 días una variación porcentual de 180.50 %, 171.52 %, 157.20 %, 137.21 %, respectivamente, respecto al concreto patrón (100%).

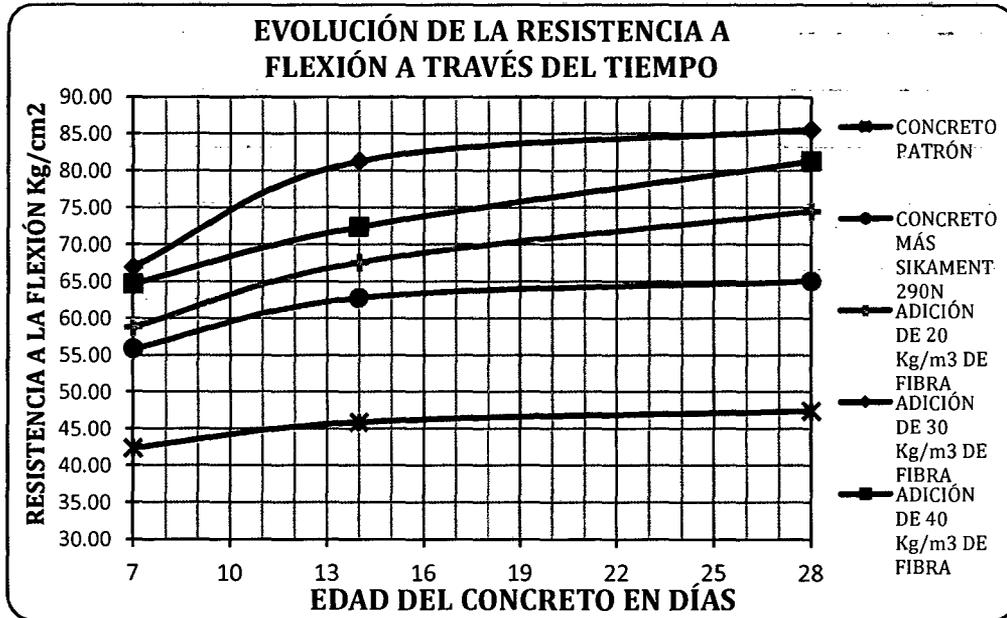


Gráfico N° 17: Evolución de la resistencia a flexión a través del tiempo.

Se observa que la resistencia a flexión del concreto al igual que las demás propiedades mecánicas del concreto, el mayor crecimiento de ésta se produce de los 7 a 14 días, de los 14 a 28 días no hay un crecimiento muy significativo, asimismo se muestra que el mejor resultado en esta propiedad, tal y como lo hemos mencionado anteriormente, es el obtenido con el concreto con adición de 30 kg/m³ de fibra de acero, tal como se muestra en la gráfica anterior.

4.8. ANÁLISIS DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD

El módulo de elasticidad del concreto fue determinado a las edades de 7, 14 y 28 días de edad de los especímenes de concreto elaborados, los resultados obtenidos se han representado de acuerdo a los métodos ACI 318S, Norma E 060, y según graficas de esfuerzo – deformación realizadas, tanto para ensayos de compresión, tracción indirecta y flexión. Cada uno de los cuales para los 5 diferentes tipos de concreto en estudio, (concreto patrón, concreto más Sikament 290N y concretos con adición de 20, 30 y 40

kg/m³ de fibra de acero). Los resultados obtenidos se muestran en las tablas que a continuación se muestran.

Tabla N° 18: Módulos de elasticidad de los diferentes tipos de concreto evaluados, según normas E.060, ACI 318S, y gráficas esfuerzo Vs. deformación.

EDAD	TIPO DE CONCRETO	MÓDULO DE ELASTICIDAD "Ec" (Kg/cm ²)		
		NORMA E.060	ACI 318S	GRÁFICA
7 DÍAS	C° PATRÓN	298768.03	305115.90	108768.91
	C° MÁS SIKAMENT 290N	359248.02	375510.58	157926.37
	C° CON ADICIÓN DE 20Kg/m ³ DE FIBRA	350652.85	367936.83	120928.21
	C° CON ADICIÓN DE 30Kg/m ³ DE FIBRA	357247.75	376275.57	136431.05
	C° CON ADICIÓN DE 40Kg/m ³ DE FIBRA	349232.73	367828.61	119933.36
14 DÍAS	C° PATRÓN	314986.89	321292.56	110096.02
	C° MÁS SIKAMENT 290N	367495.72	383621.68	142555.18
	C° CON ADICIÓN DE 20Kg/m ³ DE FIBRA	359712.72	377231.31	130436.27
	C° CON ADICIÓN DE 30Kg/m ³ DE FIBRA	366775.23	387221.97	128379.69
	C° CON ADICIÓN DE 40Kg/m ³ DE FIBRA	363207.71	383417.51	121028.66
28 DÍAS	C° PATRÓN	323271.27	330750.69	120945.15
	C° MÁS SIKAMENT 290N	376184.70	392555.81	142413.98
	C° CON ADICIÓN DE 20Kg/m ³ DE FIBRA	374738.33	393544.21	140537.93
	C° CON ADICIÓN DE 30Kg/m ³ DE FIBRA	376291.42	397397.00	133990.35
	C° CON ADICIÓN DE 40Kg/m ³ DE FIBRA	374248.72	393234.14	124212.16

La Tabla N° 18, muestra los módulos de elasticidad de los diferentes porcentajes de adición de fibra, ensayados a los 07, 14 y 28 días de edad, según las normas ACI 318S, E. 060 y según gráficas esfuerzo Vs. Deformación. Tal como se puede apreciar, los módulos obtenidos por Norma E.060 aumentan con la adición de Sikament 290N, esto debido a que según este método el módulo de elasticidad está en función del esfuerzo de rotura y este decrece levemente con la adición de fibra de acero, ya que tal como se ha mostrado anteriormente, la resistencia de rotura decrece levemente con la adición de fibra. Según el método del ACI 318S se observa que el módulo crece levemente cuando más alta sea la adición de fibra, esto porque está en función del esfuerzo de rotura y el peso unitario del concreto endurecido y este último incrementa cuando más alta es la

adición de fibra con la excepción del concreto con 40 kg/m³ de fibra que decae relativamente. Los módulos obtenidos por las gráficas realizadas mediante el esfuerzo y deformación de los especímenes de concreto, se observa que no tiene una tendencia definida, además de ello son menores del 50% de los resultados obtenidos mediante las normas ACI 318S y E. 060, esto debido a que como son obtenidos experimentalmente y no solo muestra las deformaciones de los especímenes sino también la deformación que sufren las almohadillas de neopreno que se coloca durante el ensayo a las probetas hasta que se aplique la carga, de ahí que la mayoría de los gráficos esfuerzo vs deformación muestran una tendencia parabólica convexa en los primeros tramos y cóncava (como debería ser) en los últimos tramos, debido a las deformaciones excesivas en los primeros segundos del ensayo.

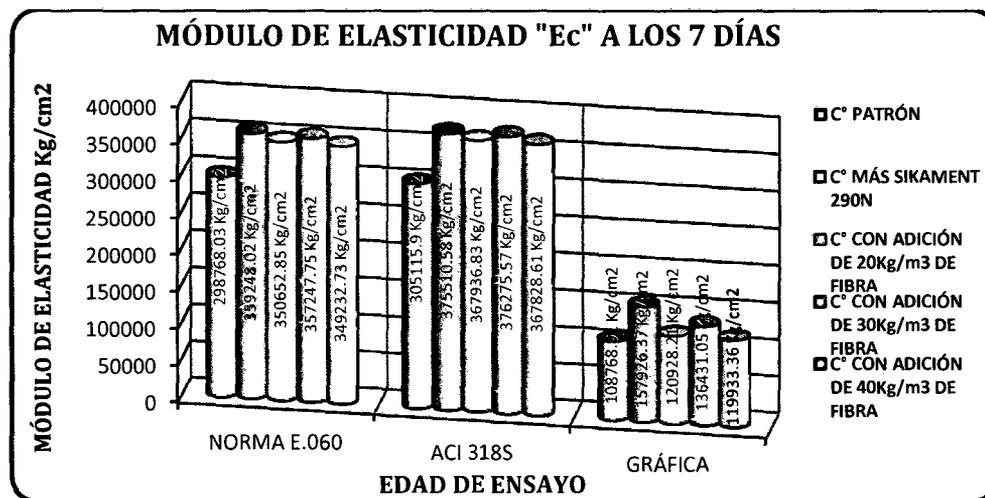


Gráfico N° 18: Módulos de elasticidad de los diferentes tipos de concreto evaluados, según normas E.060, ACI 318S, y gráfica esfuerzo Vs. Deformación, a 7 días de edad.

El Gráfico N° 18, muestra los módulos de elasticidad a los 07 días de edad, se observa que según Norma E.060 se tiene un módulo de elasticidad comprendido entre 298768.03 Kg/cm² y 359248.02 Kg/cm², para los diferentes tipos de concreto (concreto Patrón, con Sikament 290N, con 20, 30 y 40 kg/m³ de fibra de acero). Para el ACI se tiene un módulo de elasticidad comprendido entre 305115.90 Kg/cm² y 376275.57 Kg/cm², para los diferentes tipos de concreto evaluados. Los módulos de elasticidad obtenidos de las Gráficas esfuerzo vs deformación están comprendido entre 108768.91 Kg/cm² y 157926.37 Kg/cm².

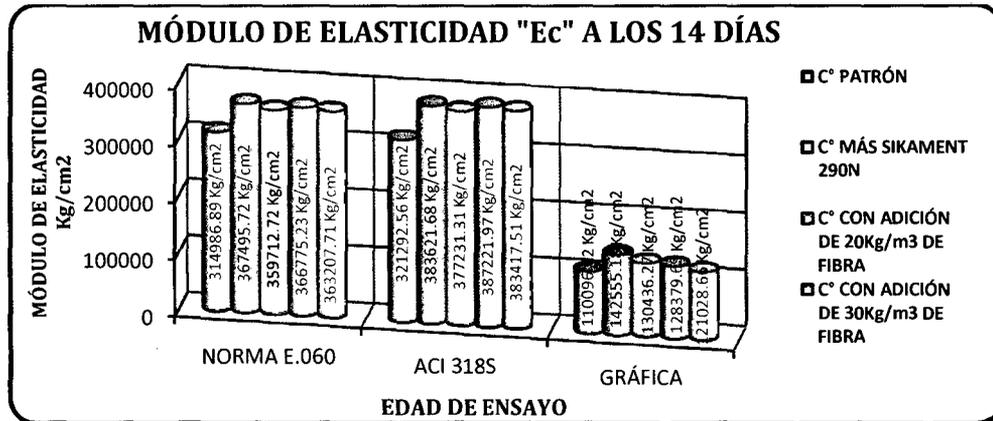


Gráfico N° 19: Módulos de elasticidad de los diferentes tipos de concreto evaluados, según normas E.060, ACI 318S, y gráfica esfuerzo Vs. Deformación, a 14 días de edad.

Asimismo, el Gráfico N° 19, muestra los módulos de elasticidad a los 14 días de edad, se observa que según Norma E.060 se tiene un módulo de elasticidad comprendido entre 314986.89 Kg/cm² y 367495.72 Kg/cm², para los diferentes concretos (concreto Patrón, con Sikament 290N, con 20, 30 y 40 kg/m³ de fibra de acero). Para el ACI se tiene un módulo de elasticidad comprendido entre 321292.56 Kg/cm² y 387221.97 Kg/cm², para los diferentes casos. Los módulos de elasticidad obtenidos de las Gráficas esfuerzo vs deformación están comprendido entre 110096.02 Kg/cm² y 142555.18 Kg/cm².

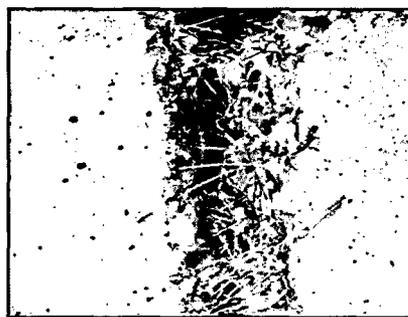


Gráfico N° 20: Módulos de elasticidad de los diferentes tipos de concreto evaluados, según normas E.060, ACI 318S, y gráfica esfuerzo Vs. Deformación, a 28 días de edad.

El Gráfico N° 20, muestra los módulos de elasticidad a los 28 días de edad, según Norma E.060 se tiene un módulo de elasticidad comprendido entre 323271.27 Kg/cm² y 376291.42 Kg/cm², para los diferentes tipos de concreto en estudio. Para el ACI se tiene un módulo de elasticidad comprendido entre 330750.69 Kg/cm² y 397397.00 Kg/cm², para los diferentes casos. Los módulos de elasticidad obtenidos de las Gráficas esfuerzo vs deformación están comprendido entre 120945.15 Kg/cm² y 142413.98 Kg/cm².

4.9. ANÁLISIS DE LA FISURA DE ESPECÍMENES:

Técnicamente, las fibras metálicas brindan control del agrietamiento mediante su acción de “cosido” durante el asentamiento o contracción plástica del concreto y después de que el concreto se ha endurecido, especialmente en elementos de sección esbelta o superficies expuestas a la evaporación, mejorando el acabado de los elementos vaciados y disminuyendo la presencia de fisuras en la superficie. Por tanto, la adición de fibras de acero promueve concretos con mejores desempeños y con mayor durabilidad.



4.9.1. ENSAYOS A TRACCIÓN INDIRECTA:

Se determinó el ancho y longitud transversal de fisura de los especímenes de concreto ensayados a tracción indirecta, con el objetivo de tener una idea del comportamiento del concreto reforzado con fibra. Al adicionar fibra de acero al concreto, que es un material frágil, intentamos convertirlo en un material más dúctil y actuar sobre la fisuración de la matriz, de forma que mediante su acción de “cosido”, reduzca el ancho y longitud de fisura, tal como se muestra a continuación en la **Tabla N° 19**, y gráfico.

Tabla N° 19: Anchos y longitudes de fisura en especímenes ensayados a Tracción Indirecta.

TIPO DE CONCRETO	EDAD DE ENSAYO			VARIACIÓN DE LA FISURA A LOS 28 DIAS RESPECTO AL PATRON
	07 días	14 días	28 días	
ANCHO DE LA FISURA EN "mm"				
CONCRETO PATRÓN	2.15	2.42	2.24	—
CONCRETO MÁS SIKAMENT 290N	2.62	2.49	2.50	12.01 %
ADICIÓN DE 20 Kg/m ³ DE FIBRA	0.93	0.98	1.19	-46.61 %
ADICIÓN DE 30 Kg/m ³ DE FIBRA	0.81	1.02	1.01	-55.03 %
ADICIÓN DE 40 Kg/m ³ DE FIBRA	1.28	1.14	1.04	-53.39 %
LONGITUD TRANSV. DE LA FISURA EN "mm"				
CONCRETO PATRÓN	151.19	151.44	151.98	—
CONCRETO MÁS SIKAMENT 290N	152.66	152.78	152.96	0.65 %
ADICIÓN DE 20 Kg/m ³ DE FIBRA	151.93	152.12	152.16	0.12 %
ADICIÓN DE 30 Kg/m ³ DE FIBRA	151.96	138.76	139.60	-8.15 %
ADICIÓN DE 40 Kg/m ³ DE FIBRA	143.24	142.00	141.77	-6.72 %

Como se muestra en la **Tabla N° 19**, los anchos de las fisuras de los especímenes de concreto ensayados disminuyen considerablemente con la adición de fibra de acero, sin embargo en el caso de sus longitudes no hay una variación muy considerable, ya que casi en todos los casos la fisura abarca todo el diámetro de las probetas ensayadas.

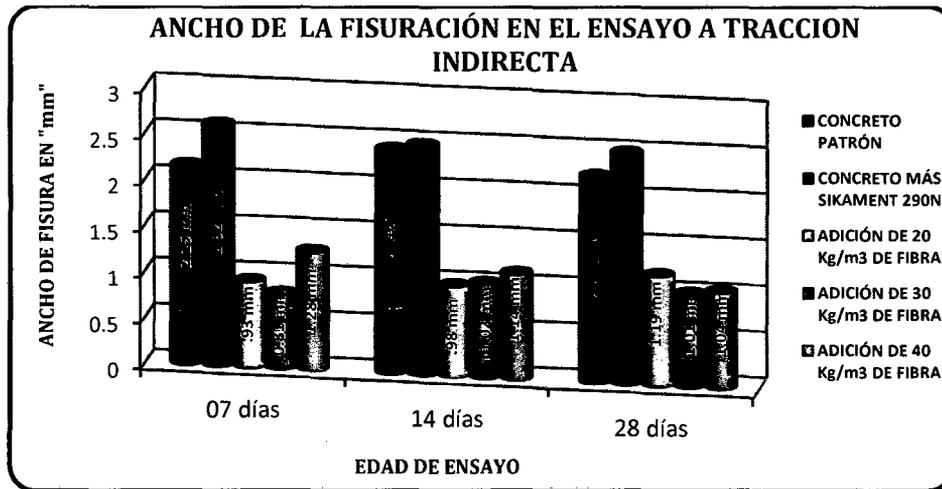


Gráfico N° 21: Ancho de la fisura de los especímenes ensayados a tracción indirecta.

El **Gráfico N° 21**, muestra claramente que el ancho de la fisura en los especímenes disminuye considerablemente con la adición de fibra de acero, ya que ésta le proporciona un “cocido” en la pasta de cemento, lo cual permite que la fisura se reduzca. Sin embargo cabe resaltar que en el caso de las muestras con adición de 40 kg/m³ de fibra de acero, tanto a 7 y 14 días de edad los anchos de fisura son mayores que en los casos con adición de 20 y 30 kg/m³ de fibra, lo cual resulta un poco ilógico, sin embargo eso se debería al porcentaje de vacíos atrapado en las muestras con 40 kg de fibra que es mayor que en los otros casos, tal como se ha explicado en el ítem de pesos unitarios del concreto fresco y endurecido, sin embargo a los 28 días de edad los resultados son muy similares entre los concretos con 30 y 40 kg/m³ de adición de fibra de acero, obteniéndose un ancho de fisura de 1.01 mm y 1.04 mm respectivamente.

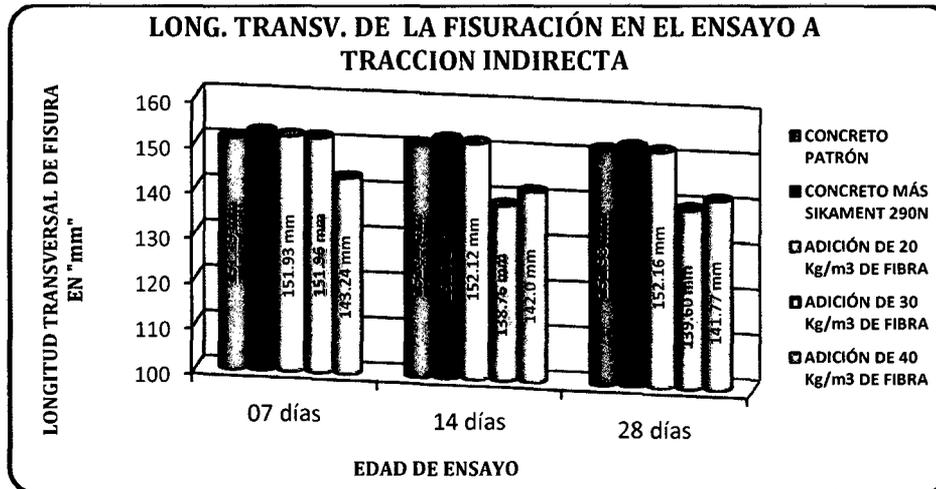


Gráfico N° 22: Longitud transversal de la fisura de los ensayos a tracción indirecta.

El Gráfico N° 22, muestra las longitudes de la fisura en los especímenes, sin embargo en este caso ésta no disminuye considerablemente, ya que casi por lo general la falla se produce a lo largo de todo el diámetro de los especímenes, disminuyendo levemente aproximadamente 10 mm en promedio en los casos con adición fibra, lo cual no es muy considerable.

4.9.2. FISURA DE ESPECÍMENES ENSAYADOS A FLEXIÓN:

Al igual que en el caso de tracción indirecta, se determinó el ancho y longitud de la fisura de los especímenes de concreto ensayados a flexión, con el objetivo de determinar la influencia de los porcentajes de fibra adicionada a la fisuración del concreto. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla y gráficos que a continuación se muestran.

Tabla N° 20: Anchos y longitudes de fisura de especímenes ensayados a Flexión.

TIPO DE CONCRETO	Edad de ensayo			VARIACIÓN DE LA FISURA A LOS 28 DÍAS RESPECTO AL PATRON
	07 días	14 días	28 días	
ANCHO DE LA FISURA EN "mm"				
CONCRETO PATRÓN	6.60	4.86	3.57	—
CONCRETO MÁS SIKAMENT 290N	5.96	4.91	4.45	24.50 %
ADICIÓN DE 20 Kg/m ³ DE FIBRA	2.14	1.85	1.52	-57.35 %
ADICIÓN DE 30 Kg/m ³ DE FIBRA	1.60	1.21	1.22	-65.98 %
ADICIÓN DE 40 Kg/m ³ DE FIBRA	1.14	1.05	0.98	-72.61 %
LONGITUD DE LA FISURA EN "mm"				
CONCRETO PATRÓN	149.41	147.88	148.12	—
CONCRETO MÁS SIKAMENT 290N	149.85	147.64	146.31	-1.23 %
ADICIÓN DE 20 Kg/m ³ DE FIBRA	117.45	127.66	116.27	-21.50 %
ADICIÓN DE 30 Kg/m ³ DE FIBRA	128.08	113.62	100.29	-32.29 %
ADICIÓN DE 40 Kg/m ³ DE FIBRA	126.65	125.25	103.19	-30.33 %

Tal como se puede apreciar en la **Tabla N° 20**, la longitud y el ancho de la fisura en los especímenes a flexión mejora considerablemente. En el caso del ancho de fisura, mejora progresivamente a medida que se incrementa el porcentaje de adición de fibra de acero en la mezcla de concreto (20, 30 y 40 kg/m³ de fibra de acero), en todos los casos la mejora es notable. En cuanto a la longitud de fisura esta mejora con la adición de fibra de acero, sin embargo no se muestra un orden o secuencia ni con la edad ni con el porcentaje de adición de fibra en las mezclas evaluadas.

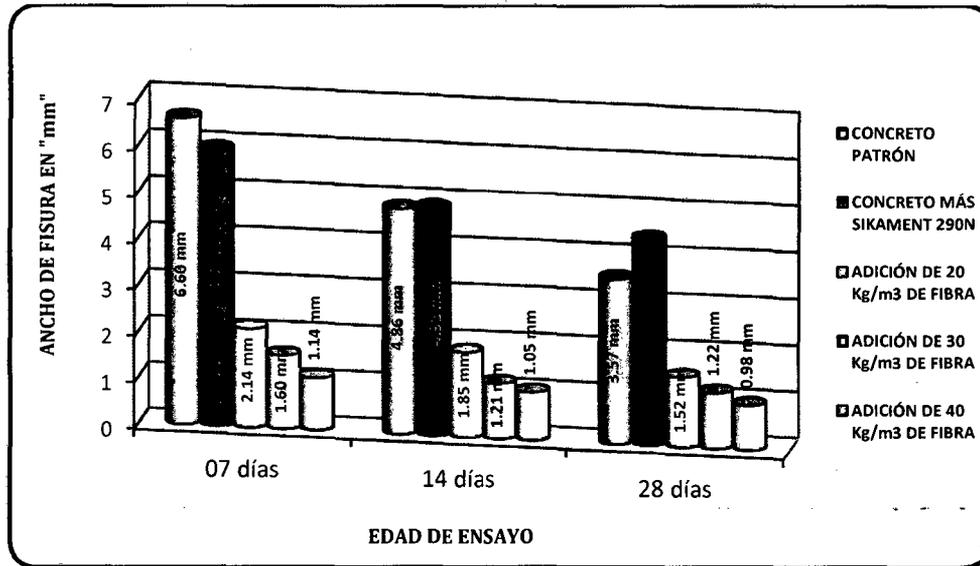


Gráfico N° 23: Longitud transversal de fisura de los especímenes ensayados a Flexión.

El Gráfico N° 23, muestra que el ancho de fisura de los especímenes evaluados a flexión mejoran sustancialmente y de manera progresiva tanto en el tiempo como con el incremento de adición de fibra de acero, lo cual muestra que el "cocido" proporcionado por la fibra en la pasta de cemento es importante. Asimismo es necesario acotar que el mejor resultado obtenido en este caso es con la adición de 40 kg/m³ de fibra de acero, seguido de los especímenes con 30 kg/m³ de fibra y por el caso con 20kg/m³ de fibra, con anchos de fisura de 0.98 mm, 1.22 mm y 1.52 mm respectivamente.

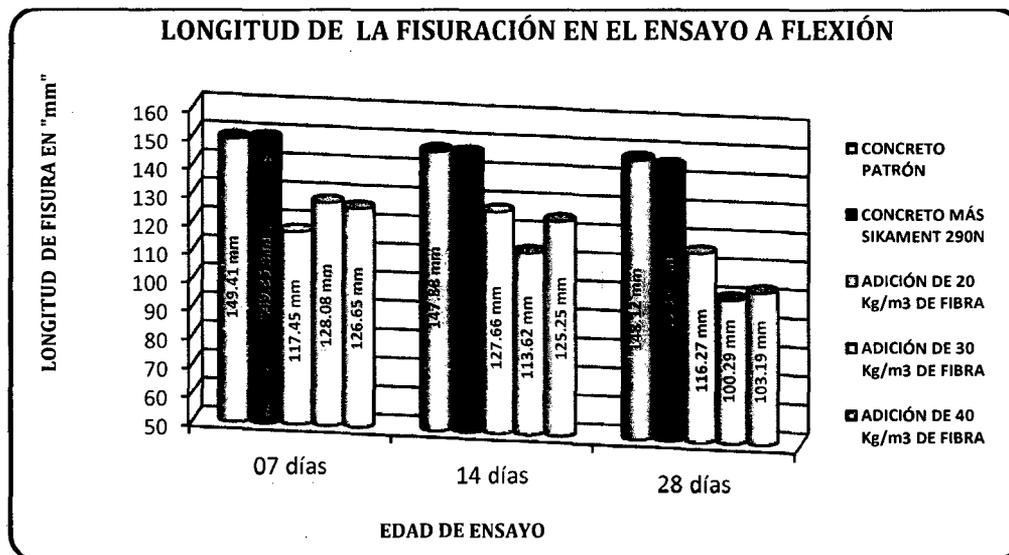


Gráfico N° 24: Longitud transversal de fisura de los ensayos a Flexión.

Tal como se aprecia en el gráfico anterior, la longitud de fisura de los especímenes ensayados a flexión si mejora con la adición de fibra de acero en la mezcla, sin embargo

no se muestra una mejora sustancial tanto en el tiempo a los 7 y 14 días de edad, pero si se muestra una mejora a los 28 días, asimismo tampoco existe un orden progresivo en la mejora de esta propiedad a medida que se incrementa el porcentaje de fibra en la mezcla, pero también es notoria la mejora de los resultados obtenidos a los 28 días de edad de los especímenes elaborado, llegándose a obtener para el concreto patrón 148.12 mm, para el concreto más Sikament 290N 146.31 mm, para el concreto con adición de 20 kg/m³ de fibra de acero una fisura de 116.27 mm, para el concreto con 30 kg/m³ de fibra una fisura de 100.28 mm y para el concreto con 40 kg/m³ de fibra de acero una fisura de 103.19 mm de longitud. Estos resultados muestran que en el caso del concreto con 30 kg/m³ de fibra de acero brinda mejores resultados que en los casos con 20, y 40 kg/m³ de fibra.

4.10. ANÁLISIS DEL TIPO DE FALLA DE ESPECIMENES A COMPRESIÓN:

De acuerdo a la norma NTP 339.034 (ver Imagen N° 32), se ha observado y registrado los diferentes tipos de falla de los ensayos a compresión realizados en laboratorio, cuyo análisis se ha realizado para todos los tipos de concreto en evaluación (Patrón, Concreto mas Sikament 290N, Concreto con 20, 30 y 40 kg/m³ de fibra de acero), y a las diferentes edades de ensayo (7, 14 y 28 días), evaluándose 90 especímenes de concreto a compresión, tal como se muestra a continuación.

Tabla N° 21: Tipos de falla obtenidos en los diferentes tipos de concreto.

TIPO DE CONCRETO	TIPO DE FALLA					TOTAL PROBETAS
	TIPO 2	TIPO 3	TIPO 4	TIPO 5	TIPO 6	
C° PATRÓN	0	2	1	14	1	18
C° MAS SIKAMENT 290N	2	2	0	12	2	18
C° CON ADICIÓN DE 20Kg/m ³ DE FIBRA	4	9	0	5	0	18
C° CON ADICIÓN DE 30Kg/m ³ DE FIBRA	2	9	2	5	0	18
C° CON ADICIÓN DE 40Kg/m ³ DE FIBRA	3	8	1	3	3	18
TOTAL PROBETAS						90

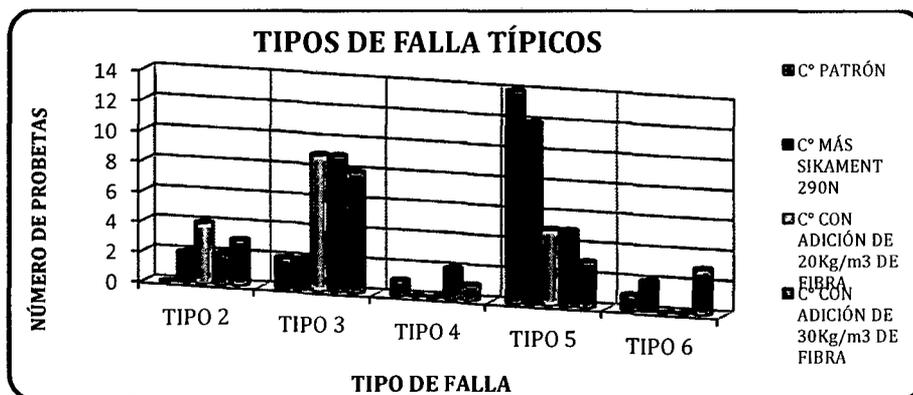


Gráfico N° 25: Longitud transversal de fisura de los ensayos a Flexión.

La tabla y gráfico anteriores muestran que en la gran mayoría de especímenes evaluados, el tipo de falla más común es el de tipo 5 que particularmente es el que más se ha presentado tanto en concreto patrón como en concreto con Sikament 290N, sin embargo para el concreto con adición de fibra de acero tanto con 20, 30 y 40 kg/m³ de fibra, el modo de falla más común es el de tipo 3, con algunos casos aislados de fallas de tipo 2, 4 y tipo 6.

Tabla N° 22: Porcentajes de falla registradas en los ensayos a compresión.

TIPO DE FALLA	CANTIDAD	PORCENTAJE
TIPO 2	11	12.22 %
TIPO 3	30	33.33 %
TIPO 4	4	4.44 %
TIPO 5	39	43.33 %
TIPO 6	6	6.67 %
TOTAL	90	100.00 %



Gráfico N° 26: Porcentajes de falla típicas registradas en los ensayos a compresión.

La Tabla N° 22 y Gráfico N° 26, muestran porcentualmente los tipos de falla obtenidos en los diferentes ensayos realizados. Dando como resultado a la falla de tipo 5 con mayor incidencia con 43.33%, seguido de la falla de tipo 3 con 33.33%, falla de tipo 2 con 12.22%, falla de tipo 6 con 6.67% y por último la falla de tipo 4 con 4.44%.

4.11. ANÁLISIS DEL MODO DE FALLA DE ESPECÍMENES A COMPRESIÓN

La falla estructural se produce cuando el elemento no puede cumplir su función de transmisión de esfuerzos o de retención de presión como se encuentra previsto en el diseño del elemento es decir la falla se produce cuando el elemento se torna incapaz de resistir los esfuerzos previstos en el diseño, esto obedece fundamentalmente a que en general se tiende a considerar el proceso global de deformación plástica que conduce al proceso de fractura.

Así pues, en este estudio se ha considerado evaluar el modo de falla de los especímenes a compresión, determinando cuan súbita es esta falla, evaluando la fragilidad o ductilidad, de las mismas, los resultados obtenidos se muestran a continuación.

Tabla N° 23: Modos de falla más comunes registrados en los ensayos a compresión.

TIPO DE CONCRETO	MODO DE FALLA		TOTAL PROBETAS
	FRÁGIL	DÚCTIL	
C° PATRÓN	16	2	18
C° MÁS SIKAMENT 290N	18	0	18
C° CON ADICIÓN DE 20Kg/m ³ DE FIBRA	4	14	18
C° CON ADICIÓN DE 30Kg/m ³ DE FIBRA	4	14	18
C° CON ADICIÓN DE 40Kg/m ³ DE FIBRA	0	18	18
TOTAL DE PROBETAS			90



Gráfico N° 27: Modos de falla comunes registrados en los ensayos a compresión.

Tal como se muestra en la **Tabla N° 23** y en el **Gráfico N° 27**, se aprecia que en los casos de concreto patrón, y concreto más Sikament 290N el modo de falla más común es la Falla Frágil, sin embargo a medida que se incrementa el porcentaje de adición de fibra de acero en la mezcla el modo de falla predominante es la falla Dúctil, mostrando mejores resultados en el caso de concreto con adición de 40 kg/m³ de fibra de acero. Asimismo es muy importante contar con esta cualidad del concreto en las estructuras y edificaciones de gran envergadura, ya que ésta se podría convertir en un riesgo si por algún motivo la estructura fallara, ya que pondría en peligro las vidas humanas.

Tabla N° 24: Porcentajes de los modos de falla registrados a compresión.

MODO DE FALLA	CANTIDAD SIN FIBRA	CANTIDAD CON FIBRA	% SIN FIBRA	% CON FIBRA
FRÁGIL	34	8	94.44 %	14.81 %
DÚCTIL	2	46	5.56 %	85.19 %
TOTAL	36	54	100.00 %	100.00 %



Gráfico N° 28: Porcentajes de los modos de falla registrados en especímenes sin fibra de acero.

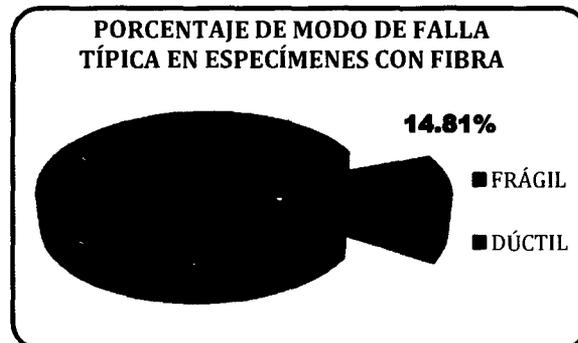


Gráfico N° 29: Porcentajes de los modos de falla registrados en especímenes con fibra.

En el Gráfico N° 28, Gráfico N° 29 y en la Tabla N° 24, se aprecia los porcentajes de modo de falla de los especímenes evaluados a compresión para los diferentes tipos de concreto (Concreto Patrón, Concreto más Sikament 290N, concreto con adición de 20, 30 y 40 kg/m³ de fibra de acero), apreciándose que el modo de Falla Dúctil predomina con el 85.19% en los casos con adición de fibra y la Falla Frágil cuenta con el 94.44% de especímenes sin fibra de acero ensayados.

4.12. ANÁLISIS DE COSTOS.

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

- Agregado Fino: Cantera “Roca Fuerte”.
- Agregado Grueso: Cantera “Roca Fuerte”.

- Cemento: Pacasmayo Tipo I.
- Agua: Del campus universitario.
- Aditivo Superplastificante: Sikament 290N.
- Fibra de Acero: Sika Fiber CHO 80/60 NB.

Los costos obtenidos por el tesista para la fabricación de una unidad cubica de concreto son los siguientes:

Tabla N° 25: Costos por unidad cúbica de concreto.

TIPO DE CONCRETO	DESCRIPCIÓN	UND	CANTIDAD	P.U. (S/.)	PARCIAL (S/.)	TOTAL (S/.)
PATRÓN	CEMENTO	Bls	13.90	22.50	312.75	347.77
	AGUA	m ³	0.201	2.00	0.40	
	AGREGADO FINO	m ³	0.272	60.00	16.32	
	AGREGADO GRUESO	m ³	0.305	60.00	18.30	
CONC. MÁS SIKAMENT 290N	CEMENTO	Kg	11.83	22.50	266.18	336.47
	AGUA	Lts	0.165	2.00	0.33	
	AGREGADO FINO	m ³	0.301	60.00	18.06	
	AGREGADO GRUESO	m ³	0.337	60.00	20.22	
	SIKAMENT 290N	Lts	3.520	9.00	31.68	
CONC. CON ADICIÓN DE 20Kg/m ³ DE FIBRA	CEMENTO	Bls	11.83	22.50	266.18	477.83
	AGUA	m ³	0.165	2.00	0.33	
	AGREGADO FINO	m ³	0.299	60.00	17.94	
	AGREGADO GRUESO	m ³	0.335	60.00	20.10	
	SIKAMENT 290N	Lts	3.520	9.00	31.68	
	FIBRA DE ACERO	Kg	20.00	7.08	141.60	
CONC. CON ADICIÓN DE 30Kg/m ³ DE FIBRA	CEMENTO	Bls	11.83	22.50	266.18	548.63
	AGUA	m ³	0.165	2.00	0.33	
	AGREGADO FINO	m ³	0.299	60.00	17.94	
	AGREGADO GRUESO	m ³	0.335	60.00	20.10	
	SIKAMENT 290N	Lts	3.520	9.00	31.68	
	FIBRA DE ACERO	Kg	30.00	7.08	212.40	
CONC. CON ADICIÓN DE 40Kg/m ³ DE FIBRA	CEMENTO	Bls	11.83	22.50	266.18	619.31
	AGUA	m ³	0.165	2.00	0.33	
	AGREGADO FINO	m ³	0.298	60.00	17.88	
	AGREGADO GRUESO	m ³	0.334	60.00	20.04	
	SIKAMENT 290N	Lts	3.52	9.00	31.68	
	FIBRA DE ACERO	Kg	40.00	7.08	283.20	

La *Tabla N° 25*, muestra los costos por metro cubico de concreto evaluados, mostrando como concreto más económico al concreto mas Sikament 290N, con un costo de S/. 336.47 por metro cubico, el concreto patrón con un costo de S/. 347.77 por metro cubico, concreto con adición de 20 kg/m³ de fibra de acero un costo de S/. 477.83, concreto con adición de 30 kg/m³ de fibra un costo de 548.63 nuevos soles, y por último el concreto más costoso es el con adición de 40 kg/m³ de fibra de acero costando S/. 619.31 la unidad cubica de concreto.

Tabla N° 26: Costos Vs Esfuerzo a Compresión a los 28 días de edad.

TIPO DE CONCRETO	COSTO (S/.)	ESF. COMPRESION (28) Kg/cm ²	Costo/Esf.	VARIACIÓN
CONC. PATRÓN	347.77	464.50	0.75	-----
CONC. CON SIKAMENT 290N	336.47	629.02	0.53	-28.56 %
ADICIÓN DE 20 Kg/m ³ DEFIBRA	477.83	624.19	0.77	2.24 %
ADICIÓN DE 30 Kg/m ³ DE FIBRA	548.63	629.36	0.87	16.43 %
ADICIÓN DE 40 Kg/m ³ DE FIBRA	619.31	622.57	0.99	32.86 %

Tabla N° 27: Costo Vs Esfuerzo a Tracción Indirecta ensayado a 28 días.

TIPO DE CONCRETO	COSTO (S/.)	ESF. TRACCIÓN (28) Kg/cm ²	Costo/Esf.	VARIACIÓN
CONC. PATRÓN	347.77	31.51	11.04	-----
CONC. CON SIKAMENT 290N	336.47	40.96	8.22	-25.56 %
ADICIÓN DE 20 Kg/m ³ DE FIBRA	477.83	48.52	9.85	-10.76 %
ADICIÓN DE 30 Kg/m ³ DE FIBRA	548.63	52.19	10.51	-4.75 %
ADICIÓN DE 40 Kg/m ³ DE FIBRA	619.31	51.50	12.02	8.96 %

Tabla N° 28: Costos Vs Esfuerzo a Flexión ensaya a 28 días de edad.

TIPO DE CONCRETO	COSTO (S/.)	ESF. A FLEXIÓN (28) Kg/cm ²	Costo/Esf.	VARIACIÓN
CONC. PATRÓN	347.77	47.40	7.34	-----
CONC. CON SIKAMENT 290N	336.47	65.04	5.17	-29.49 %
ADICIÓN DE 20 Kg/m ³ DE FIBRA	477.83	74.52	6.41	-12.60 %
ADICIÓN DE 30 Kg/m ³ DE FIBRA	548.63	85.56	6.41	-12.60 %
ADICIÓN DE 40 Kg/m ³ DE FIBRA	619.31	81.31	7.62	3.82 %

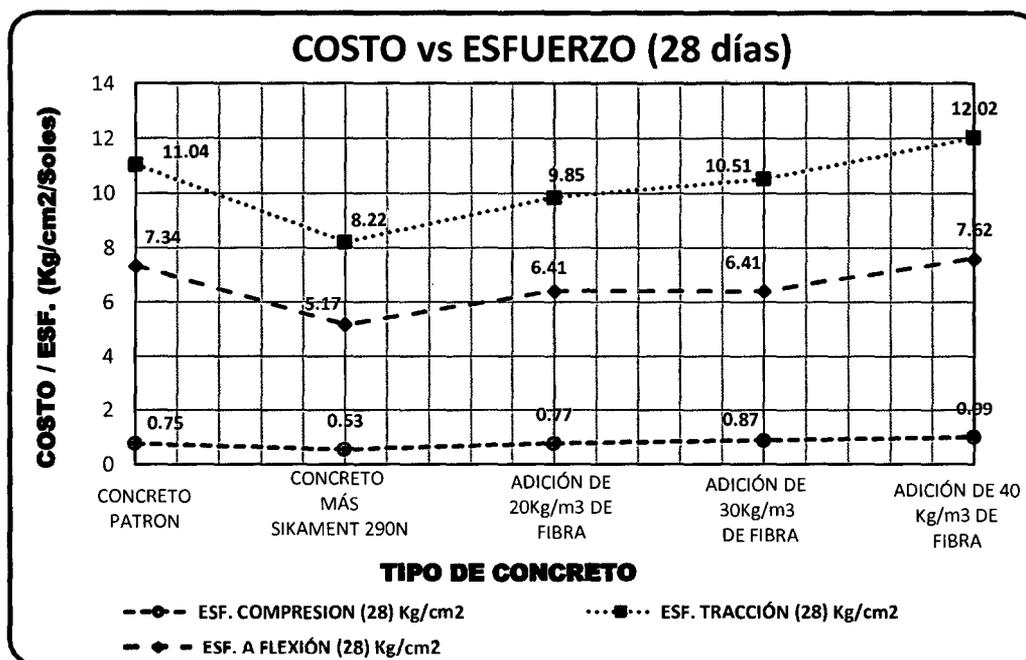


Gráfico N° 30: Costo Vs. Esfuerzo a la Compresión, Tracción y Flexión de los diferentes tipos de concreto evaluados.

El Gráfico N° 30, Tabla N° 26, Tabla N° 27 y Tabla N° 28, muestran la relación entre el costo por unidad cubica de concreto en estudio comparada con el esfuerzo tanto

a compresión, tracción y flexión de los especímenes a los 28 días de edad, los resultados los podemos interpretar de la siguiente manera:

En Compresión, si comparamos el concreto patrón con el concreto más Sikament 290N, se aprecia una variación de -28.56%, lo cual nos indica que en esta propiedad económicamente es más beneficioso el concreto con Sikament, sin embargo si comparamos el concreto patrón con los casos con adición de fibra de acero, se muestra una variación de hasta 32.86%, lo cual nos refleja que económicamente no es conveniente la adición de la mencionada fibra, tal como también se ve reflejada en la pendientes a compresión en la gráfica anterior.

En Tracción, se aprecia la pendiente negativa de la gráfica, lo cual nos muestra que en éste caso el concreto patrón resulta menos beneficioso respecto a la resistencia al esfuerzo que nos brinda comparado con el concreto con Sikament 290N, y los concretos con adición de 20 y 30 kg/m³ de fibra de acero, mostrándose lo contrario con el caso con adición de 40 kg/m³ de fibra en el cual es menos beneficioso por el costo muy elevado.

En Flexión, en este caso al igual que en el caso a tracción, resulta más beneficioso los concretos tanto con Sikament, con 20 y 30 kg/m³ de fibra de acero, ya y también el esfuerzo comparado con el costo ofrecidos a los 28 días resulta más beneficioso que el ofrecido por el concreto patrón, y que también por el concreto con 40 kg/m³ de fibra, e este último el esfuerzo ofrecido es importante pero el costo es muy elevado, lo cual no resultaría conveniente para su uso.

4.13. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL USO DE FIBRA DE ACERO EN EL CONCRETO.

Tabla N° 29: Cuadro comparativo de las ventajas y desventajas del concreto reforzado con fibra de acero.

	VENTAJAS	DESVENTAJAS
CONCRETO PATRÓN	<ul style="list-style-type: none"> - La consistencia promedio es 8.72 cm. - La resistencia a compresión promedio a 28 días es 464.5 Kg/cm². - La resistencia a tracción promedio es 31.51 kg/cm². - La resistencia a flexión promedio 47.40 kg/cm². 	<ul style="list-style-type: none"> - Presenta falla frágil en el 88.9% de especímenes ensayados. - La longitud de fisura promedio en flexión es 148.12 mm. - El ancho de fisura en flexión es 3.57 mm. - El costo por unidad cúbica de concreto es de S/. 347.77.
CONCRETO MÁS SIKAMENT 290N	<ul style="list-style-type: none"> - Mejora la consistencia de mezcla respecto al patrón en 15.11%. - Incrementa la resistencia a compresión en 135.42 %. - Incrementa la resistencia a tracción en 129.96 %. - Incrementa la resistencia a flexión en 137.21 %. - El costo por unidad cúbica de concreto es de S/. 336.47. 	<ul style="list-style-type: none"> - Presenta falla frágil en el 100 % de especímenes ensayados. - La longitud de fisura promedio en flexión es 146.31 mm. - El ancho de fisura en flexión es 4.45 mm.
CONCRETO CON ADICIÓN DE 20 Kg/m ³ DE FIBRA DE ACERO	<ul style="list-style-type: none"> - Incrementa la resistencia a compresión respecto al patrón en 134.38 %. - Incrementa la resistencia a tracción en 153.96%. - Incrementa la resistencia a flexión en 157.20 %. - Presenta falla dúctil en el 77.80 % de especímenes ensayados. - Reduce la longitud de fisura respecto al patrón en 21.50 %. - El ancho de fisura reduce respecto al patrón en 57.35%. 	<ul style="list-style-type: none"> - Disminuye la consistencia de mezcla respecto al patrón en 3.25%. - El costo por unidad cúbica de concreto es de S/.477.83.
CONCRETO CON ADICIÓN DE 30 Kg/m ³ DE FIBRA DE ACERO	<ul style="list-style-type: none"> - Incrementa la resistencia a compresión respecto al patrón en 135.49 %. - Incrementa la resistencia a tracción en 165.62 %. - Incrementa la resistencia a flexión en 180.50 %. - Presenta falla dúctil en el 77.80 % de especímenes ensayados. - Reduce la longitud de fisura respecto al patrón en 32.29 %. - El ancho de fisura reduce respecto al patrón en 65.98 %. 	<ul style="list-style-type: none"> - Disminuye la consistencia de mezcla respecto al patrón en 12.62%. - El costo por unidad cúbica de concreto es de S/. 548.63.
CONCRETO CON ADICIÓN DE 40 Kg/m ³ DE FIBRA DE ACERO	<ul style="list-style-type: none"> - Incrementa la resistencia a compresión respecto al patrón en 134.03 %. - Incrementa la resistencia a tracción en 162.43 %. - Incrementa la resistencia a flexión en 171.52 %. - Presenta falla dúctil en el 100 % de especímenes ensayados. - Reduce la longitud de fisura respecto al patrón en 30.33 %. - El ancho de fisura reduce respecto al patrón en 72.61 %. 	<ul style="list-style-type: none"> - Disminuye la consistencia de mezcla respecto al patrón en 21.61%. - El costo por unidad cúbica de concreto es de S/. 619.31.

CAPÍTULO

V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES:

- ✓ El análisis de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados indican que estos son apropiados para ser usados en elaboración de concreto.
- ✓ La consistencia del concreto mejora con la adición de Sikament 290N en 15.11%, sin embargo con la adiciones de fibra de acero disminuye a medida que ésta incrementa, llegando a disminuir hasta 21.61% respecto al concreto patrón.
- ✓ El peso unitario del concreto fresco incrementa en promedio del 1.26% con la adición de Sikament 290N respecto al concreto patrón, en los casos con adición de fibra incrementa en 1.69 %, 1.93% y 1.87% para los casos con 20, 30 y 40 kg/m³ de adición de fibra de acero respectivamente.
- ✓ El peso unitario del concreto en estado endurecido incrementa en 1.28% con la Sikament 290N, y en 1.78%, 2.08% y 1.97% en los casos con 20, 30 y 40 kg/m³ de fibra de acero respectivamente.
- ✓ El concreto a compresión incrementa con la adición de Sikament 290N en promedio el 135.42% a los 28 días comparado con respecto al concreto patrón, sin embargo con la adición de fibra de acero no se percibe una variación significativa.
- ✓ La resistencia a tracción indirecta del concreto incrementa en 129.96% con la adición del Sikament 290N, asimismo aumenta en 153.96%, 165.62%, 163.43%, para los casos con 20, 30 y 40 kg/m³ de fibra de acero respectivamente, comparados con el concreto patrón a los 28 días.
- ✓ En Flexión el concreto incrementa en 137.21% con la adición de Sikament 290N, asimismo incrementa en 157.20%, 180.50%, y 171.52%, para 20, 30 y 40 kg/m³ de fibra de acero respectivamente comparados con el concreto patrón.
- ✓ El módulo de elasticidad del concreto calculado mediante los métodos descritos en las Normas E.060, ACI 318S, y mediante gráfica esfuerzo Vs. Deformación, se

observa que la adición de fibra de acero no influye de una manera considerable en esta propiedad, sin embargo la variación de los resultados de los dos primeros métodos con respecto al tercero se debe a la deformación de los neoprenos usados durante la ruptura de especímenes, debido a que no se cuenta con un equipo más adecuado para tal fin.

- ✓ Se observó que la fibra de acero controla la fisuración del concreto; en tracción, el ancho de fisura ha disminuido en hasta 55.03% y la longitud en 8.15%; en flexión, el ancho de fisura ha disminuido en hasta el 72.61%, mientras que las longitudes han disminuido en hasta 32.29%, comparados con el concreto patrón a los 28 días.
- ✓ El tipo de falla más común observado en los ensayos a compresión en los casos de concreto sin adición de fibra (concreto patrón y concreto más Sikament 290N) fue el tipo 5, y en los casos de concreto con adición de fibra de acero (20, 30 y 40 kg/m³ de fibra) es predominante la falla tipo 3.
- ✓ El modo de falla de los especímenes a compresión obtenido en el caso del concreto sin fibra se presenta falla frágil en 34 de 36 especímenes ensayados (concreto patrón y concreto mas Sikament 290N), y en los especímenes con adición de fibra de acero (20,30 y 40 kg/m³) se presenta falla dúctil en 46 de 54 especímenes, lo cual es un buen indicador y una buena mejora estructural.
- ✓ Económicamente resulta más beneficioso el concreto con Sikament 290N sin embargo debido al tipo de falla y no óptima resistencia a flexión y tracción indirecta se puede optar por otras alternativas.
- ✓ En cuanto al costo – resistencia, a compresión el uso de fibra de acero resulta antieconómico, sin embargo a tracción y flexión debido a la alta resistencia mecánica, el uso de 20 y 30 kg/m³ de fibra resulta más beneficioso que el concreto patrón, sin embargo con 40 kg/m³ de fibra de acero se obtiene un concreto antieconómico.
- ✓ El concreto según el C/B más eficiente obtenido es con la adición de 30 kg/m³ de fibra de acero.
- ✓ Se verificó las resistencias mecánicas del concreto mediante ensayos de prueba con el porcentaje óptimo de adición de fibra de acero (30 Kg/m³), y 0.7% de Sikament 290N solicitado a 7 días de edad.

5.2. RECOMENDACIONES:

Luego de realizar la presente investigación, surgen varias ideas acerca de otros aspectos relativos al concreto reforzado con fibra de acero, que podrían ser tratados en investigaciones futuras, entre ellos:

- Realizar ensayos de mezcla de concreto con adición de fibra de acero para consistencia fluida buscando mejorar la trabajabilidad y facilitar la colocación en obra.
- Utilizar proporciones mayores de adición de fibra que las usadas en el presente estudio, las mismas que permitan evaluar si se logra un incremento considerable en las resistencias a tracción y flexión del concreto.
- Realizar ensayos de abrasión e impacto del concreto con adiciones de fibra de acero, teniendo en cuenta que este concreto es ideal para vías de alto tránsito, y losas industriales.
- Evaluar el efecto de la fibra en la construcción de elementos prefabricados.
- Investigar la evolución de las propiedades mecánicas del concreto con adición de fibra de acero a mayores edades 60 y 90 días.

CAPÍTULO

VI

BIBLIOGRAFÍA

6.1. LIBROS:

- Abanto Castillo. Flavio. Tecnología del concreto (Teoría y problemas). 2ª Ed Lima. Perú.
- American Concrete Institute. 2014. Requisitos de reglamento para concreto estructural (ACI 363R-92).
- Rivva López, Enrique. Concreto de alta resistencia. ACI - Lima. Perú. 3ª. Ed. 2014.
- Rivva López, Enrique. Control del concreto en obra. Lima. Perú. 2ª. Ed. 2006.
- Rivva López, Enrique. Diseño de Mezclas. Lima. Perú. 2007.
- Lezama Leiva, José. 2013. Tecnología del concreto. Cajamarca – Perú.
- Pasquel Carvajal, Enrique. 2000. Control de Calidad del Concreto. Capitulo Peruano ACI. Lima - Perú.
- Neville, A.M. y Brooks, J.J. 1998. Tecnología del Concreto. Editorial Trillas. México D.F.

6.2. INVESTIGACIONES:

- Mármol Patricia C.; 2010. Hormigones con fibra de acero - características mecánicas. Madrid. España. Universidad Politécnica de Madrid. 81 p.
- Ramos Salcedo H. 2012. Aplicación de Fibras Estructurales a los Pilotes tipo CPI 8. Catalunya. España. Universidad Politécnica de Catalunya. 77 p.
- Gonzales Giovanni y Carrillo Julián. 2012. Correlación entre las Propiedades Mecánicas del Concreto Reforzado con Fibras de Acero. Bogotá. Colombia. Universidad Militar de Nueva Granada. 450 p.
- Gonzales Salcedo L. O. 2013. Influencia de los componentes del concreto reforzado con fibras en sus propiedades mecánicas. Palmira. Colombia. Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. 32 p.

- Benavides Cerezo W. 2012. Fibras de acero para reforzamiento de matrices cementicias: Una recopilación sobre fibras comercialmente disponibles. Palmira. Colombia. Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. 30 p.
- Patricia Morales, Carlos Barzola G. 1998. Metodología de obtención y determinación de las propiedades de los concretos de 550 – 1200 kg/cm². Lima. Perú. Universidad Nacional de Ingeniería. Resumen 22 p.
- Villanueva Sánchez G. 2013. Influencia del aditivo reductor de agua de alto rango en el comportamiento del concreto de alta resistencia. Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca. Perú. 208 pág.
- Pajares Urteaga Edinson F. 2015. Análisis del Incremento de la Resistencia Mecánica del Concreto con la Adición de Fibra Vegetal. Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca - Perú.

6.3. NORMAS:

- ASTM A 820. Standard Specification for Steel Fibers for Fiber – Reinforced Concrete.
- NORMA ACI 318S. 2014. Requisitos de reglamento para concreto estructural (ACI 318S).
- El ACI 116. 1990. Terminología para Cemento y Concreto.
- NORMA TÉCNICA DE EDIFICACIONES E 060. 2009. Concreto Armado. (ICG - E 060).
- NTP 334.009.2013. CEMENTOS. Cementos Portland. Requisitos. 5ª. Ed. R. 2013.
- 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.
- 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.
- NTP 339.047.2006. HORMIGÓN (CONCRETO). Definiciones y terminología relativas al hormigón y agregados. 2ª. Ed. R. 2006.
- 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.

- 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.
- NTP 339.088.2006 HORMIGÓN (CONCRETO). Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland. Requisitos. 2ª. Ed. R. 2006.
- NTP 339.183.2013. HORMIGÓN. Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio. 2ª. Ed. R. 2013.
- NTP 339.185.2013. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable del agregado por secado. 2ª. Ed. R. 2013.
- NTP 400.010.2011 AGREGADOS. Extracción y preparación de muestras. 3ª. Ed. R. 2011.
- NTP 400.011.2008 (revisada el 2013) AGREGADOS. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones (concretos). 2ª. Ed. R. 2013.
- NTP 400.012.2013 AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. 3ª. Ed. R. 2013.
- 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.
- NTP 400.018.2013 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 μ (Nº 200). 3ª. Ed. R. 2013.
- 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.
- 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.
- 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.
- NTP 400.037.2002 AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en hormigón (concreto). 2ª. Ed. R. 2002.

CAPÍTULO

VII

ANEXOS

7.1. ANEXO I: TABLAS PARA PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE AGREGADOS

Tabla N° 30: Porción de muestra 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

Tabla N° 31: Husos granulométricos del agregado fino.

TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA (%)
	LÍMITES TOTALES
9.50 mm (3/8")	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 micrones (N° 30)	25 a 60
300 micrones (N° 50)	05 a 30
150 micrones (N° 100)	0 a 10

* Incrementar a 5% para agregado fino triturado, excepto cuando se use para pavimentos.

Fuente: Norma Técnica Peruana 400.037- ASTM C 33

Tabla N° 32: Husos granulométricos del agregado grueso

- 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.

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 (¾ pulg)	4.75 mm (N° 4)	2.36 mm (N° 8)	1.18 mm (N° 16)	300 µm (N° 50)
1	90 mm. a 37.5 mm (3 ½ pulg a 1 ½ pulg)	100	90 a 100	...	25 a 60	...	0 a 15	...	0 a 15	...	...	...	...	...
2	63 mm. a 37.5 mm (2 ½ pulg a 1 ½ pulg)	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...
3	50 mm. a 25.0 mm (2 pulg a 1 pulg)	...	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...
357	50 mm. a 4.75 mm (2 pulg a N° 4)	...	...	...	100	90 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	...	0 a 5	...	...
4	37.5 mm. a 4.75 mm (1 ½ pulg a ¾ pulg)	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	...	0 a 5	...	...	...
467	37.5 mm. a 4.75 mm (1 ½ pulg a N° 4)	...	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	0 a 5	...	...
5	25 mm. a 12.5 mm (1 pulg a ½ pulg)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...	...	...
56	25 mm. a 9.5 mm (1 pulg a ¾ 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 ¾ 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 (¾ 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 (¾ 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: Norma NTP 400.037 – 2002.

Tabla N° 33: Capacidad de los recipientes para ensayo de densidad de masa.

Tamaño nominal máximo del agregado		Capacidad del recipiente	
mm	pulg	m ³ (l)	pie 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

Tabla N° 34: Cantidad mínima de muestra para partículas menores al tamiz N° 200.

Tamaño máximo nominal del agregado	Cantidad mínima, gr
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

Tabla N° 35: Tipo de gradación según peso retenido de la muestra de ensayo.

TAMAÑO DE LOS TAMICES		PESO DE LOS TAMAÑOS INDICADOS (gr)			
PASA	RETENIDO	A	B	C	D
37.50 mm (1 1/2")	25.40 mm (1")	1250 ± 25	-----	-----	-----
25.40 mm (1")	19.00 mm (3/4")	1250 ± 25	-----	-----	-----
19.00 mm (3/4")	12.70 mm (1/2")	1250 ± 10	2500 ± 10	-----	-----
12.70 mm (1/2")	9.51 mm (3/8")	1250 ± 10	2500 ± 10	-----	-----
9.51 mm (3/8")	6.35 mm (1/4")	-----	-----	2500 ± 10	-----
6.35 mm (1/4")	4.76 mm (N° 4)	-----	-----	2500 ± 10	-----
4.76 mm (N° 4)	2.36 mm (N° 8)	-----	-----	-----	5000 ± 10
TOTAL		5000±10	5000±10	5000±10	5000±10

Fuente: Norma Técnica Peruana 400.019-2002.

Tabla N° 36: Carga abrasiva según tipo de gradación del material

GRADACIÓN	NÚMEROS DE ESFERAS	MASA DE LAS ESFERAS (grs)
A	12	5000 ± 25
B	11	4584 ± 25
C	8	3330 ± 25
D	6	2500 ± 15

Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 400.019

Tabla N° 37: Diámetro de varilla y número de varillados a ser usados al moldearse especímenes de prueba.

CILINDRO		
DIÁMETRO DEL CILINDRO mm (pulg.)	DIÁMETRO DE LA VARILLA mm (pulg.)	NÚMERO DE GOLPES POR CAPA
75 (3) a < 150 (6)	10 (3/8)	25
150 (6)	16 (5/8)	25
200 (8)	16 (5/8)	50
250 (10)	16 (5/8)	75
VIGAS Y PRISMAS		
ÁREA SUPERFICIAL SUPERIOR DEL ESPECIMEN Cm ² (pulg ² .)	DIÁMETRO DE LA VARILLA mm (pulg.)	NÚMERO DE GOLPES POR CAPA
160 (25) o menos	10 (3/8)	25
165 a 310 (26 a 49)	10 (3/8)	1 por cada 7 cm ² (1 pulg ²) de Superficie.
320 (50) a más	16 (5/8)	1 por cada 14 cm ² (2 pulg ²) de Superficie.
CILINDROS HORIZONTALES PARA ESCURRIMIENTO PLÁSTICO		
DIÁMETRO DEL CILINDRO mm (pulg.)	DIÁMETRO DE LA VARILLA mm (pulg.)	NÚMERO DE GOLPES POR CAPA
150 (6)	16 (5/8)	50 total, 25 a lo largo de ambos lados del eje

Fuente: Normas NTP 339.183 - 2013.

Tabla N° 38: Número de capas de compactación requeridas por espécimen.

TIPO Y TAMAÑO DE ESPECÍMENES mm (pulg.)	MODO DE CONSOLIDACIÓN	N° DE CAPAS DE APROX. IGUAL
CILINDROS DIÁMETROS EN mm (pulg.)		
75 a 100 (3 a 4)	Varillado	2
150 (6)	Varillado	3
225 (9)	Varillado	4
Hasta de 225 (9)	Vibración	2
PRISMAS Y CILINDROS HORIZONTALES PARA ESCURRIMIENTOS PLÁSTICOS PROFUNDIDAD EN mm (pulg.)		
Hasta 200 (8)	Varillado	2
Más de 200 (8)	Varillado	3 o más
Hasta 200 (8)	Vibración	1
Más de 200 (8)	Vibración	2 o más

Fuente: Norma NTP 339.183 - 2013.

Tabla N° 39: Capacidad de los recipientes de medición.

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL DEL AGREGADO GRUESO		CAPACIDAD DEL RECIPIENTE DE MEDICIÓN	
Pulg.	mm.	Pie ³	L
1	25.0	0.2	6
1 1/2	37.5	0.4	11
2	50	0.5	14
3	75	1.0	28
4 1/2	112	2.5	70
6	150	3.5	100

Tamaños indicados de recipientes de medición que se usarán para ensayar el concreto que contiene agregados de tamaño máximo nominal igual o más pequeños que los listados. El volumen real del recipiente será por lo menos 95 % del volumen nominal listado.

Fuente: Normas NTP 339.046 - 2013.

Tabla N° 40: Tolerancias en los tiempos de prueba de los especímenes de concreto.

EDAD DE ENSAYO	TOLERANCIA PERMISIBLE
24 horas	± 0.5 h ó 2.1 %
03 días	± 2.0 h ó 2.8 %
07 días	± 6.0 h ó 3.6 %
28 días	± 20 h ó 3.0 %
90 días	± 48 h ó 2.2 %

Fuente: Normas NTP 339.034 - 2013.

7.2. ANEXO II: PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE AGREGADOS

Tabla N° 41: Granulometría de agregado fino – Ensayo N° 01

ENSAYO N° 01		Peso de la Muestra = 550 gr			
MALLA		PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO		PORCENTAJE QUE PASA
N°	mm	(gr)	Parcial (%)	Acumul. (%)	(%)
3/8 "	9.51	0.00	0.00	0.00	100.00
4	4.76	104.90	19.07	19.07	80.93
8	2.36	134.50	24.45	43.53	56.47
16	1.18	62.20	11.31	54.84	45.16
30	0.60	46.70	8.49	63.33	36.67
50	0.30	75.60	13.75	77.07	22.93
100	0.15	71.50	13.00	90.07	9.93
CAZOLETA		54.60	9.93	100.00	0.00
				Mf =	3.48

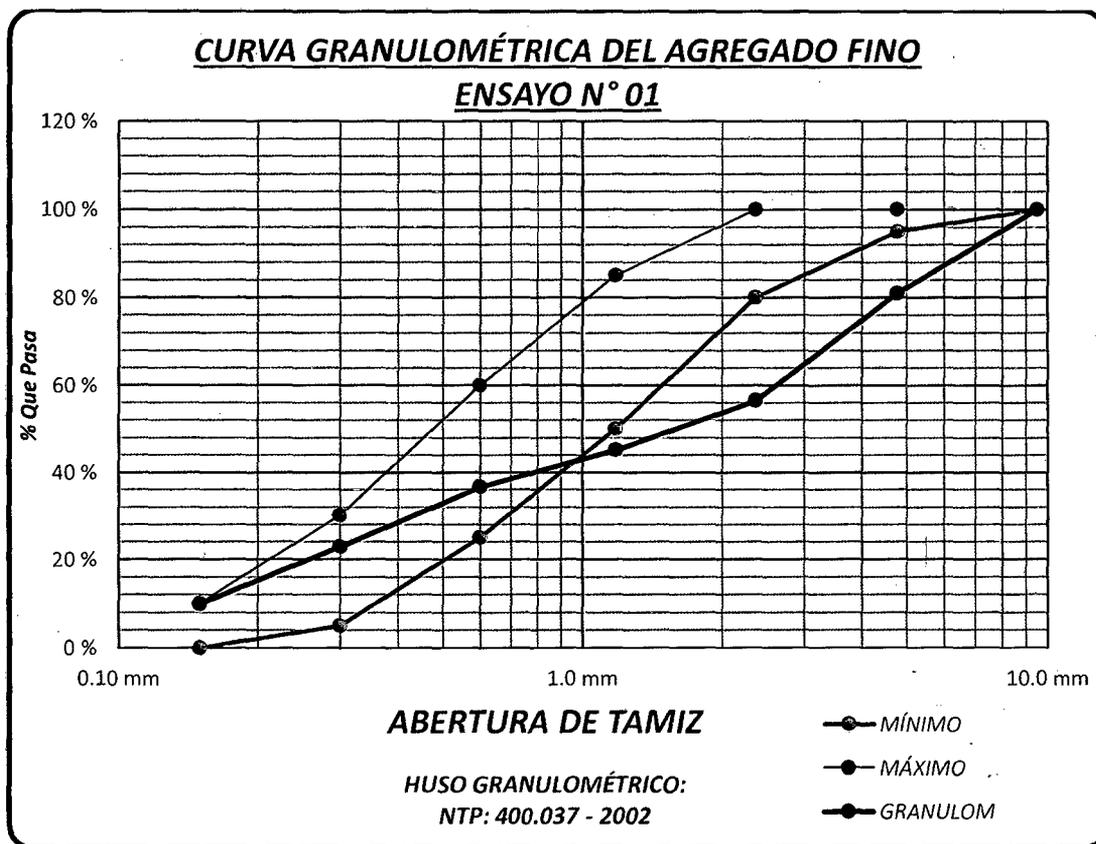


Gráfico N° 31: Curva granulométrica del agregado fino – Ensayo N° 01.

Tabla N° 42: Granulometría de agregado fino – Ensayo N° 02.

ENSAYO N° 02		Peso de la Muestra = 550 gr			
MALLA		PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO		PORCENTAJE QUE PASA
N°	mm	(gr)	Parcial (%)	Acumul. (%)	(%)
3/8 "	9.51	0.00	0.00	0.00	100.00
4	4.76	105.80	19.24	19.24	80.76
8	2.36	126.60	23.02	42.25	57.75
16	1.18	64.90	11.80	54.05	45.95
30	0.60	46.70	8.49	62.55	37.45
50	0.30	69.10	12.56	75.11	24.89
100	0.15	74.10	13.47	88.58	11.42
CAZOLETA		62.80	11.42	100.00	0.00
				Mf =	3.42

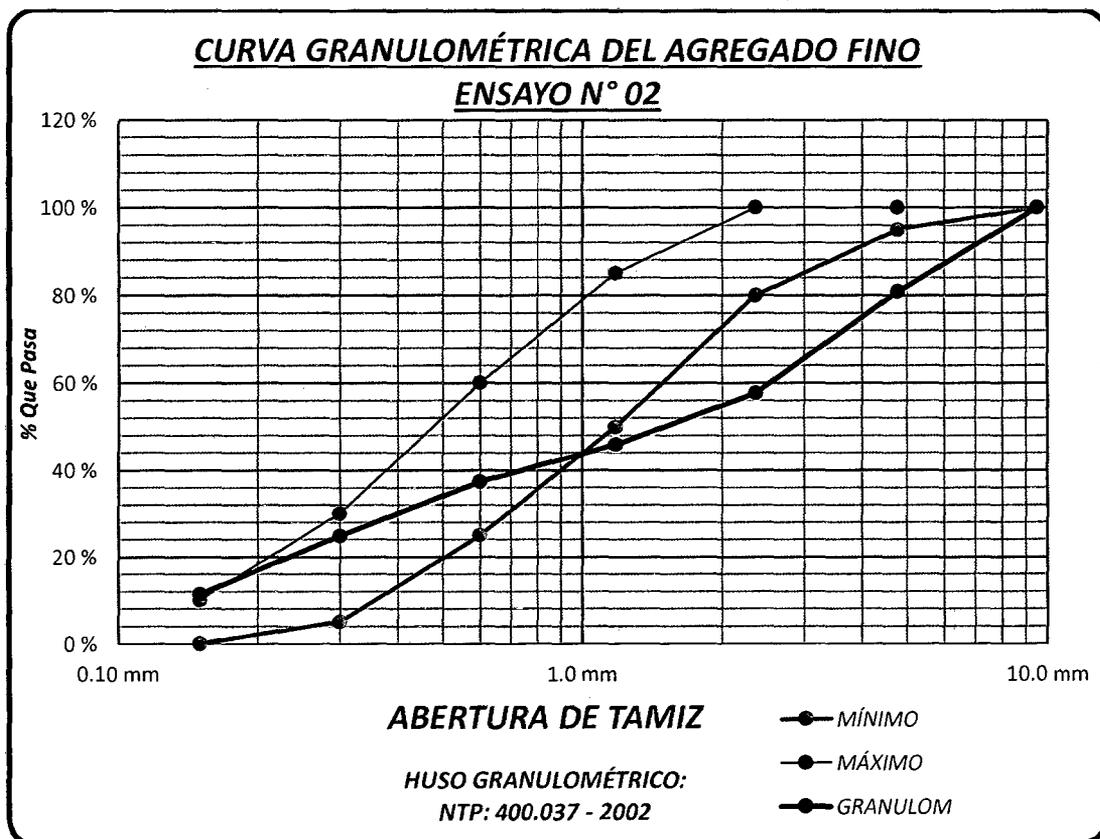


Gráfico N° 32: Curva granulométrica del agregado fino – Ensayo N° 02.

Tabla N° 43: Granulometría de agregado fino – Ensayo N° 03

ENSAYO N° 03		Peso de la Muestra = 550 gr			
MALLA		PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO		PORCENTAJE QUE PASA
N°	mm	(gr)	Parcial (%)	Acumul. (%)	(%)
3/8 "	9.51	0.00	0.00	0.00	100.00
4	4.76	114.10	20.75	20.75	79.25
8	2.36	123.20	22.40	43.15	56.85
16	1.18	61.20	11.13	54.27	45.73
30	0.60	45.60	8.29	62.56	37.44
50	0.30	71.80	13.05	75.62	24.38
100	0.15	77.10	14.02	89.64	10.36
CAZOLETA		57.00	10.36	100.00	0.00
				Mf =	3.46

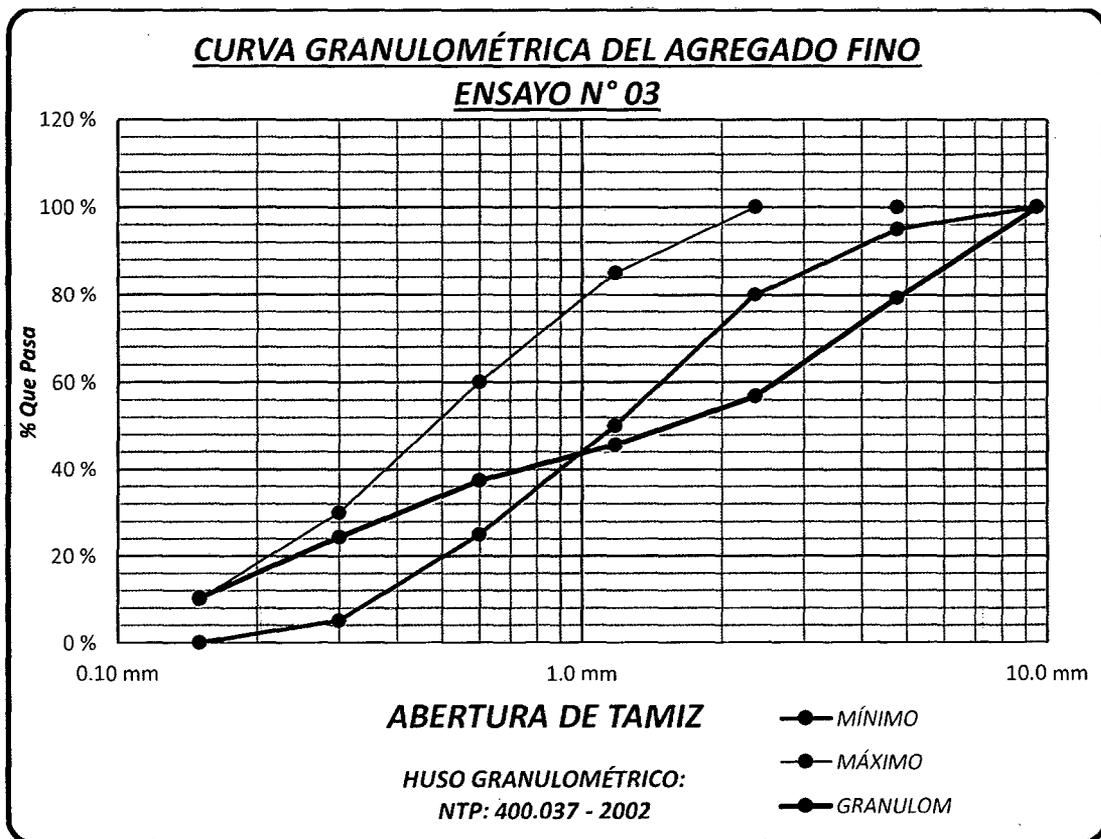


Gráfico N° 33: Curva granulométrica del agregado fino – Ensayo N° 03.

Mf prom. = 3.45

Tabla N° 44: Granulometría de agregado grueso – Ensayo N° 01.

ENSAYO N° 01		Peso de la Muestra = 2100 gr			
MALLA		PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO		PORCENTAJE QUE PASA
N°	mm	(gr)	Parcial (%)	Acumul. (%)	(%)
1 "	25.4	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4 "	19	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2 "	12.7	1136.30	54.11	54.11	45.89
3/8 "	9.51	649.10	30.91	85.02	14.98
N° 4	4.76	296.10	14.10	99.12	0.88
CAZOLETA		18.50	0.88	100.00	0.00
Mg =					6.841

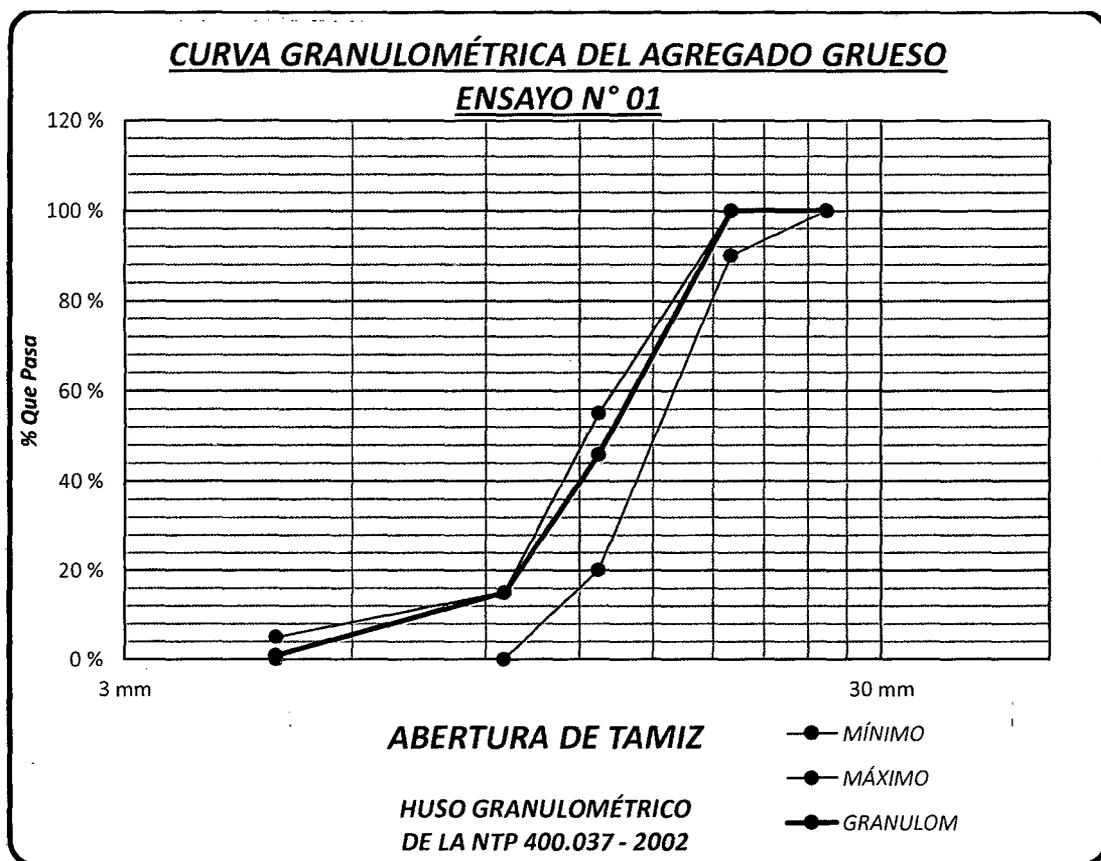


Gráfico N° 34: Curva granulométrica del agregado grueso – Ensayo N° 01.

Tabla N° 45: Granulometría de agregado grueso – Ensayo N° 02.

ENSAYO N° 02		Peso de la Muestra = 2000 gr			
MALLA		PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO		PORCENTAJE QUE PASA
N°	mm	(gr)	Parcial (%)	Acumul. (%)	(%)
1 "	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4 "	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2 "	12.70	1139.50	56.98	56.98	43.03
3/8 "	9.51	602.30	30.12	87.09	12.91
N° 4	4.76	246.10	12.31	99.40	0.61
CAZOLETA		12.10	0.61	100.00	0.00
Mg =					6.865

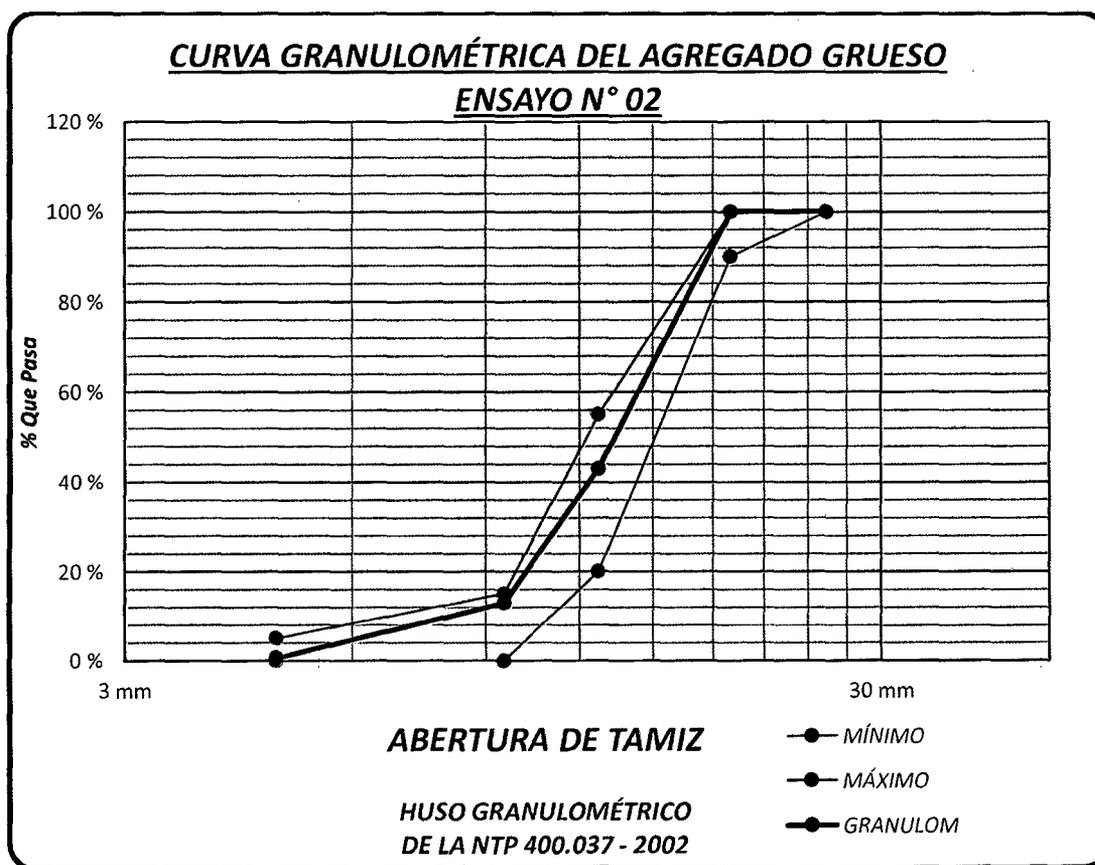


Gráfico N° 35: Curva granulométrica del agregado grueso – Ensayo N° 02.

Tabla N° 46: Granulometría de agregado grueso – Ensayo N° 03.

ENSAYO N° 03		Peso de la Muestra = 2100 gr			
MALLA		PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO		PORCENTAJE QUE PASA
N°	mm	(gr)	Parcial (%)	Acumul. (%)	(%)
1 "	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4 "	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2 "	12.70	1132.60	53.93	53.93	46.07
3/8 "	9.51	651.80	31.04	84.97	15.03
N° 4	4.76	299.20	14.25	99.22	0.78
CAZOLETA		16.40	0.78	100.00	0.00
				Mg =	6.842

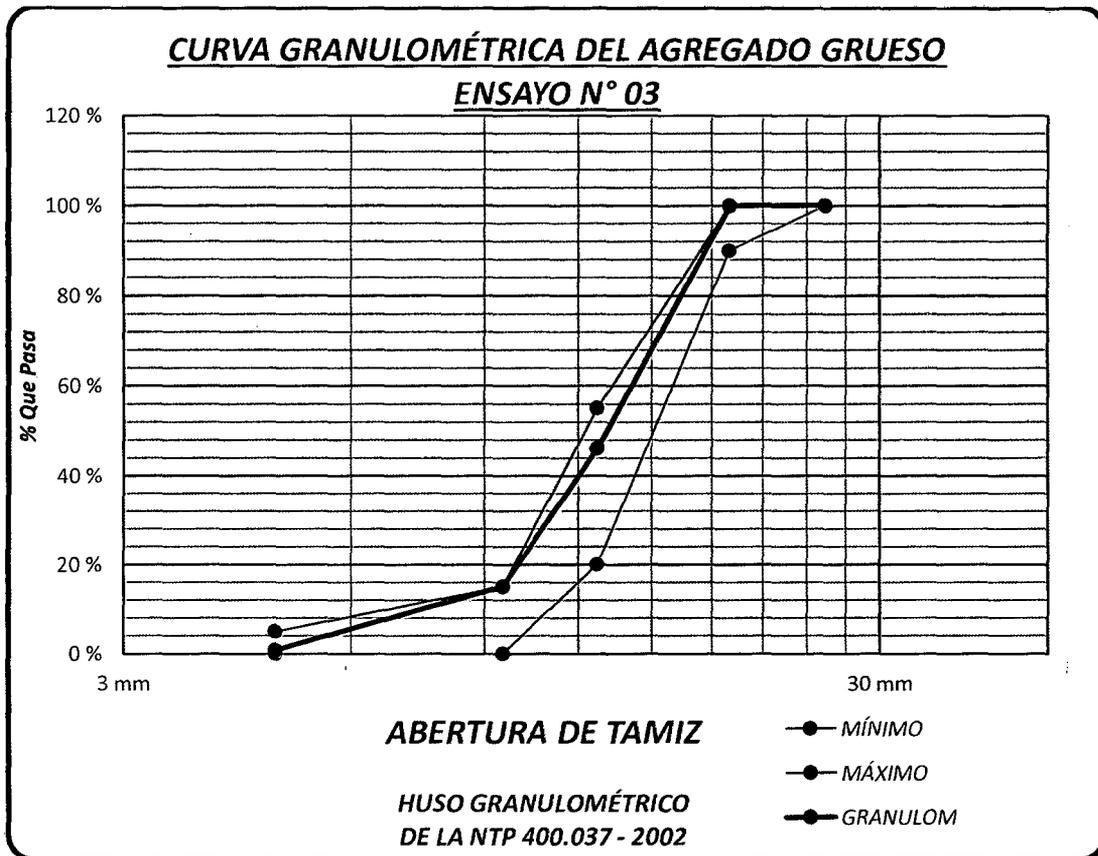


Gráfico N° 36: Curva granulométrica del agregado grueso – Ensayo N° 03.

Mg prom. = 6.85

Tabla N° 47: Ensayo de partículas menores al tamiz N° 200 del agregado fino

ITEM	ENSAYO N° 01	ENSAYO N° 02	ENSAYO N° 03
Peso del material seco antes del ensayo (gr.)	500	500	500
Peso del material seco después del ensayo (gr.)	475.6	475.4	475.7
Peso de las partículas menores al tamiz n° 200	24.4	24.6	24.3
PORCENTAJE DE PARTICULAS MENORES AL TAMIZ N° 200	4.88%	4.92%	4.86%
% PROMEDIO DE PARTICULAS MENORES AL TAMÍZ N° 200	4.89%		

Tabla N° 48: Ensayo de partículas menores al tamiz N° 200 del agregado grueso.

ITEM	ENSAYO N° 01	ENSAYO N° 02	ENSAYO N° 03
Peso del material seco antes del ensayo (W ₀) (gr.)	10639.85	10870.15	10169.35
Peso del material seco después del ensayo (W ₁) (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 (F)	1.83%	1.75%	1.89%
% PROMEDIO DE PARTICULAS MENORES AL TAMÍZ N° 200	1.82%		

Tabla N° 49: Resultado de Peso Específico y absorción de agregado fino.

ENSAYO NÚMERO	N° 1	N° 2	N° 3	PROMEDIO
Peso en el aire de Muestra secada en estufa (W _{ms}) (gr)	494.6	494.3	494.1	.....
Volumen del Frasco (V) (cm ³)	500.0	500.0	500.0	.....
Peso en (gr) o volumen en (cm ³) del agua añadida al frasco (V _a)	306.9	307.3	307.1	.....
Peso Específico de Masa (gr/cm³)	2.56	2.57	2.56	2.56
Peso Específico de Masa Saturada con Superficie Seca (gr/cm³)	2.59	2.59	2.59	2.59
Peso Específico Aparente (gr/cm³)	2.64	2.64	2.64	2.64
Porcentaje de Absorción (%)	1.09	1.15	1.19	1.15

Tabla N° 50: Resultado de Peso Específico y absorción de agregado grueso.

ENSAYO NÚMERO	N° 1	N° 2	N° 3	PROMEDIO
Peso en el aire de muestra secada en estufa (Wms) (gr)	2079.2	2079.7	2079.4	.....
Peso en el aire de muestra saturada con superficie seca (S) (gr)	2099.9	2100.2	2100.0	.....
Peso en el agua de la muestra saturada (Wma) (gr)	1310.0	1315.0	1315.0	.....
Peso específico de masa (gr/cm ³)	2.63	2.65	2.65	2.64
Peso específico de masa saturada con superficie seca (gr/cm ³)	2.66	2.67	2.68	2.67
Peso específico aparente (gr/cm ³)	2.70	2.72	2.72	2.71
Porcentaje de absorción (%)	1.00	0.99	0.99	0.99

Tabla N° 51: Resultados de contenido de humedad del agregado fino.

ENSAYO NÚMERO	N° 1	N° 2	N° 3
Peso de Muestra Húmeda (MH) (gr)	250	250	250
Peso de Muestra Seca (MS) (gr)	237.90	238.50	238.10
Peso del Agua (gr)	12.10	11.50	11.90
Contenido de Humedad (W) (%)	5.09	4.82	5.00
Promedio del Contenido de Humedad (W) (%)	4.97		

Nota: Los contenidos de humedad aquí presentados, corresponden a la primera determinación, pues esta propiedad se ha determinado para cada tanda preparada.

Tabla N° 52: Resultados de contenido de humedad del agregado grueso.

ENSAYO NÚMERO	N° 1	N° 2	N° 3
Peso de Muestra Húmeda (MH) (gr)	500	500	500
Peso de Muestra Seca (MS) (gr)	496.60	496.90	496.70
Peso del Agua (gr)	3.40	3.10	3.30
Contenido de Humedad (W) (%)	0.68	0.62	0.66
Promedio del Contenido de Humedad (W) (%)	0.66		

Nota: Los contenidos de humedad aquí presentados, corresponden a la primera determinación, pues esta propiedad se ha determinado para cada tanda preparada.

Tabla N° 53: Peso específico del agua para determinar el Factor Agua "f".

ITEM	ENSAYO		
	N° 01	N° 02	N° 03
Peso de la Fiola + agua (gr)	710.80	710.70	710.70
Peso de la Fiola (gr)	212.70	213.00	212.80
Peso del Agua (gr)	498.10	497.70	497.90
Volumen del Agua (cm ³)	500.00	500.00	500.00
PESO ESPECÍFICO DEL AGUA (Kg/m ³)	996	995	996
PESO ESPECÍFICO PROMEDIO DEL AGUA	996 Kg/m³		

Tabla N° 54: Factor Agua "f" para determinar los Pesos Unitarios.

ITEM	ENSAYO		
	N° 01	N° 02	N° 03
Peso del Molde (gr)	5115.00	5115.00	5115.00
Peso del Molde + Agua (gr)	14702.00	14702.00	14700.00
Peso del Agua (gr)	9587.00	9587.00	9585.00
Peso Específico del Agua (Kg/m ³)	996	996	996
Volumen del Molde (m ³)	9627.44	9627.44	9625.43
FACTOR DE AGUA "f" EN m ³	0.10387	0.10387	0.10389
PROMEDIO DEL FACTOR DE AGUA "f"	0.10388 m³		

Tabla N° 55: Peso Unitario Suelto Seco del agregado fino.

P.U.S.S. DEL AGREGADO FINO			
ENSAYO NÚMERO	N° 01	N° 02	N° 03
Peso del recipiente (gr)	4215	4215	4215
Peso del recipiente + mat. (gr)	19850	19930	20010
Peso del material (gr)	15635	15715	15795
Factor (f)	0.10388	0.10388	0.10388
Peso Unit. Suelto Seco (Kg/m ³)	1624.16	1632.47	1640.78
Peso U.S.S. Promedio (Kg/m³)	1632.47		

Tabla N° 56: Peso Unitario Suelto Seco del agregado grueso.

P.U.S.S. DEL AGREGADO GRUESO			
ENSAYO NÚMERO	N° 01	N° 02	N° 03
Peso del recipiente (gr)	4215	4215	4215
Peso del recipiente + mat. (gr)	18390	18270	18150
Peso del material (gr)	14175	14055	13935
Factor (f)	0.10388	0.10388	0.10388
Peso Unit. Suelto Seco (Kg/m ³)	1472.50	1460.03	1447.57
Peso U.S.S. Promedio (Kg/m³)	1460.03		

Tabla N° 57: Peso Unitario Seco Compactado del agregado fino.

P.U.S.C. DEL AGREGADO FINO			
ENSAYO NÚMERO	N° 01	N° 02	N° 03
Peso del recipiente (gr)	4215	4215	4215
Peso del recipiente + mat. (gr)	21050	20030	21120
Peso del material (gr)	16835	15815	16905
Factor (f)	0.10388	0.10388	0.10388
Peso Unitario Compact. (Kg/m ³)	1748.82	1642.86	1756.09
Peso U.S.C. Promedio (Kg/m³)	1715.92		

Tabla N° 58: Peso Unitario Seco Compactado del agregado grueso.

P.U.S.C. DEL AGREGADO GRUESO			
ENSAYO NÚMERO	N° 01	N° 02	N° 03
Peso del recipiente (gr)	4215	4215	4215
Peso del recipiente + mat. (gr)	19240	19180	19230
Peso del material (gr)	15025	14965	15015
Factor (f)	0.10388	0.10388	0.10388
Peso Unitario Compact. (Kg/m ³)	1560.80	1554.56	1559.76
Peso U.S.C. Promedio (Kg/m³)	1558.37		

Tabla N° 59: Resultado del porcentaje de desgaste del agregado grueso.

	NÚMERO DE ENSAYO		
	N° 1	N° 2	N° 3
Peso Inicial (gr)	5000	5000	5000
Peso Final (gr)	3487.5	3359.2	3384.0
Desgaste (%)	30.25	32.82	32.32
Promedio de Desgaste (%)	31.80 %		

7.3. ANEXO III: ANÁLISIS QUÍMICO DE LOS AGREGADOS UTILIZADOS EN LOS ENSAYOS.

7.3.1. ANÁLISIS DE pH, SULFATOS Y CLORUROS DE LA MUESTRA DE AGREGADO FINO UTILIZADO EN EL ESTUDIO.



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: *696926 CELULAR: 976026950 TELEFONO: 364793

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

TESISTA : VÁSQUEZ GONZALES, IVAN
TESIS : "COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO CON ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO PARA UNA RESISTENCIA DE 500 Kg/cm²"
ESCUELA : INGENIERÍA CIVIL
MUESTRA : M-1
FECHA : 14/10/2014

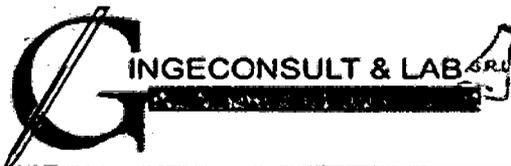
RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

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

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


Hugo Mosquera Estrayer
Jefe Lab. Químico
I.Q. CIP 27663

7.3.2. ANÁLISIS DE pH, SULFATOS Y CLORUROS DE LA MUESTRA DE AGREGADO GRUESO UTILIZADO EN EL ESTUDIO.



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: *696876 CELULAR: 976026950 TELEFONO: 364793

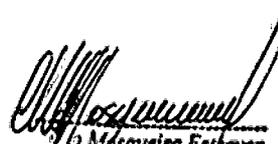
ANÁLISIS DE pH, SULFATOS Y CLORUROS DE UNA MUESTRA DE AGREGADO (NTP 339.176, AASHTO T290)

TESISTA : VÁSQUEZ GONZALES, IVAN
 TESIS : "COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO CON ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO PARA UNA RESISTENCIA DE 500 Kg/cm²"
 ESCUELA : INGENIERÍA CIVIL
 MUESTRA : M-2
 FECHA : 14/10/2014

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

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

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


 Masqueira Estiver
 Jefe Lab. Químico
 I.Q. CIP 27664

7.3.3. ANÁLISIS DE IMPUREZAS ORGÁNICAS TOTALES DE LA MUESTRA DE AGREGADO FINO UTILIZADO EN EL ESTUDIO.



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

ANÁLISIS DE IMPUREZAS ORGÁNICAS TOTALES DE UNA MUESTRA DE AGREGADO FINO

NORMA MTC E 213

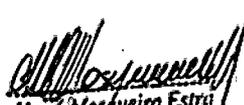
TESISTA : VÁSQUEZ GONZALES, IVAN
TESIS : "COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO CON ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO PARA UNA RESISTENCIA DE 500 Kg/cm²"
ESCUELA : INGENIERÍA CIVIL
MUESTRA : M-2
FECHA : 14/10/2014

MÉTODO COLORIMÉTRICO (K₂Cr₂O₇)

1. Muestra de Ensayo : 100 gr. De muestra
2. Color estándar de referencia : Dicromato de potasio (K₂Cr₂O₇) en presencia de ácido sulfúrico (H₂SO₄)
3. Resultado : El color del líquido de la muestra del ensayo es menos oscuro que el color estándar de referencia; por lo tanto no hay presencia de materia orgánica en la muestra de estudio.

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

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


Hugo Masqueiro Estru
Jefe Lab. Química
I.Q. CIP 27664

7.3.4. ANÁLISIS DE IMPUREZAS ORGÁNICAS TOTALES DE LA MUESTRA DE AGREGADO GRUESO UTILIZADO EN EL ESTUDIO.



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

ANÁLISIS DE IMPUREZAS ORGÁNICAS TOTALES DE UNA MUESTRA DE AGREGADO GRUESO

NORMA MTC E 213

TESISTA : VÁSQUEZ GONZALES, IVAN
TESIS : "COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO CON ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO PARA UNA RESISTENCIA DE 500 Kg/cm²"
ESCUELA : INGENIERÍA CIVIL
MUESTRA : M-1
FECHA : 14/10/2014

MÉTODO COLORIMÉTRICO (K₂Cr₂O₇)

1. Muestra de Ensayo : 100 gr. De muestra
2. Color estándar de referencia : Dicromato de potasio (K₂Cr₂O₇) en presencia de ácido sulfúrico (H₂SO₄)
3. Resultado : El color del líquido de la muestra del ensayo es menos oscuro que el color estándar de referencia; por lo tanto no hay presencia de materia orgánica en la muestra de estudio.

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

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

Hugo Mojqueira Estrover
Jefe Lab. Químico
I.Q. CIP 27664

7.4. ANEXO IV: HOJA TÉCNICA DE LA FIBRA DE ACERO UTILIZADA EN EL ESTUDIO.

Hoja Técnica
Edición 2110201101
Identificación No. 92735
Sika® Fiber CHO65/35 NB

Sika® Fiber CHO65/35 NB

Fibra de acero para refuerzo de concreto

Construcción

Descripción	Filamentos de acero cortados y doblados en determinadas longitudes dependiendo el uso al que será sometido, para el refuerzo de concreto y mortero.
Usos	Para refuerzo de concreto y mortero lanzado, obteniendo un elevado número de fibras por kg distribuyéndose uniformemente y logrando un comportamiento mecánico homogéneo.
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> ■ La fibra tiene dobleces que permite mejorar adherencia de la fibra dentro de la matriz del concreto. ■ Alta resistencia a tracción. ■ Alta absorción de energía por medio del alambre trezado de bajo contenido de carbono. ■ Cumple con la Norma ASTM A 820, Tipo 1. ■ Por su presentación de fibras pegadas se logra una mejor distribución de las mismas dentro del concreto. ■ Eliminar el habilitado y colocación de malla y varillas convencionales por la sustitución de estos materiales con fibras de acero. ■ Aumenta resistencia a fatiga, cortante e impacto en estructuras de concreto.
Datos Técnicos	<p>Tipo: Alambre de acero trezado</p> <p>Largo: 35 mm con doblez en terminaciones</p> <p>Relación de Aspecto LD: 65 +/- 15%</p> <p>Resistencia a tracción: Mínimo 1,200 N/mm²</p>
Presentación	Saco de 20 kg.
Dosificación	La dosificación será entre 30 y 45 kg/m ³ y se determinará de acuerdo a necesidades específicas de cada proyecto (absorción de energía requerida).
Modo de empleo	<p>Sika® Fiber CHO65/35 NB viene listo para ser usado. Se aplica al concreto durante su mezclado o a plé de obra. Se deberá hacer un mezclado de 3 a 5 minutos para su completa incorporación verificando que las fibras se encuentren separadas y distribuidas en la masa de concreto.</p> <p>Las fibras pueden introducirse junto con los agregados y de preferencia en el concreto mezclado en estado fresco.</p> <p>Es recomendable la utilización de plastificantes, fluidificantes o bien estos mismos productos súper-plastificantes y/o súper-fluidificantes para control de reventamiento sin modificar relación a/c.</p>



Construcción

Precauciones

Las fibras nunca deben añadirse como primera adición en la mezcla de concreto, deberán ser colocadas en la mezcla de concreto elaborada. Se deberán proteger bucos y/o pallets de la lluvia y humedad. Utilizar lentes de seguridad y guantes para su manejo.

Almacenamiento

Se deberá realizar el almacenamiento en un lugar completamente seco libre de humedad evitando apilar pallets uno sobre otro.

Advertencia

Toda la información contenida en este documento y en cualquiera otra asesoría proporcionada, fueron dadas de buena fe, basadas en el conocimiento actual y la experiencia de Sika Mexicana de los productos siempre y cuando hayan sido correctamente almacenados, manejados y aplicados en situaciones normales y de acuerdo a las recomendaciones de Sika Mexicana. La información es válida únicamente para la(s) aplicación(es) y el(los) producto(s) a los que se hace expresamente referencia. En caso de cambios en los parámetros de la aplicación, como por ejemplo cambios en los sustratos, o en caso de una aplicación diferente, consulte con el Servicio Técnico de Sika Mexicana previamente a la utilización de los productos Sika. La información aquí contenida no exonera al usuario de hacer pruebas sobre los productos para la aplicación y la finalidad deseadas. En todo caso referirse siempre a la última versión vigente de la Hoja Técnica del Producto. Los pedidos son aceptados en conformidad con los términos de nuestras condiciones generales vigentes de venta y suministro.

Para dudas o aclaraciones:

Sika responde

01 800 123 SIK
7 4 5 2

soporte.tecnico@mx.sika.com

sika.responde@mx.sika.com

www.sika.com.mx



7.5. ANEXO V: HOJA TÉCNICA DEL SIKAMENT 290N.

Construcción

Hoja Técnica
Edición 9, 03.09.14, JA
Sikament® 290N

Sikament® 290N

Aditivo Polifuncional para Concreto

Descripción General	<p>Sikament® 290N es un aditivo polifuncional para concretos que puede ser empleado como plastificante o superplastificante según la dosificación utilizada.</p> <p>Muy adecuado para plantas de concreto al obtener con un único aditivo dos efectos diferentes sólo por la variación de la proporción del mismo.</p> <p>Sikament® 290N no contiene cloruros y no ejerce ninguna acción corrosiva sobre las armaduras.</p>
Campos de aplicación	<p>Sikament® 290N está particularmente indicado para:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Todo tipo de concretos fabricados en plantas concretoras con la ventaja de poder utilizarse como plastificante o superplastificante con sólo variar la dosificación. ■ En concretos bombeados porque permite obtener consistencias adecuadas sin aumentar la relación agua/cemento. ■ Transporte a largas distancias sin pérdidas de trabajabilidad. ■ Concretos fluidos que no presenten segregación ni exudación.
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> ■ Aumento de las resistencias mecánicas. ■ Terminación superficial de alta calidad. ■ Mayor adherencia a las armaduras. ■ Permite obtener mayores tiempos de manejabilidad de la mezcla a cualquier temperatura. ■ Permite reducir hasta el 25% del agua de la mezcla. ■ Aumenta considerablemente la impermeabilidad y durabilidad del concreto. ■ Facilita el bombeo del concreto a mayores distancias y alturas. ■ Proporciona una gran manejabilidad de la mezcla evitando segregación y la formación de cangrejeras. ■ Reductor de agua.
Datos Básicos	
Aspecto	Líquido.
Color	Pardo oscuro.
Presentación	Cilindro x 200 L Baldé x 20 L Dispenser x 1000 L
Almacenamiento	Un año en su envase original bien cerrado y bajo techo en lugar fresco resguardado de heladas. Para el transporte debe tomarse las precauciones normales para el manejo de un producto químico.
Datos Técnicos	
Densidad	1,20 kg/L +/- 0,02
Norma	Como plastificante cumple con la Norma ASTM C 494, tipo D y como superplastificante con la Norma ASTM C 494, tipo G.



Aplicación Consumo	<ul style="list-style-type: none"> ■ Como plastificante: del 0,3 % – 0,7 % del peso del cemento. ■ Como superplastificante: del 0,7 % - 1,4 % del peso del cemento.
Método de aplicación	<p>Como Plastificante. Debe incorporarse junto con el agua de amasado.</p> <p>Como Superplastificante. Debe incorporarse preferentemente una vez amasado el concreto y haciendo un re-amasado de al menos 1 minuto por cada m³ de carga de la amasadora o camión concretero.</p>
Instrucciones de Seguridad	
Precauciones de manipulación	<p>Durante la manipulación de cualquier producto químico, evite el contacto directo con los ojos, piel y vías respiratorias. Protéjase adecuadamente utilizando guantes de goma natural o sintéticos y anteojos de seguridad. En caso de contacto con los ojos, lavar inmediatamente con abundante agua durante 15 minutos manteniendo los párpados abiertos y consultar a su médico.</p>
Observaciones	<p>La Hoja de Seguridad de este producto se encuentra a disposición del interesado. Agradeceremos solicitarla a nuestro Departamento Comercial, teléfono: 618-6060 o descargarla a través de Internet en nuestra página web: www.sika.com.pe</p>
Nota Legal	<p>La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados. Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web www.sika.com.pe.</p>

"La presente Edición anula y reemplaza la Edición N°8
la misma que deberá ser destruida"

Sika Perú S.A., Centro Industrial "Las Pasaños de Lurin" S/N, MZ
"B" Lote 5 y 6 Lurin, Uru - Perú
Tel: (51-1) 618-6060 / Fax: (51-1) 618-6073
E-mail: construccion@200.sika.com.pe / Web: www.sika.com.pe



7.6. ANEXO VI: FICHA TÉCNICA DEL CEMENTO PACASMAYO TIPO I
UTILIZADO EN LOS ENSAYOS.



CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.

Calle La Colonia Nro.150 Urb. El Vivero de Monterrico Santiago de Suroo - Lima
Carretera Panamericana Norte Km. 666 Pacasmayo - La Libertad
Teléfono 317 - 6000



SGC-REG-06-G0002 -
Versión 01

Cemento Portland Tipo I

Conforme a la NTP 334.009 / ASTM C150
Pacasmayo, 01 de marzo del 2012

COMPOSICIÓN QUÍMICA		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
MgO	%	1.9	Máximo 6.0
SO ₃	%	2.6	Máximo 3.0
Pérdida por Ignición	%	2.6	Máximo 3.0
Residuo Insoluble	%	0.61	Máximo 0.75

PROPIEDADES FÍSICAS		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
Contenido de Aire	%	7	Máximo 12
Expansión en Autoclave	%	0.16	Máximo 0.80
Superficie Específica	cm ² /g	3940	Mínimo 2800
Densidad	g/mL	3.13	NO ESPECIFICA

Resistencia Compresión :

Resistencia Compresión a 3días	MPa (kg/cm ²)	27.0 (275)	Mínimo 12.0 (Mínimo 122)
Resistencia Compresión a 7días	MPa (kg/cm ²)	32.8 (335)	Mínimo 19.0 (Mínimo 194)
Resistencia Compresión a 28días (*)	MPa (kg/cm ²)	39.1 (399)	Mínimo 28.0 (Mínimo 286)

Tiempo de Fraguado Vicat :

Fraguado Inicial	min	149	Mínimo 45
Fraguado Final	min	292	Máximo 375

Los resultados arriba mostrados corresponden al promedio del cemento despachado en el año 2011.

(*) Requisito opcional.

APLICACIONES

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.

7.7. ANEXO VII: NORMA NTE E.060

7.7.1. NORMA NTE E.060 PARA EL NÚMERO DE ESPECÍMENES ENSAYADOS.

N.T.E. E.60 CONCRETO ARMADO

- 5.3.2.2 Cuando una instalación productora de concreto no tenga registros de ensayos de resistencia en obra para el cálculo de S_r que se ajusten a los requisitos de 5.3.1.1 o de 5.3.1.2, f'_{cr} debe determinarse de la Tabla 5.3, y la documentación relativa a la resistencia promedio debe cumplir con los requisitos de 5.3.3.

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

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

- 5.3.3 Documentación de la resistencia promedio a la compresión
- La documentación que justifique que la dosificación propuesta para el concreto producirá una resistencia promedio a la compresión igual o mayor que la resistencia promedio a la compresión requerida, f'_{cr} , (véase 5.3.2), debe consistir en un registro de ensayos de resistencia en obra, en varios registros de ensayos de resistencia o en mezclas de prueba.
- 5.3.3.1 Cuando se empleen registros de ensayos para demostrar que las dosificaciones propuestas para el concreto producirán la resistencia promedio requerida f'_{cr} (véase 5.3.2), dichos registros deben representar los materiales y condiciones similares a las esperadas. Los cambios en los materiales, condiciones y dosificaciones dentro de los registros de ensayos no deben ser más restrictivos que los de la obra propuesta. Con el propósito de documentar la resistencia promedio potencial, pueden aceptarse registros de ensayos que consistan en menos de 30, pero no menos de 10 ensayos consecutivos siempre que abarquen un período no menor de 45 días. La dosificación requerida para el concreto puede establecerse por interpolación entre las resistencias y las dosificaciones de dos o más registros de ensayo, siempre y cuando cumpla con los otros requisitos de esta Sección.
- 5.3.3.2 Cuando no se dispone de un registro aceptable de resultados de ensayos en obra, se permite que la dosificación del concreto se establezca con mezclas de prueba que cumplan con las siguientes restricciones:
- Los materiales deben ser los propuestos para la obra.
 - Las mezclas de prueba cuyas dosificaciones y consistencias son las requeridas para la obra propuesta deben prepararse empleando al menos tres relaciones agua-material cementante o contenidos de cemento diferentes que produzcan un rango de resistencias que abarquen f'_{cr} .
 - Las mezclas de prueba deben dosificarse para producir un asentamiento (*slump*) dentro de ± 20 mm del máximo permitido, y para concreto con aire incorporado, dentro de $\pm 0,5\%$ del máximo contenido de aire permitido.
 - Para cada relación agua-material cementante o contenido de material cementante deben confeccionarse y curarse al menos tres probetas cilíndricas para cada edad de ensayo de acuerdo con "Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory" (ASTM C 192M). Las probetas deben ensayarse a los 28 días o a la edad de ensayo establecida para determinar f'_c .
 - A partir de los resultados de los ensayos de las probetas cilíndricas debe construirse una curva que muestre la correspondencia entre la relación agua-material cementante o el contenido de material cementante, y la resistencia a compresión a la edad de ensayo determinada.
 - La máxima relación agua-material cementante o el mínimo contenido de material cementante para el concreto que vaya a emplearse en la obra propuesta debe ser el que indique la curva para producir el valor de f'_{cr} requerido por 5.3.2, a no ser que de acuerdo con el Capítulo 4 se indique una relación agua-material cementante menor o una resistencia mayor.

30



Difundido por: ICG - Instituto de la Construcción y Gerencia
www.construccion.org / icg@icgmail.org | Telefax : 421 - 7898

7.8. ANEXO VIII: TABLAS PARA EL DISEÑO DE MEZCLAS

Tabla N° 60: 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° 61: Consistencia, Asentamiento y Trabajabilidad del concreto.

CONSISTENCIA	ASENTAMIENTO	TRABAJABILIDAD
Seca	0" a 2"	Poco Trabajable
Plástica	3" a 4"	Trabajable
Húmeda	≥ 5"	Muy Trabajable

Fuente: Diseño de mezclas – Riva Lopez.

Tabla N° 62: Requerimientos de agua en L/m³ y contenido de aire del concreto para los tamaños nominales máximos del agregado grueso y consistencia indicada

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

Fuente: Diseño de mezclas – Riva Lopez.

Tabla N° 63: 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	4.69
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.

Los valores de esta tabla pueden dar mezclas ligeramente sobrearenosas para pavimento o estructuras ciclópeas. Para condiciones de colocación favorables deben ser incrementados en 0.2.

Fuente: Universidad de Maryland (Diseño de mezclas. Rivva López)

Tabla N° 64. Límites de sustancia permisibles en el agua de mezcla o curado.

Descripción	Límites permisibles
Sólidos en suspensión	5000 ppm máximo
Materia orgánica	3 ppm máximo
Alcalinidad (NaHCO ₃)	1000 ppm máximo
Sulfatos (ión SO ₄ ⁻²)	600 ppm máximo
Cloruros (ión Cl ⁻¹)	1000 ppm máximo
pH	entre 5.0 y 8.0
De preferencia el agua a emplear debe ser potable.	

Fuente: Norma Técnica Peruana 339.088

7.9. ANEXO IX: DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO.

Tabla N° 65. Diseño de mezcla del concreto para ajuste de mezclas de prueba.

TESIS		"COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO CON ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO PARA UNA RESISTENCIA DE 500 Kg/cm ² "	
TESISTA		Bach. Ing. Ivan Vásquez Gonzales	
DISEÑO DE MEZCLAS USANDO EL MÉTODO DEL MÓDULO DE FINURA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS			
Fecha de Diseño	24 de octubre de 2014		
Revisado por	Mg. Ing. HECTOR A. PÉREZ LOAYZA		
UBICACIÓN DEL LUGAR DE EXTRACCIÓN DE LOS AGREGADOS			
Cantera de donde se extraen los materiales : RIO CIBONTA			
DATUM	USO	FRANJA	
WGS-84	17	M	
COORDENADAS UTM		ESTE	0779643
		NORTE	9207567
CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO			
Resistencia a la compresión especificada del Concreto (f_c)	=	500	kg / cm ²
Selección		Mayor 357	kg / cm ²
Incremento ($1.1 \cdot f_c + 51$)		101	kg / cm ²
Resistencia promedio a la compresión del Concreto (f_{cr})	=	601	kg / cm ²
CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES			
AGREGADO FINO		AGREGADO GRUESO	
Peso unitario suelto seco (kg/m ³)	: 1632.47	Peso unitario suelto seco (kg/m ³)	: 1460.03
Peso unitario seco compactado (kg/m ³)	: 1715.92	Peso unitario seco compactado (kg/m ³)	: 1558.37
Peso específico de masa (gr/cm ³)	: 2.56	Peso específico de masa (gr/cm ³)	: 2.64
Peso específico de masa S.S.S. (gr/cm ³)	: 2.59	Peso específico de masa S.S.S. (gr/cm ³)	: 2.67
Peso específico Aparente (gr/cm ³)	: 2.64	Peso específico Aparente (gr/cm ³)	: 2.71
Absorción (%)	: 1.15	Absorción (%)	: 0.99
Contenido de Humedad (%)	: 3.54	Contenido de Humedad (%)	: 0.43
Módulo de Finura	: 3.45	Módulo de Finura	: 6.85
Partículas Menores del Tamiz N° 200	: 4.89	Tamaño máximo Nominal (Pulg.)	: 1/2"
CEMENTO		FIBRA	
Norma	: NTP 334.009-2013	Perfil del Agregado	: Angular
Tipo de Cemento	: Pacasmayo Tipo I	Abrasión (%)	: 31.80
Peso Específico (gr/cm ³)	: 3.11	AGUA	
Norma	: SIKAMENT 290N	Peso específico de masa (gr/cm ³)	: 7.85
Peso Específico (gr/cm ³)	: ASTM C 494 Tipo G	Norma	: ASTM A 820
Aplicación (superplast)	: 1.18	AGUA	
	: 0.7 - 1.4 % del peso del Cemento	Norma	: NTP 334.009-2013
		Peso específico (gr/cm ³)	: 1.00
DISEÑO DE MEZCLA			
Selección del Asentamiento	Tipo de consistencia: Plástica		
	Asentamiento: 3" - 4"		
Tipo de Concreto a diseñar	Concreto Sin Aire Incorporado		
Volumen unitario de Agua	:	216.00	l/m ³
Reducción del 15 % del Agua de mezcla por el uso del Sikament 290N	:	216.00	l/m ³
Contenido de aire total	:	2.50	%
Relación Agua / Cemento	:	0.35	
Factor cemento	:	617.10	Kg/m ³
	:	14.5	Bolsas/m ³
	:	0.198	m ³
	:	0.216	m ³
	:	0.025	m ³
	:	0.000	m ³
	:	0.439	m ³
	:	0.561	m ³
	:	14.5	Bolsas/m ³
	:	1/2"	
	:	5.13	
	:	50.53	%
	:	0.283	m ³
	:	0.277	m ³
	:	725.10	Kg/m ³
	:	732.30	Kg/m ³
	:	617.10	Kg/m ³
	:	216.00	l/m ³
	:	0.00	l/m ³
	:	725.10	Kg/m ³
	:	732.30	Kg/m ³
	:	42.50	Kg/bls
	:	14.88	l/bls
	:	0.00	l/bls
	:	49.94	Kg/bls
	:	50.43	Kg/bls
	:	1.00	
	:	0.000	
	:	1.18	
	:	1.19	
	:	14.9	l/bls

Tabla N° 66. Corrección por contenido de humedad de los agregados para el ajuste de mezcla.

TESIS	:	“COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO CON ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO PARA UNA RESISTENCIA DE 500 Kg/cm²”	
TESISTA	:	Bach. Ing. Ivan Vásquez Gonzales	
CORRECCIÓN DEL DISEÑO POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS			
Fecha de Corrección	:	24 de octubre de 2014	
Revisado por	:	Mg. Ing. HECTOR A. PEREZ LOAYZA	
Cantera de donde se extraen los materiales :		RIO CHONTA	
Materiales de Diseño		Cemento	: 617.1 Kg/m ³
		Agua de diseño	: 216.00 lt/m ³
		Sikament 290 N	: 0.00 lt/m ³
		Agregado Fino seco	: 725.1 Kg/m ³
		Agregado Grueso seco	: 732.3 Kg/m ³
Contenido de Humedad de los Componentes		Agregado Fino	: 3.54 %
		Agregado Grueso	: 0.43 %
Absorción de los Componentes		Agregado Fino	: 1.15 %
		Agregado Grueso	: 0.99 %
Peso Húmedo de los Componentes		Agregado Fino	: 750.80 Kg/m ³
		Agregado Grueso	: 735.50 Kg/m ³
Humedad Superficial de los Componentes		Agregado Fino	: 2.39 %
		Agregado Grueso	: -0.56 %
Aporte de Humedad de los Componentes		Agregado Fino	: 17.30 lt/m ³
		Agregado Grueso	: -4.10 lt/m ³
		Aporte Total	: 13.20 lt/m ³
Agua Efectiva		Agua Efectiva	: 202.80 lt/m ³
Peso de los materiales corregidos por humedad a ser empleados en las mezclas de prueba por m³		Cemento	: 617.10 Kg/m ³
		Agua Efectiva	: 202.80 lt/m ³
		Sikament 290 N	: 0.00 lt/m ³
		Agregado Fino Húmedo	: 750.80 Kg/m ³
		Agregado Grueso Húmedo	: 735.50 Kg/m ³
Relación Agua / Cemento Efectiva			: 0.33
Cantidad de materiales corregidos por humedad que se necesitan en una tanda de un saco de Cemento.		Cemento	: 42.5 Kg/bls
		Agua Efectiva	: 14.0 lt/bls
		Sikament 290 N	: 0.00 lt/bls
		Agregado fino húmedo	: 51.7 Kg/bls
		Agregado grueso húmedo	: 50.7 Kg/bls
Proporción en peso de los materiales corregidos por Humedad del Agregado.		Cemento	: 1
		Sikament 290 N	: 0.00 lt / saco
		Agregado fino húmedo	: 1.22
		Agregado grueso húmedo	: 1.19
		Agua Efectiva	: 14.0 lt / saco

Tabla N° 67. Ajuste de mezcla por apariencia, asentamiento, agua adicional y contenido de aire para la elaboración del concreto

TESIS	"COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO CON ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO PARA UNA RESISTENCIA DE 500 Kg/cm ² "		
TESISTA	Bach. Ing. Ivan Vásquez Gonzales		
CORRECCIÓN POR APARIENCIA, ASENTAMIENTO, AGUA ADICIONAL Y CONTENIDO DE AIRE			
Fecha de Corrección	01 de noviembre de 2014		
Revisado por	Mg. Ing. HECTOR A. PEREZ LOAYZA		
Cantera de donde se extraen los materiales :	RIO CHONTA		
Contenido de Humedad de los Componentes	Agregado Fino	:	3.54 %
	Agregado Grueso	:	0.43 %
Absorción de los Componentes	Agregado Fino	:	1.15 %
	Agregado Grueso	:	0.99 %
Humedad Superficial de los Componentes	Agregado Fino	:	2.39 %
	Agregado Grueso	:	-0.56 %
Materiales de diseño por tanda (0.02 m3)	Cemento	:	12.34 Kg/tanda
	Agua de diseño	:	4.32 lt/tanda
	Sikament 290N	:	0.00 lt/tanda
	Agregado Fino seco	:	14.50 Kg/tanda
	Agregado Grueso seco	:	14.65 Kg/tanda
Materiales corregidos por humedad por tanda (0.02 m3)	Cemento	:	12.34 Kg/tanda
	Agua Efectiva	:	4.06 lt/tanda
	Sikament 290N	:	0.00 lt/tanda
	Agregado fino húmedo	:	15.02 Kg/tanda
	Agregado grueso húmedo	:	14.71 Kg/tanda
Datos obtenidos en laboratorio	Apariencia	:	Ligeramete Sobregravosa
	Asentamiento	:	10.00 cm
	Agua adicional	:	0.00 cm ³
	Contenido de Aire	:	1.07 %
	Peso Unitario del Concreto	:	2324.14 Kg/m ³
Tanda de mezclado	Cemento	:	12.34 Kg/tanda
	Agua Añadida	:	4.06 lt/tanda
	Sikament 290N	:	0.00 Kg/tanda
	Agregado fino húmedo	:	15.02 Kg/tanda
	Agregado grueso húmedo	:	14.71 Kg/tanda
	Peso de la Colada	:	46.12 Kg/tanda
Rendimiento	Rendimieto de la tanda	:	0.01985 m ³ /tanda
Agua de mezclado por tanda	Aporte del Agregado Fino	:	0.35 lt/tanda
	Aporte del Agregado Grueso	:	-0.08 lt/tanda
	Agua Añadida	:	4.06 lt/tanda
	Agua de mezclado por tanda	:	4.33 lt/tanda
Agua de mezclado por m3, corrección por agua adicional	Agua de mezclado por m3	:	217.93 lt/m3
Corrección por asentamiento (Incremento de 2 lt por cada incremento de 1 cm en asentamiento)	Asentamiento deseado	:	9.00 cm
	Asentamiento obtenido	:	10.00 cm
	Disminuir asentamiento en	:	-1.00 cm
	Disminuir el agua de mezcla en	:	-2.00 lt/m ³
Agua de mezclado por m3, corrección por asentamiento	Agua de mezclado por m3	:	215.93 lt/m3
Corrección por contenido de aire (Incremento de 2 lt por cada disminución de 1 % en el contenido de aire)	Contenido de aire deseado	:	2.50 %
	Contenido de aire obtenido	:	1.07 %
	Incrementar el contenido de aire en	:	1.43 %
	Disminuir el agua de mezcla en	:	-2.86 lt/m ³
Agua de mezclado por m3, corrección por contenido de aire	Agua de mezclado por m3	:	213.07 lt/m3
Corrección por apariencia de la mezcla	Agua de diseño	:	0.2131 m ³
	Cemento	:	0.1957 m ³
	Sikament 290N	:	0.0000 m ³
	Aire atrapado	:	0.0250 m ³
	Agregado grueso	:	0.2773 m ³
	Agregado fino	:	0.2889 m ³
Nuevos Materiales de Diseño	Agua de diseño	:	213.10 lt/m ³
	Cemento	:	608.63 Kg/m ³
	Sikament 290N	:	0.00 lt/m ³
	Agregado grueso	:	732.30 Kg/m ³
	Agregado fino	:	739.54 Kg/m ³
	Aire atrapado	:	2.50 %

Tabla N° 68. Ajuste de mezcla por resistencia, mediante ley de powers.

TESIS	:	“COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO CON ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO PARA UNA RESISTENCIA DE 500 Kg/cm²”		
TESISTA	:	Bach. Ing. Ivan Vásquez Gonzales		
CORRECCIÓN POR RESISTENCIA				
Fecha de Corrección	:	15 de noviembre de 2014		
Chequeado por	:	Mg. Ing. HECTOR A. PEREZ LOAYZA		
Cantera de donde se extraen los materiales :		RIO CHONTA		
Resistencia promedio de los especímenes de ensayo a los 7 días		Resistencia del espécimen 01	:	358.30 kg/cm ²
		Resistencia del espécimen 02	:	379.43 kg/cm ²
		Resistencia del espécimen 03	:	394.33 kg/cm ²
		Resistencia prom. de 03 especímenes	:	377.36 kg/cm ²
Probable resistencia a los 28 días (1.37 de la resistencia a los 7 días)		Resistencia probable a los 28 días	:	516.98 kg/cm ²
Resistencia deseada a los 28 días		Resistencia deseada a los 28 días f _c	:	500.00 kg/cm ²
Relación a/c empleada en el diseño original		Relación a/c diseño original	:	0.35
Grado de hidratación del concreto bajo las condiciones de curado		Grado de hidratación (α)	:	0.46
Relación a/c empleada en el diseño original		Relación a/c corregida por hidrat.	:	0.36
Nuevos Materiales de Diseño		Agua de diseño	:	213.10 lt/m ³
		Cemento	:	591.94 Kg/m ³
		Sikament 290N	:	0.00 lt/m ³
		Agregado grueso seco	:	739.24 Kg/m ³
		Agregado fino seco	:	746.55 Kg/m ³
		Aire atrapado	:	2.50 %

Tabla N° 69. Diseño de mezcla del concreto patrón, proporcionamiento base para las adiciones de fibra.

TESIS	:	“COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO CON ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO PARA UNA RESISTENCIA DE 500 Kg/cm²”	
TESISTA	:	Bach. Ing. Ivan Vásquez Gonzales	
CORRECCIÓN DEL DISEÑO POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS			
Fecha de Corrección	:	15 de noviembre de 2014	
Revisado por	:	Mg. Ing. HECTOR A. PEREZ LOAYZA	
Cantera de donde se extraen los materiales :		RIO CHONTA	
Materiales de Diseño		Cemento	: 591.94 Kg/m ³
		Agua de diseño	: 213.10 lt/m ³
		Sikament 290N	: 0.00 lt/m ³
		Agregado Fino seco	: 746.55 Kg/m ³
		Agregado Gueso seco	: 739.24 Kg/m ³
Contenido de Humedad de los Componentes		Agregado Fino	: 3.54 %
		Agregado Gueso	: 0.43 %
Absorción de los Componentes		Agregado Fino	: 1.15 %
		Agregado Gueso	: 0.99 %
Peso Húmedo de los Componentes		Agregado Fino	: 773.00 Kg/m ³
		Agregado Gueso	: 742.40 Kg/m ³
Humedad Superficial de los Componentes		Agregado Fino	: 2.39 %
		Agregado Gueso	: -0.56 %
Aporte de Humedad de los Componentes		Agregado Fino	: 17.80 lt/m ³
		Agregado Gueso	: -4.10 lt/m ³
		Aporte Total	: 13.70 lt/m ³
Agua Efectiva		Agua Efectiva	: 199.40 lt/m ³
Peso de los materiales corregidos por humedad a ser empleados en las mezclas de prueba por m³		Cemento	: 591.94 Kg/m ³
		Agua Efectiva	: 199.40 lt/m ³
		Sikament 290N	: 0.00 lt/m ³
		Agregado Fino Húmedo	: 773.00 Kg/m ³
		Agregado Gueso Húmedo	: 742.40 Kg/m ³
Relación Agua / Cemento Efectiva			: 0.34
Cantidad de materiales corregidos por humedad que se necesitan en una tanda de un saco de Cemento.		Cemento	: 42.5 Kg/bls
		Agua Efectiva	: 14.3 lt/bls
		Sikament 290N	: 0.0 lt/bls
		Agregado fino húmedo	: 55.5 Kg/bls
		Agregado grueso húmedo	: 53.3 Kg/bls
Proporción en peso de los materiales corregidos por Humedad del Agregado.		Cemento	: 1
		Agua Efectiva	: 14.3 lt / saco
		Sikament 290N	: 0.0 lt / saco
		Agregado fino húmedo	: 1.31
		Agregado grueso húmedo	: 1.25

Tabla N° 70. Diseño de mezcla del concreto más Sikament 290N.

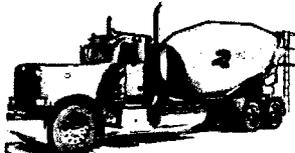
TESIS : "COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO CON ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO PARA UNA RESISTENCIA DE 500 Kg/cm ² "		
TESISTA : Bach. Ing. Ivan Vásquez Gonzales		
DISEÑO DE MEZCLAS USANDO EL MÉTODO DEL MÓDULO DE FINURA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS		
Fecha de Diseño : 14 de noviembre de 2014	 	
Revisado por : Mg. Ing. HECTOR A. PEREZ LOAYZA		
UBICACIÓN DEL LUGAR DE EXTRACCIÓN DE LOS AGREGADOS		
Cantera de donde se extraen los materiales : RIO CHONTA		
DATUM : WGS-84	USO : 17 M	
COORDENADAS UTM	ESTE : 0779643 NORTE : 9207567	
CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO		
Resistencia a la compresión especificada del Concreto (f _c) =	500 kg / cm ²	
Selección	Mayor 357 kg / cm ²	
Incremento (1.1 * f _c + 51)	101 kg / cm ²	
Resistencia promedio a la compresión del Concreto (f _{cr}) =	601 kg / cm ²	
CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES		
AGREGADO FINO		
Peso unitario suelto seco (kg/m ³) :	1632.47	
Peso unitario seco compactado (kg/m ³) :	1715.92	
Peso específico de masa (gr/cm ³) :	2.56	
Peso específico de masa S.S.S. (gr/cm ³) :	2.59	
Peso específico Aparente (gr/cm ³) :	2.64	
Absorción (%) :	1.15	
Contenido de Humedad (%) :	3.54	
Módulo de Finura :	3.45	
Partículas Menores del Tamiz N° 200 :	4.89	
AGREGADO GRUESO		
Peso unitario suelto seco (kg/m ³) :	1460.03	
Peso unitario seco compactado (kg/m ³) :	1558.37	
Peso específico de masa (gr/cm ³) :	2.64	
Peso específico de masa S.S.S. (gr/cm ³) :	2.67	
Peso específico Aparente (gr/cm ³) :	2.71	
Absorción (%) :	0.99	
Contenido de Humedad (%) :	0.43	
Módulo de Finura :	6.85	
Tamaño máximo Nominal (Pulg.) :	1/2"	
Perfil del Agregado :	Angular	
Abrasion (%) :	31.80	
CEMENTO		
Norma :	NTP 334.009-2013	
Tipo de Cemento :	Pacasmayo Tipo I	
Peso Específico (gr/cm ³) :	3.11	
FIBRA		
Peso específico de masa (gr/cm ³) :	7.85	
Norma :	ASTM A 820	
AGUA		
Peso Específico (gr/cm ³) :	1.18	
Norma :	NTP 334.009-2013	
Aplicación (superplast.) :	0.7 % del peso del Cemento	
Peso específico (gr/cm ³) :	1.00	
DISEÑO DE MEZCLA		
Materiales de diseño con 0.00% de adición de Sikament 290N	Agua de diseño :	213.10 lt/m ³
	Cemento :	591.94 Kg/m ³
	Sikament 290N :	0.00 lt/m ³
	Agregado grueso seco :	739.24 Kg/m ³
	Agregado fino seco :	746.55 Kg/m ³
	Aire atrapado :	2.50 %
Volúmenes absolutos de materiales de diseño con 0.00% de adición de Sikament 290N	Agua de diseño :	0.213 m ³
	Cemento :	0.190 m ³
	Sikament 290N :	0.000 m ³
	Agregado grueso seco :	0.280 m ³
	Agregado fino seco :	0.292 m ³
	Aire atrapado :	0.025 m ³
Reduccion del 15 % del Agua de mezcla por el uso del Sikament 290N	Agua de diseño :	213.10 lt/m ³
	Nueva agua de diseño :	181.14 lt/m ³
	Relacion A/C de ajuste :	0.36 lt/m ³
	Nuevo Peso del cemento :	503.15 Kg/m ³
Volúmenes absolutos de materiales de diseño con 0.7% de Sikament 290N	Nueva agua de diseño :	0.178 m ³
	Nuevo Cemento :	0.162 m ³
	Sikament 290N :	0.003 m ³
	Aire atrapado :	0.025 m ³
Porcentaje de Agregados de diseño	Agregado grueso seco :	48.979 %
	Agregado fino seco :	51.021 %
Volúmenes absolutos de materiales de diseño con 0.7% de Sikament 290N	Nueva agua de diseño :	0.178 m ³
	Nuevo Cemento :	0.162 m ³
	Sikament 290N :	0.003 m ³
	Aire atrapado :	0.025 m ³
	Agregado grueso seco :	0.310 m ³
	Agregado fino seco :	0.322 m ³
Proporción en peso de los materiales de diseño	Agua de diseño :	178.15 lt/m ³
	Cemento :	503.15 Kg/m ³
	Sikament 290N :	3.52 Kg/m ³
	Agregado grueso seco :	817.51 Kg/m ³
	Agregado fino seco :	825.59 Kg/m ³
	Aire atrapado :	2.50 %

Tabla N° 71. Corrección por humedad de los agregados del diseño de mezcla del concreto más Sikament 290N.

TESIS	:	“COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO CON ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO PARA UNA RESISTENCIA DE 500 Kg/cm²”		
TESISTA	:	Bach. Ing. Ivan Vásquez Gonzales		
CORRECCIÓN DEL DISEÑO POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS				
Fecha de Corrección	:	14 de noviembre de 2014		
Revisado por	:	Mg. Ing. HECTOR A. PEREZ LOAYZA		
Cantera de donde se extraen los materiales :		RIO CHONTA		
Materiales de Diseño		Cemento	:	503.15 Kg/m ³
		Agua de diseño	:	178.15 lt/m ³
		Sikament 290 N	:	3.52 lt/m ³
		Agregado Fino seco	:	825.59 Kg/m ³
		Agregado Grueso seco	:	817.51 Kg/m ³
Contenido de Humedad de los Componentes		Agregado Fino	:	3.54 %
		Agregado Grueso	:	0.43 %
Absorción de los Componentes		Agregado Fino	:	1.15 %
		Agregado Grueso	:	0.99 %
Peso Húmedo de los Componentes		Agregado Fino	:	854.80 Kg/m ³
		Agregado Grueso	:	821.00 Kg/m ³
Humedad Superficial de los Componentes		Agregado Fino	:	2.39 %
		Agregado Grueso	:	-0.56 %
Aporte de Humedad de los Componentes		Agregado Fino	:	19.70 lt/m ³
		Agregado Grueso	:	-4.60 lt/m ³
		Aporte Total	:	15.10 lt/m ³
Agua Efectiva		Agua Efectiva	:	163.05 lt/m ³
Peso de los materiales corregidos por humedad a ser empleados en las mezclas de prueba por m ³		Cemento	:	503.15 Kg/m ³
		Agua Efectiva	:	163.05 lt/m ³
		Sikament 290 N	:	3.52 Kg/m ³
		Agregado Fino Húmedo	:	854.80 Kg/m ³
		Agregado Grueso Húmedo	:	821.00 Kg/m ³
Relación Agua / Cemento Efectiva			:	0.32
Cantidad de materiales corregidos por humedad que se necesitan en una tanda de un saco de Cemento.		Cemento	:	42.5 Kg/bls
		Agua Efectiva	:	13.8 lt/bls
		Sikament 290 N	:	0.30 lt/bls
		Agregado fino húmedo	:	72.2 Kg/bls
		Agregado grueso húmedo	:	69.3 Kg/bls
Proporción en peso de los materiales corregidos por Humedad del Agregado.		Cemento	:	1
		Sikament 290 N	:	0.297 lt / saco
		Agregado fino húmedo	:	1.70
		Agregado grueso húmedo	:	1.63
		Agua Efectiva	:	13.8 lt / saco

Tabla N° 72. Diseño de mezcla del concreto con adición de 20 kg/m³ de fibra de acero.

TESIS		"COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO CON ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO PARA UNA RESISTENCIA DE 500 Kg/cm ² "	
TESISTA		Bach. Ing. Ivan Vásquez Gonzales	
DISEÑO DE MEZCLAS USANDO EL MÉTODO DEL MÓDULO DE FINURA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS			
Fecha de Diseño	29 de noviembre de 2014		
Revisado por	Mg. Ing. HECTOR A. PEREZ LOAYZA		
UBICACIÓN DEL LUGAR DE EXTRACCIÓN DE LOS AGREGADOS			
Cantera de donde se extraen los materiales : RIO CHONTA			
DATUM	USO	FRANJA	
WGS-84	17	M	
COORDENADAS UTM	ESTE	0779643	
	NORTE	9207567	
CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO			
Resistencia a la compresión especificada del Concreto (f'c)	=	500	kg / cm ²
Selección		Mayor 357	kg / cm ²
Incremento (1.1 * f'c + 51)		101	kg / cm ²
Resistencia promedio a la compresión del Concreto (f'cr)	=	601	kg / cm ²
CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES			
AGREGADO FINO		AGREGADO GRUESO	
Peso unitario suelto seco (kg/m ³)	: 1632.47	Peso unitario suelto seco (kg/m ³)	: 1460.03
Peso unitario seco compactado (kg/m ³)	: 1715.92	Peso unitario seco compactado (kg/m ³)	: 1558.37
Peso específico de masa (gr/cm ³)	: 2.56	Peso específico de masa (gr/cm ³)	: 2.64
Peso específico de masa S.S.S. (gr/cm ³)	: 2.59	Peso específico de masa S.S.S. (gr/cm ³)	: 2.67
Peso específico Aparente (gr/cm ³)	: 2.64	Peso específico Aparente (gr/cm ³)	: 2.71
Absorción (%)	: 1.15	Absorción (%)	: 0.99
Contenido de Humedad (%)	: 3.54	Contenido de Humedad (%)	: 0.43
Módulo de Finura	: 3.45	Módulo de Finura	: 6.85
Partículas Menores del Tamiz N° 200	: 4.89	Tamaño máximo Nominal (Pulg.)	: 1/2"
CEMENTO		FIBRA	
Norma	: NTP 334.009-2013	Perfil del Agregado	: Angular
Tipo de Cemento	: Pacasmayo Tipo I	Abrasion (%)	: 31.80
Peso Específico (gr/cm ³)	: 3.11	AGUA	
SIKAMENT 290N		Peso específico de masa (gr/cm ³)	: 7.85
Norma	: ASTM C 494 Tipo G	Norma	: ASTM A 820
Peso Específico (gr/cm ³)	: 1.18	AGUA	
Aplicación (superplast)	: 0.7 % del peso del Cemento	Norma	: NTP 334.009-2013
		Peso específico (gr/cm ³)	: 1.00
DISEÑO DE MEZCLA			
Materiales de diseño con 0.00% de adición de fibra de acero	Agua de diseño	: 178.15	lt/m ³
	Cemento	: 503.15	Kg/m ³
	Sikament 290N	: 3.52	lt/m ³
	Agregado grueso seco	: 817.51	Kg/m ³
	Agregado fino seco	: 825.59	Kg/m ³
	Aire atrapado	: 2.50	%
Volúmenes absolutos de materiales de diseño con 0.00% de adición de fibra de acero	Agua de diseño	: 0.178	m ³
	Cemento	: 0.162	m ³
	Sikament 290N	: 0.003	m ³
	Agregado grueso seco	: 0.310	m ³
	Agregado fino seco	: 0.322	m ³
	Aire atrapado	: 0.025	m ³
Porcentaje de agregados en la mezcla	Agregado grueso seco	: 48.979	%
	Agregado fino seco	: 51.021	%
Volúmenes absolutos de materiales de diseño con 20 Kg/m ³ de adición de fibra de acero	Agua de diseño	: 0.178	m ³
	Cemento	: 0.162	m ³
	Sikament 290N	: 0.003	m ³
	Fibra de acero	: 0.003	m ³
	Agregado grueso seco	: 0.308	m ³
	Agregado fino seco	: 0.321	m ³
Aire atrapado	: 0.025	m ³	
Proporción en peso de los materiales sin corregir por humedad del agregado	Agua de diseño	: 178.15	lt/m ³
	Cemento	: 503.15	Kg/m ³
	Sikament 290N	: 3.52	Kg/m ³
	Fibra de acero	: 20.00	Kg/m ³
	Agregado grueso seco	: 814.22	Kg/m ³
	Agregado fino seco	: 822.26	Kg/m ³
Aire atrapado	: 2.50	%	

Tabla N° 73. Corrección por humedad de los agregados del diseño de mezcla del concreto con adición de 20 kg/m³ de fibra de acero.

TESIS		"COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO CON ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO PARA UNA RESISTENCIA DE 500 Kg/cm ² "	
TESISTA		Bach. Ing. Ivan Vasquez Gonzales	
CORRECCIÓN DEL DISEÑO POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS			
Fecha de Corrección		29 de noviembre de 2014	
Revisado por		Mg. Ing. HECTOR A. PEREZ LOAYZA	
Cantera de donde se extraen los materiales :		RIO CHONTA	
Materiales de Diseño	Cemento	:	503.15 Kg/m ³
	Agua de diseño	:	178.15 lt/m ³
	Sikament 290 N	:	3.52 lt/m ³
	Agregado Fino seco	:	822.26 Kg/m ³
	Agregado Grueso seco	:	814.22 Kg/m ³
	Fibra de Acero	:	20.00 Kg/m ³
Contenido de Humedad de los Componentes	Agregado Fino	:	3.54%
	Agregado Grueso	:	0.43%
Absorción de los Componentes	Agregado Fino	:	1.15%
	Agregado Grueso	:	0.99%
Peso Húmedo de los Componentes	Agregado Fino	:	851.40 Kg/m ³
	Agregado Grueso	:	817.70 Kg/m ³
Humedad Superficial de los Componentes	Agregado Fino	:	2.39%
	Agregado Grueso	:	-0.56%
Aporte de Humedad de los Componentes	Agregado Fino	:	19.70 lt/m ³
	Agregado Grueso	:	-4.60 lt/m ³
	Aporte Total	:	15.10 lt/m ³
Agua Efectiva	Agua Efectiva	:	163.05 lt/m ³
Peso de los materiales corregidos por humedad a ser empleados en las mezclas de prueba por m ³	Cemento	:	503.15 Kg/m ³
	Agua Efectiva	:	163.05 lt/m ³
	Sikament 290 N	:	3.52 Kg/m ³
	Fibra de Acero	:	20.00 Kg/m ³
	Agregado Fino Húmedo	:	851.40 Kg/m ³
	Agregado Grueso Húmedo	:	817.70 Kg/m ³
Relación Agua / Cemento Efectiva		:	0.32
Cantidad de materiales corregidos por humedad que se necesitan en una tanda de un saco de Cemento.	Cemento	:	42.5 Kg/bls
	Agua Efectiva	:	13.8 lt/bls
	Sikament 290 N	:	0.30 lt/bls
	Fibra de Acero	:	1.7 Kg/bls
	Agregado fino húmedo	:	71.9 Kg/bls
	Agregado grueso húmedo	:	69.1 Kg/bls
Proporción en peso de los materiales corregidos por Humedad del Agregado.	Cemento	:	1
	Sikament 290 N	:	0.297 lt / saco
	Fibra de Acero	:	0.04
	Agregado fino húmedo	:	1.69
	Agregado grueso húmedo	:	1.63
	Agua Efectiva	:	13.8 lt / saco

Tabla N° 74. Diseño de mezcla del concreto con adición de 30 kg/m³ de fibra de acero.

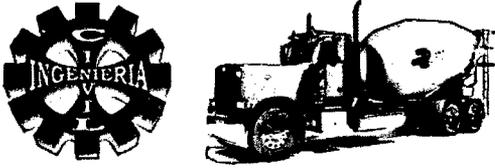
TESIS : "COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO CON ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO PARA UNA RESISTENCIA DE 500 Kg/cm ² "		
TESISTA : Bach. Ing. Ivan Vásquez Gonzales		
DISEÑO DE MEZCLAS USANDO EL MÉTODO DEL MÓDULO DE FINURA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS		
Fecha de Diseño : 21 de noviembre de 2014		
Revisado por : Mg. Ing. HECTOR A. PEREZ LOAYZA		
UBICACIÓN DEL LUGAR DE EXTRACCIÓN DE LOS AGREGADOS Cantera de donde se extraen los materiales : RIO CHONTA		
DATUM USO FRANJA WGS-84 17 M		
COORDENADAS UTM ESTE : 0779643 NORTE : 9207567		
CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO		
Resistencia a la compresión especificada del Concreto (f_c) =	500 kg / cm ²	
Selección	Mayor 357 kg / cm ²	
Incremento ($1.1 \cdot f_c + 51$)	101 kg / cm ²	
Resistencia promedio a la compresión del Concreto (f_{cr}) =	601 kg / cm ²	
CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES		
AGREGADO FINO		
Peso unitario suelto seco (kg/m ³) :	1632.47	
Peso unitario seco compactado (kg/m ³) :	1715.92	
Peso específico de masa (gr/cm ³) :	2.56	
Peso específico de masa S.S.S. (gr/cm ³) :	2.59	
Peso específico Aparente (gr/cm ³) :	2.64	
Absorción (%) :	1.15	
Contenido de Humedad (%) :	3.54	
Módulo de Finura :	3.45	
Partículas Menores del Tamiz N° 200 :	4.89	
CEMENTO		
Norma : NTP 334.009-2013		
Tipo de Cemento : Pacasmayo Tipo I		
Peso Específico (gr/cm ³) : 3.11		
SIKAMENT 290N		
Norma : ASTM C 494 Tipo G		
Peso Específico (gr/cm ³) : 1.18		
Aplicación (superplast.) : 0.7 % del peso del Cemento		
AGREGADO GRUESO		
Peso unitario suelto seco (kg/m ³) :	1460.03	
Peso unitario seco compactado (kg/m ³) :	1558.37	
Peso específico de masa (gr/cm ³) :	2.64	
Peso específico de masa S.S.S. (gr/cm ³) :	2.67	
Peso específico Aparente (gr/cm ³) :	2.71	
Absorción (%) :	0.99	
Contenido de Humedad (%) :	0.43	
Módulo de Finura :	6.85	
Tamaño máximo Nominal (Pulg.) :	1/2"	
Perfil del Agregado :	Angular	
Abrasión (%) :	31.80	
FIBRA		
Peso específico de masa (gr/cm ³) :	7.85	
Norma : ASTM A 820		
AGUA		
Norma : NTP 334.009-2013		
Peso específico (gr/cm ³) :	1.00	
DISEÑO DE MEZCLA		
Materiales de diseño con 0.00% de adición de fibra de acero	Agua de diseño :	178.15 lt/m ³
	Cemento :	503.15 Kg/m ³
	Sikament 290N :	3.52 lt/m ³
	Agregado grueso seco :	817.51 Kg/m ³
	Agregado fino seco :	825.59 Kg/m ³
	Aire atrapado :	2.50 %
Volúmenes absolutos de materiales de diseño con 0.00% de adición de fibra de acero	Agua de diseño :	0.178 m ³
	Cemento :	0.162 m ³
	Sikament 290N :	0.003 m ³
	Agregado grueso seco :	0.310 m ³
	Agregado fino seco :	0.322 m ³
	Aire atrapado :	0.025 m ³
Porcentaje de agregados en la mezcla	Agregado grueso seco :	48.979 %
	Agregado fino seco :	51.021 %
Volúmenes absolutos de materiales de diseño con 30 Kg/m ³ de adición de fibra de acero	Agua de diseño :	0.178 m ³
	Cemento :	0.162 m ³
	Sikament 290N :	0.003 m ³
	Fibra de acero :	0.004 m ³
	Agregado grueso seco :	0.308 m ³
	Agregado fino seco :	0.321 m ³
Proporción en peso de los materiales sin corregir por humedad del agregado	Agua de diseño :	178.15 lt/m ³
	Cemento :	503.15 Kg/m ³
	Sikament 290N :	3.52 Kg/m ³
	Fibra de acero :	30.00 Kg/m ³
	Agregado grueso seco :	812.57 Kg/m ³
	Agregado fino seco :	820.59 Kg/m ³
Aire atrapado :	2.50 %	

Tabla N° 75. Corrección por humedad de los agregados del diseño de mezcla del concreto con adición de 30 kg/m³ de fibra de acero.

TESIS	"COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO CON ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO PARA UNA RESISTENCIA DE 500 Kg/cm ² "		
TESISTA	Bach. Ing. Ivan Vásquez Gonzales		
CORRECCIÓN DEL DISEÑO POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS			
Fecha de Corrección	21 de noviembre de 2014		
Revisado por	Mg. Ing. HECTOR A. PEREZ LOAYZA		
Cantera de donde se extraen los materiales :	RIO CHONTA		
Materiales de Diseño	Cemento	:	503.15 Kg/m ³
	Agua de diseño	:	178.15 lt/m ³
	Sikament 290 N	:	3.52 lt/m ³
	Agregado Fino seco	:	820.59 Kg/m ³
	Agregado Grueso seco	:	812.57 Kg/m ³
	Fibra de Acero	:	30.00 Kg/m ³
Contenido de Humedad de los Componentes	Agregado Fino	:	3.54 %
	Agregado Grueso	:	0.43 %
Absorción de los Componentes	Agregado Fino	:	1.15 %
	Agregado Grueso	:	0.99 %
Peso Húmedo de los Componentes	Agregado Fino	:	849.60 Kg/m ³
	Agregado Grueso	:	816.10 Kg/m ³
Humedad Superficial de los Componentes	Agregado Fino	:	2.39 %
	Agregado Grueso	:	-0.56 %
Aporte de Humedad de los Componentes	Agregado Fino	:	19.60 lt/m ³
	Agregado Grueso	:	-4.50 lt/m ³
	Aporte Total	:	15.10 lt/m ³
Agua Efectiva	Agua Efectiva	:	163.05 lt/m ³
Peso de los materiales corregidos por humedad a ser empleados en las mezclas de prueba por m ³	Cemento	:	503.15 Kg/m ³
	Agua Efectiva	:	163.05 lt/m ³
	Sikament 290 N	:	3.52 Kg/m ³
	Fibra de Acero	:	30.00 Kg/m ³
	Agregado Fino Húmedo	:	849.60 Kg/m ³
	Agregado Grueso Húmedo	:	816.10 Kg/m ³
Relación Agua / Cemento Efectiva		:	0.32
Cantidad de materiales corregidos por humedad que se necesitan en una tanda de un saco de Cemento.	Cemento	:	42.5 Kg/bls
	Agua Efectiva	:	13.8 lt/bls
	Sikament 290 N	:	0.30 lt/bls
	Fibra de Acero	:	2.5 Kg/bls
	Agregado fino húmedo	:	71.8 Kg/bls
	Agregado grueso húmedo	:	68.9 Kg/bls
Proporción en peso de los materiales corregidos por Humedad del Agregado.	Cemento	:	1
	Sikament 290 N	:	0.297 lt / saco
	Fibra de Acero	:	0.06
	Agregado fino húmedo	:	1.69
	Agregado grueso húmedo	:	1.62
	Agua Efectiva	:	13.8 lt / saco

Tabla N° 76. Diseño de mezcla del concreto con adición de 40 kg/m³ de fibra de acero.

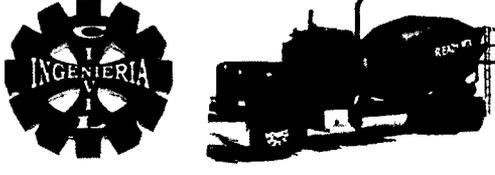
TESIS : "COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO CON ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO PARA UNA RESISTENCIA DE 500 Kg/cm ² "		
TESISTA : Bach. Ing. Ivan Vásquez Gonzales		
DISEÑO DE MEZCLAS USANDO EL MÉTODO DEL MÓDULO DE FINURA DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS		
Fecha de Diseño : 28 de noviembre de 2014		
Revisado por : Mg. Ing. HECTOR A. PEREZ LOAYZA		
UBICACIÓN DEL LUGAR DE EXTRACCIÓN DE LOS AGREGADOS		
Cantera de donde se extraen los materiales : RIO CHONTA		
DATUM : USO : FRANJA		
WGS-84 : 17 : M		
COORDENADAS UTM : ESTE : 0779643		
: NORTE : 9207567		
CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO		
Resistencia a la compresión especificada del Concreto (f _c) =	500 kg / cm ²	
Selección	Mayor 357 kg / cm ²	
Incremento (1.1 * f _c + 51)	101 kg / cm ²	
Resistencia promedio a la compresión del Concreto (f _{cr}) =	601 kg / cm ²	
CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES		
AGREGADO FINO		
Peso unitario suelto seco (kg/m ³) :	1632.47	
Peso unitario seco compactado (kg/m ³) :	1715.92	
Peso específico de masa (gr/cm ³) :	2.56	
Peso específico de masa S.S.S. (gr/cm ³) :	2.59	
Peso específico Aparente (gr/cm ³) :	2.64	
Absorción (%) :	1.15	
Contenido de Humedad (%) :	3.54	
Módulo de Finura :	3.45	
Partículas Menores del Tamiz N° 200 :	4.89	
AGREGADO GRUESO		
Peso unitario suelto seco (kg/m ³) :	1460.03	
Peso unitario seco compactado (kg/m ³) :	1558.37	
Peso específico de masa (gr/cm ³) :	2.64	
Peso específico de masa S.S.S. (gr/cm ³) :	2.67	
Peso específico Aparente (gr/cm ³) :	2.71	
Absorción (%) :	0.99	
Contenido de Humedad (%) :	0.43	
Módulo de Finura :	6.85	
Tamaño máximo Nominal (Pulg.) :	1/2"	
CEMENTO		
Norma : NTP 334.009-2013	Perfil del Agregado : Angular	
Tipo de Cemento : Pacasmayo Tipo I	Abrasion (%) : 31.80	
Peso Especifico (gr/cm ³) : 3.11	FIBRA	
	Peso específico de masa (gr/cm ³) :	7.85
SIKAMENT 290N		Norma : ASTM A 820
Norma : ASTM C 494 Tipo G	AGUA	
Peso Especifico (gr/cm ³) : 1.18	Norma : NTP 334.009-2013	
Aplicación (superplast) : 0.7 % del peso del Cemento	Peso específico (gr/cm ³) :	1.00
DISEÑO DE MEZCLA		
Materiales de diseño con 0.00% de adición de fibra de acero	Agua de diseño :	178.15 lt/m ³
	Cemento :	503.15 Kg/m ³
	Sikament 290N :	3.52 lt/m ³
	Agregado grueso seco :	817.51 Kg/m ³
	Agregado fino seco :	825.59 Kg/m ³
	Aire atrapado :	2.50 %
Volúmenes absolutos de materiales de diseño con 0.00% de adición de fibra de acero	Agua de diseño :	0.178 m ³
	Cemento :	0.162 m ³
	Sikament 290N :	0.003 m ³
	Agregado grueso seco :	0.310 m ³
	Agregado fino seco :	0.322 m ³
	Aire atrapado :	0.025 m ³
Porcentaje de agregados en la mezcla	Agregado grueso seco :	48.979 %
	Agregado fino seco :	51.021 %
Volúmenes absolutos de materiales de diseño con 40 Kg/m ³ de adición de fibra de acero	Agua de diseño :	0.178 m ³
	Cemento :	0.162 m ³
	Sikament 290N :	0.003 m ³
	Fibra de acero :	0.005 m ³
	Agregado grueso seco :	0.307 m ³
	Agregado fino seco :	0.320 m ³
Aire atrapado :	0.025 m ³	
Proporción en peso de los materiales sin corregir por humedad del agregado	Agua de diseño :	178.15 lt/m ³
	Cemento :	503.15 Kg/m ³
	Sikament 290N :	3.52 Kg/m ³
	Fibra de acero :	40.00 Kg/m ³
	Agregado grueso seco :	810.92 Kg/m ³
	Agregado fino seco :	818.93 Kg/m ³
Aire atrapado :	2.50 %	

Tabla N° 77. Corrección por humedad de los agregados del diseño de mezcla del concreto con adición de 40 kg/m³ de fibra de acero.

TESIS	:	“COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO CON ADICIÓN DE FIBRA DE ACERO PARA UNA RESISTENCIA DE 500 Kg/cm²”		
TESISTA	:	Bach. Ing. Ivan Vásquez Gonzales		
CORRECCIÓN DEL DISEÑO POR HUMEDAD DE LOS AGREGADOS				
Fecha de Corrección	:	28 de noviembre de 2014		
Revisado por	:	Mg. Ing. HECTOR A. PEREZ LOAYZA		
Cantera de donde se extraen los materiales :		RIO CHONTA		
Materiales de Diseño		Cemento	:	503.15 Kg/m ³
		Agua de diseño	:	178.15 lt/m ³
		Sikament 290 N	:	3.52 lt/m ³
		Agregado Fino seco	:	818.93 Kg/m ³
		Agregado Grueso seco	:	810.92 Kg/m ³
	Fibra de Acero	:	40.00 Kg/m ³	
Contenido de Humedad de los Componentes		Agregado Fino	:	3.54%
		Agregado Grueso	:	0.43%
Absorción de los Componentes		Agregado Fino	:	1.15%
		Agregado Grueso	:	0.99%
Peso Húmedo de los Componentes		Agregado Fino	:	847.90 Kg/m ³
		Agregado Grueso	:	814.40 Kg/m ³
Humedad Superficial de los Componentes		Agregado Fino	:	2.39%
		Agregado Grueso	:	-0.56%
Aporte de Humedad de los Componentes		Agregado Fino	:	19.60 lt/m ³
		Agregado Grueso	:	-4.50 lt/m ³
		Aporte Total	:	15.10 lt/m ³
Agua Efectiva		Agua Efectiva	:	163.05 lt/m ³
Peso de los materiales corregidos por humedad a ser empleados en las mezclas de prueba por m³		Cemento	:	503.15 Kg/m ³
		Agua Efectiva	:	163.05 lt/m ³
		Sikament 290 N	:	3.52 Kg/m ³
		Fibra de Acero	:	40.00 Kg/m ³
		Agregado Fino Húmedo	:	847.90 Kg/m ³
	Agregado Grueso Húmedo	:	814.40 Kg/m ³	
Relación Agua / Cemento Efectiva			:	0.32
Cantidad de materiales corregidos por humedad que se necesitan en una tanda de un saco de Cemento.		Cemento	:	42.5 Kg/bls
		Agua Efectiva	:	13.8 lt/bls
		Sikament 290 N	:	0.30 lt/bls
		Fibra de Acero	:	3.4 Kg/bls
		Agregado fino húmedo	:	71.6 Kg/bls
	Agregado grueso húmedo	:	68.8 Kg/bls	
Proporción en peso de los materiales corregidos por Humedad del Agregado.		Cemento	:	1
		Sikament 290 N	:	0.297 lt / saco
		Fibra de Acero	:	0.08
		Agregado fino húmedo	:	1.69
		Agregado grueso húmedo	:	1.62
	Agua Efectiva	:	13.8 lt / saco	

7.10. ANEXO X: RESULTADOS DE LOS ENSAYOS EN LABORATORIO.

Tabla N° 78. Especímenes cilíndricos de concreto patrón ensayados a compresión a los 07 días de edad.

DATOS DEL ESPECIMEN		ESPECIMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO		PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	-----
TIPO DE ESPECIMEN		CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	-----
ESPECIMEN N°		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----
EDAD DE ENSAYO		7 días	7 días	7 días	7 días	7 días	7 días	-----
MODO DE FALLA		FRÁGIL	FRÁGIL	FRÁGIL	FRÁGIL	FRÁGIL	FRÁGIL	-----
FALLA DE ROTURA		TIPO - 5	TIPO - 3	TIPO - 5	TIPO - 5	TIPO - 3	TIPO - 5	-----
ALTURA PROMEDIO		303.60 mm	303.45 mm	303.50 mm	302.75 mm	302.50 mm	303.00 mm	-----
DIAMETRO PROMEDIO		15.20 cm	15.21 cm	15.19 cm	15.21 cm	15.22 cm	15.17 cm	-----
PESO		12.77 Kg	12.81 Kg	12.72 Kg	12.75 Kg	12.70 Kg	12.73 Kg	-----
F'c DE DISEÑO		500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	-----
PESO UNIATRIO C° END.		2318.9 Kg/m3	2321.7 Kg/m3	2312.0 Kg/m3	2318.2 Kg/m3	2306.7 Kg/m3	2324.2 Kg/m3	2317.0 Kg/m3
CARGA MAX. DE ROTURA		69.50 Tn	70.50 Tn	72.50 Tn	73.00 Tn	74.50 Tn	72.00 Tn	72.00 Tn
ESFUERZO DE ROTURA		383.2 Kg/cm2	387.9 Kg/cm2	399.9 Kg/cm2	401.8 Kg/cm2	409.5 Kg/cm2	398.3 Kg/cm2	396.8 Kg/cm2
MODULO DE ELASTICIDAD "Ec" (Kg/cm ²)	NORMA E.060	293616.77	295420.27	299980.64	300686.71	303535.72	299368.10	298768.03
	ACI 318S	300241.48	302626.46	305386.11	307328.22	307933.23	307179.87	305115.90
	GRÁFICA A	141379.58	120956.09	97654.33	91849.78	89436.07	111337.60	108768.91

Tabla N° 79. Especímenes cilíndricos de concreto patrón ensayados a compresión a los 14 días de edad.

DATOS DEL ESPECIMEN		ESPECIMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO		PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	-----
TIPO DE ESPECIMEN		CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	-----
ESPECIMEN N°		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----
EDAD DE ENSAYO		14 días	14 días	14 días	14 días	14 días	14 días	-----
MODO DE FALLA		FRÁGIL	FRÁGIL	FRÁGIL	DÚCTIL	FRÁGIL	FRÁGIL	-----
FALLA DE ROTURA		TIPO - 4	TIPO - 5	TIPO - 5	TIPO - 6	TIPO - 5	TIPO - 5	-----
ALTURA PROMEDIO		303.25 mm	303.75 mm	303.75 mm	302.25 mm	303.25 mm	303.75 mm	-----
DIAMETRO PROMEDIO		15.25 cm	15.24 cm	15.23 cm	15.25 cm	15.23 cm	15.24 cm	-----
PESO		12.87 Kg	12.81 Kg	12.79 Kg	12.75 Kg	12.81 Kg	12.84 Kg	-----
F'c DE DISEÑO		500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	-----
PESO UNIATRIO C° END.		2323.1 Kg/m3	2311.8 Kg/m3	2311.5 Kg/m3	2308.8 Kg/m3	2318.9 Kg/m3	2316.6 Kg/m3	2315.1 Kg/m3
CARGA MAX. DE ROTURA		78.00 Tn	82.50 Tn	78.50 Tn	83.20 Tn	81.00 Tn	79.50 Tn	80.45 Tn
ESFUERZO DE ROTURA		427.0 Kg/cm2	452.2 Kg/cm2	430.9 Kg/cm2	455.6 Kg/cm2	444.8 Kg/cm2	435.7 Kg/cm2	441.0 Kg/cm2
MODULO DE ELASTICIDAD "Ec" (Kg/cm ²)	NORMA E.060	309942.45	318987.80	311383.43	320154.42	316360.03	313093.23	314986.89
	ACI 318S	317789.63	324679.92	316883.54	325240.09	323487.75	319674.43	321292.56
	GRÁFICA A	118402.71	112365.52	103679.62	110550.08	113975.96	101602.27	110096.02

Tabla N° 80. Especímenes cilíndricos de concreto patrón ensayados a compresión a los 28 días de edad.

DATOS DEL ESPECIMEN		ESPECIMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO		PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	-----
TIPO DE ESPECIMEN		CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	-----
		0	0	0	0	0	0	
ESPECIMEN N°		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----
EDAD DE ENSAYO		28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	-----
MODO DE FALLA		FRÁGIL	FRÁGIL	DÚCTIL	FRÁGIL	FRÁGIL	FRÁGIL	-----
FALLA DE ROTURA		TIPO - 5	TIPO - 5	TIPO - 5	TIPO - 5	TIPO - 5	TIPO - 5	-----
ALTURA PROMEDIO		303.00 mm	303.25 mm	303.00 mm	302.50 mm	304.25 mm	304.00 mm	-----
DIAMETRO PROMEDIO		15.26 cm	15.23 cm	15.28 cm	15.28 cm	15.22 cm	15.25 cm	-----
PESO		12.94 Kg	12.80 Kg	12.91 Kg	12.83 Kg	12.78 Kg	12.89 Kg	-----
F'c DE DISEÑO		500 Kg/cm ²	500 Kg/cm^{2}	500 Kg/cm^{2}	500 Kg/cm^{2}	500 Kg/cm^{2}	500 Kg/cm^{2}	-----
PESO UNIATRIO C° END.		2335.5 Kg/m ³	2317.0 Kg/m ³	2324.1 Kg/m ³	2311.6 Kg/m ³	2309.1 Kg/m ³	2321.3 Kg/m ³	2319.8 Kg/m ³
CARGA MAX. DE ROTURA		84.50 Tn	82.50 Tn	85.50 Tn	87.00 Tn	83.20 Tn	86.50 Tn	84.87 Tn
ESFUERZO DE ROTURA		462.1 Kg/cm ²	453.0 Kg/cm ²	466.6 Kg/cm ²	474.3 Kg/cm ²	457.4 Kg/cm ²	473.6 Kg/cm ²	464.5 Kg/cm ²
MODULO DE ELASTICIDAD "Ec" (Kg/cm ²)	NORMA E.060	322450.33	319270.61	324002.35	326693.10	320790.77	326420.49	323271.27
	ACI 318S	333268.68	326065.50	332435.43	332483.21	325944.49	334306.83	330750.69
	GRÁFICA A	148324.80	125636.95	134126.88	100695.00	111188.77	105698.49	120945.15

Tabla N° 81. Especímenes cilíndricos de concreto más Sikament 290N ensayados a compresión a los 07 días de edad.

DATOS DEL ESPECIMEN		ESPECIMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO		C° MÁS SIKAMENT 290N	C° MÁS SIKAMENT 290N	C° MÁS SIKAMENT 290N	C° MÁS SIKAMENT 290N	C° MÁS SIKAMENT 290N	C° MÁS SIKAMENT 290N	-----
TIPO DE ESPECIMEN		CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	-----
		0	0	0	0	0	0	
ESPECIMEN N°		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----
EDAD DE ENSAYO		7 días	7 días	7 días	7 días	7 días	7 días	-----
MODO DE FALLA		FRÁGIL	FRÁGIL	FRÁGIL	FRÁGIL	FRÁGIL	FRÁGIL	-----
FALLA DE ROTURA		TIPO - 5	TIPO - 5	TIPO - 5	TIPO - 3	TIPO - 5	TIPO - 3	-----
ALTURA PROMEDIO		302.75 mm	302.50 mm	303.00 mm	303.60 mm	303.45 mm	303.50 mm	-----
DIAMETRO PROMEDIO		15.21 cm	15.22 cm	15.17 cm	15.20 cm	15.21 cm	15.19 cm	-----
PESO		12.95 Kg	12.99 Kg	12.89 Kg	12.91 Kg	12.99 Kg	12.94 Kg	-----
F'c DE DISEÑO		500 Kg/cm ²	500 Kg/cm^{2}	500 Kg/cm^{2}	500 Kg/cm^{2}	500 Kg/cm^{2}	500 Kg/cm^{2}	-----
PESO UNIATRIO C° END.		2353.6 Kg/m ³	2360.8 Kg/m ³	2353.5 Kg/m ³	2344.3 Kg/m ³	2355.2 Kg/m ³	2351.1 Kg/m ³	2353.1 Kg/m ³
CARGA MAX. DE ROTURA		102.00 Tn	106.50 Tn	106.50 Tn	103.00 Tn	102.50 Tn	104.00 Tn	104.08 Tn
ESFUERZO DE ROTURA		561.5 Kg/cm ²	585.7 Kg/cm ²	589.2 Kg/cm ²	567.8 Kg/cm ²	563.9 Kg/cm ²	573.7 Kg/cm ²	573.6 Kg/cm ²
MODULO DE ELASTICIDAD "Ec" (Kg/cm ²)	NORMA E.060	355429.02	363023.63	364094.46	357443.22	356211.27	359286.49	359248.02
	ACI 318S	371645.52	381312.29	380660.73	371535.16	372836.68	375073.11	375510.58
	GRÁFICA A	139961.92	120941.41	147051.54	173648.73	200594.95	165359.67	157926.37

Tabla N° 82. Especímenes cilíndricos de concreto más Sikament 290N ensayados a compresión a los 14 días de edad.

DATOS DEL ESPECIMEN		ESPECIMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO		C° MÁS SIKAMENT 290N	C° MÁS SIKAMENT 290N	C° MÁS SIKAMENT 290N	C° MÁS SIKAMENT 290N	C° MÁS SIKAMENT 290N	C° MÁS SIKAMENT 290N	-----
TIPO DE ESPECIMEN		CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	-----
ESPECIMEN N°		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----
EDAD DE ENSAYO		14 días	14 días	14 días	14 días	14 días	14 días	-----
MODO DE FALLA		FRÁGIL	FRÁGIL	FRÁGIL	FRÁGIL	FRÁGIL	FRÁGIL	-----
FALLA DE ROTURA		TIPO - 5	TIPO - 5	TIPO - 5	TIPO - 5	TIPO - 5	TIPO - 5	-----
ALTURA PROMEDIO		302.25 mm	303.25 mm	303.75 mm	302.25 mm	303.25 mm	303.75 mm	-----
DIAMETRO PROMEDIO		15.25 cm	15.23 cm	15.27 cm	15.31 cm	15.23 cm	15.24 cm	-----
PESO		13.02 Kg	12.97 Kg	13.09 Kg	13.16 Kg	12.93 Kg	12.97 Kg	-----
F'c DE DISEÑO		500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	-----
PESO UNIATRIO C° END.		2358.6 Kg/m3	2347.8 Kg/m3	2353.4 Kg/m3	2365.6 Kg/m3	2341.5 Kg/m3	2339.1 Kg/m3	2351.0 Kg/m3
CARGA MAX. DE ROTURA		107.00 Tn	109.00 Tn	110.50 Tn	112.50 Tn	111.20 Tn	108.00 Tn	109.70 Tn
ESFUERZO DE ROTURA		585.9 Kg/cm2	598.6 Kg/cm2	603.4 Kg/cm2	611.2 Kg/cm2	610.7 Kg/cm2	591.9 Kg/cm2	600.3 Kg/cm2
MODULO DE ELASTICIDAD "Ec" (Kg/cm ²)	NORMA E.060	363069.46	366988.41	368476.46	370842.88	370673.46	364923.64	367495.72
	ACI 318S	380838.64	382312.06	385231.15	390711.44	384588.37	378048.45	383621.68
	GRÁFICA	136686.56	92920.08	131630.97	181921.38	166307.20	145864.91	142555.18

Tabla N° 83. Especímenes cilíndricos de concreto más Sikament 290N ensayados a compresión a los 28 días de edad.

DATOS DEL ESPECIMEN		ESPECIMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO		C° MÁS SIKAMENT 290N	C° MÁS SIKAMENT 290N	C° MÁS SIKAMENT 290N	C° MÁS SIKAMENT 290N	C° MÁS SIKAMENT 290N	C° MÁS SIKAMENT 290N	-----
TIPO DE ESPECIMEN		CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	-----
ESPECIMEN N°		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----
EDAD DE ENSAYO		28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	-----
MODO DE FALLA		FRÁGIL	FRÁGIL	FRÁGIL	FRÁGIL	FRÁGIL	FRÁGIL	-----
FALLA DE ROTURA		TIPO - 2	TIPO - 5	TIPO - 2	TIPO - 6	TIPO - 5	TIPO - 6	-----
ALTURA PROMEDIO		303.00 mm	303.25 mm	303.00 mm	302.50 mm	304.25 mm	304.00 mm	-----
DIAMETRO PROMEDIO		15.26 cm	15.23 cm	15.28 cm	15.28 cm	15.22 cm	15.25 cm	-----
PESO		12.96 Kg	13.02 Kg	13.09 Kg	13.00 Kg	13.11 Kg	13.00 Kg	-----
F'c DE DISEÑO		500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	-----
PESO UNIATRIO C° END.		2338.2 Kg/m3	2356.8 Kg/m3	2357.5 Kg/m3	2342.2 Kg/m3	2367.8 Kg/m3	2340.2 Kg/m3	2350.5 Kg/m3
CARGA MAX. DE ROTURA		116.00 Tn	117.50 Tn	115.00 Tn	111.00 Tn	114.00 Tn	116.00 Tn	114.92 Tn
ESFUERZO DE ROTURA		634.4 Kg/cm2	645.2 Kg/cm2	627.5 Kg/cm2	605.2 Kg/cm2	626.7 Kg/cm2	635.1 Kg/cm2	629.0 Kg/cm2
MODULO DE ELASTICIDAD "Ec" (Kg/cm ²)	NORMA E.060	377801.32	381022.75	375763.00	369013.13	375502.32	378005.70	376184.70
	ACI 318S	391155.87	399211.12	393863.39	383045.13	396181.02	391878.32	392555.81
	GRÁFICA	135936.99	141942.79	140433.10	153199.94	144280.01	138691.08	142413.98

Tabla N° 84. Especímenes cilíndricos de concreto con adición de 20kg/m³ de fibra de acero, ensayados a compresión a los 07 días de edad.

DATOS DEL ESPECIMEN		ESPECIMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO		CON 20 Kg/m3 DE FIBRA	CON 20 Kg/m3 DE FIBRA	CON 20 Kg/m3 DE FIBRA	CON 20 Kg/m3 DE FIBRA	CON 20 Kg/m3 DE FIBRA	CON 20 Kg/m3 DE FIBRA	-----
TIPO DE ESPECIMEN		CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	-----
ESPECIMEN N°		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----
EDAD DE ENSAYO		7 días	7 días	7 días	7 días	7 días	7 días	-----
MODO DE FALLA		DÚCTIL	FRÁGIL	DÚCTIL	DÚCTIL	FRÁGIL	DÚCTIL	-----
FALLA DE ROTURA		TIPO - 3	TIPO - 3	TIPO - 3	TIPO - 3	TIPO - 5	TIPO - 3	-----
ALTURA PROMEDIO		303.25 mm	303.00 mm	303.00 mm	303.50 mm	303.00 mm	302.50 mm	-----
DIAMETRO PROMEDIO		15.14 cm	15.22 cm	15.23 cm	15.14 cm	15.21 cm	15.23 cm	-----
PESO		12.98 Kg	12.93 Kg	13.07 Kg	12.83 Kg	12.96 Kg	13.01 Kg	-----
F'c DE DISEÑO		500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	-----
PESO UNIATRIO C° END.		2375.7 Kg/m3	2345.8 Kg/m3	2368.4 Kg/m3	2347.7 Kg/m3	2355.4 Kg/m3	2362.2 Kg/m3	2359.2 Kg/m3
CARGA MAX. DE ROTURA		95.00 Tn	97.50 Tn	100.50 Tn	102.00 Tn	101.00 Tn	98.50 Tn	99.08 Tn
ESFUERZO DE ROTURA		527.5 Kg/cm2	536.2 Kg/cm2	552.0 Kg/cm2	566.5 Kg/cm2	556.2 Kg/cm2	541.0 Kg/cm2	546.6 Kg/cm2
MODULO DE ELASTICIDAD "Ec" (Kg/cm ²)	NORMA E.060	344505.53	347334.66	352423.55	357007.63	353752.21	348893.49	350652.85
	ACI 318S	365300.27	361375.11	371964.53	371879.70	370295.90	366805.45	367936.83
	GRÁFICA	121781.30	117812.70	98156.79	126134.92	130233.93	131449.59	120928.21

Tabla N° 85. Especímenes cilíndricos de concreto con adición de 20kg/m³ de fibra de acero, ensayados a compresión a los 14 días de edad.

DATOS DEL ESPECIMEN		ESPECIMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO		CON 20 Kg/m3 DE FIBRA	CON 20 Kg/m3 DE FIBRA	CON 20 Kg/m3 DE FIBRA	CON 20 Kg/m3 DE FIBRA	CON 20 Kg/m3 DE FIBRA	CON 20 Kg/m3 DE FIBRA	-----
TIPO DE ESPECIMEN		CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	-----
ESPECIMEN N°		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----
EDAD DE ENSAYO		14 días	14 días	14 días	14 días	14 días	14 días	-----
MODO DE FALLA		FRÁGIL	DÚCTIL	DÚCTIL	DÚCTIL	DÚCTIL	DÚCTIL	-----
FALLA DE ROTURA		TIPO - 5	TIPO - 3	TIPO - 2	TIPO - 2	TIPO - 5	TIPO - 2	-----
ALTURA PROMEDIO		301.75 mm	304.25 mm	304.75 mm	304.25 mm	304.75 mm	303.00 mm	-----
DIAMETRO PROMEDIO		15.21 cm	15.22 cm	15.18 cm	15.21 cm	15.19 cm	15.20 cm	-----
PESO		12.89 Kg	13.01 Kg	13.08 Kg	13.12 Kg	12.95 Kg	12.99 Kg	-----
F'c DE DISEÑO		500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	-----
PESO UNIATRIO C° END.		2352.5 Kg/m3	2350.1 Kg/m3	2369.7 Kg/m3	2372.1 Kg/m3	2343.5 Kg/m3	2361.7 Kg/m3	2358.3 Kg/m3
CARGA MAX. DE ROTURA		106.00 Tn	98.50 Tn	104.00 Tn	102.50 Tn	107.50 Tn	108.00 Tn	104.42 Tn
ESFUERZO DE ROTURA		583.8 Kg/cm2	541.3 Kg/cm2	574.4 Kg/cm2	563.8 Kg/cm2	593.1 Kg/cm2	594.9 Kg/cm2	575.2 Kg/cm2
MODULO DE ELASTICIDAD "Ec" (Kg/cm ²)	NORMA E.060	362414.60	349002.37	359505.38	356182.01	365300.19	365871.77	359712.72
	ACI 318S	378671.98	364099.44	379760.09	376831.98	379502.95	384521.41	377231.31
	GRÁFICA	140188.90	124634.32	123234.06	134919.79	138979.46	120661.11	130436.27

Tabla N° 86. Especímenes cilíndricos de concreto con adición de 20kg/m³ de fibra de acero, ensayados a compresión a los 28 días de edad.

DATOS DEL ESPECIMEN		ESPECIMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO		CON 20 Kg/m3 DE FIBRA	CON 20 Kg/m3 DE FIBRA	CON 20 Kg/m3 DE FIBRA	CON 20 Kg/m3 DE FIBRA	CON 20 Kg/m3 DE FIBRA	CON 20 Kg/m3 DE FIBRA	-----
TIPO DE ESPECIMEN		CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	-----
ESPECIMEN N°		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----
EDAD DE ENSAYO		28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	-----
MODO DE FALLA		DÚCTIL	DÚCTIL	DÚCTIL	FRÁGIL	DÚCTIL	DÚCTIL	-----
FALLA DE ROTURA		TIPO - 5	TIPO - 3	TIPO - 5	TIPO - 3	TIPO - 3	TIPO - 2	-----
ALTURA PROMEDIO		303.00 mm	303.25 mm	303.75 mm	304.00 mm	301.25 mm	303.50 mm	-----
DIAMETRO PROMEDIO		15.23 cm	15.23 cm	15.19 cm	15.18 cm	15.20 cm	15.23 cm	-----
PESO		12.99 Kg	13.09 Kg	12.98 Kg	12.94 Kg	12.85 Kg	13.16 Kg	-----
F'c DE DISEÑO		500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	-----
PESO UNIATRIO C° END.		2352.4 Kg/m3	2370.9 Kg/m3	2358.1 Kg/m3	2351.1 Kg/m3	2352.3 Kg/m3	2377.9 Kg/m3	2360.5 Kg/m3
CARGA MAX. DE ROTURA		113.50 Tn	116.00 Tn	108.50 Tn	113.00 Tn	115.50 Tn	114.00 Tn	113.42 Tn
ESFUERZO DE ROTURA		622.8 Kg/cm2	637.1 Kg/cm2	598.7 Kg/cm2	624.1 Kg/cm2	636.9 Kg/cm2	625.4 Kg/cm2	624.2 Kg/cm2
MODULO DE ELASTICIDAD "Ec" (Kg/cm ²)	NORMA E.060	374339.74	378626.39	367037.60	374744.35	378561.64	375120.28	374738.33
	ACI 318S	391120.43	400272.33	384880.60	391205.13	395483.46	398303.28	393544.21
	GRÁFICA A	122220.68	104808.60	183241.73	175361.40	113033.71	144561.46	140537.93

Tabla N° 87. Especímenes cilíndricos de concreto con adición de 30kg/m³ de fibra de acero, ensayados a compresión a los 07 días de edad.

DATOS DEL ESPECIMEN		ESPECIMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO		CON 30 Kg/m3 DE FIBRA	CON 30 Kg/m3 DE FIBRA	CON 30 Kg/m3 DE FIBRA	CON 30 Kg/m3 DE FIBRA	CON 30 Kg/m3 DE FIBRA	CON 30 Kg/m3 DE FIBRA	-----
TIPO DE ESPECIMEN		CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	-----
ESPECIMEN N°		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----
EDAD DE ENSAYO		7 días	7 días	7 días	7 días	7 días	7 días	-----
MODO DE FALLA		DÚCTIL	FRÁGIL	DÚCTIL	FRÁGIL	DÚCTIL	DÚCTIL	-----
FALLA DE ROTURA		TIPO - 5	TIPO - 3	TIPO - 3	TIPO - 5	TIPO - 3	TIPO - 3	-----
ALTURA PROMEDIO		303.00 mm	303.75 mm	303.00 mm	303.75 mm	303.50 mm	303.75 mm	-----
DIAMETRO PROMEDIO		15.26 cm	15.13 cm	15.21 cm	15.21 cm	15.23 cm	15.20 cm	-----
PESO		13.18 Kg	12.96 Kg	12.91 Kg	13.10 Kg	13.05 Kg	12.99 Kg	-----
F'c DE DISEÑO		500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	-----
PESO UNIATRIO C° END.		2379.6 Kg/m3	2373.0 Kg/m3	2346.5 Kg/m3	2374.8 Kg/m3	2360.0 Kg/m3	2356.2 Kg/m3	2365.0 Kg/m3
CARGA MAX. DE ROTURA		106.50 Tn	103.00 Tn	101.50 Tn	102.50 Tn	104.00 Tn	100.50 Tn	103.00 Tn
ESFUERZO DE ROTURA		582.6 Kg/cm2	572.8 Kg/cm2	559.0 Kg/cm2	564.4 Kg/cm2	570.8 Kg/cm2	553.9 Kg/cm2	567.3 Kg/cm2
MODULO DE ELASTICIDAD "Ec" (Kg/cm ²)	NORMA E.060	362059.91	359014.22	354644.24	356357.68	358372.41	353038.02	357247.75
	ACI 318S	384855.15	380027.14	369138.03	377643.48	376232.90	369756.73	376275.57
	GRÁFICA A	140774.33	134625.25	133998.17	139097.42	128993.94	141097.18	136431.05

Tabla N° 88. Especímenes cilíndricos de concreto con adición de 30kg/m³ de fibra de acero, ensayados a compresión a los 14 días de edad.

DATOS DEL ESPECIMEN		ESPECIMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO		CON 30 Kg/m3 DE FIBRA	CON 30 Kg/m3 DE FIBRA	CON 30 Kg/m3 DE FIBRA	CON 30 Kg/m3 DE FIBRA	CON 30 Kg/m3 DE FIBRA	CON 30 Kg/m3 DE FIBRA	-----
TIPO DE ESPECIMEN		CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	-----
ESPECIMEN N°		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----
EDAD DE ENSAYO		14 días	14 días	14 días	14 días	14 días	14 días	-----
MODO DE FALLA		DÚCTIL	DÚCTIL	DÚCTIL	DÚCTIL	FRÁGIL	DÚCTIL	-----
FALLA DE ROTURA		TIPO - 2	TIPO - 4	TIPO - 5	TIPO - 5	TIPO - 4	TIPO - 5	-----
ALTURA PROMEDIO		303.25 mm	302.50 mm	303.25 mm	302.00 mm	303.00 mm	302.50 mm	-----
DIAMETRO PROMEDIO		15.15 cm	15.24 cm	15.20 cm	15.23 cm	15.19 cm	15.20 cm	-----
PESO		12.97 Kg	13.15 Kg	12.91 Kg	13.07 Kg	13.10 Kg	12.92 Kg	-----
F'c DE DISEÑO		500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	-----
PESO UNIATRIO C° END.		2373.1 Kg/m3	2380.9 Kg/m3	2346.7 Kg/m3	2374.1 Kg/m3	2384.3 Kg/m3	2353.5 Kg/m3	2368.8 Kg/m3
CARGA MAX. DE ROTURA		111.50 Tn	108.50 Tn	106.50 Tn	105.20 Tn	109.00 Tn	110.50 Tn	108.53 Tn
ESFUERZO DE ROTURA		618.7 Kg/cm2	594.5 Kg/cm2	587.0 Kg/cm2	577.3 Kg/cm2	601.1 Kg/cm2	609.1 Kg/cm2	598.0 Kg/cm2
MODULO DE ELASTICIDAD "Ec" (Kg/cm ²)	NORMA E.060	373096.60	365731.40	363435.66	360410.35	367767.34	370210.01	366775.23
	ACI 318S	394977.52	389088.12	378324.67	381777.12	392090.79	387073.60	387221.97
	GRÁFICA A	122342.43	124451.32	144322.56	134528.39	126136.05	118497.39	128379.69

Tabla N° 89. Especímenes cilíndricos de concreto con adición de 30kg/m³ de fibra de acero, ensayados a compresión a los 28 días de edad.

DATOS DEL ESPECIMEN		ESPECIMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO		CON 30 Kg/m3 DE FIBRA	CON 30 Kg/m3 DE FIBRA	CON 30 Kg/m3 DE FIBRA	CON 30 Kg/m3 DE FIBRA	CON 30 Kg/m3 DE FIBRA	CON 30 Kg/m3 DE FIBRA	-----
TIPO DE ESPECIMEN		CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	-----
ESPECIMEN N°		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----
EDAD DE ENSAYO		28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	-----
MODO DE FALLA		DÚCTIL	DÚCTIL	FRÁGIL	DÚCTIL	DÚCTIL	DÚCTIL	-----
FALLA DE ROTURA		TIPO - 3	TIPO - 3	TIPO - 2	TIPO - 3	TIPO - 3	TIPO - 3	-----
ALTURA PROMEDIO		302.25 mm	303.25 mm	302.50 mm	303.00 mm	303.25 mm	303.50 mm	-----
DIAMETRO PROMEDIO		15.23 cm	15.21 cm	15.18 cm	15.22 cm	15.21 cm	15.26 cm	-----
PESO		13.11 Kg	12.94 Kg	12.99 Kg	13.15 Kg	13.10 Kg	13.08 Kg	-----
F'c DE DISEÑO		500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	-----
PESO UNIATRIO C° END.		2380.4 Kg/m3	2347.6 Kg/m3	2372.0 Kg/m3	2384.1 Kg/m3	2376.7 Kg/m3	2355.3 Kg/m3	2369.4 Kg/m3
CARGA MAX. DE ROTURA		117.00 Tn	116.50 Tn	114.50 Tn	112.00 Tn	111.50 Tn	115.50 Tn	114.50 Tn
ESFUERZO DE ROTURA		642.3 Kg/cm2	641.2 Kg/cm2	632.5 Kg/cm2	615.3 Kg/cm2	613.5 Kg/cm2	631.5 Kg/cm2	629.4 Kg/cm2
MODULO DE ELASTICIDAD "Ec" (Kg/cm ²)	NORMA E.060	380167.50	379828.20	377235.82	372065.52	371520.82	376930.63	376291.42
	ACI 318S	404313.29	395639.04	399079.94	396612.24	394200.20	394537.27	397397.00
	GRÁFICA	131581.42	112167.97	167094.91	162956.97	104306.53	125834.33	133990.35

Tabla N° 90. Especímenes cilíndricos de concreto con adición de 40kg/m³ de fibra de acero, ensayados a compresión a los 07 días de edad.

DATOS DEL ESPECIMEN		ESPECIMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO		CON 40 Kg/m3 DE FIBRA	CON 40 Kg/m3 DE FIBRA	CON 40 Kg/m3 DE FIBRA	CON 40 Kg/m3 DE FIBRA	CON 40 Kg/m3 DE FIBRA	CON 40 Kg/m3 DE FIBRA	-----
TIPO DE ESPECIMEN		CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	-----
ESPECIMEN N°		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----
EDAD DE ENSAYO		7 días	7 días	7 días	7 días	7 días	7 días	-----
MODO DE FALLA		DÚCTIL	DÚCTIL	DÚCTIL	DÚCTIL	DÚCTIL	DÚCTIL	-----
FALLA DE ROTURA		TIPO - 3	TIPO - 5	TIPO - 2	TIPO - 3	TIPO - 2	TIPO - 3	-----
ALTURA PROMEDIO		303.75 mm	303.00 mm	303.25 mm	303.75 mm	303.00 mm	304.50 mm	-----
DIAMETRO PROMEDIO		15.21 cm	15.17 cm	15.18 cm	15.23 cm	15.16 cm	15.23 cm	-----
PESO		13.09 Kg	12.87 Kg	13.05 Kg	12.98 Kg	13.01 Kg	13.14 Kg	-----
F'c DE DISEÑO		500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	-----
PESO UNIATRIO C° END.		2371.2 Kg/m3	2349.0 Kg/m3	2377.9 Kg/m3	2346.2 Kg/m3	2377.7 Kg/m3	2367.8 Kg/m3	2365.0 Kg/m3
CARGA MAX. DE ROTURA		97.00 Tn	96.00 Tn	100.00 Tn	97.50 Tn	98.50 Tn	101.00 Tn	98.33 Tn
ESFUERZO DE ROTURA		533.7 Kg/cm2	530.9 Kg/cm2	552.6 Kg/cm2	535.3 Kg/cm2	545.7 Kg/cm2	554.4 Kg/cm2	542.1 Kg/cm2
MODULO DE ELASTICIDAD "Ec" (Kg/cm ²)	NORMA E.060	346539.71	345617.85	352599.51	347055.26	350395.14	353188.95	349232.73
	ACI 318S	366420.90	360306.80	374396.80	361173.58	372023.44	372650.14	367828.61
	GRAFICA A	108623.91	147039.87	54254.29	122029.21	98182.52	189470.36	119933.36

Tabla N° 91. Especímenes cilíndricos de concreto con adición de 40kg/m³ de fibra de acero, ensayados a compresión a los 14 días de edad.

DATOS DEL ESPECIMEN		ESPECIMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO		CON 40 Kg/m3 DE FIBRA	CON 40 Kg/m3 DE FIBRA	CON 40 Kg/m3 DE FIBRA	CON 40 Kg/m3 DE FIBRA	CON 40 Kg/m3 DE FIBRA	CON 40 Kg/m3 DE FIBRA	-----
TIPO DE ESPECIMEN		CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	-----
ESPECIMEN N°		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----
EDAD DE ENSAYO		14 días	14 días	14 días	14 días	14 días	14 días	-----
MODO DE FALLA		DÚCTIL	DÚCTIL	DÚCTIL	DÚCTIL	DÚCTIL	DÚCTIL	-----
FALLA DE ROTURA		TIPO - 3	TIPO - 6	TIPO - 3	TIPO - 5	TIPO - 6	TIPO - 3	-----
ALTURA PROMEDIO		302.50 mm	302.50 mm	303.50 mm	302.50 mm	303.50 mm	303.75 mm	-----
DIAMETRO PROMEDIO		15.25 cm	15.16 cm	15.22 cm	15.17 cm	15.21 cm	15.24 cm	-----
PESO		13.13 Kg	12.88 Kg	13.10 Kg	12.93 Kg	13.02 Kg	13.19 Kg	-----
F'c DE DISEÑO		500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	-----
PESO UNIATRIO C° END.		2375.7 Kg/m3	2359.8 Kg/m3	2372.3 Kg/m3	2365.3 Kg/m3	2359.2 Kg/m3	2379.7 Kg/m3	2368.7 Kg/m3
CARGA MAX. DE ROTURA		105.00 Tn	108.00 Tn	108.00 Tn	104.50 Tn	106.00 Tn	107.50 Tn	106.50 Tn
ESFUERZO DE ROTURA		574.9 Kg/cm2	598.6 Kg/cm2	593.8 Kg/cm2	578.3 Kg/cm2	583.2 Kg/cm2	589.3 Kg/cm2	586.3 Kg/cm2
MODULO DE ELASTICIDAD "Ec" (Kg/cm ²)	NORMA E.060	359660.28	366982.15	365523.15	360707.08	362229.97	364143.62	363207.71
	ACI 318S	381362.21	385230.48	386754.07	379966.00	380099.88	387092.43	383417.51
	GRÁFICA	129302.09	102585.99	113847.90	152773.04	107722.74	119940.22	121028.66

Tabla N° 92. Especímenes cilíndricos de concreto con adición de 40kg/m³ de fibra de acero, ensayados a compresión a los 28 días de edad.

DATOS DEL ESPECIMEN		ESPECIMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO		CON 40 Kg/m3 DE FIBRA	CON 40 Kg/m3 DE FIBRA	CON 40 Kg/m3 DE FIBRA	CON 40 Kg/m3 DE FIBRA	CON 40 Kg/m3 DE FIBRA	CON 40 Kg/m3 DE FIBRA	-----
TIPO DE ESPECIMEN		CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	-----
ESPECIMEN N°		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----
EDAD DE ENSAYO		28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	-----
MODO DE FALLA		DÚCTIL	DÚCTIL	DÚCTIL	DÚCTIL	DÚCTIL	DÚCTIL	-----
FALLA DE ROTURA		TIPO - 5	TIPO - 4	TIPO - 2	TIPO - 3	TIPO - 6	TIPO - 3	-----
ALTURA PROMEDIO		304.00 mm	303.25 mm	303.50 mm	300.00 mm	303.50 mm	303.75 mm	-----
DIAMETRO PROMEDIO		15.21 cm	15.35 cm	15.21 cm	15.28 cm	15.21 cm	15.18 cm	-----
PESO		13.10 Kg	13.25 Kg	13.01 Kg	12.97 Kg	13.09 Kg	12.90 Kg	-----
F'c DE DISEÑO		500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	-----
PESO UNIATRIO C° END.		2372.8 Kg/m3	2361.7 Kg/m3	2357.9 Kg/m3	2357.3 Kg/m3	2372.9 Kg/m3	2345.0 Kg/m3	2361.3 Kg/m3
CARGA MAX. DE ROTURA		113.50 Tn	117.00 Tn	110.00 Tn	118.00 Tn	112.50 Tn	110.50 Tn	113.58 Tn
ESFUERZO DE ROTURA		625.0 Kg/cm2	632.4 Kg/cm2	605.1 Kg/cm2	643.4 Kg/cm2	619.2 Kg/cm2	610.4 Kg/cm2	622.6 Kg/cm2
MODULO DE ELASTICIDAD "Ec" (Kg/cm ²)	NORMA E.060	374992.10	377213.70	368970.90	380477.03	373250.59	370587.97	374248.72
	ACI 318S	396900.86	396446.34	386854.90	398758.18	395081.37	385363.18	393234.14
	GRAFICA A	119341.71	131038.97	121372.83	142975.57	110347.51	120196.34	124212.16

Tabla N° 93. Especímenes cilíndricos de concreto patrón, ensayados a tracción indirecta a los 07 días de edad.

DATOS DEL ESPECIMEN		ESPECIMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO		PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	-----
TIPO DE ESPECIMEN		CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	-----
ESPECIMEN N°		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----
EDAD		7 días	7 días	7 días	7 días	7 días	7 días	-----
ALTURA PROM.		303.25 mm	303.60 mm	303.45 mm	303.50 mm	302.75 mm	303.25 mm	-----
DIAMETRO PROMEDIO		15.19 cm	15.20 cm	15.21 cm	15.19 cm	15.21 cm	15.18 cm	-----
PESO		12.72 Kg	12.77 Kg	12.81 Kg	12.71 Kg	12.81 Kg	12.76 Kg	-----
F'c DE DISEÑO		500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	-----
PESO UNIATRIO C° END.		2315.2 Kg/m3	2318.9 Kg/m3	2322.6 Kg/m3	2310.2 Kg/m3	2329.1 Kg/m3	2326.1 Kg/m3	2320.4 Kg/m3
CARGA MAX. DE ROTURA		17.50 Tn	15.50 Tn	18.75 Tn	17.80 Tn	15.50 Tn	14.70 Tn	16.63 Tn
ESFUERZO DE ROTURA		24.2 Kg/cm2	21.4 Kg/cm2	25.9 Kg/cm2	24.6 Kg/cm2	21.4 Kg/cm2	20.3 Kg/cm2	22.96 Kg/cm2
FISURA PROBET A LUEGO DE ENSAYO	ANCHO	2.81 mm	2.59 mm	1.78 mm	1.94 mm	1.23 mm	2.57 mm	2.15 mm
	LONG.	151.20 mm	151.15 mm	151.1 mm	150.97 mm	151.48 mm	151.26 mm	151.19 mm

Tabla N° 94. Especímenes cilíndricos de concreto patrón, ensayados a tracción indirecta a los 14 días de edad.

DATOS DEL ESPECIMEN		ESPECIMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO		PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	-----
TIPO DE ESPECIMEN		CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	-----
ESPECIMEN N°		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----
EDAD DE ENSAYO		14 días	14 días	14 días	14 días	14 días	14 días	-----
ALTURA PROM.		303.75 mm	302.25 mm	303.25 mm	303.75 mm	302.25 mm	302.00 mm	-----
DIAMETRO PROMEDIO		15.23 cm	15.25 cm	15.23 cm	15.24 cm	15.15 cm	15.17 cm	-----
PESO		12.82 Kg	12.78 Kg	12.88 Kg	12.81 Kg	12.63 Kg	12.59 Kg	-----
F'c DE DISEÑO		500 Kg/cm ²	500 Kg/cm^{2}	500 Kg/cm^{2}	500 Kg/cm^{2}	500 Kg/cm^{2}	500 Kg/cm^{2}	-----
PESO UNIATRIO C° END.		2316.9 Kg/m ³	2315.1 Kg/m ³	2332.4 Kg/m ³	2311.2 Kg/m ³	2319.3 Kg/m ³	2305.7 Kg/m ³	2316.8 Kg/m³
CARGA MAX. DE ROTURA		18.50 Tn	16.70 Tn	16.20 Tn	18.00 Tn	18.50 Tn	17.70 Tn	17.60 Tn
ESFUERZO DE ROTURA		25.5 Kg/cm ²	23.1 Kg/cm ²	22.3 Kg/cm ²	24.8 Kg/cm ²	25.7 Kg/cm ²	24.6 Kg/cm ²	24.32 Kg/cm²
FISURA PROBET A LUEGO DE ENSAYO	ANCHO	2.76 mm	2.01mm	1.97 mm	2.72 mm	1.88 mm	3.20 mm	2.42 mm
	LONG.	151.11 mm	151.91 mm	151.45 mm	151.50 mm	151.62 mm	151.08 mm	151.44 mm

Tabla N° 95. Especímenes cilíndricos de concreto patrón, ensayados a tracción indirecta a los 28 días de edad.

DATOS DEL ESPECIMEN		ESPECIMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO		PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	-----
TIPO DE ESPECIMEN		CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	-----
ESPECIMEN N°		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----
EDAD DE ENSAYO		28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	-----
ALTURA PROM.		303.25 mm	303.00 mm	302.50 mm	304.25 mm	304.00 mm	303.00 mm	-----
DIAMETRO PROMEDIO		15.23 cm	15.28 cm	15.28 cm	15.21 cm	15.25 cm	15.25 cm	-----
PESO		12.78 Kg	12.83 Kg	12.91 Kg	12.85 Kg	12.89 Kg	12.77 Kg	-----
F'c DE DISEÑO		500 Kg/cm ²	500 Kg/cm^{2}	500 Kg/cm^{2}	500 Kg/cm^{2}	500 Kg/cm^{2}	500 Kg/cm^{2}	-----
PESO UNIATRIO C° END.		2314.3 Kg/m ³	2310.6 Kg/m ³	2326.9 Kg/m ³	2323.2 Kg/m ³	2321.3 Kg/m ³	2306.4 Kg/m ³	2317.1 Kg/m³
CARGA MAX. DE ROTURA		20.20 Tn	20.50 Tn	18.50 Tn	20.70 Tn	19.50 Tn	18.20 Tn	19.60 Tn
ESFUERZO DE ROTURA		27.8 Kg/cm ²	28.2 Kg/cm ²	25.5 Kg/cm ²	28.5 Kg/cm ²	26.8 Kg/cm ²	25.1 Kg/cm ²	26.97 Kg/cm²
FISURA PROBET A LUEGO DE ENSAYO	ANCHO	2.23 mm	1.89 mm	3.00 mm	1.72 mm	2.12 mm	2.45 mm	2.24 mm
	LONG.	151.53 mm	151.95 mm	152.67 mm	151.43 mm	152.46 mm	151.84 mm	151.98 mm

Tabla N° 96. Especímenes cilíndricos de concreto más Sikament 290N, ensayados a tracción indirecta a los 07 días de edad.

DATOS DEL ESPECIMEN		ESPECIMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO		C° MÁS SIKAMENT 290N	C° MÁS SIKAMENT 290N	C° MÁS SIKAMENT 290N	C° MÁS SIKAMENT 290N	C° MÁS SIKAMENT 290N	C° MÁS SIKAMENT 290N	-----
TIPO DE ESPECIMEN		CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	-----
ESPECIMEN N°		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----
EDAD DE ENSAYO		7 días	7 días	7 días	7 días	7 días	7 días	-----
ALTURA PROM		303.45 mm	303.50 mm	302.75 mm	303.25 mm	302.75 mm	303.25 mm	-----
DIAMETRO PROMEDIO		15.21 cm	15.19 cm	15.21 cm	15.18 cm	15.21 cm	15.18 cm	-----
PESO		13.03 Kg	12.89 Kg	12.82 Kg	12.87 Kg	12.91 Kg	12.93 Kg	-----
F'c DE DISEÑO		500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	-----
PESO UNIATRIO C° END.		2361.6 Kg/m3	2342.9 Kg/m3	2330.0 Kg/m3	2345.3 Kg/m3	2346.9 Kg/m3	2357.1 Kg/m3	2347.3 Kg/m3
CARGA MAX. DE ROTURA		22.60 Tn	24.00 Tn	23.50 Tn	20.75 Tn	23.00 Tn	22.00 Tn	22.64 Tn
ESFUERZO DE ROTURA		31.2 Kg/cm2	33.1 Kg/cm2	32.5 Kg/cm2	28.7 Kg/cm2	31.8 Kg/cm2	30.4 Kg/cm2	31.29 Kg/cm2
FISURA PROBET A LUEGO DEL ENSAYO	ANCHO	2.74 mm	2.60 mm	1.91 mm	2.88 mm	2.66 mm	2.90 mm	2.62 mm
	LONG.	153.16 mm	152.88 mm	152.70 mm	152.27 mm	152.70 mm	152.27 mm	152.66 mm

Tabla N° 97. Especímenes cilíndricos de concreto más Sikament 290N, ensayados a tracción indirecta a los 14 días de edad.

DATOS DEL ESPECIMEN		ESPECIMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO		C° MÁS SIKAMENT 290N	C° MÁS SIKAMENT 290N	C° MÁS SIKAMENT 290N	C° MÁS SIKAMENT 290N	C° MÁS SIKAMENT 290N	C° MÁS SIKAMENT 290N	-----
TIPO DE ESPECIMEN		CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	-----
ESPECIMEN N°		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----
EDAD DE ENSAYO		14 días	14 días	14 días	14 días	14 días	14 días	-----
ALTURA PROM		303.75 mm	302.25 mm	303.25 mm	303.75 mm	302.25 mm	302.00 mm	-----
DIAMETRO PROMEDIO		15.23 cm	15.25 cm	15.23 cm	15.24 cm	15.15 cm	15.17 cm	-----
PESO		12.96 Kg	12.91 Kg	13.01 Kg	12.97 Kg	12.81 Kg	12.77 Kg	-----
F'c DE DISEÑO		500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	-----
PESO UNIATRIO C° END.		2342.2 Kg/m3	2337.8 Kg/m3	2356.0 Kg/m3	2340.0 Kg/m3	2352.4 Kg/m3	2338.7 Kg/m3	2344.5 Kg/m3
CARGA MAX. DE ROTURA		25.00 Tn	26.70 Tn	23.50 Tn	26.20 Tn	24.00 Tn	23.20 Tn	24.77 Tn
ESFUERZO DE ROTURA		34.4 Kg/cm2	36.9 Kg/cm2	32.4 Kg/cm2	36.0 Kg/cm2	33.4 Kg/cm2	32.2 Kg/cm2	34.22 Kg/cm2
FISURA PROBET A LUEGO DEL ENSAYO	ANCHO	2.76 mm	2.50 mm	2.72 mm	1.97 mm	2.29 mm	2.67 mm	2.49 mm
	LONG.	153.48 mm	153.08 mm	153.35 mm	153.35 mm	151.30 mm	152.38 mm	152.82 mm

Tabla N° 98. Especímenes cilíndricos de concreto más Sikament 290N, ensayados a tracción indirecta a los 28 días de edad.

DATOS DEL ESPECIMEN		ESPECIMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO		C° MÁS SIKAMENT 290N	C° MÁS SIKAMENT 290N	C° MÁS SIKAMENT 290N	C° MÁS SIKAMENT 290N	C° MÁS SIKAMENT 290N	C° MÁS SIKAMENT 290N	-----
TIPO DE ESPECIMEN		CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	-----
ESPECIMEN N°		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----
EDAD DE ENSAYO		28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	-----
ALTURA PROM		304.25 mm	303.00 mm	302.50 mm	304.25 mm	304.00 mm	303.00 mm	-----
DIAMETRO PROMEDIO		15.21 cm	15.28 cm	15.28 cm	15.20 cm	15.25 cm	15.25 cm	-----
PESO		12.99 Kg	13.10 Kg	13.06 Kg	12.89 Kg	13.03 Kg	13.01 Kg	-----
F'c DE DISEÑO		500 Kg/cm ²	500 Kg/cm^{2}	500 Kg/cm^{2}	500 Kg/cm^{2}	500 Kg/cm^{2}	500 Kg/cm^{2}	-----
PESO UNIATRIO C° END.		2348.6 Kg/m ³	2359.3 Kg/m ³	2353.9 Kg/m ³	2335.5 Kg/m ³	2345.6 Kg/m ³	2348.8 Kg/m ³	2348.6 Kg/m³
CARGA MAX. DE ROTURA		27.70 Tn	25.50 Tn	25.20 Tn	26.70 Tn	24.70 Tn	26.00 Tn	25.97 Tn
ESFUERZO DE ROTURA		38.1 Kg/cm ²	35.1 Kg/cm ²	34.7 Kg/cm ²	36.8 Kg/cm ²	33.9 Kg/cm ²	35.8 Kg/cm ²	35.73 Kg/cm²
FISURA PROBETA LUEGO DEL ENSAYO	ANCH O	2.23 mm	3.00 mm	2.82 mm	2.40 mm	2.12 mm	2.45 mm	2.50 mm
	LONG.	152.85 mm	153.55 mm	152.97 mm	152.65 mm	152.55 mm	153.23 mm	152.97 mm

Tabla N° 99. Especímenes cilíndricos de concreto con adición de 20kg/m³ de fibra de acero, ensayados a tracción indirecta a los 07 días de edad.

DATOS DEL ESPECIMEN		ESPECIMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO		CON 20 Kg/m ³ DE FIBRA	CON 20 Kg/m^{3} DE FIBRA	CON 20 Kg/m^{3} DE FIBRA	CON 20 Kg/m^{3} DE FIBRA	CON 20 Kg/m^{3} DE FIBRA	CON 20 Kg/m^{3} DE FIBRA	-----
TIPO DE ESPECIMEN		CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	-----
ESPECIMEN N°		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----
EDAD DE ENSAYO		7 días	7 días	7 días	7 días	7 días	7 días	-----
ALTURA PROM		302.25 mm	302.75 mm	302.50 mm	303.00 mm	303.25 mm	303.00 mm	-----
DIAMETRO PROMEDIO		15.21 cm	15.17 cm	15.17 cm	15.21 cm	15.16 cm	15.24 cm	-----
PESO		13.12 Kg	12.92 Kg	12.84 Kg	13.06 Kg	12.89 Kg	12.98 Kg	-----
F'c DE DISEÑO		500 Kg/cm ²	500 Kg/cm^{2}	500 Kg/cm^{2}	500 Kg/cm^{2}	500 Kg/cm^{2}	500 Kg/cm^{2}	-----
PESO UNIATRIO C° END.		2387.6 Kg/m ³	2360.3 Kg/m ³	2348.0 Kg/m ³	2372.9 Kg/m ³	2354.5 Kg/m ³	2349.7 Kg/m ³	2362.1 Kg/m³
CARGA MAX. DE ROTURA		25.00 Tn	23.00 Tn	22.50 Tn	26.00 Tn	24.50 Tn	23.00 Tn	24.00 Tn
ESFUERZO DE ROTURA		34.6 Kg/cm ²	31.9 Kg/cm ²	31.2 Kg/cm ²	35.9 Kg/cm ²	33.9 Kg/cm ²	31.7 Kg/cm ²	33.21 Kg/cm²
FISURA PROBETA LUEGO DEL ENSAYO	ANCH O	1.05 mm	0.88 mm	0.77 mm	1.01 mm	0.95 mm	0.92 mm	0.93 mm
	LONG.	152.15 mm	151.73 mm	151.72 mm	152.05 mm	151.61 mm	152.36 mm	151.94 mm

Tabla N° 100. Especímenes cilíndricos de concreto con adición de 20kg/m³ de fibra de acero, ensayados a tracción indirecta a los 14 días de edad.

DATOS DEL ESPECIMEN		ESPECIMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO		CON 20 Kg/m ³ DE FIBRA	CON 20 Kg/m^{3} DE FIBRA	CON 20 Kg/m^{3} DE FIBRA	CON 20 Kg/m^{3} DE FIBRA	CON 20 Kg/m^{3} DE FIBRA	CON 20 Kg/m^{3} DE FIBRA	-----
TIPO DE ESPECIMEN		CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	-----
ESPECIMEN N°		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----
EDAD DE ENSAYO		14 días	14 días	14 días	14 días	14 días	14 días	-----
ALTURA PROM		304.00 mm	304.00 mm	303.75 mm	302.50 mm	303.50 mm	304.25 mm	-----
DIAMETRO PROMEDIO		15.23 cm	15.21 cm	15.22 cm	15.20 cm	15.21 cm	15.21 cm	-----
PESO		13.04 Kg	13.09 Kg	13.15 Kg	12.85 Kg	12.87 Kg	12.99 Kg	-----
F'c DE DISEÑO		500 Kg/cm ²	500 Kg/cm^{2}	500 Kg/cm^{2}	500 Kg/cm^{2}	500 Kg/cm^{2}	500 Kg/cm^{2}	-----
PESO UNIATRIO C° END.		2355.0 Kg/m ³	2371.2 Kg/m ³	2379.7 Kg/m ³	2342.5 Kg/m ³	2334.9 Kg/m ³	2347.6 Kg/m ³	2355.2 Kg/m³
CARGA MAX. DE ROTURA		27.00 Tn	28.50 Tn	29.50 Tn	28.00 Tn	26.50 Tn	27.20 Tn	27.78 Tn
ESFUERZO DE ROTURA		37.1 Kg/cm ²	39.3 Kg/cm ²	40.6 Kg/cm ²	38.8 Kg/cm ²	36.6 Kg/cm ²	37.4 Kg/cm ²	38.29 Kg/cm²
FISURA PROBETA LUEGO DEL ENSAYO	ANCH O	0.96 mm	1.05 mm	1.20 mm	0.88 mm	1.03 mm	0.75 mm	0.98 mm
	LONG.	152.29 mm	152.06 mm	152.20 mm	151.95 mm	152.07 mm	152.14 mm	152.12 mm

Tabla N° 101. Especímenes cilíndricos de concreto con adición de 20kg/m³ de fibra de acero, ensayados a tracción indirecta a los 28 días de edad.

DATOS DEL ESPECIMEN		ESPECIMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO		CON 20 Kg/m ³ DE FIBRA	CON 20 Kg/m^{3} DE FIBRA	CON 20 Kg/m^{3} DE FIBRA	CON 20 Kg/m^{3} DE FIBRA	CON 20 Kg/m^{3} DE FIBRA	CON 20 Kg/m^{3} DE FIBRA	-----
TIPO DE ESPECIMEN		CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	-----
ESPECIMEN N°		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----
EDAD DE ENSAYO		28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	-----
ALTURA PROM		302.25 mm	304.75 mm	303.75 mm	303.00 mm	303.75 mm	303.75 mm	-----
DIAMETRO PROMEDIO		15.23 cm	15.22 cm	15.18 cm	15.22 cm	15.22 cm	15.22 cm	-----
PESO		12.98 Kg	13.15 Kg	12.89 Kg	12.99 Kg	13.11 Kg	13.04 Kg	-----
F'c DE DISEÑO		500 Kg/cm ²	500 Kg/cm^{2}	500 Kg/cm^{2}	500 Kg/cm^{2}	500 Kg/cm^{2}	500 Kg/cm^{2}	-----
PESO UNIATRIO C° END.		2357.8 Kg/m ³	2369.9 Kg/m ³	2344.2 Kg/m ³	2356.8 Kg/m ³	2370.3 Kg/m ³	2358.8 Kg/m ³	2359.6 Kg/m³
CARGA MAX. DE ROTURA		30.50 Tn	29.00 Tn	29.70 Tn	29.00 Tn	28.50 Tn	28.00 Tn	29.12 Tn
ESFUERZO DE ROTURA		42.2 Kg/cm ²	39.8 Kg/cm ²	41.0 Kg/cm ²	40.0 Kg/cm ²	39.2 Kg/cm ²	38.6 Kg/cm ²	40.14 Kg/cm²
FISURA PROBETA LUEGO DEL ENSAYO	ANCH O	1.20 mm	1.55 mm	1.35 mm	1.02 mm	0.96 mm	1.08 mm	1.19 mm
	LONG.	152.26 mm	152.23 mm	151.82 mm	152.19 mm	152.24 mm	152.23 mm	152.16 mm

Tabla N° 102. Especímenes cilíndricos de concreto con adición de 30kg/m³ de fibra de acero, ensayados a tracción indirecta a los 07 días de edad.

DATOS DEL ESPECIMEN		ESPECIMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO		CON 30 Kg/m3 DE FIBRA	CON 30 Kg/m3 DE FIBRA	CON 30 Kg/m3 DE FIBRA	CON 30 Kg/m3 DE FIBRA	CON 30 Kg/m3 DE FIBRA	CON 30 Kg/m3 DE FIBRA	-----
TIPO DE ESPECIMEN		CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	-----
ESPECIMEN N°		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----
EDAD DE ENSAYO		7 días	7 días	7 días	7 días	7 días	7 días	-----
ALTURA PROM		304.50 mm	304.00 mm	303.50 mm	304.50 mm	304.00 mm	304.00 mm	-----
DIAMETRO PROMEDIO		15.20 cm	15.19 cm	15.16 cm	15.22 cm	15.15 cm	15.25 cm	-----
PESO		13.17 Kg	13.09 Kg	12.95 Kg	13.03 Kg	12.91 Kg	13.22 Kg	-----
F'c DE DISEÑO		500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	-----
PESO UNIATRIO C° END.		2382.1 Kg/m3	2374.8 Kg/m3	2364.3 Kg/m3	2351.5 Kg/m3	2354.6 Kg/m3	2380.9 Kg/m3	2368.0 Kg/m3
CARGA MAX. DE ROTURA		29.20 Tn	25.50 Tn	27.00 Tn	27.00 Tn	28.00 Tn	26.50 Tn	27.20 Tn
ESFUERZO DE ROTURA		40.2 Kg/cm2	35.1 Kg/cm2	37.4 Kg/cm2	37.1 Kg/cm2	38.7 Kg/cm2	36.4 Kg/cm2	37.47 Kg/cm2
FISURA PROBETA LUEGO DEL ENSAYO	ANCH O	0.80 mm	0.71 mm	0.55 mm	0.79 mm	1.03 mm	0.96 mm	0.81 mm
	LONG.	152.05 mm	151.94 mm	151.59 mm	152.19 mm	151.54 mm	152.47 mm	151.96 mm

Tabla N° 103. Especímenes cilíndricos de concreto con adición de 30kg/m³ de fibra de acero, ensayados a tracción indirecta a los 14 días de edad.

DATOS DEL ESPECIMEN		ESPECIMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO		CON 30 Kg/m3 DE FIBRA	CON 30 Kg/m3 DE FIBRA	CON 30 Kg/m3 DE FIBRA	CON 30 Kg/m3 DE FIBRA	CON 30 Kg/m3 DE FIBRA	CON 30 Kg/m3 DE FIBRA	-----
TIPO DE ESPECIMEN		CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	-----
ESPECIMEN N°		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----
EDAD DE ENSAYO		14 días	14 días	14 días	14 días	14 días	14 días	-----
ALTURA PROM		304.00 mm	303.00 mm	302.75 mm	303.00 mm	303.75 mm	303.25 mm	-----
DIAMETRO PROMEDIO		15.20 cm	15.20 cm	15.21 cm	15.21 cm	15.23 cm	15.24 cm	-----
PESO		13.14 Kg	12.99 Kg	13.04 Kg	12.97 Kg	13.19 Kg	13.07 Kg	-----
F'c DE DISEÑO		500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	-----
PESO UNIATRIO C° END.		2380.2 Kg/m3	2362.1 Kg/m3	2371.3 Kg/m3	2355.9 Kg/m3	2381.9 Kg/m3	2363.4 Kg/m3	2369.1 Kg/m3
CARGA MAX. DE ROTURA		31.50 Tn	29.00 Tn	29.50 Tn	30.50 Tn	31.20 Tn	28.70 Tn	30.07 Tn
ESFUERZO DE ROTURA		43.4 Kg/cm2	40.1 Kg/cm2	40.8 Kg/cm2	42.1 Kg/cm2	42.9 Kg/cm2	39.5 Kg/cm2	41.48 Kg/cm2
FISURA PROBETA LUEGO DEL ENSAYO	ANCH O	0.80 mm	1.05 mm	0.90 mm	1.29 mm	1.11 mm	..97	1.03 mm
	LONG.	139.90 mm	129.45 mm	145.32 mm	132.56 mm	137.46 mm	147.84 mm	138.76 mm

Tabla N° 104. Especímenes cilíndricos de concreto con adición de 30kg/m³ de fibra de acero, ensayados a tracción indirecta a los 28 días de edad.

DATOS DEL ESPECIMEN		ESPECIMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO		CON 30 Kg/m3 DE FIBRA	CON 30 Kg/m3 DE FIBRA	CON 30 Kg/m3 DE FIBRA	CON 30 Kg/m3 DE FIBRA	CON 30 Kg/m3 DE FIBRA	CON 30 Kg/m3 DE FIBRA	-----
TIPO DE ESPECIMEN		CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	-----
ESPECIMEN N°		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----
EDAD DE ENSAYO		28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	-----
ALTURA PROM		303.00 mm	303.00 mm	303.75 mm	301.00 mm	303.75 mm	303.75 mm	-----
DIAMETRO PROMEDIO		15.15 cm	15.22 cm	15.17 cm	15.24 cm	15.14 cm	15.20 cm	-----
PESO		12.89 Kg	12.99 Kg	13.09 Kg	12.85 Kg	13.02 Kg	13.15 Kg	-----
F'c DE DISEÑO		500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	-----
PESO UNIATRIO C° END.		2357.7 Kg/m3	2356.5 Kg/m3	2383.4 Kg/m3	2339.3 Kg/m3	2380.1 Kg/m3	2384.4 Kg/m3	2366.9 Kg/m3
CARGA MAX. DE ROTURA		31.50 Tn	32.70 Tn	32.00 Tn	31.20 Tn	33.00 Tn	34.20 Tn	32.43 Tn
ESFUERZO DE ROTURA		43.7 Kg/cm2	45.2 Kg/cm2	44.2 Kg/cm2	43.3 Kg/cm2	45.7 Kg/cm2	47.1 Kg/cm2	44.86 Kg/cm2
FISURA PROBET A LUEGO DEL ENSAYO	ANCHO	1.17 mm	1.44 mm	1.02 mm	0.85 mm	0.97 mm	0.58 mm	1.01 mm
	LONG.	135.96 mm	120.48 mm	149.50 mm	145.95 mm	135.61 mm	150.10 mm	139.60 mm

Tabla N° 105. Especímenes cilíndricos de concreto con adición de 40kg/m³ de fibra de acero, ensayados a tracción indirecta a los 07 días de edad.

DATOS DEL ESPECIMEN		ESPECIMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO		CON 40 Kg/m3 DE FIBRA	CON 40 Kg/m3 DE FIBRA	CON 40 Kg/m3 DE FIBRA	CON 40 Kg/m3 DE FIBRA	CON 40 Kg/m3 DE FIBRA	CON 40 Kg/m3 DE FIBRA	-----
TIPO DE ESPECIMEN		CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	-----
ESPECIMEN N°		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----
EDAD DE ENSAYO		7 días	7 días	7 días	7 días	7 días	7 días	-----
ALTURA PROM		303.75 mm	304.50 mm	303.00 mm	303.35 mm	303.00 mm	303.75 mm	-----
DIAMETRO PROMEDIO		15.36 cm	15.17 cm	15.19 cm	15.17 cm	15.19 cm	15.19 cm	-----
PESO		13.35 Kg	13.11 Kg	12.93 Kg	13.02 Kg	12.88 Kg	13.01 Kg	-----
F'c DE DISEÑO		500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	-----
PESO UNIATRIO C° END.		2372.7 Kg/m3	2381.7 Kg/m3	2356.1 Kg/m3	2375.2 Kg/m3	2347.0 Kg/m3	2365.0 Kg/m3	2366.3 Kg/m3
CARGA MAX. DE ROTURA		26.50 Tn	27.00 Tn	24.00 Tn	25.20 Tn	26.00 Tn	25.50 Tn	25.70 Tn
ESFUERZO DE ROTURA		36.2 Kg/cm2	37.2 Kg/cm2	33.2 Kg/cm2	34.9 Kg/cm2	36.0 Kg/cm2	35.2 Kg/cm2	35.44 Kg/cm2
FISURA PROBET A LUEGO DEL ENSAYO	ANCHO	0.88 mm	1.23 mm	1.37 mm	1.73 mm	1.17 mm	1.31 mm	1.28 mm
	LONG.	145.68 mm	138.57 mm	131.58 mm	147.87 mm	151.10 mm	144.64 mm	143.24 mm

Tabla N° 106. Especímenes cilíndricos de concreto con adición de 40kg/m³ de fibra de acero, ensayados a tracción indirecta a los 14 días de edad.

DATOS DEL ESPECIMEN		ESPECIMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO		CON 40 Kg/m3 DE FIBRA	CON 40 Kg/m3 DE FIBRA	CON 40 Kg/m3 DE FIBRA	CON 40 Kg/m3 DE FIBRA	CON 40 Kg/m3 DE FIBRA	CON 40 Kg/m3 DE FIBRA	-----
TIPO DE ESPECIMEN		CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	-----
ESPECIMEN N°		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----
EDAD DE ENSAYO		14 días	14 días	14 días	14 días	14 días	14 días	-----
ALTURA PROM		303.25 mm	303.75 mm	303.50 mm	303.25 mm	304.00 mm	302.75 mm	-----
DIAMETRO PROMEDIO		15.21 cm	15.20 cm	15.22 cm	15.23 cm	15.22 cm	15.21 cm	-----
PESO		13.10 Kg	12.97 Kg	13.14 Kg	12.99 Kg	13.21 Kg	13.04 Kg	-----
F'c DE DISEÑO		500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	-----
PESO UNIATRIO C° END.		2378.1 Kg/m3	2352.9 Kg/m3	2378.0 Kg/m3	2350.4 Kg/m3	2386.6 Kg/m3	2370.9 Kg/m3	2369.5 Kg/m3
CARGA MAX. DE ROTURA		29.50 Tn	28.20 Tn	29.00 Tn	29.70 Tn	28.00 Tn	30.20 Tn	29.10 Tn
ESFUERZO DE ROTURA		40.7 Kg/cm2	38.9 Kg/cm2	40.0 Kg/cm2	40.9 Kg/cm2	38.5 Kg/cm2	41.8 Kg/cm2	40.13 Kg/cm2
FISURA PROBET A LUEGO DEL ENSAYO	ANCHO	1.02 mm	1.05 mm	1.90 mm	0.90 mm	1.01 mm	0.97 mm	1.14 mm
	LONG.	147.23 mm	142.50 mm	136.84 mm	129.27 mm	144.94 mm	151.20 mm	142.00 mm

Tabla N° 107. Especímenes cilíndricos de concreto con adición de 40kg/m³ de fibra de acero, ensayados a tracción indirecta a los 28 días de edad.

DATOS DEL ESPECIMEN		ESPECIMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO		CON 40 Kg/m3 DE FIBRA	CON 40 Kg/m3 DE FIBRA	CON 40 Kg/m3 DE FIBRA	CON 40 Kg/m3 DE FIBRA	CON 40 Kg/m3 DE FIBRA	CON 40 Kg/m3 DE FIBRA	-----
TIPO DE ESPECIMEN		CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	CILÍNDRICO	-----
ESPECIMEN N°		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----
EDAD DE ENSAYO		28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	-----
ALTURA PROM		303.00 mm	303.25 mm	303.50 mm	303.75 mm	303.75 mm	303.75 mm	-----
DIAMETRO PROMEDIO		15.23 cm	15.18 cm	15.35 cm	15.18 cm	15.32 cm	15.23 cm	-----
PESO		13.13 Kg	12.87 Kg	13.36 Kg	13.03 Kg	13.18 Kg	13.01 Kg	-----
F'c DE DISEÑO		500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	-----
PESO UNIATRIO C° END.		2376.7 Kg/m3	2344.5 Kg/m3	2377.4 Kg/m3	2369.1 Kg/m3	2352.5 Kg/m3	2349.9 Kg/m3	2361.7 Kg/m3
CARGA MAX. DE ROTURA		32.50 Tn	31.00 Tn	29.50 Tn	31.20 Tn	33.20 Tn	32.00 Tn	31.57 Tn
ESFUERZO DE ROTURA		44.8 Kg/cm2	42.9 Kg/cm2	40.3 Kg/cm2	43.1 Kg/cm2	45.4 Kg/cm2	44.0 Kg/cm2	43.42 Kg/cm2
FISURA PROBET A LUEGO DEL ENSAYO	ANCHO	0.86 mm	1.15 mm	1.10 mm	1.04 mm	0.98 mm	1.12 mm	1.04 mm
	LONG.	135.27 mm	142.35 mm	135.68 mm	151.20 mm	146.20 mm	139.90 mm	141.77 mm

Tabla N° 108. Especímenes prismáticos de concreto patrón, ensayados a flexión a los 07 días de edad.

DATOS DEL ESPECIMEN		ESPECIMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO		PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	-----
TIPO DE ESPECIMEN		PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	-----
ESPECIMEN N°		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----
EDAD DE ENSAYO		7 días	7 días	7 días	7 días	7 días	7 días	-----
ALTURA PROM		500.00 mm	499.50 mm	500.75 mm	500.50 mm	499.50 mm	501.00 mm	-----
DIAMETRO PROMEDIO		15.08 cm	15.13 cm	15.09 cm	15.05 cm	15.15 cm	15.07 cm	-----
PESO		26.51 Kg	26.46 Kg	26.35 Kg	26.23 Kg	26.75 Kg	26.40 Kg	-----
F'c DE DISEÑO		500 Kg/cm ²	500 Kg/cm^{2}	500 Kg/cm^{2}	500 Kg/cm^{2}	500 Kg/cm^{2}	500 Kg/cm^{2}	-----
PESO UNIATRIO C° END.		2331.8 Kg/m ³	2313.9 Kg/m ³	2309.5 Kg/m ³	2312.4 Kg/m ³	2331.8 Kg/m ³	2320.4 Kg/m ³	2320.0 Kg/m³
CARGA MAX. DE ROTURA		2470.00 Tn	2425.00 Tn	2240.00 Tn	2520.00 Tn	2370.00 Tn	2400.00 Tn	2404.17 Tn
ESFUERZO DE ROTURA		32.4 Kg/cm ²	31.5 Kg/cm ²	29.4 Kg/cm ²	33.3 Kg/cm ²	30.6 Kg/cm ²	31.6 Kg/cm ²	31.46 Kg/cm²
FISURA PROBET A LUEGO DEL ENSAYO	ANCHO	3.30 mm	8.67 mm	9.19 mm	7.20 mm	8.23 mm	2.98 mm	6.60 mm
	LONG.	149.98 mm	149.99 mm	150.50 mm	145.21 mm	149.89 mm	150.90 mm	149.41 mm

Tabla N° 109. Especímenes prismáticos de concreto patrón, ensayados a flexión a los 14 días de edad.

DATOS DEL ESPECIMEN		ESPECIMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO		PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	-----
TIPO DE ESPECIMEN		PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	-----
ESPECIMEN N°		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----
EDAD DE ENSAYO		14 días	14 días	14 días	14 días	14 días	14 días	-----
ALTURA PROM		500.75 mm	498.50 mm	500.00 mm	500.25 mm	500.75 mm	500.00 mm	-----
DIAMETRO PROMEDIO		15.13 cm	15.11 cm	15.18 cm	15.12 cm	15.11 cm	15.10 cm	-----
PESO		26.55 Kg	26.42 Kg	26.78 Kg	26.51 Kg	26.65 Kg	26.45 Kg	-----
F'c DE DISEÑO		500 Kg/cm ²	500 Kg/cm^{2}	500 Kg/cm^{2}	500 Kg/cm^{2}	500 Kg/cm^{2}	500 Kg/cm^{2}	-----
PESO UNIATRIO C° END.		2316.5 Kg/m ³	2321.2 Kg/m ³	2323.3 Kg/m ³	2317.3 Kg/m ³	2330.3 Kg/m ³	2320.8 Kg/m ³	2321.6 Kg/m³
CARGA MAX. DE ROTURA		2830.00 Tn	2750.00 Tn	2665.00 Tn	28.85 Tn	2530.00 Tn	2780.00 Tn	2263.98 Tn
ESFUERZO DE ROTURA		36.8 Kg/cm ²	35.8 Kg/cm ²	34.3 Kg/cm ²	0.4 Kg/cm ²	33.1 Kg/cm ²	36.4 Kg/cm ²	29.44 Kg/cm²
FISURA PROBET A LUEGO DEL ENSAYO	ANCHO	4.56 mm	5.28 mm	6.25 mm	4.87 mm	3.99 mm	4.21 mm	4.86 mm
	LONG.	148.96 mm	149.20 mm	146.58 mm	151.40 mm	148.51 mm	142.65 mm	147.88 mm

Tabla N° 110. Especímenes prismáticos de concreto patrón, ensayados a flexión a los 28 días de edad.

DATOS DEL ESPECIMEN		ESPECIMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO		PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	PATRÓN	-----
TIPO DE ESPECIMEN		PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	-----
ESPECIMEN N°		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----
EDAD DE ENSAYO		28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	-----
ALTURA PROM		498.50 mm	500.00 mm	500.50 mm	499.50 mm	500.00 mm	499.50 mm	-----
DIAMETRO PROMEDIO		15.08 cm	15.07 cm	15.04 cm	15.09 cm	15.07 cm	15.06 cm	-----
PESO		26.37 Kg	26.28 Kg	26.16 Kg	26.45 Kg	26.39 Kg	26.22 Kg	-----
F'c DE DISEÑO		500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	-----
PESO UNIATRIO C° END.		2326.3 Kg/m3	2314.4 Kg/m3	2309.7 Kg/m3	2326.5 Kg/m3	2322.7 Kg/m3	2313.8 Kg/m3	2318.9 Kg/m3
CARGA MAX. DE ROTURA		2720.00 Tn	3000.00 Tn	2910.00 Tn	2830.00 Tn	2970.00 Tn	2860.00 Tn	2881.67 Tn
ESFUERZO DE ROTURA		35.6 Kg/cm2	39.4 Kg/cm2	38.5 Kg/cm2	37.0 Kg/cm2	39.0 Kg/cm2	37.6 Kg/cm2	37.87 Kg/cm2
FISURA PROBET A LUEGO DEL ENSAYO	ANCHO	3.10 mm	3.46 mm	4.35 mm	4.10 mm	2.56 mm	3.86 mm	3.57 mm
	LONG.	148.51 mm	147.56 mm	150.80 mm	145.23 mm	148.97 mm	147.66 mm	148.12 mm

Tabla N° 111. Especímenes prismáticos de concreto más Sikament 290N, ensayados a flexión a los 07 días de edad.

DATOS DEL ESPECIMEN		ESPECIMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO		C° MÁS SIKAMENT 290N	C° MÁS SIKAMENT 290N	C° MÁS SIKAMENT 290N	C° MÁS SIKAMENT 290N	C° MÁS SIKAMENT 290N	C° MÁS SIKAMENT 290N	-----
TIPO DE ESPECIMEN		PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	-----
ESPECIMEN N°		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----
EDAD DE ENSAYO		7 días	7 días	7 días	7 días	7 días	7 días	-----
ALTURA PROM		500.00 mm	499.50 mm	500.75 mm	500.50 mm	499.50 mm	501.00 mm	-----
DIAMETRO PROMEDIO		15.08 cm	15.13 cm	15.09 cm	15.05 cm	15.15 cm	15.07 cm	-----
PESO		26.74 Kg	26.63 Kg	26.70 Kg	26.51 Kg	26.81 Kg	26.63 Kg	-----
F'c DE DISEÑO		500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	-----
PESO UNIATRIO C° END.		2352.0 Kg/m3	2328.8 Kg/m3	2339.8 Kg/m3	2337.1 Kg/m3	2337.0 Kg/m3	2340.6 Kg/m3	2339.2 Kg/m3
CARGA MAX. DE ROTURA		2930.00 Tn	2850.00 Tn	2950.00 Tn	2980.00 Tn	2720.00 Tn	2650.00 Tn	2846.67 Tn
ESFUERZO DE ROTURA		38.5 Kg/cm2	37.0 Kg/cm2	38.7 Kg/cm2	39.3 Kg/cm2	35.1 Kg/cm2	34.9 Kg/cm2	37.25 Kg/cm2
FISURA PROBET A LUEGO DEL ENSAYO	ANCHO	3.10 mm	4.10 mm	5.40 mm	6.25 mm	7.21 mm	9.71 mm	5.96 mm
	LONG.	149.98 mm	149.99 mm	150.01 mm	149.21 mm	149.89 mm	150.02 mm	149.85 mm

Tabla N° 112. Especímenes prismáticos de concreto más Sikament 290N, ensayados a flexión a los 14 días de edad.

DATOS DEL ESPECIMEN		ESPECIMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO		C° MÁS SIKAMENT 290N	C° MÁS SIKAMENT 290N	C° MÁS SIKAMENT 290N	C° MÁS SIKAMENT 290N	C° MÁS SIKAMENT 290N	C° MÁS SIKAMENT 290N	-----
TIPO DE ESPECIMEN		PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	-----
ESPECIMEN N°		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----
EDAD DE ENSAYO		14 días	14 días	14 días	14 días	14 días	14 días	-----
ALTURA PROM		500.75 mm	498.50 mm	500.00 mm	500.25 mm	500.75 mm	500.00 mm	-----
DIAMETRO PROMEDIO		15.13 cm	15.11 cm	15.18 cm	15.12 cm	15.11 cm	15.10 cm	-----
PESO		26.91 Kg	26.55 Kg	27.11 Kg	26.83 Kg	26.99 Kg	26.76 Kg	-----
F'c DE DISEÑO		500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	-----
PESO UNIATRIO C° END.		2347.9 Kg/m3	2333.1 Kg/m3	2352.0 Kg/m3	2345.3 Kg/m3	2360.5 Kg/m3	2348.0 Kg/m3	2347.8 Kg/m3
CARGA MAX. DE ROTURA		3350.00 Tn	3120.00 Tn	3220.00 Tn	3310.00 Tn	3270.00 Tn	3050.00 Tn	3220.00 Tn
ESFUERZO DE ROTURA		43.6 Kg/cm2	40.6 Kg/cm2	41.4 Kg/cm2	43.1 Kg/cm2	42.7 Kg/cm2	39.9 Kg/cm2	41.88 Kg/cm2
FISURA PROBET A LUEGO DEL ENSAYO	ANCHO	3.56 mm	7.50 mm	5.50 mm	5.28 mm	3.29 mm	4.35 mm	4.91 mm
	LONG.	148.96 mm	149.20 mm	146.58 mm	149.92 mm	148.51 mm	142.65 mm	147.64 mm

Tabla N° 113. Especímenes prismáticos de concreto más Sikament 290N, ensayados a flexión a los 28 días de edad.

DATOS DEL ESPECIMEN		ESPECIMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO		C° MÁS SIKAMENT 290N	C° MÁS SIKAMENT 290N	C° MÁS SIKAMENT 290N	C° MÁS SIKAMENT 290N	C° MÁS SIKAMENT 290N	C° MÁS SIKAMENT 290N	-----
TIPO DE ESPECIMEN		PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	-----
ESPECIMEN N°		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----
EDAD DE ENSAYO		28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	-----
ALTURA PROM		498.50 mm	500.00 mm	500.50 mm	499.50 mm	500.00 mm	499.50 mm	-----
DIAMETRO PROMEDIO		15.08 cm	15.07 cm	15.04 cm	15.09 cm	15.07 cm	15.06 cm	-----
PESO		26.79 Kg	26.70 Kg	26.48 Kg	26.72 Kg	26.58 Kg	26.62 Kg	-----
F'c DE DISEÑO		500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	-----
PESO UNIATRIO C° END.		2363.4 Kg/m3	2351.0 Kg/m3	2338.0 Kg/m3	2349.8 Kg/m3	2339.0 Kg/m3	2348.7 Kg/m3	2348.3 Kg/m3
CARGA MAX. DE ROTURA		3220.00 Tn	3380.00 Tn	3290.00 Tn	3420.00 Tn	3180.00 Tn	3300.00 Tn	3298.33 Tn
ESFUERZO DE ROTURA		42.1 Kg/cm2	44.4 Kg/cm2	43.5 Kg/cm2	44.8 Kg/cm2	41.8 Kg/cm2	43.4 Kg/cm2	43.34 Kg/cm2
FISURA PROBET A LUEGO DEL ENSAYO	ANCHO	8.20 mm	5.50 mm	2.77 mm	3.10 mm	4.25 mm	2.86 mm	4.45 mm
	LONG.	138.50 mm	147.56 mm	149.92 mm	145.23 mm	148.97 mm	147.66 mm	146.31 mm

Tabla N° 114. Especímenes prismáticos de concreto con adición de 20kg/m³ de fibra de acero, ensayados a flexión a los 07 días de edad.

DATOS DEL ESPECIMEN		ESPECIMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO		CON 20 Kg/m3 DE FIBRA	CON 20 Kg/m3 DE FIBRA	CON 20 Kg/m3 DE FIBRA	CON 20 Kg/m3 DE FIBRA	CON 20 Kg/m3 DE FIBRA	CON 20 Kg/m3 DE FIBRA	-----
TIPO DE ESPECIMEN		PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	-----
ESPECIMEN N°		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----
EDAD DE ENSAYO		7 días	7 días	7 días	7 días	7 días	7 días	-----
ALTURA PROM		500.25 mm	500.00 mm	501.75 mm	500.30 mm	500.25 mm	501.25 mm	-----
DIAMETRO PROMEDIO		15.28 cm	15.18 cm	15.14 cm	15.23 cm	15.18 cm	15.18 cm	-----
PESO		27.63 Kg	27.15 Kg	27.06 Kg	27.31 Kg	27.19 Kg	27.44 Kg	-----
F'c DE DISEÑO		500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	-----
PESO UNIATRIO C° END.		2365.5 Kg/m3	2357.2 Kg/m3	2352.6 Kg/m3	2353.7 Kg/m3	2358.9 Kg/m3	2374.8 Kg/m3	2360.4 Kg/m3
CARGA MAX. DE ROTURA		3285.00 Tn	3010.00 Tn	3150.00 Tn	3070.00 Tn	2915.00 Tn	2880.00 Tn	3051.67 Tn
ESFUERZO DE ROTURA		41.5 Kg/cm2	38.7 Kg/cm2	41.0 Kg/cm2	39.1 Kg/cm2	37.5 Kg/cm2	37.1 Kg/cm2	39.17 Kg/cm2
FISURA PROBET A LUEGO DEL ENSAYO	ANCHO	1.50 mm	2.40 mm	2.55 mm	1.62 mm	2.29 mm	2.49 mm	2.14 mm
	LONG.	121.30 mm	108.20 mm	95.00 mm	141.30 mm	135.10 mm	103.80 mm	117.45 mm

Tabla N° 115. Especímenes prismáticos de concreto con adición de 20kg/m³ de fibra de acero, ensayados a flexión a los 14 días de edad.

DATOS DEL ESPECIMEN		ESPECIMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO		CON 20 Kg/m3 DE FIBRA	CON 20 Kg/m3 DE FIBRA	CON 20 Kg/m3 DE FIBRA	CON 20 Kg/m3 DE FIBRA	CON 20 Kg/m3 DE FIBRA	CON 20 Kg/m3 DE FIBRA	-----
TIPO DE ESPECIMEN		PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	-----
ESPECIMEN N°		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----
EDAD DE ENSAYO		14 días	14 días	14 días	14 días	14 días	14 días	-----
ALTURA PROM		501.25 mm	499.00 mm	502.00 mm	499.50 mm	500.50 mm	501.25 mm	-----
DIAMETRO PROMEDIO		15.21 cm	15.21 cm	15.08 cm	15.21 cm	15.21 cm	15.13 cm	-----
PESO		27.37 Kg	27.27 Kg	27.12 Kg	26.98 Kg	27.19 Kg	27.05 Kg	-----
F'c DE DISEÑO		500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	-----
PESO UNIATRIO C° END.		2361.7 Kg/m3	2362.4 Kg/m3	2376.4 Kg/m3	2336.3 Kg/m3	2348.9 Kg/m3	2358.2 Kg/m3	2357.3 Kg/m3
CARGA MAX. DE ROTURA		3420.00 Tn	3350.00 Tn	3520.00 Tn	3390.00 Tn	3670.00 Tn	3540.00 Tn	3481.67 Tn
ESFUERZO DE ROTURA		43.9 Kg/cm2	42.8 Kg/cm2	46.4 Kg/cm2	43.3 Kg/cm2	47.0 Kg/cm2	46.1 Kg/cm2	44.93 Kg/cm2
FISURA PROBET A LUEGO DEL ENSAYO	ANCHO	2.18 mm	1.65 mm	1.50 mm	2.10 mm	1.96 mm	1.71 mm	1.85 mm
	LONG.	124.13 mm	139.54 mm	129.97 mm	117.85 mm	105.21 mm	149.23 mm	127.66 mm

Tabla N° 116. Especímenes prismáticos de concreto con adición de 20kg/m³ de fibra de acero, ensayados a flexión a los 28 días de edad.

DATOS DEL ESPECIMEN		ESPECIMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO		CON 20 Kg/m3 DE FIBRA	CON 20 Kg/m3 DE FIBRA	CON 20 Kg/m3 DE FIBRA	CON 20 Kg/m3 DE FIBRA	CON 20 Kg/m3 DE FIBRA	CON 20 Kg/m3 DE FIBRA	-----
TIPO DE ESPECIMEN		PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	-----
ESPECIMEN N°		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----
EDAD DE ENSAYO		28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	-----
ALTURA PROM		499.50 mm	502.25 mm	498.75 mm	500.00 mm	500.00 mm	498.75 mm	-----
DIAMETRO PROMEDIO		15.25 cm	15.20 cm	15.22 cm	15.25 cm	15.15 cm	15.25 cm	-----
PESO		26.83 Kg	27.21 Kg	27.02 Kg	27.23 Kg	26.98 Kg	27.19 Kg	-----
F'c DE DISEÑO		210 Kg/cm2	210 Kg/cm2	210 Kg/cm2	210 Kg/cm2	210 Kg/cm2	210 Kg/cm2	-----
PESO UNIATRIO C° END.		2310.5 Kg/m3	2345.3 Kg/m3	2338.5 Kg/m3	2342.6 Kg/m3	2350.7 Kg/m3	2345.4 Kg/m3	2338.8 Kg/m3
CARGA MAX. DE ROTURA		3780.00 Tn	3620.00 Tn	3890.00 Tn	3920.00 Tn	4000.00 Tn	4820.00 Tn	4005.00 Tn
ESFUERZO DE ROTURA		47.9 Kg/cm2	46.6 Kg/cm2	49.5 Kg/cm2	49.8 Kg/cm2	51.8 Kg/cm2	61.0 Kg/cm2	51.10 Kg/cm2
FISURA PROBET A LUEGO DEL ENSAYO	ANCHO	1.50 mm	1.45 mm	1.55 mm	1.62 mm	1.69 mm	1.33 mm	1.52 mm
	LONG.	116.10 mm	103.57 mm	149.46 mm	125.84 mm	90.20 mm	112.47 mm	116.27 mm

Tabla N° 117. Especímenes prismáticos de concreto con adición de 30kg/m³ de fibra de acero, ensayados a flexión a los 07 días de edad.

DATOS DEL ESPECIMEN		ESPECIMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO		CON 30 Kg/m3 DE FIBRA	CON 30 Kg/m3 DE FIBRA	CON 30 Kg/m3 DE FIBRA	CON 30 Kg/m3 DE FIBRA	CON 30 Kg/m3 DE FIBRA	CON 30 Kg/m3 DE FIBRA	-----
TIPO DE ESPECIMEN		PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	-----
ESPECIMEN N°		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----
EDAD DE ENSAYO		7 días	7 días	7 días	7 días	7 días	7 días	-----
ALTURA PROM		501.50 mm	499.50 mm	500.00 mm	501.00 mm	499.50 mm	500.00 mm	-----
DIAMETRO PROMEDIO		15.27 cm	15.20 cm	15.16 cm	15.19 cm	15.22 cm	15.16 cm	-----
PESO		27.81 Kg	27.51 Kg	27.19 Kg	27.28 Kg	27.37 Kg	27.09 Kg	-----
F'c DE DISEÑO		500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	-----
PESO UNIATRIO C° END.		2378.5 Kg/m3	2385.1 Kg/m3	2367.7 Kg/m3	2358.2 Kg/m3	2365.6 Kg/m3	2359.0 Kg/m3	2369.0 Kg/m3
CARGA MAX. DE ROTURA		3580.00 Tn	3530.00 Tn	3325.00 Tn	3360.00 Tn	3470.00 Tn	3470.00 Tn	3455.83 Tn
ESFUERZO DE ROTURA		45.4 Kg/cm2	45.2 Kg/cm2	43.0 Kg/cm2	43.2 Kg/cm2	44.2 Kg/cm2	44.9 Kg/cm2	44.32 Kg/cm2
FISURA PROBET A LUEGO DEL ENSAYO	ANCHO	1.38 mm	2.10 mm	1.25 mm	1.41 mm	1.77 mm	1.68 mm	1.60 mm
	LONG.	129.98 mm	105.68 mm	131.25 mm	140.28 mm	135.42 mm	125.89 mm	128.08 mm

Tabla N° 118. Especímenes prismáticos de concreto con adición de 30kg/m³ de fibra de acero, ensayados a flexión a los 14 días de edad.

DATOS DEL ESPECIMEN		ESPECIMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO	CON 30 Kg/m ³ DE FIBRA	-----						
TIPO DE ESPECIMEN	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	-----	
ESPECIMEN N°	N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----	
EDAD DE ENSAYO	14 días	-----						
ALTURA PROM	500.75 mm	500.00 mm	500.00 mm	500.75 mm	500.00 mm	500.00 mm	-----	
DIAMETRO PROMEDIO	15.20 cm	15.24 cm	15.20 cm	15.22 cm	15.24 cm	15.22 cm	-----	
PESO	27.34 Kg	27.65 Kg	27.41 Kg	27.29 Kg	27.37 Kg	27.54 Kg	-----	
F'c DE DISEÑO	500 Kg/cm ²	-----						
PESO UNIATRIO C° END.	2363.9 Kg/m ³	2380.7 Kg/m ³	2371.7 Kg/m ³	2351.9 Kg/m ³	2356.6 Kg/m ³	2378.8 Kg/m ³	2367.3 Kg/m³	
CARGA MAX. DE ROTURA	4310.00 Tn	4215.00 Tn	4120.00 Tn	4025.00 Tn	4280.00 Tn	4460.00 Tn	4235.00 Tn	
ESFUERZO DE ROTURA	55.3 Kg/cm ²	53.6 Kg/cm ²	52.8 Kg/cm ²	51.4 Kg/cm ²	54.4 Kg/cm ²	57.0 Kg/cm ²	54.08 Kg/cm²	
FISURA PROBET A LUEGO DEL ENSAYO	ANCHO	1.27 mm	1.43 mm	1.16 mm	1.03 mm	1.51 mm	0.85 mm	1.21 mm
	LONG.	122.56 mm	105.26 mm	123.58 mm	98.57 mm	128.65 mm	103.12 mm	113.62 mm

Tabla N° 119. Especímenes prismáticos de concreto con adición de 30kg/m³ de fibra de acero, ensayados a flexión a los 28 días de edad.

DATOS DEL ESPECIMEN		ESPECIMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO	CON 30 Kg/m ³ DE FIBRA	-----						
TIPO DE ESPECIMEN	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	-----	
ESPECIMEN N°	N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----	
EDAD DE ENSAYO	28 días	-----						
ALTURA PROM	501.00 mm	499.00 mm	500.75 mm	500.00 mm	501.00 mm	500.75 mm	-----	
DIAMETRO PROMEDIO	15.13 cm	15.30 cm	15.23 cm	15.23 cm	15.38 cm	15.23 cm	-----	
PESO	27.18 Kg	27.72 Kg	27.35 Kg	27.56 Kg	27.98 Kg	27.29 Kg	-----	
F'c DE DISEÑO	500 Kg/cm ²	-----						
PESO UNIATRIO C° END.	2369.8 Kg/m ³	2372.6 Kg/m ³	2354.7 Kg/m ³	2376.7 Kg/m ³	2362.1 Kg/m ³	2350.0 Kg/m ³	2364.3 Kg/m³	
CARGA MAX. DE ROTURA	4380.00 Tn	4615.00 Tn	4410.00 Tn	4680.00 Tn	4530.00 Tn	4325.00 Tn	4490.00 Tn	
ESFUERZO DE ROTURA	57.0 Kg/cm ²	57.8 Kg/cm ²	56.3 Kg/cm ²	59.6 Kg/cm ²	56.2 Kg/cm ²	55.2 Kg/cm ²	57.03 Kg/cm²	
FISURA PROBET A LUEGO DEL ENSAYO	ANCHO	1.10 mm	1.52 mm	1.16 mm	1.12 mm	1.31 mm	1.08 mm	1.22 mm
	LONG.	85.24 mm	117.52 mm	104.20 mm	85.33 mm	110.05 mm	99.42 mm	100.29 mm

Tabla N° 120. Especímenes prismáticos de concreto con adición de 40kg/m³ de fibra de acero, ensayados a flexión a los 07 días de edad.

DATOS DEL ESPECIMEN		ESPECIMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO		CON 40 Kg/m3 DE FIBRA	CON 40 Kg/m3 DE FIBRA	CON 40 Kg/m3 DE FIBRA	CON 40 Kg/m3 DE FIBRA	CON 40 Kg/m3 DE FIBRA	CON 40 Kg/m3 DE FIBRA	-----
TIPO DE ESPECIMEN		PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	-----
ESPECIMEN N°		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----
EDAD DE ENSAYO		7 días	7 días	7 días	7 días	7 días	7 días	-----
ALTURA PROM		501.25 mm	501.00 mm	501.25 mm	500.00 mm	500.50 mm	500.50 mm	-----
DIAMETRO PROMEDIO		15.06 cm	15.14 cm	15.16 cm	15.06 cm	15.14 cm	15.16 cm	-----
PESO		27.07 Kg	27.25 Kg	27.18 Kg	26.89 Kg	26.97 Kg	27.03 Kg	-----
F'c DE DISEÑO		500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	-----
PESO UNIATRIO C° END.		2382.1 Kg/m3	2372.3 Kg/m3	2360.1 Kg/m3	2372.2 Kg/m3	2350.3 Kg/m3	2351.0 Kg/m3	2364.7 Kg/m3
CARGA MAX. DE ROTURA		3120.00 Tn	3975.00 Tn	3265.00 Tn	3010.00 Tn	3220.00 Tn	3150.00 Tn	3290.00 Tn
ESFUERZO DE ROTURA		41.2 Kg/cm2	51.6 Kg/cm2	42.3 Kg/cm2	39.7 Kg/cm2	41.8 Kg/cm2	40.8 Kg/cm2	42.90 Kg/cm2
FISURA PROBET A LUEGO DEL ENSAYO	ANCHO	1.18 mm	0.92 mm	1.25 mm	1.04 mm	1.12 mm	1.32 mm	1.14 mm
	LONG.	135.89 mm	128.76 mm	120.52 mm	109.50 mm	116.62 mm	148.59 mm	126.65 mm

Tabla N° 121. Especímenes prismáticos de concreto con adición de 40kg/m³ de fibra de acero, ensayados a flexión a los 14 días de edad.

DATOS DEL ESPECIMEN		ESPECIMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO		CON 40 Kg/m3 DE FIBRA	CON 40 Kg/m3 DE FIBRA	CON 40 Kg/m3 DE FIBRA	CON 40 Kg/m3 DE FIBRA	CON 40 Kg/m3 DE FIBRA	CON 40 Kg/m3 DE FIBRA	-----
TIPO DE ESPECIMEN		PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	-----
ESPECIMEN N°		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----
EDAD DE ENSAYO		14 días	14 días	14 días	14 días	14 días	14 días	-----
ALTURA PROM		500.00 mm	501.25 mm	499.50 mm	500.00 mm	499.75 mm	500.00 mm	-----
DIAMETRO PROMEDIO		15.02 cm	15.20 cm	15.06 cm	15.09 cm	15.20 cm	15.17 cm	-----
PESO		26.87 Kg	27.31 Kg	26.96 Kg	27.04 Kg	27.12 Kg	27.17 Kg	-----
F'c DE DISEÑO		500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	500 Kg/cm2	-----
PESO UNIATRIO C° END.		2381.6 Kg/m3	2359.1 Kg/m3	2380.8 Kg/m3	2374.1 Kg/m3	2349.7 Kg/m3	2361.1 Kg/m3	2367.7 Kg/m3
CARGA MAX. DE ROTURA		3780.00 Tn	3670.00 Tn	3815.00 Tn	3710.00 Tn	3635.00 Tn	3570.00 Tn	3696.67 Tn
ESFUERZO DE ROTURA		50.2 Kg/cm2	47.2 Kg/cm2	50.2 Kg/cm2	48.6 Kg/cm2	46.6 Kg/cm2	46.0 Kg/cm2	48.13 Kg/cm2
FISURA PROBET A LUEGO DEL ENSAYO	ANCHO	1.06 mm	0.92 mm	1.18 mm	0.95 mm	1.05 mm	1.11 mm	1.05 mm
	LONG.	116.65 mm	141.23 mm	120.56 mm	109.85 mm	139.85 mm	123.36 mm	125.25 mm

Tabla N° 122. Especímenes prismáticos de concreto con adición de 40kg/m³ de fibra de acero, ensayados a flexión a los 28 días de edad.

DATOS DEL ESPECIMEN		ESPECIMEN N°						PROMEDIO
TIPO DE CONCRETO		CON 40 Kg/m ³ DE FIBRA	CON 40 Kg/m^{3} DE FIBRA	CON 40 Kg/m^{3} DE FIBRA	CON 40 Kg/m^{3} DE FIBRA	CON 40 Kg/m^{3} DE FIBRA	CON 40 Kg/m^{3} DE FIBRA	-----
TIPO DE ESPECIMEN		PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	PRISMÁTICO	-----
ESPECIMEN N°		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05	N° 06	-----
EDAD DE ENSAYO		28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	28 días	-----
ALTURA PROMEDIO		501.00 mm	500.00 mm	500.00 mm	500.00 mm	501.00 mm	500.00 mm	-----
DIAMETRO PROMEDIO		15.24 cm	15.15 cm	15.24 cm	15.24 cm	15.17 cm	15.23 cm	-----
PESO		27.52 Kg	27.21 Kg	27.41 Kg	27.61 Kg	27.30 Kg	27.53 Kg	-----
F'c DE DISEÑO		500 Kg/cm^{2}	500 Kg/cm^{2}	500 Kg/cm^{2}	500 Kg/cm^{2}	500 Kg/cm^{2}	500 Kg/cm ²	-----
PESO UNIATRIO C° END.		2363.8 Kg/m ³	2370.7 Kg/m ³	2361.4 Kg/m ³	2379.0 Kg/m ³	2367.7 Kg/m ³	2374.6 Kg/m ³	2369.5 Kg/m³
CARGA MAX. DE ROTURA		4165.00 Tn	4065.00 Tn	4320.00 Tn	4115.00 Tn	4430.00 Tn	4280.00 Tn	4229.17 Tn
ESFUERZO DE ROTURA		53.0 Kg/cm ²	52.6 Kg/cm ²	55.0 Kg/cm ²	52.4 Kg/cm ²	57.2 Kg/cm ²	54.6 Kg/cm ²	54.13 Kg/cm²
FISURA PROBET A LUEGO DEL ENSAYO	ANCHO	0.86 mm	0.92 mm	0.95 mm	1.04 mm	0.98 mm	1.12 mm	0.98 mm
	LONG.	108.22 mm	87.97 mm	125.62 mm	114.56 mm	92.55 mm	90.23 mm	103.19 mm

7.11. ANEXO XI: GRÁFICOS DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN DE LOS ESPECÍMENES DE CONCRETO ENSAYADOS.

ENSAYO DE RESISTENCIA A		COMPRESIÓN		MODO DE FALLA		FRÁGIL	
TIPO DE CONCRETO		Cº MÁS SIKAMENT 290N		FALLA DE ROTURA		TIPO - 2	
ESPECIMEN N°		01		ALTURA PROM. PROBETA		303.00 mm	
TIPO DE CEMENTO		PACASMAYO TIPO I (ASTM C150)		DIÁMETRO PROM. PROBETA		15.26 cm	
FECHA DE ELABORACIÓN		14.NOV.2014		ÁREA PROM. PROBETA		182.86 cm ²	
FECHA DE ENSAYO		12.DIC.2014		PESO DE LA PROBETA		12.96 Kg	
EDAD		28 días		F'c DE DISEÑO		500 Kg/cm ²	
				PESO UNITARIO Cº END.		2338.20 Kg/m ³	
				CARGA ÚLTIMA DE ROTURA		116.00 Tn	

PRUEBA DEL ESPECIMEN A LA COMPRESIÓN				
CARGA (Kg)	DEFOR. ESC. mm	DEFOR. UNIT. x E(-3)	ESFUERZO Kg/cm ²	ESF. CORR. Kg/cm ²
0	0.000	0.000	0.000	0.000
2500	0.190	0.627	13.672	28.440
5000	0.300	0.990	27.344	48.512
7500	0.370	1.221	41.015	62.661
10000	0.430	1.419	54.687	75.641
12500	0.490	1.617	68.359	89.409
15000	0.550	1.815	82.031	103.963
17500	0.600	1.980	95.703	116.692
20000	0.670	2.211	109.375	135.431
22500	0.705	2.327	123.046	145.202
25000	0.750	2.475	136.718	158.158
27500	0.790	2.607	150.390	170.046
30000	0.830	2.739	164.062	182.283
32500	0.875	2.888	177.734	196.469
35000	0.920	3.036	191.406	211.097
37500	0.960	3.168	205.077	224.471
40000	0.990	3.267	218.749	234.731
42500	1.025	3.383	232.421	246.949
45000	1.050	3.465	246.093	255.841
47500	1.060	3.498	259.765	259.436
50000	1.090	3.597	273.436	270.351
52500	1.120	3.696	287.108	281.464
55000	1.150	3.795	300.780	292.773
57500	1.180	3.894	314.452	304.278
60000	1.210	3.993	328.124	315.981
62500	1.240	4.092	341.796	327.880
65000	1.270	4.191	355.467	339.976
67500	1.300	4.290	369.139	352.268
70000	1.330	4.389	382.811	364.757
72500	1.360	4.488	396.483	377.443
75000	1.390	4.587	410.155	390.326
77500	1.420	4.686	423.827	403.405
80000	1.450	4.785	437.498	416.681
82500	1.475	4.884	451.170	427.894
85000	1.510	4.983	464.842	443.823
87500	1.535	5.066	478.514	455.364
90000	1.560	5.149	492.186	467.042
92500	1.610	5.314	505.857	490.807
95000	1.630	5.380	519.529	500.467
97500	1.660	5.479	533.201	515.119
100000	1.670	5.512	546.873	520.047
102500	1.705	5.627	560.545	537.467
105000	1.740	5.743	574.217	555.155
107500	1.800	5.941	587.888	586.099
110000	1.850	6.106	601.560	612.487
112500	1.920	6.337	615.232	650.348
115000	1.990	6.568	628.904	689.280
116000	2.020	6.667	634.373	706.293

CÁLCULO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD	
Ecuación corregida	Esf = 10.032x ² + 39.064x
Coef. de Correlación	R ² = 0.9855
Esf. De Rotura	634.37 Kg/cm ²
Módulo de Elasticidad "Ec"	Norma E.06 377801.32 Kg/cm ²
	ACI 318S 391155.87 Kg/cm ²
	Gráfica 135936.99 Kg/cm ²

ESFUERZO VS DEFORMACIÓN DEL CONCRETO

ESFUERZO (Kg/cm²)

DEFORMACIÓN UNITARIA X E(-3)

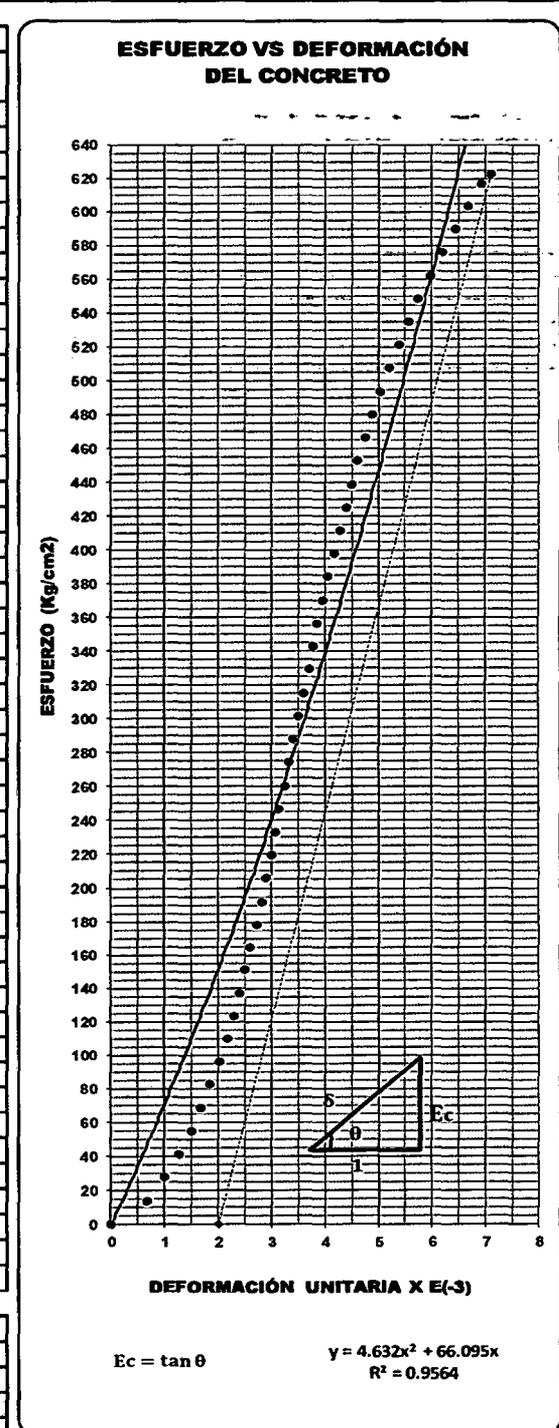
$E_c = \tan \theta$
 $y = 10.032x^2 + 39.064x$
 $R^2 = 0.9855$

2	0
6.667	634.373

ENSAYO DE RESISTENCIA A	COMPRESIÓN	MODO DE FALLA	DÚCTIL
TIPO DE CONCRETO	20Kg DE FIBRA	FALLA DE ROTURA	TIPO - 5
ESPECIMEN N°	01	ALTURA PROM. PROBETA	303.00 mm
TIPO DE CEMENTO	PACASMAYO TIPO I (ASTM C150)	DIÁMETRO PROM. PROBETA	15.23 cm
FECHA DE ELABORACIÓN	29.NOV.2014	ÁREA PROM. PROBETA	182.24 cm ²
FECHA DE ENSAYO	27.DIC.2014	PESO DE LA PROBETA	12.99 Kg
EDAD	28 días	F'c DE DISEÑO	500 Kg/cm ²
		PESO UNITARIO C° END.	2352.45 Kg/m ³
		CARGA ÚLTIMA DE ROTURA	113.50 Tn

PRUEBA DEL ESPECIMEN A LA COMPRESIÓN				
CARGA (Kg)	DEFOR. ESC. mm	DEFOR. UNIT. x E(-3)	ESFUERZO Kg/cm ²	ESF. CORR. Kg/cm ²
0	0.000	0.000	0.000	0.000
2500	0.200	0.660	13.718	45.645
5000	0.300	0.990	27.436	69.981
7500	0.385	1.271	41.154	91.460
10000	0.450	1.485	54.872	108.378
12500	0.505	1.667	68.590	123.025
15000	0.560	1.848	82.309	137.978
17500	0.610	2.013	96.027	151.836
20000	0.660	2.178	109.745	165.946
22500	0.695	2.294	123.463	175.974
25000	0.730	2.409	137.181	186.125
27500	0.760	2.508	150.899	194.924
30000	0.790	2.607	164.617	203.814
32500	0.830	2.739	178.335	215.809
35000	0.860	2.838	192.053	224.911
37500	0.880	2.904	205.771	231.030
40000	0.910	3.003	219.489	240.283
42500	0.930	3.069	233.207	246.502
45000	0.950	3.135	246.926	252.762
47500	0.985	3.251	260.644	263.814
50000	1.010	3.333	274.362	271.783
52500	1.035	3.416	288.080	279.816
55000	1.060	3.498	301.798	287.912
57500	1.090	3.597	315.516	297.710
60000	1.120	3.696	329.234	307.599
62500	1.145	3.779	342.952	315.910
65000	1.170	3.861	356.670	324.283
67500	1.200	3.960	370.388	334.414
70000	1.230	4.059	384.106	344.636
72500	1.265	4.175	397.824	356.677
75000	1.300	4.290	411.543	368.841
77500	1.335	4.406	425.261	381.128
80000	1.370	4.521	438.979	393.540
82500	1.400	4.620	452.697	404.276
85000	1.440	4.752	466.415	418.733
87500	1.480	4.884	480.133	433.352
90000	1.530	5.050	493.851	451.851
92500	1.580	5.215	507.569	470.604
95000	1.630	5.380	521.287	489.608
97500	1.685	5.561	535.005	510.804
100000	1.740	5.743	548.723	532.306
102500	1.810	5.974	562.441	560.113
105000	1.880	6.205	576.160	588.414
107500	1.950	6.436	589.878	617.210
110000	2.020	6.667	603.596	646.500
112500	2.095	6.914	617.314	678.431
113500	2.150	7.096	622.801	702.208

CÁLCULO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD		
Ecuación corregida	Esf = 4.632x ² + 66.095x	
Coef. de Correlación	R ² = 0.9564	
Esf. De Rotura	622.80 Kg/cm ²	
Módulo de Elasticidad "Ec"	Norma E060	374339.74 Kg/cm ²
	ACI 318S	391120.43 Kg/cm ²
	Gráfica	122220.68 Kg/cm ²

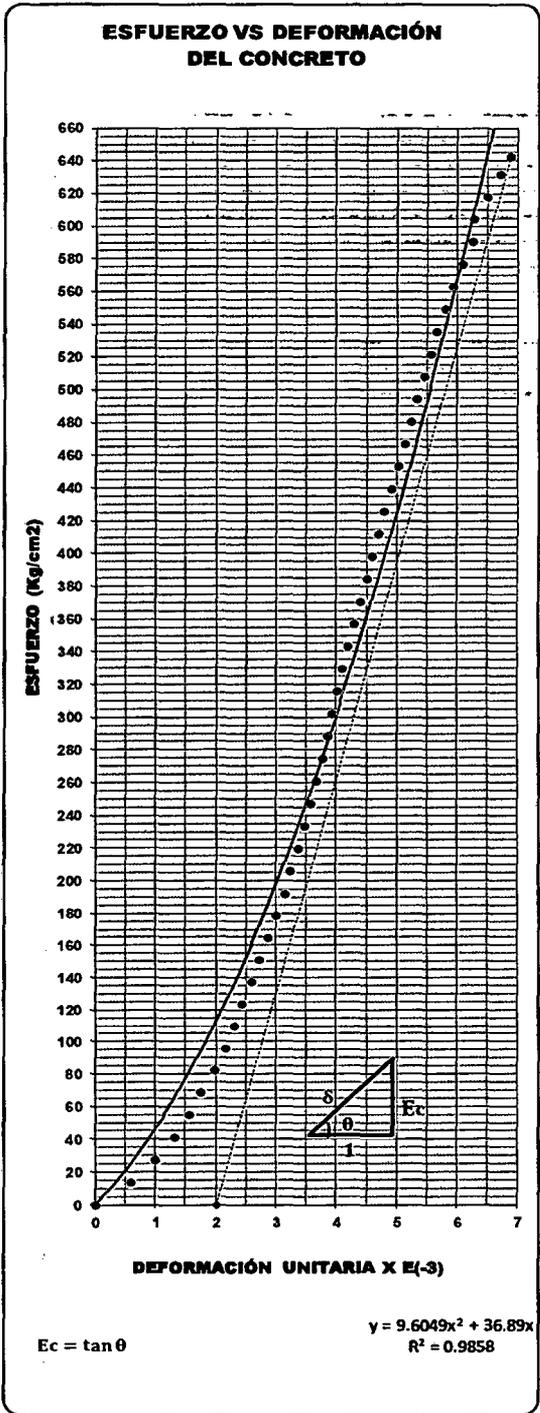


2	0
7.096	622.801

ENSAYO DE RESISTENCIA A	COMPRESIÓN	MODO DE FALLA	DÚCTIL
TIPO DE CONCRETO	30 Kg DE FIBRA	FALLA DE ROTURA	TIPO - 3
ESPECIMEN N°	01	ALTURA PROM. PROBETA	302.25 mm
TIPO DE CEMENTO	PACASMAYO TIPO I (ASTM C150)	DIÁMETRO PROM. PROBETA	15.23 cm
FECHA DE ELABORACIÓN	21.NOV.2014	ÁREA PROM. PROBETA	182.15 cm ²
FECHA DE ENSAYO	19.DIC.2014	PESO DE LA PROBETA	13.11 Kg
EDAD	28 días	F'c DE DISEÑO	500 Kg/cm ²
		PESO UNITARIO C° END.	2380.41 Kg/m ³
		CARGA ÚLTIMA DE ROTURA	117.00 Tn

PRUEBA DEL ESPECIMEN A LA COMPRESIÓN				
CARGA (Kg)	DEFOR. ESC. mm	DEFOR. UNIT. x E(-3)	ESFUERZO Kg/cm ²	ESF. CORR. Kg/cm ²
0	0.000	0.000	0.000	0.000
2500	0.180	0.596	13.725	25.376
5000	0.300	0.993	27.451	46.078
7500	0.400	1.323	41.176	65.643
10000	0.470	1.555	54.901	80.589
12500	0.530	1.754	68.626	94.220
15000	0.600	1.985	82.352	111.080
17500	0.650	2.151	96.077	123.754
20000	0.700	2.316	109.802	136.954
22500	0.740	2.448	123.528	147.892
25000	0.780	2.581	137.253	159.166
27500	0.820	2.713	150.978	170.777
30000	0.865	2.862	164.704	184.241
32500	0.910	3.011	178.429	198.132
35000	0.950	3.143	192.154	210.836
37500	0.980	3.242	205.879	220.585
40000	1.020	3.375	219.605	233.878
42500	1.050	3.474	233.330	244.069
45000	1.080	3.573	247.055	254.448
47500	1.110	3.672	260.781	265.018
50000	1.140	3.772	274.506	275.776
52500	1.165	3.854	288.231	284.886
55000	1.190	3.937	301.956	294.127
57500	1.210	4.003	315.682	301.615
60000	1.240	4.103	329.407	313.004
62500	1.265	4.185	343.132	322.640
65000	1.300	4.301	356.858	336.350
67500	1.330	4.400	370.583	348.307
70000	1.360	4.500	384.308	360.453
72500	1.390	4.599	398.033	372.789
75000	1.420	4.698	411.759	385.313
77500	1.450	4.797	425.484	398.027
80000	1.485	4.913	439.209	413.099
82500	1.520	5.029	452.935	428.429
85000	1.550	5.128	466.660	441.774
87500	1.585	5.244	480.385	457.582
90000	1.610	5.327	494.111	469.031
92500	1.650	5.459	507.836	487.623
95000	1.685	5.575	521.561	504.167
97500	1.710	5.658	535.286	516.142
100000	1.755	5.806	549.012	538.028
102500	1.790	5.922	562.737	555.345
105000	1.840	6.088	576.462	580.530
107500	1.890	6.253	590.188	606.241
110000	1.900	6.286	603.913	611.446
112500	1.960	6.485	617.638	643.119
115000	2.030	6.716	631.363	681.028
117000	2.080	6.882	642.344	708.736

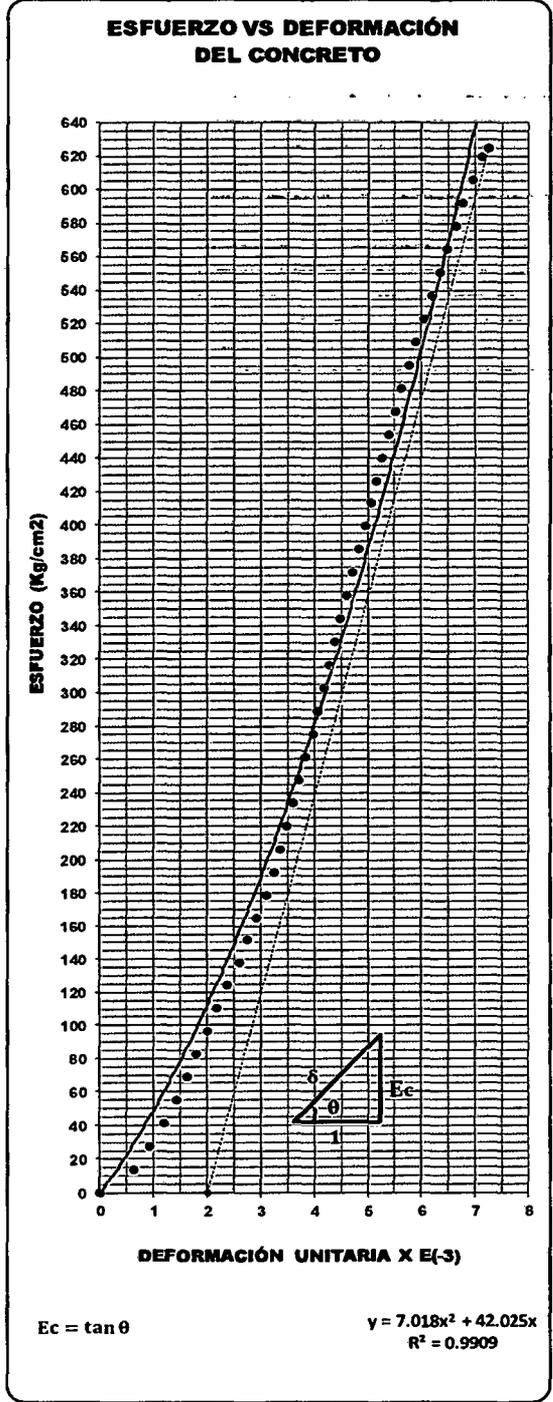
CÁLCULO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD		
Ecuación corregida	Esf = 9.6049x ² + 36.89x	
Coef. de Correlación	R ² = 0.9858	
Esf. De Rotura	642.34 Kg/cm ²	
Módulo de Elasticidad "Ec"	Norma E.060	380167.50 Kg/cm ²
	ACI 318S	404313.29 Kg/cm ²
	Gráfica	131581.42 Kg/cm ²



2	0
6.882	642.344

ENSAYO DE RESISTENCIA A	COMPRESIÓN	MODO DE FALLA	DÚCTIL
TIPO DE CONCRETO	40 Kg DE FIBRA	FALLA DE ROTURA	TIPO - 5
ESPECIMEN N°	01	ALTURA PROM. PROBETA	304.00 mm
TIPO DE CEMENTO	PACASMAYO TIPO I (ASTM C150)	DIÁMETRO PROM. PROBETA	15.21 cm
FECHA DE ELABORACIÓN	28.NOV.2014	ÁREA PROM. PROBETA	181.61 cm ²
FECHA DE ENSAYO	26.DIC.2014	PESO DE LA PROBETA	13.10 Kg
EDAD	28 días	F'c DE DISEÑO	500 Kg/cm ²
		PESO UNITARIO C° END.	2372.81 Kg/m ³
		CARGA ÚLTIMA DE ROTURA	113.50 Tn

PRUEBA DEL ESPECIMEN A LA COMPRESIÓN				
CARGA (Kg)	DEFOR. ESC. mm	DEFOR. UNIT. x E(-3)	ESFUERZO Kg/cm ²	ESF. CORR. Kg/cm ²
0	0.000	0.000	0.000	0.000
2500	0.190	0.625	13.766	29.007
5000	0.280	0.921	27.532	44.661
7500	0.360	1.184	41.298	59.608
10000	0.430	1.414	55.064	73.484
12500	0.490	1.612	68.830	85.971
15000	0.550	1.809	82.596	99.004
17500	0.605	1.990	96.362	111.431
20000	0.660	2.171	110.128	124.318
22500	0.725	2.385	123.893	140.140
25000	0.790	2.599	137.659	156.603
27500	0.840	2.763	151.425	169.704
30000	0.890	2.928	165.191	183.185
32500	0.945	3.109	178.957	198.453
35000	0.990	3.257	192.723	211.286
37500	1.020	3.355	206.489	220.012
40000	1.060	3.487	220.255	231.860
42500	1.095	3.602	234.021	242.426
45000	1.130	3.717	247.787	253.178
47500	1.165	3.832	261.553	264.116
50000	1.210	3.980	275.319	278.453
52500	1.235	4.063	289.085	286.551
55000	1.270	4.178	302.851	298.047
57500	1.300	4.276	316.617	308.049
60000	1.330	4.375	330.383	318.188
62500	1.365	4.490	344.149	330.190
65000	1.400	4.605	357.914	342.377
67500	1.435	4.720	371.680	354.751
70000	1.470	4.836	385.446	367.310
72500	1.505	4.951	399.212	380.056
75000	1.540	5.066	412.978	392.987
77500	1.570	5.164	426.744	404.220
80000	1.600	5.263	440.510	415.589
82500	1.640	5.395	454.276	430.960
85000	1.675	5.510	468.042	444.609
87500	1.710	5.625	481.808	458.445
90000	1.755	5.773	495.574	476.506
92500	1.790	5.888	509.340	490.767
95000	1.835	6.036	523.106	509.375
97500	1.880	6.184	536.872	528.291
100000	1.930	6.349	550.638	549.669
102500	1.970	6.480	564.404	567.046
105000	2.020	6.645	578.169	589.108
107500	2.060	6.776	591.935	607.030
110000	2.110	6.941	605.701	629.776
112500	2.165	7.122	619.467	655.234
113500	2.200	7.237	624.974	671.674



CÁLCULO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD	
Ecuación corregida	$Esf = 7.018x^2 + 42.025x$
Coef. de Correlación	$R^2 = 0.9909$
Esf. De Rotura	624.97 Kg/cm ²
Módulo de Elasticidad "Ec"	Norma E.060
	ACI 318S
	Gráfica

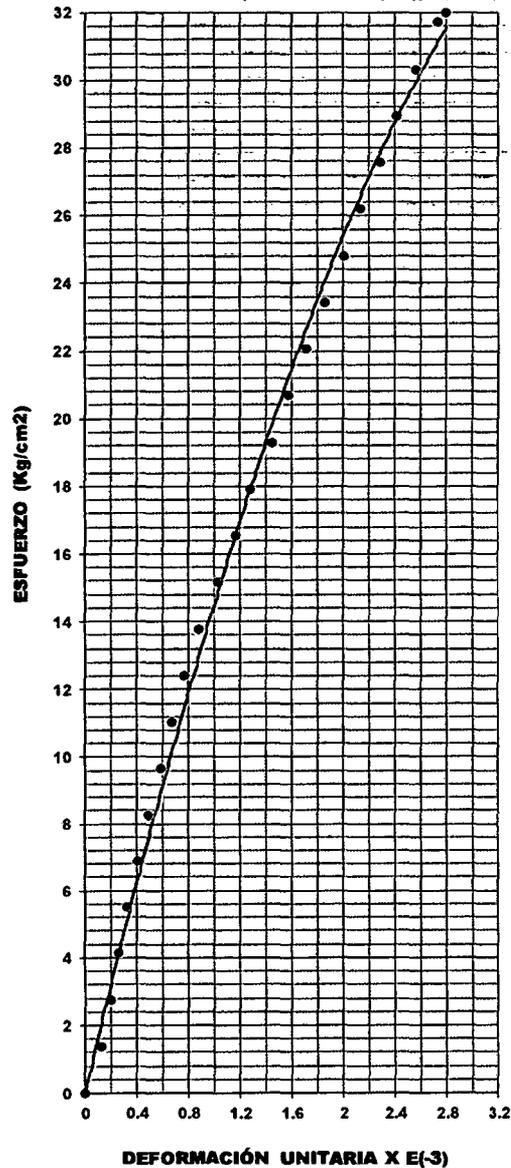
2	0
7.237	624.974

ENSAYO DE RESISTENCIA A	TRACCIÓN INDIRECTA	FALLA DE ROTURA	—
TIPO DE CONCRETO	PATRÓN	ALTURA PROM. PROBETA	303.25 mm
ESPECIMEN N°	01	DIÁMETRO PROM. PROBETA	15.23 cm
TIPO DE CEMENTO	PACASMAYO TIPO I (ASTM C150)	ÁREA PROM. PROBETA	182.10 cm ²
		PESO DE LA PROBETA	12.78 Kg
FECHA DE ELABORACIÓN	06.DIC.2014	F'c DE DISEÑO	500 Kg/cm ²
FECHA DE ENSAYO	03.ENE.2015	PESO UNITARIO C° END.	2314.26 Kg/m ³
EDAD	28 días	CARGA ÚLTIMA DE ROTURA	20.20 Tn

PRUEBA DEL ESPECIMEN A LA COMPRESIÓN

CARGA (Kg)	DEFOR. ESC. mm	DEFOR. UNIT. x E(-3)	ESFUERZO Kg/cm ²	ESF. CORR. Kg/cm ²
0	0.000	0.000	0.000	0.000
1000	0.040	0.132	1.379	2.175
2000	0.060	0.198	2.757	3.287
3000	0.080	0.264	4.136	4.413
4000	0.100	0.330	5.515	5.555
5000	0.125	0.412	6.893	7.005
6000	0.150	0.495	8.272	8.479
7000	0.180	0.594	9.651	10.279
8000	0.205	0.676	11.029	11.807
9000	0.235	0.775	12.408	13.671
10000	0.270	0.890	13.787	15.891
11000	0.315	1.039	15.166	18.815
12000	0.355	1.171	16.544	21.480
13000	0.390	1.286	17.923	23.863
14000	0.440	1.451	19.302	27.350
15000	0.480	1.583	20.680	30.210
16000	0.520	1.715	22.059	33.131
17000	0.565	1.863	23.438	36.492
18000	0.610	2.012	24.816	39.932
19000	0.650	2.143	26.195	43.056
20000	0.695	2.292	27.574	46.645
21000	0.735	2.424	28.952	49.901
22000	0.780	2.572	30.331	53.638
23000	0.830	2.737	31.710	57.883
23200	0.850	2.803	31.985	59.608

ESFUERZO VS DEFORMACIÓN DEL CONCRETO



$E_c = \tan \theta$

$y = -1.787x^2 + 16.257x$
 $R^2 = 0.9972$

CÁLCULO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD

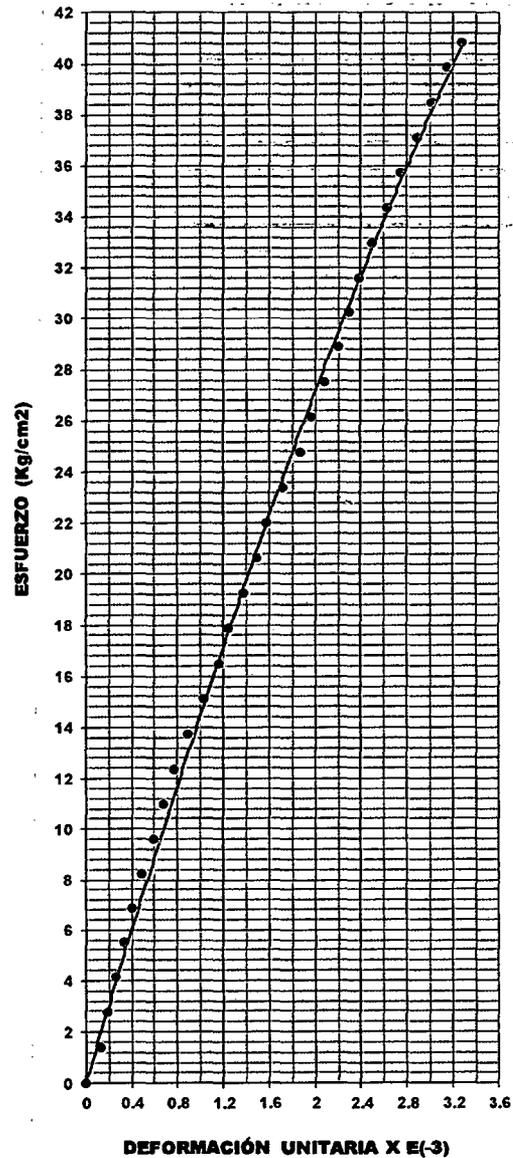
Ecuación corregida	$Esf = -1.787X^2 + 16.257X$	
Coef. de Correlación	$R^2 = 0.9972$	
Esf. De Rotura	27.85 Kg/cm ²	
Fisuración de la Probeta durante el Ensayo	Ancho	2.23 cm
	Longitud Transv.	151.53 mm

ENSAYO DE RESISTENCIA A	TRACCIÓN INDIRECTA	FALLA DE ROTURA	---
TIPO DE CONCRETO	Cº MÁS SIKAMENT 290N	ALTURA PROM. PROBETA	304.25 mm
ESPECIMEN N°	01	DIÁMETRO PROM. PROBETA	15.21 cm
TIPO DE CEMENTO	PACASMAYO TIPO I (ASTM C150)	ÁREA PROM. PROBETA	181.79 cm ²
FECHA DE ELABORACIÓN	14.NOV.2014	PESO DE LA PROBETA	12.99 Kg
FECHA DE ENSAYO	12.DIC.2014	F'c DE DISEÑO	500 Kg/cm ²
EDAD	28 días	PESO UNITARIO Cº END.	2348.56 Kg/m ³
		CARGA ÚLTIMA DE ROTURA	27.70 Tn

PRUEBA DEL ESPECIMEN A LA COMPRESIÓN

CARGA (Kg)	DEFOR. ESC. mm	DEFOR. UNIT. x E(-3)	ESFUERZO Kg/cm ²	ESF. CORR. Kg/cm ²
0	0.000	0.000	0.000	0.000
1000	0.040	0.131	1.375	2.009
2000	0.060	0.197	2.751	3.001
3000	0.080	0.263	4.126	3.986
4000	0.100	0.329	5.501	4.963
5000	0.125	0.411	6.877	6.173
6000	0.150	0.493	8.252	7.370
7000	0.180	0.592	9.627	8.791
8000	0.205	0.674	11.003	9.962
9000	0.235	0.772	12.378	11.351
10000	0.270	0.887	13.753	12.948
11000	0.315	1.035	15.129	14.967
12000	0.355	1.167	16.504	16.728
13000	0.380	1.249	17.879	17.813
14000	0.420	1.380	19.255	19.523
15000	0.455	1.495	20.630	20.993
16000	0.480	1.578	22.005	22.029
17000	0.525	1.726	23.381	23.862
18000	0.570	1.873	24.756	25.655
19000	0.600	1.972	26.131	26.829
20000	0.635	2.087	27.507	28.175
21000	0.670	2.202	28.882	29.498
22000	0.700	2.301	30.257	30.612
23000	0.725	2.383	31.633	31.528
24000	0.760	2.498	33.008	32.788
25000	0.800	2.629	34.383	34.200
26000	0.835	2.744	35.759	35.409
27000	0.880	2.892	37.134	36.928
28000	0.920	3.024	38.509	38.245
29000	0.960	3.155	39.884	39.530
29700	1.000	3.287	40.847	40.784

ESFUERZO VS DEFORMACIÓN DEL CONCRETO



$E_c = \tan \theta$

$y = -0.9095x^2 + 15.398x$
 $R^2 = 0.9981$

CÁLCULO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD

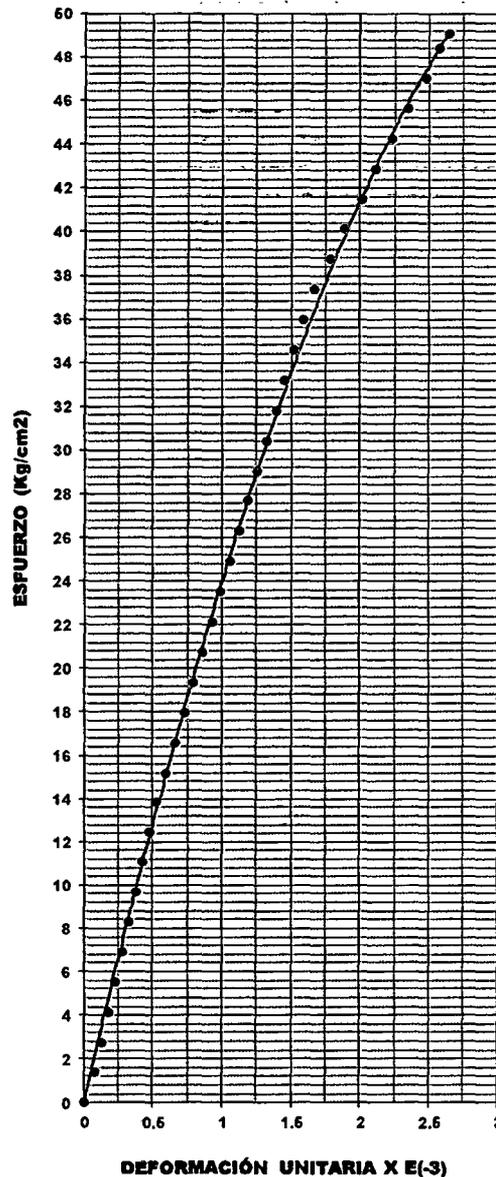
Ecuación corregida	Esf = -0.9095X ² +15.398X	
Coef. de Correlación	R ² = 0.9981	
Esf. De Rotura	38.10 Kg/cm ²	
Fisuración de la Probeta durante el Ensayo	Ancho	2.23 cm
	Longitud Transv.	152.85 mm

ENSAYO DE RESISTENCIA A	TRACCIÓN INDIRECTA	FALLA DE ROTURA	—
TIPO DE CONCRETO	20 Kg DE FIBRA	ALtura PROM. PROBETA	302.25 mm
ESPECIMEN N°	01	DIÁMETRO PROM. PROBETA	15.23 cm
TIPO DE CEMENTO	PACASMAYO TIPO I (ASTM C150)	ÁREA PROM. PROBETA	182.07 cm ²
		PESO DE LA PROBETA	12.98 Kg
FECHA DE ELABORACIÓN	29.NOV.2014	F'c DE DISEÑO	500 Kg/cm ²
FECHA DE ENSAYO	27.DIC.2014	PESO UNITARIO C° END.	2357.81 Kg/m ³
EDAD	28 días	CARGA ÚLTIMA DE ROTURA	30.50 Tn

PRUEBA DEL ESPECIMEN A LA COMPRESIÓN

CARGA (Kg)	DEFOR. ESC. mm	DEFOR. UNIT. x E(-3)	ESFUERZO Kg/cm ²	ESF. CORR. Kg/cm ²
0	0.000	0.000	0.000	0.000
1000	0.025	0.083	1.383	2.239
2000	0.040	0.132	2.767	3.561
3000	0.055	0.182	4.150	4.867
4000	0.070	0.232	5.534	6.156
5000	0.085	0.281	6.917	7.429
6000	0.100	0.331	8.300	8.686
7000	0.115	0.380	9.684	9.926
8000	0.130	0.430	11.067	11.150
9000	0.145	0.480	12.450	12.357
10000	0.160	0.529	13.834	13.548
11000	0.180	0.596	15.217	15.111
12000	0.200	0.662	16.601	16.645
13000	0.220	0.728	17.984	18.150
14000	0.240	0.794	19.367	19.626
15000	0.260	0.860	20.751	21.073
16000	0.280	0.926	22.134	22.490
17000	0.300	0.993	23.518	23.879
18000	0.320	1.059	24.901	25.239
19000	0.340	1.125	26.284	26.569
20000	0.360	1.191	27.668	27.871
21000	0.380	1.257	29.051	29.143
22000	0.400	1.323	30.434	30.387
23000	0.420	1.390	31.818	31.601
24000	0.440	1.456	33.201	32.787
25000	0.460	1.522	34.585	33.943
26000	0.480	1.588	35.968	35.070
27000	0.505	1.671	37.351	36.439
28000	0.540	1.787	38.735	38.278
29000	0.570	1.886	40.118	39.784
30000	0.610	2.018	41.501	41.690
31000	0.640	2.117	42.885	43.044
32000	0.675	2.233	44.268	44.540
33000	0.710	2.349	45.652	45.948
34000	0.750	2.481	47.035	47.448
35000	0.780	2.581	48.418	48.496
35500	0.800	2.647	49.110	49.159

ESFUERZO VS DEFORMACIÓN DEL CONCRETO



$E_c = \tan \theta$

$y = -3.3157x^2 + 27.349x$
 $R^2 = 0.9992$

CÁLCULO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD

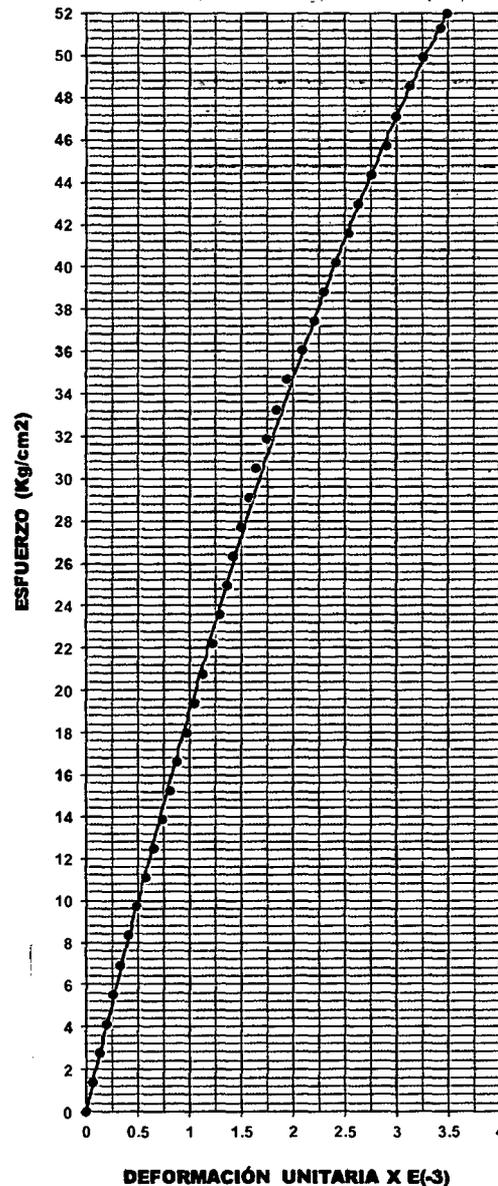
Ecuación corregida	$Esf = -3.3157x^2 + 27.349x$	
Coef. de Correlación	$R^2 = 0.9992$	
Esf. De Rotura	42.19 Kg/cm ²	
Fisuración de la Probeta durante el Ensayo	Ancho	1.20 mm
	Longitud Transv.	152.26 mm

ENSAYO DE RESISTENCIA A	TRACCIÓN INDIRECTA	FALLA DE ROTURA	—
TIPO DE CONCRETO	30 Kg DE FIBRA	ALTURA PROM. PROBETA	303.00 mm
ESPECIMEN N°	01	DIÁMETRO PROM. PROBETA	15.15 cm
TIPO DE CEMENTO	PACASMAYO TIPO I (ASTM C150)	ÁREA PROM. PROBETA	180.36 cm ²
		PESO DE LA PROBETA	12.89 Kg
FECHA DE ELABORACIÓN	21.NOV.2014	F'c DE DISEÑO	500 Kg/cm ²
FECHA DE ENSAYO	19.DIC.2014	PESO UNITARIO C° END.	2357.75 Kg/m ³
EDAD	28 días	CARGA ÚLTIMA DE ROTURA	31.50 Tn

PRUEBA DEL ESPECIMEN A LA COMPRESIÓN

CARGA (Kg)	DEFOR. ESC. mm	DEFOR. UNIT. x E(-3)	ESFUERZO Kg/cm ²	ESF. CORR. Kg/cm ²
0	0.000	0.000	0.000	0.000
1000	0.020	0.066	1.386	1.355
2000	0.040	0.132	2.773	2.696
3000	0.060	0.198	4.159	4.023
4000	0.080	0.264	5.546	5.335
5000	0.100	0.330	6.932	6.633
6000	0.125	0.413	8.319	8.235
7000	0.150	0.495	9.705	9.815
8000	0.175	0.578	11.092	11.373
9000	0.200	0.660	12.478	12.907
10000	0.225	0.743	13.865	14.420
11000	0.250	0.825	15.251	15.910
12000	0.270	0.891	16.638	17.086
13000	0.295	0.974	18.024	18.535
14000	0.320	1.056	19.411	19.962
15000	0.345	1.139	20.797	21.367
16000	0.370	1.221	22.184	22.749
17000	0.390	1.287	23.570	23.839
18000	0.415	1.370	24.956	25.180
19000	0.430	1.419	26.343	25.975
20000	0.455	1.502	27.729	27.281
21000	0.480	1.584	29.116	28.564
22000	0.500	1.650	30.502	29.575
23000	0.530	1.749	31.889	31.064
24000	0.560	1.848	33.275	32.520
25000	0.590	1.947	34.662	33.944
26000	0.635	2.096	36.048	36.020
27000	0.670	2.211	37.435	37.584
28000	0.700	2.310	38.821	38.890
29000	0.735	2.426	40.208	40.373
30000	0.770	2.541	41.594	41.811
31000	0.800	2.640	42.981	43.009
32000	0.840	2.772	44.367	44.556
33000	0.880	2.904	45.753	46.046
34000	0.910	3.003	47.140	47.125
35000	0.950	3.135	48.526	48.514
36000	0.990	3.267	49.913	49.846
37000	1.040	3.432	51.299	51.429
37500	1.060	3.498	51.993	52.038

ESFUERZO VS DEFORMACIÓN DEL CONCRETO



$E_c = \tan \theta$

$y = -1.6488x^2 + 20.643x$
 $R^2 = 0.9993$

CÁLCULO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD

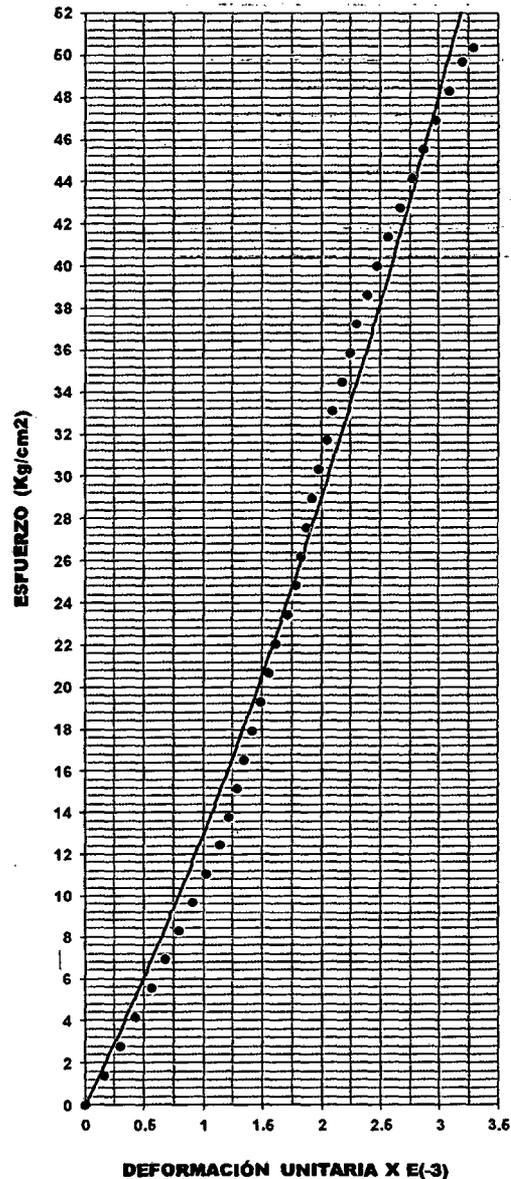
Ecuación corregida	$Esf = -1.6488x^2 + 20.643x$	
Coef. de Correlación	$R^2 = 0.9993$	
Esf. De Rotura	43.67 Kg/cm ²	
Fisuración de la Probeta durante el Ensayo	Ancho	1.17 mm
	Longitud Transv.	135.96 mm

ENSAYO DE RESISTENCIA A	TRACCIÓN INDIRECTA	FALLA DE ROTURA	—
TIPO DE CONCRETO	40 Kg DE FIBRA	ALTURA PROM. PROBETA	303.00 mm
ESPECIMEN N°	01	DIÁMETRO PROM. PROBETA	15.23 cm
TIPO DE CEMENTO	PACASMAYO TIPO I (ASTM C150)	ÁREA PROM. PROBETA	182.25 cm ²
		PESO DE LA PROBETA	13.13 Kg
FECHA DE ELABORACIÓN	28.NOV.2014	F'c DE DISEÑO	500 Kg/cm ²
FECHA DE ENSAYO	26.DIC.2014	PESO UNITARIO C° END.	2376.74 Kg/m ³
EDAD	28 días	CARGA ÚLTIMA DE ROTURA	32.50 Tn

PRUEBA DEL ESPECIMEN A LA COMPRESIÓN

CARGA (Kg)	DEFOR. ESC. mm	DEFOR. UNIT. x E(-3)	ESFUERZO Kg/cm ²	ESF. CORR. Kg/cm ²
0	0.000	0.000	0.000	0.000
1000	0.050	0.165	1.379	1.911
2000	0.090	0.297	2.759	3.502
3000	0.130	0.429	4.138	5.148
4000	0.170	0.561	5.517	6.849
5000	0.205	0.677	6.896	8.382
6000	0.240	0.792	8.276	9.958
7000	0.275	0.908	9.655	11.575
8000	0.310	1.023	11.034	13.235
9000	0.345	1.139	12.413	14.936
10000	0.370	1.221	13.793	16.177
11000	0.390	1.287	15.172	17.186
12000	0.410	1.353	16.551	18.208
13000	0.430	1.419	17.930	19.244
14000	0.450	1.485	19.310	20.293
15000	0.470	1.551	20.689	21.356
16000	0.490	1.617	22.068	22.433
17000	0.520	1.716	23.447	24.075
18000	0.540	1.782	24.827	25.186
19000	0.555	1.832	26.206	26.029
20000	0.570	1.881	27.585	26.879
21000	0.585	1.931	28.964	27.737
22000	0.600	1.980	30.344	28.603
23000	0.620	2.046	31.723	29.769
24000	0.635	2.096	33.102	30.653
25000	0.660	2.178	34.481	32.143
26000	0.680	2.244	35.861	33.350
27000	0.700	2.310	37.240	34.572
28000	0.725	2.393	38.619	36.118
29000	0.750	2.475	39.998	37.685
30000	0.780	2.574	41.378	39.594
31000	0.810	2.673	42.757	41.534
32000	0.840	2.772	44.136	43.505
33000	0.870	2.871	45.515	45.507
34000	0.900	2.970	46.895	47.540
35000	0.935	3.086	48.274	49.950
36000	0.970	3.201	49.653	52.403
36500	1.000	3.300	50.343	54.539

ESFUERZO VS DEFORMACIÓN DEL CONCRETO



$E_c = \tan \theta$

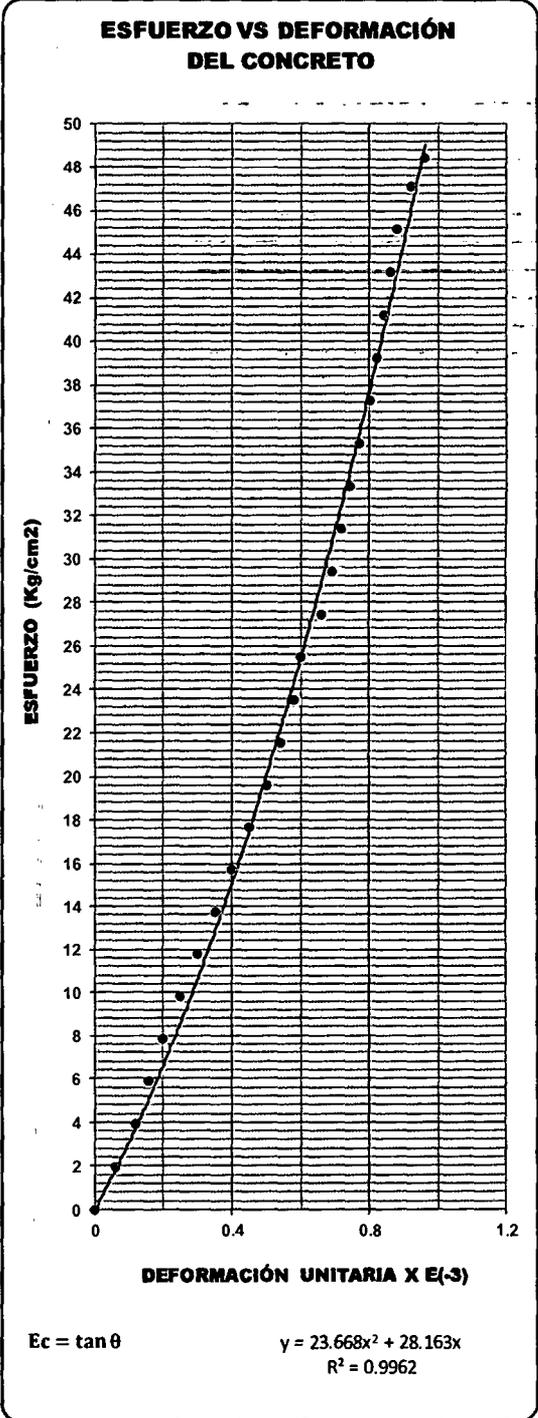
$y = 1.5763x^2 + 11.323x$
 $R^2 = 0.9863$

CÁLCULO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD

Ecuación corregida	Esf = 1.5763x ² + 11.323x	
Coef. de Correlación	R ² = 0.9863	
Esf. De Rotura	44.83 Kg/cm ²	
Fisuración de la Probeta durante el Ensayo	Ancho	0.86 mm
	Longitud Transv.	135.27 mm

ENSAYO DE RESISTENCIA A	FLEXIÓN	FALLA DE ROTURA	—
TIPO DE CONCRETO	PATRÓN	ALTURA PROM. PROBETA	498.50 mm
ESPECIMEN N°	01	ARISTA PROM. PROBETA	15.08 cm
TIPO DE CEMENTO	PACASMAYO TIPO I (ASTM C150)	ÁREA TRANSV. PROM. PROBETA	227.39 cm ²
		PESO DE LA PROBETA	26.37 Kg
FECHA DE ELABORACIÓN	05.DIC.2014	F'c DE DISEÑO	500 Kg/cm ²
FECHA DE ENSAYO	02.ENE.2015	PESO UNITARIO C° END.	2326.33 Kg/m ³
EDAD	28 días	CARGA ÚLTIMA DE ROTURA	2720 Kg

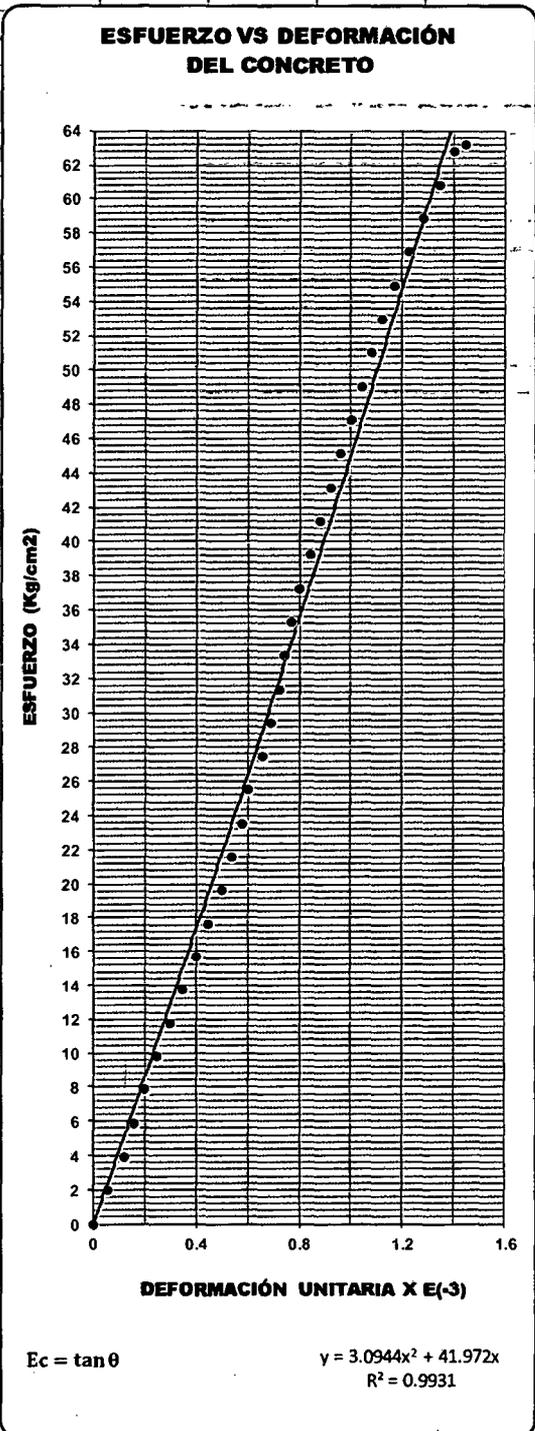
PRUEBA DEL ESPECIMEN A LA COMPRESIÓN				
CARGA (Kg)	DEFOR. ESC. mm	DEFOR. UNIT. x E(-3)	ESFUERZO Kg/cm ²	ESF. CORR. Kg/cm ²
0	0.000	0.000	0.000	0.000
100	0.030	0.060	1.962	1.781
200	0.060	0.120	3.924	3.733
300	0.080	0.160	5.886	5.129
400	0.100	0.201	7.848	6.602
500	0.125	0.251	9.810	8.550
600	0.150	0.301	11.772	10.617
700	0.175	0.351	13.734	12.804
800	0.200	0.401	15.696	15.109
900	0.225	0.451	17.658	17.533
1000	0.250	0.502	19.620	20.077
1100	0.270	0.542	21.582	22.197
1200	0.290	0.582	23.544	24.394
1300	0.300	0.602	25.506	25.520
1400	0.330	0.662	27.468	29.015
1500	0.345	0.692	29.430	30.827
1600	0.360	0.722	31.392	32.682
1700	0.370	0.742	33.354	33.942
1800	0.385	0.772	35.316	35.868
1900	0.400	0.802	37.277	37.837
2000	0.410	0.822	39.239	39.173
2100	0.420	0.843	41.201	40.529
2200	0.430	0.863	43.163	41.903
2300	0.440	0.883	45.125	43.297
2400	0.460	0.923	47.087	46.141
2470	0.480	0.963	48.461	49.062



CÁLCULO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD		
Ecuación corregida	Esf = 23.668X ² +28.163X	
Coef. de Correlación	R ² = 0.9962	
Esf. De Rotura	35.58 Kg/cm ²	
Fisuración de la Probeta durante el Ensayo	Ancho	3.10 mm
	Longitud	148.51 mm

ENSAYO DE RESISTENCIA A	FLEXIÓN	FALLA DE ROTURA	---
TIPO DE CONCRETO	C° MÁS SIKAMENT 290N	ALTURA PROM. PROBETA	498.50 mm
ESPECIMEN N°	01	ARISTA PROM. PROBETA	15.08 cm
TIPO DE CEMENTO	PACASMAYO TIPO I (ASTM C150)	ÁREA TRANSV. PROM. PROBETA	227.39 cm ²
		PESO DE LA PROBETA	26.79 Kg
FECHA DE ELABORACIÓN	05.DIC.2014	F'c DE DISEÑO	500 Kg/cm ²
FECHA DE ENSAYO	02.ENE.2015	PESO UNITARIO C° END.	2363.38 Kg/m ³
EDAD	28 días	CARGA ÚLTIMA DE ROTURA	3220 Kg

PRUEBA DEL ESPECIMEN A LA COMPRESIÓN				
CARGA (Kg)	DEFOR. ESC. mm	DEFOR. UNIT. x E(-3)	ESFUERZO Kg/cm ²	ESF. CORR. Kg/cm ²
0	0.000	0.000	0.000	0.000
100	0.030	0.060	1.962	2.537
200	0.060	0.120	3.924	5.097
300	0.080	0.160	5.886	6.815
400	0.100	0.201	7.848	8.544
500	0.125	0.251	9.810	10.719
600	0.150	0.301	11.772	12.910
700	0.175	0.351	13.734	15.116
800	0.200	0.401	15.696	17.337
900	0.225	0.451	17.658	19.575
1000	0.250	0.502	19.620	21.827
1100	0.270	0.542	21.582	23.641
1200	0.290	0.582	23.544	25.464
1300	0.300	0.602	25.506	26.380
1400	0.330	0.662	27.468	29.141
1500	0.345	0.692	29.430	30.530
1600	0.360	0.722	31.392	31.925
1700	0.370	0.742	33.354	32.857
1800	0.385	0.772	35.316	34.261
1900	0.400	0.802	37.277	35.671
2000	0.420	0.843	39.239	37.559
2100	0.440	0.883	41.201	39.457
2200	0.460	0.923	43.163	41.365
2300	0.480	0.963	45.125	43.283
2400	0.500	1.003	47.087	45.211
2500	0.520	1.043	49.049	47.149
2600	0.540	1.083	51.011	49.097
2700	0.560	1.123	52.973	51.055
2800	0.585	1.174	54.935	53.516
2900	0.610	1.224	56.897	55.993
3000	0.640	1.284	58.859	58.986
3100	0.670	1.344	60.821	62.002
3200	0.700	1.404	62.783	65.039
3220	0.720	1.444	63.176	67.077



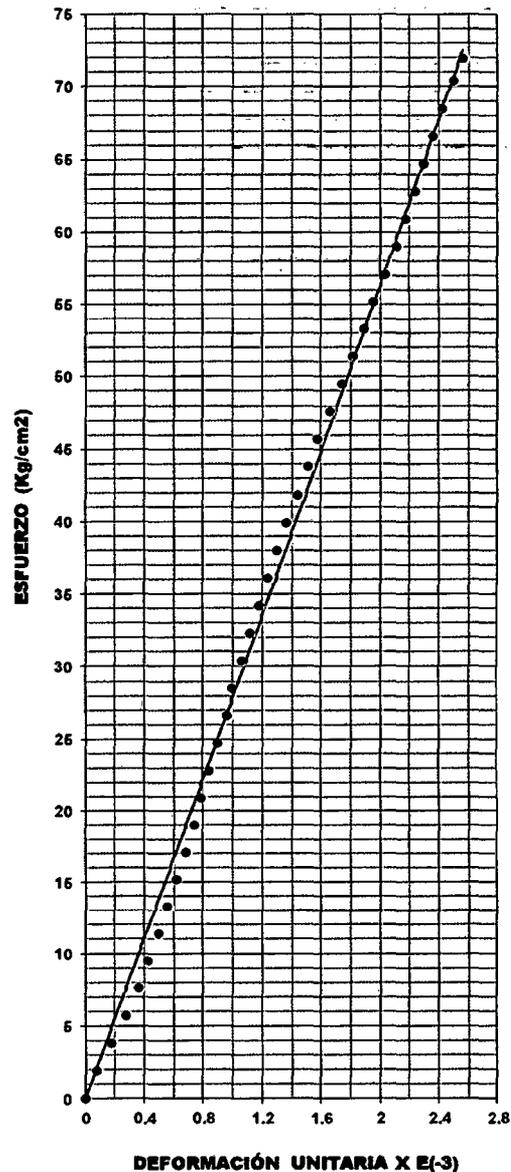
CÁLCULO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD		
Ecuación corregida	Esf = 3.0944x ² + 41.972x	
Coef. de Correlación	R ² = 0.9931	
Esf. De Rotura	42.12 Kg/cm ²	
Fisuración de la Probeta durante el Ensayo	Ancho	8.20 mm
	Longitud	138.50 mm

ENSAYO DE RESISTENCIA A	FLEXIÓN	FALLA DE ROTURA	—
TIPO DE CONCRETO	20 Kg DE FIBRA	ALTURA PROM. PROBETA	499.50 mm
ESPECIMEN N°	01	ARISTA PROM. PROBETA	15.25 cm
TIPO DE CEMENTO	PACASMAYO TIPO I (ASTM C150)	ÁREA TRANSV. PROM. PROBETA	232.48 cm ²
		PESO DE LA PROBETA	26.83 Kg
FECHA DE ELABORACIÓN	28.NOV.2014	F'c DE DISEÑO	210 Kg/cm ²
FECHA DE ENSAYO	26.DIC.2014	PESO UNITARIO C° END.	2310.48 Kg/m ³
EDAD	28 días	CARGA ÚLTIMA DE ROTURA	3780 Kg

PRUEBA DEL ESPECIMEN A LA COMPRESIÓN

CARGA (Kg)	DEFOR. ESC. mm	DEFOR. UNIT. x E(-3)	ESFUERZO Kg/cm ²	ESF. CORR. Kg/cm ²
0	0.000	0.000	0.000	0.000
100	0.040	0.080	1.902	2.210
200	0.090	0.180	3.804	4.977
300	0.140	0.280	5.706	7.750
400	0.180	0.360	7.609	9.973
500	0.215	0.430	9.511	11.921
600	0.250	0.501	11.413	13.871
700	0.280	0.561	13.315	15.546
800	0.310	0.621	15.217	17.222
900	0.340	0.681	17.119	18.901
1000	0.370	0.741	19.022	20.581
1100	0.395	0.791	20.924	21.983
1200	0.420	0.841	22.826	23.387
1300	0.450	0.901	24.728	25.073
1400	0.480	0.961	26.630	26.761
1500	0.500	1.001	28.532	27.887
1600	0.530	1.061	30.435	29.579
1700	0.560	1.121	32.337	31.273
1800	0.590	1.181	34.239	32.968
1900	0.620	1.241	36.141	34.666
2000	0.650	1.301	38.043	36.366
2100	0.685	1.371	39.945	38.352
2200	0.720	1.441	41.847	40.341
2300	0.755	1.512	43.750	42.332
2400	0.790	1.582	45.652	44.327
2500	0.830	1.662	47.554	46.609
2600	0.870	1.742	49.456	48.896
2700	0.910	1.822	51.358	51.186
2800	0.945	1.892	53.260	53.193
2900	0.980	1.962	55.163	55.203
3000	1.020	2.042	57.065	57.503
3100	1.055	2.112	58.967	59.519
3200	1.090	2.182	60.869	61.537
3300	1.120	2.242	62.771	63.270
3400	1.150	2.302	64.673	65.004
3500	1.180	2.362	66.575	66.741
3600	1.215	2.432	68.478	68.770
3700	1.250	2.503	70.380	70.801
3780	1.280	2.563	71.902	72.545

ESFUERZO VS DEFORMACIÓN DEL CONCRETO



$E_c = \tan \theta$

$y = 0.2882x^2 + 27.571x$
 $R^2 = 0.9966$

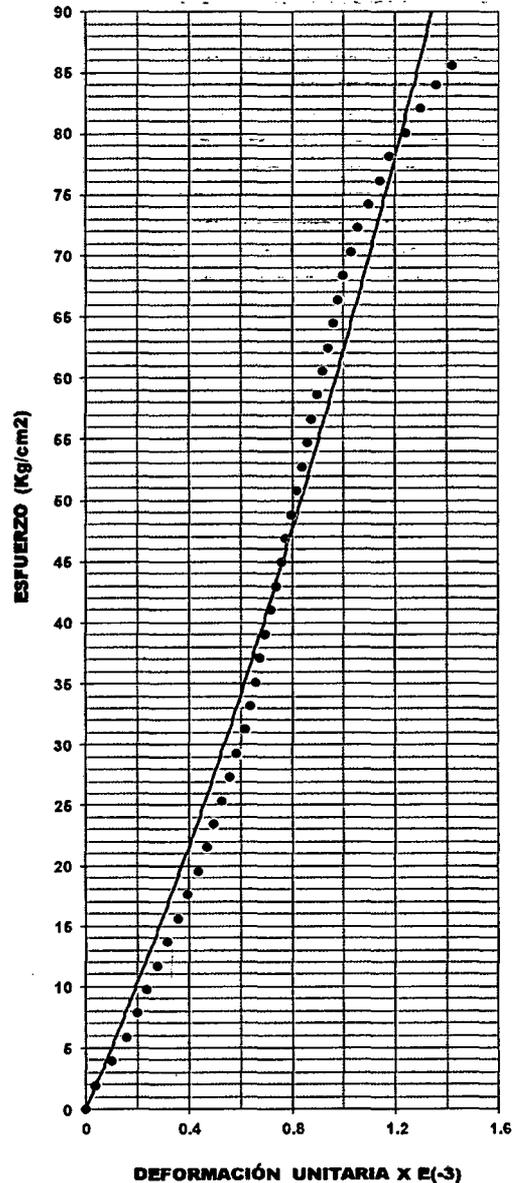
CÁLCULO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD

Ecuación corregida	$Esf = 0.2882x^2 + 27.571x$	
Coef. de Correlación	$R^2 = 0.9966$	
Esf. De Rotura	47.93 Kg/cm ²	
Fisuración de la Probeta durante el Ensayo	Ancho	1.50 mm
	Longitud	116.10 mm

ENSAYO DE RESISTENCIA A	FLEXIÓN	FALLA DE ROTURA	—
TIPO DE CONCRETO	30 Kg DE FIBRA	ALtura PROM. PROBETA	501.00 mm
ESPECIMEN N°	01	ARISTA PROM. PROBETA	15.13 cm
TIPO DE CEMENTO	PACASMAYO TIPO I (ASTM C150)	ÁREA TRANSV. PROM. PROBETA	228.89 cm ²
FECHA DE ELABORACIÓN	06.DIC.2014	PESO DE LA PROBETA	27.18 Kg
FECHA DE ENSAYO	03.ENE.2015	F'c DE DISEÑO	500 Kg/cm ²
EDAD	28 días	PESO UNITARIO C° END.	2369.80 Kg/m ³
		CARGA ÚLTIMA DE ROTURA	4380 Kg

PRUEBA DEL ESPECIMEN A LA COMPRESIÓN				
CARGA (Kg)	DEFOR. ESC. mm	DEFOR. UNIT. x E(-3)	ESFUERZO Kg/cm ²	ESF. CORR. Kg/cm ²
0	0.000	0.000	0.000	0.000
100	0.020	0.040	1.954	1.942
200	0.050	0.100	3.907	4.941
300	0.080	0.160	5.861	8.042
400	0.100	0.200	7.814	10.166
500	0.120	0.240	9.768	12.335
600	0.140	0.279	11.722	14.551
700	0.160	0.319	13.675	16.811
800	0.180	0.359	15.629	19.117
900	0.200	0.399	17.582	21.469
1000	0.220	0.439	19.536	23.866
1100	0.235	0.469	21.490	25.694
1200	0.250	0.499	23.443	27.547
1300	0.265	0.529	25.397	29.426
1400	0.280	0.559	27.350	31.330
1500	0.295	0.589	29.304	33.260
1600	0.310	0.619	31.258	35.216
1700	0.320	0.639	33.211	36.534
1800	0.330	0.659	35.165	37.863
1900	0.340	0.679	37.119	39.204
2000	0.350	0.699	39.072	40.556
2100	0.360	0.719	41.026	41.920
2200	0.370	0.739	42.979	43.294
2300	0.380	0.758	44.933	44.681
2400	0.390	0.778	46.887	46.078
2500	0.400	0.798	48.840	47.487
2600	0.410	0.818	50.794	48.907
2700	0.420	0.838	52.747	50.339
2800	0.430	0.858	54.701	51.782
2900	0.440	0.878	56.655	53.237
3000	0.450	0.898	58.608	54.702
3100	0.460	0.918	60.562	56.180
3200	0.470	0.938	62.515	57.668
3300	0.480	0.958	64.469	59.168
3400	0.490	0.978	66.423	60.679
3500	0.500	0.998	68.376	62.202
3600	0.515	1.028	70.330	64.507
3700	0.530	1.058	72.283	66.838
3800	0.550	1.098	74.237	69.986
3900	0.570	1.138	76.191	73.179
4000	0.590	1.178	78.144	76.418
4100	0.620	1.238	80.098	81.361
4200	0.650	1.297	82.051	86.407
4300	0.680	1.357	84.005	91.555
4380	0.710	1.417	85.568	96.805

ESFUERZO VS DEFORMACIÓN DEL CONCRETO



$$E_c = \tan \theta$$

$$y = 14.273x^2 + 48.082x$$

$$R^2 = 0.9761$$

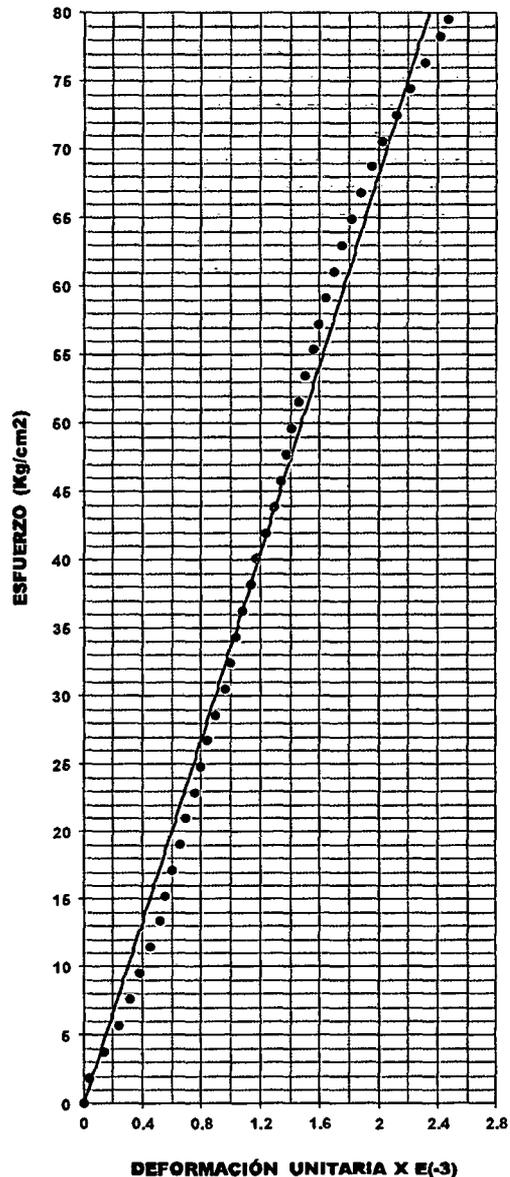
CÁLCULO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD		
Ecuación corregida	Esf = 14.273x ² + 48.082x	
Coef. de Correlación	R ² = 0.9761	
Esf. De Rotura	57.05 Kg/cm ²	
Fisuración de la Probeta durante el Ensayo	Ancho	1.10 mm
	Longitud	85.24 mm

ENSAYO DE RESISTENCIA A		FLEXIÓN	FALLA DE ROTURA	—
TIPO DE CONCRETO		40 Kg DE FIBRA	ALtura PROM. PROBETA	501.00 mm
ESPECIMEN N°		01	ARISTA PROM. PROBETA	15.24 cm
TIPO DE CEMENTO		PACASMAYO TIPO I (ASTM C150)	ÁREA TRANSV. PROM. PROBETA	232.38 cm ²
FECHA DE ELABORACIÓN		28.NOV.2014	PESO DE LA PROBETA	27.52 Kg
FECHA DE ENSAYO		26.DIC.2014	F'c DE DISEÑO	500 Kg/cm ²
EDAD		28 días	PESO UNITARIO C° END.	2363.81 Kg/m ³
			CARGA ÚLTIMA DE ROTURA	4165 Kg

PRUEBA DEL ESPECIMEN A LA COMPRESIÓN

CARGA (Kg)	DEFOR. ESC. mm	DEFOR. UNIT. x E(-3)	ESFUERZO Kg/cm ²	ESF. CORR. Kg/cm ²
0	0.000	0.000	0.000	0.000
100	0.020	0.040	1.910	1.328
200	0.070	0.140	3.819	4.652
300	0.120	0.240	5.729	7.986
400	0.160	0.319	7.639	10.658
500	0.190	0.379	9.549	12.666
600	0.230	0.459	11.458	15.348
700	0.260	0.519	13.368	17.363
800	0.280	0.559	15.278	19.708
900	0.300	0.599	17.188	20.054
1000	0.330	0.659	19.097	22.076
1100	0.350	0.699	21.007	23.426
1200	0.380	0.758	22.917	25.453
1300	0.400	0.798	24.826	26.806
1400	0.420	0.838	26.736	28.160
1500	0.450	0.898	28.646	30.194
1600	0.480	0.958	30.556	32.231
1700	0.500	0.998	32.465	33.591
1800	0.520	1.038	34.375	34.952
1900	0.540	1.078	36.285	36.314
2000	0.570	1.138	38.195	38.360
2100	0.590	1.178	40.104	39.726
2200	0.620	1.238	42.014	41.777
2300	0.650	1.297	43.924	43.831
2400	0.670	1.337	45.833	45.202
2500	0.690	1.377	47.743	46.574
2600	0.710	1.417	49.653	47.948
2700	0.730	1.457	51.563	49.323
2800	0.755	1.507	53.472	51.044
2900	0.780	1.557	55.382	52.766
3000	0.800	1.597	57.292	54.146
3100	0.825	1.647	59.201	55.872
3200	0.850	1.697	61.111	57.601
3300	0.880	1.756	63.021	59.678
3400	0.910	1.816	64.931	61.758
3500	0.945	1.886	66.840	64.189
3600	0.980	1.956	68.750	66.623
3700	1.020	2.036	70.660	69.411
3800	1.065	2.126	72.570	72.553
3900	1.110	2.216	74.479	75.702
4000	1.160	2.315	76.389	79.209
4100	1.210	2.415	78.299	82.724
4165	1.240	2.475	79.540	84.837

ESFUERZO VS DEFORMACIÓN DEL CONCRETO



$E_c = \tan \theta$

$y = 0.4189x^2 + 33.24x$
 $R^2 = 0.9893$

CÁLCULO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD

Ecuación corregida	Esf = 0.4189x ² + 33.24x	
Coef. de Correlación	R ² = 0.9893	
Esf. De Rotura	53.03 Kg/cm ²	
Fisuración de la Probeta durante el Ensayo	Ancho	0.86 mm
	Longitud	108.22 mm

7.12. ANEXO XII: PANEL FOTOGRÁFICO

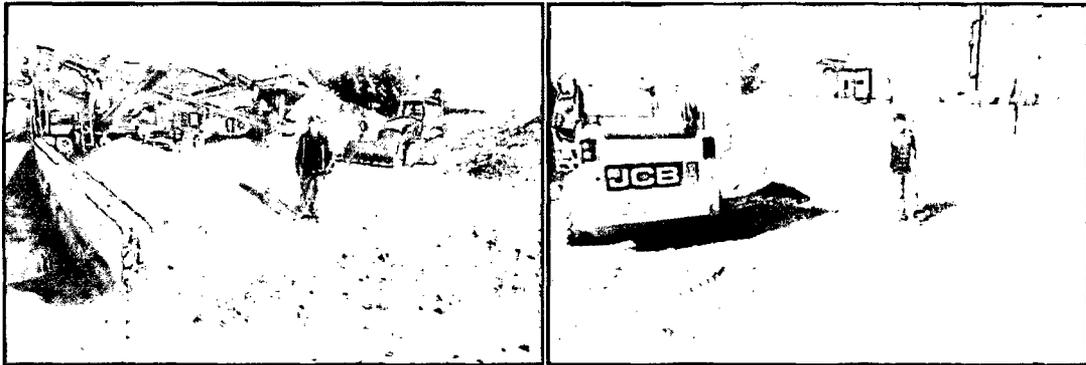


Imagen N° 37: Se muestra la elección del agregado en la cantera “Roca Fuerte” – Baños del Inca.

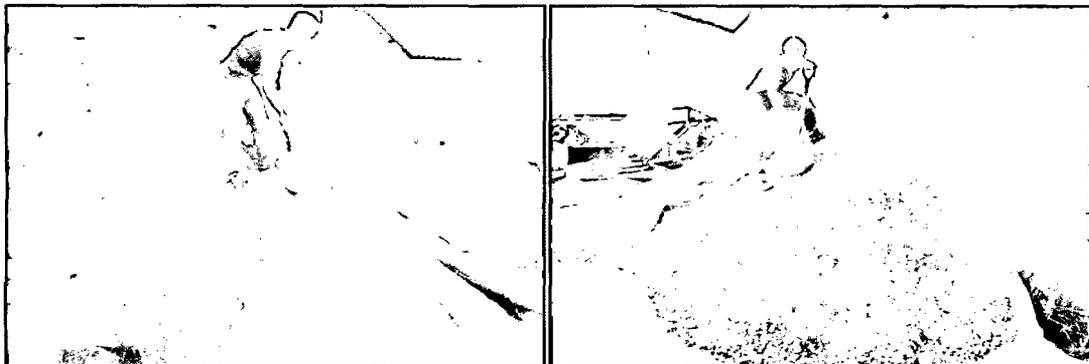


Imagen N° 38: Cuarteo del agregado fino y grueso para la reducción a tamaño de muestra para los ensayos a realizar.



Imagen N° 39: Secado en la estufa a 110°C del agregado fino y grueso para los diferentes ensayos; asimismo también el pesado de los mismos.



Imagen N° 40: Tamizado del agregado tanto fino como grueso para la obtención de su granulometría.



Imagen N° 41: Se aprecia el ensayo de pesos específico de agregado grueso.

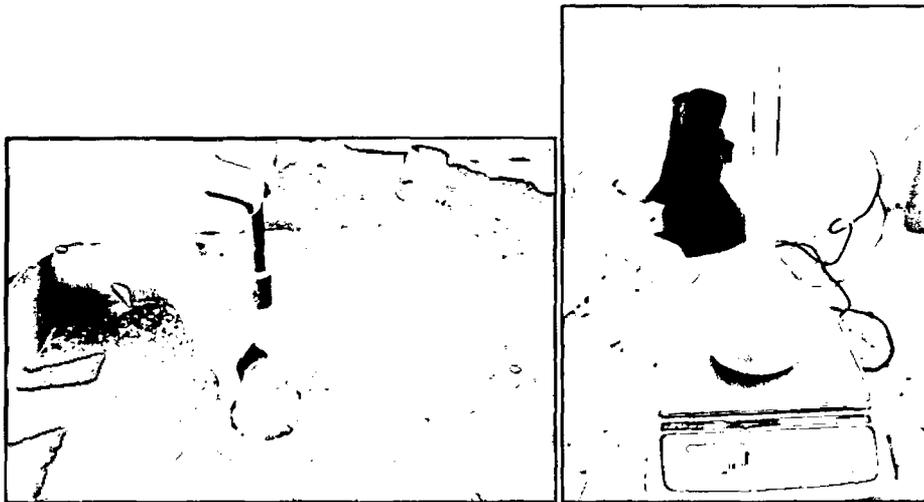


Imagen N° 42: Ensayo de peso específico del agregado fino.



Imagen N° 43: Ensayo de lavado del agregado para determinar las partículas que pasan el tamiz N° 200.



Imagen N° 44: Ensayo de abrasión en la maquina loa Ángeles, así como el tamizado del mismo para determinar el porcentaje de desgaste.



Imagen N° 45: Ensayo de peso unitario suelto seco de los agregados fino y grueso.



Imagen N° 46: Ensayo de peso unitario seco compactado de los agregados fino y grueso.

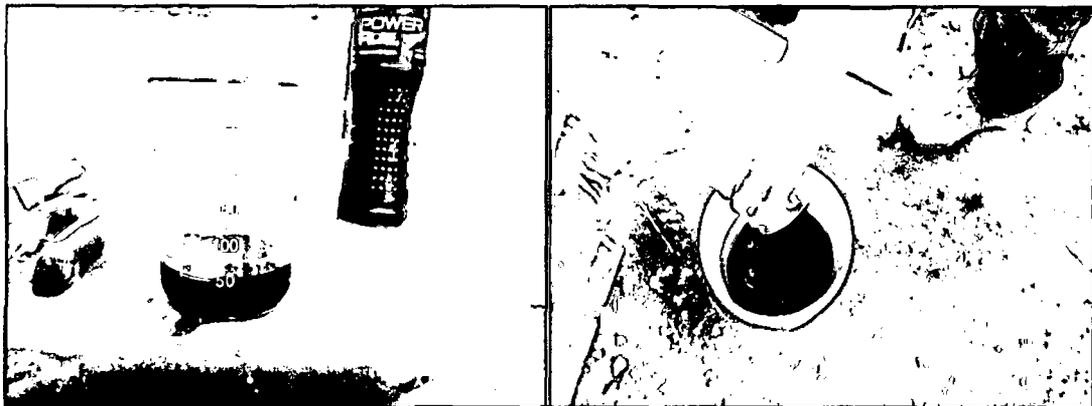


Imagen N° 47: Medición del Sikament 290N y adición al agua de mezclado de cada tanda de concreto, como superplastificante de la mezcla (0.7% del peso de cemento).

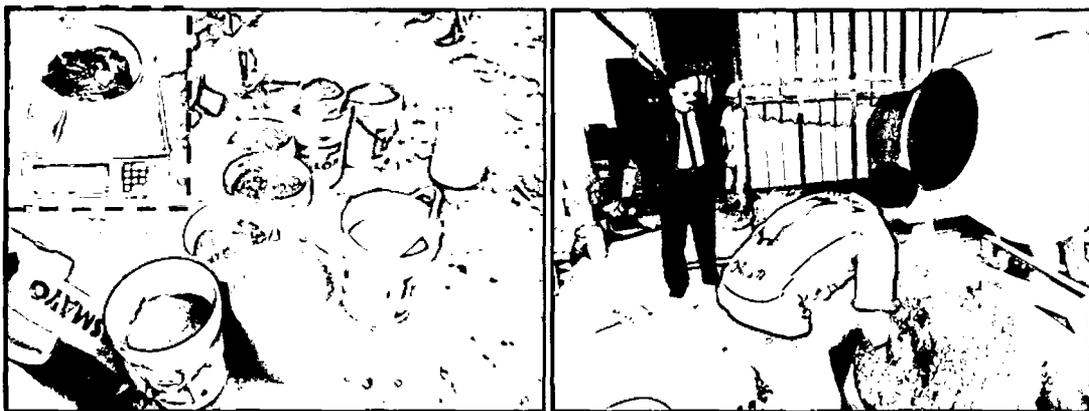


Imagen N° 48: Pesado de los componentes de la mezcla y mezclado de la tanda.



Imagen N° 49: Medición del peso unitario y el Slump (asentamiento) mediante el cono de Abrams, del concreto fresco de cada tanda de mezclado.



Imagen N° 50: Elaboración de los especímenes de concreto tanto circulares como prismáticos, para los ensayos de compresión, tracción y flexión, con los diferentes porcentajes de adición de fibra de acero.



Imagen N° 51: Se muestra la codificación de los especímenes recién desencofrados, para posteriormente ingresar a la poza de curado.

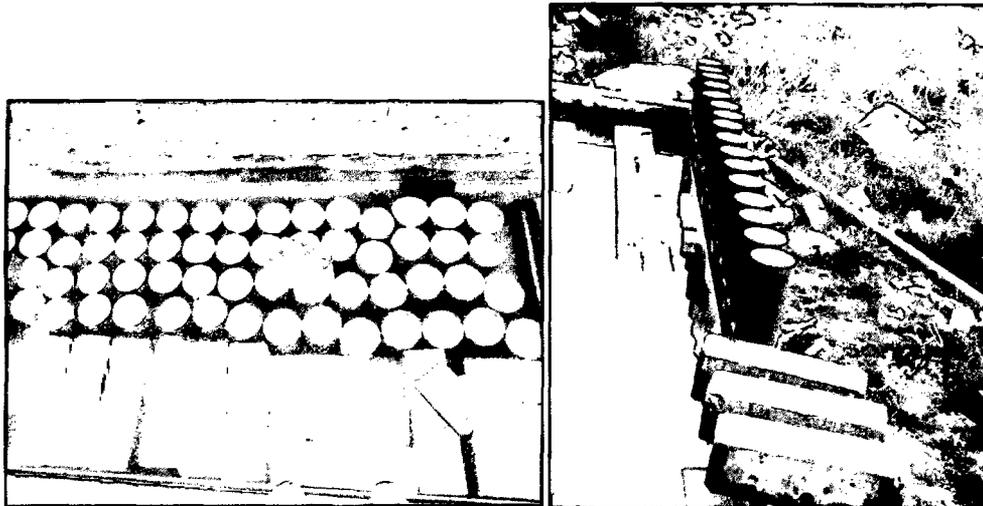


Imagen N° 52: Curado y extracción de los especímenes de concreto de la poza de curado para realizar los ensayos correspondientes.

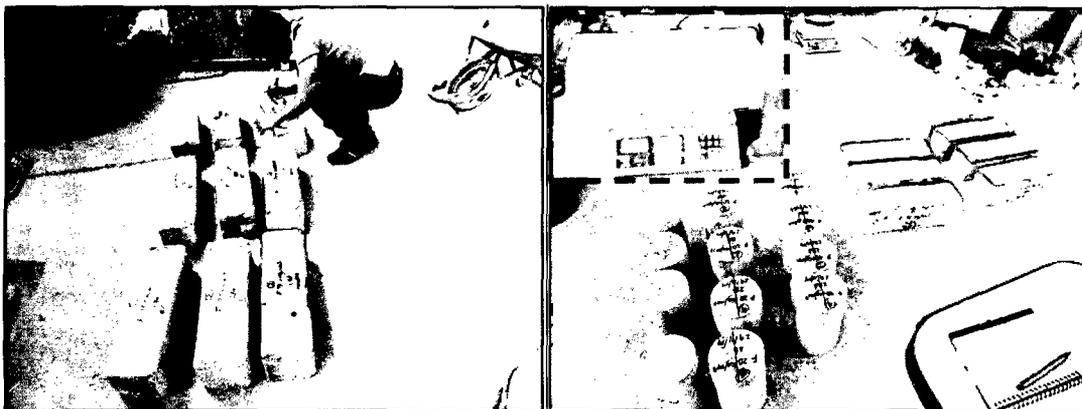


Imagen N° 53: Identificación, pesado, y medición de los especímenes tanto circulares como prismáticos, para su posterior rotura.



Imagen N° 54: Ensayo a compresión de los especímenes cilíndricos en la prensa universal.

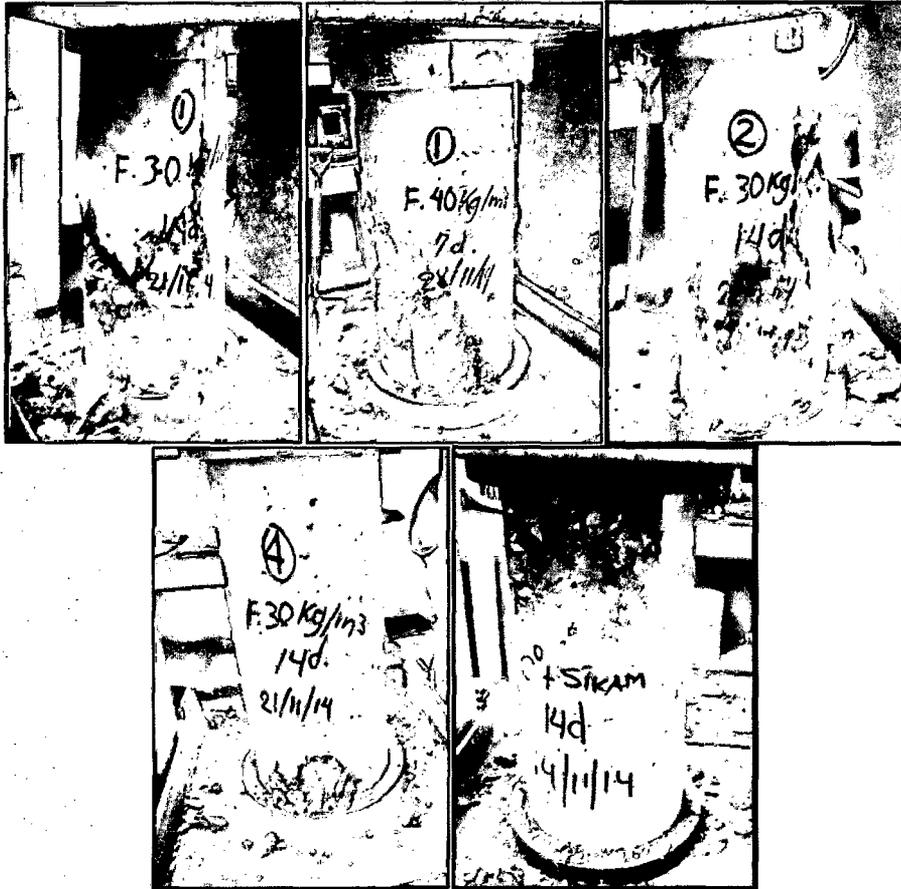


Imagen N° 55: Fallas típicas obtenidas en los especímenes ensayados a compresión.

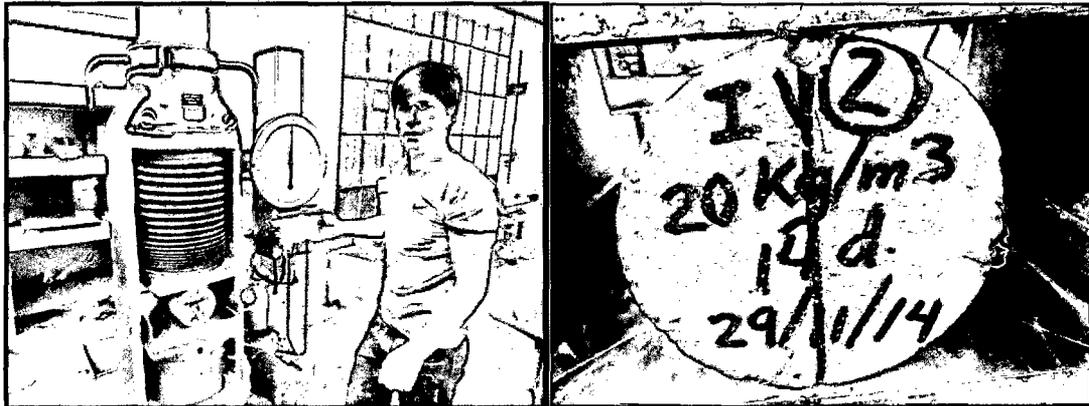


Imagen N° 56: Ensayo a tracción indirecta de los especímenes de concreto cilíndricos.



Imagen N° 57: Fallas típicas de los especímenes ensayados a tracción indirecta, por lo general la probeta falla completamente (se abre) en los casos de concreto sin fibra.

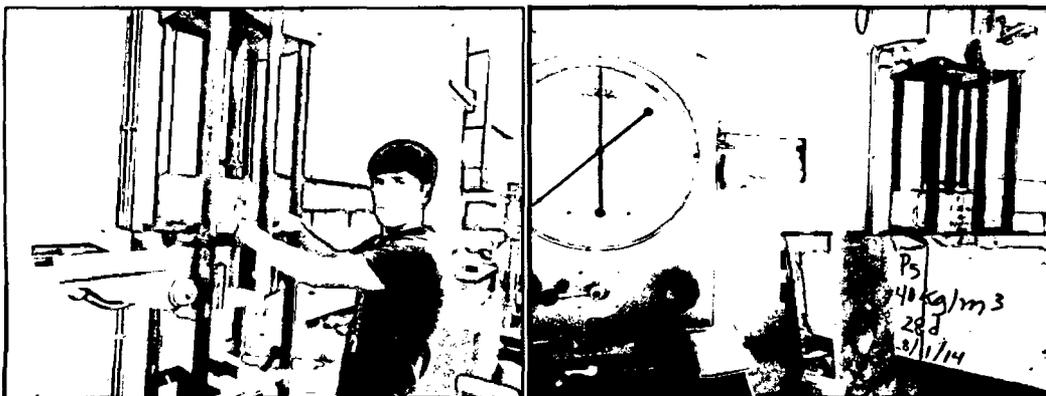


Imagen N° 58: Ensayo a flexión de especímenes prismáticos, a los 7, 14 y 28 días de edad, tanto en concreto patrón como con las diferentes adiciones de fibra de acero.

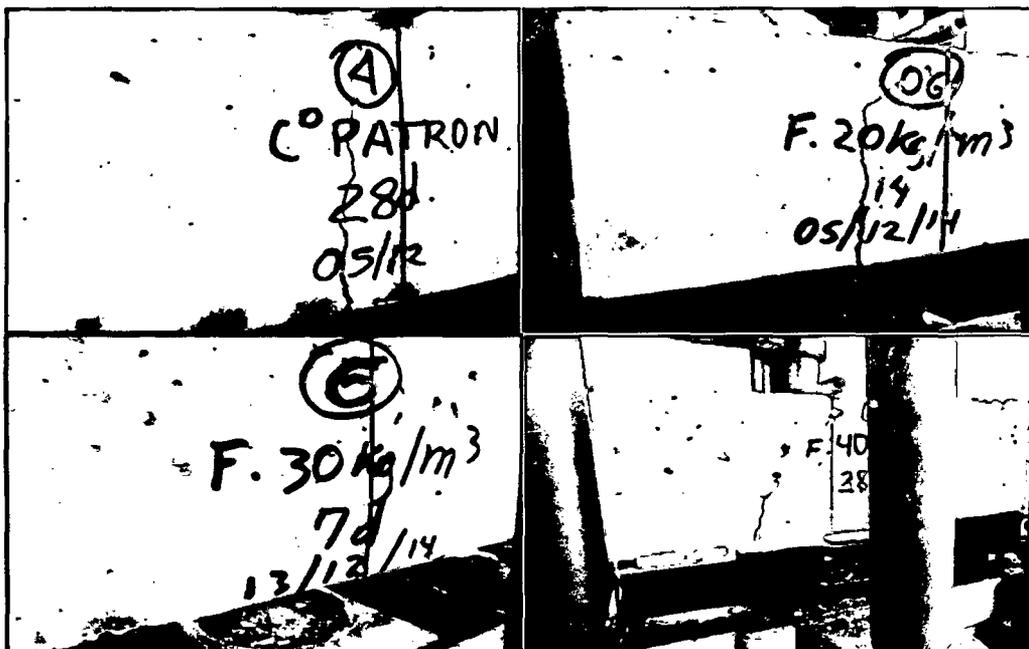


Imagen N° 59: Fallas típicas de los especímenes ensayados a flexión, como se aprecia la abertura de falla disminuye considerablemente a medida que incrementa la cantidad de fibra adicionada.



Imagen N° 60: Medición del ancho y longitud de fisura de los especímenes ensayados a flexión.



Imagen N° 61: Medición del ancho y longitud de fisura de los especímenes ensayados a tracción indirecta.

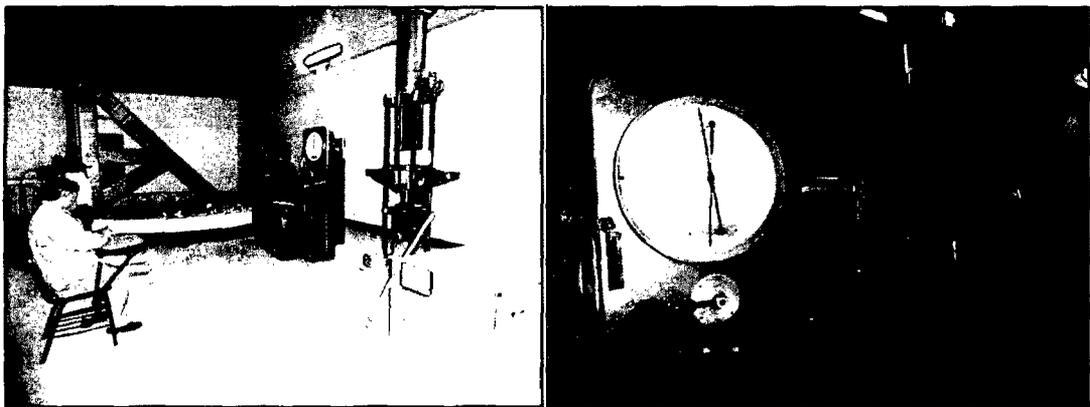


Imagen N° 62: Comprobación de resistencias mecánicas de concreto con el porcentaje óptimo de fibra de acero (30 kg/m^3), a los 7 días de edad.