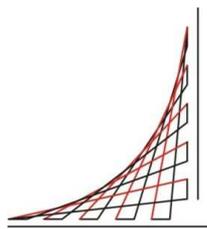


VALORACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS Y DE DURABILIDAD DE CONCRETO ADICIONADO CON RESIDUOS DE LLANTAS DE CAUCHO



**ESCUELA
COLOMBIANA
DE INGENIERÍA
JULIO GARAVITO**

HERMES ANDRÉS TORRES OSPINA

**ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO
MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ-COLOMBIA**

2014

VALORACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS Y DE DURABILIDAD DE CONCRETO ADICIONADO CON RESIDUOS DE LLANTAS DE CAUCHO

HERMES ANDRÉS TORRES OSPINA

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Ingeniería Civil con énfasis en estructuras

Directores:

Ingeniera Civil Msc. **Nancy Torres Castellanos**

Línea de Investigación:

Tecnología del concreto.

ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO

MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL

BOGOTÁ-COLOMBIA

2014

NOTA DE ACEPTACIÓN

El trabajo de grado titulado “**VALORACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS Y DE DURABILIDAD DE CONCRETO ADICIONADO CON RESIDUOS DE LLANTAS DE CAUCHO**”, presentado por Hermes Andrés Torres Ospina, en cumplimiento del requisito parcial para optar al título de Maestría en Ingeniería Civil, con énfasis en Estructuras, fue aprobado por el director del proyecto dirigido y por el jurado correspondiente.

Ing. Nancy Torres Castellanos.
M. Sc.
Directora de trabajo de grado

Ing. Ricardo Matallana R.
M. Sc.
Jurado.

Ing. Pedro Nel Quiroga.
Ph. D. Msc
Jurado.

Bogotá D.C. Noviembre de 2014.

Dedicatoria

Este proyecto esta principalmente dedicado a Dios, a mis padres por ser las personas que con su ejemplo y dedicación han hecho de mí una persona correcta en la vida, más que para mí este triunfo es para ustedes. Los amo.

A mi hijo y a mi esposa que siempre, siempre han estado a mi lado, con y sin dificultados, brindándome el apoyo y el cariño, estando en los momentos más difíciles para con sus palabras darme valor para seguir siempre adelante. Los amo.

Agradecimientos

- A Dios, que me permitió con sus bendiciones poder entregar este proyecto a mi familia.
- A mi directora de tesis, Ingeniera Nancy Torres Msc, por su valiosa guía y colaboración en el asesoramiento durante la elaboración de este proyecto.
- A mi hijo Juan Nicolás y a mi esposa Viviana Matamoros por la comprensión, apoyo y fe incondicional.
- A mi mama por su esfuerzo y colaboración a lo largo de toda mi vida.
- A todas las personas que componen el laboratorio de estructuras y eléctrica de la Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Al Ingeniero Andrés Hernández por su colaboración en los ensayos eléctricos de este proyecto.

Resumen

Los resultados presentados en este documento hacen parte del proyecto de grado de la Maestría en Ingeniería Civil, con énfasis en estructuras, el propósito es valorar las propiedades mecánicas y de durabilidad del concreto con sustitución de residuos de llantas de caucho, reemplazando parcialmente el agregado fino en volumen.

Para el desarrollo del trabajo se prepararon cuatro tipos de mezclas, la primera sin adición de grano de caucho, la segunda reemplazando el 10% del agregado fino por la misma cantidad en volumen de caucho, la tercera y cuarta mezcla de la misma forma pero con porcentajes de reemplazo de 20% y 30% respectivamente. Se evaluaron las propiedades mecánicas como: resistencia a la compresión y a la flexión; ensayos de durabilidad como: penetración de cloruros, carbonatación, absorción y propiedades eléctricas como resistividad e impedancia. Los ensayos mecánicos y de durabilidad se evaluaron en edades de 28 y 90 días y en el caso de la resistencia a la compresión se ensayaron las muestras a los 3, 7, 28 y 90 días.

Finalmente se concluye que la resistencia a la compresión y flexión disminuye con la adición de caucho en la mezcla. Respecto a los ensayos de durabilidad: la penetración de cloruros para en ensayos RCPT aumenta con los porcentajes de 20% y 30% de adición de caucho, sin embargo para el 10% la penetración disminuye respecto a la muestra con 0% de reemplazo en ensayos realizados a 90 días, para los ensayos realizados con el método NTBUID-492 la penetración del ion cloruro es directamente proporcional con el aumento en porcentaje de sustitución de caucho; el aumento en los valores de profundidad de carbonatación son directamente proporcionales con el aumento de porcentaje de adición de caucho; respecto a los valores de absorción superficial, estos disminuyen con el reemplazo parcial de caucho para edades de 28 días, sin embargo este comportamiento se invierte para ensayos realizados a 90 días, teniendo mejor comportamiento las muestras con menos porcentaje de sustitución de caucho.

Por último se concluye que las propiedades eléctricas de cada mezcla son únicas y varían respecto a la edad de ensayo y a la velocidad a la que circula la corriente eléctrica a través de las muestras, así mismo la resistividad de las muestras disminuye con el aumento en porcentaje de adición de caucho.

Abstract

The results presented here are part of the draft of the Master's degree in Civil Engineering with emphasis on structures, the purpose is to evaluate the mechanical and durability properties of concrete with substitution of waste tire rubber, partially replacing the fine aggregate in volume.

Development work for four types of mixtures, the first without the addition of grain of rubber, the second replacing 10% of the fine aggregate by the same amount by volume of rubber, the third and fourth composition but with the same shape were prepared replacement rates 20% and 30% respectively. Mechanical properties were evaluated: compressive strength and flexural strength; durability tests as chloride penetration, carbonation, absorption and electrical properties such as resistivity and impedance. The mechanical and durability test were evaluated in ages of 28 and 90 days and in the case of compressive strength for samples 3, 7, 28 and 90 days were tested.

The paper concludes that the compressive strength and bending decreases with the addition of rubber in the mixture. Regarding durability tests: chloride penetration for RCPT assays increases the percentages of 20% and 30% addition of rubber, however, for the 10% penetration decreases with respect to the sample with 0% replacement assays performed at 90 days, the tests performed with the method NTBUILD-492 chloride ion penetration is directly proportional with the increase in rubber replacement percentage; the increase in carbonation depth values are directly proportional to increased rubber addition rate; respect to the values of surface absorption, these decrease with partial replacement of rubber ages of 28 days, however this behavior is reversed for 90-day trials, samples having better performance with less rubber replacement percentage.

Finally it was concluded that the electrical properties of each blend are unique and vary with respect to age and the test speed at which the electric current flowing through the samples, also the resistivity of the samples decreases with the increase in percentage rubber addition.

Tabla de contenido

Palabras Clave	15
Introducción	16
1. Marco teórico.	17
1.1 Los agregados y su características para el diseño de concreto	17
1.1.1 Agregado fino y agregado grueso.	17
1.1.2 Agregado proveniente de residuo de llantas.	17
1.1.2.1 Composición de las llantas	17
1.1.2.2 Proceso de trituración de los neumáticos para su reciclaje.	18
1.2 Diseño de mezclas de concreto	22
1.3 Propiedades mecánicas del concreto.	25
1.3.1 Resistencia a la compresión.	25
1.3.2 Resistencia a la flexión.	25
1.4 Durabilidad del concreto.	27
1.4.1 Permeabilidad.	28
1.4.2 Carbonatación.	28
1.4.3 Penetración de cloruros.	29
1.4.3.1 Penetración de cloruros Rapid chloride permeability test RCPT.	30
1.4.3.2 Penetración de cloruros método NTBUILD-492.	31
1.4.4 Impedancia.	35
2. Estado del arte.	41
2.1 Generalidades.	41
2.2 Estadísticas de neumáticos desechados en Colombia.	42
2.3 Propiedades mecánicas del concreto modificado con caucho.	43

2.4	Propiedades de durabilidad del concreto modificado con caucho.	53
2.5	Propiedades eléctricas del concreto.....	56
3.	Objetivos.....	58
3.1	Objetivo general.....	58
3.2	Objetivos específicos.....	58
4.	Programa experimental.....	59
4.1	Caracterización de los materiales.....	60
4.2	Diseño de mezclas para ensayos.....	62
5.	Resultados y análisis.....	73
5.1	Propiedades mecánicas del concreto con sustitución de caucho.....	73
5.1.1	Resistencia a compresión f'_c	73
5.1.2	Módulo de elasticidad.....	75
5.1.3	Resistencia a flexión.....	77
5.2	Propiedades de durabilidad del concreto con sustitución de caucho.....	78
5.2.1	Absorción superficial.....	78
5.2.2	Penetración de cloruros RCPT.....	81
5.2.3	Penetración de cloruros método NT BUILD-492.....	82
5.2.4	Carbonatación.....	84
5.3	Propiedades eléctricas del concreto con sustitución de caucho.....	86
5.3.1	Resistividad.....	86
5.3.2	Impedancia.....	87
5.4	Correlaciones.....	92
5.4.1	f'_c vs Resistencia a la flexión.....	92
5.4.2	f'_c vs Absorción Superficial.....	93
5.4.3	f'_c vs Permeabilidad al Ion Cloruro NTBUILD-492.....	93
5.4.4	f'_c vs Carbonatación.....	94
5.4.5	f'_c vs Resistividad.....	95

5.4.6	NTBUILD-492 vs ISAT.....	96
5.4.7	Resistividad vs ISAT.	97
5.4.8	Carbonatación vs ISAT.....	98
5.4.9	RCPT vs Carbonatación.....	99
5.4.10	NTBUILD-492 vs ISAT.	100
5.4.11	Resistividad vs Carbonatación.....	101
6.	Conclusiones.....	103
7.	Recomendaciones.....	106
8.	Bibliografía.....	107
9.	Infografía.....	109
Anexos	111

Lista de tablas

Tabla 1 Composición típica de llantas. (Secretaria de Medio Ambiente De Bogotá, 2006).	18
Tabla 2 Especificaciones del concreto (Sánchez de Guzmán, 1996).	23
Tabla 3 Proporción de peso Volumen absoluto y volumen suelto de los componentes de una mezcla de concreto (Sánchez de Guzmán, 1996).	24
Tabla 4 Criterios para interpretación de resultados método ASTM C1202.	31
Tabla 5 Mercado total de llantas importadas en Colombia.	42
Tabla 6 Uso y manejo de llantas Bogotá D.C, tomado de: www.ambientalex.info , 2007.	42
Tabla 7 Resistencia a compresión, estudio hecho en España, (Schultz et al., 2004).	46
Tabla 8 Resistencia a compresión, (Aiello & Leuzzi, 2010).	48
Tabla 9 Resistencia a la flexión, (Schultz et al., 2004).	49
Tabla 10 Resistencia a la flexión, (Aiello & Leuzzi, 2010).	51
Tabla 11 Dosificación de mezclas para ensayos.	62
Tabla 12 Datos de medición de asentamiento de mezcla muestras 0%, 10%, 20% y 30%.	63
Tabla 13 Nomenclatura de los especímenes.	63
Tabla 14 Tensión de ensayo y duración de la prueba, NORDTEST NT BUILD 492.	69
Tabla 15 Valores promedio de resistencia a la compresión f'_c .	73
Tabla 16 Valores promedio módulo de elasticidad E_c .	75
Tabla 17 Valores promedio módulo de rotura para vigas a 28 días.	77
Tabla 18 Valores promedio tasa de absorción superficial para 28 días.	78
Tabla 19 Valores promedio tasa de absorción superficial para 90 días.	79
Tabla 20 Permeabilidad al ion cloruro basado en la carga transmitida	82
Tabla 21 Permeabilidad al ion cloruro basado en la carga transmitida	84
Tabla 22 Tabla resumen ensayo de carbonatación.	85
Tabla 23 Criterio general de valores de resistividad del concreto.	87
Tabla 24 Cantidad aproximada de aire esperado en concreto con y sin aire incluido según Comité 211-A.C.I.	115
Tabla 25 Agua de mezclado para diferentes asentamientos y tamaños máximos del agregado según Comité 211-A.C.I.	115
Tabla 26 Selección de la relación agua/ cemento según Comité 211-A.C.I.	116
Tabla 27 Relación agua/cemento y resistencia a la compresión según Comité 211-A.C.I.	116
Tabla 28 Datos ensayo de absorción M1 y M2 – 0% 28 días.	165
Tabla 29 Datos ensayo de absorción M3- 0% y M1 –10% 28 días.	166
Tabla 30 Datos ensayo de absorción M2 y M3 –10% 28 días.	167
Tabla 31 Datos ensayo de absorción M1 y M2 –20% 28 días.	168
Tabla 32 Datos ensayo de absorción M3 -20% y M1 –30% 28 días.	169
Tabla 33 Datos ensayo de absorción M2 y M3 –30% 28 días.	170
Tabla 34 Datos ensayo de absorción M1 y M2 -0% 90 días.	171
Tabla 35 Datos ensayo de absorción M3 - 0% y M1 -10% 90 días.	172
Tabla 36 Datos ensayo de absorción M2 y M3 -10% 90 días.	173
Tabla 37 Datos ensayo de absorción M1 y M2 -20% 90 días.	174

**Valoración De Propiedades Mecánicas Y De Durabilidad De
Concreto Adicionado Con Residuos De Llantas De Caucho.**

10

<i>Tabla 38 Datos ensayo de absorción M3-20% y M1 -30% 90 días.</i>	175
<i>Tabla 39 Datos ensayo de absorción M2 y M3 30% 90 días.</i>	176
<i>Tabla 40 Datos ensayo de impedancia M1 - 0% 28 días.</i>	207
<i>Tabla 41 Datos ensayo de impedancia M2 - 0% 28 días.</i>	208
<i>Tabla 42 Datos ensayo de impedancia M3 - 0% 28 días.</i>	209
<i>Tabla 43 Datos ensayo de impedancia M1 - 10% 28 días.</i>	210
<i>Tabla 44 Datos ensayo de impedancia M2 - 10% 28 días.</i>	211
<i>Tabla 45 Datos ensayo de impedancia M3 - 10% 28 días.</i>	212
<i>Tabla 46 Datos ensayo de impedancia M1 - 20% 28 días.</i>	213
<i>Tabla 47 Datos ensayo de impedancia M2 - 20% 28 días.</i>	214
<i>Tabla 48 Datos ensayo de impedancia M3 - 20% 28 días.</i>	215
<i>Tabla 49 Datos ensayo de impedancia M1 -30% 28 días.</i>	216
<i>Tabla 50 Datos ensayo de impedancia M2 -30% 28 días.</i>	217
<i>Tabla 51 Datos ensayo de impedancia M3 -30% 28 días.</i>	218
<i>Tabla 52 Datos ensayo de impedancia M1 -0% 90 días.</i>	219
<i>Tabla 53 Datos ensayo de impedancia M2 -0% 90 días.</i>	220
<i>Tabla 54 Datos ensayo de impedancia M3 -0% 90 días.</i>	221
<i>Tabla 55 Datos ensayo de impedancia M1 -10% 90 días.</i>	222
<i>Tabla 56 Datos ensayo de impedancia M2 -10% 90 días.</i>	223
<i>Tabla 57 Datos ensayo de impedancia M3 -10% 90 días.</i>	224
<i>Tabla 58 Datos ensayo de impedancia M1 -20% 90 días.</i>	225
<i>Tabla 59 Datos ensayo de impedancia M2 -20% 90 días.</i>	226
<i>Tabla 60 Datos ensayo de impedancia M3 -20% 90 días.</i>	227
<i>Tabla 61 Datos ensayo de impedancia M1 -30% 90 días.</i>	228
<i>Tabla 62 Datos ensayo de impedancia M2 -30% 90 días.</i>	229
<i>Tabla 63 Datos ensayo de impedancia M3 -30% 90 días.</i>	230
<i>Tabla 64 Datos de ensayos de migración de cloruros NT BUILD-492 Muestras 0% y 10% 28 días.</i>	231
<i>Tabla 65 Datos de ensayos de migración de cloruros NT BUILD-492 Muestras 20% y 30% 28 días.</i>	232
<i>Tabla 66 Datos de ensayos de migración de cloruros NT BUILD-492 Muestras 0% y 10% 90 días.</i>	233
<i>Tabla 67 Datos de ensayos de migración de cloruros NT BUILD-492 Muestras 20% y 30% 90 días.</i>	234
<i>Tabla 68 Datos densidades del concreto muestras 0%, 10%, 20% y 30%</i>	236

Lista de figuras

Figura 1 Tamaños de grano de caucho triturado en el mercado.	19
Figura 2 Caucho granulado tomado de www.mundolimpio.com.co .	20
Figura 3 Ensayo de resistencia a la compresión.	25
Figura 4 Ensayo de resistencia a flexión.	26
Figura 5 Ensayo de resistencia a la penetración de cloruros RCPT.	31
Figura 6 Montaje típico para ensayo penetración de cloruros NT BUILD 492.	32
Figura 7 Toma de datos para ensayo penetración de cloruros NT BUILD 492.	33
Figura 8 Circuito de una interface al paso de una señal senoidal, T Pérez, 2006.	37
Figura 9 Diagrama de Argand, T Pérez, 2006	38
Figura 10 Diagrama de Nyquist para sistemas controlados por activación, T Pérez, 2006	39
Figura 11 Ensayo de impedancia.	40
Figura 12 Resistencia a la compresión, (Valadares et al, 2009).	45
Figura 13 Resistencia a compresión, (Albano et al., 2007).	45
Figura 14 Resistencia a la compresión, (Suk et al., 1998).	46
Figura 15 Resistencia a la compresión (Toutanji, 1996).	47
Figura 16 Resistencia a la compresión (Oviedo et al., 2008).	48
Figura 17 Resistencia a la flexión, (Oviedo et al., 2008).	49
Figura 18 Resistencia a la flexión, (Toutanji, 1996).	50
Figura 19 Resistencia a la flexión, (Suk et al., 1998).	51
Figura 20 Módulo de elasticidad, (Valadares et al., 2009).	52
Figura 21 Módulo de elasticidad, (Oviedo et al., 2008).	53
Figura 22 Absorción por inmersión, (Bravo & Brito, 2011).	54
Figura 23 Profundidad de carbonatación, (Bravo & Brito, 2011).	55
Figura 24 Penetración de cloruros, (Bravo & Brito, 2011).	56
Figura 25 Ensayo de resistividad eléctrica, (Yung et al., 2012).	57
Figura 26 Ensayo de resistividad eléctrica, (Mohammed et al., 2011).	57
Figura 27 Caucho granulado proveniente de llantas en desuso.	59
Figura 28 Medición de asentamiento en muestras.	63
Figura 29 Producción de especímenes.	64
Figura 30 Ensayo resistencia a la compresión.	65
Figura 31 Ensayo resistencia a la flexión.	65
Figura 32 Ensayo de absorción ISAT.	66
Figura 33 Ensayo de absorción ISAT.	66
Figura 34 Pre-acondicionamiento de muestras NTBUILD-492.	67
Figura 35 Conexión de ánodo y cátodo en espécimen de ensayo.	68
Figura 36 Ensayo de penetración de cloruros NT BUILD492.	70
Figura 37 Penetración frente de carbonatación.	71
Figura 38 Pre-acondicionamiento de la muestra.	71
Figura 39 Resistencia de la muestra de ensayo	72
Figura 40 Ensayo de impedancia.	72

Figura 41 Evolución de la resistencia a la compresión. _____	74
Figura 42 Módulo de elasticidad E_c , 28 y 90 días _____	75
Figura 43 Modulo de elasticidad E_c , 28, 90 días y NSR-10. _____	76
Figura 44 Resultados ensayos de flexión, módulo de rotura a 28 días. _____	77
Figura 45 Absorción inicial ISAT – 28 días. _____	79
Figura 46 Absorción inicial ISAT – 90 días. _____	80
Figura 47 Resultados ensayo permeabilidad al Ion Cloruro (RCPT). _____	81
Figura 48 Resultados ensayo permeabilidad al Ion Cloruro (NT BUILD-492). _____	83
Figura 49 Profundidad de carbonatación 28 y 90 días. _____	85
Figura 50 Resistividad Eléctrica 28 y 90 días. _____	86
Figura 51 Ensayos de espectrometría de impedancia 0%, 10%, 20% y 30%, 28 días. _____	88
Figura 52 Ensayos de impedancia 0%, 10%, 20% y 30%, 90 días. _____	89
Figura 53 Grafico resumen ensayo de espectrometría de impedancias 28 días. _____	90
Figura 54 Grafico resumen ensayo de espectrometría de impedancias 90 días. _____	91
Figura 55 Correlación Flexión vs f'_c 28 días. _____	92
Figura 56 Correlación Absorción superficial vs f'_c 90 días. _____	93
Figura 57 Correlación NTBUILD-492 vs f'_c 90 días. _____	94
Figura 58 Correlación Carbonatación vs f'_c 28 días. _____	95
Figura 59 Correlación Resistividad vs f'_c 90 días. _____	96
Figura 60 Correlación NTBUILD 492 vs ISAT 90 días. _____	97
Figura 61 Correlación Resistividad vs ISAT 90 días. _____	98
Figura 62 Correlación Carbonatación vs ISAT 28 días. _____	99
Figura 63 Correlación Carbonatación vs RCPT 28 días. _____	100
Figura 64 Correlación ISAT vs NTBUILD-492 90 días. _____	101
Figura 65 Correlación Carbonatación vs Resistividad 28 días. _____	102
Figura 66 Ficha técnica agregado de caucho – Grass. _____	111
Figura 67 Ficha técnica granulometría agregado de caucho – Grass. _____	112
Figura 68 Grafico esfuerzo vs deformación M1-0%-3Dias. _____	117
Figura 69 Grafico esfuerzo vs deformación M2-0%-3Dias. _____	118
Figura 70 Grafico esfuerzo vs deformación M3-0%-3Dias. _____	119
Figura 71 Grafico esfuerzo vs deformación M1-10%-3Dias. _____	120
Figura 72 Grafico esfuerzo vs deformación M2-10%-3Dias. _____	121
Figura 73 Grafico esfuerzo vs deformación M3-10%-3Dias. _____	122
Figura 74 Grafico esfuerzo vs deformación M1-20%-3Dias. _____	123
Figura 75 Grafico esfuerzo vs deformación M2-20%-3Dias. _____	124
Figura 76 Grafico esfuerzo vs deformación M3-20%-3Dias. _____	125
Figura 77 Grafico esfuerzo vs deformación M1-30%-3Dias. _____	126
Figura 78 Grafico esfuerzo vs deformación M2-30%-3Dias. _____	127
Figura 79 Grafico esfuerzo vs deformación M3-30%-3Dias. _____	128
Figura 80 Grafico esfuerzo vs deformación M1-0%-7Dias. _____	129
Figura 81 Grafico esfuerzo vs deformación M2-0%-7Dias. _____	130
Figura 82 Grafico esfuerzo vs deformación M3-0%-7Dias. _____	131
Figura 83 Grafico esfuerzo vs deformación M1-10%-7Dias. _____	132

Figura 84 Grafico esfuerzo vs deformación M2-10%-7Dias.	133
Figura 85 Grafico esfuerzo vs deformación M3-10%-7Dias.	134
Figura 86 Grafico esfuerzo vs deformación M1-20%-7Dias.	135
Figura 87 Grafico esfuerzo vs deformación M2-20%-7Dias.	136
Figura 88 Grafico esfuerzo vs deformación M3-20%-7Dias.	137
Figura 89 Grafico esfuerzo vs deformación M1-30%-7Dias.	138
Figura 90 Grafico esfuerzo vs deformación M2-30%-7Dias.	139
Figura 91 Grafico esfuerzo vs deformación M3-30%-7Dias.	140
Figura 92 Grafico esfuerzo vs deformación M1-0%-28Dias.	141
Figura 93 Grafico esfuerzo vs deformación M2-0%-28Dias.	142
Figura 94 Grafico esfuerzo vs deformación M3-0%-28Dias.	143
Figura 95 Grafico esfuerzo vs deformación M1-10%-28Dias.	144
Figura 96 Grafico esfuerzo vs deformación M2-10%-28Dias.	145
Figura 97 Grafico esfuerzo vs deformación M3-10%-28Dias.	146
Figura 98 Grafico esfuerzo vs deformación M1-20%-28Dias.	147
Figura 99 Grafico esfuerzo vs deformación M2-20%-28Dias.	148
Figura 100 Grafico esfuerzo vs deformación M3-20%-28Dias.	149
Figura 101 Grafico esfuerzo vs deformación M1-30%-28Dias.	150
Figura 102 Grafico esfuerzo vs deformación M2-30%-28Dias.	151
Figura 103 Grafico esfuerzo vs deformación M3-30%-28Dias.	152
Figura 104 Grafico esfuerzo vs deformación M1-0%-90Dias.	153
Figura 105 Grafico esfuerzo vs deformación M2-0%-90Dias.	154
Figura 106 Grafico esfuerzo vs deformación M3-0%-90Dias.	155
Figura 107 Grafico esfuerzo vs deformación M1-10%-90Dias.	156
Figura 108 Grafico esfuerzo vs deformación M2-10%-90Dias.	157
Figura 109 Grafico esfuerzo vs deformación M3-10%-90Dias.	158
Figura 110 Grafico esfuerzo vs deformación M1-20%-90Dias.	159
Figura 111 Grafico esfuerzo vs deformación M2-20%-90Dias.	160
Figura 112 Grafico esfuerzo vs deformación M3-20%-90Dias.	161
Figura 113 Grafico esfuerzo vs deformación M1-30%-90Dias.	162
Figura 114 Grafico esfuerzo vs deformación M2-30%-90Dias.	163
Figura 115 Grafico esfuerzo vs deformación M3-30%-90Dias.	164
Figura 116 Grafico resistencia a la flexión M1 y M2-0%-28Dias.	177
Figura 117 Grafico resistencia a la flexión M3-0% y M1-10%-28Dias.	178
Figura 118 Grafico resistencia a la flexión M2 y M3-10%-28Dias.	179
Figura 119 Grafico resistencia a la flexión M1 y M2-20%-28Dias.	180
Figura 120 Grafico resistencia a la flexión M3-20% y M1-30%-28Dias.	181
Figura 121 Grafico resistencia a la flexión M2 y M3-30%-28Dias.	182
Figura 122 Grafico datos RCPT M1-0%-28Dias.	183
Figura 123 Grafico datos RCPT M2-0%-28Dias.	184
Figura 124 Grafico datos RCPT M3-0%-28Dias.	185
Figura 125 Grafico datos RCPT M1-10%-28Dias.	186
Figura 126 Grafico datos RCPT M2-10%-28Dias.	187

<i>Figura 127 Grafico datos RCPT M3-10%-28Dias.</i>	188
<i>Figura 128 Grafico datos RCPT M1-20%-28Dias.</i>	189
<i>Figura 129 Grafico datos RCPT M2-20%-28Dias.</i>	190
<i>Figura 130 Grafico datos RCPT M3-20%-28Dias.</i>	191
<i>Figura 131 Grafico datos RCPT M1-30%-28Dias.</i>	192
<i>Figura 132 Grafico datos RCPT M2-30%-28Dias.</i>	193
<i>Figura 133 Grafico datos RCPT M3-30%-28Dias.</i>	194
<i>Figura 134 Grafico datos RCPT M1-0%-90Dias.</i>	195
<i>Figura 135 Grafico datos RCPT M2-0%-90Dias.</i>	196
<i>Figura 136 Grafico datos RCPT M3-0%-90Dias.</i>	197
<i>Figura 137 Grafico datos RCPT M1-10%-90Dias.</i>	198
<i>Figura 138 Grafico datos RCPT M2-10%-90Dias.</i>	199
<i>Figura 139 Grafico datos RCPT M3-10%-90Dias.</i>	200
<i>Figura 140 Grafico datos RCPT M1-20%-90Dias.</i>	201
<i>Figura 141 Grafico datos RCPT M2-20%-90Dias.</i>	202
<i>Figura 142 Grafico datos RCPT M3-20%-90Dias.</i>	203
<i>Figura 143 Grafico datos RCPT M1-30%-90Dias.</i>	204
<i>Figura 144 Grafico datos RCPT M2-30%-90Dias.</i>	205
<i>Figura 145 Grafico datos RCPT M3-30%-90Dias.</i>	206

Palabras Clave

CAUCHO RECICLADO: Material que ha cumplido su ciclo de vida útil y por ende se recicla por medio de máquinas que realizan la función de trituración para darle un nuevo uso.

CAPACITANCIA: Propiedad que tienen los cuerpos para mantener una carga eléctrica o almacenamiento de la misma.

INDUCTANCIA: Capacidad que tiene un cuerpo para almacenar energía en forma de campo magnético.

MOLINOS GRANULADORES: Equipos de molienda, los cuales producen granos de caucho que se retienen entre malla 8 y malla 30.

RESISTIVIDAD: Capacidad que tiene un cuerpo para oponerse al paso de un flujo eléctrico a través de él.

TRITURACIÓN CRIOGÉNICA: Proceso de trituración a neumáticos que son sometidos a bajas temperaturas, del orden de $-195.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ que corresponden a Nitrógeno líquido, en forma de espuma criogénica, en un túnel de ciclo cerrado aislado al vacío, para lo cual el caucho se vuelve frágil y quebradizo, obteniéndose la separación de cenizas, acero y fibra textil.

Introducción

Durante muchos años mientras un porcentaje de los neumáticos (llantas) de vehículos ha sido reprocesado y utilizado, otro tanto ha sido acumulado en lugares especiales o simplemente botado en zonas públicas, lo que ha venido causando un problema grave al medio ambiente y la salud pública (DAMA, 2006).

Además el alto consumo de materiales de construcción como el concreto, genera un consumo excesivo de materias primas, que habitualmente se encuentran en la naturaleza, siendo la extracción de recursos naturales el impacto más importante, generador de afectaciones ambientales y paisajísticas, llevando a entidades de protección del ambiente y gobiernos distritales y nacionales a limitar cada vez más el acceso a estos recursos.

Sin embargo, el problema ambiental no recae únicamente en la explotación minera sino que también se resalta el tema de generación de residuos como lo son las llantas, las cuales aumentan proporcionalmente con el parque automotor. El problema ambiental de los desechos de llantas se genera por el escaso conocimiento de planes de gestión de residuos, tanto por temas culturales como por la falta de políticas e investigaciones sobre la reutilización y disposición final de este tipo de residuos.

Considerando los anteriores panoramas, como son: la generación desmedida de llantas e insuficientes sitios de disposición final de las mismas y la escasez de recursos pétreos, se podría considerar que la reutilización de las llantas como material reciclado dentro del concreto, presenta una medida para contribuir al beneficio ambiental, técnico y económico para la sociedad.

El propósito de la investigación, va encaminada a evaluar la viabilidad técnica de incorporar residuos provenientes de llantas como materiales para la elaboración de concreto; para dicho propósito se presentan en este documento los objetivos a los que irá encaminada la investigación, además se describe el estado del arte a nivel mundial para concretos con partículas de caucho, sus propiedades y comportamientos. Se realiza la caracterización física y mecánica de los agregados naturales y reciclados, se plantea el programa experimental, se evalúan los resultados de los diferentes ensayos y por último se plantean conclusiones y recomendaciones.

1. Marco teórico.

1.1 Los agregados y su características para el diseño de concreto

Se da el nombre de agregados al conjunto de partículas inertes, (en general) naturales o artificiales, las cuales mezcladas con cemento Portland y agua forman concreto o mortero (Rivera, 2009, cap. 2).

1.1.1 Agregado fino y agregado grueso.

Aunque hay varias formas de clasificar a los agregados, uno de los más comunes es el que los separa en agregados gruesos y finos, dependiendo del diámetro medio de sus partículas. Si se usa una malla del número 4 (4.75 milímetros), lo que se queda retenido en la malla son agregados gruesos; lo que pasa esta malla (pero que es retenido en una malla del número 200, de 0.075 milímetros) son los agregados finos. La granulometría del agregado fino y grueso se puede observar en el anexo A.

1.1.2 Agregado proveniente de residuo de llantas.

1.1.2.1 Composición de las llantas

Las llantas están compuestas de una gran cantidad de materiales que les dan, dependiendo del uso al cual se destinan, sus características especiales como resistencia a la carga, posibilidad de manejar alta presión, características de adherencia, entre otros. La Tabla 1 presenta la composición porcentual típica de las llantas discriminando automóviles y camiones (Secretaria de Medio Ambiente De Bogotá, 2006).

Material	composición (%)	
	Automoviles	Camiones
Caucho natural	14	27
Caucho sintético	27	14
Rellenos Reforzantes	28	28
Acero	14	15
Antioxidantes y rellenos	17	16

Tabla 1 Composición típica de llantas. (Secretaría de Medio Ambiente De Bogotá, 2006).

1.1.2.2 Proceso de trituración de los neumáticos para su reciclaje.

El objetivo del proceso de trituración consiste en reducir el tamaño de las llantas a través de máquinas trituradoras con el fin de separar el caucho de elementos como el acero y los textiles, este grano de caucho triturado se puede emplear para la elaboración de nuevos productos. Actualmente se encuentran dos métodos de trituración que son la trituración mecánica y la trituración criogénica.

- **Trituración mecánica.**

La trituración mecánica emplea cuchillas para desmenuzar las llantas; por lo general este tipo de trituración se realiza en cascada, es decir, se trituran paulatinamente las llantas hasta alcanzar el tamaño mínimo requerido (ver Figura 1) y luego se emplean clasificadores neumáticos y magnéticos para separar el textil y el acero presentes. La mayor ventaja de este proceso es que se obtienen productos de buena calidad con un reducido número de etapas de proceso; adicionalmente no requiere de etapas de purificación ya que no se emplean sustancias ajenas a las llantas (Tomado de www.mundolimpio.com).



Figura 1 Tamaños de grano de caucho triturado en el mercado.

- **Trituración criogénica.**

La trituración criogénica consiste en congelar con nitrógeno líquido llantas enteras, las cuales son golpeadas para obtener el caucho en forma de polvo, con liberación de nitrógeno gaseoso.

Este proceso tiene como ventaja el reducido tamaño de las partículas obtenidas y como desventaja el hecho de que las partículas de acero y caucho se encuentran mezcladas; adicionalmente requiere instalaciones con altos costos de inversión y mantenimiento, así como maquinaria altamente especializada (Tomado de www.dama.com).

La trituración mecánica de las llantas o la criogenia, y la posterior trituración son prácticas comunes en los países desarrollados desde hace más de cincuenta años. El caucho granulado proveniente de estos procesos llega a tener diámetros que oscilan entre 0.6 mm y 2.36 mm, estas partículas no son tóxicas y son libres de fibra y acero, como se observa en la Figura 1 (MUNDOLIMPIO S.A, 2007).



Figura 2 Caucho granulado tomado de www.mundolimpio.com.co.

Para la investigación se contactó a la empresa Mundolimpio, que se encuentra en la ciudad de Medellín (Antioquia) donde procesan las llantas en desuso con el fin de aprovechar este material y darle un nuevo uso entre los cuales están: sustrato para jardinería, superficies seguras para parques de diversión (elementos de protección), caucho pulverizado o granulado que sirven como aditivos a carreteras ecológicas y aplicaciones de ingeniería como son materiales compresibles para juntas de dilatación. Este proceso de transformación del caucho realizado por la empresa Mundolimpio es el siguiente:

- a) Desgarradora de llantas – acero: Extrae el aro de acero de la llanta, obteniendo un acero que es nuevamente aprovechado en las siderúrgicas.
- b) Primer proceso de trituración: Las llantas son puestas en una banda que las dirige a la tolva principal en cuyo interior hay varios juegos de cuchillas de acero de alta resistencia, que cuentan con una capacidad de procesamiento de dos (2) toneladas/hora, de allí se obtienen los trozos de caucho con tamaño aproximado de 120 mm.
- c) Pre-granulador o Rasper: Equipo de molienda secundaria que tiene una capacidad de cuatro (4) toneladas/hora y que alimenta dos granuladores. A partir del pre-granulador es eliminado el acero hasta obtener un producto libre de metal.

d) Planta de granulometría fina: Dos molinos granuladores producen gránulos entre malla 8 y malla 30; uno de los productos de mayor aceptación dentro del mercado mundial utilizado en la construcción de carreteras ecológicas.

e) Extractor de fibra: Un conjunto de ciclones extrae la fibra del material generado por el molino granulador, que puede incorporarse a los procesos de fabricación de artículos de cemento, como tejas entre otros.

f) Extractor de acero: El acero hecho casi polvo es separado del gránulo de caucho en la última etapa, gracias a la presencia de dos electroimanes en línea.

1.1.2.3 Aplicaciones actuales de neumáticos usados.

Las practicas no sustentables para el manejo de llantas usadas es el principal impulsor de los llamados combustibles alternos (CA), para sustituir el uso de combustibles convencionales en hornos de cemento, reemplazar los combustibles fósiles tradicionales con CA reduce las emisiones totales de dióxido de carbono CO_2 dado que, a través de los métodos habituales de disposición, muchos de los CA generan emisiones de CO_2 con contenidos de biomasa que son consideradas como “de emisión neutra de carbono”, de esta forma se han venido experimentando en los hornos de cemento el uso de materiales como los CA y de esta manera evitar la producción y liberación de gas metano.

Otra forma de utilización muy común y que actualmente se le está dando a las llantas usadas trituradas provenientes de procesos mecánicos o criogénicos es su adición al pavimento asfáltico tradicional. La incorporación del grano de caucho reciclado (GCR) en las mezclas asfálticas ha sido de buena aceptabilidad desde hace algunas décadas en muchos países por los buenos resultados en el desempeño de los pavimentos asfálticos.

Existen tres maneras básicas de emplear las llantas trituradas libres de acero y textiles en asfaltos modificados:

-
- Asfalto modificado convencional: La fabricación de este tipo de asfalto consiste en mezclar el caucho con el tamaño de partícula apropiado junto con los demás agregados antes de adicionar el asfalto, y se conoce tradicionalmente como asfalto modificado por vía seca.
 - Asfalto químicamente modificado: Consiste en mezclar el caucho directamente con el pavimento (ligante), con lo cual se consigue una mayor homogeneidad.
 - Uso como relleno de capa asfáltica: El uso de las llantas trituradas como relleno en la capa asfáltica junto con el “recebo” es una aplicación ampliamente extendida ya que mejora las propiedades de flexibilidad e impermeabilidad de la capa.
 - Insonorizante en autopistas: las llantas son trituradas y empacadas en láminas ya sea de polímeros reciclados o láminas metálicas para instalar las barreras según la geometría y la distribución requerida.

1.2 Diseño de mezclas de concreto

El diseño de mezclas de concreto es un proceso que consiste en la selección de ingredientes disponibles (cemento, agregados, agua y aditivos) y la determinación de sus cantidades relativas para producir concreto con el grado requerido de manejabilidad, que al endurecer a la velocidad apropiada adquiere las propiedades de resistencia, durabilidad, peso unitario, estabilidad de volumen y apariencia (Sánchez De Guzmán, 1996).

Se deben establecer las especificaciones del concreto o características que deben cumplir para disminuir el grado de incertidumbre de la dosificación, estas propiedades son las siguientes:

Especificaciones del concreto	
a)	Máximo y mínimo asentamiento
b)	Tamaño máximo y tamaño nominal del agregado
c)	Contenido mínimo de aire incluido, mejorar la durabilidad en ciertos climas
d)	Resistencia a la compresión mínima necesaria, por las condiciones estructurales
e)	Resistencia mínima de sobre diseño
f)	Relación máxima de agua cemento y/o contenido mínimo de cemento
g)	Máximo contenido de cemento para evitar el agrietamiento por exceso de temperatura en concreto masivo
h)	Máximo contenido de cemento para evitar el agrietamiento por contracción en condiciones de baja humedad
i)	Tipos especiales de cemento y agregados
j)	Peso unitario mínimo para presas de gravedad y estructuras similares
k)	Uso de aditivos

Tabla 2 Especificaciones del concreto (Sánchez de Guzmán, 1996).

Los agregados se comercializan por volumen suelto y se dosifican por peso, se debe realizar una conversión utilizando las masas unitarias sueltas de cada material, en la tabla 3 se muestran las proporciones entre el peso, volumen absoluto y volumen suelto de los agregados en mezclas de concreto. Donde se establece que si hay más de un agregado fino o grueso, cada uno se tratará separadamente.

Proporción	Agua	Cemento	Agregado Fino	Agregado Grueso
por peso para 1Kg de cemento (kg)	$A = \frac{A}{c}$	1	f	g
Por peso para 1m ³ de concreto (kg)	$A = \left(\frac{A}{c}\right)c$	C	fca.	pc
Por volumen absoluto para 1kg de cemento (litro)	$A = \frac{A}{c}$	$\frac{1}{Gc}$	$\frac{1}{GF}$	$\frac{g}{Gg}$
Por volumen absoluto para 1m ³ de concreto (litro)	$A = \left(\frac{A}{c}\right)c$	$\frac{c}{Gc}$	$\frac{(fC)}{Gf}$	$\frac{(gC)}{Gg}$
Por volumen suelto para 1kg de cemento (m ³)	$A = \frac{A}{c}$	$\frac{1}{Dc}$	$\frac{f}{Df}$	$\frac{g}{Dg}$
Por volumen suelto para 1m ³ de concreto (m ³)	$A = \left(\frac{A}{c}\right)c$	$\frac{c}{Dc}$	$\frac{(fC)}{Df}$	$\frac{(gC)}{Dg}$
Por volumen suelto para un bulto de cemento (m ³)	$\left(\frac{A}{c}\right)50$	$\frac{50}{Dc}$	$\frac{(f50)}{Df}$	$\frac{(g50)}{Dg}$

Tabla 3 Proporción de peso Volumen absoluto y volumen suelto de los componentes de una mezcla de concreto (Sánchez de Guzmán, 1996).

En donde:

A/C= relación agua cemento

C= contenido de cemento en kg/m³

Gc, Gf, Gg= Peso específico del cemento, del agregado fino y agregado grueso respectivamente en g/cc

Dc, Df, Dg= Masa unitaria suelta del cemento, del agregado fino y grueso respectivamente en kg/m³.

1.3 Propiedades mecánicas del concreto.

1.3.1 Resistencia a la compresión.

La resistencia a la compresión simple es la característica mecánica principal del concreto, la forma de evaluar esta resistencia es mediante pruebas mecánicas que pueden ser destructivas, para lo cual se toman muestras y se hacen especímenes para fallar. La resistencia a la compresión se puede definir como la máxima resistencia medida de un espécimen de concreto a la carga axial, generalmente se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado (kg/cm^2) a una edad de 28 días y se calcula dividiendo la máxima carga soportada por el espécimen durante el ensayo entre el área de la sección transversal promedio NTC 673 (ASTM C39).



Figura 3 Ensayo de resistencia a la compresión.

1.3.2 Resistencia a la flexión.

La capacidad del concreto simple a flexión se evalúa por medio del ensayo de vigas, durante este ensayo el concreto se ve sometido tanto a compresión como a tensión; el ensayo utilizado para determinar la resistencia del concreto a flexión es el de vigas

simples con carga en los tercios medios, los resultados se calculan y reportan como el módulo de rotura y variaran si existen diferencias en el tamaño del espécimen, su preparación, condiciones de humedad, curado, o si la viga ha sido fundida o cortada al tamaño requerido según NTC 2871 (ASTM C 78).



Figura 4 Ensayo de resistencia a flexión.

Si la fractura se inicia en la superficie sometida a tensión dentro del tercio medio de la distancia entre apoyos se calcula el módulo de rotura, como sigue:

$$R = \frac{PL}{bd^2} \text{ Dónde:}$$

R= Módulo de rotura, MPa.

P= Carga máxima aplicada indicada por la máquina de ensayo, N,

L= Distancia entre apoyos, mm.

b= Ancho promedio de la probeta en la fractura, mm.

d= Altura promedio del espécimen en el lugar de la fractura, mm.

Si la fractura ocurre en la superficie sometida a tensión por fuera del tercio medio en la distancia entre apoyos, en no más de un 5% de esta, el módulo de rotura se calcula como sigue:

$$R = \frac{3Pa}{bd^2} \text{ Dónde:}$$

a= Distancia promedio entre la línea de fractura y el soporte más cercano medido en la superficie de la viga sometida a tensión, mm.

Si la fractura ocurre en la superficie sometida a tensión por fuera del tercio medio de la distancia entre apoyos, en más de un 5% de esta, no se debe tener en cuenta el resultado del ensayo.

Los valores de módulo de rotura oscilan entre el $0.10f'_c$ y $0.20f'_c$, según investigaciones experimentales.

El ajuste de un gran número de resultados experimentales, arroja un promedio de $R=2.2\sqrt{f'_c}$, comparado con el de la ACI-02 9.5.2.3 que es $R=2.0\sqrt{f'_c}$.

1.4 Durabilidad del concreto.

Aunque la resistencia a la compresión del concreto es una de su característica más importante en estado endurecido, existen otros aspectos que en un momento dado pueden ser más importantes. Entre ellos, el principal es su durabilidad, que está estrechamente relacionada con las condiciones de exposición al medio ambiente, el cual puede generar deterioro por causas físicas, químicas o mecánicas. De otra parte, puede haber causas internas, tales como la permeabilidad, materiales constituyentes o cambios de volumen debidos a diferencias en propiedades térmicas. A continuación se explican algunos de ellos que son objeto de la investigación (Sánchez de Guzmán, 1996).

1.4.1 Permeabilidad.

La permeabilidad es la capacidad que tiene un material de permitirle a un flujo que lo atraviese sin afectar su estructura interna (agua, aire, vapor de agua o iones) a causa de una diferencia de presión entre las dos superficies opuestas del material, la permeabilidad está determinada por el caudal filtrado de acuerdo con la ley de Darcy, en la cual el flujo es laminar y permanente (Sánchez de Guzmán, 1996).

La permeabilidad del concreto depende de la porosidad de la pasta de cemento y de la porosidad de los agregados, así como de los vacíos causados por una compactación deficiente o por los capilares dejados por el agua de exudación. En el caso de relaciones A/C bajas y con un grado creciente de hidratación del cemento, el volumen de poros grandes se reduce y causa, por lo tanto, una reducción en la permeabilidad de la pasta de cemento endurecida.

En general los concretos permeables o con fisuras que se extienden hacia adentro de la superficie del concreto, contribuyen a la corrosión, ya que se puede proporcionar entrada a la humedad, al aire o a diversos agentes contaminantes. Igualmente ocurre si el concreto ha sido deteriorado por la acción del humedecimiento-secado, congelamiento y deshielo, la acción de ácidos o sulfatos, carbonatación, o cualquier otra cosa que lo haya agrietado y debilitado. En el caso de la carbonatación, adicionalmente a la contracción por secado también puede reducirse la alcalinidad del concreto y por lo tanto reducir su eficacia como medio protector del acero de refuerzo, u otros metales embebidos en él.

1.4.2 Carbonatación.

La carbonatación en el concreto es la pérdida de pH que ocurre cuando el dióxido de carbono CO_2 atmosférico reacciona con la humedad dentro de los poros del concreto y convierte el hidróxido de calcio con alto pH a carbonato de calcio que tiene un pH más neutral. Cuando progresa la carbonatación hacia la profundidad del refuerzo, la capa de óxido protectora y pasivadora del refuerzo deja de ser estable; a este nivel de pH (por

debajo de 9.5), es posible que empiece la corrosión, resultando finalmente en el agrietamiento y rotura del concreto (Montani. R, 2010).

La manera más fácil de detectar la carbonatación en una estructura es romper un pedazo de concreto (preferiblemente cerca de un borde) en donde se sospeche que hay carbonatación. Después de retirar todo el polvo residual del espécimen o del sustrato, se rocea con una solución de 1 a 2 por ciento de fenolftaleína en alcohol sobre el concreto. Las áreas carbonatadas del concreto no cambiarán de color, mientras que las áreas con un pH mayor de 9 a 9.5 adquirirán un color rosado brillante, este cambio muy apreciable de color, muestra la profundidad del "frente" de carbonatación dentro del concreto.

1.4.3 Penetración de cloruros.

La corrosión del acero de refuerzo en el concreto es el problema más común que afecta la durabilidad de las estructuras de concreto reforzado. La corrosión inducida por el ataque de cloruros es uno de los principales mecanismos de deterioro que afecta al funcionamiento de las estructuras sobre todo en ambientes agresivos como las zonas costeras. El concreto es quien se encarga de brindar una protección física y química al acero de refuerzo, evitando la penetración de cloruros que pueden causar despasivación del acero que conlleva a un alto riesgo de corrosión del acero, esta afectación se encuentra directamente relacionada con el tipo de cemento, la relación a/c, la compactación y el curado de la mezcla entre otros; los mecanismos de transporte de los iones cloruro se puede realizar mediante:

- **Difusión:** Transferencia de masa de moléculas libres o iones en la solución de los poros dando como resultado un flujo neto de las regiones de mayor concentración.
- **Succión capilar y absorción:** Es el transporte de líquidos debido a la tensión superficial que actúa en las capilaridades.

-
- Permeabilidad: Es una medida del flujo de líquidos o gases a través de un material poroso causado por una carga de presión.
 - Migración: Es el transporte de iones en electrolitos debido a la acción de un campo eléctrico como la fuerza que impulsa.
 - Adsorción: La adsorción es una fijación de moléculas sobre superficies sólidas debido a las fuerzas de masas en mono o multi-capas moleculares.
 - Modos mixtos: Combinación de los nombrados anteriormente.

Para la evaluación de la penetración de cloruros en concreto con sustitución de caucho se utilizó el mecanismo de transporte por migración, para lo cual se utilizaran los ensayos RCPT y NTBUILD-492, esto con el objetivo de realizar una comparación de resultados entre los dos métodos, a continuación se explica cada uno de ellos.

1.4.3.1 Penetración de cloruros Rapid chloride permeability test RCPT.

Este método de ensayo determina la resistencia del concreto al ingreso de cloruros y se realiza en muestras de concreto cilíndricas de 100mm de diámetro por 50mm de altura, la valoración consiste en cuantificar la cantidad de carga eléctrica que pasa a través de la muestra en un tiempo de 6 horas, para lo cual se aplica un gradiente de potencial eléctrico de 60V que se mantiene a través de los extremos de la muestra, uno de los cuales se sumerge en una solución de Cloruro de Sodio y el otro en una solución de Hidróxido de Sodio. Se ha encontrado que la carga total en Coulombs que pasa a través de la muestra está relacionada con la resistencia de la muestra a la penetración del Ion Cloruro, para lo cual la norma ASTM C1202 clasifica de forma cualitativa los resultados obtenidos de la cantidad de carga que pasa a través de la muestra, como se observa en la tabla 4.

Carga que pasa (Coulombs)	Penetrabilidad al Ion Cloruro	Resultados Típicos
>4000	Alta	$a/c > 0.6$
2000 – 4000	Moderada	$0.40 < a/c < 0.50$
1000 – 2000	Baja	$a/c < 0.40$
100 – 1000	Muy Baja	Concreto modificado con látex o internamente sellado
<100	Despreciable	Concreto con polímeros

Tabla 4 Criterios para interpretación de resultados método ASTM C1202.



Figura 5 Ensayo de resistencia a la penetración de cloruros RCPT.

1.4.3.2 Penetración de cloruros método NTBUILD-492.

Este método de ensayo determina la resistencia del concreto a la penetración del Ion Cloruro y se realiza en muestras de concreto cilíndricas de 100 mm de diámetro por 50

mm de altura; estas muestras son expuestas a una solución de cloruro de sodio en la parte inferior llamado en este caso “Catolito” y en la parte superior a una solución de hidróxido de sodio llamado en este caso “Anolito” como se observa en la figura 6, luego se aplica un potencial eléctrico externo axial a través de la muestra, obligando a los iones de cloruro a penetrar hacia la estructura interna de la misma, después de una cierta duración de la prueba. La muestra es dividida en dos secciones las cuales son rociadas con una solución de nitrato de plata para evidenciar la penetración del Ion Cloruro como se observa en la figura 7. Para esto se toman siete valores de profundidad de penetración con lo cual se calcula el coeficiente de migración que es una medida de aceleración de penetración de los iones en la muestra, a continuación se muestra el montaje típico del ensayo NTBUILD-492.

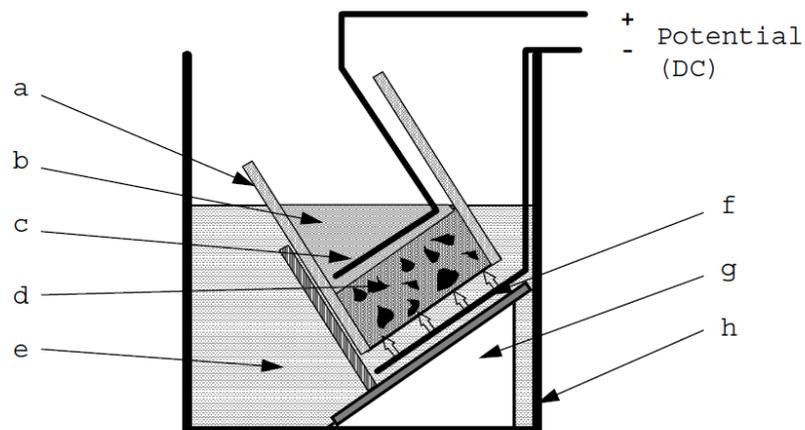


Figura 6 Montaje típico para ensayo penetración de cloruros NT BUILD 492.

De donde:

- | | |
|-----------------------------------|------------------------------|
| a: Aislante en caucho o silicona. | b: Anolito (NaOH) |
| c: Ánodo. (+) | d: Especimen en concreto. |
| e: Catolito. (NaCl) | f: Cátodo (-) |
| g: Soporte plástico. | h: Deposito plástico. |

Luego de realizado el ensayo y de dividir la muestra en dos secciones, se toman siete valores de profundidad de penetración del Ion cloruro dejando a lado y lado 10 mm de recubrimiento para la toma de los datos externos como se observa en la figura 7.

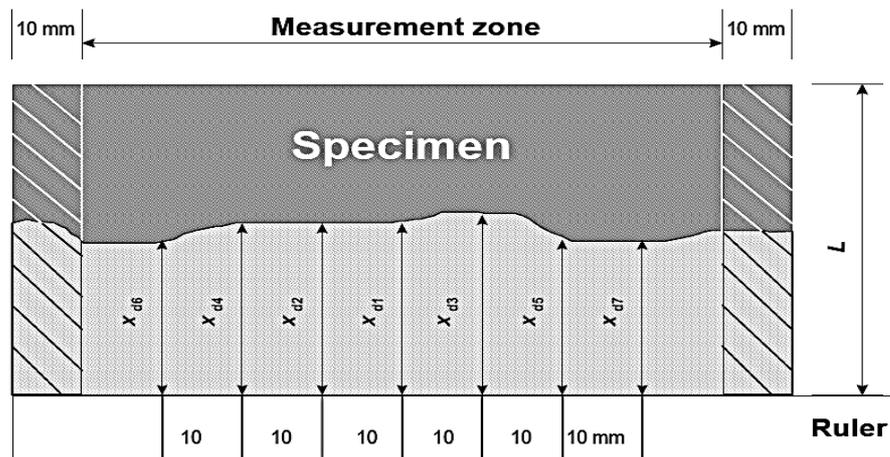


Figura 7 Toma de datos para ensayo penetración de cloruros NT BUILD 492.

Para el cálculo del coeficiente de penetración, se utilizaron las siguientes expresiones:

$$D_{nssm} = \frac{RT}{zFE} * \frac{X_d^{-\alpha} \sqrt{X_d}}{t}$$

Dónde: $E = \frac{U-2}{L}$, $\alpha = 2 \sqrt{\frac{RT}{zFE}} * \text{erf}^{-1} * \left(1 - \frac{2C_d}{C_o}\right)$

D_{nssm} = Coeficiente de penetración, m^2/s ;

z: valor absoluto de iones de valencia, para el cloruro, $z=1$;

F: constante de Faraday, $F= 9.648 \times 10^4 \text{ J}/(\text{V} \cdot \text{mol})$;

U: valor absoluto del voltaje aplicado, V;

R: constante de los gases, $R=8.314 \text{ J}/(\text{K} \cdot \text{mol})$;

T: valor promedio de las temperaturas inicial y final en la solución de anolito, K;

L: espesor de la muestra, m;

t: duración de la prueba, segundos;

x_d : valor promedio de la profundidad de penetración, m;

erf^{-1} : inversa de la función error;

C_d : concentración de cloruros en el cambio de color, $C_d \approx 0.07$ N

C_o : concentración de cloruros en la solución de catódico, $C_o \approx 2$ N.

Ya que: $\text{erf}^{-1} * \left(1 - \frac{2*0.07}{2}\right) = 1.28$, entonces la ecuación simplificada es la siguiente:

$$D_{nssm} = \frac{0.0239(273 + T)L}{(U - 2)T} * \left(X_d - 0.0238 * \sqrt{\frac{(273 + T) * L * X_d}{U - 2}} \right)$$

Dónde:

D_{nssm} = Coeficiente de migración, $\times 10^{-12}$ m²/s;

U: valor absoluto del voltaje aplicado, V;

T: valor promedio de las temperaturas inicial y final en la solución de anolito, °C;

L: espesor de la muestra, mm;

x_d : valor promedio de la profundidad de penetración, mm;

t: duración de la prueba, horas;

1.4.4 Impedancia.

El volumen de agua en el concreto varía de un 60% durante el proceso de mezclado hasta un 40% cuando el cemento está completamente hidratado., Esta agua contiene iones cuya concentración varía con el tiempo en el proceso de fraguado. Adicional a lo anterior, los iones presentes en la mezcla de concreto y que son provenientes del cemento son OH^- , SO_4^{2-} , Na^+ , K^+ , y Ca^{2+} y los iones procedentes del exterior son Cl^- (Rebolledo, 2010).

Los iones varían en función de la relación A/C, composición de cemento, el uso de adiciones o aditivos que favorecen la conductividad de la disolución de la matriz, las mezclas de concreto son materiales porosos compuestos de una fase sólida y una fase porosa. La primera está conformada por partículas de cemento parcialmente hidratadas o no hidratadas, arena y grava. La segunda contiene poros de tamaño muy variado, interconectados (porosidad abierta) o no (porosidad cerrada o bloqueada) que para el primer caso forman canales de conexión con el exterior (Cruz, 2010).

La fase sólida y los productos de hidratación constituyen la interface poro-solución. Los poros se clasifican según el tamaño:

- Poros de gel o productos hidratados, de tamaño inferior a 10 nm (interconectados entre 1 y 10 nm).
- Poros capilares, entre 10 nm y 1 micra, que contribuyen a los procesos de transporte.
- Poros mayores de 1 micra, asociados al contenido de aire atrapado.

Estas propiedades de porosidad tienen su variación durante la hidratación de la mezcla, la cual influye sobre la variación de la tortuosidad de la porosidad abierta y el tamaño medio del poro. Según los estudios realizados, al someter la mezcla a frecuencias medias y bajas (empezando desde 60 Hz hasta 6.5 MHz), se puede reflejar el movimiento de los iones en la solución de poros, el cual está en función de la geometría de la porosidad.

“La resistividad eléctrica en corriente continua de un material poroso es proporcional a la movilidad de los iones en la porosidad conectada”, que como se mencionó anteriormente está en función de la geometría de la porosidad. A mayor resistividad, menor es la movilidad de lones y por ende menor será la permeabilidad, indicando mayor porosidad cerrada (Cruz, 2010).

Para la inspección y evaluación del grado de deterioro de estructuras de concreto, es fundamental utilizar técnicas no destructivas, a fin de evitar daños, una técnica que utiliza señales de corriente alterna es la conocida como espectrometría de impedancias, que ha mostrado excelentes resultados, permitiendo aproximar mecanismos de reacción sin alterar prácticamente las condiciones del sistema. Para el análisis de la respuesta del concreto es necesario conocer que la impedancia (Z) es una oposición al paso de la señal eléctrica y que está basada en la Ley de Ohm (T. Pérez, 2006).

Ley De Ohm: $I = \frac{V_{CH1}}{R}$ Dónde:

I = Corriente medida en amperios.

V_{CH1} = Voltaje medido en voltios

R = Resistencia utilizada para cada ensayo (similar a la resistencia del concreto), ohmios.

Cuando se aplica la señal de voltaje en corriente alterna, se obtiene una respuesta en corriente de acuerdo a las ecuaciones:

$$V = V_{max} * \text{sen}(wt)$$

$$I = I_{max} * \text{sen}(wt + \theta)$$

Donde θ es el ángulo de fase y es muy útil para aproximar las características de los elementos eléctricos a diferentes frecuencias, de esta manera, la señal circula a través de la resistencia del electrolito (R_e) y del capacitor (C_{dl}), y se registrara la (R_{ct}).

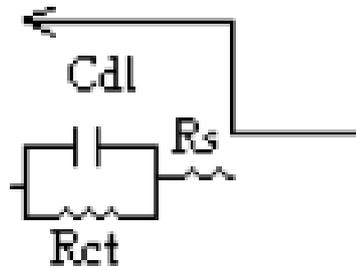


Figura 8 Circuito de una interface al paso de una señal senoidal, T Pérez, 2006.

El ángulo de fase toma valores cercanos a cero, e indica que la impedancia (Z) medida corresponde a una resistencia; al disminuir la frecuencia, el capacitor tarda más en permitir el flujo de corriente y tendrá una caída de potencial, si esta medida de potencial es menor que la resistencia a la transferencia de carga (R_{ct}), la corriente circulara por el capacitor iniciándose un decremento del ángulo de fase. Al continuar disminuyendo la frecuencia, la perdida de potencial será mayor en el capacitor y llegara el momento en que compita con la resistencia a la transferencia de carga (R_{ct}); a estos valores de frecuencia, el ángulo de fase alcanza un máximo y toma valores negativos.

Para otras frecuencias, la resistencia es sustituida por la expresión apropiada de la reactancia (X) del elemento eléctrico, para lo cual se tiene:

$$V_{pico} = i_{pico} * X$$

La reactancia de un capacitor o de un inductor puede ser expresado de varias formas, por ejemplo:

$$X_C = \frac{1}{j\omega C} \quad \text{para un capacitor } C$$

$$X_L = j\omega L \quad \text{para un capacitor } L$$

Donde ω es la frecuencia angular y $j = \sqrt{-1}$. Esta notación permite la representación de una reactancia o la impedancia de una combinación de estas como un vector en el plano real-imaginario en la forma de un diagrama de Argand. De este modo una impedancia

puede ser definida indicando su magnitud $|Z|$ y el ángulo θ especificando las magnitudes de los componentes real e imaginario, como se muestra en la Figura 9.

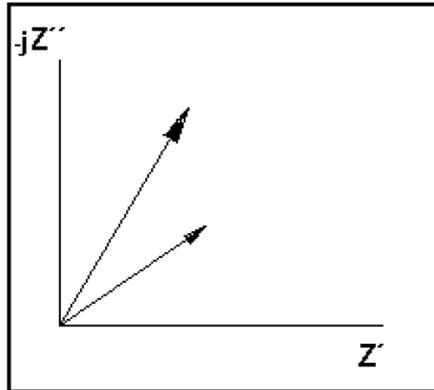


Figura 9 Diagrama de Argand, T Pérez, 2006

Se pueden escribir las siguientes equivalencias:

$$Z' = Z \cos \theta \text{ y } Z'' = Z \sin \theta$$

$$Z = Z' + jZ''$$

Las expresiones contienen ω y por lo tanto la respuesta del circuito depende de la frecuencia de la señal. Esta dependencia con la frecuencia está representada en los diagramas de Nyquist, de este modo, la respuesta a cada frecuencia aparece como un componente real e imaginario, ver Figura 10.

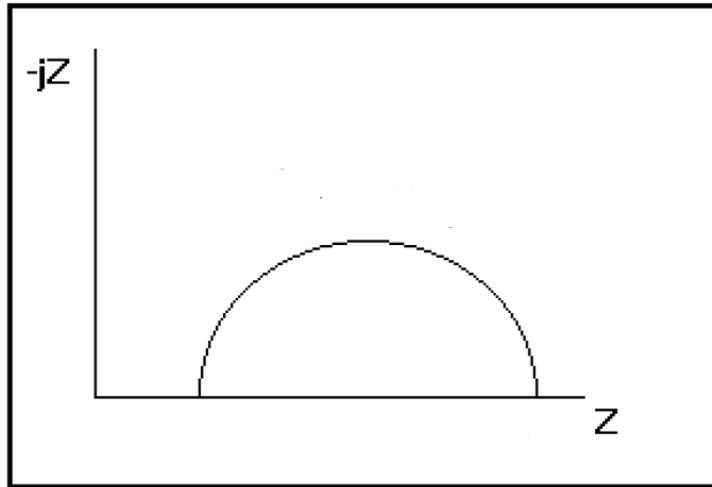


Figura 10 Diagrama de Nyquist para sistemas controlados por activación, T Pérez, 2006

Las mediciones eléctricas tienen grandes ventajas dentro de las cuales se destacan ser no destructivas y poder realizarse automáticamente en cualquier momento con la hidratación del espécimen (Cruz, Paya, Lalinde y Fita, 2011).

El ensayo de impedancia se realizó tomando como base la metodología de la norma Española de Durabilidad Del Concreto (UNE 83988-1) que consiste básicamente en aplicar por medio de dos electrodos diferentes frecuencias de forma directa a los cilindros de concreto de 100 mm x 50 mm curados en agua destilada, estos proporcionan información al relacionar cada una de las frecuencias aplicadas en el ensayo, con el valor de impedancia obtenido por medio de las mediciones de respuesta de potencial, tiempo y corriente. La representación de estos ensayos son mostrados mediante gráficos de Nyquist los cuales son mostrados en el capítulo de resultados y análisis. Dicha información es propia y única en cada material debido a su composición química y a su microestructura (J. Cassiano, 2011).



Figura 11 Ensayo de impedancia.

Así mismo este ensayo permite deducir otras propiedades eléctricas del concreto como lo es la resistividad , este factor sirve como indicador de varios factores como el fraguado, la resistencia mecánica, grado de saturación del concreto, permeabilidad y resistencia al ingreso de sustancia agresivas, finalmente tiene una relación directa con la velocidad de corrosión al indicar el grado de humedad del concreto, por todo ello es un parámetro que permite relacionar la microestructura con la durabilidad del mismo por ello:

$$\rho = R * \frac{A}{L}$$

Dónde:

ρ = Resistividad ($\Omega \cdot m$)

A= Área transversal (m^2)

L=Longitud o espesor de la muestras (m)

2.Estado del arte.

2.1 Generalidades.

Con el desarrollo de políticas sobre protección del medio ambiente a nivel internacional y la adopción de sistemas para la sostenibilidad de la construcción, se planteó el reto del reciclado de desechos y, entre ellos, de los neumáticos. En el campo de la construcción, estos fueron utilizados en un inicio como combustible alternativo en los hornos de cemento y, posteriormente, en menor medida, en la producción de concreto y asfalto.

Inicialmente, los neumáticos se han reutilizado, de una forma más o menos general, colocando nuevas bandas sobre las existentes, "reencauche". Es obvio que este procedimiento tiene un límite y no supone la eliminación del residuo. Los criterios modernos de reciclado o valorización del material han permitido encontrar otras salidas para los neumáticos, como es el caso de su uso eventual en pavimentos de áreas deportivas, pero esta práctica no es muy extendida, en razón de que la evolución tecnológica de los neumáticos ha llevado a que en su configuración se haya incorporado mayor cantidad de metales, lo que afecta su reutilización.

Este residuo se ha venido utilizando desde la década de 1970 en diferentes tipos de aplicaciones: modificación de betunes para el sellado de fisuras de pavimentos, ligantes para tratamientos superficiales, riegos y membranas. Los estados de Florida, California y Arizona, en Estados Unidos, han empleado el polvo de neumáticos en cementos asfálticos con contenidos que varían de 5% a 30%, tanto en mezclas densas como porosas, especialmente en tratamientos superficiales. (LESLIE, 2009).

2.2 Estadísticas de neumáticos desechados en Colombia.

En Colombia es previsible que el problema de los neumáticos en desuso vaya en aumento ya que la cantidad de vehículos particulares y de servicio público se incrementa todos los años. En la tabla 5, se puede apreciar la proyección de llantas en desuso para Colombia (Tomado de: Centro Virtual de Negocios, el mercado importador de llantas en Colombia., 2011).

Mercado Total de llantas importadas a Colombia	
Año	Cantidad de llantas
	Unidades
2006	5'616.000
2007	5'952.000
2008	6'373.000
2009	5'821.000
2010	7'468.000

Tabla 5 Mercado total de llantas importadas en Colombia.

Así mismo el uso y manejo de llantas en la capital de Colombia, es un problema que sigue en aumento ya que la cantidad de vehículos particulares y de servicio público se incrementan todos los años. A continuación se presenta en la tabla 6 la disposición final de las llantas en esta ciudad.

Accion	Servicio		Total
	Particular	Publico	
Deja en el sitio de cambio	72.4%	67.8%	72.0%
Los saca a la basura	12.1%	11.6%	12.0%
Reencauche, reconstruida	3.3%	9.4%	3.8%
Los vende	0.6%	1.3%	0.7%
Se los lleva y los guarda	3.2%	5.7%	3.4%
Regala a recicladores	3.9%	2.3%	3.7%
Sin informacion	4.5%	1.9%	4.3%

Tabla 6 Uso y manejo de llantas Bogotá D.C, tomado de: www.ambientalex.info, 2007.

2.3 Propiedades mecánicas del concreto modificado con caucho.

La fácil adaptabilidad del concreto ordinario a una amplia variedad de usos y aplicaciones lo ha convertido en un verdadero medio universal de construcción, pues ha demostrado tener una versatilidad ajena a cualquier otro material, y tiene la ventaja adicional de que se puede elaborar con componentes que en su mayoría están disponibles localmente (Sánchez De Guzmán, 1996).

Los últimos años las investigaciones para concreto modificado con adición de caucho se han venido realizando en diferentes países (Portugal, España, Venezuela Estados Unidos y Colombia entre otros), concentrando su atención en las propiedades mecánicas y de durabilidad para ser utilizado en nuevas tecnologías de construcción, las cuales no requieren resistencias como las de un concreto normal o de alta resistencia ampliando así su variedad en usos y aplicaciones.

Las formas de fabricación de las diferentes muestras para ensayos han variado en porcentajes y tamaños según cada investigación. A nivel internacional se tiene como ejemplos la investigación realizada en Portugal en donde el caucho fue incorporado al concreto mediante la sustitución en volumen de agregado fino y grueso, con reemplazo de 5, 10 y 15% del volumen total del agregado, este agregado se obtuvo mediante molindas mecánicas y criogénicas para las cuales se hicieron ensayos por separado (Valadares, Bravo & Brito, 2009), posteriormente se hicieron ensayos a la durabilidad con los mismos porcentajes del volumen de agregado (Bravo & Brito 2011) y con los mismos diseños de mezcla. Ensayos realizados en Venezuela en donde el agregado fino y grueso fue reemplazado por caucho en porcentajes del 5%, cambiando el tamaño de este último en fino, grueso y al azar, que era una mezcla de los dos anteriores (Albano, Camacho, Hernández, Bravo & Guevara, 2007), ensayos realizados en España, en donde el agregado fino fue reemplazado por porcentajes de 3.5 y 5% en volumen de caucho (Schultz, Olivares & Bollati, 2004); estudios realizados en Estados Unidos en donde el agregado fino fue reemplazado por grano de caucho, látex sólido y látex líquido y una mezcla de ambos en un 5% (Suk, Lee, Soo & Wook, 1998); investigación realizada en Puerto Rico en donde el agregado grueso fue sustituido en porcentajes de 25%, 50%,

75% y 100% por grano de caucho proveniente de neumáticos (Toutanji, 1996). Estudio realizado en Italia, donde el agregado fino fue reemplazado por partículas de caucho con porcentajes de 0, 15, 30, 50 y 75% (Aiello & Leuzzi, 2010).

A nivel nacional, se han realizado investigaciones de concreto con adición de caucho (Oviedo, Buendía, Ruiz, Gómez & León, 2008), los autores sustituyeron el agregado grueso por tiras de caucho en porcentajes del 5%, 10% y 15%, estas tiras fueron extraídas de la parte lateral de las llantas sin excluir los textiles que poseen estas, los tamaños de estas partículas eran del orden de 50 mm x 4 mm x 2 mm.

Los objetivos principales de estas investigaciones siempre han ido encaminadas a la preservación del medio ambiente con la disminución de llantas y la aplicación de nuevas tecnologías de concretos modificados. A continuación se muestran algunos de los resultados obtenidos en dichas investigaciones y las conclusiones a que se han llegado por parte de los autores.

- **Resistencia a la compresión.**

Cuando se habla de propiedades mecánicas en el concreto, se estudia básicamente la resistencia a la compresión, esta es la propiedad más común de desempeño que utilizan los ingenieros para diseñar diferentes tipos de estructuras. Los resultados de las pruebas de resistencia a la compresión se usan fundamentalmente para determinar que la mezcla de concreto suministrada cumpla con la resistencia especificada de los proyectos y además permite estimar otros parámetros de diseño tales como módulo de elasticidad, resistencia a la tracción, resistencia al corte, etc. (IMCYC. 2006)

Para Valadares et al.(2009), los resultados de los ensayos mecánicos evidencian que la resistencia a la compresión es fuertemente afectada y se ve reducida con el aumento de la adición de volumen incorporado de caucho sin importar si este fue molido de forma mecánica o criogénica. Como se observa en la figura 12, la pérdida de resistencia para 5%, 10% y 15% de reemplazo es del orden de 14% 31% y 49% respectivamente, este comportamiento es lógico comparando la diferencia de rigidez entre los agregados de caucho y los agregados minerales; en cuanto a la evolución de la pérdida de resistencia a compresión a largo plazo, en todas las muestras es más pronunciada en edades tempranas, con el transcurrir del tiempo la resistencia propiedad se ve mejorada.

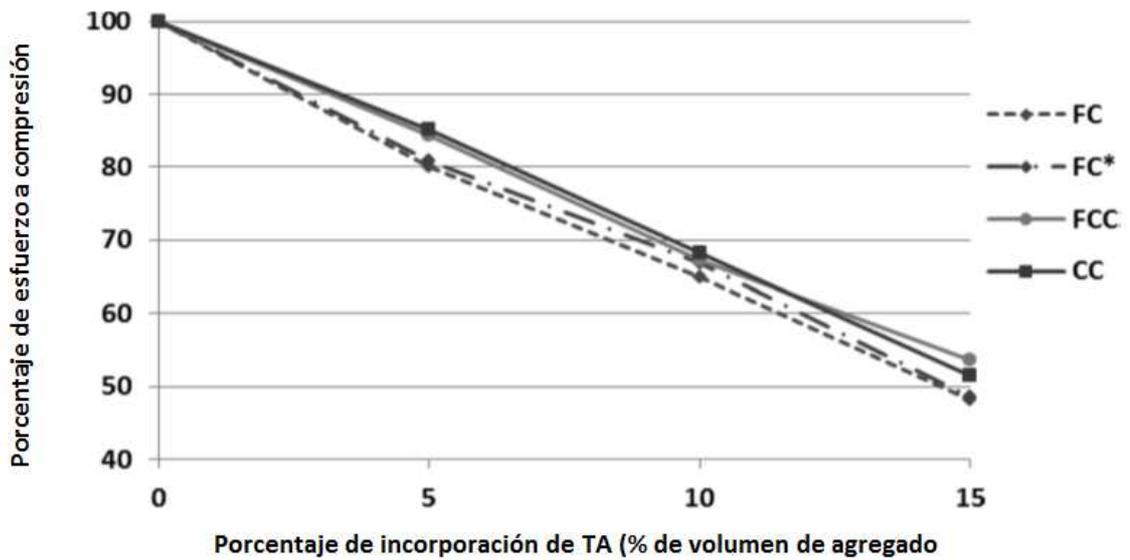


Figura 12 Resistencia a la compresión, (Valadares et al, 2009).

De la misma forma, Albano et al. (2007), muestran una disminución de la resistencia a la compresión en las muestras con caucho fino y grueso entre un 26% y un 31% respecto al concreto tradicional; mientras que la disminución a la resistencia en los cilindros con caucho al azar (grueso + fino) solo disminuye en un 8%, como lo muestra la figura 13.

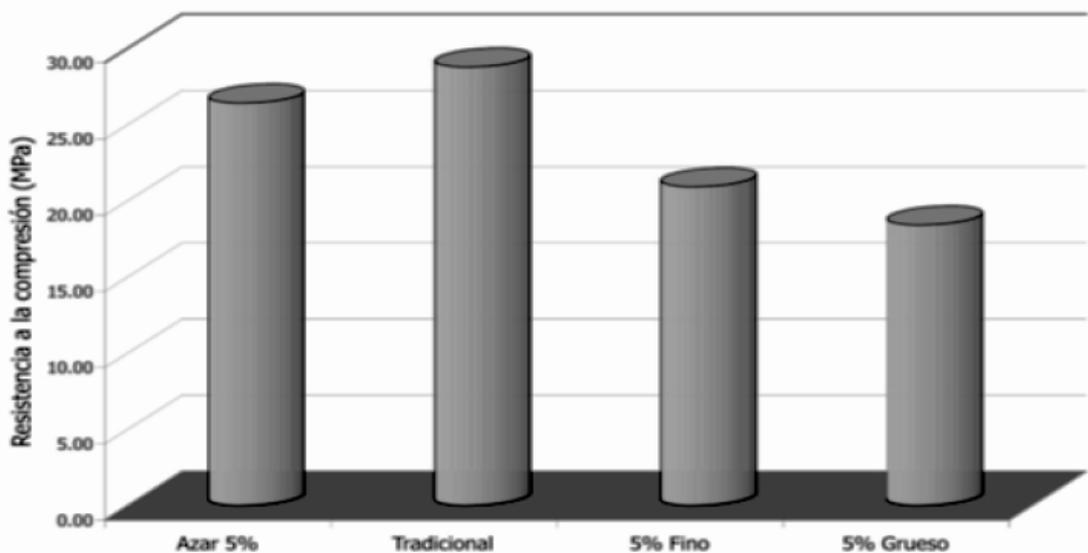


Figura 13 Resistencia a compresión, (Albano et al., 2007).

Schultz et al. (2004), presentan resultados similares a los anteriores en donde se observa disminución de la resistencia a la compresión con el aumento de porcentaje de volumen según tabla 7; para el reemplazo sin caucho la resistencia a la compresión es de 36.34 MPa y al adicionar el 3.5% de caucho la resistencia se ve disminuida a 25.97 MPa. En este estudio el autor no presentan resultados para porcentaje de reemplazo del 5%, sin embargo incluye la columna en la tabla 7.

Lab. de materiales ETSAM	Mezclas sin caucho	Mezcla con caucho 3,5% volumen	Mezcla con caucho 5% volumen
Resistencia a la compresión (MPa)	36.34	25.97	-

Tabla 7 Resistencia a compresión, estudio hecho en España, (Schultz et al., 2004).

Para Suk et al., (1998), la resistencia a la compresión se ve disminuida en un 54.9% con la adición de grano de caucho (SC/R) respecto a la muestra de concreto estándar (SC), certificando los resultados hechos en los países anteriores; como se puede observar en la figura 14. El análisis de los resultados para los demás tipos de concreto no se realiza teniendo en cuenta que tienen adición de látex en sus mezclas.

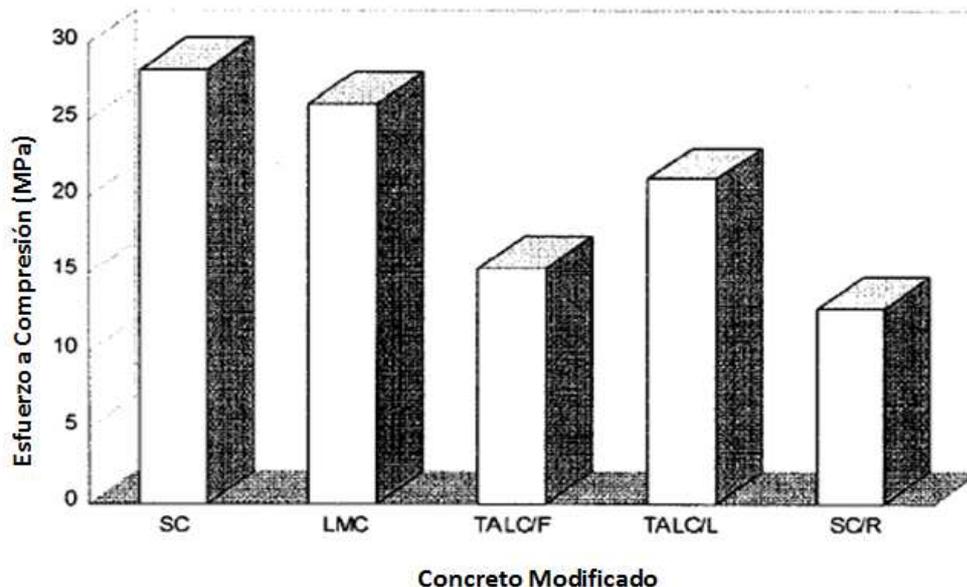


Figura 14 Resistencia a la compresión, (Suk et al., 1998).

Según Toutanji (1996), el efecto de la sustitución del agregado grueso por 25%, 50%, 75% y 100% de virutas de caucho produce pérdidas en la resistencia a la compresión de 39%, 56%, 69 y 75% respectivamente, el autor destaca que el comportamiento no es lineal y presenta más bien un comportamiento similar al de una parábola como se observa en la figura 15.

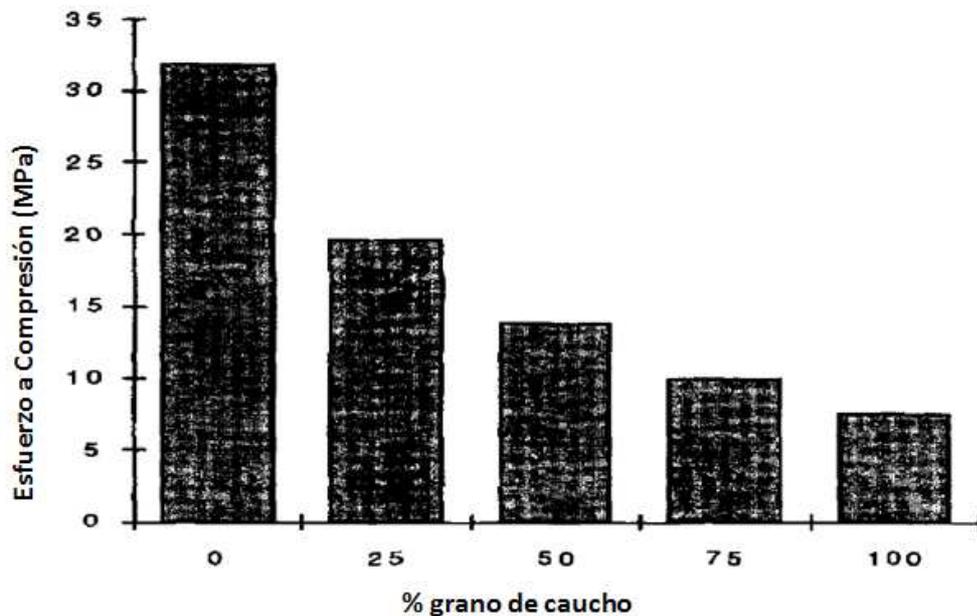


Figura 15 Resistencia a la compresión (Toutanji, 1996).

Los autores Oviedo et al. (2008), presentan resultados similares respecto a los realizados a nivel internacional, en donde la resistencia del concreto a la compresión se ve disminuida con el aumento de porcentaje de adición de caucho que varía de 5%, 10% a 15%; como se puede observar en la figura 16 la disminución de la resistencia es del 11.2%, 17.3% y 38% respectivamente.

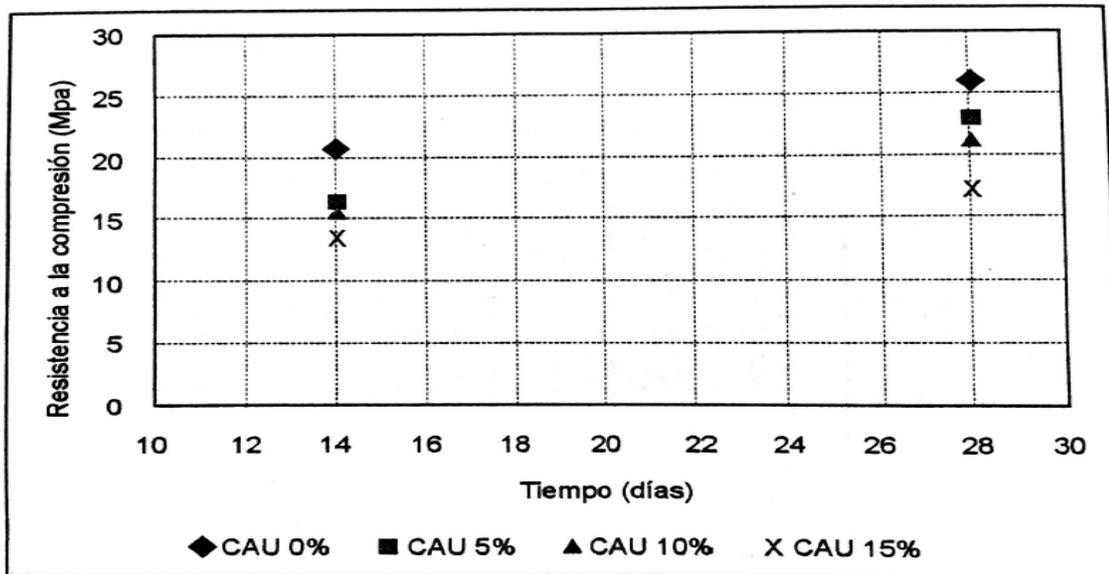


Figura 16 Resistencia a la compresión (Oviedo et al., 2008).

Como era de esperar para Aiello & Leuzzi (2010), la resistencia a la compresión disminuyó progresivamente con el aumento de porcentaje de agregado de caucho con valores de 11.6% para muestras con 15% de sustitución y de 37.1% para muestras con 75% de sustitución, como se observa en la tabla 8 estos resultados confirman nuevamente las investigaciones mencionadas anteriores.

Results of compressive tests – fine aggregates replaced by rubber particles.

No.	Compressive strength ^a (MPa)	COV (%)	St. dev. (MPa)	Decrease (%)
C2	27.11	5.78	±1.57	–
RA2	23.97	1.90	±0.46	11.6
RB2	20.41	1.97	±0.40	24.7
RC2	19.45	6.48	±1.26	28.3
RD2	17.06	3.93	±0.67	37.1

^a Average values of five specimens.

Tabla 8 Resistencia a compresión, (Aiello & Leuzzi, 2010).

- **Resistencia a la flexión.**

Para Schultz et al. (2004), la resistencia a la flexión se ve disminuida con el aumento en porcentaje de adición de caucho, como se observa en la tabla 9 para un concreto con adición de caucho del 3.5% y 5%, la resistencia a la flexión disminuye en un 27.8% y 11.8% respectivamente, siendo mayor la disminución de resistencia para las muestras con el 3.5% contradictorio a lo que se esperaba.

Lab. de materiales ETSAM	Mezclas sin caucho	Mezcla con caucho 3,5% volumen	Mezcla con caucho 5% volumen
Resistencia a la Flexión (MPa)	6.1	4.4	5.38

Tabla 9 Resistencia a la flexión, (Schultz et al., 2004).

Para Oviedo et al. (2008), la resistencia a la flexión disminuye con la adición de caucho del 10% como se observa en la figura 17, la reducción de la resistencia a la flexión es del 6.45%.

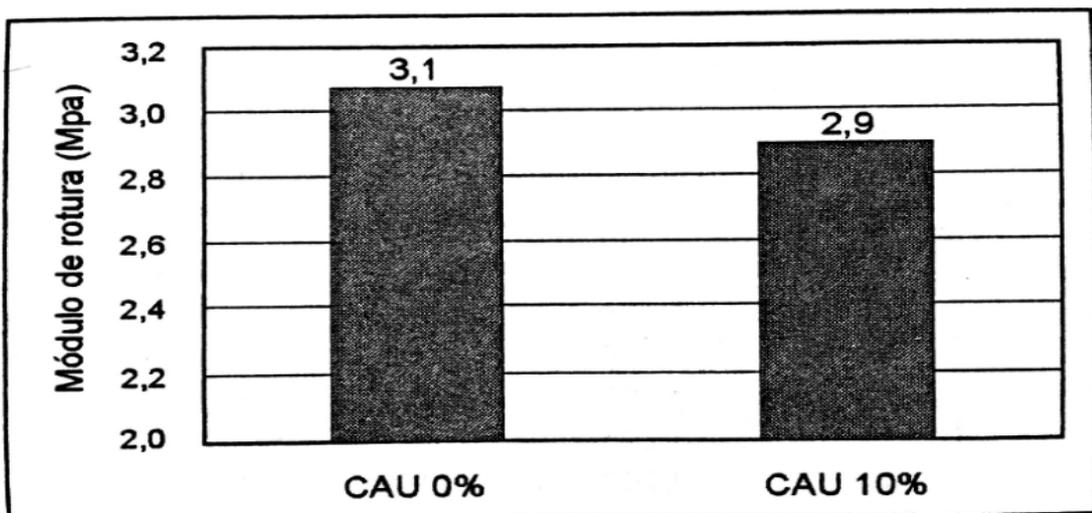


Figura 17 Resistencia a la flexión, (Oviedo et al., 2008).

Para Toutanji (1996), la resistencia a la flexión disminuye con la adición de caucho, aunque destaca que la reducción de esta resistencia es menor que la presentada en los ensayos a compresión, mostrando valores de 7.9%, 17%, 26.3% y 36.8%, para 25, 50, 75 y 100% de sustitución de grano de caucho por agregado grueso respectivamente, como se observa en la figura 18, diferente a los ensayos de resistencia a la compresión, los de flexión tienden a parecerse más a un comportamiento lineal.

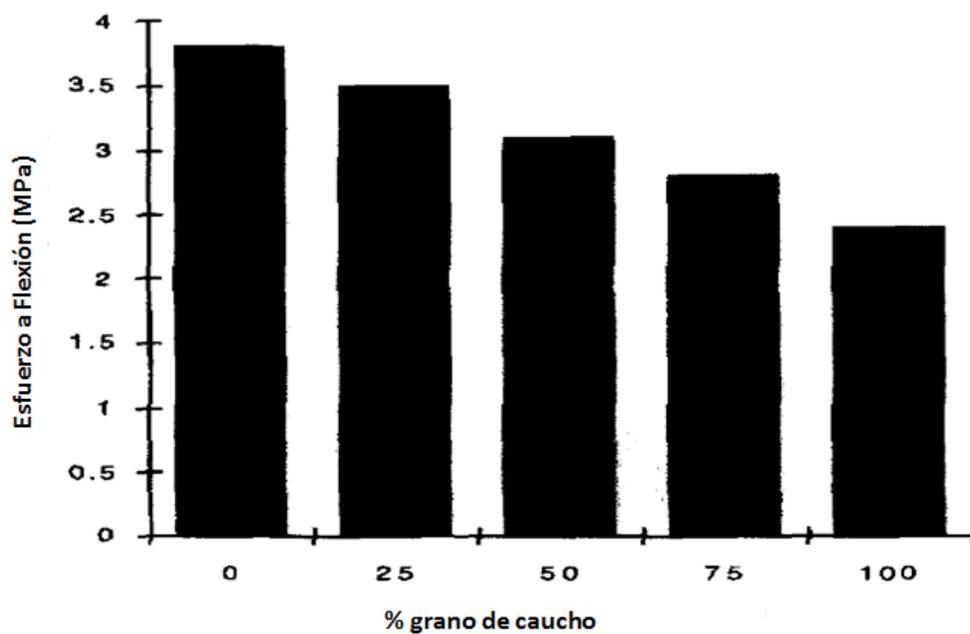


Figura 18 Resistencia a la flexión, (Toutanji, 1996).

En la investigación realizada en Italia por Aiello & Leuzzi (2010), se muestra reducción de la resistencia a la flexión en las muestras con 25, 50 y 75% de sustitución de grano de caucho, respecto a la muestra de referencia, esta disminución se puede observar en la Tabla 10.

Results of flexural tests – fine aggregates replaced by rubber particles.

No.	Flexural strength ^a			Decrease (%)
	f_{cf} (MPa)	COV (%)	St. dev. (MPa)	
C3	5.34	11.15	± 0.60	–
RA3	5.10	4.57	± 0.23	4.49
RB3	5.03	6.10	± 0.31	5.81
RC3	4.95	9.94	± 0.49	7.30

Tabla 10 Resistencia a la flexión, (Aiello & Leuzzi, 2010).

Para Suk et al. (1998), la resistencia a la flexión se ve disminuida con la adición de grano de caucho (SC/R) en un 34% respecto a la muestra de concreto estándar (SC), certificando los resultados hechos en los países anteriores; como se puede observar en la figura 19. El análisis de los resultados para los demás tipos de concreto no se realiza teniendo en cuenta que tienen adición de látex en sus mezclas y en la siguiente gráfica se denotan con la letra “L” inicial de la palabra látex.

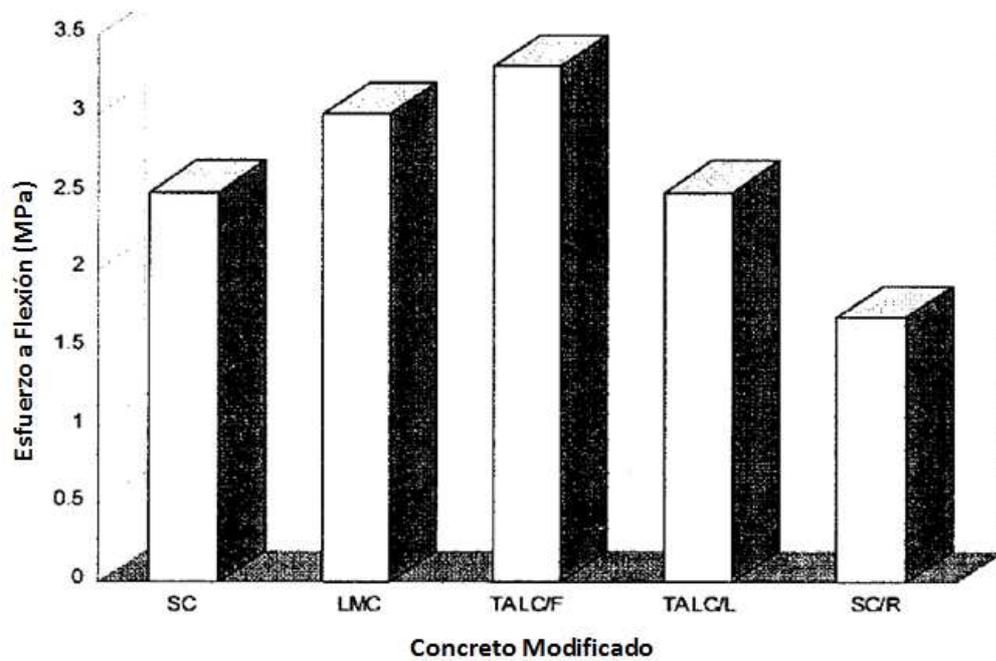


Figura 19 Resistencia a la flexión, (Suk et al., 1998).

- **Módulo de elasticidad.**

Para Valadares et al. (2009), el módulo de elasticidad de todas las mezclas muestra pérdida respecto al concreto de referencia (CC) según figura 20, por lo tanto confirman que esta propiedad mantiene las mismas tendencias para los ensayos de resistencia a la compresión, conclusiones a las que llegan la mayoría de investigaciones mostradas anteriormente.

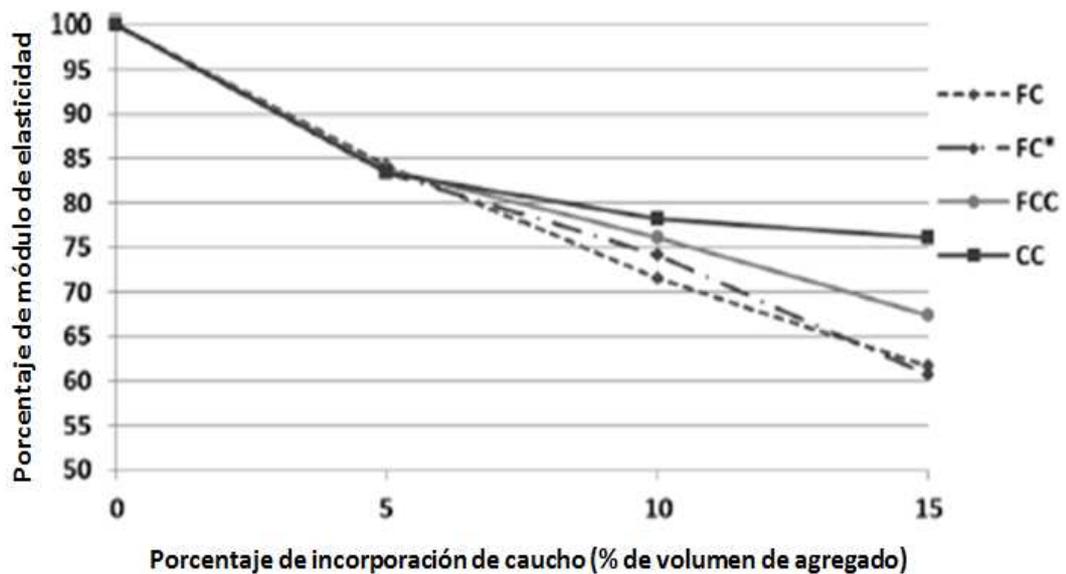


Figura 20 Módulo de elasticidad, (Valadares et al., 2009).

Para Oviedo et al. (2008), el módulo de elasticidad de la mezcla con el 10 % de adición de caucho se redujo en un 20 % respecto al concreto de referencia como se observa en la figura 21; de este ensayo los autores resaltaron que la tendencia en la curva esfuerzo-deformación de la mezcla CAU 10 % sigue siendo lineal, a pesar de tener una adición importante de caucho.

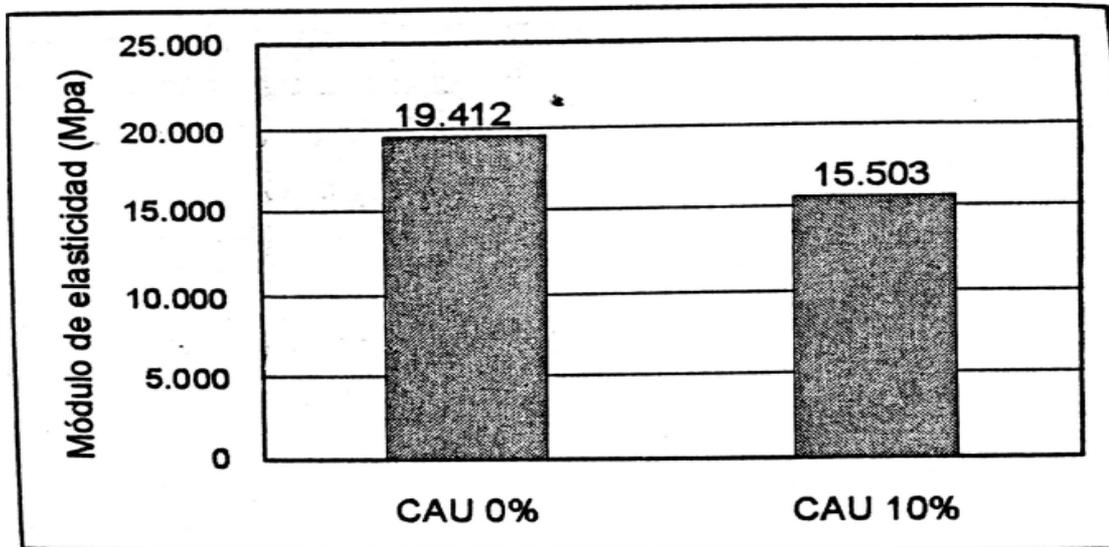


Figura 21 Módulo de elasticidad, (Oviedo et al., 2008).

2.4 Propiedades de durabilidad del concreto modificado con caucho.

La durabilidad del concreto según ACI 318 es la capacidad que tiene este para resistir las acciones del medio, el ataque químico, la abrasión o cualquier otro proceso que pueda causar deterioro; para (Sánchez De Guzmán, 1996), cuando se habla de durabilidad del concreto, esta puede llegar en algunos casos a ser más importante que la resistencia a la compresión, debido a las condiciones de exposición del medio ambiente que puede llevar al concreto al deterioro por causas mecánicas, físicas o químicas.

- **Absorción.**

Para Bravo y Brito (2011) el porcentaje de absorción es directamente proporcional al aumento del porcentaje de caucho, y deducen que los resultados de las pruebas se deben a la poca adherencia entre la pasta de cemento y el agregado de caucho,

permitiendo mayor generación de vías que facilitan el paso de agua y por tanto mayor absorción de agua, se observa que para el aumento en porcentaje del 5, 10 y 15% con agregado de caucho fino la absorción aumenta, figura 22.

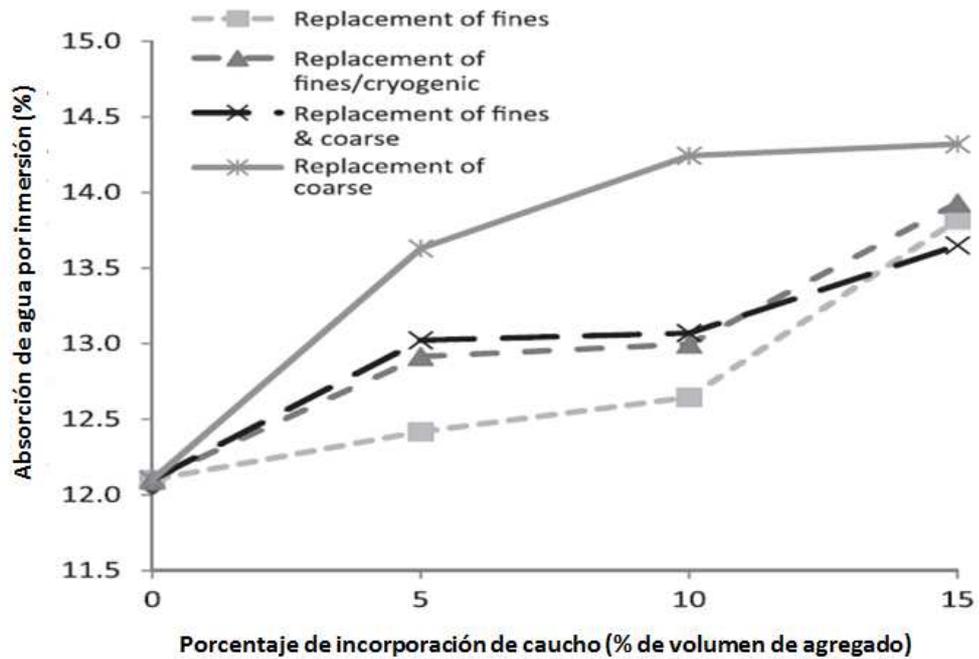


Figura 22 Absorción por inmersión, (Bravo & Brito, 2011).

- **Carbonatación.**

Para Bravo y Brito (2011) la profundidad de frente de carbonatación es directamente proporcional al aumento del porcentaje de caucho como lo muestra la figura 23, y deducen que los resultados de las pruebas se deben a la poca adherencia entre la pasta de cemento y el agregado de caucho, permitiendo que se generen vías de acceso hacia la parte interna de la muestra y por tanto mayor penetración del frente de carbonatación, conclusión similar a la de absorción.

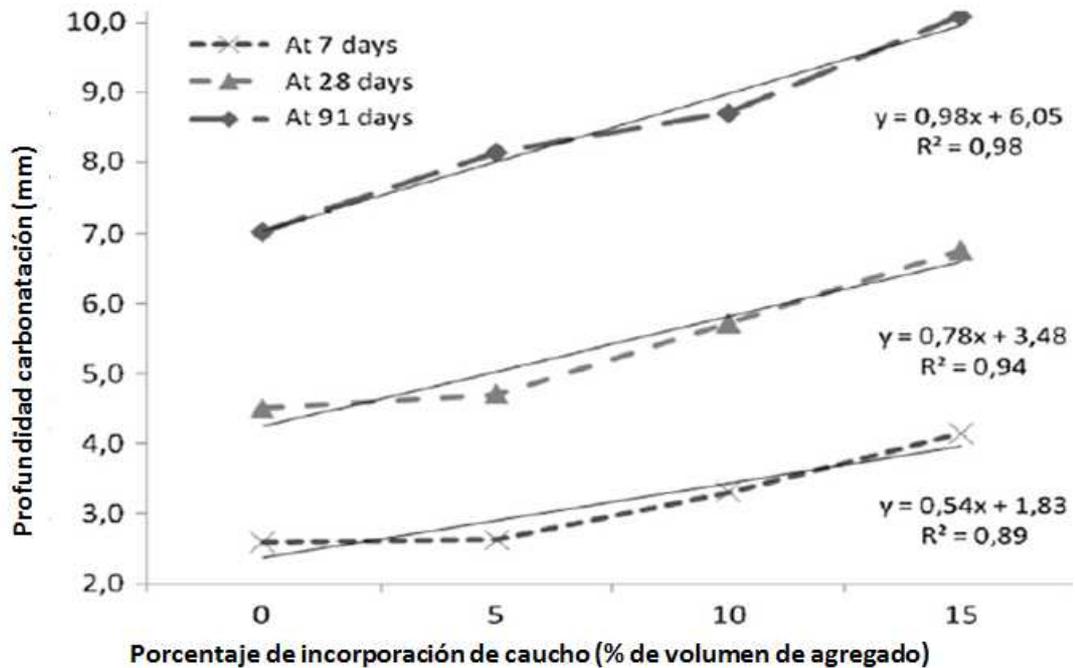


Figura 23 Profundidad de carbonatación, (Bravo & Brito, 2011).

- **Penetración de cloruros.**

Dentro de la investigación de Bravo & Brito (2011), el coeficiente de difusión de migración de cloruros disminuyó para un porcentaje de sustitución del 5%, luego este coeficiente aumentó para porcentajes del 10 y 15%; para los autores estos resultados se deben probablemente a un error experimental durante la producción de las muestras, ya que se esperaba una tendencia similar a la presentada en carbonatación y absorción; las diferencias para las muestras de 5 %, 10 % y 15 % a 28 días respecto al concreto de referencia es 16.5 %, 13.8 % y 0.3 %, y para ensayos a 91 días son de 23.3 %, 11.27 % y 1.5 %, como se observa en la figura 24.

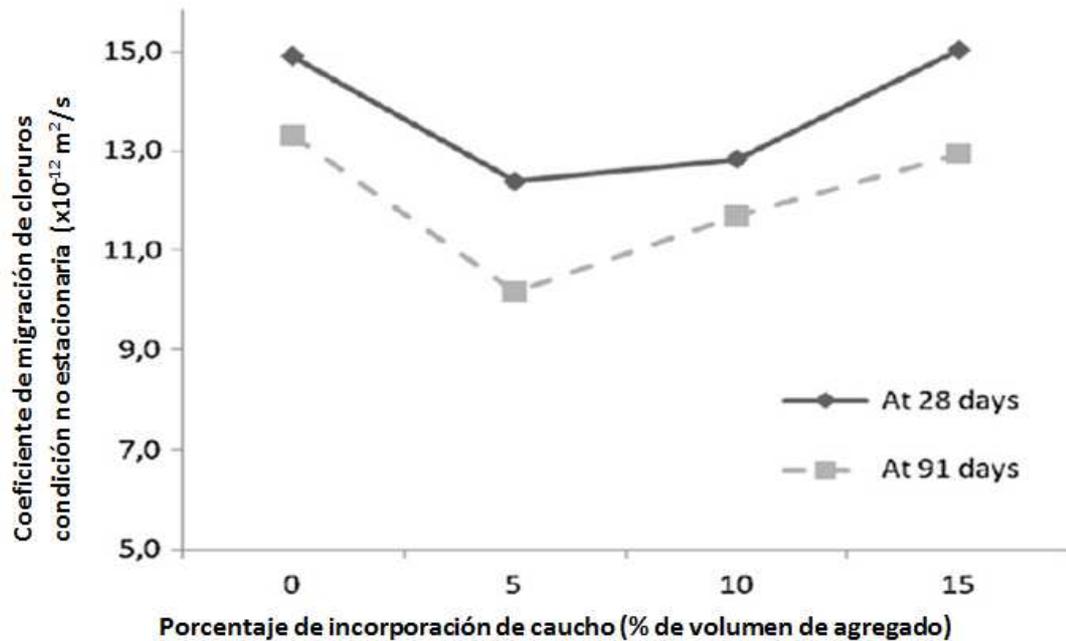


Figura 24 Penetración de cloruros, (Bravo & Brito, 2011).

2.5 Propiedades eléctricas del concreto.

- Resistividad.

Los resultados de una investigación realizada en Taiwán (Yung et al., 2012) en donde el agregado fino fue sustituido por polvo de caucho pasado por tamices #30 y #50 en relaciones de volumen de 5, 10, 15 y 20 %, muestran que con el aumento en porcentaje de sustitución de polvo de caucho las propiedades de resistividad eléctrica se ven mejoradas respecto a la muestra de referencia (sustitución 0%) como se observa en la figura 25, mejorando así su capacidad de resistencia a la corrosión y al paso de sustancias agresivas; como conclusión los autores reportan que las mezclas con adición de polvo que pasaron por el tamiz #30 presentan un mejor comportamiento de resistividad eléctrica respecto a las mezclas con tamiz #50, y mezcla con tamiz #30 y #50.

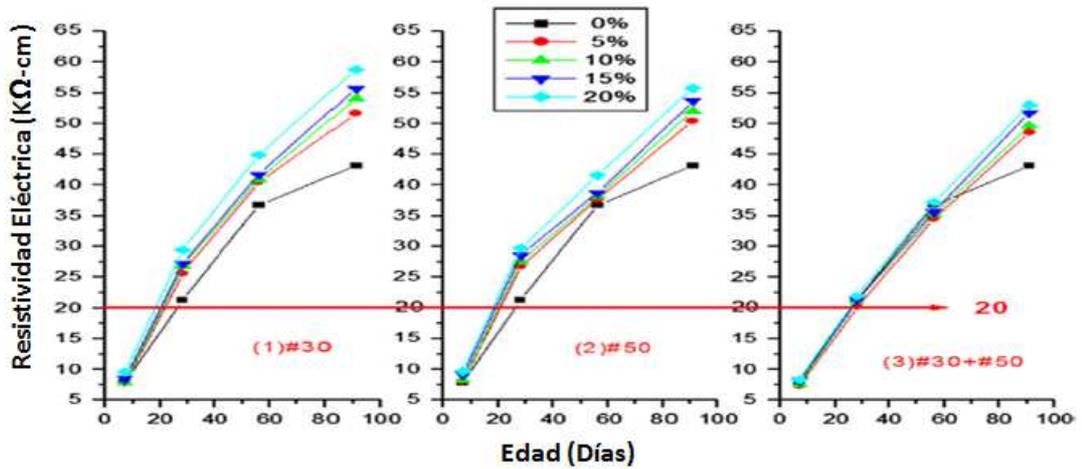


Figura 25 Ensayo de resistividad eléctrica, (Yung et al., 2012).

Investigación realizada en Canadá (Mohammed et al., 2011) en donde el agregado fino fue sustituido por polvo de caucho en porcentajes de 10, 25 y 50%, para elaborar diferentes tipos de mezclas y construir bloques de 390 mm x 190 mm x 190 mm, muestran que con el aumento en porcentaje de sustitución de caucho la resistividad eléctrica de las muestras aumenta según se observa en la figura 26, los autores concluyen que el polvo de caucho funciona como material aislante dentro de la microestructura actuando como una vía de bloqueo para la transferencia eléctrica.

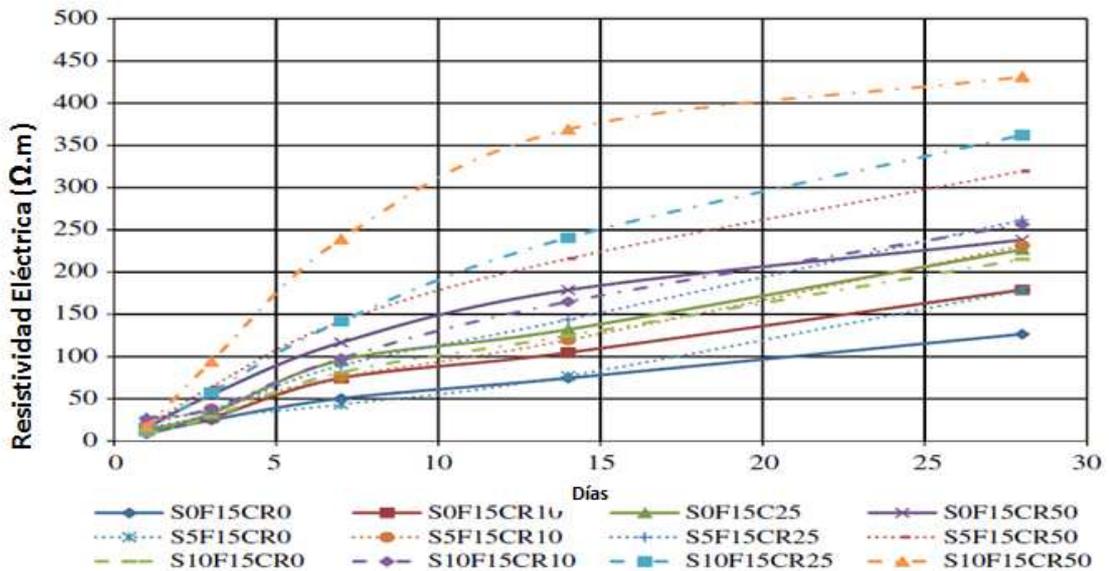


Figura 26 Ensayo de resistividad eléctrica, (Mohammed et al., 2011).

3. Objetivos.

3.1 Objetivo general.

- Valoración de algunas propiedades mecánicas y de durabilidad de concretos con reemplazo parcial de agregado fino, por residuos de llantas.

3.2 Objetivos específicos.

- Documentar los antecedentes del concreto con reemplazo de agregado por residuos de llantas a nivel nacional e internacional.
- Diseñar, elaborar y someter a ensayos los especímenes elaborados con cuatro mezclas de concreto, tres de las cuales serán modificadas con diferentes porcentajes de residuos de llantas, 10 %, 20% y 30 %, y la restante sin adición de residuos comparando sus resultados.

4. Programa experimental.

En este capítulo se detalla el procedimiento desarrollado para la elaboración del concreto modificado con sustitución parcial de caucho proveniente de llantas en desuso. Inicialmente se plantearon los niveles de sustitución en volumen del agregado fino por grano de caucho, los cuales se fijaron en porcentajes de 10, 20 y 30% y la relación A/C de 0.60. Se procedió a la obtención del material agregado proveniente de llantas en desuso, para lo cual la empresa MUNDOLIMPIO de la ciudad de Medellín entrega el caucho como caucho tipo GRASS o granulado, en esta presentación el material fue traído a la ciudad de Bogotá D.C, ver figura 27.



Figura 27 Caucho granulado proveniente de llantas en desuso.

Con la obtención de la totalidad de los materiales, se procedió a la caracterización de los mismos, se determinaron las proporciones mediante diseños de mezcla y se fabricaron los concretos con las diferentes proporciones.

Se realizaron en total 4 tipos de mezclas, la primera sin sustitución de agregado fino, que serviría como muestra de referencia para las otras 3, las cuales tendrían sustitución

parcial de agregado fino por grano de caucho en porcentajes de 10, 20 y 30%, realizando ensayos a 3, 7, 28 y 90 días; el curado de los especímenes se realizó bajo inmersión en agua con cal.

4.1 Caracterización de los materiales.

Se determinaron las propiedades de cada uno de los materiales: cemento, arena, grava, agua y caucho, este último con información técnica del proveedor y granulometría.

- **Cemento.**

El cemento portland Tipo I ARGOS.

- Densidad – NTC 221 (ASTM C188) igual a 2940 kg/m³.
- Consistencia normal - NTC 110 (ASTM C187).
- Tiempos de fraguado (NTC 110).
- Finura – NTC 33 (ASTM C204).

- **Agregado Fino.**

Se utilizó arena de río con las siguientes características.

Norma ASTM C 29-78

- Tamaño máximo – 9.53 mm
- Tamaño máximo nominal – 4.75 mm

Norma ASTM C128-84

- Densidad Aparente – 2.593 g/cm³.
- Densidad Aparente condición saturada y seca – 2.633 g/cm³.

-
- Densidad Nominal – 2.700 g/cm³.
 - Absorción – 1.5%
 - Módulo de finura - 3.10

En el Anexo A se encuentra la curva granulométrica del agregado fino

- **Agregado grueso.**

Se utilizó grava ¾" con las siguientes características.

Norma ASTM C 29-78.

- Tamaño máximo – 19.05 mm
- Tamaño máximo nominal – 19.05 mm

Norma ASTM C128-84

- Densidad Aparente – 2.338 g/cm³.
- Densidad Nominal – 2.600 g/cm³.
- Absorción –4.3%

En el Anexo A se encuentra la curva granulométrica del agregado grueso.

- **Grano reciclado de caucho.**

Caucho granulado de forma irregular.

- Tamaño – 0.6 a 2.5mm
- Densidad – 1.109 g/cm³
- Densidad bulk – 0.5479 ± 0.0003 g/ cm³

En el Anexo A se encuentra la curva granulométrica del agregado grueso.

4.2 Diseño de mezclas para ensayos.

Para el desarrollo de la investigación se utilizó una relación agua/cemento igual a 0.60, la cual equivale a una resistencia a la compresión de 21 MPa (3000 psi) aproximadamente, el agregado fino para la mezcla de concreto inicialmente se dosificara con base en su volumen y posteriormente en peso, esto debido a la diferencia de densidades entre la arena y el caucho granulado, el resto de los componentes se dosificarán en peso, evitando errores al no tenerse en cuenta el grado de abultamiento, compactación de las partículas, grado de saturación o humedad de los agregados.

el agregado fino fue sustituido parcialmente en unidades de volumen por grano de caucho en porcentajes de 10, 20 y 30%.

A continuación se muestra la tabla resumen de dosificación de mezclas de concreto con 0, 10, 20 y 30% de adición de caucho reciclado proveniente de llantas en desuso, teniendo en cuenta las correspondientes correcciones que se hicieron por humedad y absorción, ver tabla 11. Las tablas utilizadas en el diseño de mezcla se pueden observar en el anexo B.

Ingrediente	Muestra 0% caucho	Muestra 10% caucho	Muestra 20% caucho	Muestra 30% caucho
Cemento - (kg/m³conc)	350	350	350	350
Agua - (Lt/ m³conc)	210	210	210	210
Agregado Grueso - (kg/m³conc)	911	911	911	911
Agregado Fino - (kg/m³conc)	729,4	604,7	531,7	458,8
Caucho (Tipo Grass) - (kg/m³conc)	0	31,2	62,4	93,6

Tabla 11 Dosificación de mezclas para ensayos.

Para cada mezcla se realizaron ensayos de asentamiento según norma NTC 396 (ASTM-143), figura 28; estos resultados son mostrados en la tabla 12, en donde el menor y mayor asentamiento se presentó en la mezcla correspondiente al 20% y 30% respectivamente.



Figura 28 Medición de asentamiento en muestras.

ASENTAMIENTOS				
MEZCLA	0%	10%	20%	30%
cm	14	13	11,1	14,5

Tabla 12 Datos de medición de asentamiento de mezcla muestras 0%, 10%, 20% y 30%.

Una vez realizados los ensayos de asentamiento, se procedió a conformar cada una de los especímenes requeridos para efectuar los ensayos de laboratorio respectivos, utilizando la nomenclatura mostrada en la tabla 13.

Mezcla	% de agregado caucho.
AT0	0%
AT10	10%
AT20	20%
AT30	30%

Tabla 13 Nomenclatura de los especímenes.



Figura 29 Producción de especímenes.

La elaboración y curado de los especímenes, así como las normas utilizadas en los diferentes ensayos se presentan a continuación:

- **Módulo de elasticidad.**

El ensayo de módulo de elasticidad se realizó según la Norma Técnica Colombiana NTC 4025 (ASTM-C469), en especímenes con edades de 3, 7, 28 y 90 días, se utilizaron 3 muestras de concreto cilíndricas de diámetro 100 mm y altura 200 mm por cada tipo de mezcla. Para este ensayo se utilizaron deformímetros de precisión de 10^{-2} mm (ver figura 30).

- **Resistencia a la compresión.**

El ensayo de resistencia a la compresión se realizó de acuerdo a la norma NTC 673 (ASTM C39), en especímenes con edades de 3, 7, 28 y 90 días, se utilizaron 3 muestras de concreto cilíndricas de diámetro 100 mm y altura 200 mm por cada tipo de mezcla. Para este ensayo se utilizó una prensa hidráulica de 200 toneladas (ver figura 30).



Figura 30 Ensayo resistencia a la compresión.

- **Resistencia a la flexión.**

El ensayo de resistencia del concreto a la flexión se hizo utilizando vigas simplemente apoyadas con carga en los tercios medios, se realizó en especímenes con edades de 28 días (Figura 31) y de acuerdo a la norma NTC 2871, utilizándose 3 muestras de concreto de 150x150x500 mm por cada tipo de mezcla.



Figura 31 Ensayo resistencia a la flexión.

- **Absorción superficial.**

El ensayo de absorción superficial inicial ISAT (Initial Surface Absortivity Test) se realizó mediante la norma BS 1881 part 5, en especímenes con edades de 28 y 90 días de curado (Figura 32), de acuerdo con la norma BS 1881 en 3 muestras de concreto cilíndricas de diámetro 100 mm y altura 150 mm por cada tipo de mezcla.



Figura 32 Ensayo de absorción ISAT.

- **Penetración de cloruros RCPT.**

El ensayo de permeabilidad al ion cloruro se realizó en especímenes con edades de 28 y 90 días (Figura 33), de acuerdo con la norma ASTM C1202 (ASSHTO T277), en 3 muestras de concreto cilíndricas de diámetro 100 mm y altura 50 mm por cada tipo de mezcla.

Para cada muestra se realizó un pre-acondicionamiento que consistió en sellar el perímetro con Sikadur-32, dejándolo secar para luego mantenerlo durante 24 horas en agua destilada, posteriormente se introdujeron en la bomba de vacío durante 18 ± 2 horas, para luego ser montadas en el equipo de ensayo incorporando NaCl al 3% y NaOH de 0.3M, la duración total del ensayo fue de seis horas, tiempo en cual se registraron los datos automáticamente en el procesador.



Figura 33 Ensayo de absorción ISAT.

- **Penetración de cloruros. NT BUILD 492.**

Los ensayos se realizaron según la norma Nordtest Method NT Build 492 Approved 1999-11, en 3 muestras de concreto cilíndricas de 100 mm de diámetro por 50 mm de altura para cada tipo de mezcla, en edades de 28 y 90 días (Figura 34), la metodología del ensayo es el siguiente:

Preparación de la muestra de ensayo: La muestra se debe cortar de 10 a 20 mm en uno de sus extremos, luego cortar el espécimen a ensayar con un espesor de $50 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$, la superficie del extremo que estaba más cerca de la capa más externa es la expuesta a la solución de cloruro (católico NaCl).

Pre-condicionamiento de la muestra: Después de ser cortada la muestra, se debe lavar, limpiar y esperar a que las superficies se encuentren secas, luego colocarlas en el contenedor vacío para el tratamiento en vacío (ambas superficies finales deben quedar expuestas), reducir la presión absoluta en el contenedor vacío a una presión del rango de 10-50 mbar (1 a 5 kPa). Mantener el vacío durante tres horas, luego manteniendo el vacío de 1 a 5 kPa con la bomba funcionando, llenar el recipiente hasta saturar la muestra con $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (mediante la disolución de un exceso de hidróxido de calcio en agua destilada o desionizada), Mantener el vacío por una hora más, luego permitir que el aire vuelva entrar en el contenedor y mantener las muestras en la solución durante 18 ± 2 horas.



Figura 34 Pre-acondicionamiento de muestras NTBUILD-492.

Procedimiento de ensayo: Preparar la solución catolito con agua del grifo (100 g de NaCl en 900 g de agua) y la solución anolito NaOH en agua destilada o desionizada (12 g de NaOH en 1 litro de agua). Llenar el depósito con el católico, colocar la muestra en el cilindro de caucho asegurando las abrazaderas si la superficie curva no es uniforme, garantizar que no se produzcan fugas aplicando una línea de sellador de silicona para mejorar la estanqueidad del sistema, llenar por encima de la muestra de concreto con la solución de anolito conectar el cátodo (solución en la parte inferior de la muestra) al polo negativo y el ánodo (solución en la parte superior de la muestra) al polo positivo de la fuente de alimentación.



Figura 35 Conexión de ánodo y cátodo en espécimen de ensayo.

Encender la unidad, con la tensión de preselección a 30 V, y registrar la corriente inicial a través de cada muestra y la temperatura inicial en la solución anolito, elegir la duración de la prueba apropiada de acuerdo a la corriente inicial, ver Tabla 14.

Initial current I_{30V} (with 30 V) (mA)	Applied voltage U (after adjustment) (V)	Possible new initial current I_0 (mA)	Test duration t (hour)
$I_0 < 5$	60	$I_0 < 10$	96
$5 \leq I_0 < 10$	60	$10 \leq I_0 < 20$	48
$10 \leq I_0 < 15$	60	$20 \leq I_0 < 30$	24
$15 \leq I_0 < 20$	50	$25 \leq I_0 < 35$	24
$20 \leq I_0 < 30$	40	$25 \leq I_0 < 40$	24
$30 \leq I_0 < 40$	35	$35 \leq I_0 < 50$	24
$40 \leq I_0 < 60$	30	$40 \leq I_0 < 60$	24
$60 \leq I_0 < 90$	25	$50 \leq I_0 < 75$	24
$90 \leq I_0 < 120$	20	$60 \leq I_0 < 80$	24
$120 \leq I_0 < 180$	15	$60 \leq I_0 < 90$	24
$180 \leq I_0 < 360$	10	$60 \leq I_0 < 120$	24
$I_0 \geq 360$	10	$I_0 \geq 120$	6

Tabla 14 Tensión de ensayo y duración de la prueba, NORDTEST NT BUILD 492.

Después de una cierta duración del ensayo que dependerá de la corriente inicial y el voltaje que pasa a través de la prueba (Figura 36), se debe registrar la corriente y la temperatura final, posteriormente la muestra es cortada o dividida axialmente, para luego rociar con solución de nitrato de plata y de esta manera determinar la profundidad de penetración de cloruros. Por último se realizó una comparación de resultados con el ensayo RCPT tomando la carga inicial y final que pasa a través de la muestra y observando la correlación entre ambas pruebas como se evidencia en el capítulo de análisis y resultados.



Figura 36 Ensayo de penetración de cloruros NT BUILD492.

- **Carbonatación.**

El ensayo de profundidad de carbonatación se realizó en 3 especímenes de cada tipo de mezcla, con edades de 28 y 90 días, en muestras cilíndricas de 75 mm de diámetro por 150 mm de altura, según la norma UNE EN 13295.

Cuando los especímenes de concreto cumplieron la edad de curado, se extrajeron del estanque y sus caras fueron impermeabilizadas con SIKAFILL 5; luego del secado los especímenes de concreto fueron expuestos a un ambiente de mayor concentración de CO_2 al 4 %, humedad relativa del 65% y temperatura de 25 grados dentro de una cámara de carbonatación.

El espesor de la capa carbonatada se llama “profundidad de carbonatación”, para determinar dicho espesor luego de estar 28 y 90 días en la cámara de carbonatación se sacaron las muestras y se rociaron con un indicador de pH, en este caso disolución del 1% de fenolftaleína en alcohol etílico, Esta solución es incolora para valores de pH inferiores a 8.5, para valores de pH superiores a 9.5 el indicador adquiere una coloración de color rosa al rojo-purpura.

La recopilación de datos se realizó tomando 8 mediciones radiales del frente de carbonatación (Figura 37). Teniendo estos valores se obtuvo el promedio de las mediciones por cada espécimen según la norma UNE EN 13295.



Figura 37 Penetración frente de carbonatación.

- **Impedancia.**

Los ensayos se realizaron según la norma española UNE 83988-1 en 3 muestras de concreto cilíndricas de 100 mm de diámetro por 50 mm de altura para cada tipo de mezcla, el curado de las muestras tuvieron edades de 28 y 90 días, antes de la realización del ensayo, las muestras fueron pre-acondionadas mediante la inmersión en agua destilada por un tiempo de 24 horas (ver figura 38).



Figura 38 Pre-acondicionamiento de la muestra.

La metodología de ensayo utilizada fue la siguiente: Se midió la resistencia de cada muestra (figura 39), de esta manera se determinó la resistencia a utilizar en el circuito,

buscando siempre que el valor de esta fuera muy similar al de la muestra de concreto. Se aplicaron por medio de dos electrodos corriente con diferentes frecuencias de forma directa a los cilindros, colocando la muestra a presión por medio de dos superficies de acero ubicados en caras opuestas de la muestra como se observa en la figura 11, La finalidad es aplicar una carga de 2 kg aproximadamente mediante la presión de tres resortes ubicados sobre los extremos de las placas (ver figura 40).

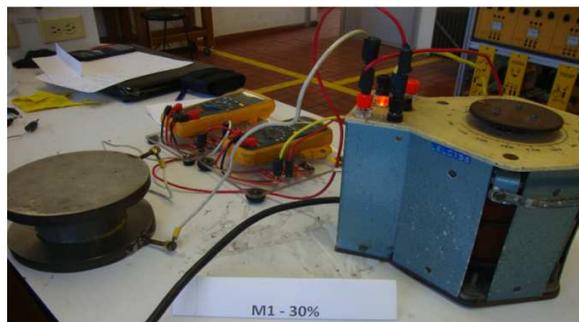


Figura 39 Resistencia de la muestra de ensayo

Las frecuencias que se aplicaron mediante un generador de ondas, son las siguientes: 60Hz, 600Hz, 1E3Hz, 6E3Hz, 8E3Hz, 10E3Hz, 20E3Hz, 30E3Hz, 40E3Hz, 50E3Hz, 60E3Hz, 70E3Hz, 80E3Hz, 90E3Hz, 100E3Hz, 200E3Hz, 300E3Hz, 400E3Hz, 500E3Hz, 600E3Hz, 700E3Hz, 800E3Hz, 900E3Hz, 1MHz, 2MHz, 3MHz, 4MHz, 5MHz, 6MHz y 6.5MHz. Se aplicaron las mismas frecuencias usadas en el trabajo de investigación denominado "Valoración de propiedades eléctricas del concreto y su correlación con algunas propiedades mecánicas y de durabilidad" llevado a cabo en la Escuela Colombiana de Ingeniería "Julio Garavito" (Cassiano, 2010).

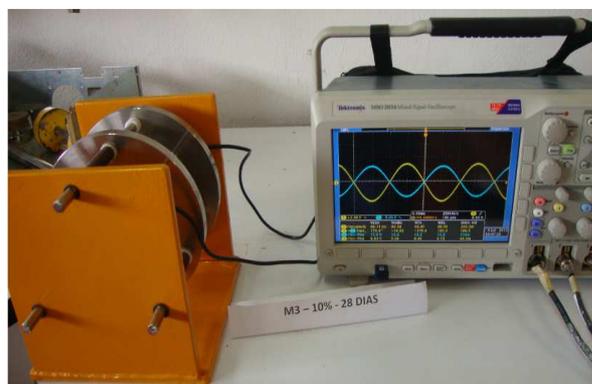


Figura 40 Ensayo de impedancia.

Se tomaron cinco datos del pico de voltaje para las ondas de corriente y de potencial generadas en el osciloscopio y el ángulo de desfase entre dichas ondas, como se observa en la figura 40. Las mediciones indicadas se realizaron para cada frecuencia de ensayo.

5. Resultados y análisis.

5.1 Propiedades mecánicas del concreto con sustitución de caucho.

5.1.1 Resistencia a compresión f'_c .

En la tabla 15 se presentan los resultados de las resistencias a la compresión, correspondiente al promedio de tres muestras por cada edad de ensayo, los resultados completos de los ensayos se podrán observar en el Anexo C.

MUESTRA	3Dias	7Dias	28Dias	90Dias
	MPa	MPa	MPa	MPa
0%	9.3	12.2	20.4	28.1
10%	7.8	9.5	15.4	21.5
20%	8.5	11.5	16.5	21.0
30%	4.1	6.2	9.5	12.2

Tabla 15 Valores promedio de resistencia a la compresión f'_c .

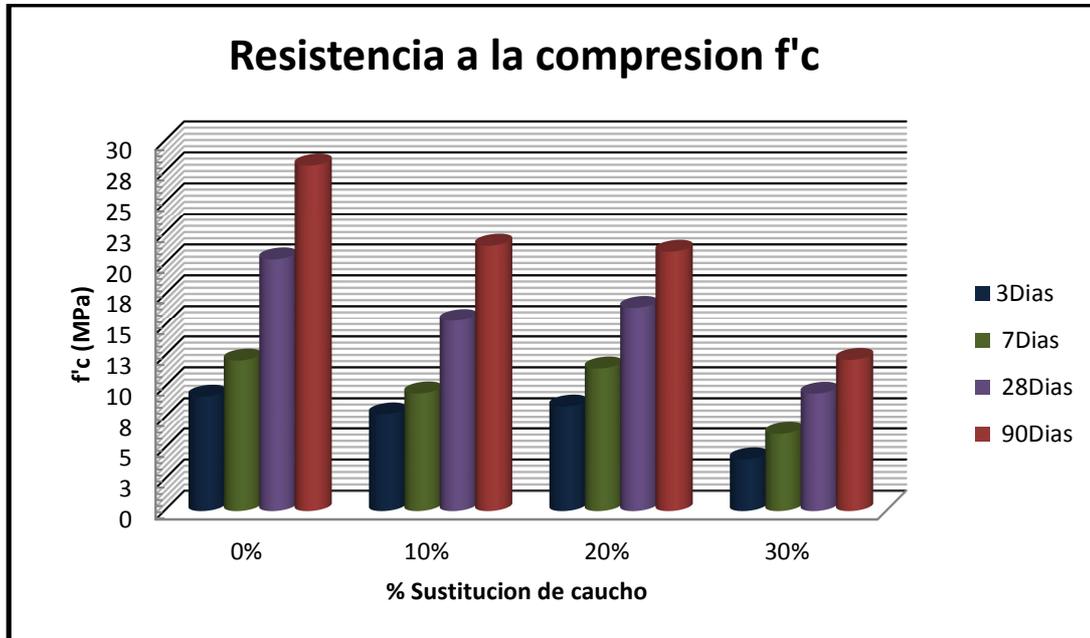


Figura 41 Evolución de la resistencia a la compresión.

Como se observa en la figura 41 la resistencia a la compresión se ve disminuida con el aumento de porcentaje de sustitución de caucho, sin embargo esta propiedad mejora con los ensayos realizados a largo plazo, siendo similares los resultados concluyentes a las investigaciones realizadas por Valadares et al. (2009), Tountanji (1996), Suk et al. (1998), Bravo & Brito (2011) y especialmente Oviedo et al. (2008) para el cual la pérdida de resistencia correspondiente al 10% que es muy similar.

Sin embargo de las tres muestras (10, 20 y 30 % de sustitución de caucho) la de mejor comportamiento son las de 10% de sustitución de caucho, en las que los resultados de resistencia a la compresión no disminuyen en gran proporción en edades de 28 días; para edades mayores su resistencia se ve disminuida en un 21 %.

La totalidad de las muestras con sus respectivos porcentajes de adición de caucho, muestran mayor resistencia a la compresión con el pasar de los días, tendencia que resulta lógica de acuerdo a las teorías enunciadas por Valadares et al. (2009), Tountanji (1996), Suk et al. (1998), Bravo & Brito (2011) y Oviedo et al. (2008).

5.1.2 Módulo de elasticidad.

Esta propiedad se evaluó siguiendo los parámetros establecidos en la ASTM C469 (NTC 4025); en la tabla 16 se presentan los resultados de valores promedio del módulo de elasticidad para edades de 28 y 90 días, para las diferentes muestras (0, 10, 20 y 30 %).

MUESTRA	E _c ensayos		E _c estimativo NSR-10	
	28 días	90 días	28 días	90 días
	MPa.	MPa.	MPa.	MPa.
0%	19500	27200	21200	24900
10%	19200	24200	18500	21800
20%	21900	26500	19000	21500
30%	13300	15600	14500	16500

Tabla 16 Valores promedio módulo de elasticidad E_c.

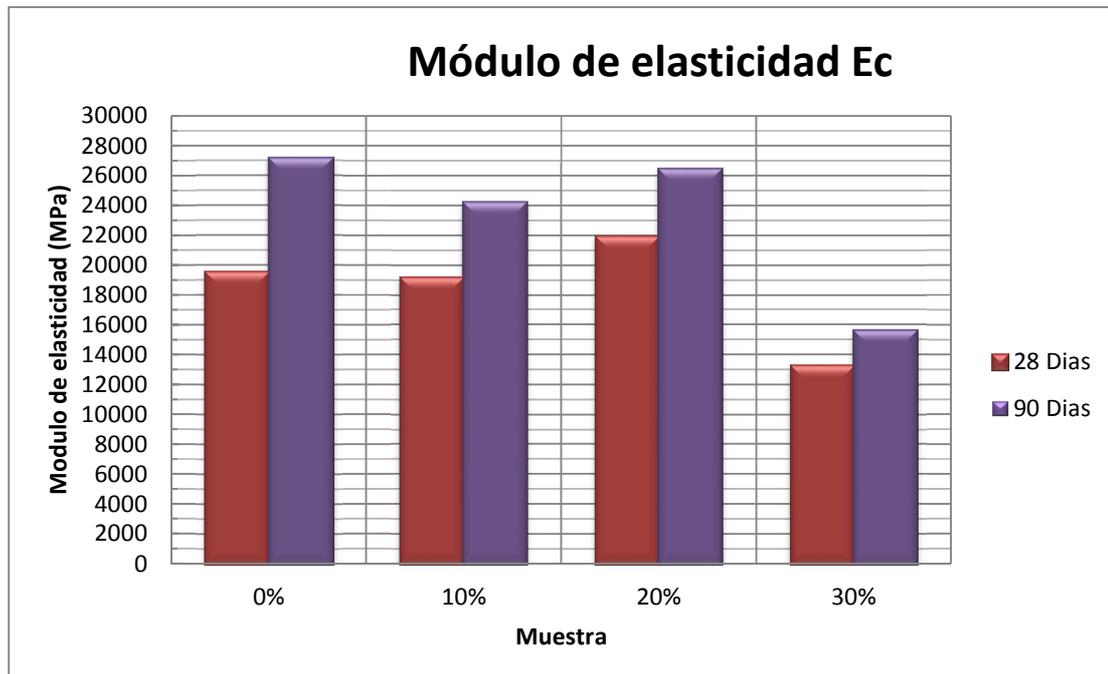


Figura 42 Módulo de elasticidad E_c, 28 y 90 días

Se observa en la Figura 42 que el módulo de elasticidad con los diferentes porcentajes sustitución de caucho (10, 20 y 30%), disminuye respecto al concreto con 0% de sustitución, manteniendo las mismas tendencias de los ensayos de resistencia a la

compresión y validando las investigaciones realizadas por Valadares et al. (2009) en Portugal y Oviedo et al. (2008) en Colombia.

Los resultados para los ensayos realizados a 28 días mostrados en la tabla 16 se pueden comparar gráficamente con los módulos elásticos de la NSR-10 y los encontrados por Oviedo et al. (2008) como se observa en la figura 43, en donde la diferencia de los resultados de este autor es considerable, comparado con los resultados del presente estudio, se observa que para porcentaje del 0 y 10 % el resultado está cerca a la curva teórica con diferencia de aproximadamente el 8 y 4 % respectivamente, mientras que para Oviedo et al. (2008) es del orden de 25 y 38 % respectivamente.

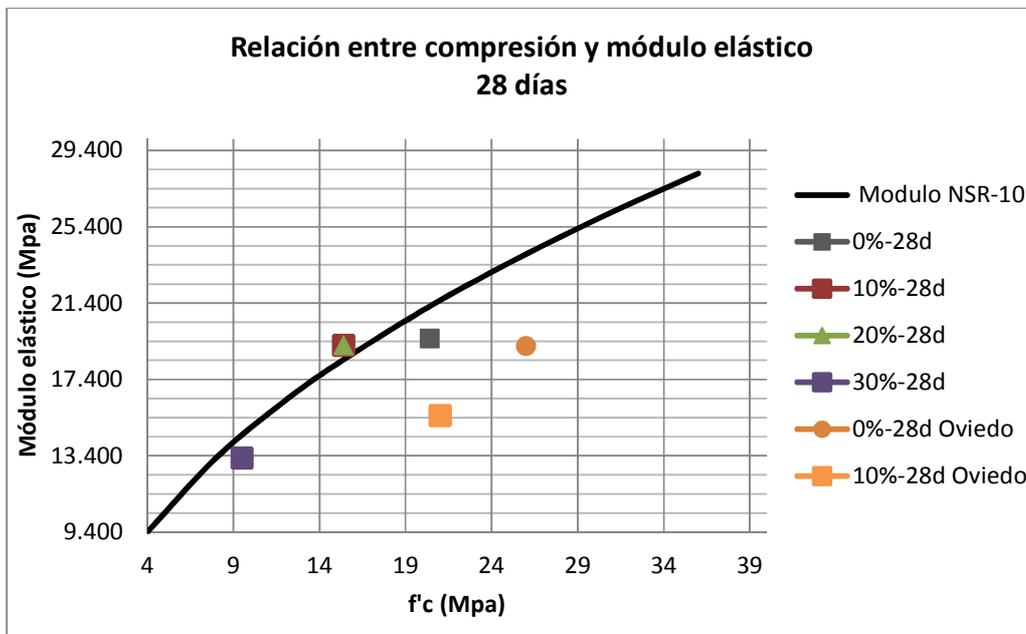


Figura 43 Modulo de elasticidad E_c , 28, 90 días y NSR-10.

5.1.3 Resistencia a flexión.

La resistencia a la flexión de los concretos se realizó y determinó siguiendo la norma colombiana NTC 2871, calculando el módulo de rotura mediante el uso de una viga simple con carga en los tercios medios. Se realizaron tres ensayos para cada tipo de mezcla con edades de 28 días.

Los resultados de las resistencias a flexión se presentan en la tabla 17, en donde adicionalmente se presentan la carga máxima soportada por las vigas a flexión, los datos completos de los ensayos se pueden observar en el anexo E.

VALORES PROMEDIO MÓDULO DE ROTURA - 28 DÍAS		
MUESTRA	CARGA MAX. PROMEDIO.	MÓDULO DE ROTURA PROMEDIO.
	(kg)	(MPa)
0%-28d	2535	3.32
10%-28d	2090	2.74
20%-28d	2441	3.20
30%-28d	1840	2.42

Tabla 17 Valores promedio módulo de rotura para vigas a 28 días.

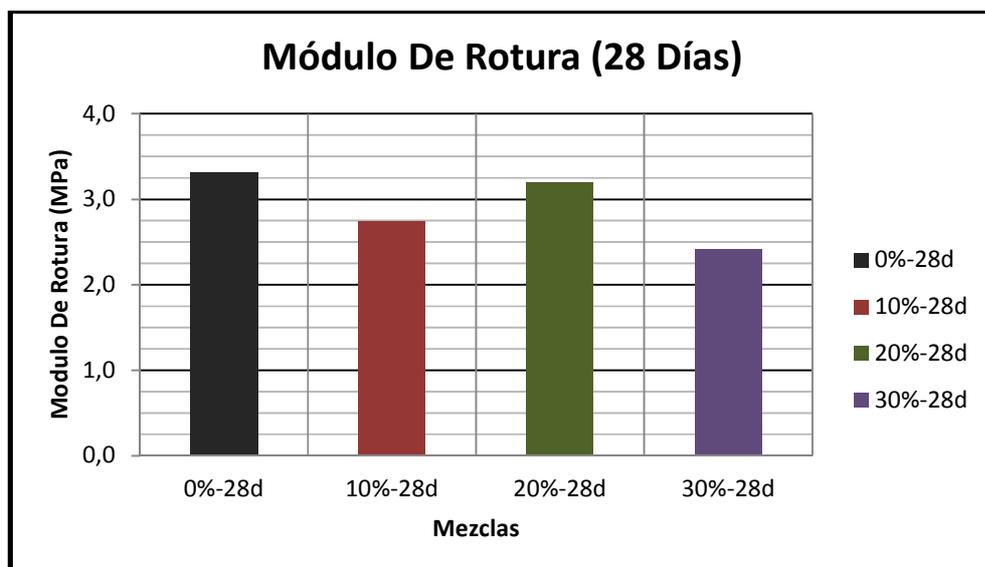


Figura 44 Resultados ensayos de flexión, módulo de rotura a 28 días.

Se observa en la figura 44 que el módulo de rotura disminuye para las muestras con 10%, 20% y 30% de sustitución de caucho, respecto a la muestra de concreto sin caucho; disminuyendo su resistencia entre 4 y 27 %, validando las investigaciones realizadas por Shultz et al. (2004), Toutanji (1996), Suk et al. (1998) y en especial la de Oviedo et al. (2008), en donde los resultados para el 0 y 10 % de sustitución de caucho es de 3.1 y 2.9 MPa respectivamente según la figura 17, teniendo diferencias con el presente estudio en un 6 y 7 % para 0 y 10% de sustitución de caucho.

5.2 Propiedades de durabilidad del concreto con sustitución de caucho.

5.2.1 Absorción superficial.

En las tablas 18 se presentan los resultados promedio de los ensayos de tasa de absorción superficial inicial para especímenes con edades de 28 días según BS 1881 PARTE 208, los resultados completos de los ensayos se podrán observar en el anexo D.

28 DÍAS				
LECTURA	0%	10%	20%	30%
(min)	ml/(m²*s)	ml/(m²*s)	ml/(m²*s)	ml/(m²*s)
10	0.062	0.045	0.045	0.041
30	0.045	0.031	0.027	0.027
60	0.036	0.027	0.019	0.019
PROMEDIO	0.048	0.034	0.030	0.029

Tabla 18 Valores promedio tasa de absorción superficial para 28 días.

A continuación se presenta la gráfica de resultados de los ensayos de absorción a edades de 28 días; se observa que las muestras con porcentaje de sustitución de 10, 20 y 30 % presentan un mejor comportamiento respecto a la muestra de referencia (porcentaje del 0 %), la diferencia entre la muestra de referencia 0 % y las muestras con

porcentajes de sustitución de 10, 20 y 30 % son de 27, 36, y 39 % respectivamente, como se observa en la figura 45.

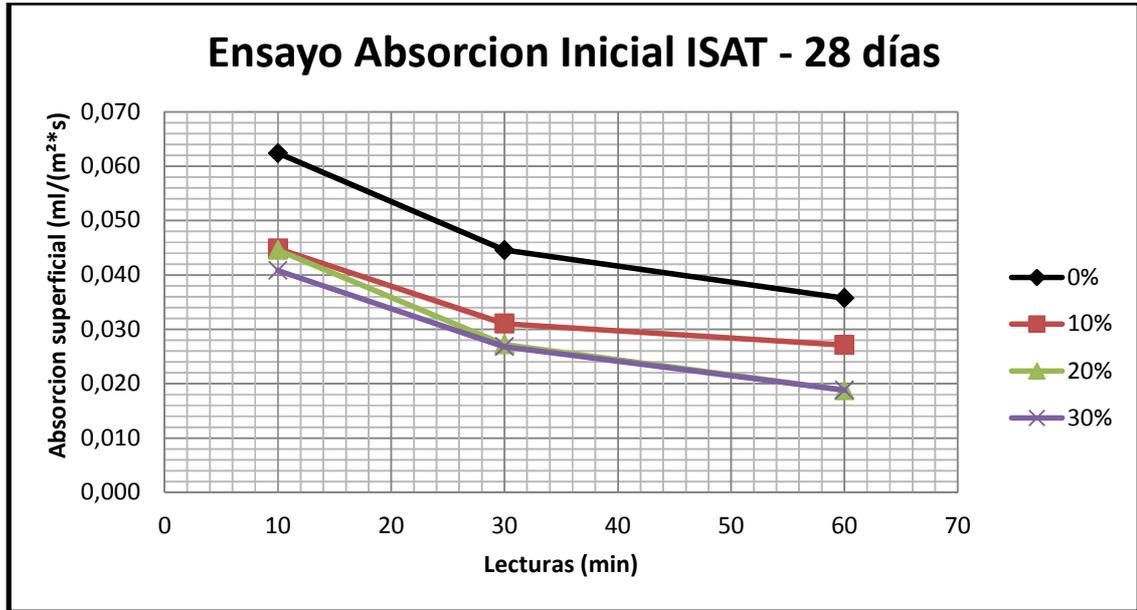


Figura 45 Absorción inicial ISAT – 28 días.

En las tablas 19 se presentan los resultados promedio de los ensayos de tasa de absorción superficial inicial para especímenes con edades de 90 días según BS 1881 PARTE 208, los resultados completos de los ensayos se podrán observar en el anexo D.

90 DÍAS				
LECTURA	0%	10%	20%	30%
(min)	ml/(m ² *s)	ml/(m ² *s)	ml/(m ² *s)	ml/(m ² *s)
10	0.022	0.048	0.038	0.082
30	0.018	0.039	0.028	0.056
60	0.015	0.030	0.022	0.043
PROMEDIO	0.019	0.039	0.030	0.061

Tabla 19 Valores promedio tasa de absorción superficial para 90 días.

Como se observó anteriormente en la gráfica de resultados de los ensayos de absorción a 28 días, la absorción disminuye con el aumento del porcentaje de sustitución de caucho, sin embargo para ensayos realizados a largo plazo (90 días) este comportamiento se invierte, por lo cual la absorción es directamente proporcional con el aumento del porcentaje de caucho, ver figura 46. Se concluye que con el tiempo la adherencia entre la pasta de cemento y el agregado de caucho disminuye, encontrando resultados similares en la investigación reportada por Bravo & Brito (2011). La diferencia entre la muestra de referencia 0 % y las muestras con porcentajes de sustitución de 10, 20 y 30 % son de 52, 37, y 69 % respectivamente, presentando un mejor comportamiento la muestra con el 20% de sustitución de caucho, respecto a las muestras con 10 y 30% de sustitución de caucho, como se observa en la figura 46.

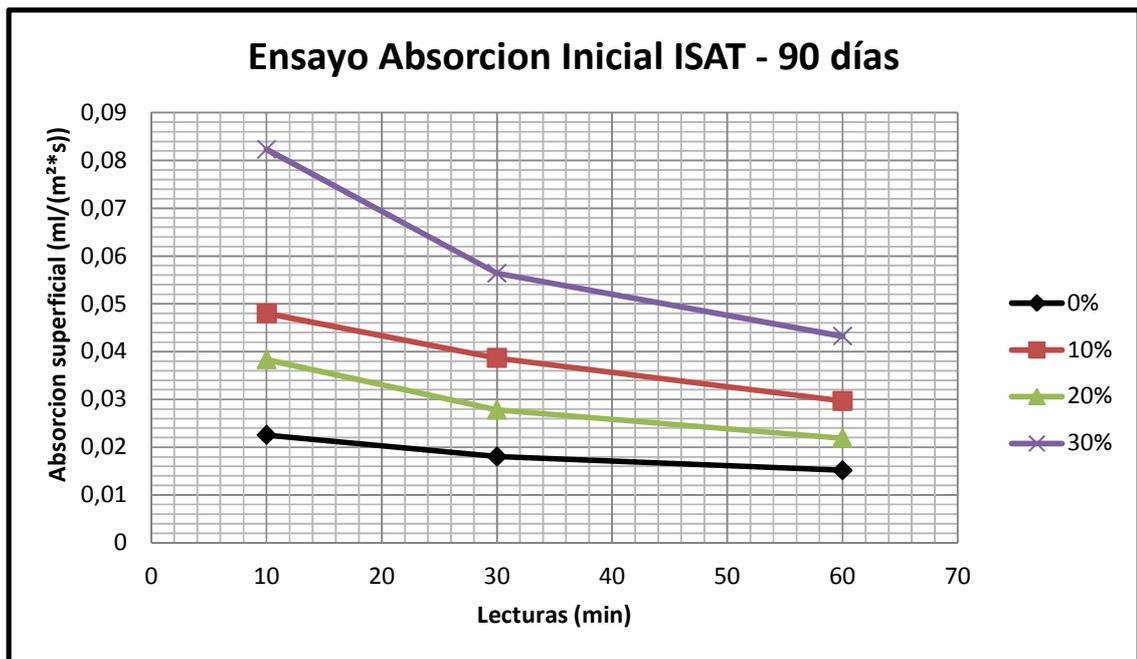


Figura 46 Absorción inicial ISAT – 90 días.

5.2.2 Penetración de cloruros RCPT.

Este método de ensayo presenta resultados en cuanto a cantidad de carga eléctrica que pasa a través de la muestra en un tiempo de 6 horas. Para ello se aplicó un gradiente de potencial eléctrico y se determinó la corriente que atravesó la muestra cilíndrica de 100 mm de diámetro por 50 mm de altura.

Los resultados completos de los ensayos de penetración de cloruros RCPT para el total de las muestras ensayadas se pueden observar en el anexo F.

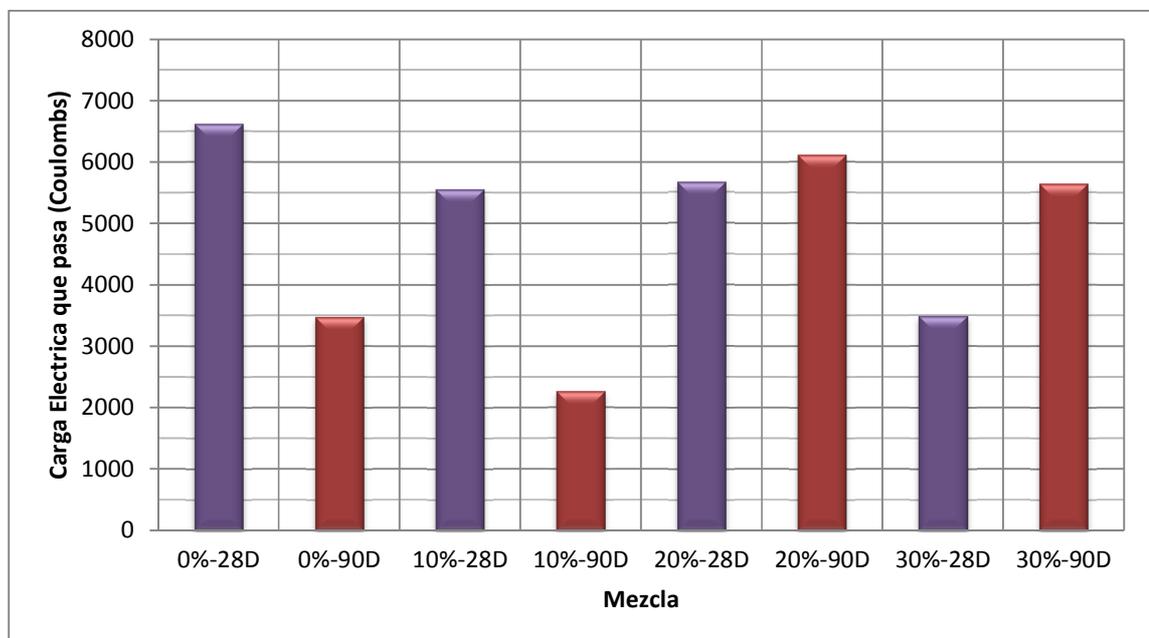


Figura 47 Resultados ensayo permeabilidad al Ion Cloruro (RCPT).

En la figura 47 se muestra el resultado comparativo de los ensayos de resistencia a la penetración del ion cloruro. Se observa que para porcentajes bajos de sustitución de caucho la penetración al ion cloruro en el concreto disminuye para ensayos realizados a los 90 días, caso contrario ocurre con porcentajes altos de sustitución de caucho en donde la penetración al ion cloruro aumenta, posiblemente por la no adherencia entre los granos de caucho y la pasta de cemento, generando vías que facilitan el paso de los cloruros hacia la parte interna de la muestra.

De acuerdo con lo establecido en la ASTM C1202-12, se muestran los límites de permeabilidad, Tabla 20.

Carga transmitida(Coulomb)	Penetración del ión cloruro
>4.000	Alto
2.000 – 4.000	Moderado
1.000 – 2.000	Bajo
100 – 1.000	Muy bajo
<100	Insignificante

Tabla 20 Permeabilidad al ion cloruro basado en la carga transmitida

Se puede apreciar de acuerdo a la tabla anterior que los concretos de 90 días con porcentajes de sustitución de caucho de 0 y 10 % presentan una clasificación moderada, pero con el aumento de porcentaje de sustitución de caucho (20 y 30 %) las muestras quedan en rango alto de penetración del ion cloruro.

5.2.3 Penetración de cloruros método NT BUILD-492.

Este método consistió en aplicar una carga eléctrica a muestras de concreto cilíndricas de 100 mm de espesor por 50 mm de altura en edades de 28 y 90 días de curado, induciendo al ion cloruro a penetrar a través de la muestras; estos ensayos tuvieron duración aproximada de 24 horas y se realizaron para las muestras de 0, 10, 20 y 30 % de sustitución de caucho, a continuación se presentan los resultados promedio de los ensayos NT BUILD 492.

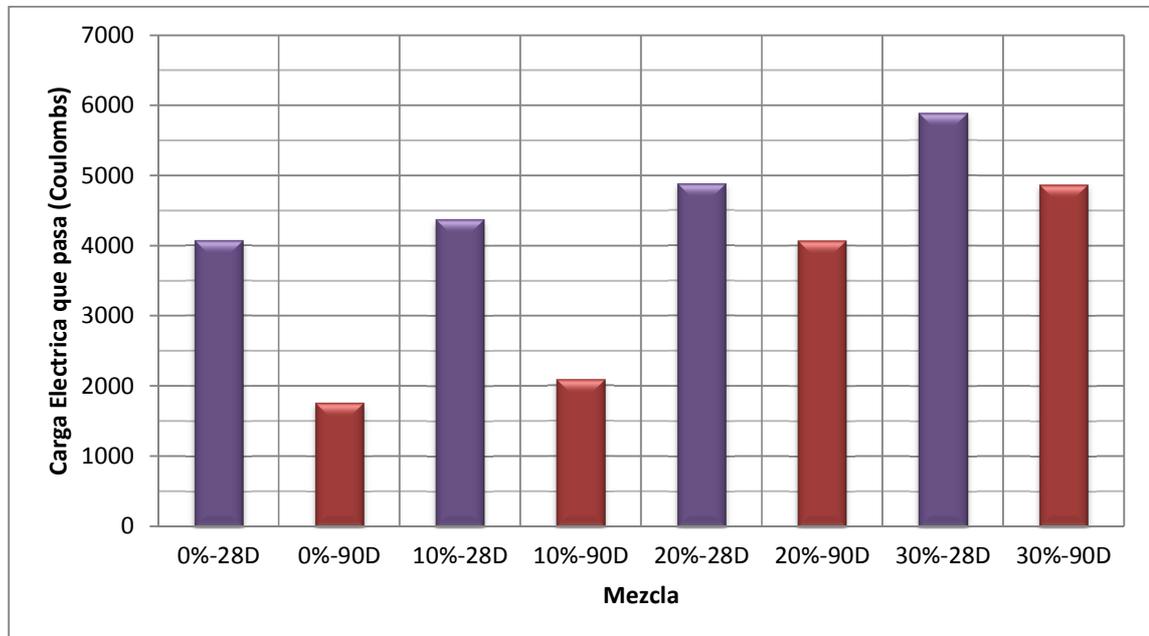


Figura 48 Resultados ensayo permeabilidad al Ion Cloruro (NT BUILD-492).

En la figura 48 se observa la carga eléctrica que pasa a través del concreto con el fin de proporcionar un indicador de la resistencia del concreto a la penetración de los iones cloruros, se observa que la carga eléctrica que pasa a través de las muestras en los ensayos realizados a 90 días es menor que la carga que pasa por la muestra a los 28 días, además se observa que con el aumento en sustitución de caucho la carga eléctrica que pasa a través de las muestras aumenta, lo que traduce en una mayor penetración del Ion Cloruro

Comparando los valores de carga eléctrica que pasan a través de la muestras presentados en la figura 47 (Ensayo RCPT) y los mostrados en la figura 48 (Ensayo NT BUILD-492), se puede apreciar que presentan la misma tendencia para porcentajes de 0%, 10% y 30% de sustitución de grano de caucho, sin embargo para porcentajes del 20% con ensayos a 28 días, estos resultados son inversos, se esperaba que estas tendencias fueran similares aunque estuvieran expuestas a diferentes condiciones como lo son el voltaje y la duración de la prueba.

La penetración al ion cloruro aumenta, posiblemente por la no adherencia entre los granos de caucho y la pasta de cemento, generando vías que facilitan el paso de cloruros en las muestras, tal como se encontró en los resultados de ensayo de absorción superficial ISAT.

De acuerdo con lo establecido en la ASTM C1202-12, se muestran los límites de permeabilidad, Tabla 21.

Carga transmitida(Coulomb)	Penetración del ión cloruro
>4.000	Alto
2.000 – 4.000	Moderado
1.000 – 2.000	Bajo
100 – 1.000	Muy bajo
<100	Insignificante

Tabla 21 Permeabilidad al ion cloruro basado en la carga transmitida

Así mismo se puede apreciar de acuerdo con la tabla 21 que los concretos de 90 días con porcentajes de sustitución de caucho de 0% presentan una clasificación baja, luego para porcentaje del 10% presentan una clasificación moderada, pero con el aumento de porcentaje de sustitución de caucho 20% y 30%, las muestras quedan en rango alto de penetración del ion cloruro.

5.2.4 Carbonatación.

El ensayo de profundidad de carbonatación de los concretos se realizó y determinó siguiendo la norma UNE EN 13295., calculando la profundidad de carbonatación como el promedio de 8 datos tomados del mismo número de divisiones hechas en la muestra, tanto para 28 como 90 días; en la tabla 22 se muestran los resultados promedio para la totalidad de los ensayos.

Mezcla	Profundidad de carbonatación (28 días) Control				Profundidad de carbonatación (90 días) Final			
	0%-28D	10%-28D	20%-28D	30%-28D	0%-90D	10%-90D	20%-90D	30%-90D
Prof. (mm)	6.78	11.59	5.64	14,54	37.50	37.50	32.52	37.50
t (años)	0.077	0.077	0.077	0.077	0.247	0.247	0.247	0.247

Tabla 22 Tabla resumen ensayo de carbonatación.

Como se puede observar en la figura 49 para muestras de control a 28 días, la profundidad de carbonatación es directamente proporcional al porcentaje de sustitución de caucho, obteniendo resultados similares a los realizados en Portugal (Bravo & Brito, 2011), estos resultados podrían deberse a la no adherencia entre el grano de caucho y la pasta de cemento. En los ensayos realizados a 90 días la carbonatación de las muestras para 0, 10 y 30% de sustitución de caucho fueron similares, ya que el frente de carbonatación penetra prácticamente toda la muestra como se observa en la figura 49, para lo cual no se puede realizar una conclusión exacta acerca del comportamiento de este fenómeno.

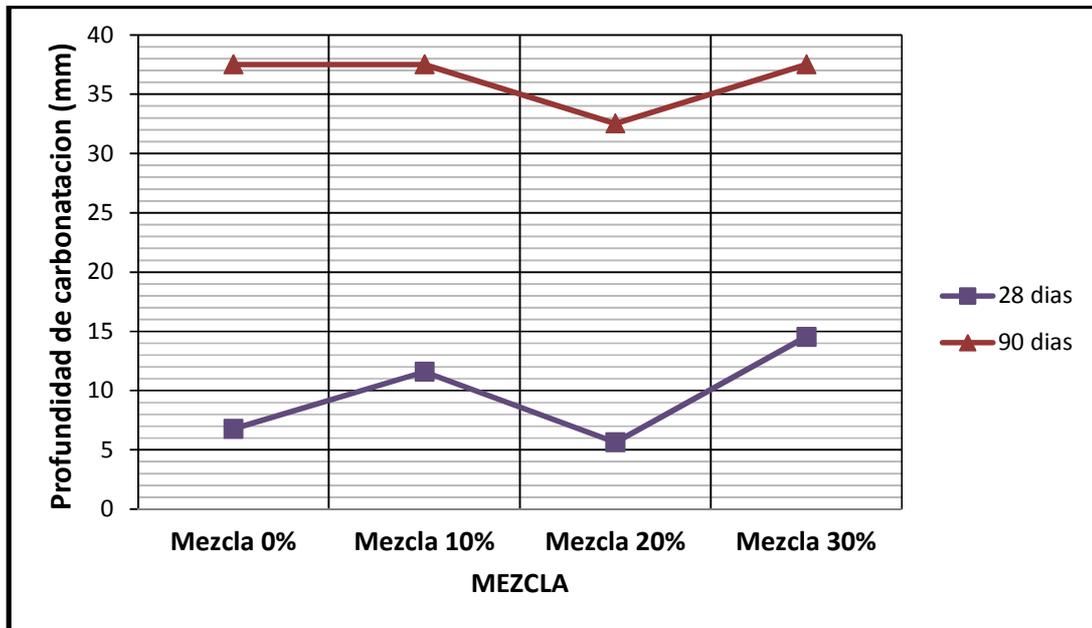


Figura 49 Profundidad de carbonatación 28 y 90 días.

5.3 Propiedades eléctricas del concreto con sustitución de caucho.

5.3.1 Resistividad.

El ensayo de espectrometría de impedancia permite calcular una de las propiedades eléctricas del concreto como lo es la resistividad, así mismo estos resultados permiten relacionar propiedades de durabilidad que poseen las muestras. A continuación se exponen los resultados de resistividad para las muestras con 0, 10, 20 y 30% de sustitución de caucho.

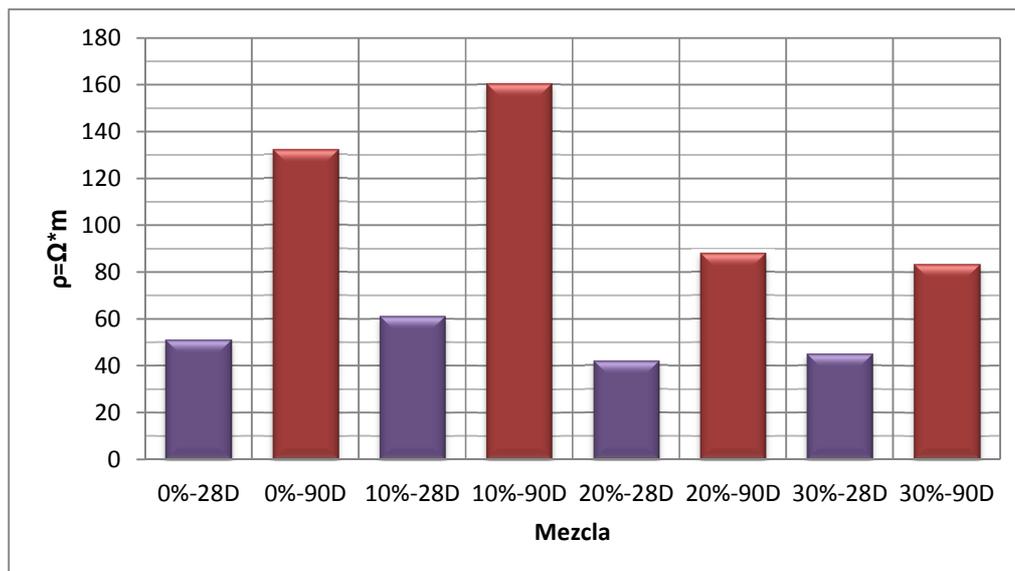


Figura 50 Resistividad Eléctrica 28 y 90 días.

En la figura 50 se observa una tendencia a la disminución del coeficiente de resistividad eléctrica a medida que se aumenta el porcentaje de sustitución de caucho, presentando mejor comportamiento las muestras con el 10% de sustitución de caucho; se observa que las muestras con porcentaje de sustitución de 20 y 30% se ven fuertemente afectadas disminuyendo su resistividad, lo que hace que estos dos últimos tipos de concreto, si llegasen a tener acero fueran más vulnerables a la corrosión.

Adicionalmente se observa que entre las muestras con el mismo porcentaje de adición de caucho pero diferente edad de ensayo, la propiedad de resistividad eléctrica de las muestras se ve mejorada con el transcurrir del tiempo, adicionalmente comparando estos resultados con los realizados en Taiwán (Yung et al., 2012) y Canadá (Mohammed et al., 2012), se observa que los resultados son inversos ya que en estas dos investigaciones la resistividad de las muestras mejora con el aumento en porcentaje de sustitución de caucho, cabe anotar que en estos estudios se utilizó polvo de caucho con granulometría más fina, contrario a lo que se utiliza en el presente estudio (grano de caucho).

Valor [ρ -m]	Criterio
$\rho > 2000$	Poco Riesgo
$2000 > \rho > 100$	Riesgo Moderado
$\rho < 100$	Riesgo alto

Tabla 23 Criterio general de valores de resistividad del concreto.

Teniendo en cuenta que los resultados validos al momento de pretender tener aplicaciones con este concreto son los expuestos a 90 días y según la clasificación mostrada en la tabla 23, esta nos permite deducir que las muestras con 0%, 10% se encuentran en riesgo moderado y las muestras con 20% y 30% de sustitución de caucho son clasificadas como concretos con riesgo alto y por consiguiente más vulnerables a la corrosión de su refuerzo.

5.3.2 Impedancia.

Los resultados de los ensayos de espectrometría de impedancias con 28 y 90 días, se presentan a continuación mediante los diagramas de Nyquist, estos diagramas permitirán identificar propiedades de cada una de las mezclas como son la resistividad, que ya se mostró anteriormente, la capacitancia y la inductancia; cada gráfico es propio para cada mezcla, sin embargo con una gran base de datos de este tipo de mezclas es

posible mediante ensayos no destructivos poder inferir las características y propiedades de este tipo de concreto.

Esta base de datos seguirá alimentando la ya existente en la Escuela Colombiana de Ingeniería elaborada por alumnos de la institución (Cassiano, 2010; Laverde, 2014).

Los diagramas fueron realizados para 0%, 10%, 20% y 30% de sustitución de caucho, ver figuras 51 y 52 respectivamente, en donde el eje horizontal corresponde a la porción real de impedancias y la componente vertical a la porción imaginaria.

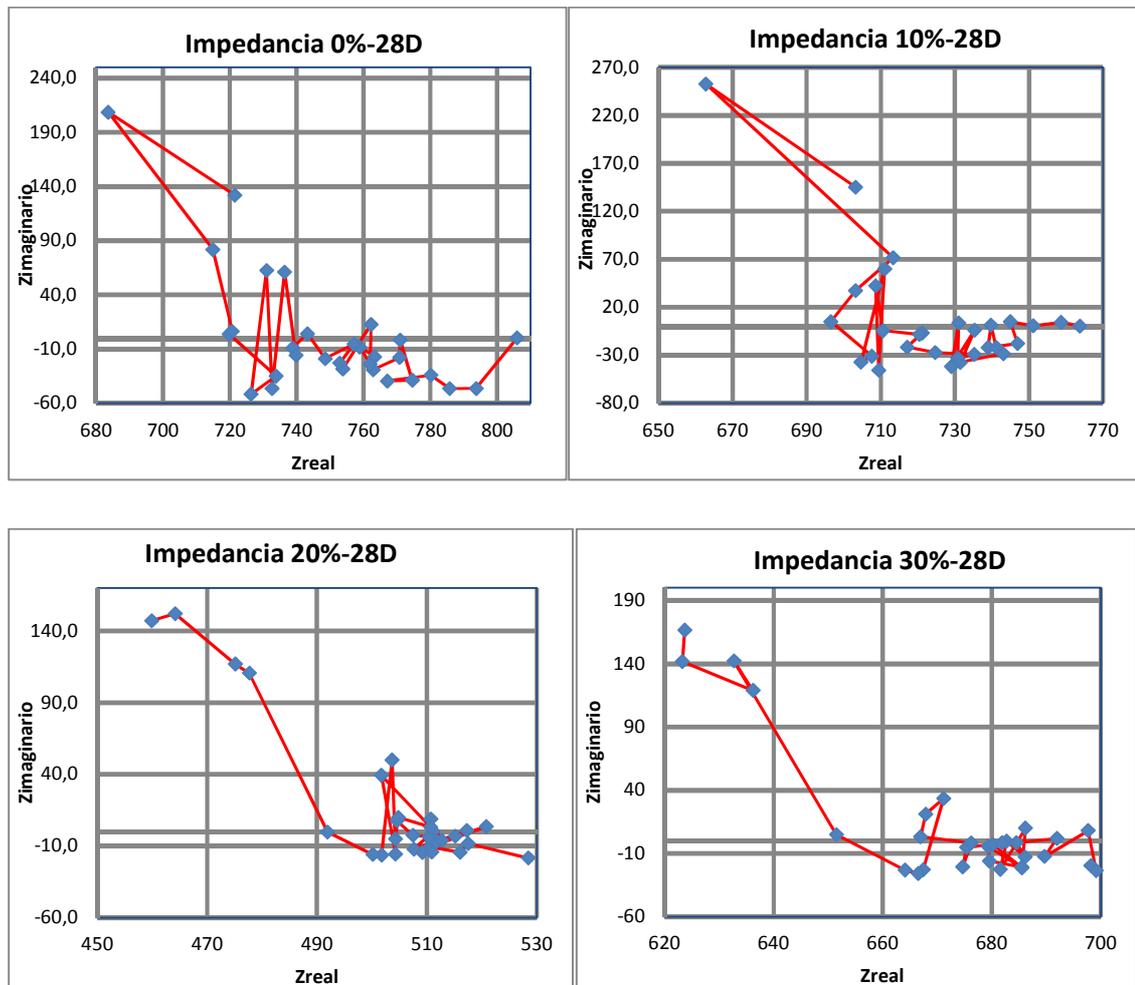


Figura 51 Ensayos de espectrometría de impedancia 0%, 10%, 20% y 30%, 28 días.

De las gráficas mostradas anteriormente (figura 51) para ensayos realizados a 28 días, puede evidenciarse que la resistencia de las muestras disminuye con el aumento en porcentaje de sustitución de caucho posiblemente por el cambio en la microestructura y la composición química de la mezcla según (Cruz, 2010) y la no adherencia entre los granos de caucho y la pasta de cemento que se evidencio durante los diferentes ensayos.

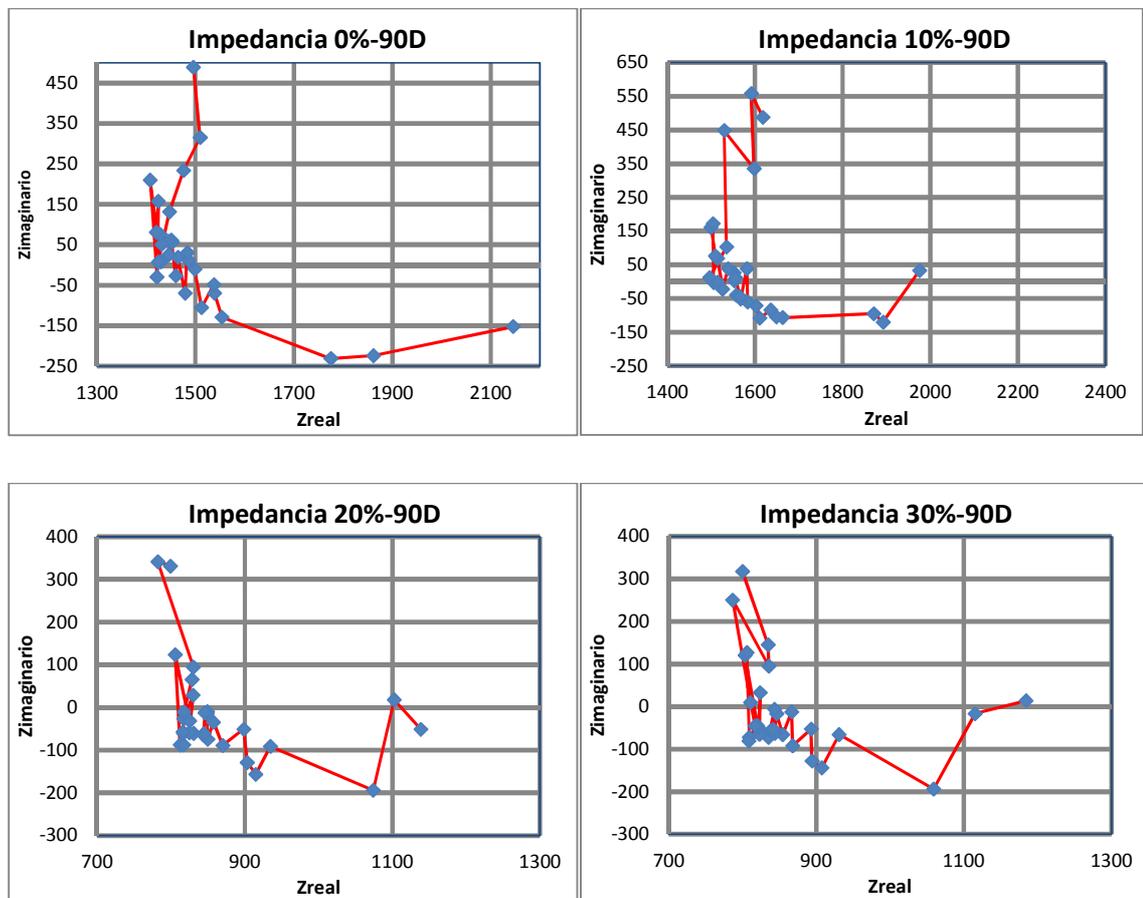


Figura 52 Ensayos de impedancia 0%, 10%, 20% y 30%, 90 días.

Se puede observar en la figura 51 y 52, que los ensayos de impedancia a 28 y 90 días tienen poca similitud entre ellos, sin embargo, si existen propiedades que se pueden referenciar claramente como la resistividad, la cual es muy superior en los ensayos realizados a 90 días en comparación con los hechos a 28 días, teniendo resultados

similares con los realizados en Taiwán (Yung et al., 2012) y Canadá (Mohammed et al., 2012) en donde esta propiedad se ve mejorada con el transcurrir del tiempo, nuevamente la no adherencia entre el grano de caucho y la pasta de cemento hace que con el aumento de porcentaje de grano de caucho se pierda resistencia en la mezcla y sean estas más propensas a la corrosión del refuerzo y al paso de sustancias agresivas.

A continuación se muestra los diagramas de Nyquist para una muestra representativa de los especímenes, con porcentajes de 0%, 10%, 20% y 30% a los 28 y 90 días. Los datos completos de los ensayos de impedancias se pueden observar en el anexo G.

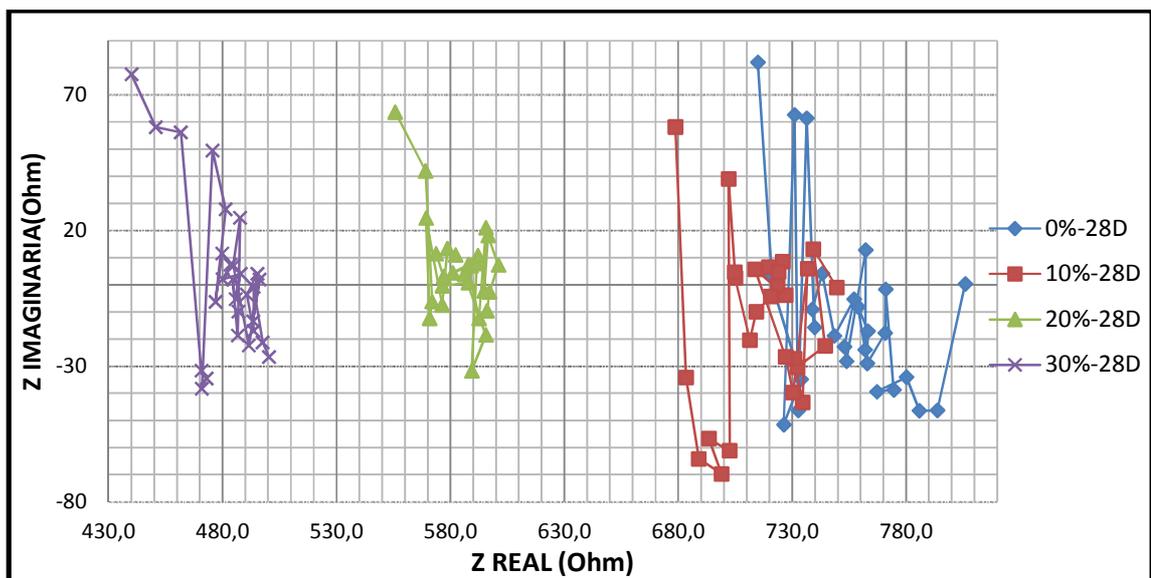


Figura 53 Grafico resumen ensayo de espectrometría de impedancias 28 días.

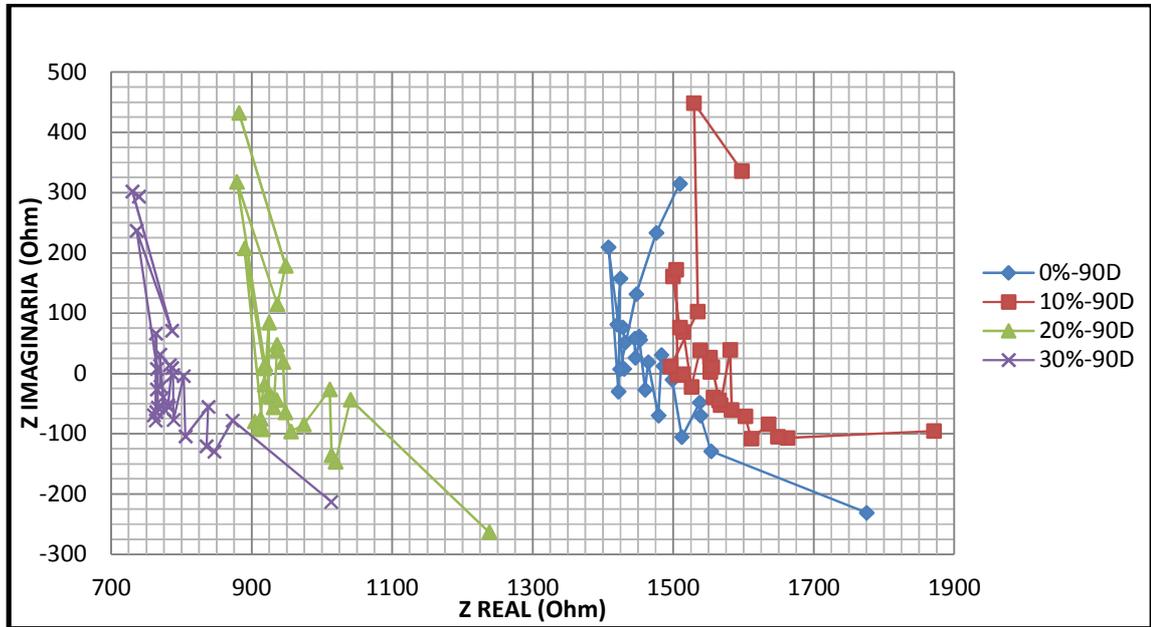


Figura 54 Grafico resumen ensayo de espectrometría de impedancias 90 días.

Mediante las figuras 53 y 54 se puede analizar que tanto para los ensayos realizados a 28 como a 90 días el concreto tiene un comportamiento inductivo en las mezclas con 0%, 10%, 20%, y 30% de sustitución de caucho.

Llama la atención que las tres mezclas presentan un comportamiento similar al de una bobina a determinadas frecuencias almacenando energía de forma magnética, este comportamiento aunque no es habitual, podría deberse a la las vías de acceso generadas al interior de la muestra por la no adherencia entre la pasta de cemento y el grano de caucho y al movimiento de las cargas a través de estos.

5.4 Correlaciones.

A continuación se mostraran las principales correlaciones entre los ensayos mecánicos, eléctricos y de durabilidad, llegando a suponer que estos ensayos pueden llegar a tener relación directa entre ellos.

5.4.1 f'_c vs Resistencia a la flexión.

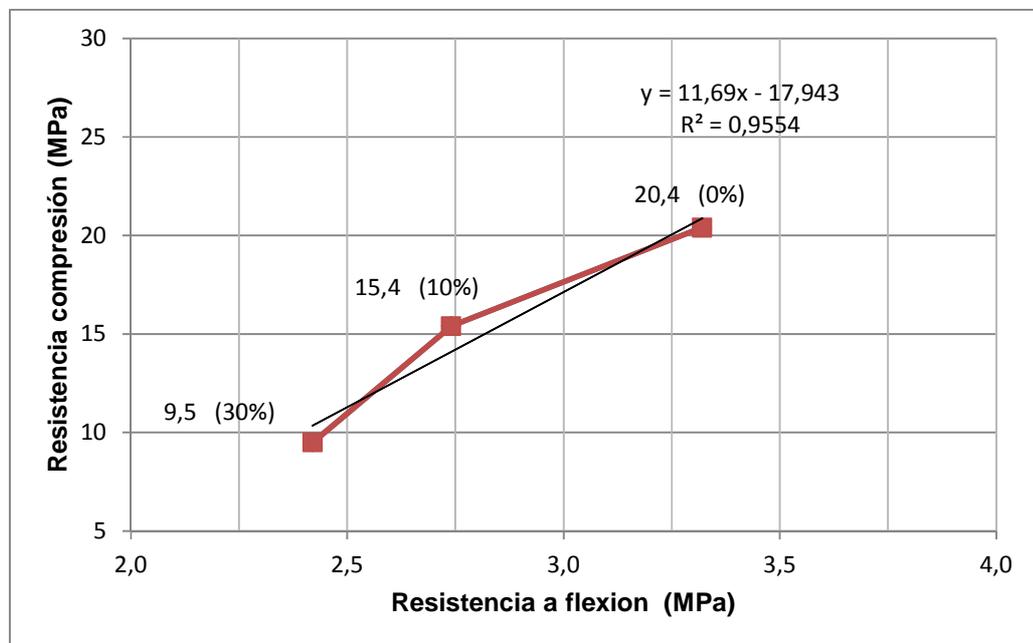


Figura 55 Correlación Flexión vs f'_c 28 días.

En la figura 55 se observa que al aumentar el porcentaje de sustitución de caucho tanto la resistencia a la compresión como la resistencia a la flexión se ven disminuidas, presentando un comportamiento lineal con un coeficiente de correlación de 0.95.

5.4.2 f'_c vs Absorción Superficial.

En la figura 56 se observa que al aumentar el porcentaje de sustitución de caucho la resistencia a la compresión disminuye y la absorción es mayor, este comportamiento es prácticamente lineal con un coeficiente de correlación de 0.99.

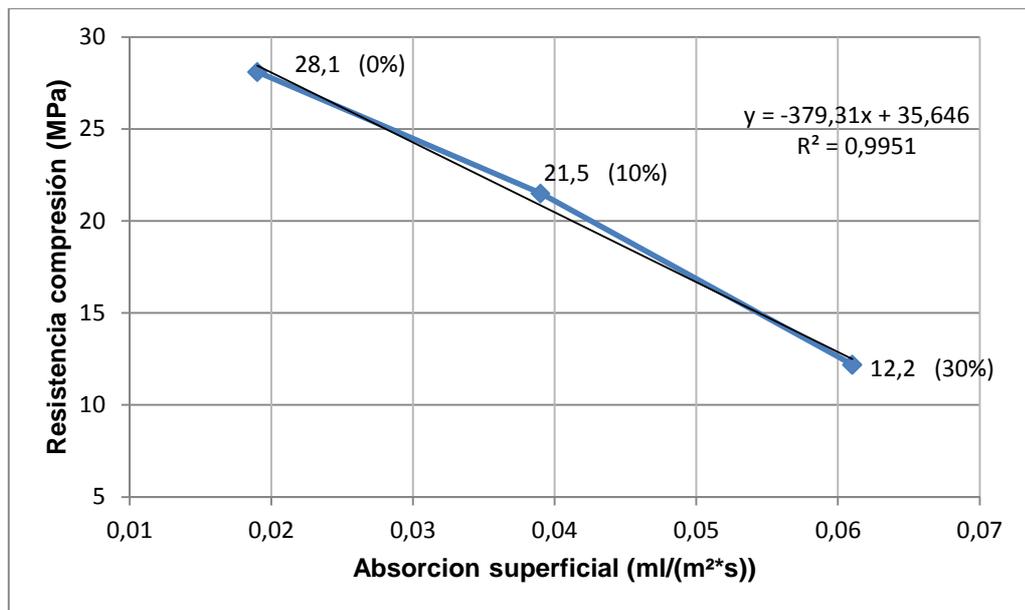


Figura 56 Correlación Absorción superficial vs f'_c 90 días.

5.4.3 f'_c vs Permeabilidad al Ion Cloruro NTBUILD-492.

En la figura 57 se observa una tendencia exponencial con un coeficiente de correlación de 0.95, se deduce que con el aumento de porcentaje de sustitución de caucho, la resistencia a la compresión disminuye y la cantidad de carga eléctrica en Coulombs aumenta, haciendo más propensos estos tipos de mezcla a la penetración del Ion Cloruro.

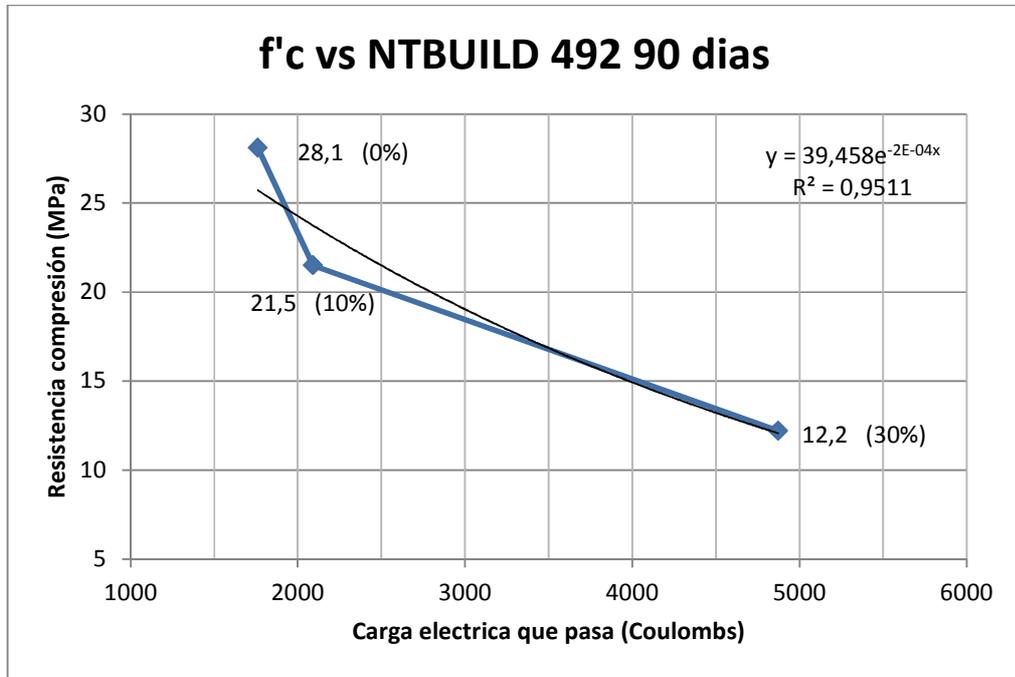


Figura 57 Correlación NTBUILD-492 vs f'_c 90 días.

5.4.4 f'_c vs Carbonatación.

En la figura 58 se presenta el gráfico de correlación entre f'_c y carbonatación con una tendencia polinómica y una correlación de 1.0, se puede observar que a mayor resistencia a la compresión, es menor la penetración del frente de carbonatación, probablemente la porosidad que deja la no adherencia entre el caucho y la pasta de cemento hace que la carbonatación afecte a las muestras de concreto con mayor contenido de poros (mayor porcentaje de sustitución de caucho) disminuyendo su alcalinidad (descenso del pH del concreto).

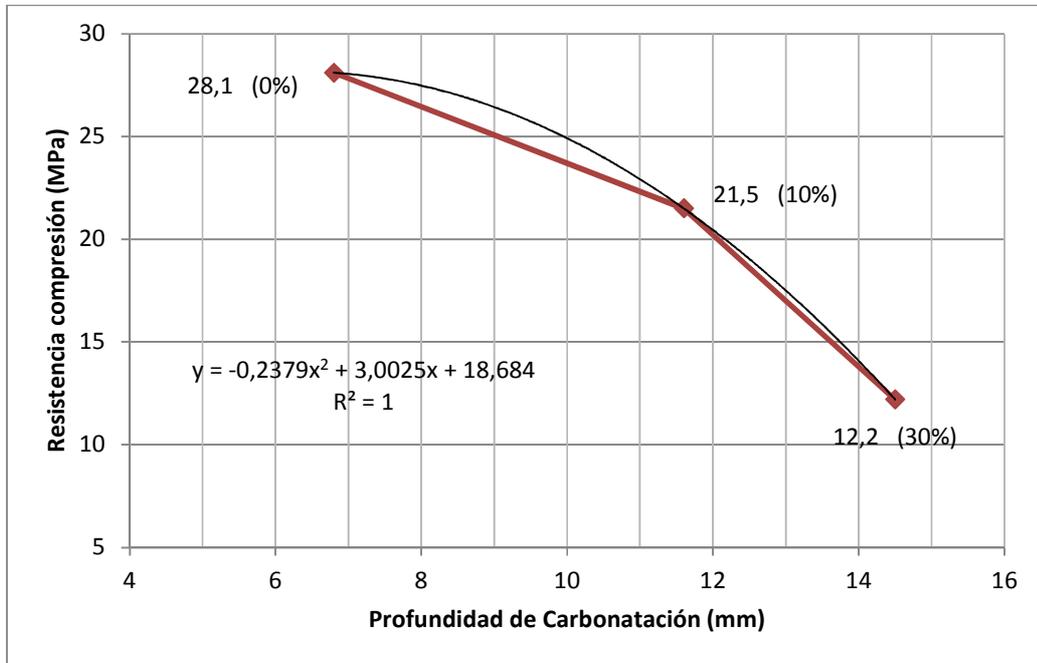


Figura 58 Correlación Carbonatación vs f'_c 28 días.

5.4.5 f'_c vs Resistividad.

En la figura 59 se observa que la correlación entre la resistividad y la resistencia a la compresión se aproxima a una tendencia exponencial con un coeficiente de correlación de 0.75, se puede deducir que para el aumento en sustitución de caucho las muestras pierden resistencia a compresión y resistividad eléctrica, siendo más propensas a fenómenos como la corrosión del acero del refuerzo.

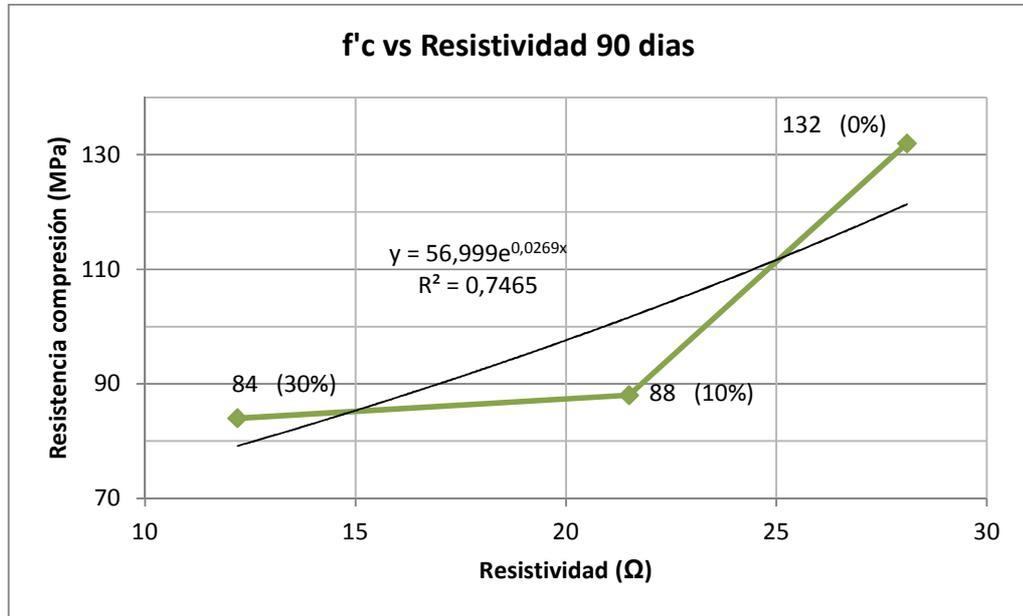


Figura 59 Correlación Resistividad vs f'_c 90 días.

5.4.6 NTBUILD-492 vs ISAT.

En la figura 60 se observa que la correlación entre la penetración del ion cloruro (NTBUILD-492) y la absorción superficial se inclina a una tendencia logarítmica con un coeficiente de correlación de 0.89, la absorción superficial aumenta y la resistencia a la penetración del ion cloruro se ve disminuida con el aumento en porcentaje de sustitución de caucho.

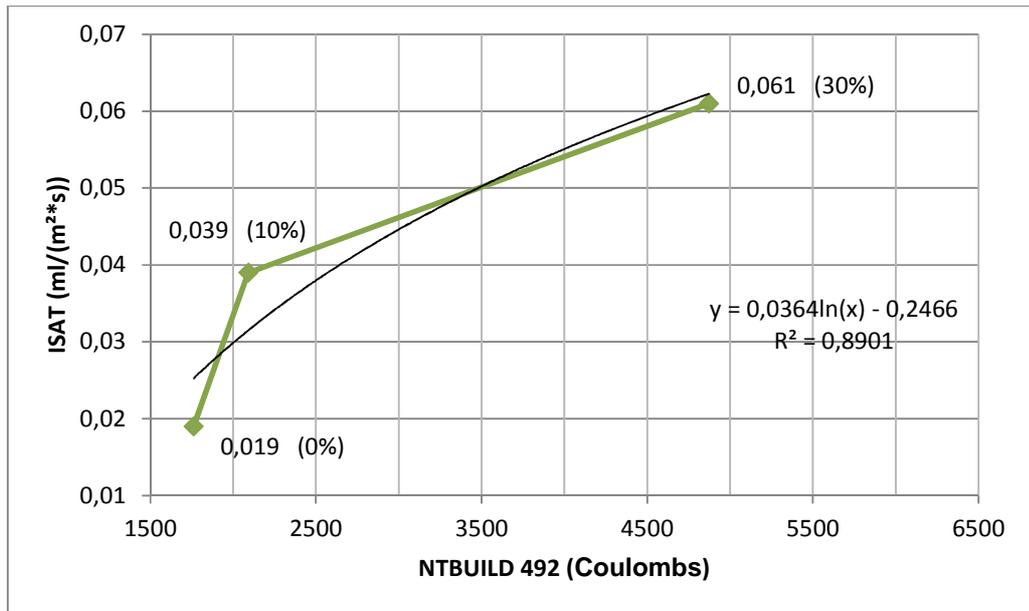


Figura 60 Correlación NTBUILD 492 vs ISAT 90 días.

5.4.7 Resistividad vs ISAT.

En la figura 61 se observa que la correlación entre la resistividad y la absorción superficial se aproxima a una tendencia exponencial con un coeficiente de correlación de 0.90; se puede deducir que para el aumento en sustitución de caucho las muestras pierden tanto resistividad eléctrica como impermeabilidad, esto podría deberse a la no adherencia entre el caucho y la pasta de cemento, aumentando la porosidad interna de las muestras.

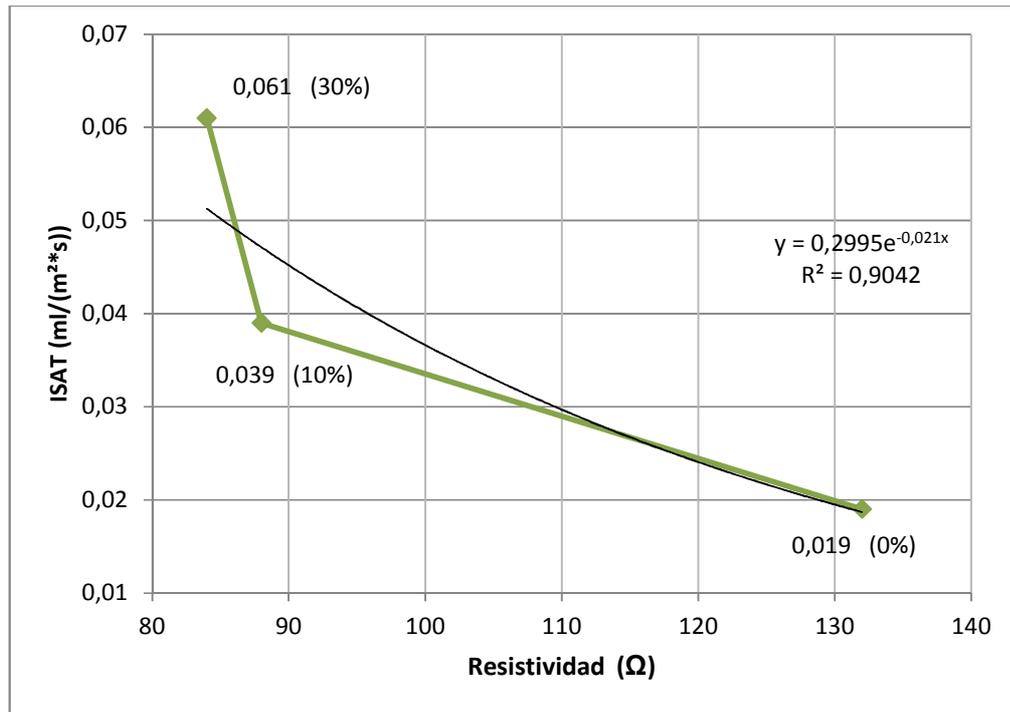


Figura 61 Correlación Resistividad vs ISAT 90 días.

5.4.8 Carbonatación vs ISAT.

En la figura 62 se presenta una tendencia exponencial con un coeficiente de correlación de 0.99, los resultados muestran que con el aumento en porcentaje de sustitución de caucho la impermeabilidad de las muestras disminuye y la carbonatación aumenta, mostrando mejor conducta la muestra sin sustitución de caucho, probablemente por la no adherencia entre el caucho y la pasta de cemento, generando mayor porosidad en su estructura interna.

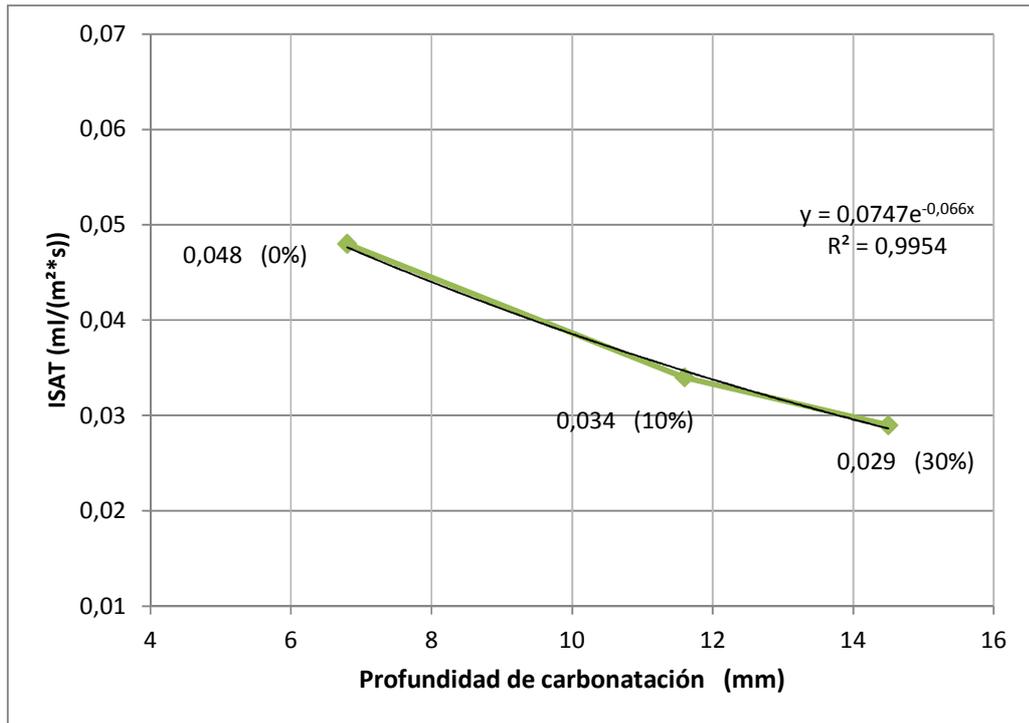


Figura 62 Correlación Carbonatación vs ISAT 28 días.

5.4.9 RCPT vs Carbonatación.

En la figura 63 se presenta una tendencia polinómica con un coeficiente de correlación de 1.0, los resultados muestran que con el aumento en porcentaje de sustitución de caucho la impermeabilidad de las muestras disminuye y la carbonatación aumenta, mostrando mejor conducta la muestra sin sustitución de caucho, probablemente por la no adherencia entre el caucho y la pasta de cemento, generando mayor porosidad en su estructura interna.

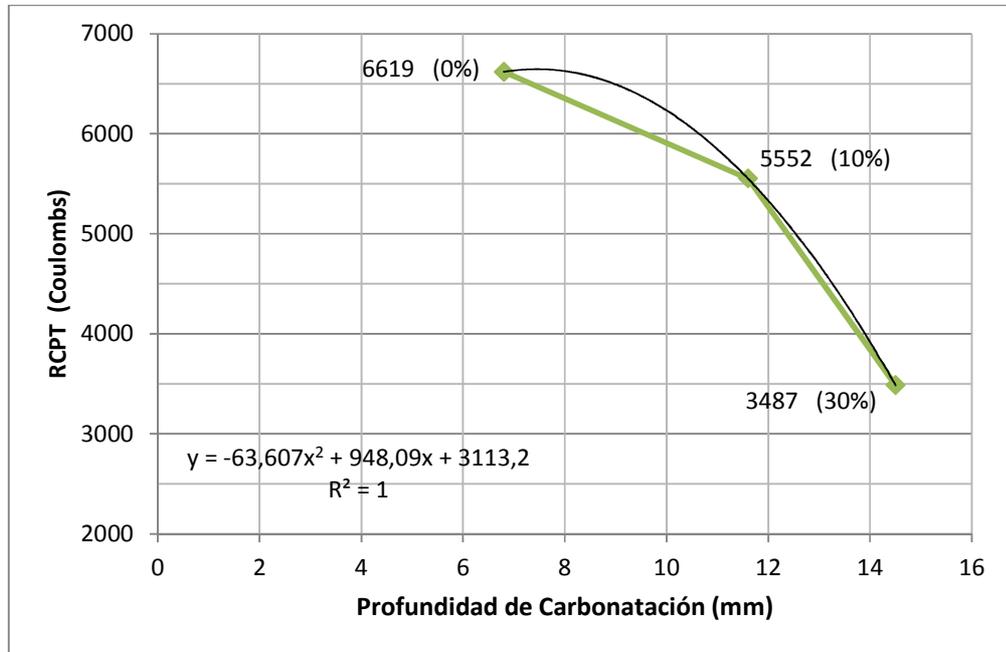


Figura 63 Correlación Carbonatación vs RCPT 28 días.

5.4.10 NTBUILD-492 vs ISAT.

En la figura 64 se observa que la correlación entre la penetración del ion cloruro (NTBUILD-492) y la absorción superficial se aproxima a una tendencia exponencial con un coeficiente de correlación de 0.89, se puede deducir que para el aumento en sustitución de caucho las muestras presentan mayor penetración del ion cloruro y mayor permeabilidad, probablemente por la no adherencia entre el caucho y la pasta de cemento, generando mayor porosidad en su estructura interna.

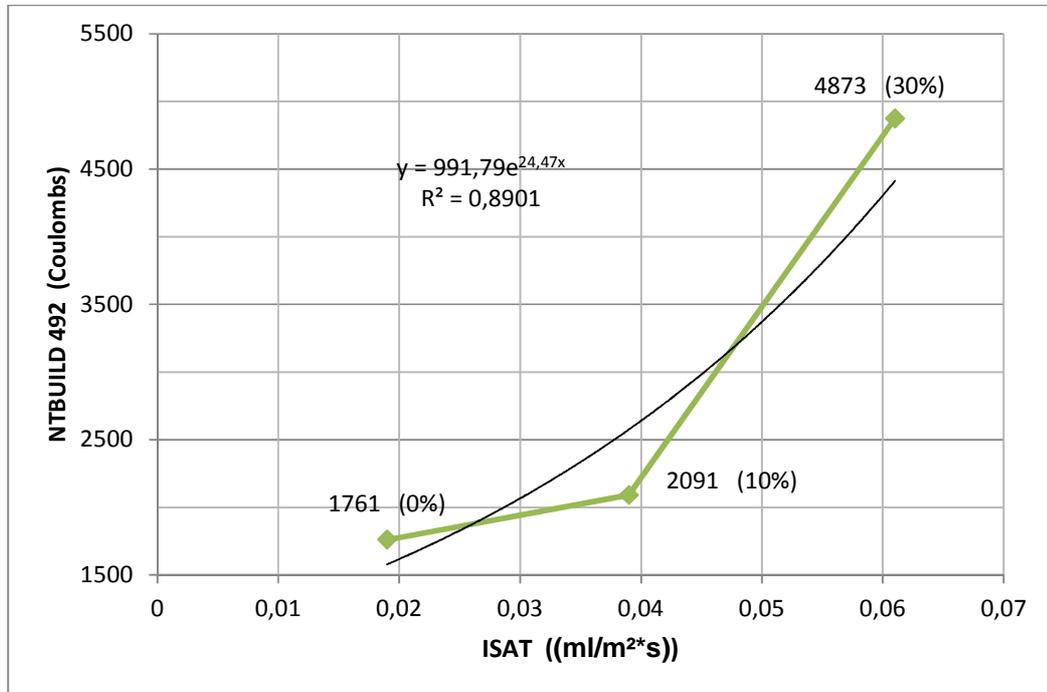


Figura 64 Correlación ISAT vs NTBUILD-492 90 días.

5.4.11 Resistividad vs Carbonatación.

En la figura 65 se observa que la correlación entre la resistividad y la carbonatación se aproxima a una tendencia polinómica con un coeficiente de correlación de 1.0, se puede deducir que para el aumento en sustitución de caucho las resistividad disminuye y el frente de carbonatación aumenta, probablemente por la no adherencia entre el caucho y la pasta de cemento, generando mayor porosidad en su estructura interna.

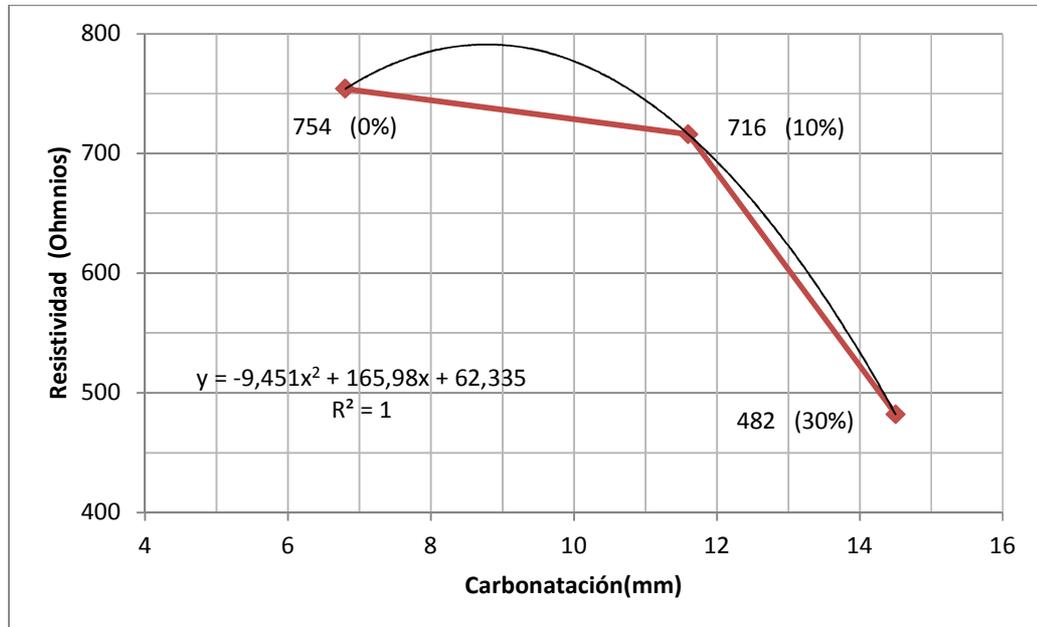


Figura 65 Correlación Carbonatación vs Resistividad 28 días.

6. Conclusiones.

La densidad del concreto se ve claramente disminuida con el aumento del porcentaje de sustitución de caucho, esto se debe a la diferencia de densidades entre el caucho y el agregado fino que fue reemplazado, disminuyendo la densidad en 1.7, 2.7 y 6% para el 10, 20 y 30% de sustitución de caucho respectivamente, para lo cual no podría ser utilizado como concreto liviano. Ver Anexo I.

En general las propiedades mecánicas y de durabilidad se vieron afectadas por el uso de caucho como reemplazo parcial de arena, presentando un comportamiento generalizado de reducción de valores frente a los presentados por la muestra sin sustitución de caucho. Los concretos con mayores pérdidas en la resistencia a la compresión son los que contienen altos porcentajes de sustitución de caucho. Sin embargo la resistencia a la compresión con 10 % y 20 % de adición caucho presentaron resultados similares a largo plazo. Se validan las investigaciones realizadas a nivel nacional e internacional en donde con el aumento en porcentaje de caucho se pierde resistencia a la compresión.

El módulo de elasticidad del concreto se ve levemente reducido por la incorporación de residuo de caucho con 10 % y 20 %, y mucho mayor con adición de un 30 %, permitiendo mayores deformaciones; a nivel general el módulo de elasticidad se ve reducido con respecto a la muestra de 0 % de adición de caucho, debido a que los agregados provenientes del caucho tienen una rigidez claramente inferior .

La manejabilidad de los concretos para todos los porcentajes de adición de caucho fue normal, permitiendo un buen mezclado, producción de especímenes y extracción de camisas; los asentamientos inmediatos medidos fueron similares a lo especificado inicialmente.

En general, las distintas propiedades analizadas evolucionaron de forma diferente con respecto al porcentaje de sustitución las diferencias máximas presentadas en cada uno de los ensayos comparando valores de 0 % y 30 % de adición de caucho a largo plazo fueron las siguientes:

La absorción superficial aumento en un 69 %, comparando las mezclas de 0 y 30 %, al momento de los ensayos se evidenció la separación de las partículas de caucho con la pasta de cemento lo que conducía a mayor porosidad aumentando la permeabilidad y por tanto la absorción.

Los resultados de resistencia a flexión a 28 días presentaron reducción en sus valores con el aumento de porcentaje de adición de grano de caucho, los menores impactos con relación a todas las pruebas realizadas fueron del orden del 3 % y llegaron hasta el 27 % para las muestras con 30 % de adición de caucho validando los resultados de investigaciones realizadas.

La penetración de cloruros con el ensayo RCPT fue moderada para mezclas con 0% y 10% pero con el aumento de porcentaje de sustitución de caucho 20 y 30 % las muestras quedan en rango alto de penetración del ion cloruro. Para los ensayos con el método NTBUILD -492, la mezcla con 0% presenta una clasificación baja, luego para porcentaje del 10 % presenta una clasificación moderada y con el aumento de porcentaje de sustitución de caucho 20 y 30 % las muestras quedan en rango alto de penetración del ion cloruro, validando los resultados con el método RCPT.

La resistividad en concreto de 0% fue mayor que para concretos con 30 % de adición, llegando a tener diferencias aproximadas del 37 %, clasificando a las mezclas de 0 y 10 % en riesgo moderado y las mezclas con 20 y 30 % como concretos de riesgo alto y por consiguiente más vulnerables a la corrosión.

La carbonatación aumenta con el incremento en porcentaje de sustitución de caucho, validando los estudios realizados a nivel internacional, probablemente por la no adherencia entre la pasta de cemento y el grano de caucho.

Con esta investigación, se concluye que, para evitar disminuciones grandes en las propiedades mecánicas del concreto, el uso de agregados de grano de caucho debe limitarse a niveles porcentuales menores del 10 %, para minimizar estos impactos negativos.

El uso de agregados de caucho en el concreto puede satisfacer la demanda para la conservación de un medio ambiente limpio reciclando neumáticos utilizados.

A pesar de encontrar reducciones generalizadas en las propiedades mecánicas y durabilidad con relación al comportamiento de un concreto sin reemplazo, esto no representa una limitante para el uso de agregados provenientes de residuos de llantas en desuso para la elaboración de concretos. Técnicamente se puede limitar el uso del porcentaje de adición de caucho a concretos con solicitudes moderadas de resistencia y ambientes agresivos, sin embargo esto se puede mejorar con mayor dosificación de cemento, con el uso de aditivos o adiciones.

El concreto con caucho no necesariamente es para uso en elementos estructurales reforzados. Usos en los cuales bajos módulos elásticos, baja permeabilidad y baja resistencia mecánica no sean un problema pueden ser un nicho para estos concretos, aun con altos porcentajes de reemplazo. Inclusive puede haber usos en los cuales un bajo módulo elástico unido y alta deformabilidad pueden ser propiedades deseables. Pensar en andenes, mobiliario urbano, barrera anti ruido, paneles de fachada, cimentaciones para equipos vibrantes, muros divisorios, etc.

7.Recomendaciones

Se recomienda realizar pruebas acústicas, térmicas y ensayos dinámicos, para conocer a fondo este tipo de concreto y llegar a inferir sobre las aplicaciones que podría llegar a tener a nivel de productividad.

Se recomienda realizar estudios con los mismos porcentajes de sustitución de grano de caucho pero variando la relación a/c, para lograr concretos con similares características, buscando disminuir el impacto negativo en los resultados de los ensayos.

Realizar ensayos a edades avanzadas de 180 y 360 días, con el objetivo de evaluar el comportamiento a largo plazo del concreto con sustitución de agregado fino por grano de caucho proveniente de llantas en desuso.

Se podrían realizar nuevos ensayos utilizando aditivos que permita mayor cohesión entre las partículas de caucho y la pasta de cemento.

Se recomienda realizar nuevos ensayos con concretos sin adiciones y comparar los resultados entre la penetración del ion cloruro con RCPT y NT BUILD-492.

8. Bibliografía

1. AKASH, R., KUMAR, N., & SUDHIR, M., Use of aggregates from recycled. 2007
2. ALAEJOS GUTIÉRREZ, P., Recomendaciones para la utilización de áridos reciclados en hormigón estructural. 2008.
3. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS, ASTM, Sociedad Americana Para Pruebas De Materiales.
4. ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE PRODUCTORES DE CONCRETO – ASOCRETO. Colección básica del concreto Vol. 1 Tecnología y Propiedades Bogotá D.C. 2000.
5. ASOCIACIÓN DE INGENIERÍA SÍSMICA, Reglamento De Construcción Sismo Resistente NSR-10. Ley 400 de 1997, Bogotá D.C, 2010.
6. BRAVO. M y BRITO. J. Concrete made with used tyre aggregate: durability-related performance, 2011.
7. BRITISH STANDARDS, BS, Normas británicas, Parte 208, Londres. 1996.
8. CAIRNS, R.; KEW, H.; and KENNY, M., The Use of Recycled Rubber Tyres in Concrete Construction. University of Strathclyde, Glasgow, Scotland, 2004, 91 pp.
9. CASSIANO, J., Valoración de propiedades eléctricas del concreto y su correlación con algunas propiedades mecánicas y de durabilidad, 2010.
10. CRUZ. J.M, PAYA. J, LANDINE. L.F, Lalinde y FITA. I.C. Evaluación de las propiedades eléctricas de morteros de cemento con puzolanas. En: Materiales de Construcción, 2010.
11. ELDIN, N., and SENOUCI, A., Observations on Rubberized Concrete Behavior, Cement, Concrete and Aggregates, V. 15, No. 1, 1993, pp. 74-84.
12. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS – ICONTEC – Normas técnicas Colombianas.
13. INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS (IVIC), Revista facultad de ingeniería de la Universidad Central de Venezuela, Volumen 3, 2007.
14. LEE, H., LEE, H., MOON, J., and JUNG, H., Development of Tire-Added Latex Concrete, Title No. 95-M33, ACI Material Journal, 1998.

-
15. MARTÍNEZ, I., & MENDOZA, C., Comportamiento mecánico de concreto fabricado con agregados reciclados. 2005.
 16. MENDOZA FLORES. Juan, DURAN ROMERO. Rubén y GENESCA LLOGUERAS. Joan. Espectroscopia de Impedancia Electroquímica en Corrosión. México: Instituto Mexicano del Petróleo, Facultad de Química - UNAM, p. 33.
 17. MOHAMMED, S., & ABAZA, O., Utilization of waste tires in the production of non – structural portland cement concrete, 2011.
 18. NORDTEST METHOD. NT-BUILT 492. Chloride migration coefficient from non-steady- state migration experiments. 1999.
 19. OLORUNSOGO, F., Properties of concrete made with recycled concrete aggregate, 2009.
 20. OVIEDO. O, BUENDIA. R, RUIZ. D, GÓMEZ. A y LEÓN. M. Uso de materiales reciclados para edificaciones: estudio del concreto hidráulico con adición de tiras de caucho de desecho de llanta, 2008.
 21. RAO, A. (2005). Experimental investigation on use of recycled aggregates in mortar and concrete.
 22. RIVERA, G. (2009). Tecnología del Concreto.
 23. SÁNCHEZ DE GUZMÁN DIEGO, TECNOLOGÍA DEL CONCRETO Y DEL MORTERO, Pontificia Universidad Javeriana, Colombia 2001.
 24. SCHULTZ, B., HERNÁNDEZ, F., ALONSO, M., BOLLATI, M., PARGA, B., BARLUENGA. G. y BENITO, C., Hormigón con fibras de caucho de recuperación de neumáticos usados y de polipropileno diseño del firme de hormigón de caucho, 2004.
 25. SUK, H., LEE, H., MOON, J. y WOOK H., Development of tire- added latex concrete, 1998.
 26. TOUTANJI. H.A., The use of rubber tire particles in concrete to replace mineral aggregates, 1996.
 27. VALADARES, F., BRAVO, M., and DE BRITO, J., Concrete with Used Tire Rubber Aggregates: Mechanical Performance, Title No. 109-M26, ACI Material Journal, 2012.
 28. YUNG, W., YUNG, L., and HUA, L., Study of the durability properties of waste tire rubber applied to self-compacting concrete, 2012.

9. Infografía

Pavimentos deportivos

<http://www.grupocgc.com/descargas/pavimentos%20deportivos%20con%20caucho.pdf>

Ciclo de vida de los neumáticos

http://web.idrc.ca/uploads/user-S/11437594051gr-02_02-neumaticos_pag21-26.pdf

http://www.revistaecomundo.com/pdf/ecomundo_23.pdf

Reciclado de llantas

<http://www.recicladoseu/index.php/automoviles/16-reciclado-de-llantas-en-europa.html>

Análisis del desecho de neumáticos en desuso

http://www.ccad.ws/proarca/p_proarca/pdf_sigma/Llantas.pdf

Estado del arte en manejo de llantas en América Latina

<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd24/manejo.pdf>

Antecedentes para el manejo de residuos en Colombia

<http://www.multiobras.info/archivos/PDF/DAMA.pdf>

Diagnóstico ambiental sobre el manejo actual de llantas y neumáticos usados generados por el parque automotor de Santa Fe de Bogotá

<http://www.secretariadeambiente.gov.co/sda/libreria/pdf/residuos/2-Llantas.pdf>

Guía para el manejo de llantas

http://www.secretariadeambiente.gov.co/sda/libreria/pdf/residuos/guia_llantas.pdf

MODELACIÓN DEL COMPORTAMIENTO REOLÓGICO DE ASFALTO
CONVENCIONAL Y MODIFICADO CON POLÍMERO RECICLADO, ESTUDIADA DESDE
LA RELACIÓN VISCOSIDAD-TEMPERATURA

[http://revista.eia.edu.co/articulos12/EIA%2012%20\(pag.%20125-137\).pdf](http://revista.eia.edu.co/articulos12/EIA%2012%20(pag.%20125-137).pdf)

La carbonatación, enemigo olvidado del concreto (Montani. R, 2000).

<http://www.imcyc.com/revista/2000/dic2000/carbonatacion.htm>

Anexos

ANEXO A

- Ficha técnica agregado de caucho.



Ficha técnica del producto: GN – Grass	
<p>Descripción del producto: La composición del producto es caucho vulcanizado granulado proveniente de la unidad estratégica orientada al reciclaje, aprovechamiento y valoración de las llantas en desuso. Se obtiene a través de un proceso que se realiza por trituración mecánica y separación de los materiales que conforman las llantas. Es un producto no tóxico, de forma granular y suave olor que caracteriza al caucho. En su producción se cumplen los diferentes términos dispuestos en el protocolo de Kioto.</p>	
Análisis del producto	
Descripción:	Caucho Vulcanizado Granulado
Densidad:	1.109 gr/cm ³ a 25°C (según norma ASTM D792)
Forma Física:	Gránulos de forma irregular
Rango de dimensión:	0.85 – 2.4 mm
% de presencia de Acero:	Menos de 0.1%
% de presencia de Textiles:	Menos de 0.1%
Presentación: Bultos de polipropileno de 30 kilos y Big Bags de 650 kilos.	

Figura 66 Ficha técnica agregado de caucho – Grass.



Tabla granulométrica:

CARACTERÍSTICAS DE MALLA	RESULTADOS	
	Apertura nominal de red (mm)	% Retenido en cada tamiz
Retenido malla 8	2.36	4,6
Retenido malla 10	2,00	52,4
Retenido malla 12	1,7	84,3
Retenido malla 20	0.85	96,3
Fondos	-0.85	100

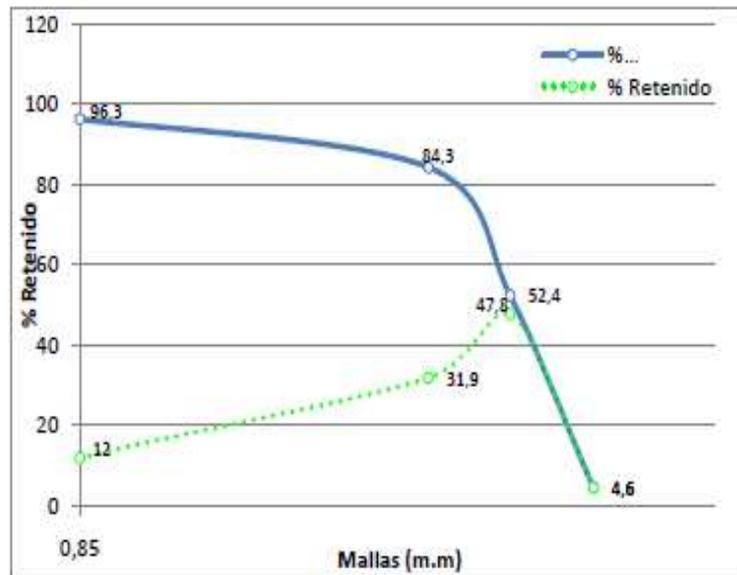


Figura 67 Ficha técnica granulometría agregado de caucho – Grass.

GRANULOMETRIA

Norma ASTM C 136 - 84a y C 117 -87

Peso del Material sucio y seco (g) =

1403,0

Peso Recipiente (g) =

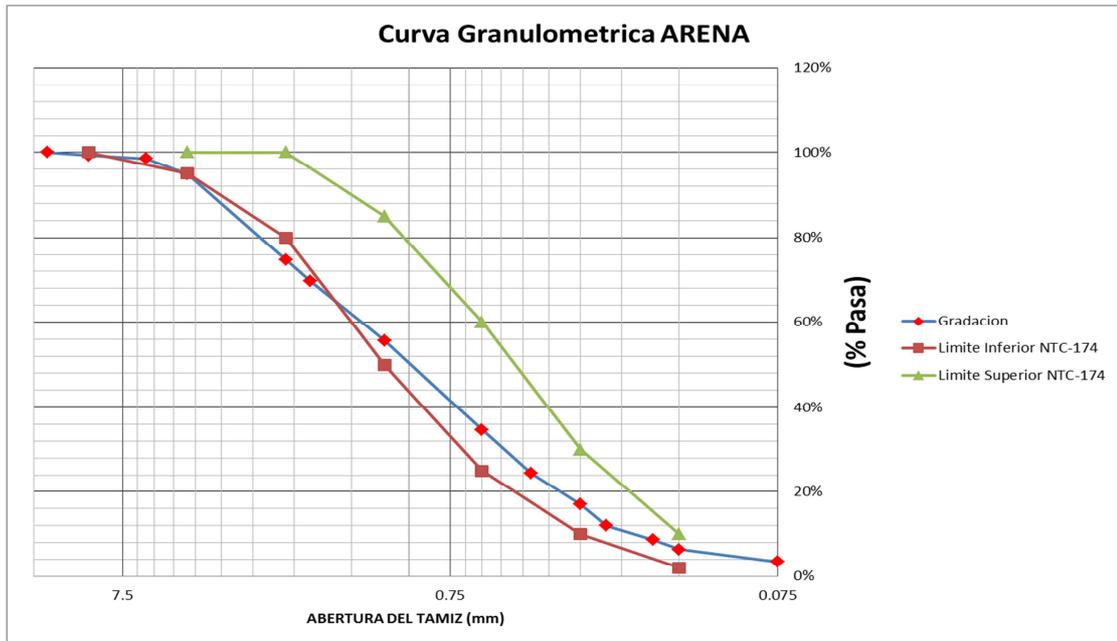
0

Teso material retenido seco (g) =

1358

Peso material pasa No 200 (g) =

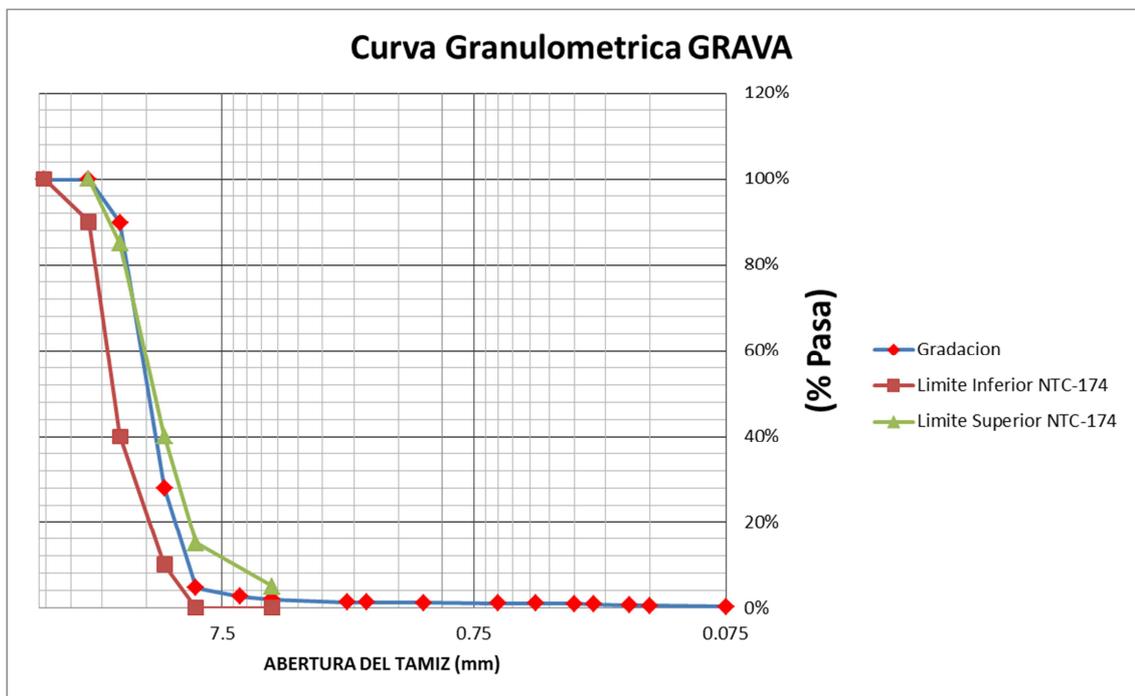
45



MUESTRA Grava

GRANULOMETRIA
Norma ASTM C 136 - 84a y C 117 - 87

Peso del Material sucio y seco (g) =	5810.0	Peso Recipiente (g) =	0.0
Teso material retenido seco (g) =	5793	Peso material pasa No 200 (g) =	17.0



Anexo B

- **Diseños De Mezcla Para Muestras De 0, 10, 20 Y 30% De Sustitución De Caucho.**

Para el desarrollo de la investigación se utilizó una relación agua/cemento igual a 0.60.

Estimacion del Contenido de Aire

Cantidad aproximada de aire esperado en concreto sin aire incluido y niveles de aire incluido para diferentes tamaños maximos del agregado segun A.C.I-211

Tamaño Maximo Nominal del Agregado			Contenido de Aire en % (Por Volumen)			
			Naturalmete Atrapado	Exposicion Ligera	Exposicion Moderada	Exposicion Severa
mm		pulg				
9.51		3/8"	3	4.5	6	7.5
12.7		1/2"	2.5	4	5.5	7
19		3/4"	2	3.5	5	6
25.4		1"	1.5	3	4.5	6
38.1		1 1/2"	1	2.5	4.5	5.5
50.8		2"	0.5	2	4	5
76.1		3"	0.3	1.5	3.5	4.5
152		6"	0.2	1	3	4

Tabla 24 Cantidad aproximada de aire esperado en concreto con y sin aire incluido según Comité 211-A.C.I.

Estimacion del Contenido de Agua de Mezclado

Requerimiento aproximado de agua de mezclado para diferentes asentamientos y tamaños maximos de agregado, con particulas de

Asentamiento		Tamaño Maximo del Agregado, en mm (pulg)	
		19	25.4
mm	pulg	3/4"	1"
		Agua de mezclado, en Kg/m3 de concreto	
0	0	186	171
25	1	194	178
50	2	199	183
75	3	203	188
100	4	207	192
125	5	210	196
150	6	214	200
175	7	218	205
200	8	224	210

Tabla 25 Agua de mezclado para diferentes asentamientos y tamaños máximos del agregado según Comité 211-A.C.I.

Selección de la Relación Agua-Cemento

Se selecciona como constante una relación A/C= 0.60

Correspondencia entre la resistencia a la compresión a los 28 días de edad y la relación A/C para los cementos colombianos, Portland Tipo 1, en concreto sin aire incluido

Resistencia a compresion Kg/cm2	Relacion A/C en peso		
	Limite superior	Linea media	Limite inferior
140	-	0.72	0.65
165			0.60
175	-	0.65	0.58
200		0.60	
210	0.7	0.58	0.53
245	0.64	0.53	0.49
273	0.60		
280	0.59	0.48	0.45
315	0.54	0.44	0.42
350	0.49	0.4	0.38

Tabla 26 Selección de la relación agua/ cemento según Comité 211-A.C.I.

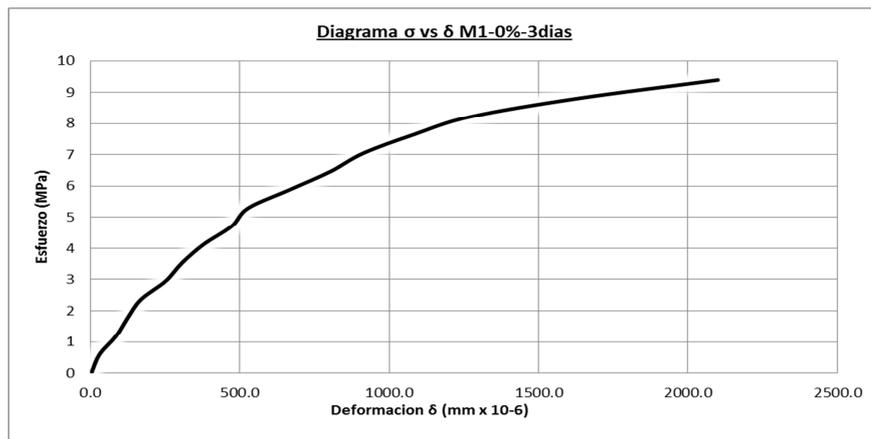
**Relacion Agua - Cemento y resistencia a la compresion del concreto, segun A.C.I 211
 Tabla 6.3.4(a)**

Resistencia a compresion a los 28 dias	Relacion A/C en peso	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire Incluido
420	0.41	-
350	0.48	0.4
280	0.57	0.48
210	0.68	0.59
140	0.82	0.74

Tabla 27 Relación agua/cemento y resistencia a la compresión según Comité 211-A.C.I.

Anexo C

- Datos Obtenidos Ensayo Resistencia A Compresión 0%, 10%, 20% y 30% a 3 días.



NOMBRE: ENSAYO A COMPRESION 0% - 3 DIAS
 Altura = 199 mm
 \varnothing promedio = 103 mm
 Area Cilindro= 8332.3 mm²
 h1= 92 mm
 h2= 91 mm
 $Dist. Vert entre anillos = \frac{h1+h2}{2} = 92$ mm
 D1 = 53 mm
 D2 = 55 mm
 Wcilindro = 3759 gr

DATOS DE ENSAYO			
CARGA (Kg)	$\delta_{total} \times 10^{-2}$ (mm)	σ (Mpa)	$\delta_{total} \times 10^{-6}$ (mm)
0	0	0	0.0
500	0.5	0.59	27.6
1000	1.5	1.18	82.7
1500	2.2	1.76	121.4
2000	3	2.35	165
2500	4.5	2.94	248.2
3000	5.5	3.53	303.4
3500	6.8	4.12	375
4000	8.5	4.70	469
4500	9.5	5.29	524
5000	12	5.88	662
5500	14.5	6.47	800
6000	16.5	7.06	910
6500	19.5	7.64	1076
7000	23	8.23	1269
7500	29.5	8.82	1627
8000	38	9.41	2096
8200		9.64	0

Figura 68 Grafico esfuerzo vs deformación M1-0%-3Dias.

Valoración De Propiedades Mecánicas Y De Durabilidad De Concreto Adicionado Con Residuos De Llantas De Caucho.

118

NOMBRE: ENSAYO A COMPRESION 0% - 3 DIAS

Altura = 199 mm

Øpromedio = 101 mm

Area Cilindro= 8011.8 mm²

h1= 92 mm

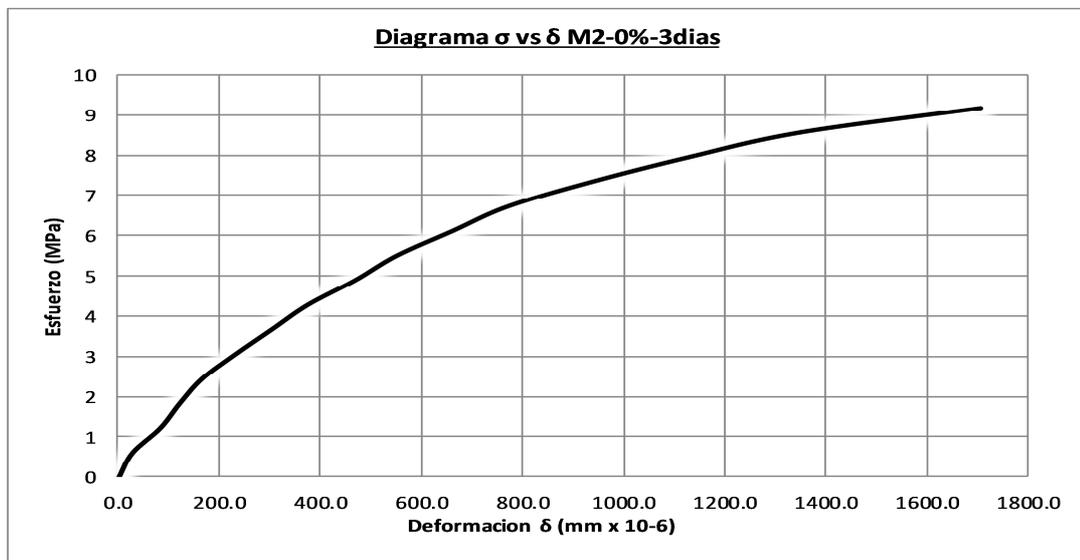
h2= 90 mm

$Dist. Vert entre anillos = \frac{h1+h2}{2} = 91 \text{ mm}$

D1 = 55 mm

D2 = 55 mm

Wcilindro = 3721 gr



DATOS DE ENSAYO			
CARGA	$\delta_{total} \times 10^{-2}$	σ	$\delta_{total} \times 10^{-6}$
(Kg)	(mm)	(Mpa)	(mm)
0	0	0	0.0
500	0.5	0.61	27.5
1000	1.5	1.22	82.4
1500	2.2	1.83	120.9
2000	3	2.45	165
2500	4.2	3.06	230.8
3000	5.5	3.67	302.2
3500	6.8	4.28	374
4000	8.5	4.89	467
4500	10	5.50	549
5000	12	6.12	659
5500	14	6.73	769
6000	17	7.34	934
6500	20.5	7.95	1126
7000	24.5	8.56	1346
7500	31	9.17	1703
7800		9.54	0

Figura 69 Grafico esfuerzo vs deformación M2-0%-3Dias.

Valoración De Propiedades Mecánicas Y De Durabilidad De Concreto Adicionado Con Residuos De Llantas De Caucho.

119

NOMBRE: ENSAYO A COMPRESION 0% - 3 DIAS

Altura = 200 mm

Øpromedio = 100 mm

Area Cilindro= 7854.0 mm²

h1= 92 mm

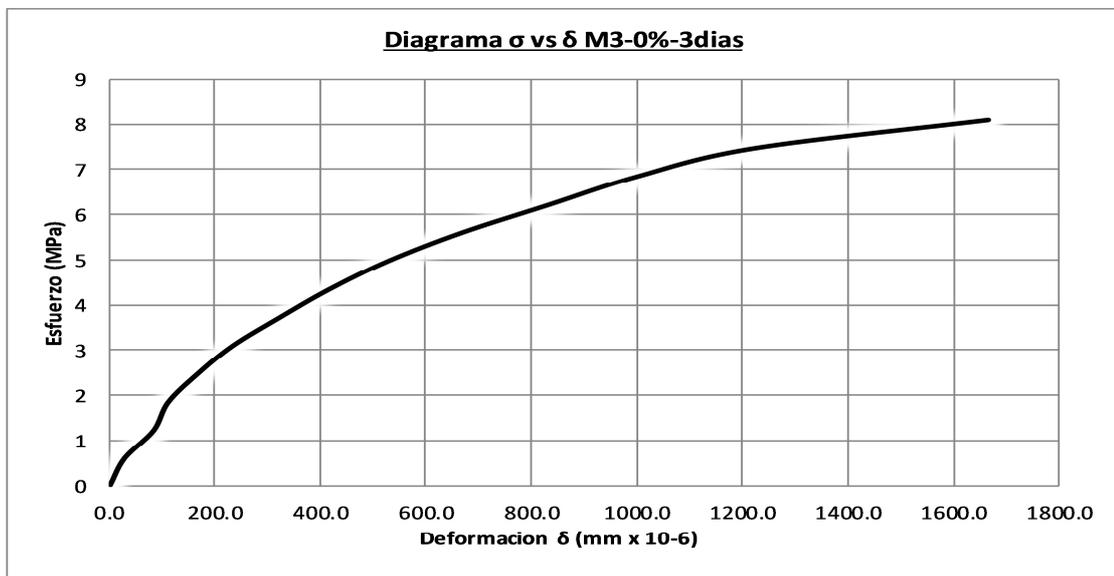
h2= 90 mm

Dist.Vert entre anillos = $\frac{h1+h2}{2}$ = 91 mm

D1 = 53 mm

D2 = 55 mm

Wcilindro = 3683 gr



DATOS DE ENSAYO			
CARGA	$\delta_{total} \times 10^{-2}$	σ	$\delta_{total} \times 10^{-6}$
(Kg)	(mm)	(Mpa)	(mm)
0	0	0	0.0
500	0.5	0.62	27.7
1000	1.5	1.25	83.2
1500	2	1.87	110.9
2000	3	2.50	166
2500	4.2	3.12	233.0
3000	5.8	3.74	321.7
3500	7.5	4.37	416
4000	9.5	4.99	527
4500	12	5.61	666
5000	15	6.24	832
5500	18	6.86	999
6000	22	7.49	1220
6500	30	8.11	1664
6900		8.61	0

Figura 70 Grafico esfuerzo vs deformación M3-0%-3Dias.

Valoración De Propiedades Mecánicas Y De Durabilidad De Concreto Adicionado Con Residuos De Llantas De Caucho.

120

NOMBRE: ENSAYO A COMPRESION 10% - 3 DIAS

Altura = 201 mm

Øpromedio = 101 mm

Area Cilindro= 8011.8 mm²

h1= 94 mm

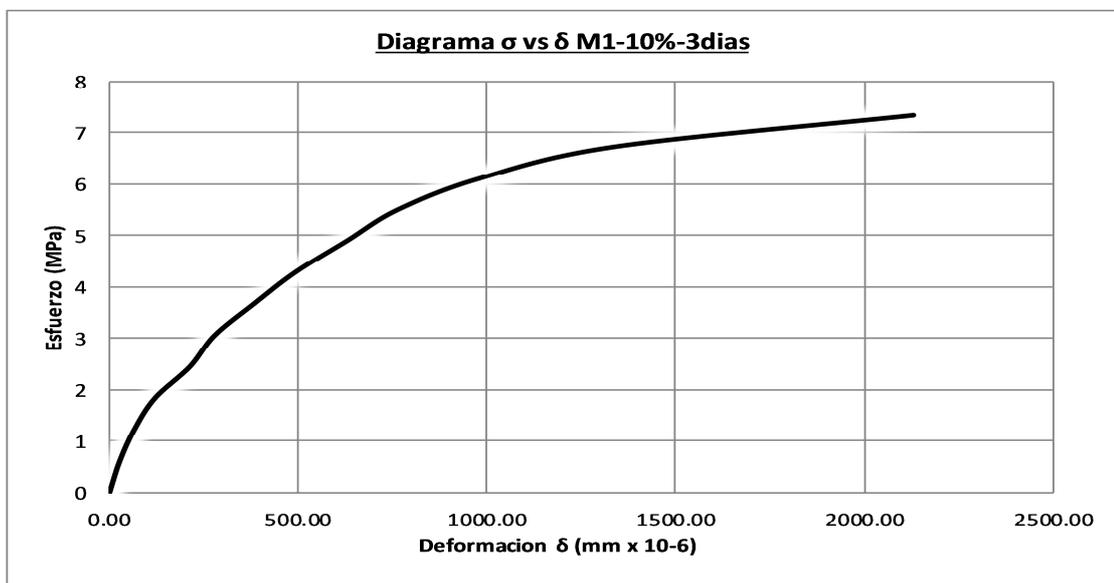
h2= 91 mm

Dist. Vert entre anillos = $\frac{h1+h2}{2}$ = 93 mm

D1 = 54 mm

D2 = 56 mm

Wcilindro = 3603 gr



DATOS DE ENSAYO			
CARGA	$\delta_{total} \times 10^{-2}$	σ	$\delta_{total} \times 10^{-6}$
(Kg)	(mm)	(Mpa)	(mm)
0	0	0	0.00
500	0.5	0.61	27.3
1000	1.2	1.22	65.5
1500	2.2	1.83	120.0
2000	3.9	2.45	213
2500	5.1	3.06	278.3
3000	7	3.67	382.0
3500	9	4.28	491
4000	11.5	4.89	628
4500	14	5.50	764
5000	18	6.12	982
5500	24.5	6.73	1337
6000	39	7.34	2128
6300		7.71	0

Figura 71 Grafico esfuerzo vs deformación M1-10%-3Dias.

Valoración De Propiedades Mecánicas Y De Durabilidad De Concreto Adicionado Con Residuos De Llantas De Caucho.

121

NOMBRE: ENSAYO A COMPRESION 10% - 3 DIAS

Altura = 202 mm

Øpromedio = 102 mm

Area Cilindro= 8171.3 mm²

h1= 94 mm

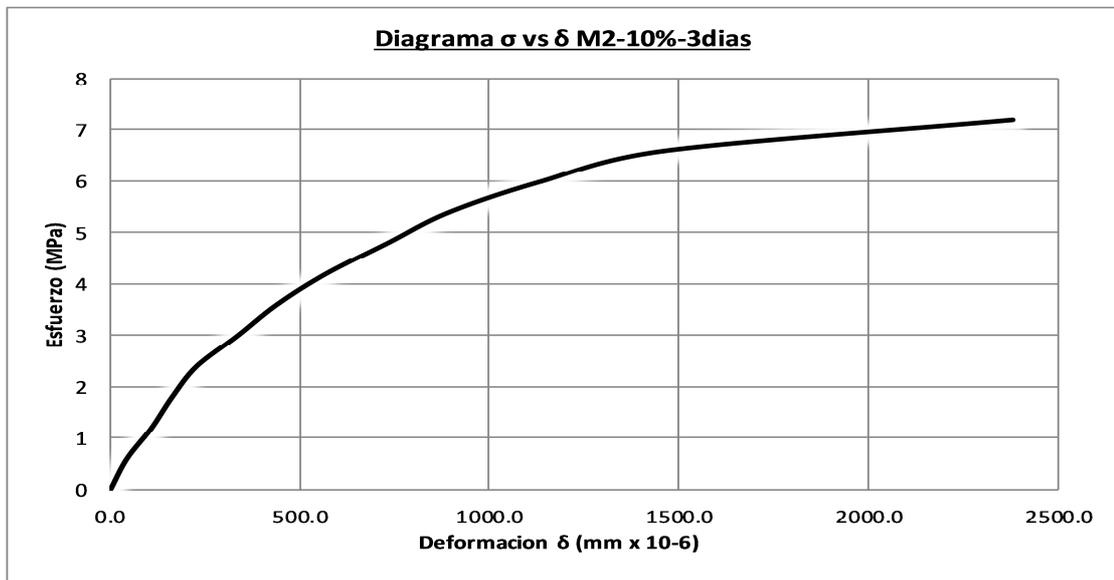
h2= 92 mm

Dist.Vert entre anillos = $\frac{h1+h2}{2}$ = 93 mm

D1 = 54 mm

D2 = 55 mm

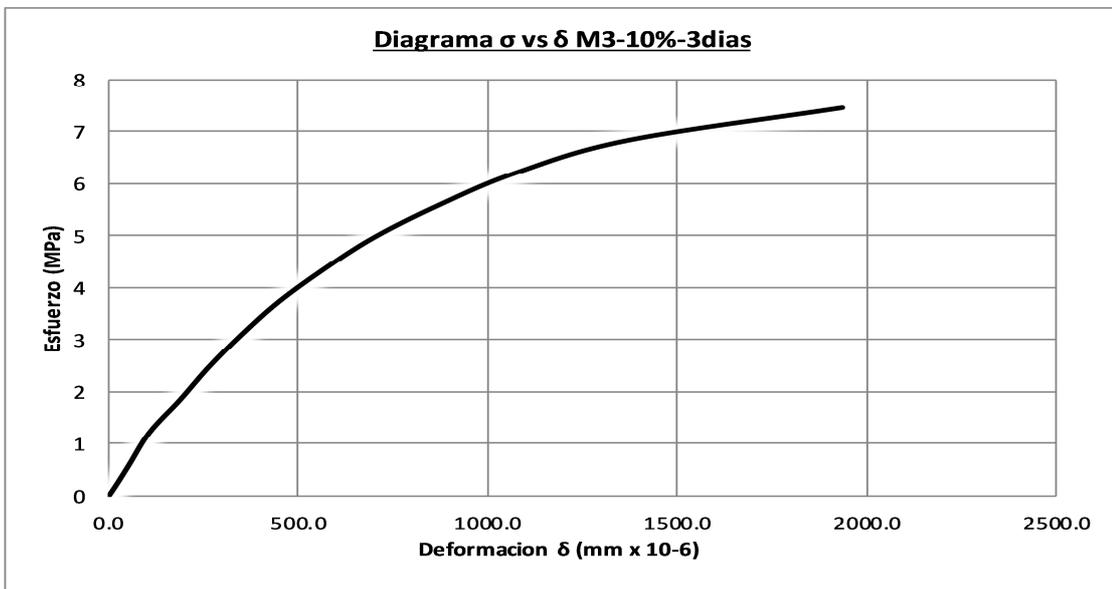
Wcilindro = 3723 gr



DATOS DE ENSAYO			
CARGA	$\delta_{total} \times 10^{-2}$	σ	$\delta_{total} \times 10^{-6}$
(Kg)	(mm)	(Mpa)	(mm)
0	0	0	0.0
500	0.8	0.60	43.2
1000	2	1.20	108.0
1500	3	1.80	162.1
2000	4.2	2.40	227
2500	6.2	3.00	334.9
3000	8.1	3.60	437.5
3500	10.5	4.20	567
4000	13.5	4.80	729
4500	16.5	5.40	891
5000	21	6.00	1134
5500	27	6.60	1458
6000	44	7.20	2377
6400		7.68	0

Figura 72 Grafico esfuerzo vs deformación M2-10%-3Dias.

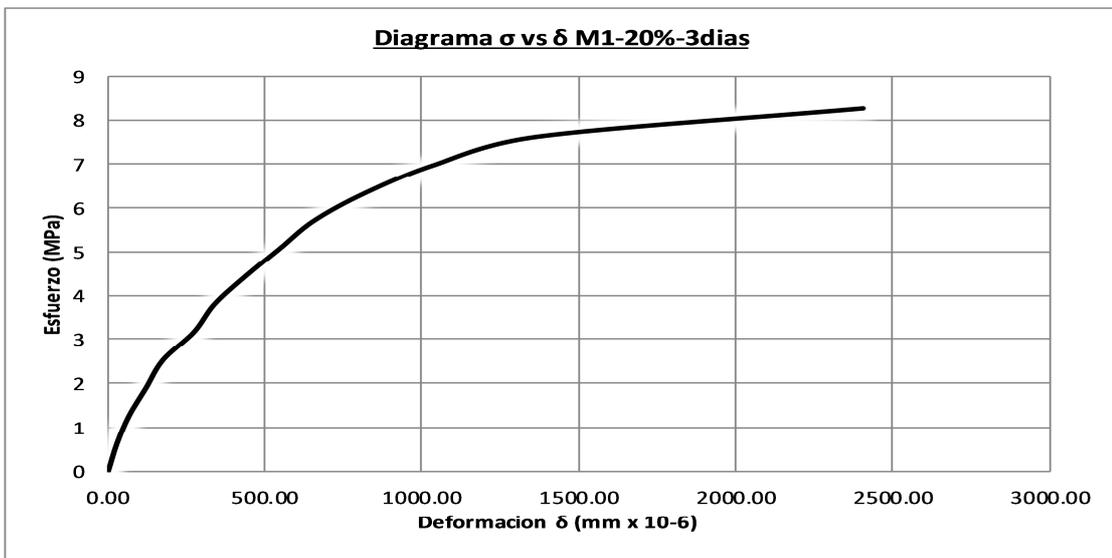
NOMBRE: ENSAYO A COMPRESION 10% - 3 DIAS
 Altura = 200 mm
 Øpromedio = 100 mm
 Area Cilindro= 7854.0 mm²
 h1= 95 mm
 h2= 93 mm
 Dist.Vert entre anillos = $\frac{h1+h2}{2} = 94$ mm
 D1 = 52 mm
 D2 = 54 mm
 Wcilindro = 3634 gr



DATOS DE ENSAYO			
CARGA	$\delta_{total} \times 10^{-2}$	σ	$\delta_{total} \times 10^{-6}$
(Kg)	(mm)	(Mpa)	(mm)
0	0	0	0.0
500	1	0.62	53.7
1000	2	1.25	107.4
1500	3.5	1.87	188.0
2000	4.9	2.50	263
2500	6.5	3.12	349.1
3000	8.3	3.74	445.8
3500	10.5	4.37	564
4000	13	4.99	698
4500	16.2	5.61	870
5000	20	6.24	1074
5500	25.5	6.86	1370
6000	36	7.49	1933
6500		8.11	0

Figura 73 Grafico esfuerzo vs deformación M3-10%-3Dias.

NOMBRE: ENSAYO A COMPRESION 20% - 3 DIAS
 Altura = 199 mm
 Øpromedio = 99 mm
 Area Cilindro= 7697.7 mm²
 h1= 93 mm
 h2= 91 mm
Dist. Vert entre anillos = $\frac{h1+h2}{2}$ = 92 mm
 D1 = 55 mm
 D2 = 56 mm
 Wcilindro = 3344 gr



DATOS DE ENSAYO			
CARGA	δtotal x 10-2	σ	δtotal x 10-6
(Kg)	(mm)	(Mpa)	(mm)
0	0	0	0.00
500	0.5	0.64	27.3
1000	1.2	1.27	65.5
1500	2.2	1.91	120.1
2000	3.2	2.55	175
2500	5	3.18	273.0
3000	6.2	3.82	338.6
3500	8	4.46	437
4000	10	5.09	546
4500	12	5.73	655
5000	15	6.37	819
5500	19	7.00	1038
6000	25	7.64	1365
6500	44	8.28	2403
6500		8.28	0

Figura 74 Grafico esfuerzo vs deformación M1-20%-3Dias.

Valoración De Propiedades Mecánicas Y De Durabilidad De Concreto Adicionado Con Residuos De Llantas De Caucho.

124

NOMBRE: ENSAYO A COMPRESION 20% - 3 DIAS

Altura = 200 mm

Øpromedio = 101 mm

Area Cilindro= 8011.8 mm²

h1= 90 mm

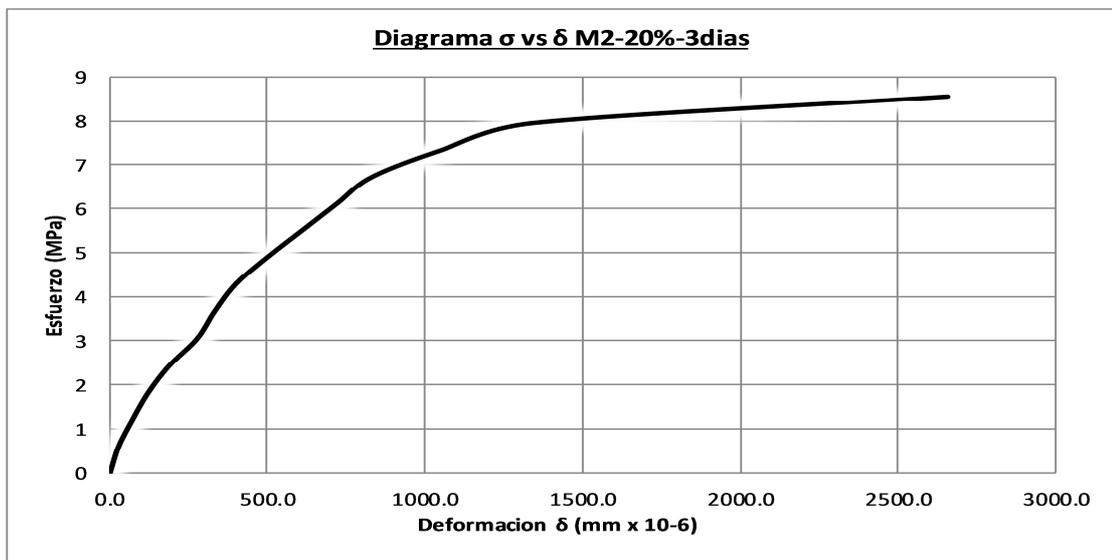
h2= 90 mm

Dist.Vert entre anillos = $\frac{h1+h2}{2}$ = 90 mm

D1 = 55 mm

D2 = 54 mm

Wcilindro = 3542 gr



DATOS DE ENSAYO			
CARGA (Kg)	δ_{total} x 10 ⁻² (mm)	σ (Mpa)	δ_{total} x 10 ⁻⁶ (mm)
0	0	0	0.0
500	0.5	0.61	27.6
1000	1.3	1.22	71.9
1500	2.2	1.83	121.6
2000	3.4	2.45	188
2500	5	3.06	276.5
3000	6	3.67	331.7
3500	7.2	4.28	398
4000	9	4.89	498
4500	11	5.50	608
5000	13	6.12	719
5500	15	6.73	829
6000	19	7.34	1051
6500	24.2	7.95	1338
7000	48	8.56	2654
7000		8.56	0

Figura 75 Grafico esfuerzo vs deformación M2-20%-3Dias.

Valoración De Propiedades Mecánicas Y De Durabilidad De Concreto Adicionado Con Residuos De Llantas De Caucho.

125

NOMBRE: ENSAYO A COMPRESION 20% - 3 DIAS

Altura = 199 mm

Øpromedio = 101 mm

Area Cilindro= 8011.8 mm²

h1= 93 mm

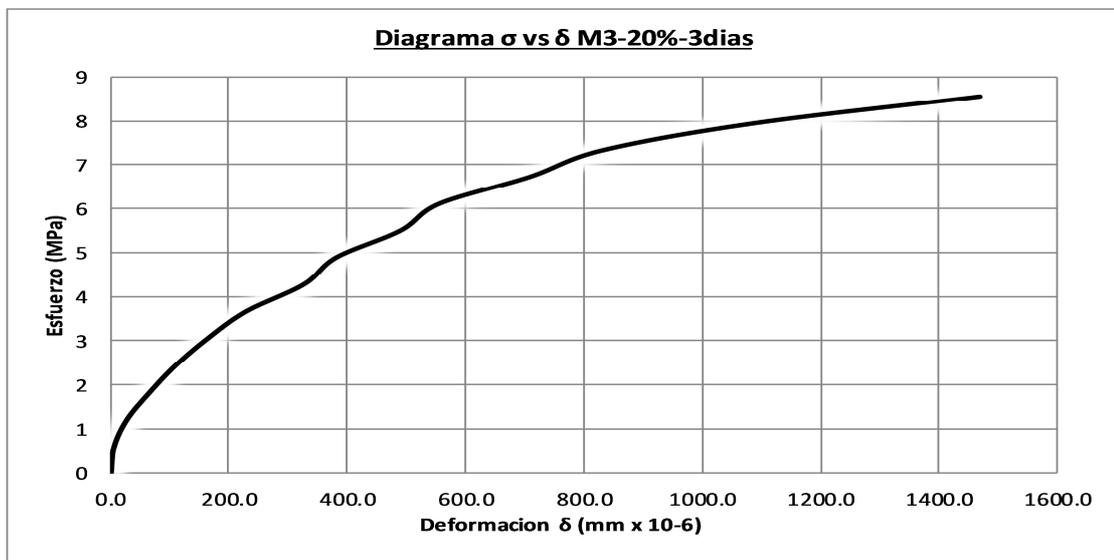
h2= 91 mm

Dist.Vert entre anillos = $\frac{h1+h2}{2}$ = 92 mm

D1 = 55 mm

D2 = 55 mm

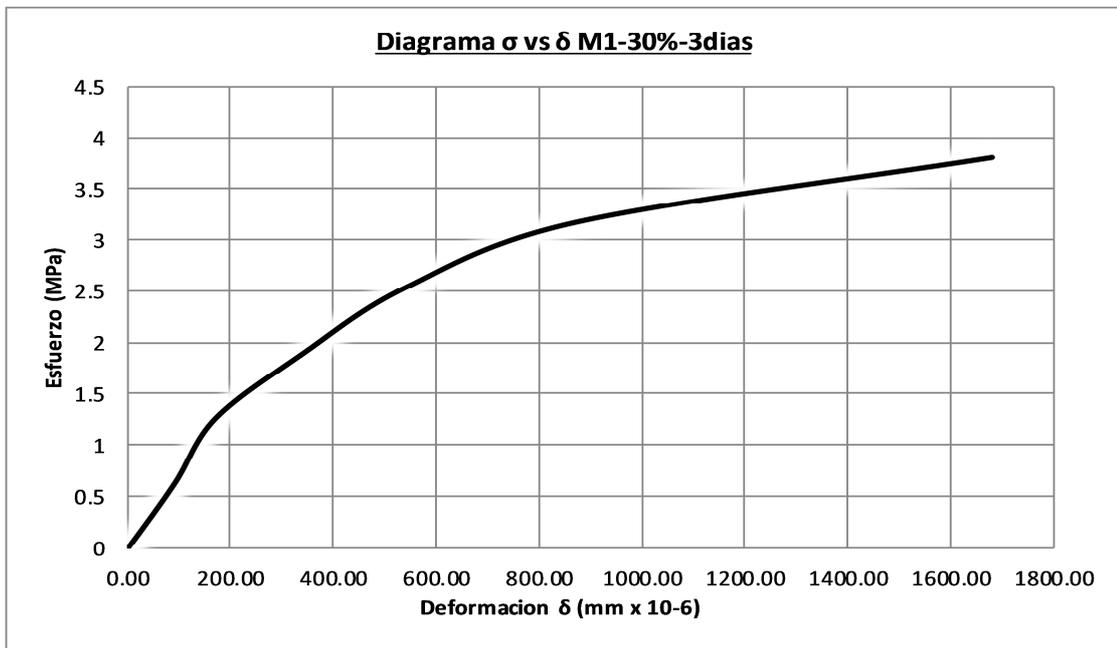
Wcilindro = 3508 gr



DATOS DE ENSAYO			
CARGA	$\delta_{total} \times 10^{-2}$	σ	$\delta_{total} \times 10^{-6}$
(Kg)	(mm)	(Mpa)	(mm)
0	0	0	0.0
500	0.1	0.61	5.4
1000	0.5	1.22	27.2
1500	1.2	1.83	65.2
2000	2	2.45	109
2500	3	3.06	163.0
3000	4.2	3.67	228.3
3500	6	4.28	326
4000	7	4.89	380
4500	9	5.50	489
5000	10.2	6.12	554
5500	13	6.73	707
6000	15.3	7.34	832
6500	20	7.95	1087
7000	27	8.56	1467
7000		8.56	0

Figura 76 Grafico esfuerzo vs deformación M3-20%-3Dias.

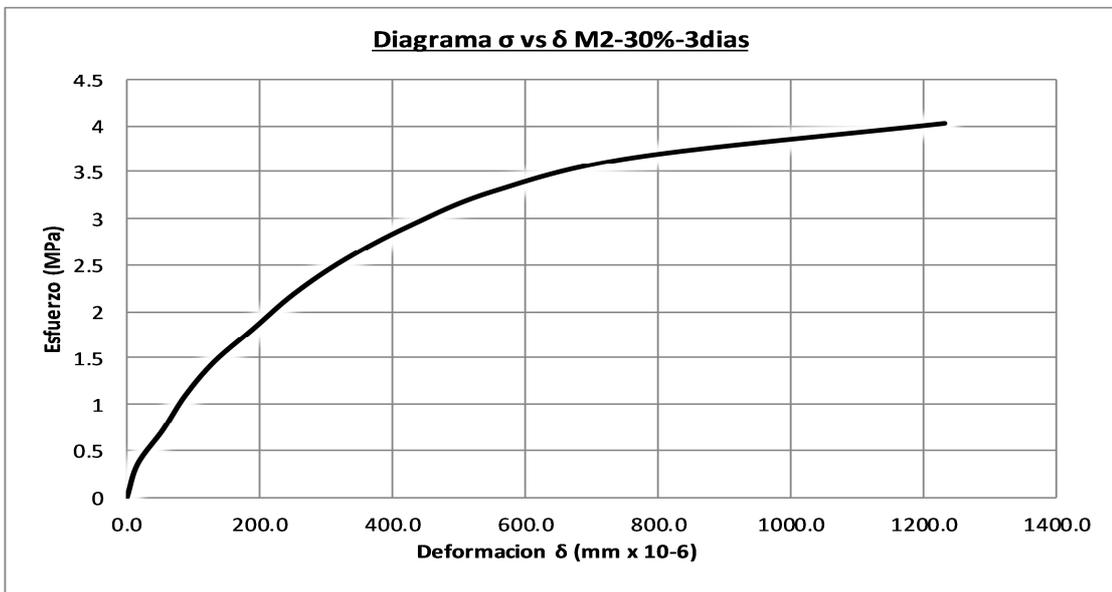
NOMBRE: ENSAYO A COMPRESION 30% - 3 DIAS
 Altura = 197 mm
 Øpromedio = 99 mm
 Area Cilindro= 7697.7 mm²
 h1= 91 mm
 h2= 88 mm
 Dist. Vert entre anillos = $\frac{h1+h2}{2} = 90$ mm
 D1 = 54 mm
 D2 = 58 mm
 Wcilindro = 3252 gr



DATOS DE ENSAYO			
CARGA	$\delta_{total} \times 10^{-2}$	σ	$\delta_{total} \times 10^{-6}$
(Kg)	(mm)	(Mpa)	(mm)
0	0	0	0.00
500	1.6	0.64	91.1
1000	3	1.27	170.8
1500	6	1.91	341.5
2000	9.5	2.55	541
2500	15.3	3.18	871.0
3000	29.5	3.82	1679.3
3200		4.07	0

Figura 77 Grafico esfuerzo vs deformación M1-30%-3Dias.

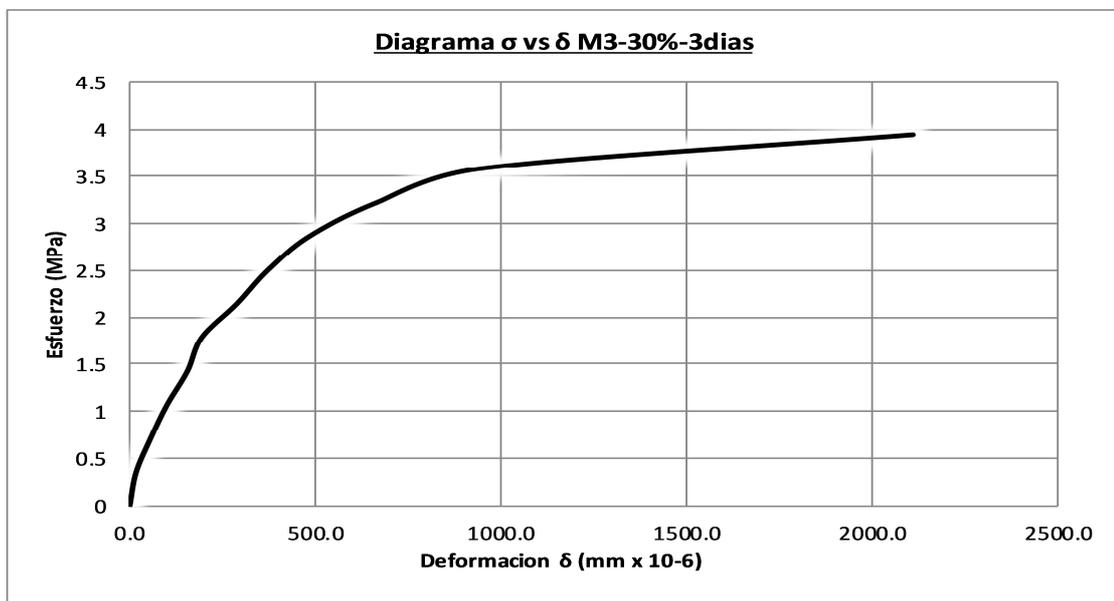
NOMBRE: ENSAYO A COMPRESION 30% - 3 DIAS
 Altura = 198 mm
 Øpromedio = 101 mm
 Area Cilindro= 8011.8 mm²
 h1= 92 mm
 h2= 90 mm
 Dist. Vert entre anillos = $\frac{h1+h2}{2} = 91$ mm
 D1 = 55 mm
 D2 = 54 mm
 Wcilindro = 3451 gr



DATOS DE ENSAYO			
CARGA	$\delta_{total} \times 10^{-2}$	σ	$\delta_{total} \times 10^{-6}$
(Kg)	(mm)	(Mpa)	(mm)
0	0	0	0.0
300	0.3	0.37	16.4
600	1	0.73	54.7
900	1.6	1.10	87.5
1200	2.4	1.47	131
1500	3.5	1.83	191.4
1800	4.6	2.20	251.5
2100	6	2.57	328
2400	7.8	2.94	427
2700	10.1	3.30	552
3000	14	3.67	766
3300	22.5	4.04	1230
3500		4.28	0

Figura 78 Grafico esfuerzo vs deformación M2-30%-3Dias.

NOMBRE: ENSAYO A COMPRESION 30% - 3 DIAS
 Altura = 199 mm
 Øpromedio = 102 mm
 Area Cilindro= 8171.3 mm²
 h1= 92 mm
 h2= 90 mm
 Dist.Vert entre anillos = $\frac{h1+h2}{2} = 91$ mm
 D1 = 54 mm
 D2 = 56 mm
 Wcilindro = 3382 gr

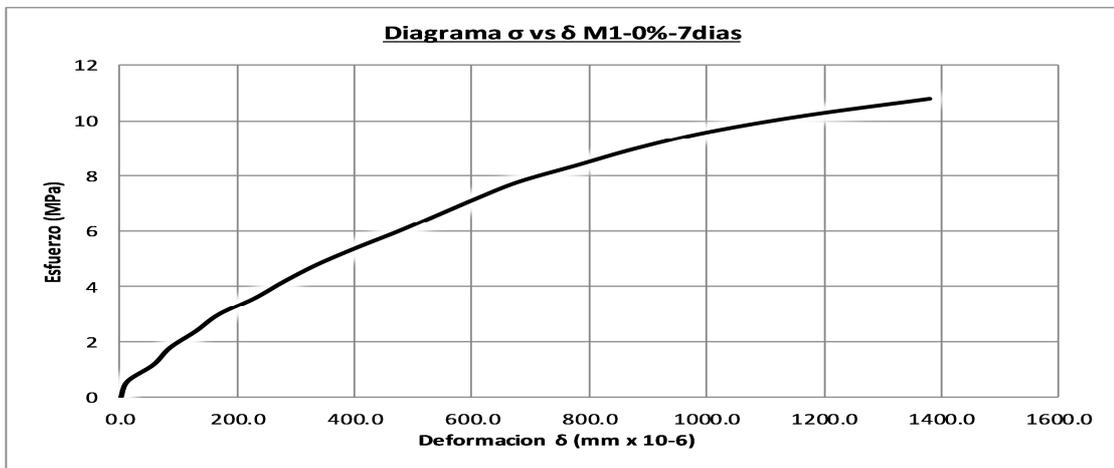


DATOS DE ENSAYO			
CARGA (Kg)	$\delta_{total} \times 10^{-2}$ (mm)	σ (Mpa)	$\delta_{total} \times 10^{-6}$ (mm)
0	0	0	0.0
300	0.3	0.36	16.6
600	1	0.72	55.5
900	1.8	1.08	99.8
1200	2.8	1.44	155
1500	3.5	1.80	194.1
1800	5.2	2.16	288.4
2100	6.7	2.52	372
2400	8.7	2.88	483
2700	12	3.24	666
3000	17	3.60	943
3300	38	3.96	2108
3400		4.08	0

Figura 79 Grafico esfuerzo vs deformación M3-30%-3Dias.

• **Datos Obtenidos Ensayo Resistencia A Compresión 0%, 10%, 20% y 30% a 7 días.**

NOMBRE: ENSAYO A COMPRESION 0% - 7 DIAS
 Altura = 202 mm
 Øpromedio = 102 mm
 Area Cilindro= 8171.3 mm²
 h1= 92.00 mm
 h2= 88.00 mm
 $Dist. Vert entre anillos = \frac{h1+h2}{2} = 90 \text{ mm}$
 D1 = 53 mm
 D2 = 53 mm
 Wcilindro = 3761 gr



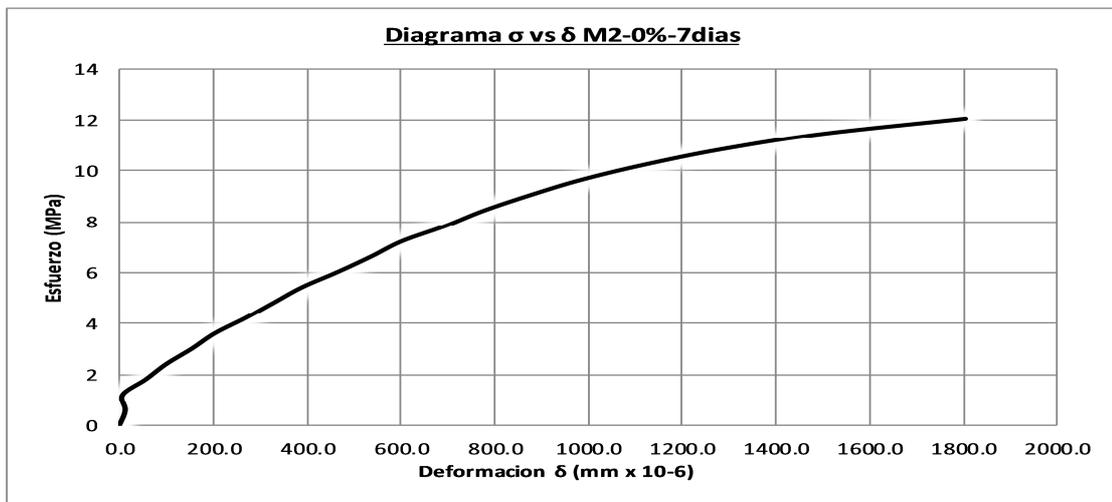
DATOS DE ENSAYO			
CARGA (Kg)	δtotal x 10 ⁻² (mm)	σ (Mpa)	δtotal x 10 ⁻⁶ (mm)
0	0	0	0.0
500	0.2	0.60	11.1
1000	1	1.20	55.6
1500	1.5	1.80	83.3
2000	2.3	2.40	128
2500	3	3.00	166.7
3000	4.1	3.60	227.8
3500	5	4.20	278
4000	6	4.80	333
4500	7.2	5.40	400
5000	8.5	6.00	472
5500	9.7	6.60	539
6000	10.9	7.20	606
6500	12.2	7.80	678
7000	14	8.40	778
7500	15.8	8.99	878
8000	18	9.59	1000
8500	21	10.19	1167
9000	24.8	10.79	1378
9600		11.51	0

Figura 80 Grafico esfuerzo vs deformación M1-0%-7Dias.

Valoración De Propiedades Mecánicas Y De Durabilidad De Concreto Adicionado Con Residuos De Llantas De Caucho.

130

NOMBRE: ENSAYO A COMPRESION 0% - 7 DIAS
 Altura = 201 mm
 Øpromedio = 102 mm
 Area Cilindro= 8123.3 mm²
 h1= 93.00 mm
 h2= 90.00 mm
 Dist. Vert entre anillos = $\frac{h1+h2}{2}$ = 92 mm
 D1 = 55 mm
 D2 = 55 mm
 Wcilindro = 3732 gr



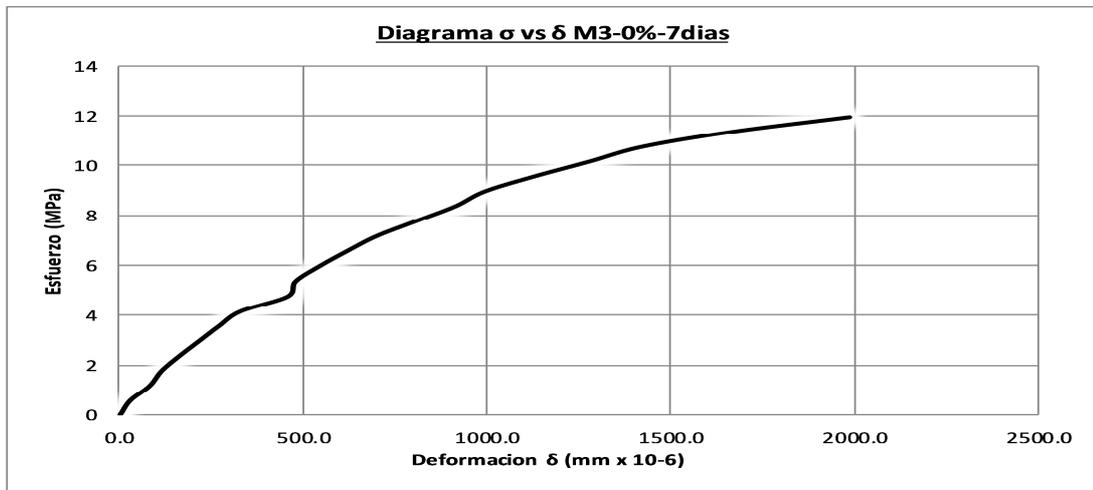
DATOS DE ENSAYO			
CARGA (Kg)	$\delta_{total} \times 10^{-2}$ (mm)	σ (Mpa)	$\delta_{total} \times 10^{-6}$ (mm)
0	0	0	0.0
500	0.2	0.60	10.9
1000	0.1	1.21	5.5
1500	1	1.81	54.6
2000	1.8	2.41	98
2500	2.8	3.02	153.0
3000	3.7	3.62	202.2
3500	4.9	4.22	268
4000	6	4.83	328
4500	7.1	5.43	388
5000	8.5	6.03	464
5500	9.8	6.64	536
6000	11	7.24	601
6500	12.7	7.84	694
7000	14.2	8.44	776
7500	16	9.05	874
8000	18	9.65	984
8500	20.5	10.25	1120
9000	23.5	10.86	1284
9500	27.4	11.46	1497
10000	33	12.06	1803
10400		12.55	0

Figura 81 Grafico esfuerzo vs deformación M2-0%-7Dias.

Valoración De Propiedades Mecánicas Y De Durabilidad De Concreto Adicionado Con Residuos De Llantas De Caucho.

131

NOMBRE: ENSAYO A COMPRESION 0% - 7 DIAS
 Altura = 198 mm
 Øpromedio = 102 mm
 Area Cilindro= 8171.3 mm²
 h1= 93.00 mm
 h2= 91.00 mm
 Dist.Vert entre anillos = $\frac{h1+h2}{2}$ = 92 mm
 D1 = 56 mm
 D2 = 53 mm
 Wcilindro = 3455 gr



DATOS DE ENSAYO			
CARGA (Kg)	$\delta_{total} \times 10^{-2}$ (mm)	σ (Mpa)	$\delta_{total} \times 10^{-6}$ (mm)
0	0	0	0.0
500	0.5	0.60	26.8
1000	1.5	1.20	80.4
1500	2.1	1.80	112.5
2000	3	2.40	161
2500	4	3.00	214.3
3000	5	3.60	267.9
3500	6.1	4.20	327
4000	8.5	4.80	455
4500	8.9	5.40	477
5000	10.1	6.00	541
5500	11.5	6.60	616
6000	13	7.20	696
6500	15	7.80	804
7000	17	8.40	911
7500	18.5	8.99	991
8000	21	9.59	1125
8500	23.8	10.19	1275
9000	26.5	10.79	1420
9500	31	11.39	1661
10000	37	11.99	1982
10400		12.47	0

Figura 82 Grafico esfuerzo vs deformación M3-0%-7Dias.

NOMBRE: ENSAYO A COMPRESION 10% - 7 DIAS

Altura = 202 mm

Øpromedio = 101 mm

Area Cilindro= 8011.8 mm²

h1= 93 mm

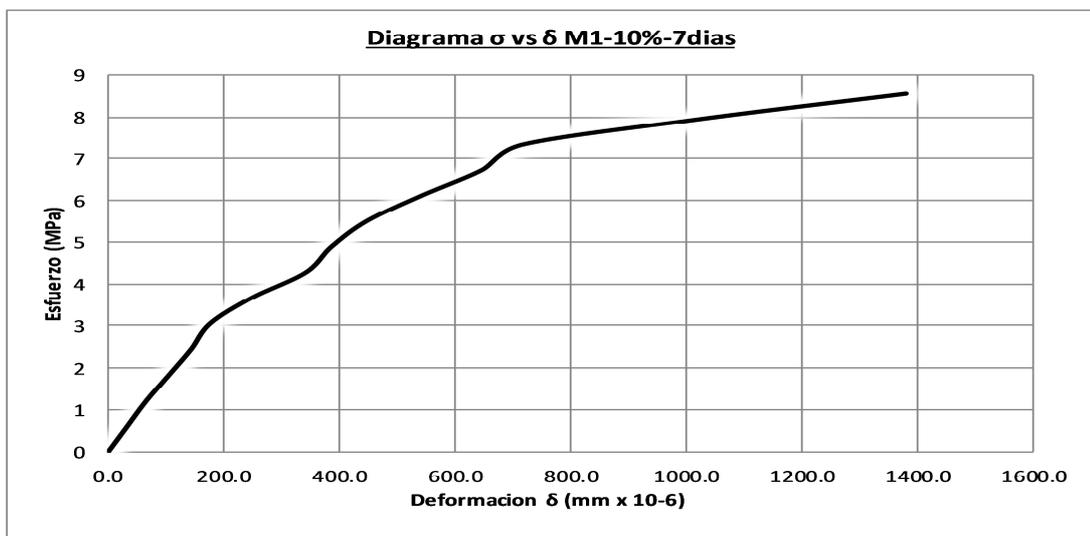
h2= 91 mm

Dist. Vert entre anillos = $\frac{h1+h2}{2}$ = 92 mm

D1 = 52 mm

D2 = 55 mm

Wcilindro = 3536 gr



DATOS DE ENSAYO			
CARGA	$\delta_{total} \times 10^{-2}$	σ	$\delta_{total} \times 10^{-6}$
(Kg)	(mm)	(Mpa)	(mm)
0	0	0	0.0
500	0.6	0.61	33.1
1000	1.2	1.22	66.2
1500	1.9	1.83	104.8
2000	2.6	2.45	143
2500	3.2	3.06	176.4
3000	4.5	3.67	248.1
3500	6.2	4.28	342
4000	7	4.89	386
4500	8.1	5.50	447
5000	9.8	6.12	540
5500	11.7	6.73	645
6000	13	7.34	717
6500	18.5	7.95	1020
7000	25	8.56	1378
7600		9.30	0

Figura 83 Grafico esfuerzo vs deformación M1-10%-7Días.

NOMBRE: ENSAYO A COMPRESION 10% - 7 DIAS

Altura = 202 mm

Øpromedio = 100 mm

Area Cilindro= 7854.0 mm²

h1= 92 mm

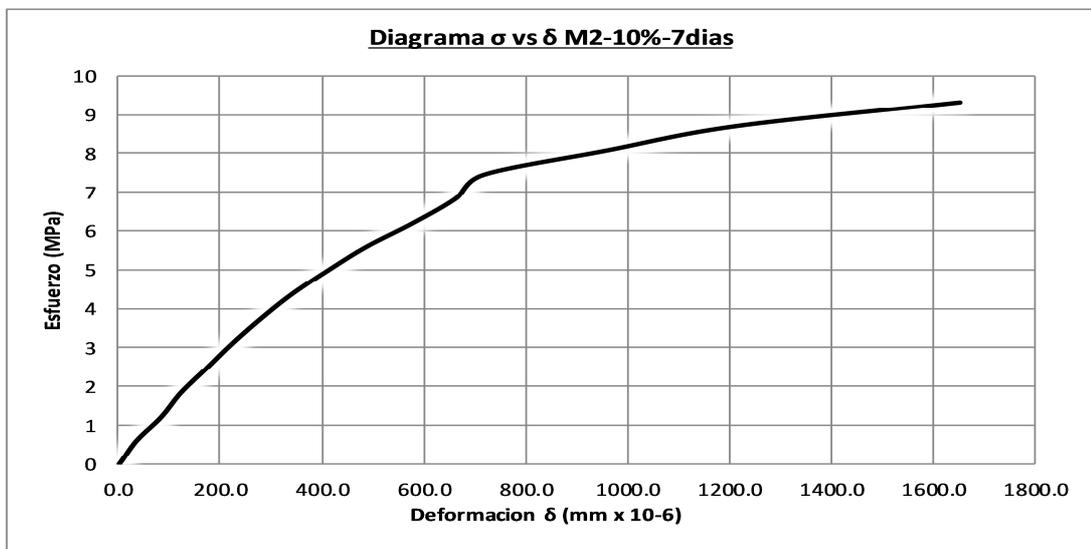
h2= 89 mm

Dist. Vert entre anillos = $\frac{h1+h2}{2}$ = 91 mm

D1 = 54 mm

D2 = 53 mm

Wcilindro = 3548 gr



DATOS DE ENSAYO			
CARGA	$\delta_{total} \times 10^{-2}$	σ	$\delta_{total} \times 10^{-6}$
(Kg)	(mm)	(Mpa)	(mm)
0	0	0	0.0
500	0.6	0.62	33.0
1000	1.5	1.25	82.5
1500	2.2	1.87	121.0
2000	3.1	2.50	170
2500	4	3.12	219.9
3000	5	3.74	274.9
3500	6.1	4.37	335
4000	7.4	4.99	407
4500	8.8	5.61	484
5000	10.5	6.24	577
5500	12	6.86	660
6000	13	7.49	715
6500	17.4	8.11	957
7000	22	8.73	1210
7500	30	9.36	1649
7800		9.73	0

Figura 84 Grafico esfuerzo vs deformación M2-10%-7Dias.

Valoración De Propiedades Mecánicas Y De Durabilidad De Concreto Adicionado Con Residuos De Llantas De Caucho.

134

NOMBRE: ENSAYO A COMPRESION 10% - 7 DIAS

Altura = 200 mm

Øpromedio = 101 mm

Area Cilindro= 8011.8 mm²

h1= 92 mm

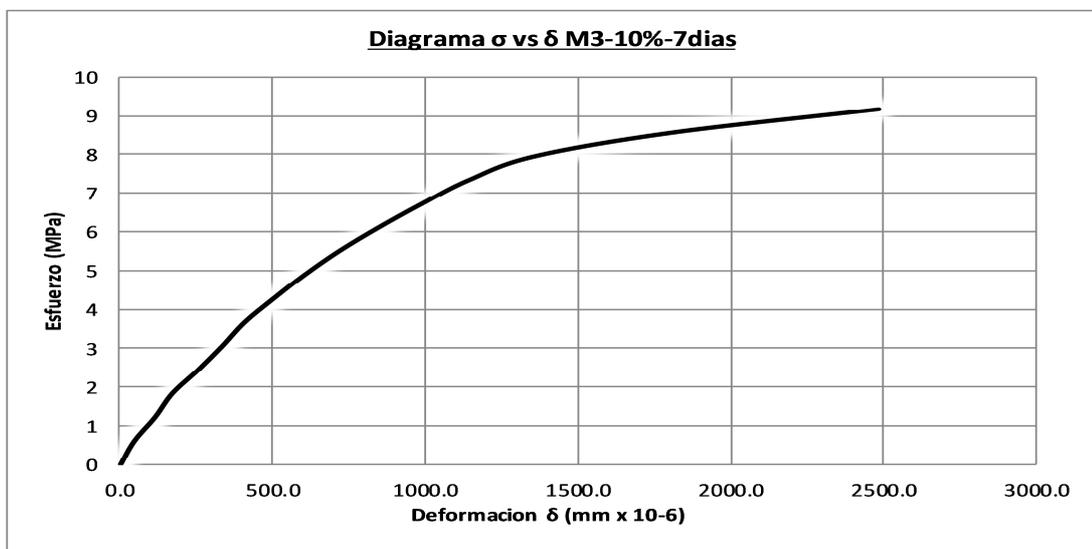
h2= 88 mm

Dist. Vert entre anillos = $\frac{h1+h2}{2}$ = 90 mm

D1 = 52 mm

D2 = 55 mm

Wcilindro = 3654 gr



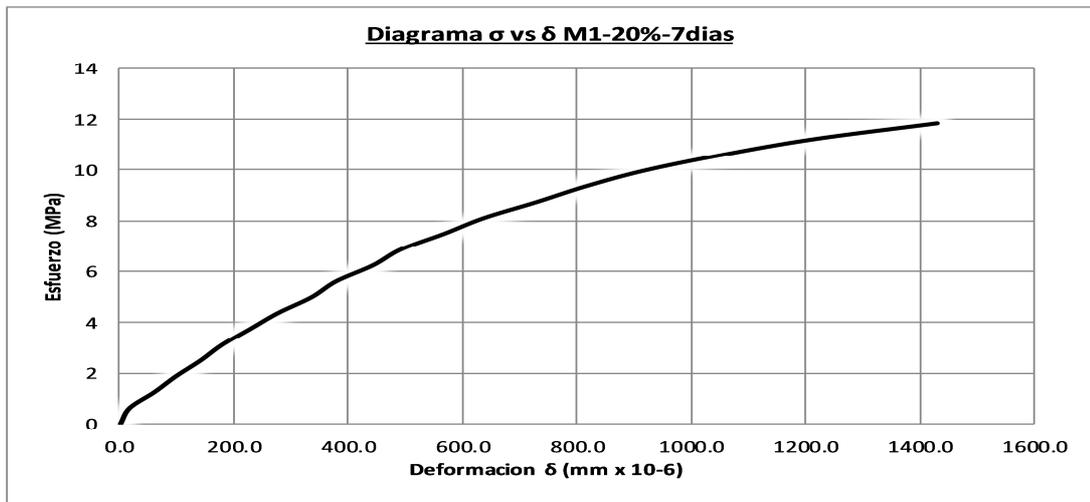
DATOS DE ENSAYO			
CARGA	$\delta_{total} \times 10^{-2}$	σ	$\delta_{total} \times 10^{-6}$
(Kg)	(mm)	(Mpa)	(mm)
0	0	0	0.0
500	0.8	0.61	45.1
1000	2	1.22	112.7
1500	3	1.83	169.1
2000	4.5	2.45	254
2500	5.9	3.06	332.5
3000	7.2	3.67	405.8
3500	8.9	4.28	502
4000	10.7	4.89	603
4500	12.7	5.50	716
5000	15	6.12	845
5500	17.5	6.73	986
6000	20.2	7.34	1138
6500	24	7.95	1353
7000	32	8.56	1803
7500	44	9.17	2480
7800		9.54	0

Figura 85 Grafico esfuerzo vs deformación M3-10%-7Dias.

Valoración De Propiedades Mecánicas Y De Durabilidad De Concreto Adicionado Con Residuos De Llantas De Caucho.

135

NOMBRE: ENSAYO A COMPRESION 20% - 7 DIAS
 Altura = 199 mm
 Øpromedio = 100 mm
 Area Cilindro= 7854.0 mm²
 h1= 93 mm
 h2= 90 mm
Dist. Vert entre anillos = $\frac{h1+h2}{2}$ = 92 mm
 D1 = 57 mm
 D2 = 54 mm
 Wcilindro = 3519 gr



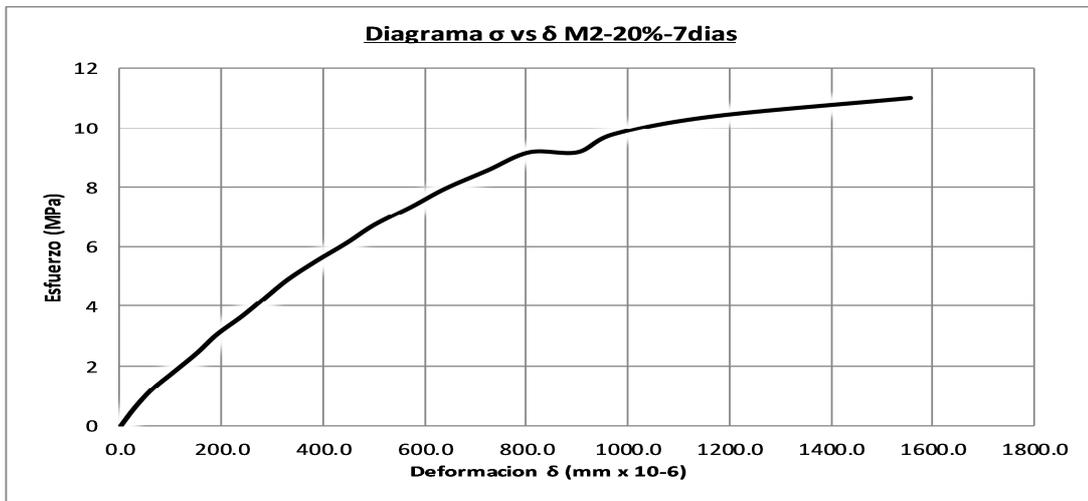
DATOS DE ENSAYO			
CARGA	$\delta_{total} \times 10^{-2}$	σ	$\delta_{total} \times 10^{-6}$
(Kg)	(mm)	(Mpa)	(mm)
0	0	0	0.0
500	0.3	0.62	16.2
1000	1.1	1.25	59.3
1500	1.8	1.87	97.0
2000	2.6	2.50	140
2500	3.3	3.12	177.8
3000	4.2	3.74	226.2
3500	5.1	4.37	275
4000	6.2	4.99	334
4500	7	5.61	377
5000	8.2	6.24	442
5500	9.1	6.86	490
6000	10.5	7.49	566
6500	11.8	8.11	636
7000	13.5	8.73	727
7500	15.1	9.36	813
8000	17	9.98	916
8500	19.5	10.61	1050
9000	22.5	11.23	1212
9500	26.5	11.85	1427
9600		11.98	0

Figura 86 Grafico esfuerzo vs deformación M1-20%-7Dias.

Valoración De Propiedades Mecánicas Y De Durabilidad De Concreto Adicionado Con Residuos De Llantas De Caucho.

136

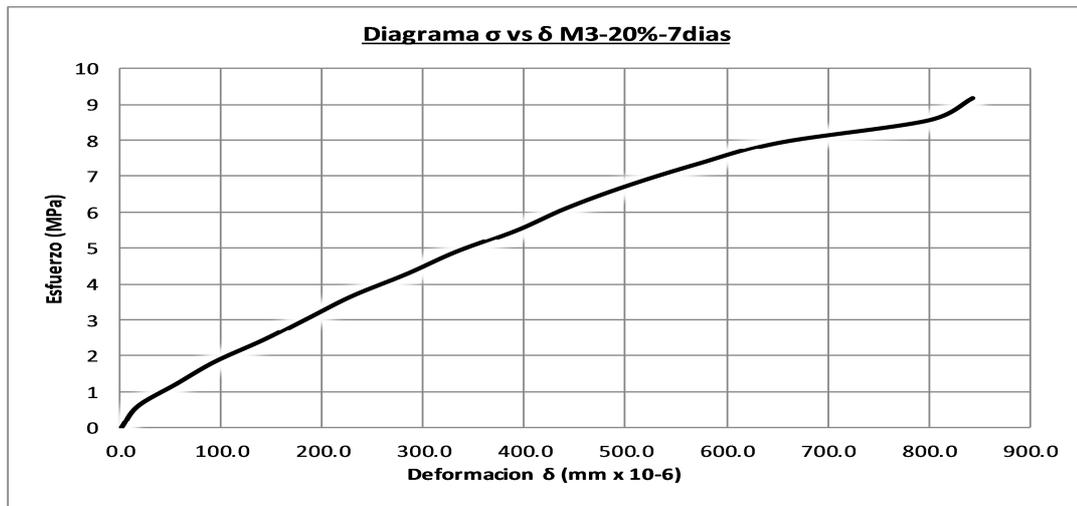
NOMBRE: ENSAYO A COMPRESION 20% - 7 DIAS
 Altura = 199 mm
 Øpromedio = 101 mm
 Area Cilindro= 8011.8 mm²
 h1= 92 mm
 h2= 90 mm
 Dist. Vert entre anillos = $\frac{h1+h2}{2} = 91$ mm
 D1 = 54 mm
 D2 = 56 mm
 Wcilindro = 3356 gr



DATOS DE ENSAYO			
CARGA (Kg)	$\delta_{total} \times 10^{-2}$ (mm)	σ (Mpa)	$\delta_{total} \times 10^{-6}$ (mm)
0	0	0	0.0
500	0.5	0.61	27.7
1000	1.1	1.22	61.0
1500	1.9	1.83	105.4
2000	2.7	2.45	150
2500	3.4	3.06	188.6
3000	4.3	3.67	238.5
3500	5.1	4.28	283
4000	5.9	4.89	327
4500	6.9	5.50	383
5000	8	6.12	444
5500	9	6.73	499
6000	10.3	7.34	571
6500	11.5	7.95	638
7000	13	8.56	721
7500	14.5	9.17	804
7500	16.2	9.17	899
8000	17.5	9.79	971
8500	21	10.40	1165
9000	28	11.01	1553
9200		11.25	0

Figura 87 Grafico esfuerzo vs deformación M2-20%-7Dias.

NOMBRE: ENSAYO A COMPRESION 20% - 7 DIAS
 Altura = 199 mm
 Øpromedio = 101 mm
 Area Cilindro= 8011.8 mm²
 h1= 93 mm
 h2= 91 mm
Dist. Vert entre anillos = $\frac{h1+h2}{2}$ = 92 mm
 D1 = 55 mm
 D2 = 55 mm
 Wcilindro = 3583 gr



DATOS DE ENSAYO			
CARGA (Kg)	δtotal x 10⁻² (mm)	σ (Mpa)	δtotal x 10⁻⁶ (mm)
0	0	0	0.0
500	0.3	0.61	16.3
1000	1	1.22	54.3
1500	1.7	1.83	92.4
2000	2.6	2.45	141
2500	3.4	3.06	184.8
3000	4.2	3.67	228.3
3500	5.2	4.28	283
4000	6.1	4.89	332
4500	7.2	5.50	391
5000	8.1	6.12	440
5500	9.2	6.73	500
6000	10.5	7.34	571
6500	12	7.95	652
7000	14.7	8.56	799
7500	15.5	9.17	842
8000	17.8	9.79	967
8500	21.5	10.40	1168
9000	25	11.01	1359
9300		11.38	0

Figura 88 Grafico esfuerzo vs deformación M3-20%-7Dias.

NOMBRE: ENSAYO A COMPRESION 30% - 7 DIAS

Altura = 199 mm

Øpromedio = 100 mm

Area Cilindro= 7854.0 mm²

h1= 93 mm

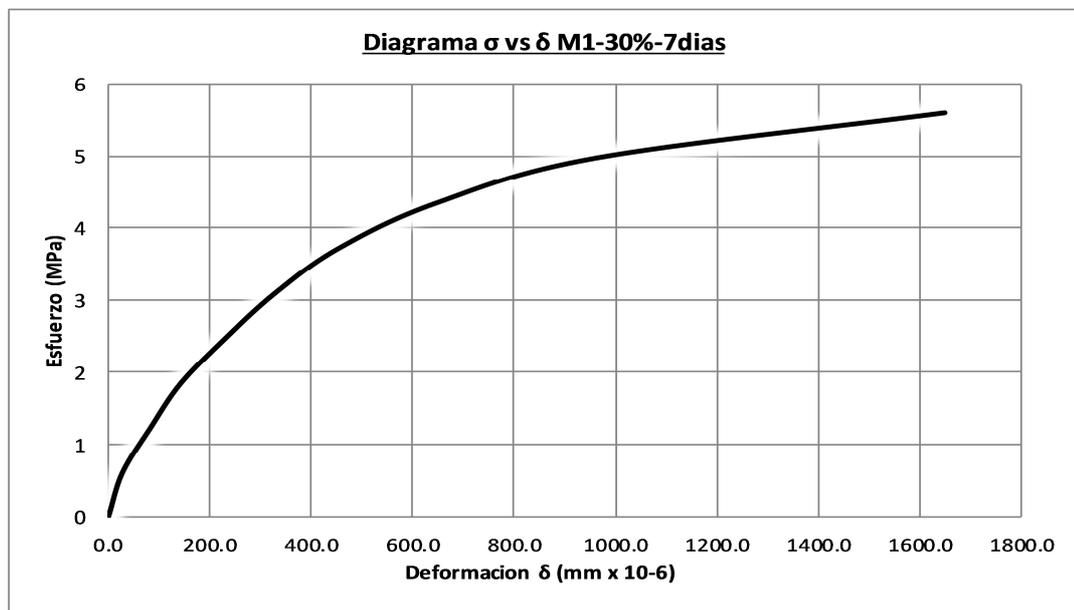
h2= 90 mm

Dist.Vert entre anillos = $\frac{h1+h2}{2}$ = 92 mm

D1 = 55 mm

D2 = 56 mm

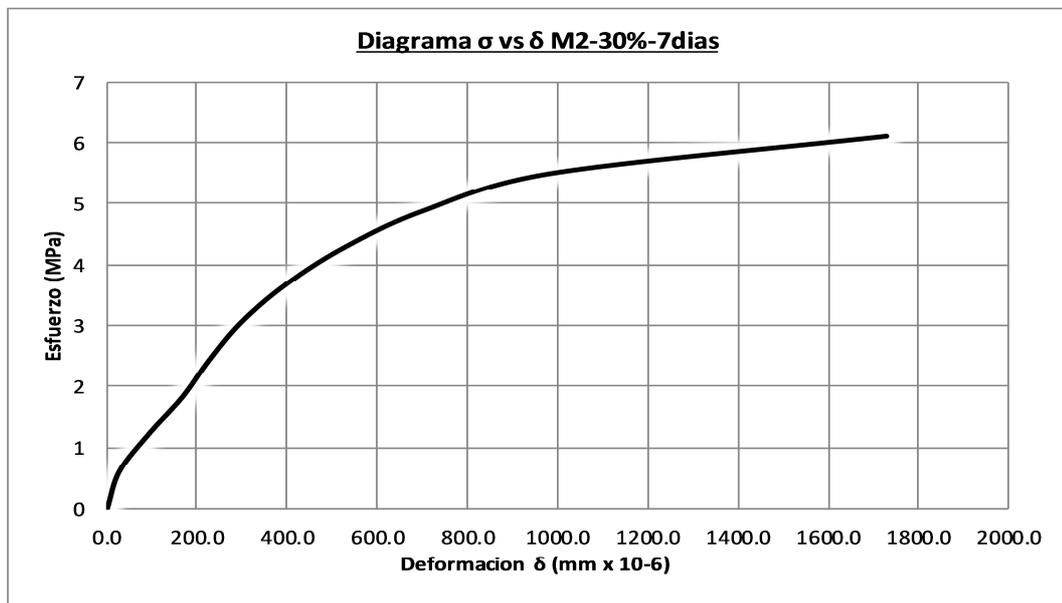
Wcilindro = 3442 gr



DATOS DE ENSAYO			
CARGA	$\delta_{total} \times 10^{-2}$	σ	$\delta_{total} \times 10^{-6}$
(Kg)	(mm)	(Mpa)	(mm)
0	0	0	0.0
500	0.5	0.62	27.5
1000	1.5	1.25	82.4
1500	2.6	1.87	142.7
2000	4.2	2.50	231
2500	6	3.12	329.4
3000	8.3	3.74	455.7
3500	11.8	4.37	648
4000	17.5	4.99	961
4500	30	5.61	1647
4800		5.99	0

Figura 89 Grafico esfuerzo vs deformación M1-30%-7Dias.

NOMBRE: ENSAYO A COMPRESION 30% - 7 DIAS
 Altura = 201 mm
 Øpromedio = 101 mm
 Area Cilindro= 8011.8 mm²
 h1= 95 mm
 h2= 92 mm
 Dist.Vert entre anillos = $\frac{h1+h2}{2} = 94$ mm
 D1 = 54 mm
 D2 = 56 mm
 Wcilindro = 3562 gr



DATOS DE ENSAYO			
CARGA (Kg)	$\delta_{total} \times 10^{-2}$ (mm)	σ (Mpa)	$\delta_{total} \times 10^{-6}$ (mm)
0	0	0	0.0
500	0.5	0.61	27.0
1000	1.7	1.22	91.8
1500	3.1	1.83	167.3
2000	4.2	2.45	227
2500	5.5	3.06	296.9
3000	7.3	3.67	394.1
3500	9.7	4.28	524
4000	13	4.89	702
4500	18.2	5.50	982
5000	32	6.12	1727
5200		6.36	0

Figura 90 Grafico esfuerzo vs deformación M2-30%-7Dias.

Valoración De Propiedades Mecánicas Y De Durabilidad De Concreto Adicionado Con Residuos De Llantas De Caucho.

NOMBRE: ENSAYO A COMPRESION 30% - 7 DIAS

Altura = 200 mm

Øpromedio = 101 mm

Area Cilindro= 8011.8 mm²

h1= 93 mm

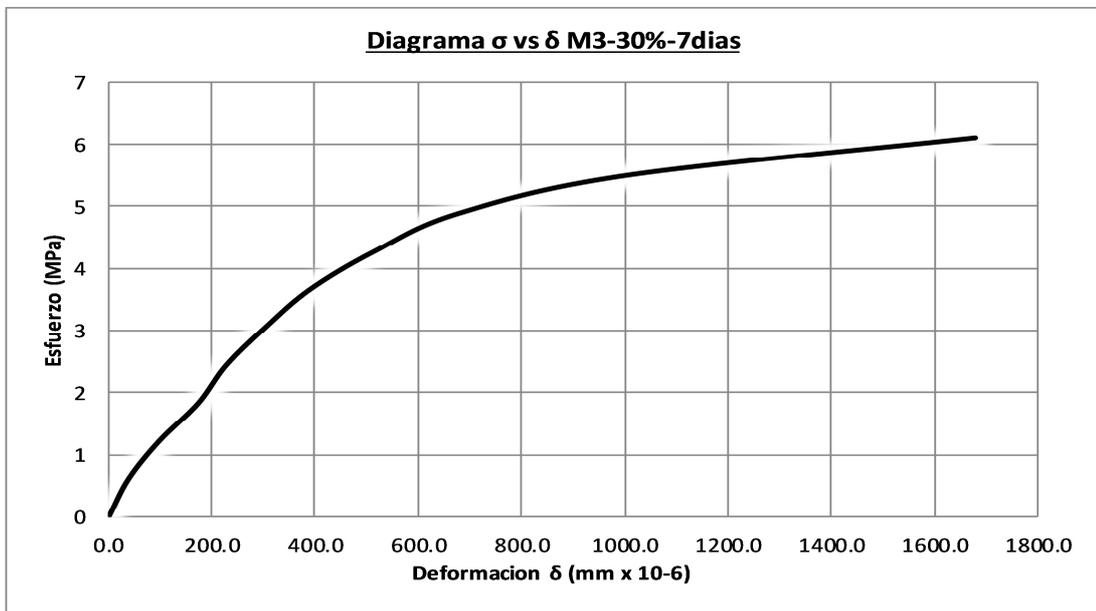
h2= 91 mm

Dist. Vert entre anillos = $\frac{h1+h2}{2} = 92$ mm

D1 = 54 mm

D2 = 53 mm

Wcilindro = 3462 gr

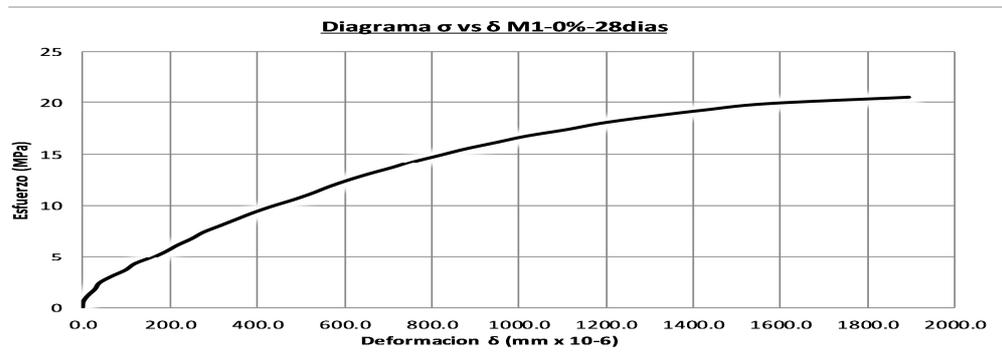


DATOS DE ENSAYO			
CARGA	$\delta_{total} \times 10^{-2}$	σ	$\delta_{total} \times 10^{-6}$
(Kg)	(mm)	(Mpa)	(mm)
0	0	0	0.0
500	0.7	0.61	37.9
1000	1.8	1.22	97.4
1500	3.2	1.83	173.1
2000	4.2	2.45	227
2500	5.6	3.06	302.9
3000	7.2	3.67	389.4
3500	9.5	4.28	514
4000	12.5	4.89	676
4500	18.5	5.50	1001
5000	31	6.12	1677
5100		6.24	0

Figura 91 Grafico esfuerzo vs deformación M3-30%-7Días.

• **Datos Obtenidos Ensayo Resistencia A Compresión 0%,
 10%, 20% y 30% a 28 días.**

NOMBRE: ENSAYO A COMPRESION 0% - 28 DIAS
 Altura = 199 mm
 Øpromedio = 100 mm
 Area Cilindro= 7854.0 mm²
 h1= 93.00 mm
 h2= 91.00 mm
 Dist.Vert entre anillos = $\frac{h1+h2}{2}$ = 92 mm
 D1 = 54 mm
 D2 = 53 mm
 Wcilindro = 3635 gr



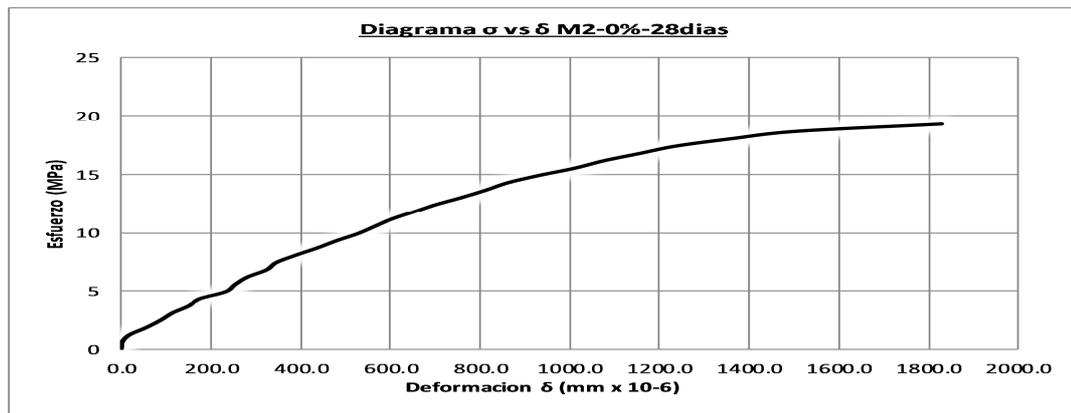
DATOS DE ENSAYO			
CARGA (Kg)	δtotal x 10-2 (mm)	σ (Mpa)	δtotal x 10-6 (mm)
0	0	0	0.0
500	0	0.62	0.0
1000	0.2	1.25	10.8
1500	0.5	1.87	27.0
2000	0.7	2.50	38
2500	1.2	3.12	64.9
3000	1.8	3.74	97.4
3500	2.2	4.37	119
4000	2.9	4.99	157
4500	3.5	5.61	189
5000	4	6.24	216
5500	4.6	6.86	249
6000	5.1	7.49	276
6500	5.8	8.11	314
7000	6.5	8.73	352
7500	7.2	9.36	389
8000	8	9.98	433
8500	8.9	10.61	481
9000	9.7	11.23	525
9500	10.4	11.85	562
10000	11.2	12.48	606
10500	12.1	13.10	654
11000	13.1	13.73	709
11500	14	14.35	757
12000	15.1	14.97	817
12500	16.2	15.60	876
13000	17.5	16.22	946
13500	18.8	16.84	1017
14000	20.5	17.47	1109
14500	22	18.09	1190
15000	24	18.72	1298
15500	26.3	19.34	1422
16000	29	19.96	1568
16500	35	20.59	1893
16600		20.71	0

Figura 92 Grafico esfuerzo vs deformación M1-0%-28Dias.

Valoración De Propiedades Mecánicas Y De Durabilidad De Concreto Adicionado Con Residuos De Llantas De Caucho.

142

NOMBRE: ENSAYO A COMPRESION 0% - 28 DIAS
 Altura = 198 mm
 Øpromedio = 100 mm
 Area Cilindro= 7854 mm²
 h1= 94.00 mm
 h2= 93.00 mm
 Dist.Vert entre anillos = $\frac{h1+h2}{2} = 94$ mm
 D1 = 54 mm
 D2 = 55 mm
 Wcilindro = 3614 gr



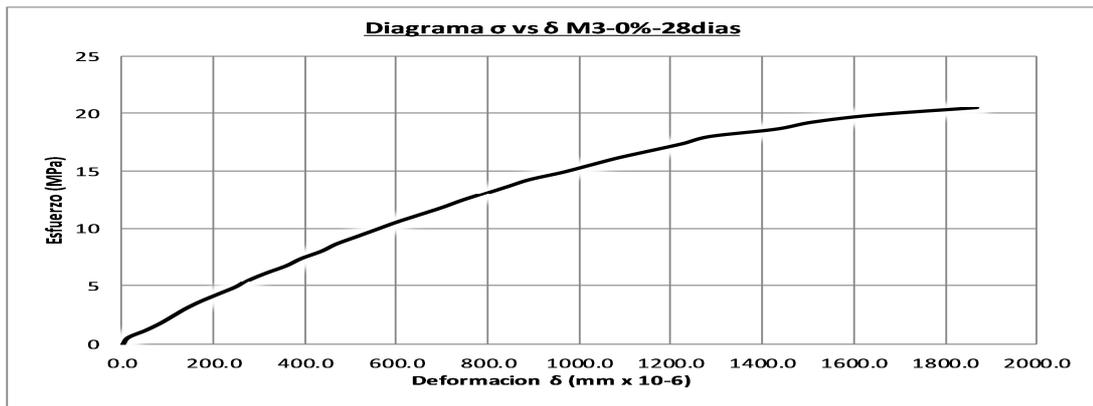
DATOS DE ENSAYO			
CARGA (Kg)	$\delta_{total} \times 10^{-2}$ (mm)	σ (Mpa)	$\delta_{total} \times 10^{-6}$ (mm)
0	0	0	0.0
500	0	0.62	0.0
1000	0.3	1.25	16.1
1500	1	1.87	53.7
2000	1.6	2.50	86
2500	2.1	3.12	112.8
3000	2.8	3.74	150.4
3500	3.2	4.37	172
4000	4.3	4.99	231
4500	4.7	5.61	253
5000	5.2	6.24	279
5500	6	6.86	322
6000	6.4	7.49	344
6500	7.2	8.11	387
7000	8.1	8.73	435
7500	8.9	9.36	478
8000	9.8	9.98	527
8500	10.5	10.61	564
9000	11.2	11.23	602
9500	12.1	11.85	650
10000	13	12.48	699
10500	14.1	13.10	758
11000	15.1	13.73	811
11500	16	14.35	860
12000	17.3	14.97	930
12500	18.8	15.60	1010
13000	20	16.22	1075
13500	21.5	16.84	1155
14000	23	17.47	1236
14500	25.3	18.09	1359
15000	28	18.72	1504
15500	34	19.34	1827
15600		19.47	0

Figura 93 Grafico esfuerzo vs deformación M2-0%-28Dias.

Valoración De Propiedades Mecánicas Y De Durabilidad De Concreto Adicionado Con Residuos De Llantas De Caucho.

143

NOMBRE: ENSAYO A COMPRESION 0% - 28 DIAS
 Altura = 197 mm
 Øpromedio = 100 mm
 Area Cilindro= 7854 mm²
 h1= 93.00 mm
 h2= 91.00 mm
Dist. Vert entre anillos = $\frac{h1+h2}{2}$ = 92 mm
 D1 = 54 mm
 D2 = 56 mm
 Wcilindro = 3586 gr



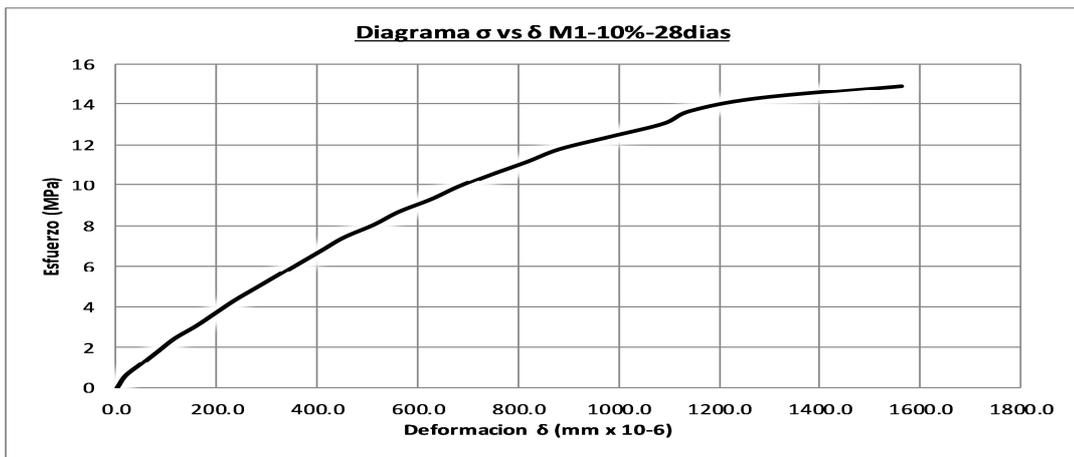
DATOS DE ENSAYO			
CARGA (Kg)	$\delta_{total} \times 10^{-2}$ (mm)	σ (Mpa)	$\delta_{total} \times 10^{-6}$ (mm)
0	0	0	0.0
500	0.2	0.62	11.0
1000	0.9	1.25	49.4
1500	1.5	1.87	82.3
2000	2	2.50	110
2500	2.5	3.12	137.2
3000	3.1	3.74	170.1
3500	3.8	4.37	208
4000	4.5	4.99	247
4500	5	5.61	274
5000	5.7	6.24	313
5500	6.5	6.86	357
6000	7.1	7.49	390
6500	7.9	8.11	433
7000	8.5	8.73	466
7500	9.3	9.36	510
8000	10.1	9.98	554
8500	10.9	10.61	598
9000	11.8	11.23	647
9500	12.7	11.85	697
10000	13.5	12.48	741
10500	14.4	13.10	790
11000	15.3	13.73	839
11500	16.2	14.35	889
12000	17.5	14.97	960
12500	18.6	15.60	1020
13000	19.7	16.22	1081
13500	21	16.84	1152
14000	22.3	17.47	1223
14500	23.4	18.09	1284
15000	26	18.72	1427
15500	27.5	19.34	1509
16000	30	19.96	1646
16500	34	20.59	1865
16900		21.09	0

Figura 94 Grafico esfuerzo vs deformación M3-0%-28Dias.

Valoración De Propiedades Mecánicas Y De Durabilidad De Concreto Adicionado Con Residuos De Llantas De Caucho.

144

NOMBRE: ENSAYO A COMPRESION 10% - 28 DIAS
 Altura = 198 mm
 Øpromedio = 100 mm
 Area Cilindro= 7854.0 mm²
 h1= 94 mm
 h2= 90 mm
 Dist. Vert entre anillos = $\frac{h1+h2}{2}$ = 92 mm
 D1 = 54 mm
 D2 = 54 mm
 Wcilindro = 3517 gr



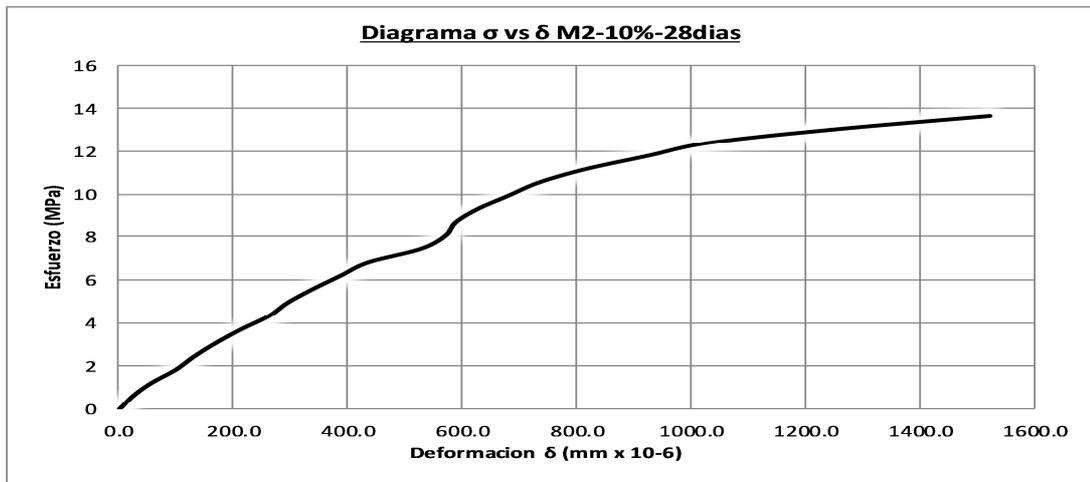
DATOS DE ENSAYO			
CARGA	δtotal x 10-2	σ	δtotal x 10-6
(Kg)	(mm)	(Mpa)	(mm)
0	0	0	0.0
500	0.3	0.62	16.3
1000	0.9	1.25	48.9
1500	1.5	1.87	81.5
2000	2.1	2.50	114
2500	2.9	3.12	157.6
3000	3.6	3.74	195.7
3500	4.3	4.37	234
4000	5.1	4.99	277
4500	5.9	5.61	321
5000	6.7	6.24	364
5500	7.5	6.86	408
6000	8.3	7.49	451
6500	9.4	8.11	511
7000	10.3	8.73	560
7500	11.5	9.36	625
8000	12.5	9.98	679
8500	13.7	10.61	745
9000	15	11.23	815
9500	16.2	11.85	880
10000	18.1	12.48	984
10500	20	13.10	1087
11000	21	13.73	1141
11500	23.5	14.35	1277
12000	28.7	14.97	1560
12900		16.10	0

Figura 95 Grafico esfuerzo vs deformación M1-10%-28Días.

Valoración De Propiedades Mecánicas Y De Durabilidad De Concreto Adicionado Con Residuos De Llantas De Caucho.

145

NOMBRE: ENSAYO A COMPRESION 10% - 28 DIAS
 Altura = 199 mm
 Øpromedio = 100 mm
 Area Cilindro= 7854.0 mm²
 h1= 95 mm
 h2= 92 mm
Dist. Vert entre anillos = $\frac{h1+h2}{2}$ = 94 mm
 D1 = 53 mm
 D2 = 56 mm
 Wcilindro = 3543 gr



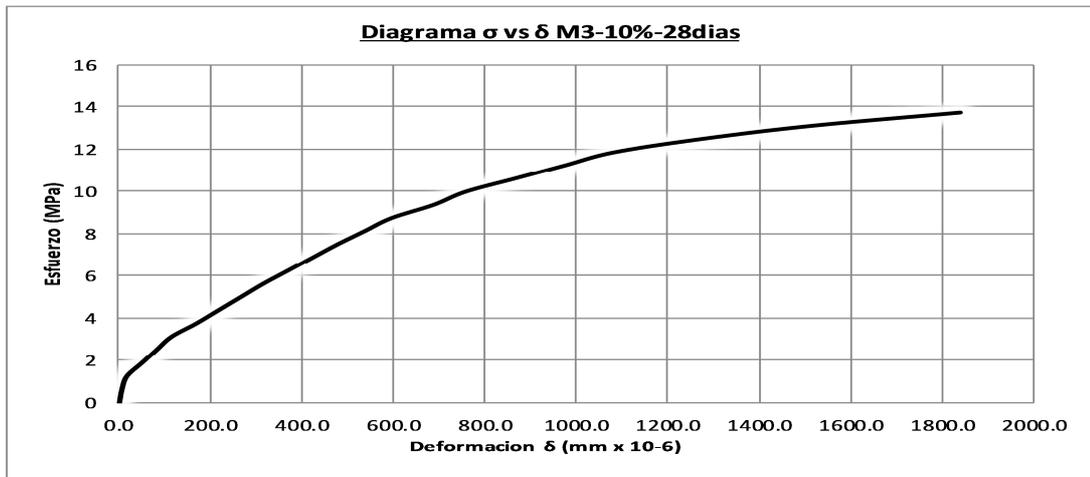
DATOS DE ENSAYO			
CARGA	$\delta_{total} \times 10^{-2}$	σ	$\delta_{total} \times 10^{-6}$
(Kg)	(mm)	(Mpa)	(mm)
0	0	0	0.0
500	0.4	0.62	21.7
1000	1	1.25	54.2
1500	1.8	1.87	97.6
2000	2.4	2.50	130
2500	3.1	3.12	168.2
3000	3.9	3.74	211.5
3500	4.8	4.37	260
4000	5.4	4.99	293
4500	6.2	5.61	336
5000	7.1	6.24	385
5500	8	6.86	434
6000	9.7	7.49	526
6500	10.5	8.11	570
7000	10.8	8.73	586
7500	11.5	9.36	624
8000	12.5	9.98	678
8500	13.5	10.61	732
9000	15	11.23	814
9500	17	11.85	922
10000	19	12.48	1031
10500	23	13.10	1248
11000	28	13.73	1519
12100		15.10	0

Figura 96 Grafico esfuerzo vs deformación M2-10%-28Dias.

Valoración De Propiedades Mecánicas Y De Durabilidad De Concreto Adicionado Con Residuos De Llantas De Caucho.

146

NOMBRE: ENSAYO A COMPRESION 10% - 28 DIAS
 Altura = 198 mm
 Øpromedio = 100 mm
 Area Cilindro= 7854.0 mm²
 h1= 95 mm
 h2= 92 mm
 Dist. Vert entre anillos = $\frac{h1+h2}{2} = 94$ mm
 D1 = 52 mm
 D2 = 54 mm
 Wcilindro = 3534 gr



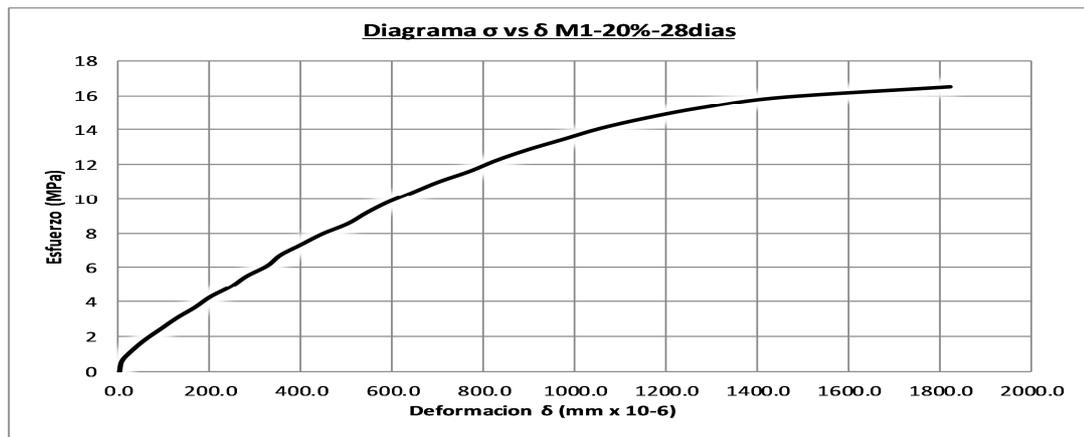
DATOS DE ENSAYO			
CARGA	$\delta_{total} \times 10^{-2}$	σ	$\delta_{total} \times 10^{-6}$
(Kg)	(mm)	(Mpa)	(mm)
0	0	0	0.0
500	0.1	0.62	5.4
1000	0.3	1.25	16.2
1500	0.9	1.87	48.6
2000	1.5	2.50	81
2500	2.1	3.12	113.4
3000	3.1	3.74	167.4
3500	4	4.37	216
4000	4.9	4.99	265
4500	5.8	5.61	313
5000	6.8	6.24	367
5500	7.8	6.86	421
6000	8.8	7.49	475
6500	9.9	8.11	535
7000	11	8.73	594
7500	12.7	9.36	686
8000	14	9.98	756
8500	16	10.61	864
9000	18	11.23	972
9500	20	11.85	1080
10000	23.5	12.48	1269
10500	28	13.10	1512
11000	34	13.73	1836
12100		15.10	0

Figura 97 Grafico esfuerzo vs deformación M3-10%-28Dias.

Valoración De Propiedades Mecánicas Y De Durabilidad De Concreto Adicionado Con Residuos De Llantas De Caucho.

147

NOMBRE: ENSAYO A COMPRESION 20% - 28 DIAS
 Altura = 198 mm
 Øpromedio = 101 mm
 Area Cilindro= 8011.8 mm²
 h1= 90 mm
 h2= 91 mm
 Dist. Vert entre anillos = $\frac{h1+h2}{2}$ = 91 mm
 D1 = 51 mm
 D2 = 57 mm
 Wcilindro = 3635 gr



DATOS DE ENSAYO			
CARGA	$\delta_{total} \times 10^{-2}$	σ	$\delta_{total} \times 10^{-6}$
(Kg)	(mm)	(Mpa)	(mm)
0	0	0	0.0
500	0.1	0.61	5.7
1000	0.5	1.22	28.4
1500	1	1.83	56.8
2000	1.6	2.45	91
2500	2.2	3.06	125.0
3000	2.9	3.67	164.8
3500	3.5	4.28	199
4000	4.3	4.89	244
4500	4.9	5.50	278
5000	5.7	6.12	324
5500	6.2	6.73	352
6000	7	7.34	398
6500	7.8	7.95	443
7000	8.8	8.56	500
7500	9.5	9.17	540
8000	10.3	9.79	585
8500	11.3	10.40	642
9000	12.3	11.01	699
9500	13.5	11.62	767
10000	14.5	12.23	824
10500	15.7	12.84	892
11000	17.1	13.46	972
11500	18.5	14.07	1051
12000	20.3	14.68	1154
12500	22.5	15.29	1279
13000	25.5	15.90	1449
13500	32	16.51	1819
13500		16.51	0

Figura 98 Grafico esfuerzo vs deformación M1-20%-28Dias.

Valoración De Propiedades Mecánicas Y De Durabilidad De Concreto Adicionado Con Residuos De Llantas De Caucho.

148

NOMBRE: ENSAYO A COMPRESION 20% - 28 DIAS

Altura = 202 mm

Øpromedio = 102 mm

Area Cilindro= 8091.4 mm²

h1= 90 mm

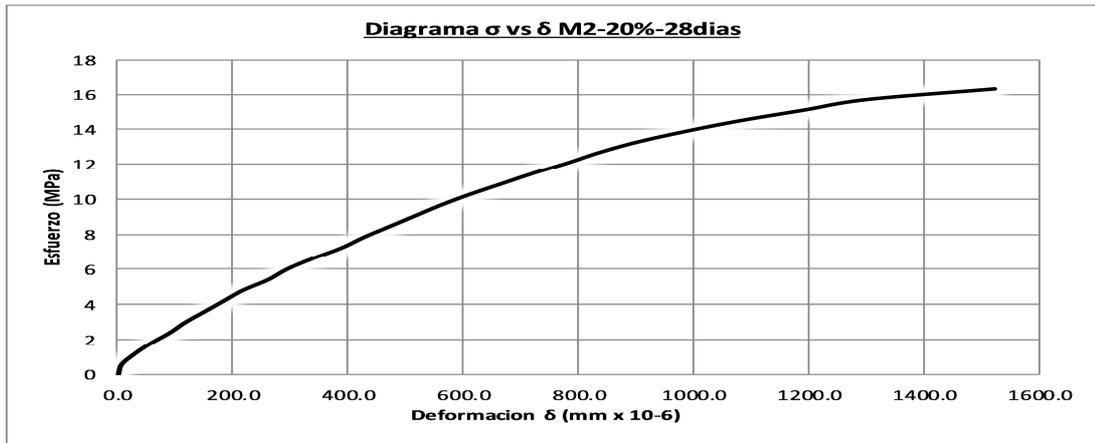
h2= 91 mm

Dist. Vert entre anillos = $\frac{h1+h2}{2}$ = 91 mm

D1 = 55 mm

D2 = 55 mm

Wcilindro = 3707 gr



DATOS DE ENSAYO			
CARGA (Kg)	δ_{total} x 10-2 (mm)	σ (Mpa)	δ_{total} x 10-6 (mm)
0	0	0	0.0
500	0.1	0.61	5.5
1000	0.5	1.21	27.6
1500	1	1.82	55.2
2000	1.6	2.42	88
2500	2.1	3.03	116.0
3000	2.7	3.63	149.2
3500	3.3	4.24	182
4000	3.9	4.84	215
4500	4.7	5.45	260
5000	5.3	6.06	293
5500	6.1	6.66	337
6000	7	7.27	387
6500	7.7	7.87	425
7000	8.5	8.48	470
7500	9.3	9.08	514
8000	10.1	9.69	558
8500	11	10.29	608
9000	12	10.90	663
9500	13	11.51	718
10000	14.1	12.11	779
10500	15.1	12.72	834
11000	16.3	13.32	901
11500	17.8	13.93	983
12000	19.5	14.53	1077
12500	21.5	15.14	1188
13000	23.5	15.75	1298
13500	27.5	16.35	1519
13600		16.47	0

Figura 99 Grafico esfuerzo vs deformación M2-20%-28Dias.

Valoración De Propiedades Mecánicas Y De Durabilidad De Concreto Adicionado Con Residuos De Llantas De Caucho.

149

NOMBRE: ENSAYO A COMPRESION 20% - 28 DIAS

Altura = 199 mm

Øpromedio = 101 mm

Area Cilindro= 8011.8 mm²

h1= 90 mm

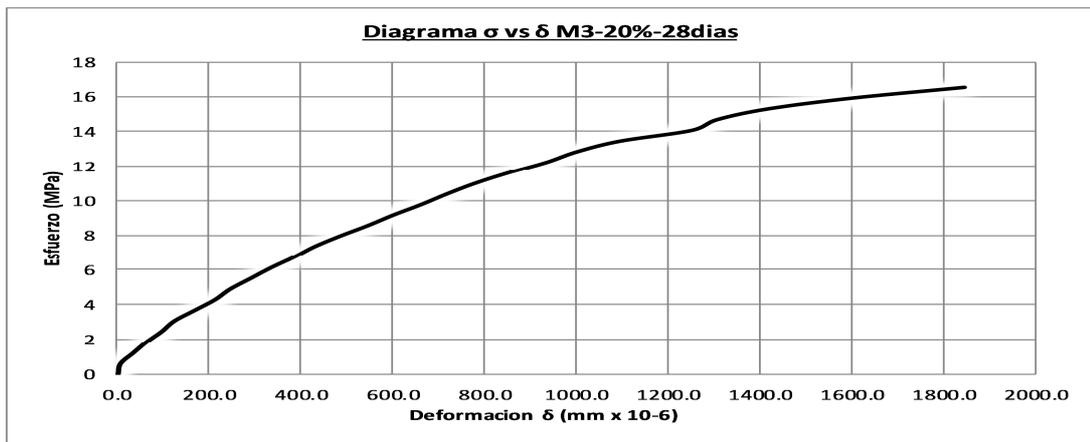
h2= 92 mm

Dist. Vert entre anillos = $\frac{h1+h2}{2}$ = 91 mm

D1 = 55 mm

D2 = 57 mm

Wcilindro = 3513 gr



DATOS DE ENSAYO			
CARGA	$\delta_{total} \times 10^{-2}$	σ	$\delta_{total} \times 10^{-6}$
(Kg)	(mm)	(Mpa)	(mm)
0	0	0	0.0
500	0.1	0.61	5.5
1000	0.6	1.22	33.3
1500	1.1	1.83	61.0
2000	1.7	2.45	94
2500	2.2	3.06	122.0
3000	3	3.67	166.4
3500	3.8	4.28	211
4000	4.4	4.89	244
4500	5.2	5.50	288
5000	6	6.12	333
5500	6.9	6.73	383
6000	7.7	7.34	427
6500	8.7	7.95	483
7000	9.8	8.56	544
7500	10.8	9.17	599
8000	11.9	9.79	660
8500	12.9	10.40	715
9000	14	11.01	776
9500	15.3	11.62	849
10000	16.8	12.23	932
10500	18	12.84	998
11000	19.7	13.46	1093
11500	22.5	14.07	1248
12000	23.5	14.68	1303
12500	25.5	15.29	1414
13000	28.8	15.90	1597
13500	33.2	16.51	1841
13500		16.51	0

Figura 100 Grafico esfuerzo vs deformación M3-20%-28Dias.

Valoración De Propiedades Mecánicas Y De Durabilidad De Concreto Adicionado Con Residuos De Llantas De Caucho.

150

NOMBRE: ENSAYO A COMPRESION 30% - 28 DIAS

Altura = 199 mm

Øpromedio = 101 mm

Area Cilindro= 8011.8 mm²

h1= 91.0 mm

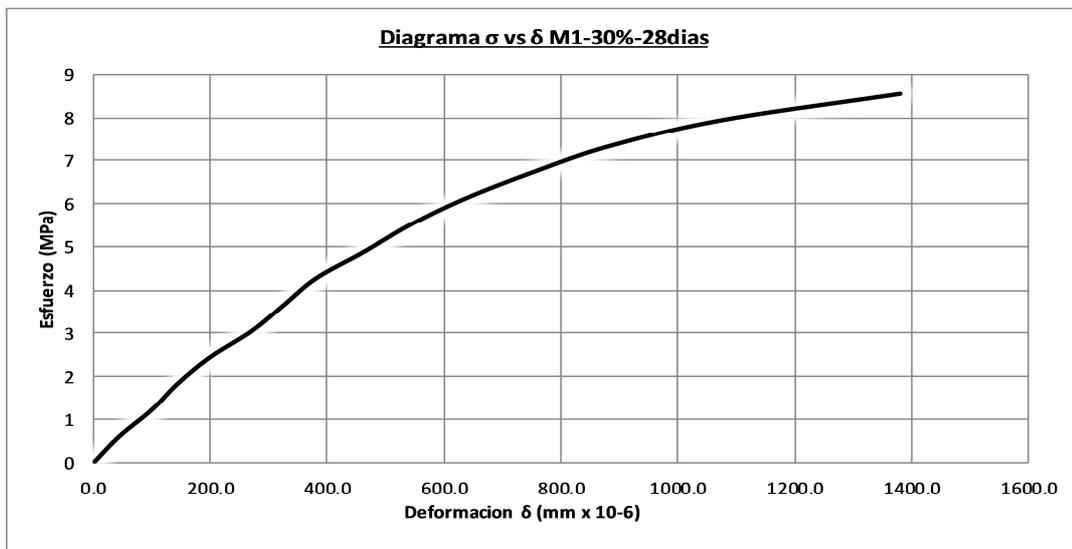
h2= 92.0 mm

Dist. Vert entre anillos = $\frac{h1+h2}{2}$ = 91.5 mm

D1 = 53 mm

D2 = 55 mm

Wcilindro = 3427 gr



DATOS DE ENSAYO			
CARGA (Kg)	δ_{total} x 10-2 (mm)	σ (Mpa)	δ_{total} x 10-6 (mm)
0	0	0	0.0
500	0.8	0.61	44.1
1000	1.8	1.22	99.3
1500	2.6	1.83	143.4
2000	3.6	2.45	199
2500	4.9	3.06	270.3
3000	5.9	3.67	325.5
3500	6.9	4.28	381
4000	8.4	4.89	463
4500	9.8	5.50	541
5000	11.5	6.12	634
5500	13.6	6.73	750
6000	16	7.34	883
6500	19.5	7.95	1076
7000	25	8.56	1379
7400		9.05	0

Figura 101 Grafico esfuerzo vs deformación M1-30%-28Dias.

Valoración De Propiedades Mecánicas Y De Durabilidad De Concreto Adicionado Con Residuos De Llantas De Caucho.

151

NOMBRE: ENSAYO A COMPRESION 30% - 28 DIAS

Altura = 198 mm

Øpromedio = 100 mm

Area Cilindro= 7854 mm²

h1= 91.0 mm

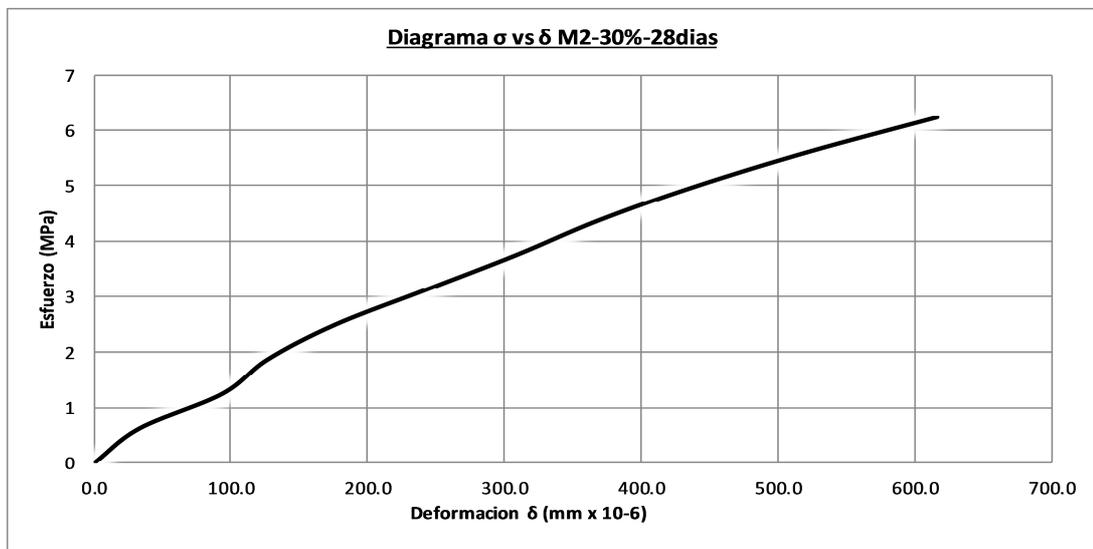
h2= 90.0 mm

Dist. Vert entre anillos = $\frac{h1+h2}{2}$ = 90.5 mm

D1= 56 mm

D2= 55 mm

Wcilindro = 3243 gr



DATOS DE ENSAYO			
CARGA (Kg)	$\delta_{total} \times 10^{-2}$ (mm)	σ (Mpa)	$\delta_{total} \times 10^{-6}$ (mm)
0	0	0	0.0
500	0.6	0.62	33.0
1000	1.7	1.25	93.5
1500	2.3	1.87	126.5
2000	3.2	2.50	176
2500	4.4	3.12	241.9
3000	5.6	3.74	307.9
3500	6.7	4.37	368
4000	8	4.99	440
4500	9.5	5.61	522
5000	11.2	6.24	616
5500	13.2	6.86	726
6000	15.4	7.49	847
6500	18.5	8.11	1017
7000	23	8.73	1265
7500	34	9.36	1870
7700		9.61	0

Figura 102 Grafico esfuerzo vs deformación M2-30%-28Días.

Valoración De Propiedades Mecánicas Y De Durabilidad De Concreto Adicionado Con Residuos De Llantas De Caucho.

152

NOMBRE: ENSAYO A COMPRESION 30% - 28 DIAS

Altura = 200 mm

Øpromedio = 102 mm

Area Cilindro= 8171 mm²

h1= 92.0 mm

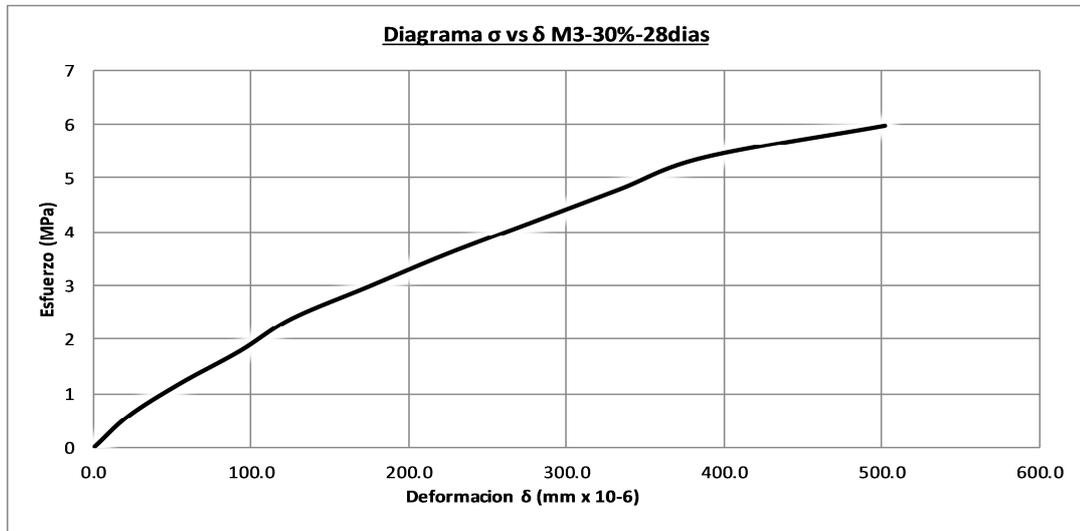
h2= 94.0 mm

Dist.Vert entre anillos = $\frac{h1+h2}{2}$ = 93.0 mm

D1 = 52 mm

D2 = 55 mm

Wcilindro = 3507 gr

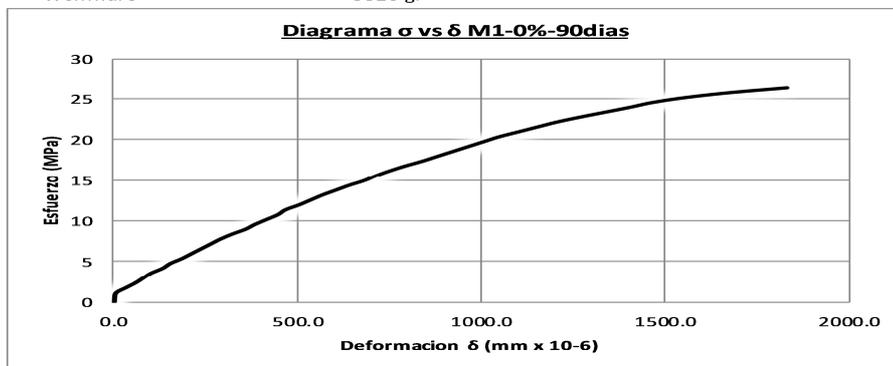


DATOS DE ENSAYO			
CARGA (Kg)	$\delta_{total} \times 10^{-2}$ (mm)	σ (Mpa)	$\delta_{total} \times 10^{-6}$ (mm)
0	0	0	0.0
500	0.4	0.60	21.8
1000	1	1.20	54.5
1500	1.7	1.80	92.7
2000	2.3	2.40	125
2500	3.2	3.00	174.5
3000	4.1	3.60	223.6
3500	5.1	4.20	278
4000	6.1	4.80	333
4500	7.1	5.40	387
5000	9.2	6.00	502
5500	10.3	6.60	562
6000	11.8	7.20	644
6500	12	7.80	654
7000	14.5	8.40	791
7500	16.5	8.99	900
8000	20.3	9.59	1107
8200		9.83	0

Figura 103 Grafico esfuerzo vs deformación M3-30%-28Días.

• **Datos Obtenidos Ensayo Resistencia A Compresión 0%,
 10%, 20% y 30% a 90 días.**

NOMBRE: ENSAYO A COMPRESION 0% - 90 DIAS
 Altura = 203 mm
 Øpromedio = 102 mm
 Area Cilindro= 8171.3 mm²
 h1= 98.00 mm
 h2= 99.00 mm
 Dist. Vert entre anillos = $\frac{h1+h2}{2}$ = 99 mm
 D1 = 51 mm
 D2 = 57 mm
 Wcilindro = 3820 gr



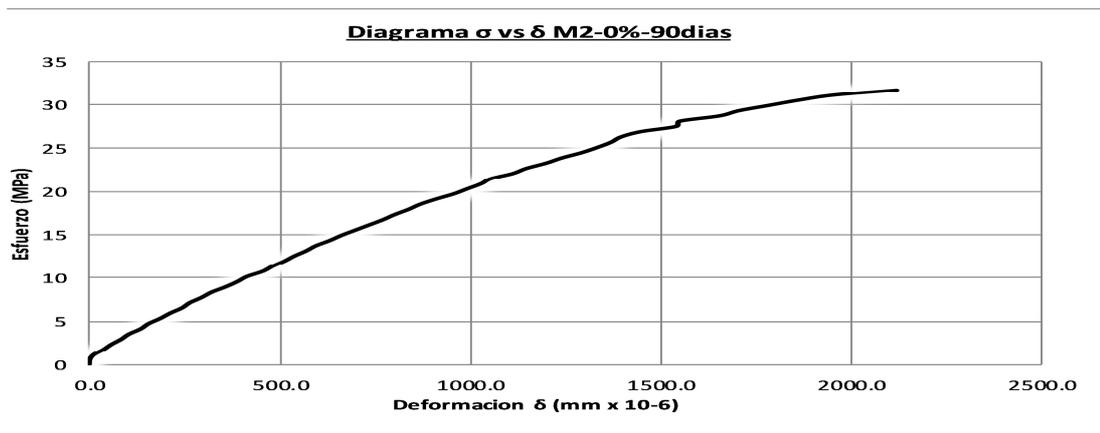
DATOS DE ENSAYO			
CARGA	$\delta_{total} \times 10^{-2}$	σ	$\delta_{total} \times 10^{-6}$
(Kg)	(mm)	(Mpa)	(mm)
0	0	0	0.0
500	0	0.60	0.0
1000	0.1	1.20	5.2
1500	0.6	1.80	31.3
2000	1.1	2.40	57
2500	1.5	3.00	78.3
3000	1.9	3.60	99.2
3500	2.5	4.20	131
4000	2.9	4.80	151
4500	3.5	5.40	183
5000	4	6.00	209
5500	4.5	6.60	235
6000	5	7.20	261
6500	5.5	7.80	287
7000	6.1	8.40	318
7500	6.8	8.99	355
8000	7.3	9.59	381
8500	7.9	10.19	412
9000	8.5	10.79	444
9500	8.9	11.39	465
10000	9.6	11.99	501
10500	10.2	12.59	533
11000	10.8	13.19	564
11500	11.5	13.79	600
12000	12.2	14.39	637
12500	13	14.99	679
13000	13.6	15.59	710
13500	14.3	16.19	747
14000	15.1	16.79	788
14500	16	17.39	835
15000	16.8	17.99	877
15500	17.6	18.59	919
16000	18.4	19.19	961
16500	19.2	19.79	1002
17000	20	20.39	1044
17500	21	20.99	1096
18000	22	21.59	1149
18500	23	22.19	1201
19000	24.2	22.79	1264
19500	25.5	23.39	1331
20000	26.8	23.99	1399
20500	28	24.59	1462
21000	29.7	25.19	1551
21500	32	25.79	1671
22000	35	26.39	1827
22400		26.86	0

Figura 104 Grafico esfuerzo vs deformación M1-0%-90Dias.

Valoración De Propiedades Mecánicas Y De Durabilidad De Concreto Adicionado Con Residuos De Llantas De Caucho.

154

NOMBRE: ENSAYO A COMPRESION 0% - 90 DIAS
 Altura = 203 mm
 Øpromedio = 102 mm
 Area Cilindro= 8171.3 mm²
 h1= 100.00 mm
 h2= 100.00 mm
 Dist.Vert entre anillos = $\frac{h1+h2}{2} = 100$ mm
 D1 = 51 mm
 D2 = 58 mm
 Wcilindro = 3756 gr

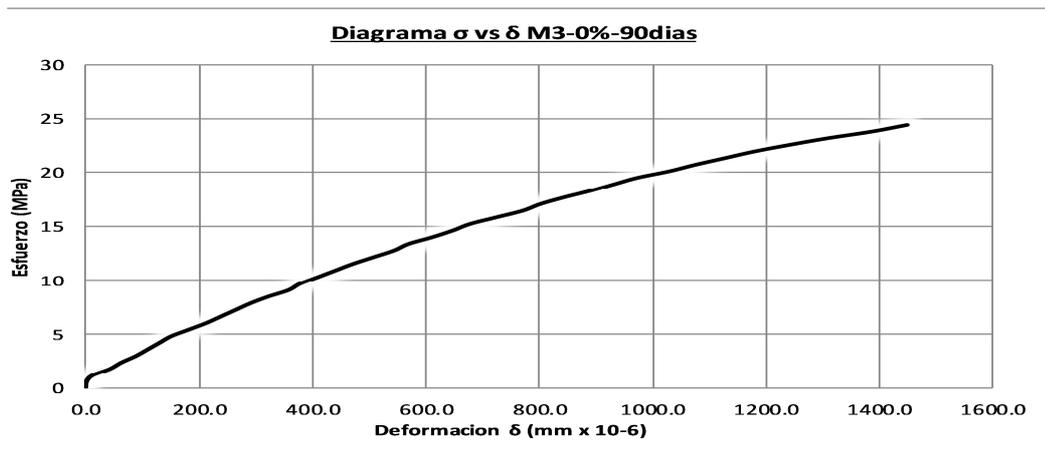


DATOS DE ENSAYO			
CARGA	$\delta_{total} \times 10^{-2}$	σ	$\delta_{total} \times 10^{-6}$
(Kg)	(mm)	(Mpa)	(mm)
0	0	0	0.0
500	0	0.60	0.0
1000	0.2	1.20	10.3
1500	0.7	1.80	36.2
2000	1.1	2.40	57
2500	1.6	3.00	82.7
3000	2	3.60	103.3
3500	2.6	4.20	134
4000	3	4.80	155
4500	3.6	5.40	186
5000	4.1	6.00	212
5500	4.7	6.60	243
6000	5.1	7.20	263
6500	5.7	7.80	294
7000	6.2	8.40	320
7500	6.9	8.99	356
8000	7.5	9.59	387
8500	8	10.19	413
9000	8.8	10.79	455
9500	9.3	11.39	480
10000	9.9	11.99	511
10500	10.4	12.59	537
11000	11	13.19	568
11500	11.5	13.79	594
12000	12.2	14.39	630
12500	12.8	14.99	661
13000	13.5	15.59	697
13500	14.2	16.19	734
14000	14.9	16.79	770
14500	15.5	17.39	801
15000	16.2	17.99	837
15500	16.8	18.59	868
16000	17.6	19.19	909
16500	18.5	19.79	956
17000	19.2	20.39	992
17500	19.9	20.99	1028
18000	20.4	21.59	1054
18500	21.5	22.19	1111
19000	22.2	22.79	1147
19500	23.2	23.39	1198
20000	24	23.99	1240
20500	25	24.59	1291
21000	25.8	25.19	1333
21500	26.5	25.79	1369
22000	27	26.39	1395
22500	28	26.98	1446
23000	29.8	27.58	1539
23500	30	28.18	1550
24000	32	28.78	1653
24500	33	29.38	1705
25000	34.5	29.98	1782
25500	36	30.58	1860
26000	37.8	31.18	1953
26500	41	31.78	2118
26900		32.26	0

Figura 105 Gráfico esfuerzo vs deformación M2-0%-90Días.

Valoración De Propiedades Mecánicas Y De Durabilidad De Concreto Adicionado Con Residuos De Llantas De Caucho.

NOMBRE: ENSAYO A COMPRESION 0% - 90 DIAS
 Altura = 200 mm
 Øpromedio = 101 mm
 Area Cilindro= 8011.8 mm²
 h1= 98.00 mm
 h2= 100.00 mm
 Dist. Vert entre anillos = $\frac{h1+h2}{2}$ = 99 mm
 D1 = 52 mm
 D2 = 57 mm
 Wcilindro = 3689 gr



DATOS DE ENSAYO				10500	10.5	12.84	543
CARGA	δtotal x 10-2	σ	δtotal x 10-6	11000	11	13.46	569
(Kg)	(mm)	(Mpa)	(mm)	11500	11.8	14.07	610
0	0	0	0.0	12000	12.5	14.68	646
500	0	0.61	0.0	12500	13.1	15.29	677
1000	0.2	1.22	10.3	13000	14	15.90	724
1500	0.8	1.83	41.4	13500	14.9	16.51	770
2000	1.2	2.45	62	14000	15.5	17.12	801
2500	1.7	3.06	87.9	14500	16.3	17.74	843
3000	2.1	3.67	108.6	15000	17.2	18.35	889
3500	2.5	4.28	129	15500	18	18.96	931
4000	2.9	4.89	150	16000	18.8	19.57	972
4500	3.5	5.50	181	16500	19.9	20.18	1029
5000	4.1	6.12	212	17000	20.8	20.79	1076
5500	4.6	6.73	238	17500	21.8	21.41	1127
6000	5.1	7.34	264	18000	22.8	22.02	1179
6500	5.6	7.95	290	18500	24	22.63	1241
7000	6.2	8.56	321	19000	25.3	23.24	1308
7500	6.9	9.17	357	19500	26.8	23.85	1386
8000	7.3	9.79	377	20000	28	24.46	1448
8500	7.9	10.40	408	20500	29.8	25.08	1541
9000	8.5	11.01	440	21000	31	25.69	1603
9500	9.1	11.62	471	21500	33.7	26.30	1743
10000	9.8	12.23	507	21700		26.54	0

Figura 106 Grafico esfuerzo vs deformación M3-0%-90Dias.

Valoración De Propiedades Mecánicas Y De Durabilidad De Concreto Adicionado Con Residuos De Llantas De Caucho.

156

NOMBRE: ENSAYO A COMPRESION 10% - 90 DIAS

Altura = 200 mm

Øpromedio = 102 mm

Area Cilindro= 8171.3 mm²

h1= 98 mm

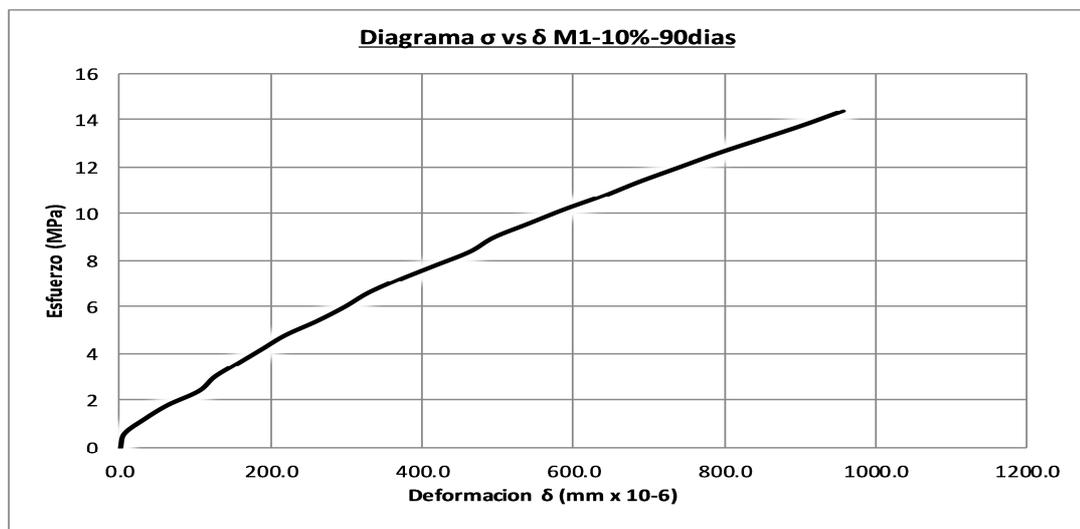
h2= 100 mm

Dist. Vert entre anillos = $\frac{h1+h2}{2} = 99$ mm

D1 = 52 mm

D2 = 58 mm

Wcilindro = 3536 gr



DATOS DE ENSAYO				8500	11.3	10.19	587
CARGA (Kg)	$\delta_{total} \times 10^{-2}$ (mm)	σ (Mpa)	$\delta_{total} \times 10^{-6}$ (mm)	9000	12.3	10.79	639
0	0	0	0.0	9500	13.2	11.39	686
500	0.1	0.60	5.2	10000	14.2	11.99	737
1000	0.6	1.20	31.2	10500	15.2	12.59	789
1500	1.2	1.80	62.3	11000	16.3	13.19	847
2000	2	2.40	104	11500	17.4	13.79	904
2500	2.4	3.00	124.6	12000	18.4	14.39	956
3000	3	3.60	155.8	12500	19.7	14.99	1023
3500	3.6	4.20	187	13000	21	15.59	1091
4000	4.2	4.80	218	13500	22.2	16.19	1153
4500	5	5.40	260	14000	24	16.79	1246
5000	5.7	6.00	296	14500	25.8	17.39	1340
5500	6.3	6.60	327	15000	27.5	17.99	1428
6000	7.1	7.20	369	15500	29.8	18.59	1548
6500	8	7.80	415	16000	32.5	19.19	1688
7000	8.9	8.40	462	16500	37	19.79	1922
7500	9.5	8.99	493	17000	45	20.39	2337
8000	10.4	9.59	540	17500		20.99	0

Figura 107 Grafico esfuerzo vs deformación M1-10%-90Dias.

Valoración De Propiedades Mecánicas Y De Durabilidad De Concreto Adicionado Con Residuos De Llantas De Caucho.

157

NOMBRE: ENSAYO A COMPRESION 10% - 90 DIAS

Altura = 201 mm

Øpromedio = 100 mm

Area Cilindro= 7854.0 mm²

h1= 99 mm

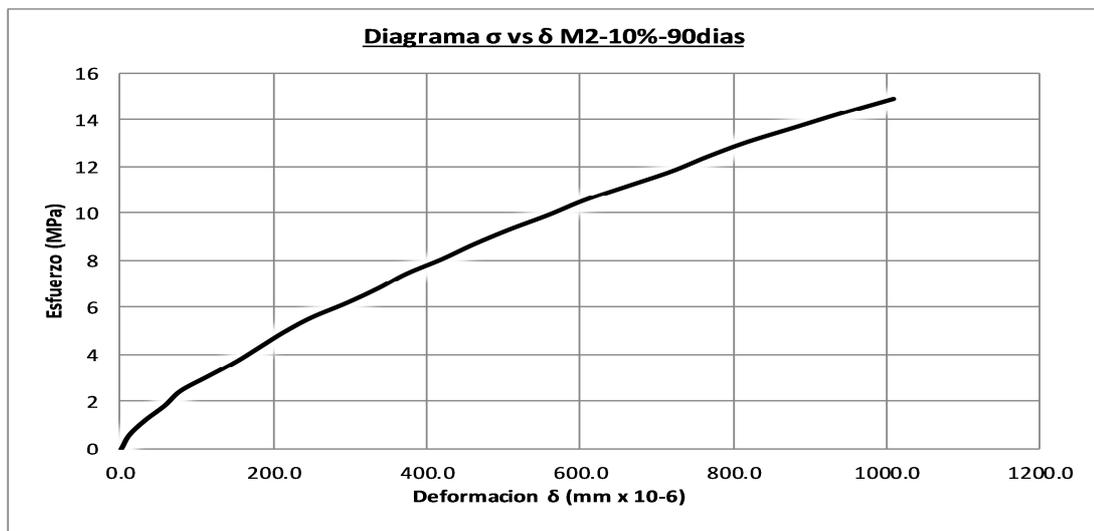
h2= 101 mm

Dist. Vert entre anillos = $\frac{h1+h2}{2} = 100$ mm

D1 = 52 mm

D2 = 59 mm

Wcilindro = 3445 gr

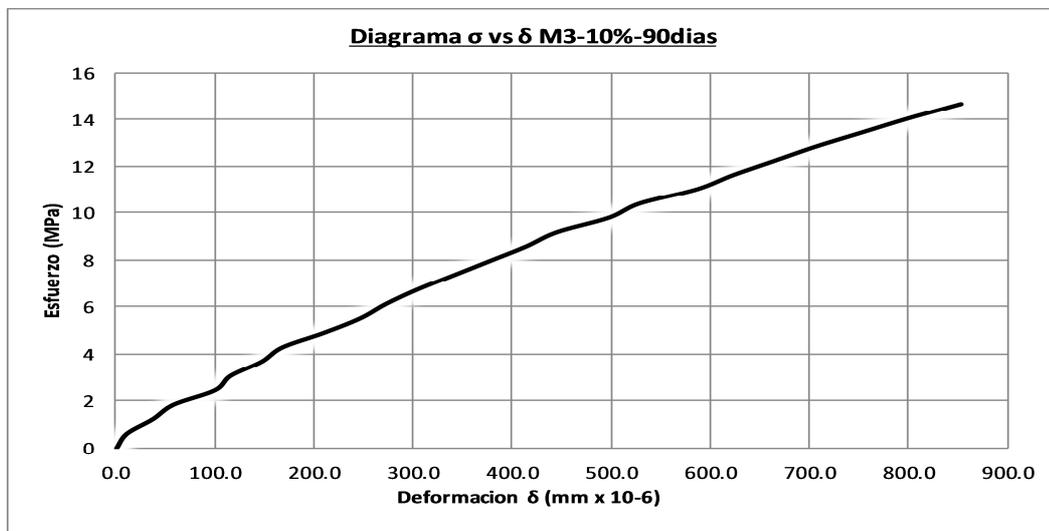


DATOS DE ENSAYO							
CARGA (Kg)	$\delta_{total} \times 10^{-2}$ (mm)	σ (Mpa)	$\delta_{total} \times 10^{-6}$ (mm)				
0	0	0	0.0	8500	11.7	10.61	604
500	0.2	0.62	10.3	9000	12.8	11.23	661
1000	0.6	1.25	31.0	9500	13.9	11.85	718
1500	1.1	1.87	56.8	10000	14.8	12.48	765
2000	1.5	2.50	77	10500	15.8	13.10	816
2500	2.2	3.12	113.6	11000	17	13.73	878
3000	2.9	3.74	149.8	11500	18.2	14.35	940
3500	3.5	4.37	181	12000	19.5	14.97	1007
4000	4.1	4.99	212	12500	20.5	15.60	1059
4500	4.8	5.61	248	13000	22	16.22	1136
5000	5.7	6.24	294	13500	23	16.84	1188
5500	6.5	6.86	336	14000	24.8	17.47	1281
6000	7.2	7.49	372	14500	26.5	18.09	1369
6500	8.1	8.11	418	15000	28	18.72	1446
7000	8.9	8.73	460	15500	31	19.34	1601
7500	9.8	9.36	506	16000	34	19.96	1756
8000	10.8	9.98	558	16500	38	20.59	1963
				17000	44	21.21	2273
				17400		21.71	0

Figura 108 Grafico esfuerzo vs deformación M2-10%-90Dias.

NOMBRE: ENSAYO A COMPRESION 10% - 90 DIAS

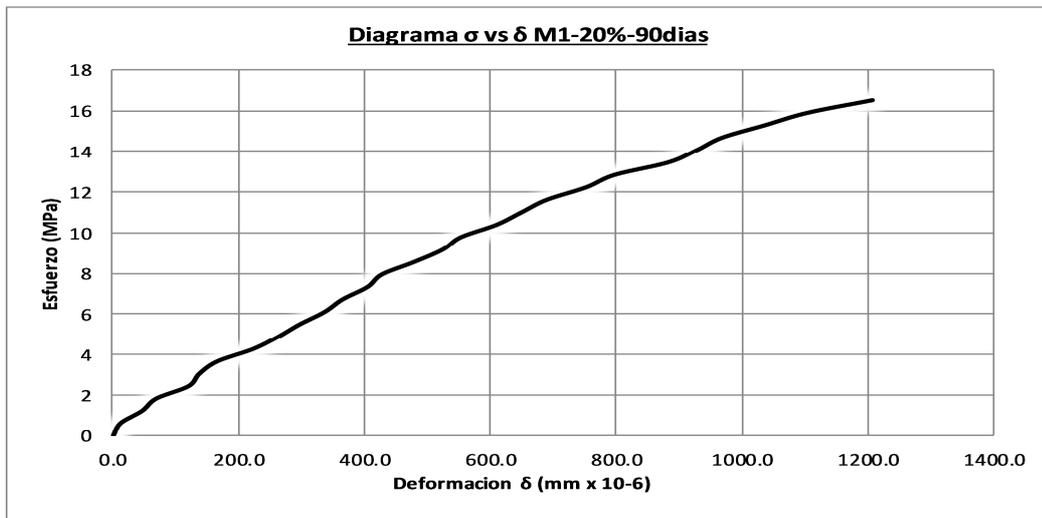
Altura = 199 mm
 Øpromedio = 101 mm
 Area Cilindro= 8011.8 mm²
 h1= 98 mm
 h2= 97 mm
 Dist. Vert entre anillos = $\frac{h1+h2}{2}$ = 98 mm
 D1 = 51 mm
 D2 = 55 mm
 Wcilindro = 3679 gr



DATOS DE ENSAYO				8500	10.1	10.40	528
CARGA (Kg)	δtotal x 10-2 (mm)	σ (Mpa)	δtotal x 10-6 (mm)	9000	11.2	11.01	585
0	0	0	0.0	9500	11.9	11.62	622
500	0.2	0.61	10.5	10000	12.7	12.23	664
1000	0.7	1.22	36.6	10500	13.5	12.84	706
1500	1.1	1.83	57.5	11000	14.4	13.46	753
2000	1.9	2.45	99	11500	15.3	14.07	800
2500	2.2	3.06	115.0	12000	16.3	14.68	852
3000	2.8	3.67	146.4	12500	17.2	15.29	899
3500	3.2	4.28	167	13000	18.2	15.90	951
4000	4	4.89	209	13500	19.5	16.51	1019
4500	4.7	5.50	246	14000	20.5	17.12	1072
5000	5.2	6.12	272	14500	21.8	17.74	1140
5500	5.8	6.73	303	15000	23.2	18.35	1213
6000	6.5	7.34	340	15500	25	18.96	1307
6500	7.2	7.95	376	16000	26.8	19.57	1401
7000	7.9	8.56	413	16500	29.5	20.18	1542
7500	8.5	9.17	444	17000	33	20.79	1725
8000	9.5	9.79	497	17500	38	21.41	1986
				17900		21.9	0

Figura 109 Grafico esfuerzo vs deformación M3-10%-90Días.

NOMBRE: ENSAYO A COMPRESION 20% - 90 DIAS
 Altura = 198 mm
 Øpromedio = 101 mm
 Area Cilindro= 8011.8 mm²
 h1= 90 mm
 h2= 91 mm
 Dist. Vert entre anillos = $\frac{h1+h2}{2} = 91$ mm
 D1 = 51 mm
 D2 = 57 mm
 Wcilindro = 3635 gr



DATOS DE ENSAYO				8500	10.7	10.40	608
CARGA	$\delta_{total} \times 10^{-2}$	σ	$\delta_{total} \times 10^{-6}$	9000	11.4	11.01	648
(Kg)	(mm)	(Mpa)	(mm)	9500	12.1	11.62	688
0	0	0	0.0	10000	13.2	12.23	750
500	0.2	0.61	11.4	10500	14	12.84	796
1000	0.8	1.22	45.5	11000	15.5	13.46	881
1500	1.2	1.83	68.2	11500	16.3	14.07	926
2000	2.1	2.45	119	12000	17	14.68	966
2500	2.4	3.06	136.4	12500	18.2	15.29	1034
3000	2.9	3.67	164.8	13000	19.4	15.90	1103
3500	3.9	4.28	222	13500	21.2	16.51	1205
4000	4.6	4.89	261	14000	22.6	17.12	1284
4500	5.2	5.50	296	14500	24.5	17.74	1392
5000	5.9	6.12	335	15000	26	18.35	1478
5500	6.4	6.73	364	15500	28.6	18.96	1625
6000	7.1	7.34	404	16000	32.1	19.57	1824
6500	7.5	7.95	426	16500	35.6	20.18	2023
7000	8.4	8.56	477	17000	40.1	20.79	2279
7500	9.2	9.17	523	17000		20.79	0
8000	9.7	9.79	551				

Figura 110 Grafico esfuerzo vs deformación M1-20%-90Días.

Valoración De Propiedades Mecánicas Y De Durabilidad De Concreto Adicionado Con Residuos De Llantas De Caucho.

160

NOMBRE: ENSAYO A COMPRESION 20% - 90 DIAS

Altura = 202 mm

Øpromedio = 101 mm

Area Cilindro= 8011.8 mm²

h1= 98 mm

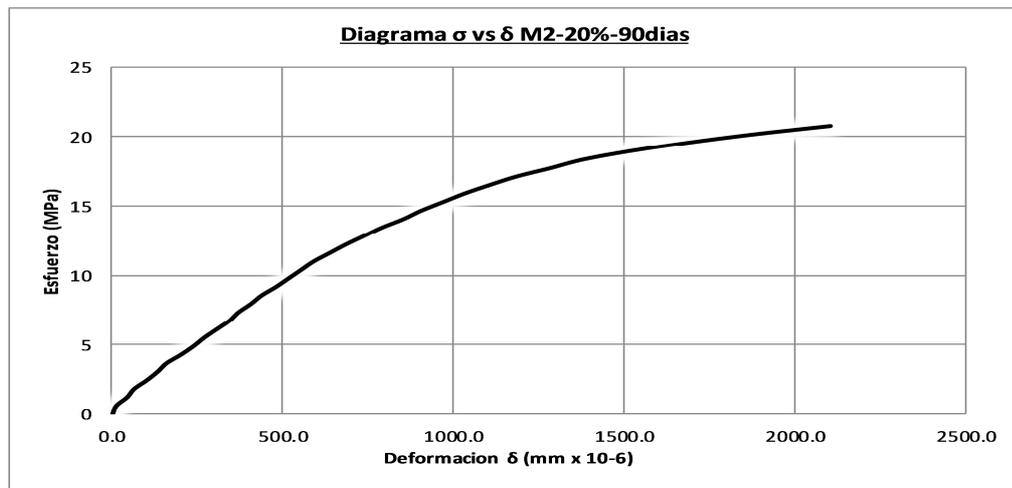
h2= 98 mm

Dist. Vert entre anillos = $\frac{h1+h2}{2}$ = 98 mm

D1 = 51 mm

D2 = 57 mm

Wcilindro = 3619 gr



DATOS DE ENSAYO				8500	10.5	10.40	551
CARGA (Kg)	$\delta_{total} \times 10^{-2}$ (mm)	σ (Mpa)	$\delta_{total} \times 10^{-6}$ (mm)	9000	11.2	11.01	588
0	0	0	0.0	9500	12.1	11.62	635
500	0.2	0.61	10.5	10000	13	12.23	682
1000	0.8	1.22	42.0	10500	14	12.84	735
1500	1.2	1.83	63.0	11000	15	13.46	787
2000	1.9	2.45	100	11500	16.2	14.07	850
2500	2.5	3.06	131.2	12000	17.2	14.68	903
3000	3	3.67	157.5	12500	18.4	15.29	966
3500	3.8	4.28	199	13000	19.6	15.90	1029
4000	4.5	4.89	236	13500	21	16.51	1102
4500	5.1	5.50	268	14000	22.5	17.12	1181
5000	5.8	6.12	304	14500	24.4	17.74	1281
5500	6.5	6.73	341	15000	26.2	18.35	1375
6000	7	7.34	367	15500	28.8	18.96	1512
6500	7.7	7.95	404	16000	32	19.57	1680
7000	8.3	8.56	436	16500	35.7	20.18	1874
7500	9.1	9.17	478	17000	40	20.79	2099
8000	9.8	9.79	514	17000		20.79	0

Figura 111 Grafico esfuerzo vs deformación M2-20%-90Dias.

Valoración De Propiedades Mecánicas Y De Durabilidad De Concreto Adicionado Con Residuos De Llantas De Caucho.

161

NOMBRE: ENSAYO A COMPRESION 20% - 90 DIAS

Altura = 200 mm

Øpromedio = 101 mm

Area Cilindro= 8011.8 mm²

h1= 98 mm

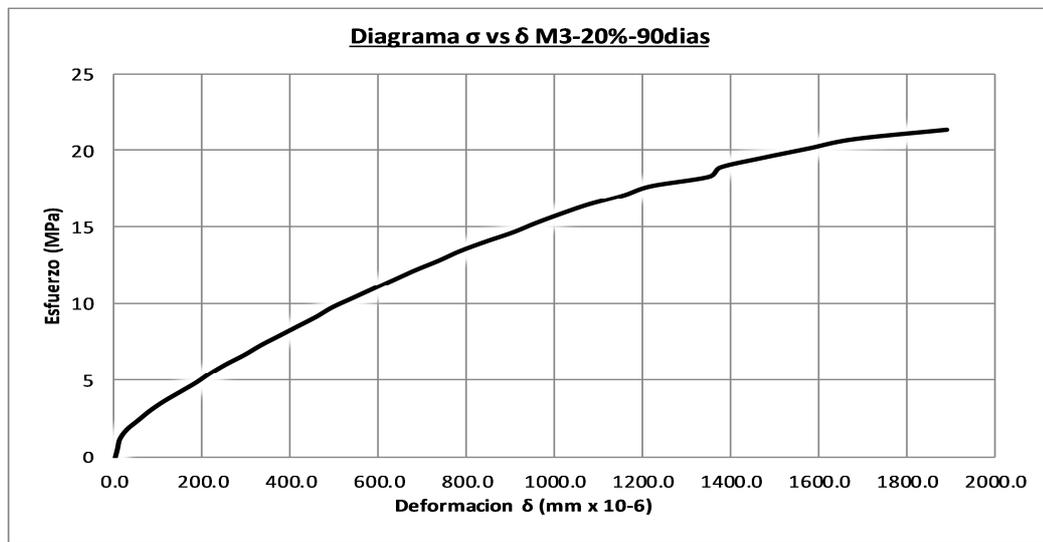
h2= 100 mm

Dist. Vert entre anillos = $\frac{h1+h2}{2}$ = 99 mm

D1 = 51 mm

D2 = 59 mm

Wcilindro = 3585 gr



DATOS DE ENSAYO			
CARGA (Kg)	$\delta_{total} \times 10^{-2}$ (mm)	σ (Mpa)	$\delta_{total} \times 10^{-6}$ (mm)
0	0	0	0.0
500	0.1	0.61	5.2
1000	0.2	1.22	10.5
1500	0.5	1.83	26.2
2000	1	2.45	52
2500	1.5	3.06	78.6
3000	2.1	3.67	110.1
3500	2.8	4.28	147
4000	3.5	4.89	183
4500	4.1	5.50	215
5000	4.8	6.12	252
5500	5.6	6.73	294
6000	6.3	7.34	330
6500	7.1	7.95	372
7000	7.9	8.56	414
7500	8.7	9.17	456
8000	9.4	9.79	493
8500	10.3	10.40	540
9000	11.2	11.01	587
9500	12.1	11.62	634
10000	13	12.23	681
10500	14	12.84	734
11000	14.9	13.46	781
11500	16	14.07	839
12000	17.2	14.68	902
12500	18.2	15.29	954
13000	19.3	15.90	1012
13500	20.5	16.51	1075
14000	22	17.12	1153
14500	23.2	17.74	1216
15000	25.7	18.35	1347
15500	26.2	18.96	1373
16000	28	19.57	1468
16500	30	20.18	1573
17000	32	20.79	1677
17500	36	21.41	1887
17600		21.53	0

Figura 112 Grafico esfuerzo vs deformación M3-20%-90Dias.

Valoración De Propiedades Mecánicas Y De Durabilidad De Concreto Adicionado Con Residuos De Llantas De Caucho.

162

NOMBRE: ENSAYO A COMPRESION 30% - 90 DIAS

Altura = 200 mm

Øpromedio = 101 mm

Area Cilindro= 8011.8 mm²

h1= 98.0 mm

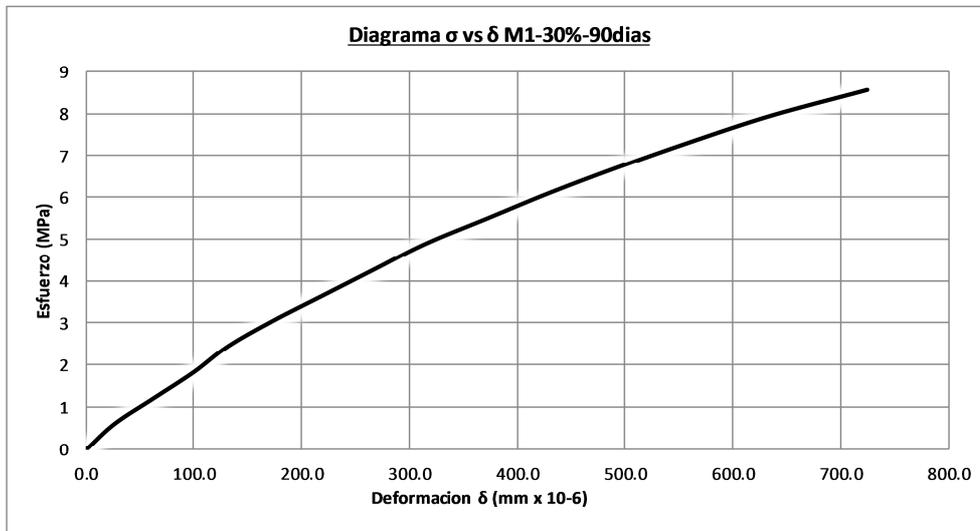
h2= 98.0 mm

Dist. Vert entre anillos = $\frac{h1+h2}{2}$ = 98.0 mm

D1 = 52 mm

D2 = 58 mm

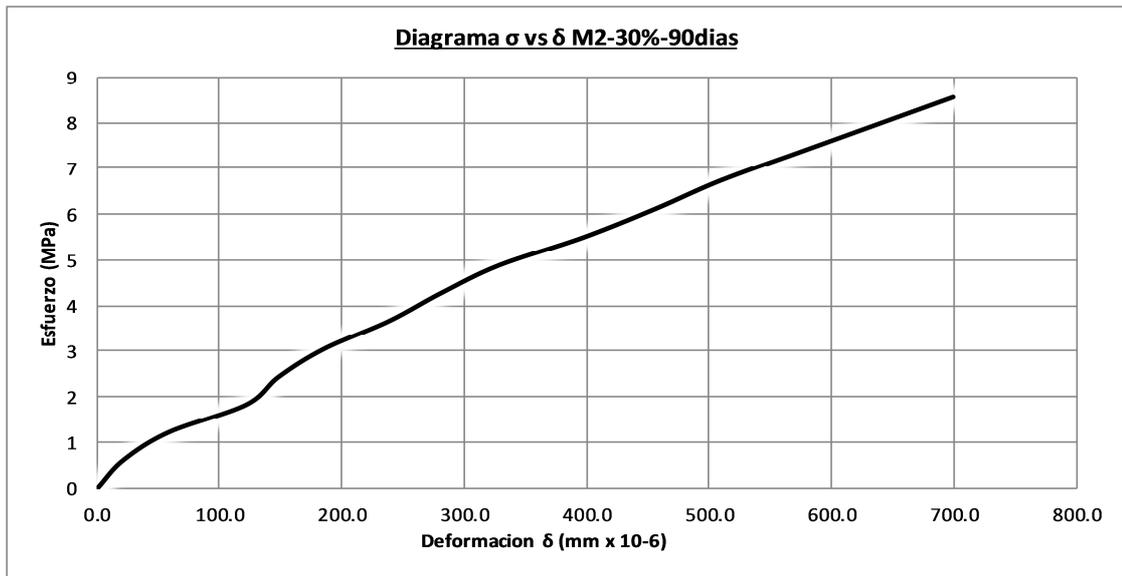
Wcilindro = 3520 gr



DATOS DE ENSAYO			
CARGA	$\delta_{total} \times 10^{-2}$	σ	$\delta_{total} \times 10^{-6}$
(Kg)	(mm)	(Mpa)	(mm)
0	0	0	0.0
500	0.5	0.61	26.2
1000	1.2	1.22	63.0
1500	1.9	1.83	99.7
2000	2.5	2.45	131
2500	3.3	3.06	173.2
3000	4.2	3.67	220.4
3500	5.1	4.28	268
4000	6	4.89	315
4500	7.1	5.50	373
5000	8.2	6.12	430
5500	9.4	6.73	493
6000	10.7	7.34	561
6500	12.1	7.95	635
7000	13.8	8.56	724
7500	15.3	9.17	803
8000	17.5	9.79	918
8500	19.7	10.40	1034
9000	22.5	11.01	1181
9500	26	11.62	1364
9600		11.74	0

Figura 113 Grafico esfuerzo vs deformación M1-30%-90Dias.

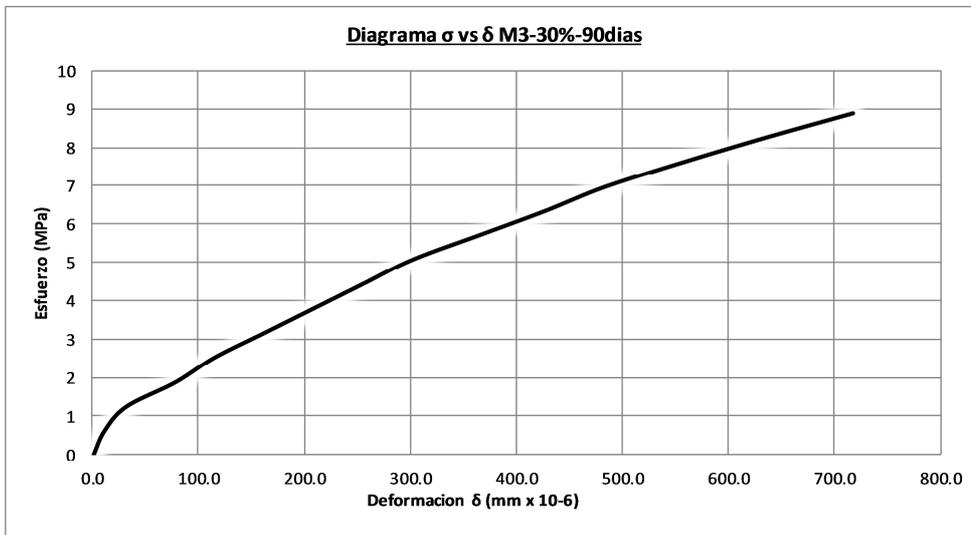
NOMBRE: ENSAYO A COMPRESION 30% - 90 DIAS
 Altura = 199 mm
 Øpromedio = 101 mm
 Area Cilindro= 8011.8 mm²
 h1= 98.0 mm
 h2= 99.0 mm
 Dist.Vert entre anillos = $\frac{h1+h2}{2}$ = 98.5 mm
 D1 = 50 mm
 D2 = 59 mm
 Wcilindro = 3479 gr



DATOS DE ENSAYO			
CARGA (Kg)	$\delta_{total} \times 10^{-2}$ (mm)	σ (Mpa)	$\delta_{total} \times 10^{-6}$ (mm)
0	0	0	0.0
500	0.4	0.61	21.2
1000	1.1	1.22	58.2
1500	2.3	1.83	121.8
2000	2.8	2.45	148
2500	3.5	3.06	185.3
3000	4.5	3.67	238.2
3500	5.3	4.28	281
4000	6.2	4.89	328
4500	7.5	5.50	397
5000	8.6	6.12	455
5500	9.6	6.73	508
6000	10.8	7.34	572
6500	12	7.95	635
7000	13.2	8.56	699
7500	14.8	9.17	783
8000	16.5	9.79	873
8500	18.5	10.40	979
9000	21	11.01	1112
9500	26	11.62	1376
9700		11.86	0

Figura 114 Grafico esfuerzo vs deformación M2-30%-90Dias.

NOMBRE: ENSAYO A COMPRESION 30% - 90 DIAS
 Altura = 198 mm
 Øpromedio = 99 mm
 Area Cilindro= 7697.7 mm²
 h1= 101.0 mm
 h2= 98.0 mm
 Dist. Vert entre anillos = $\frac{h1+h2}{2}$ = 99.5 mm
 D1= 52 mm
 D2= 59 mm
 Wcilindro = 3307 gr



DATOS DE ENSAYO			
CARGA (Kg)	δtotal x 10 ⁻² (mm)	σ (Mpa)	δtotal x 10 ⁻⁶ (mm)
0	0	0	0.0
500	0.2	0.64	10.4
1000	0.6	1.27	31.2
1500	1.5	1.91	77.9
2000	2.2	2.55	114
2500	3.1	3.18	161.0
3000	4	3.82	207.7
3500	4.9	4.46	254
4000	5.8	5.09	301
4500	7	5.73	363
5000	8.2	6.37	426

5500	9.3	7.00	483
6000	10.7	7.64	556
6500	12.2	8.28	634
7000	13.8	8.91	717
7500	15.7	9.55	815
8000	18	10.18	935
8500	21	10.82	1090
9000	25	11.46	1298
9500	30.5	12.09	1584
9800		12.48	0

Figura 115 Grafico esfuerzo vs deformación M3-30%-90Dias.

ANEXO D

- **Datos obtenidos ensayos absorción superficial 0%, 10%, 20% y 30% a 28 días.**

ENSAYO TASA DE ABSORCIÓN SUPERFICIAL INICIAL ISAT

MUESTRA 1 - 0%			Tiempo de Curado: 28 días		
Cápsula No. 1	Temperatura del Concreto: 18 °C	Factor de conversión de lectura en períodos de minuto	1.086		
Minutos de Lectura	No. divisiones de escala movidas en 5 s	Período durante el cual el movimiento fue medido	Lectura total divisiones		
10 minutos	1	2 minutos	11.8		
30 minutos	0.7	2 minutos	8.2		
60 minutos	0.5	2 minutos	6.5		
Tiempos de lectura del ensayo (min)	Total lectura divisiones	Factor de conversión de lectura en períodos de minuto	Factor de corrección para temperatura equivalente a 20 °C	Absorción superficial obtenida (ml/m ² x s)	Comentario absorción del concreto
10 minutos	11.8	0.5	1.086	0.064074	BAJO
30 minutos	8.2	0.5	1.086	0.044526	BAJO
60 minutos	6.5	0.5	1.086	0.035295	BAJO

ENSAYO TASA DE ABSORCIÓN SUPERFICIAL INICIAL ISAT

MUESTRA 2 - 0%			Tiempo de Curado: 28 días		
Cápsula No. 1	Temperatura del Concreto: 18.5 °C	Factor de conversión de lectura en períodos de minuto	1.072		
Minutos de Lectura	No. divisiones de escala movidas en 5 s	Período durante el cual el movimiento fue medido	Lectura total divisiones		
10 minutos	0.8	2 minutos	10.8		
30 minutos	0.5	2 minutos	7.5		
60 minutos	0.3	2 minutos	6		
Tiempos de lectura del ensayo (min)	Total lectura divisiones	Factor de conversión de lectura en períodos de minuto	Factor de corrección para temperatura equivalente a 20 °C	Absorción superficial obtenida (ml/m ² x s)	Comentario absorción del concreto
10 minutos	10.8	0.5	1.072	0.057888	BAJO
30 minutos	7.5	0.5	1.072	0.0402	BAJO
60 minutos	6	0.5	1.072	0.03216	BAJO

Tabla 28 Datos ensayo de absorción M1 y M2 – 0% 28 días.

ENSAYO TASA DE ABSORCIÓN SUPERFICIAL INICIAL ISAT

MUESTRA 3 - 0%			Tiempo de Curado: 28 días
Cápsula No. 6	Temperatura del Concreto: 18. °C	Factor de conversión de lectura en períodos de minuto	1.086

Minutos de Lectura	No. divisiones de escala movidas en 5 s	Período durante el cual el movimiento fue medido	Lectura total divisiones
10 minutos	0.8	2 minutos	12
30 minutos	0.5	2 minutos	9
60 minutos	0.3	2 minutos	7.3

Tiempos de lectura del ensayo (min)	Total lectura divisiones	Factor de conversión de lectura en períodos de minuto	Factor de corrección para temperatura equivalente a 20 °C	Absorción superficial obtenida (ml/m ² x s)	Comentario absorción del concreto
10 minutos	12	0.5	1.086	0.06516	BAJO
30 minutos	9	0.5	1.086	0.04887	BAJO
60 minutos	7.3	0.5	1.086	0.039639	BAJO

ENSAYO TASA DE ABSORCIÓN SUPERFICIAL INICIAL ISAT

MUESTRA 1 - 10%			Tiempo de Curado: 28 días
Cápsula No. 2	Temperatura del Concreto: 18 °C	Factor de conversión de lectura en períodos de minuto	1.086

Minutos de Lectura	No. divisiones de escala movidas en 5 s	Período durante el cual el movimiento fue medido	Lectura total divisiones
10 minutos	0.7	2 minutos	8.3
30 minutos	0.5	2 minutos	4.5
60 minutos	0.3	2 minutos	4

Tiempos de lectura del ensayo (min)	Total lectura divisiones	Factor de conversión de lectura en períodos de minuto	Factor de corrección para temperatura equivalente a 20 °C	Absorción superficial obtenida (ml/m ² x s)	Comentario absorción del concreto
10 minutos	8.3	0.5	1.086	0.045069	BAJO
30 minutos	4.5	0.5	1.086	0.024435	BAJO
60 minutos	4	0.5	1.086	0.02172	BAJO

Tabla 29 Datos ensayo de absorción M3- 0% y M1 -10% 28 días.

ENSAYO TASA DE ABSORCIÓN SUPERFICIAL INICIAL ISAT

MUESTRA 2 - 10%			Tiempo de Curado: 28 días
Cápsula No. 2	Temperatura del Concreto: 18.5 °C	Factor de conversión de lectura en períodos de minuto	1.072

Minutos de Lectura	No. divisiones de escala movidas en 5 s	Período durante el cual el movimiento fue medido	Lectura total divisiones
10 minutos	0.5	2 minutos	5.2
30 minutos	0.3	2 minutos	3.8
60 minutos	0.2	2 minutos	2.8

Tiempos de lectura del ensayo (min)	Total lectura divisiones	Factor de conversión de lectura en períodos de minuto	Factor de corrección para temperatura equivalente a 20 °C	Absorción superficial obtenida (ml/m ² x s)	Comentario absorción del concreto
10 minutos	5.2	0.5	1.072	0.027872	BAJO
30 minutos	3.8	0.5	1.072	0.020368	BAJO
60 minutos	2.8	0.5	1.072	0.015008	BAJO

ENSAYO TASA DE ABSORCIÓN SUPERFICIAL INICIAL ISAT

MUESTRA 3 - 10%			Tiempo de Curado: 28 días
Cápsula No. 5	Temperatura del Concreto: 18.5 °C	Factor de conversión de lectura en períodos de minuto	1.072

Minutos de Lectura	No. divisiones de escala movidas en 5 s	Período durante el cual el movimiento fue medido	Lectura total divisiones
10 minutos	0.7	2 minutos	11.5
30 minutos	0.5	2 minutos	9
60 minutos	0.5	2 minutos	8.3

Tiempos de lectura del ensayo (min)	Total lectura divisiones	Factor de conversión de lectura en períodos de minuto	Factor de corrección para temperatura equivalente a 20 °C	Absorción superficial obtenida (ml/m ² x s)	Comentario absorción del concreto
10 minutos	11.5	0.5	1.072	0.06164	BAJO
30 minutos	9	0.5	1.072	0.04824	BAJO
60 minutos	8.3	0.5	1.072	0.044488	BAJO

Tabla 30 Datos ensayo de absorción M2 y M3 –10% 28 días.

ENSAYO TASA DE ABSORCIÓN SUPERFICIAL INICIAL ISAT

MUESTRA 1 - 20%			Tiempo de Curado: 28 días		
Cápsula No. 5	Temperatura del Concreto: 14.5 °C	Factor de conversión de lectura en períodos de minuto	1.182		
Minutos de Lectura	No. divisiones de escala movidas en 5 s	Período durante el cual el movimiento fue medido	Lectura total divisiones		
10 minutos	0.5	2 minutos	6		
30 minutos	0.3	2 minutos	4		
60 minutos	0.2	2 minutos	3.2		
Tiempos de lectura del ensayo (min)	Total lectura divisiones	Factor de conversión de lectura en períodos de minuto	Factor de corrección para temperatura equivalente a 20 °C	Absorción superficial obtenida (ml/m ² x s)	Comentario absorción del concreto
10 minutos	6	0.5	1.182	0.03546	BAJO
30 minutos	4	0.5	1.182	0.02364	BAJO
60 minutos	3.2	0.5	1.182	0.018912	BAJO

ENSAYO TASA DE ABSORCIÓN SUPERFICIAL INICIAL ISAT

MUESTRA 2 - 20%			Tiempo de Curado: 28 días		
Cápsula No. 6	Temperatura del Concreto: 16°C	Factor de conversión de lectura en períodos de minuto	1.141		
Minutos de Lectura	No. divisiones de escala movidas en 5 s	Período durante el cual el movimiento fue medido	Lectura total divisiones		
10 minutos	0.8	2 minutos	8.8		
30 minutos	0.5	2 minutos	6.3		
60 minutos	0.3	2 minutos	4.5		
Tiempos de lectura del ensayo (min)	Total lectura divisiones	Factor de conversión de lectura en períodos de minuto	Factor de corrección para temperatura equivalente a 20 °C	Absorción superficial obtenida (ml/m ² x s)	Comentario absorción del concreto
10 minutos	8.8	0.5	1.141	0.050204	BAJO
30 minutos	6.3	0.5	1.141	0.0359415	BAJO
60 minutos	4.5	0.5	1.141	0.0256725	BAJO

Tabla 31 Datos ensayo de absorción M1 y M2 –20% 28 días.

ENSAYO TASA DE ABSORCIÓN SUPERFICIAL INICIAL ISAT

MUESTRA 3 - 20%			Tiempo de Curado: 28 días
Cápsula No. 6	Temperatura del Concreto: 16.8 °C	Factor de conversión de lectura en períodos de minuto	1.119

Minutos de Lectura	No. divisiones de escala movidas en 5 s	Período durante el cual el movimiento fue medido	Lectura total divisiones
10 minutos	0.8	2 minutos	12
30 minutos	0.5	2 minutos	8.8
60 minutos	0.3	2 minutos	7.8

Tiempos de lectura del ensayo (min)	Total lectura divisiones	Factor de conversión de lectura en períodos de minuto	Factor de corrección para temperatura equivalente a 20 °C	Absorción superficial obtenida (ml/m ² x s)	Comentario absorción del concreto
10 minutos	0.8	0.5	12	0.048	BAJO
30 minutos	0.5	0.5	8.8	0.022	BAJO
60 minutos	0.3	0.5	7.8	0.0117	BAJO

ENSAYO TASA DE ABSORCIÓN SUPERFICIAL INICIAL ISAT

MUESTRA 1 - 30%			Tiempo de Curado: 28 días
Cápsula No. 5	Temperatura del Concreto: 15.5 °C	Factor de conversión de lectura en períodos de minuto	1.154

Minutos de Lectura	No. divisiones de escala movidas en 5 s	Período durante el cual el movimiento fue medido	Lectura total divisiones
10 minutos	0.3	2 minutos	3.5
30 minutos	0.2	2 minutos	2.7
60 minutos	0.2	2 minutos	2.5

Tiempos de lectura del ensayo (min)	Total lectura divisiones	Factor de conversión de lectura en períodos de minuto	Factor de corrección para temperatura equivalente a 20 °C	Absorción superficial obtenida (ml/m ² x s)	Comentario absorción del concreto
10 minutos	3.5	0.5	1.154	0.020195	BAJO
30 minutos	2.7	0.5	1.154	0.015579	BAJO
60 minutos	2.5	0.5	1.154	0.014425	BAJO

Tabla 32 Datos ensayo de absorción M3 -20% y M1 -30% 28 días.

ENSAYO TASA DE ABSORCIÓN SUPERFICIAL INICIAL ISAT

MUESTRA 2 - 30%			Tiempo de Curado: 28 días
Cápsula No. 5	Temperatura del Concreto: 16°C	Factor de conversión de lectura en períodos de minuto	1.141

Minutos de Lectura	No. divisiones de escala movidas en 5 s	Período durante el cual el movimiento fue medido	Lectura total divisiones
10 minutos	0.7	2 minutos	9.5
30 minutos	0.5	2 minutos	7.5
60 minutos	0.3	2 minutos	5.3

Tiempos de lectura del ensayo (min)	Total lectura divisiones	Factor de conversión de lectura en períodos de minuto	Factor de corrección para temperatura equivalente a 20 °C	Absorción superficial obtenida (ml/m ² x s)	Comentario absorción del concreto
10 minutos	9.5	0.5	1.141	0.0541975	BAJO
30 minutos	7.5	0.5	1.141	0.0427875	BAJO
60 minutos	5.3	0.5	1.141	0.0302365	BAJO

ENSAYO TASA DE ABSORCIÓN SUPERFICIAL INICIAL ISAT

MUESTRA 3 - 30%			Tiempo de Curado: 28 días
Cápsula No. 5	Temperatura del Concreto: 16.8 °C	Factor de conversión de lectura en períodos de minuto	1.119

Minutos de Lectura	No. divisiones de escala movidas en 5 s	Período durante el cual el movimiento fue medido	Lectura total divisiones
10 minutos	0.8	2 minutos	13.8
30 minutos	0.5	2 minutos	9.7
60 minutos	0.3	2 minutos	7.2

Tiempos de lectura del ensayo (min)	Total lectura divisiones	Factor de conversión de lectura en períodos de minuto	Factor de corrección para temperatura equivalente a 20 °C	Absorción superficial obtenida (ml/m ² x s)	Comentario absorción del concreto
10 minutos	0.8	0.5	12	0.048	BAJO
30 minutos	0.5	0.5	8.8	0.022	BAJO
60 minutos	0.3	0.5	7.8	0.0117	BAJO

Tabla 33 Datos ensayo de absorción M2 y M3 –30% 28 días.

- **Datos obtenidos ensayos absorción superficial 0%, 10%, 20% y 30% a 90 días.**

ENSAYO TASA DE ABSORCIÓN SUPERFICIAL INICIAL ISAT

MUESTRA 1 - 0%				Tiempo de Curado: 90 días	
Cápsula No. 6	Temperatura del Concreto: 18 °C	Factor de conversión de lectura en períodos de minuto	1.086		
Minutos de Lectura	No. divisiones de escala movidas en 5 s	Período durante el cual el movimiento fue medido	Lectura total divisiones		
10 minutos	0.5	2 minutos	3.7		
30 minutos	0.3	2 minutos	3		
60 minutos	0.2	2 minutos	2.5		
Tiempos de lectura del ensayo (min)	Total lectura divisiones	Factor de conversión de lectura en períodos de minuto	Factor de corrección para temperatura equivalente a 20 °C	Absorción superficial obtenida (ml/m ² x s)	Comentario absorción del concreto
10 minutos	3.7	0.5	1.086	0.020091	BAJO
30 minutos	3	0.5	1.086	0.01629	BAJO
60 minutos	2.5	0.5	1.086	0.013575	BAJO

ENSAYO TASA DE ABSORCIÓN SUPERFICIAL INICIAL ISAT

MUESTRA 2 - 0%				Tiempo de Curado: 90 días	
Cápsula No. 6	Temperatura del Concreto: 17. °C	Factor de conversión de lectura en períodos de minuto	1.113		
Minutos de Lectura	No. divisiones de escala movidas en 5 s	Período durante el cual el movimiento fue medido	Lectura total divisiones		
10 minutos	0.5	2 minutos	4.5		
30 minutos	0.3	2 minutos	3.7		
60 minutos	0.2	2 minutos	3.1		
Tiempos de lectura del ensayo (min)	Total lectura divisiones	Factor de conversión de lectura en períodos de minuto	Factor de corrección para temperatura equivalente a 20 °C	Absorción superficial obtenida (ml/m ² x s)	Comentario absorción del concreto
10 minutos	4.5	0.5	1.113	0.0250425	BAJO
30 minutos	3.7	0.5	1.113	0.0205905	BAJO
60 minutos	3.1	0.5	1.113	0.0172515	BAJO

Tabla 34 Datos ensayo de absorción M1 y M2 -0% 90 días.

ENSAYO TASA DE ABSORCIÓN SUPERFICIAL INICIAL ISAT

MUESTRA 3 - 0%			Tiempo de Curado: 90 días
Cápsula No. 1	Temperatura del Concreto: 19.5. °C	Factor de conversión de lectura en períodos de minuto	1.045

Minutos de Lectura	No. divisiones de escala movidas en 5 s	Período durante el cual el movimiento fue medido	Lectura total divisiones
10 minutos	0.6	2 minutos	4.3
30 minutos	3	2 minutos	3.3
60 minutos	0.2	2 minutos	2.8

Tiempos de lectura del ensayo (min)	Total lectura divisiones	Factor de conversión de lectura en períodos de minuto	Factor de corrección para temperatura equivalente a 20 °C	Absorción superficial obtenida (ml/m ² x s)	Comentario absorción del concreto
10 minutos	4.3	0.5	1.045	0.0224675	BAJO
30 minutos	3.3	0.5	1.045	0.0172425	BAJO
60 minutos	2.8	0.5	1.045	0.01463	BAJO

ENSAYO TASA DE ABSORCIÓN SUPERFICIAL INICIAL ISAT

MUESTRA 1 - 10%			Tiempo de Curado: 90 días
Cápsula No. 6	Temperatura del Concreto: 18.5 °C	Factor de conversión de lectura en períodos de minuto	1.072

Minutos de Lectura	No. divisiones de escala movidas en 5 s	Período durante el cual el movimiento fue medido	Lectura total divisiones
10 minutos	0.7	2 minutos	10.5
30 minutos	0.5	2 minutos	9.5
60 minutos	0.3	2 minutos	7.5

Tiempos de lectura del ensayo (min)	Total lectura divisiones	Factor de conversión de lectura en períodos de minuto	Factor de corrección para temperatura equivalente a 20 °C	Absorción superficial obtenida (ml/m ² x s)	Comentario absorción del concreto
10 minutos	10.5	0.5	1.072	0.05628	BAJO
30 minutos	9.5	0.5	1.072	0.05092	BAJO
60 minutos	7.5	0.5	1.072	0.0402	BAJO

Tabla 35 Datos ensayo de absorción M3 - 0% y M1 -10% 90 días.

ENSAYO TASA DE ABSORCIÓN SUPERFICIAL INICIAL ISAT

MUESTRA 2 - 10%			Tiempo de Curado: 90 días
Cápsula No. 2	Temperatura del Concreto: 19.5. °C	Factor de conversión de lectura en períodos de minuto	1.045

Minutos de Lectura	No. divisiones de escala movidas en 5 s	Período durante el cual el movimiento fue medido	Lectura total divisiones
10 minutos	0.8	2 minutos	10.2
30 minutos	0.5	2 minutos	7.7
60 minutos	0.3	2 minutos	5.5

Tiempos de lectura del ensayo (min)	Total lectura divisiones	Factor de conversión de lectura en períodos de minuto	Factor de corrección para temperatura equivalente a 20 °C	Absorción superficial obtenida (ml/m ² x s)	Comentario absorción del concreto
10 minutos	10.2	0.5	1.045	0.053295	BAJO
30 minutos	7.7	0.5	1.045	0.0402325	BAJO
60 minutos	5.5	0.5	1.045	0.0287375	BAJO

ENSAYO TASA DE ABSORCIÓN SUPERFICIAL INICIAL ISAT

MUESTRA 3 - 10%			Tiempo de Curado: 90 días
Cápsula No. 2	Temperatura del Concreto: 19. °C	Factor de conversión de lectura en períodos de minuto	1.058

Minutos de Lectura	No. divisiones de escala movidas en 5 s	Período durante el cual el movimiento fue medido	Lectura total divisiones
10 minutos	0.5	2 minutos	6.5
30 minutos	0.3	2 minutos	4.7
60 minutos	0.2	2 minutos	3.8

Tiempos de lectura del ensayo (min)	Total lectura divisiones	Factor de conversión de lectura en períodos de minuto	Factor de corrección para temperatura equivalente a 20 °C	Absorción superficial obtenida (ml/m ² x s)	Comentario absorción del concreto
10 minutos	6.5	0.5	1.058	0.034385	BAJO
30 minutos	4.7	0.5	1.058	0.024863	BAJO
60 minutos	3.8	0.5	1.058	0.020102	BAJO

Tabla 36 Datos ensayo de absorción M2 y M3 -10% 90 días.

ENSAYO TASA DE ABSORCIÓN SUPERFICIAL INICIAL ISAT

MUESTRA 1 - 20%			Tiempo de Curado: 90 días		
Cápsula No. 5	Temperatura del Concreto: 17 °C	Factor de conversión de lectura en periodos de minuto	1.113		
Minutos de Lectura	No. divisiones de escala movidas en 5 s	Período durante el cual el movimiento fue medido	Lectura total divisiones		
10 minutos	0.3	2 minutos	4.1		
30 minutos	0.2	2 minutos	3.1		
60 minutos	0.1	2 minutos	2.4		
Tiempos de lectura del ensayo (min)	Total lectura divisiones	Factor de conversión de lectura en periodos de minuto	Factor de corrección para temperatura equivalente a 20 °C	Absorción superficial obtenida (ml/m ² x s)	Comentario absorción del concreto
10 minutos	4.1	0.5	1.113	0.0228165	BAJO
30 minutos	3.1	0.5	1.113	0.0172515	BAJO
60 minutos	2.4	0.5	1.113	0.013356	BAJO

ENSAYO TASA DE ABSORCIÓN SUPERFICIAL INICIAL ISAT

MUESTRA 2 - 20%			Tiempo de Curado: 90 días		
Cápsula No. 5	Temperatura del Concreto: 18 °C	Factor de conversión de lectura en periodos de minuto	1.086		
Minutos de Lectura	No. divisiones de escala movidas en 5 s	Período durante el cual el movimiento fue medido	Lectura total divisiones		
10 minutos	0.5	2 minutos	4.8		
30 minutos	0.3	2 minutos	3.9		
60 minutos	0.2	2 minutos	3.3		
Tiempos de lectura del ensayo (min)	Total lectura divisiones	Factor de conversión de lectura en periodos de minuto	Factor de corrección para temperatura equivalente a 20 °C	Absorción superficial obtenida (ml/m ² x s)	Comentario absorción del concreto
10 minutos	4.8	0.5	1.086	0.026064	BAJO
30 minutos	3.9	0.5	1.086	0.021177	BAJO
60 minutos	3.3	0.5	1.086	0.017919	BAJO

Tabla 37 Datos ensayo de absorción M1 y M2 -20% 90 días.

ENSAYO TASA DE ABSORCIÓN SUPERFICIAL INICIAL ISAT

MUESTRA 3 - 20%			Tiempo de Curado: 90 días
Cápsula No. 2	Temperatura del Concreto: 19 °C	Factor de conversión de lectura en períodos de minuto	1.058

Minutos de Lectura	No. divisiones de escala movidas en 5 s	Período durante el cual el movimiento fue medido	Lectura total divisiones
10 minutos	0.7	2 minutos	12.5
30 minutos	0.5	2 minutos	8.5
60 minutos	0.3	2 minutos	6.5

Tiempos de lectura del ensayo (min)	Total lectura divisiones	Factor de conversión de lectura en períodos de minuto	Factor de corrección para temperatura equivalente a 20 °C	Absorción superficial obtenida (ml/m ² x s)	Comentario absorción del concreto
10 minutos	12.5	0.5	1.058	0.066125	BAJO
30 minutos	8.5	0.5	1.058	0.044965	BAJO
60 minutos	6.5	0.5	1.058	0.034385	BAJO

ENSAYO TASA DE ABSORCIÓN SUPERFICIAL INICIAL ISAT

MUESTRA 1 - 30%			Tiempo de Curado: 90 días
Cápsula No. 5	Temperatura del Concreto: 18.5 °C	Factor de conversión de lectura en períodos de minuto	1.072
Minutos de Lectura	No. divisiones de escala movidas en 5 s	Período durante el cual el movimiento fue medido	Lectura total divisiones
10 minutos	0.7	2 minutos	10.2
30 minutos	0.5	2 minutos	6.7
60 minutos	0.3	2 minutos	4.7

Tiempos de lectura del ensayo (min)	Total lectura divisiones	Factor de conversión de lectura en períodos de minuto	Factor de corrección para temperatura equivalente a 20 °C	Absorción superficial obtenida (ml/m ² x s)	Comentario absorción del concreto
10 minutos	10.2	0.5	1.072	0.054672	BAJO
30 minutos	6.7	0.5	1.072	0.035912	BAJO
60 minutos	4.7	0.5	1.072	0.025192	BAJO

Tabla 38 Datos ensayo de absorción M3-20% y M1 -30% 90 días.

ENSAYO TASA DE ABSORCIÓN SUPERFICIAL INICIAL ISAT

MUESTRA 2 - 30%			Tiempo de Curado: 90 días
Cápsula No. 5	Temperatura del Concreto: 19.5. °C	Factor de conversión de lectura en períodos de minuto	1.045

Minutos de Lectura	No. divisiones de escala movidas en 5 s	Período durante el cual el movimiento fue medido	Lectura total divisiones
10 minutos	1	2 minutos	21
30 minutos	0.8	2 minutos	15
60 minutos	0.5	2 minutos	12.5

Tiempos de lectura del ensayo (min)	Total lectura divisiones	Factor de conversión de lectura en períodos de minuto	Factor de corrección para temperatura equivalente a 20 °C	Absorción superficial obtenida (ml/m ² x s)	Comentario absorción del concreto
10 minutos	21	0.5	1.045	0.109725	BAJO
30 minutos	15	0.5	1.045	0.078375	BAJO
60 minutos	12.5	0.5	1.045	0.0653125	BAJO

ENSAYO TASA DE ABSORCIÓN SUPERFICIAL INICIAL ISAT

MUESTRA 3 - 30%			Tiempo de Curado: 90 días
Cápsula No. 5	Temperatura del Concreto: 19.5 °C	Factor de conversión de lectura en períodos de minuto	1.045

Minutos de Lectura	No. divisiones de escala movidas en 5 s	Período durante el cual el movimiento fue medido	Lectura total divisiones
10 minutos	0.8	2 minutos	15.8
30 minutos	0.5	2 minutos	10.5
60 minutos	0.3	2 minutos	7.5

Tiempos de lectura del ensayo (min)	Total lectura divisiones	Factor de conversión de lectura en períodos de minuto	Factor de corrección para temperatura equivalente a 20 °C	Absorción superficial obtenida (ml/m ² x s)	Comentario absorción del concreto
10 minutos	15.8	0.5	1.045	0.082555	BAJO
30 minutos	10.5	0.5	1.045	0.0548625	BAJO
60 minutos	7.5	0.5	1.045	0.0391875	BAJO

Tabla 39 Datos ensayo de absorción M2 y M3 30% 90 días.

ANEXO E

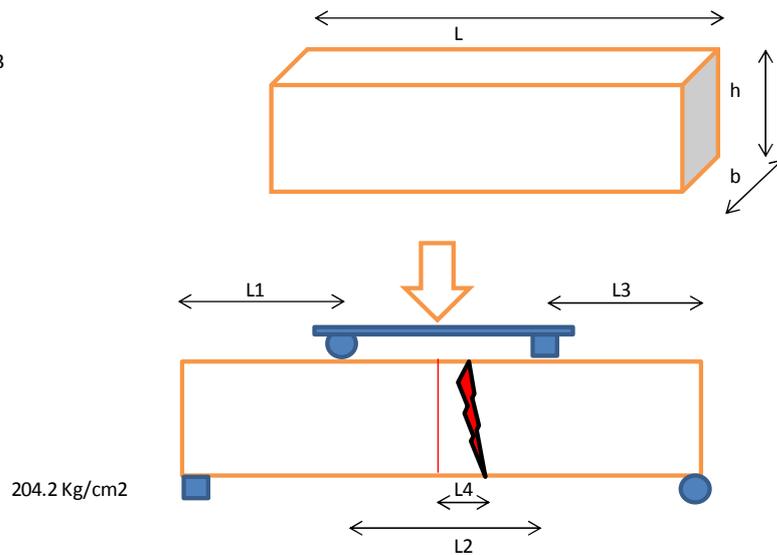
- Datos Obtenidos De Ensayos De Resistencia a la Flexión Muestra 0%, 10%, 20% Y 30%, de adición de caucho a 28 días.

ENSAYO A FLEXION

M1-0% 28 DIAS
 FECHA 5/7/2013
 Geometria

b = 15.2 cm
 h = 15.1 cm
 L = 45.0 cm

L1 = 15.0 cm
 L2 = 15.0 cm
 L3 = 15.0 cm
 L4 = 35 mm
 Pu = 2510.0 Kgf
 f'c = 20.4 MPa



ENSAYO A FLEXION

M2-0% 28 DIAS
 FECHA 5/7/2013
 Geometria

b = 15.1 cm
 h = 15.0 cm
 L = 45.0 cm

L1 = 15.0 cm
 L2 = 15.0 cm
 L3 = 15.0 cm
 L4 = 22 mm
 Pu = 2700.0 Kgf
 f'c = 20.4 MPa

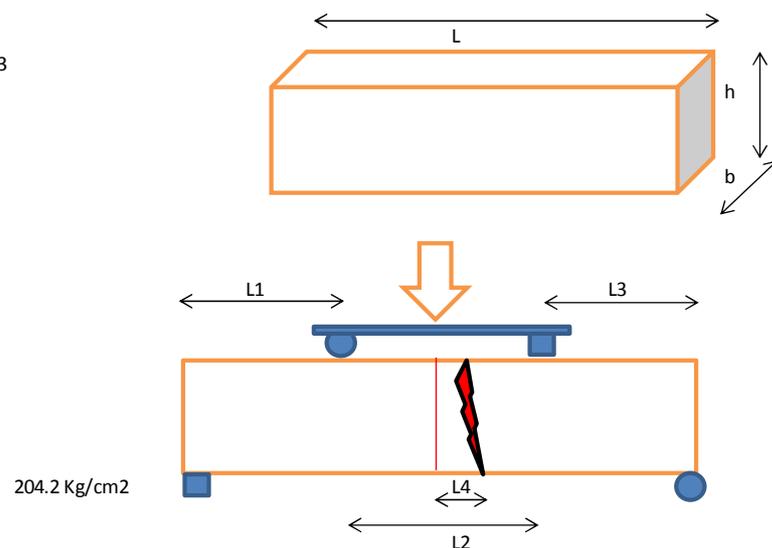


Figura 116 Grafico resistencia a la flexión M1 y M2-0%-28Dias.

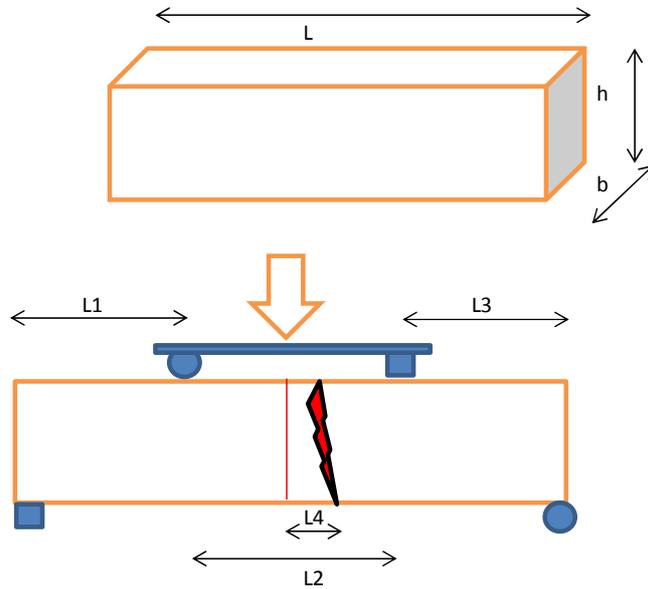
ENSAYO A FLEXION

M3-0% 28 DIAS
 FECHA 5/7/2013
 Geometria

b = 15.2 cm
 h = 15.1 cm
 L = 45.0 cm

L1 = 15.0 cm
 L2 = 15.0 cm
 L3 = 15.0 cm
 L4 = 10 mm
 Pu = 2397.0 Kgf
 f'c = 20.4 MPa

204.2 Kg/cm²



ENSAYO A FLEXION

M1-10% 28 DIAS
 FECHA 6/7/2013
 Geometria

b = 15.1 cm
 h = 15.1 cm
 L = 45.0 cm

L1 = 15.0 cm
 L2 = 15.0 cm
 L3 = 15.0 cm
 L4 = 5 mm
 Pu = 2025.0 Kgf
 f'c = 15.4 MPa

154.3 Kg/cm²

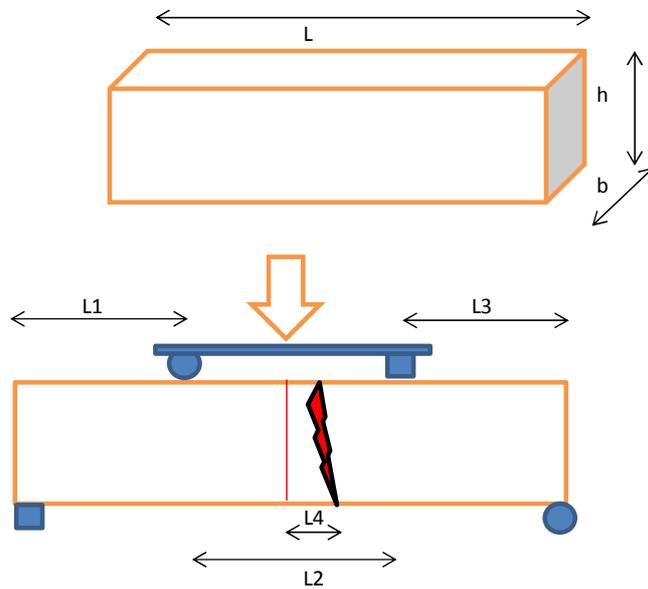


Figura 117 Grafico resistencia a la flexión M3-0% y M1-10%-28Dias.

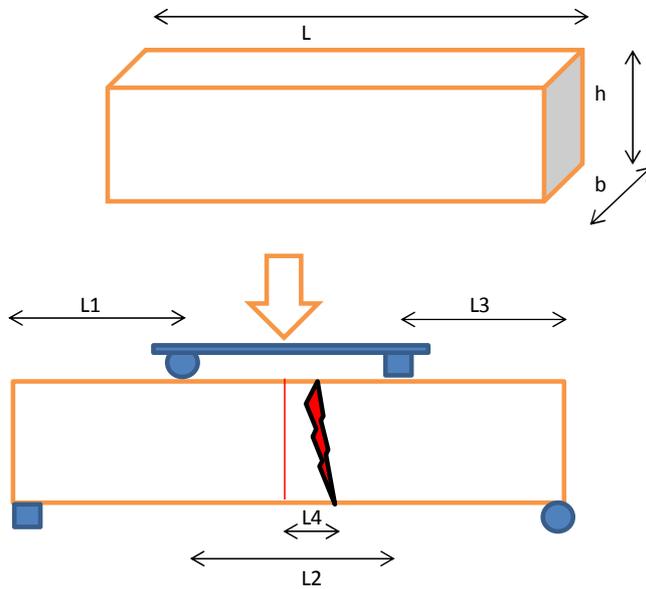
ENSAYO A FLEXION

M2-10% 28 DIAS
 FECHA 6/7/2013
 Geometria

b = 15.0 cm
 h = 15.0 cm
 L = 45.0 cm

L1 = 15.0 cm
 L2 = 15.0 cm
 L3 = 15.0 cm
 L4 = 54 mm
 Pu = 2160.0 Kgf
 f'c = 15.4 MPa

154.3 Kg/cm2



ENSAYO A FLEXION

M3-10% 28 DIAS
 FECHA 6/7/2013
 Geometria

b = 15.2 cm
 h = 15.1 cm
 L = 45.0 cm

L1 = 15.0 cm
 L2 = 15.0 cm
 L3 = 15.0 cm
 L4 = 10 mm
 Pu = 2085.0 Kgf
 f'c = 15.4 MPa

154.3 Kg/cm2

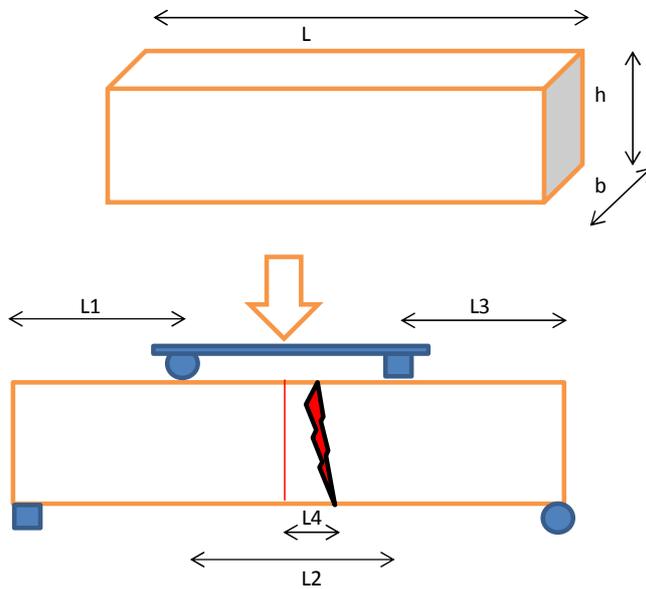


Figura 118 Grafico resistencia a la flexión M2 y M3-10%-28Dias.

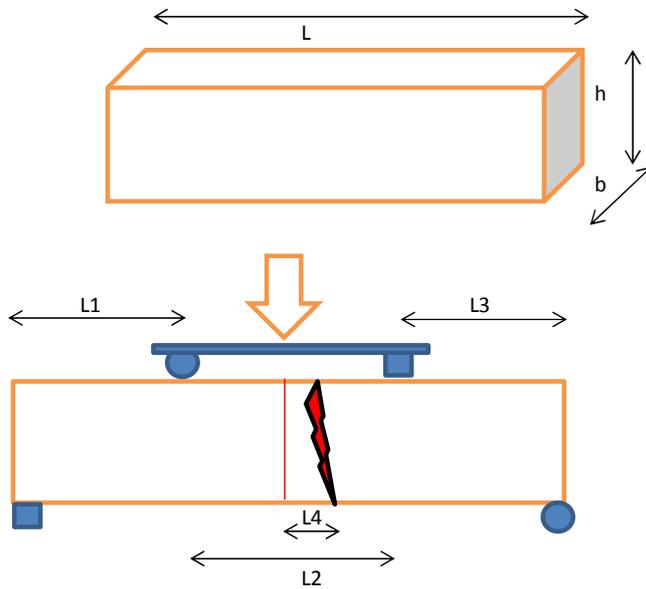
ENSAYO A FLEXION

M1-20% 28 DIAS
 FECHA 12/7/2013
 Geometria

b = 15.1 cm
 h = 15.0 cm
 L = 45.0 cm

L1 = 15.0 cm
 L2 = 15.0 cm
 L3 = 15.0 cm
 L4 = 23 mm
 Pu = 2415.0 Kgf
 f'c = 16.5 MPa

165.0 Kg/cm2



ENSAYO A FLEXION

M2-20% 28 DIAS
 FECHA 12/7/2013
 Geometria

b = 15.3 cm
 h = 15.0 cm
 L = 45.0 cm

L1 = 15.0 cm
 L2 = 15.0 cm
 L3 = 15.0 cm
 L4 = 45 mm
 Pu = 2460.0 Kgf
 f'c = 16.5 MPa

165.0 Kg/cm2

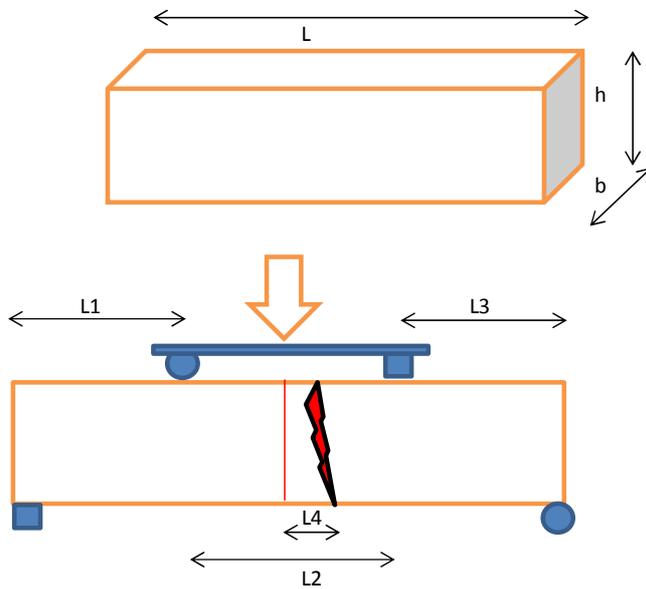


Figura 119 Grafico resistencia a la flexión M1 y M2-20%-28Dias.

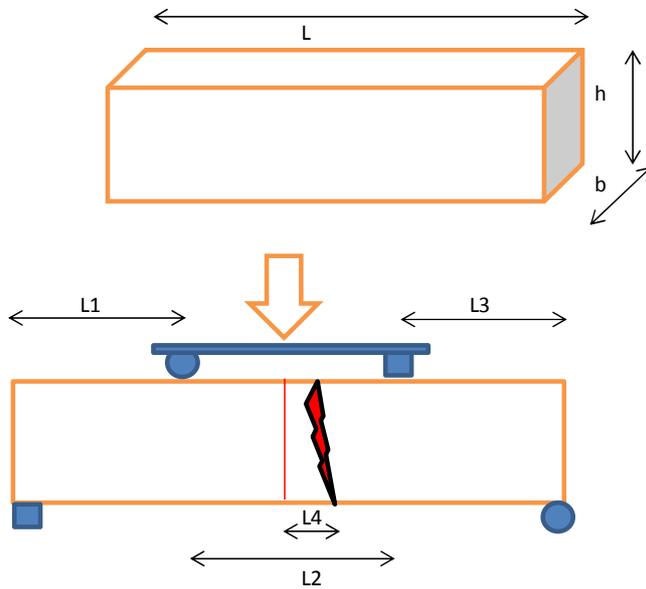
ENSAYO A FLEXION

M3-20% 28 DIAS
 FECHA 12/7/2013
 Geometría

b = 15.0 cm
 h = 15.2 cm
 L = 45.0 cm

L1 = 15.0 cm
 L2 = 15.0 cm
 L3 = 15.0 cm
 L4 = 20 mm
 Pu = 2450.0 Kg
 f'c = 16.5 MPa

165.0 Kg/cm²



ENSAYO A FLEXION

M1-30% 28 DIAS
 FECHA 13/7/2013
 Geometría

b = 14.9 cm
 h = 15.2 cm
 L = 45.0 cm

L1 = 15.0 cm
 L2 = 15.0 cm
 L3 = 15.0 cm
 L4 = 25 mm
 Pu = 1792.0 Kg
 f'c = 9.5 MPa

95.0 Kg/cm²

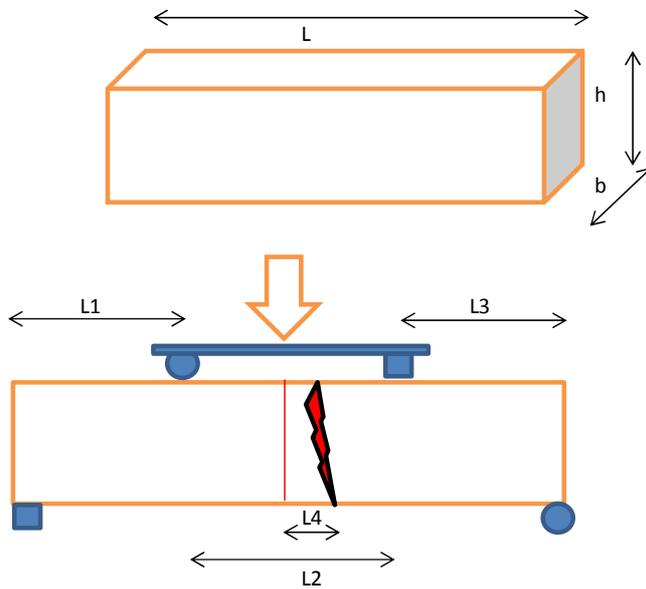


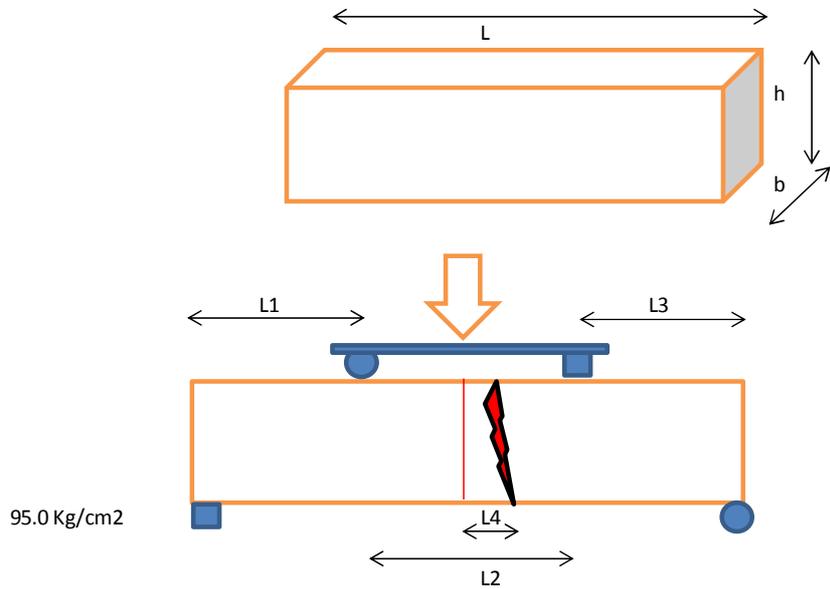
Figura 120 Grafico resistencia a la flexión M3-20% y M1-30%-28Dias.

ENSAYO A FLEXION

M2-30% 28 DIAS
 FECHA 13/7/2013
 Geometria

b = 14.9 cm
 h = 15.0 cm
 L = 45.0 cm

L1 = 15.0 cm
 L2 = 15.0 cm
 L3 = 15.0 cm
 L4 = 23 mm
 Pu = 1912.0 Kgf
 f'c = 9.5 MPa



ENSAYO A FLEXION

M3-30% 28 DIAS
 FECHA 13/7/2013
 Geometria

b = 15.0 cm
 h = 15.2 cm
 L = 45.0 cm

L1 = 15.0 cm
 L2 = 15.0 cm
 L3 = 15.0 cm
 L4 = 15 mm
 Pu = 1817.0 Kgf
 f'c = 9.5 MPa

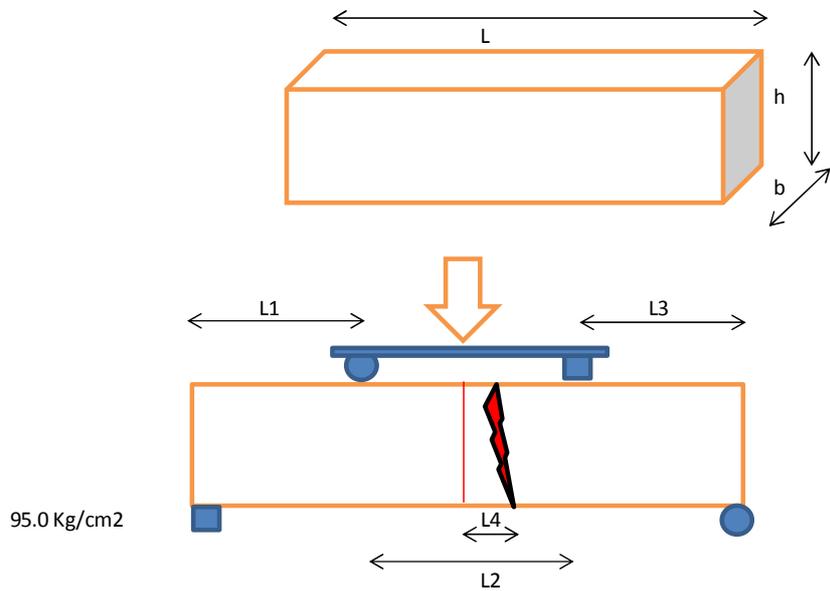


Figura 121 Grafico resistencia a la flexión M2 y M3-30%-28Dias.

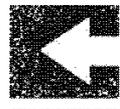
ANEXO F

- **Datos Obtenidos De Penetración De Cloruros – RCPT**
Muestra 0%, 10%, 20% Y 30%, de adición de caucho a 28
días.



Test-compagny
 Testing street 45
 CompagnyCity
 Some Country

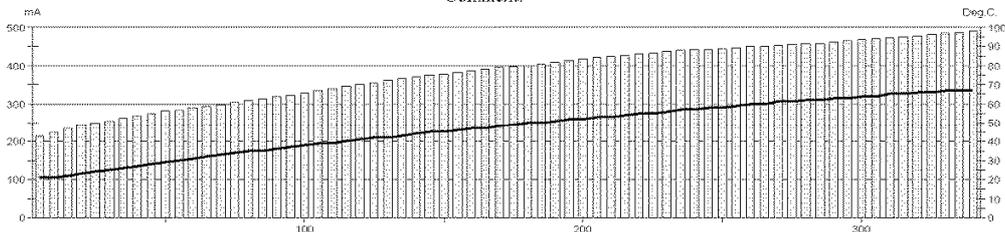
Your own logo
 size=28x38mm



GERMANN INSTRUMENTS
 DENMARK
 Phone: +45 3967 7117
 Fax: +45 3967 3167
 USA
 Phone: (817) 329-9999
 Fax: (817) 329-8888

Test report

Voltage Used: 60
 Testing time: 06:00 hour
 Charge passed: 7764
 Adjusted Charge passed: 7007
 Permeability class: N.A. do to Hi current during test
 Instrument number: 090603
 Channel number: 1
 Report date: 07/05/2013
 Testing by: ANDRES TORRES
 Reference: M1 0% 28 dias
 Sample diameter: 100
 Comment: ---



Time	°C	mA									
00:05	21	213,4	01:30	36	318,6	02:55	49	397,5	04:20	60	449,8
00:10	21	224,1	01:35	37	321,0	03:00	50	400,0	04:25	60	451,4
00:15	22	234,6	01:40	38	329,2	03:05	50	404,0	04:30	61	452,3
00:20	23	243,4	01:45	39	334,7	03:10	51	408,8	04:35	61	456,0
00:25	24	249,3	01:50	39	340,4	03:15	52	412,2	04:40	62	456,9
00:30	25	255,4	01:55	40	346,2	03:20	52	416,8	04:45	62	458,7
00:35	26	261,3	02:00	41	350,7	03:25	53	422,3	04:50	63	461,9
00:40	27	268,6	02:05	42	355,3	03:30	53	425,2	04:55	63	464,2
00:45	28	274,5	02:10	42	360,9	03:35	54	427,3	05:00	64	467,8
00:50	29	281,6	02:15	43	366,2	03:40	55	429,8	05:05	64	470,4
00:55	30	284,2	02:20	44	369,9	03:45	55	432,0	05:10	65	473,0
01:00	31	290,7	02:25	45	375,1	03:50	56	436,8	05:15	65	476,1
01:05	32	291,6	02:30	45	378,1	03:55	57	439,2	05:20	66	478,7
01:10	33	296,6	02:35	46	382,1	04:00	57	441,8	05:25	66	481,7
01:15	34	302,5	02:40	47	386,2	04:05	58	442,7	05:30	67	483,6
01:20	35	307,2	02:45	47	391,3	04:10	58	444,2	05:35	67	487,0
01:25	35	313,3	02:50	48	394,4	04:15	59	447,2	05:40	67	491,2

Figura 122 Grafico datos RCPT M1-0%-28Dias.

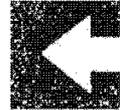


ASTM C 1202-05



Test-company
Testing street 45
CompagnyCity
Some Country

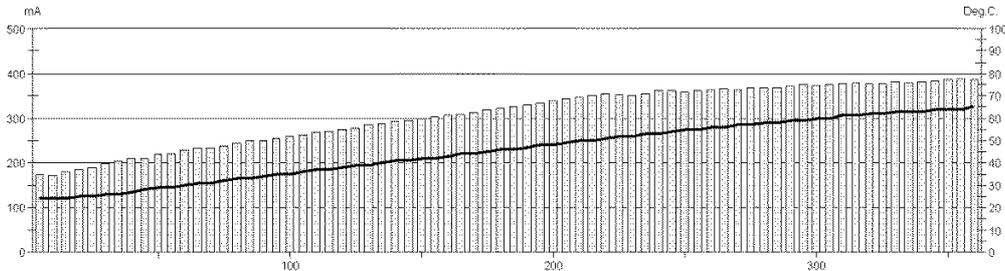
Your own logo
Size=3x30mm



GERMANN INSTRUMENTS
DENMARK
Phone: +45 3967 7117
Fax: +45 3967 3167
USA
Phone: (847) 329-9999
Fax: (847) 329-8888

Test report

Voltage Used: 60
Testing time: 06:00 hour
Charge passed: 6644
Adjusted Charge passed: 5996
Permeability class: High
Instrument number: 090603
Channel number: 2
Report date: 07/05/2013
Testing by: ANDRES TORRES
Reference: M2 0% 28 Dias
Sample diameter: 100
Comment: ---



Time	°C	mA									
00:05	24	173,5	01:35	35	253,9	03:05	46	325,2	04:35	57	367,4
00:10	24	171,9	01:40	35	258,5	03:10	47	330,7	04:40	58	369,1
00:15	24	180,1	01:45	36	261,1	03:15	48	333,8	04:45	58	368,6
00:20	25	185,1	01:50	37	268,2	03:20	48	338,8	04:50	59	370,5
00:25	25	189,9	01:55	37	270,7	03:25	49	343,4	04:55	59	374,6
00:30	26	199,3	02:00	38	275,4	03:30	50	344,9	05:00	60	373,8
00:35	26	203,5	02:05	39	277,6	03:35	50	349,6	05:05	60	376,1
00:40	27	208,8	02:10	39	285,3	03:40	51	353,8	05:10	61	377,4
00:45	28	210,6	02:15	40	287,1	03:45	52	352,9	05:15	61	378,9
00:50	29	217,8	02:20	41	292,2	03:50	52	350,6	05:20	62	377,5
00:55	29	221,5	02:25	41	295,7	03:55	53	355,3	05:25	62	377,8
01:00	30	227,7	02:30	42	299,0	04:00	53	361,3	05:30	63	381,2
01:05	31	231,9	02:35	42	304,2	04:05	54	360,7	05:35	63	379,3
01:10	31	231,8	02:40	43	306,6	04:10	55	359,2	05:40	63	382,5
01:15	32	236,4	02:45	44	309,0	04:15	55	361,4	05:45	64	382,9
01:20	33	243,0	02:50	44	313,1	04:20	56	362,8	05:50	64	385,5
01:25	33	249,0	02:55	45	319,6	04:25	56	366,3	05:55	64	388,6
01:30	34	250,4	03:00	46	322,4	04:30	57	364,7	06:00	65	387,0

Figura 123 Grafico datos RCPT M2-0%-28Dias.

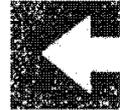


ASTM C 1202-05



Test-compagny
 Testing street 45
 CompagnyCity
 Some Country

Your own logo
 size=30x30mm



GERMANN INSTRUMENTS

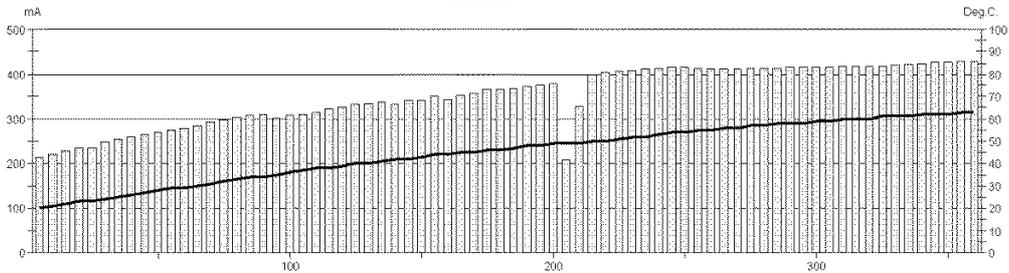
GERMANY

Phone: +49 3967 7117
 Fax: +49 3967 3167

USA
 Phone: (847) 329-9999
 Fax: (847) 329-8888

Test report

Voltage Used: 60
 Testing time: 06:00 hour
 Charge passed: 7594
 Adjusted Charge passed: 6854
 Permeability class: High
 Instrument number: 090603
 Channel number: 3
 Report date: 07/05/2013
 Testing by: ANDRES TORRES
 Reference: M3 0% 28 DIAS
 Sample diameter: 100
 Comment: ---



Time	°C	mA									
00:05	20	214,1	01:35	35	302,2	03:05	47	368,7	04:35	57	412,6
00:10	21	219,9	01:40	36	308,0	03:10	48	372,8	04:40	57	413,1
00:15	22	228,5	01:45	37	310,7	03:15	48	375,4	04:45	58	413,5
00:20	23	235,1	01:50	38	314,1	03:20	49	378,8	04:50	58	414,1
00:25	23	234,6	01:55	38	320,8	03:25	49	207,1	04:55	58	414,5
00:30	24	248,1	02:00	39	326,4	03:30	49	327,5	05:00	59	415,6
00:35	25	255,2	02:05	40	332,8	03:35	50	400,0	05:05	59	415,9
00:40	26	259,7	02:10	40	334,1	03:40	50	404,1	05:10	60	416,8
00:45	27	264,7	02:15	41	337,7	03:45	51	405,5	05:15	60	417,5
00:50	28	269,7	02:20	42	333,0	03:50	52	407,9	05:20	60	418,1
00:55	29	274,3	02:25	42	342,6	03:55	52	410,9	05:25	61	418,5
01:00	29	279,5	02:30	43	342,4	04:00	53	413,7	05:30	61	420,6
01:05	30	283,4	02:35	44	349,4	04:05	54	416,1	05:35	61	422,9
01:10	31	292,2	02:40	44	344,1	04:10	54	415,5	05:40	62	423,9
01:15	32	297,8	02:45	45	352,1	04:15	55	411,9	05:45	62	425,7
01:20	33	303,9	02:50	45	357,6	04:20	55	411,3	05:50	62	426,6
01:25	34	308,9	02:55	46	365,4	04:25	56	411,1	05:55	63	427,6
01:30	34	310,1	03:00	46	365,2	04:30	56	411,6	06:00	63	428,0

Figura 124 Grafico datos RCPT M3-0%-28Dias.

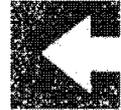


ASTM C 1202-05



Test-compagny
 Testing street 45
 CompagnyCity
 Some Country

Your own High
 Size-System



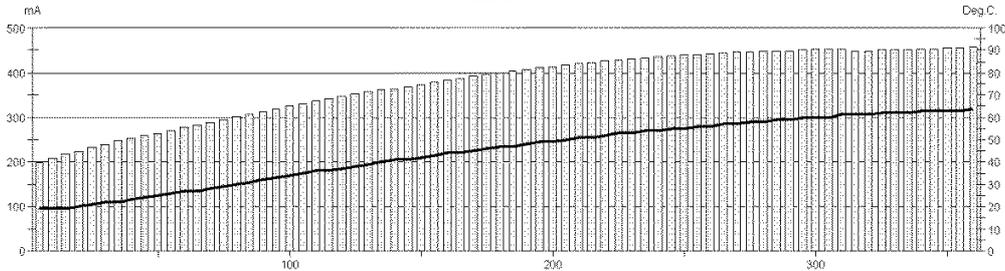
GERMANN INSTRUMENTS

DETMARBE
 Phone: +45 3967 7117
 Fax: +45 3967 3167

USA
 Phone: (847)329-9999
 Fax: (847)329-8888

Test report

Voltage Used: 60
 Testing time: 06:00 hour
 Charge passed: 8101
 Adjusted Charge passed: 7311
 Permeability class: High
 Instrument number: 090603
 Channel number: 1
 Report date: 07/06/2013
 Testing by: ANDRES TORRES
 Reference: M1-10%-20 DIAS
 Sample diameter: 100
 Comment: ---



Time	°C	mA									
00:05	19	197,7	01:35	33	318,2	03:05	47	403,7	04:35	58	447,4
00:10	19	207,1	01:40	34	324,9	03:10	48	406,9	04:40	58	448,7
00:15	19	217,0	01:45	35	329,4	03:15	49	409,6	04:45	59	448,0
00:20	20	223,1	01:50	36	336,8	03:20	49	413,8	04:50	59	449,7
00:25	21	232,0	01:55	36	342,1	03:25	50	416,7	04:55	60	450,7
00:30	22	239,4	02:00	37	346,4	03:30	51	419,7	05:00	60	452,6
00:35	22	246,9	02:05	38	351,7	03:35	51	422,2	05:05	60	453,7
00:40	23	252,7	02:10	39	357,4	03:40	52	425,9	05:10	61	453,9
00:45	24	258,4	02:15	40	362,4	03:45	53	429,0	05:15	61	449,5
00:50	25	263,6	02:20	41	364,8	03:50	53	430,2	05:20	61	449,7
00:55	26	269,9	02:25	41	369,2	03:55	54	432,0	05:25	62	449,9
01:00	27	276,0	02:30	42	372,6	04:00	54	434,7	05:30	62	450,1
01:05	27	282,3	02:35	43	379,2	04:05	55	437,8	05:35	62	450,9
01:10	28	288,1	02:40	44	383,5	04:10	55	439,1	05:40	63	452,6
01:15	29	294,7	02:45	44	387,0	04:15	56	438,9	05:45	63	453,9
01:20	30	300,7	02:50	45	392,8	04:20	56	441,8	05:50	63	454,3
01:25	31	306,7	02:55	46	394,6	04:25	57	443,9	05:55	63	455,6
01:30	32	312,5	03:00	47	399,5	04:30	57	447,2	06:00	64	457,6

Figura 125 Grafico datos RCPT M1-10%-28Dias.

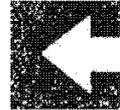


ASTM C 1202-05



Test-company
 Testing street 45
 CompagnyCity
 Some Country

Your own logo
 size=300x80px



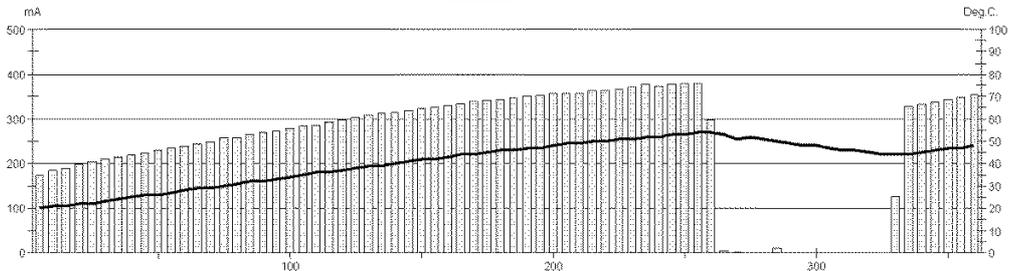
GERMANN INSTRUMENTS

Denmark
 Phone: +45 3967 7117
 Fax: +45 3967 3167

USA
 Phone: (847) 329-9999
 Fax: (847) 329-8888

Test report

Voltage Used: 60
 Testing time: 06:00 hour
 Charge passed: 5287
 Adjusted Charge passed: 4772
 Permeability class: High
 Instrument number: 090603
 Channel number: 3
 Report date: 07/06/2013
 Testing by: ANDRES TORRES
 Reference: M2-10%-28DIAS
 Sample diameter: 100
 Comment: ---



Time	°C	mA									
00:05	20	173,5	01:35	33	272,0	03:05	46	346,6	04:35	52	0,0
00:10	21	184,4	01:40	34	279,1	03:10	47	351,5	04:40	51	0,0
00:15	21	188,9	01:45	35	282,7	03:15	47	353,0	04:45	50	10,6
00:20	22	199,0	01:50	36	286,3	03:20	48	356,1	04:50	49	0,1
00:25	22	203,9	01:55	36	292,4	03:25	49	357,6	04:55	48	0,0
00:30	23	209,4	02:00	37	297,0	03:30	49	357,2	05:00	48	0,0
00:35	24	213,6	02:05	38	303,6	03:35	50	364,7	05:05	47	0,0
00:40	25	218,8	02:10	39	307,9	03:40	50	363,6	05:10	46	0,0
00:45	26	223,9	02:15	39	312,5	03:45	51	366,0	05:15	46	0,0
00:50	26	228,8	02:20	40	315,3	03:50	51	370,5	05:20	45	0,0
00:55	27	235,0	02:25	41	320,0	03:55	52	376,4	05:25	44	0,0
01:00	28	239,2	02:30	42	323,1	04:00	52	373,5	05:30	44	127,0
01:05	29	243,5	02:35	42	326,3	04:05	53	378,0	05:35	44	327,3
01:10	29	246,9	02:40	43	330,3	04:10	53	380,0	05:40	45	332,5
01:15	30	256,2	02:45	44	335,4	04:15	54	380,4	05:45	46	336,4
01:20	31	257,5	02:50	44	338,8	04:20	54	296,0	05:50	47	344,5
01:25	32	265,4	02:55	45	341,3	04:25	53	3,6	05:55	47	348,0
01:30	32	269,6	03:00	46	343,8	04:30	51	1,6	06:00	48	354,0

Figura 126 Grafico datos RCPT M2-10%-28Dias.



ASTM C 1202-05



Test-compagny
 Testing street 45
 CompagnyCity
 Some Country

Your own logo
 size=200x80mm



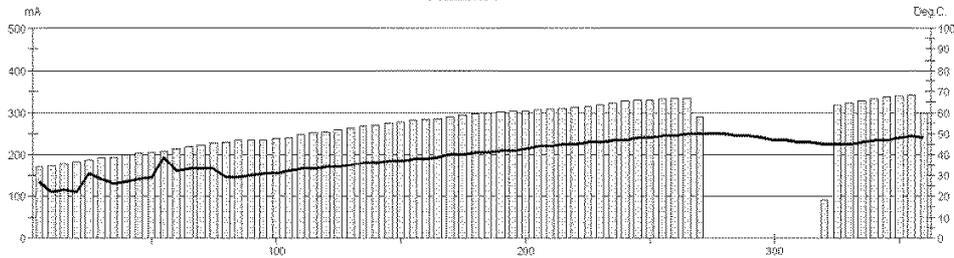
GERMANN INSTRUMENTS

DELMARE
 Phone: +45 9967 7117
 Fax: +45 9967 3167

USA
 Phone: (647) 229 5999
 Fax: (647) 229 8988

Test report

Voltage Used: 60
 Testing time: 06:00 hour
 Charge passed: 5068
 Adjusted Charge passed: 4574
 Permeability class: High
 Instrument number: 090603
 Channel number: 7
 Report date: 07/06/2013
 Testing by: ANDRES TORRES
 Reference: M3-10%-28DIAS
 Sample diameter: 100
 Comment: ---



Time	°C	mA									
00:05	27	169,4	01:35	31	235,4	03:05	41	299,5	04:35	50	0,0
00:10	22	172,1	01:40	31	239,1	03:10	42	302,1	04:40	50	0,0
00:15	23	178,5	01:45	32	241,8	03:15	42	304,6	04:45	49	0,0
00:20	22	183,7	01:50	33	248,1	03:20	43	304,1	04:50	49	0,0
00:25	31	186,9	01:55	33	252,3	03:25	44	305,9	04:55	48	0,0
00:30	28	192,0	02:00	34	255,0	03:30	44	308,2	05:00	47	0,0
00:35	26	194,7	02:05	34	259,7	03:35	45	310,1	05:05	47	0,0
00:40	27	200,5	02:10	35	263,4	03:40	45	313,4	05:10	46	0,0
00:45	28	203,6	02:15	36	268,0	03:45	46	314,7	05:15	46	0,0
00:50	29	206,2	02:20	36	271,1	03:50	46	319,4	05:20	45	91,4
00:55	39	208,7	02:25	37	275,4	03:55	47	324,6	05:25	45	317,3
01:00	32	213,7	02:30	37	276,7	04:00	47	327,4	05:30	45	323,7
01:05	33	219,5	02:35	38	281,5	04:05	48	329,8	05:35	46	328,9
01:10	33	222,2	02:40	38	284,4	04:10	48	331,0	05:40	47	332,6
01:15	33	227,2	02:45	39	285,9	04:15	49	332,9	05:45	47	336,6
01:20	29	230,4	02:50	40	289,3	04:20	49	334,2	05:50	48	339,5
01:25	29	233,7	02:55	40	294,9	04:25	50	335,3	05:55	49	342,6
01:30	30	234,9	03:00	41	296,2	04:30	50	289,5	06:00	48	298,4

Figura 127 Grafico datos RCPT M3-10%-28Dias.

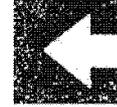


ASTM C 1202-05



Test-company
 Testing street 45
 CompagnyCity
 Some Country

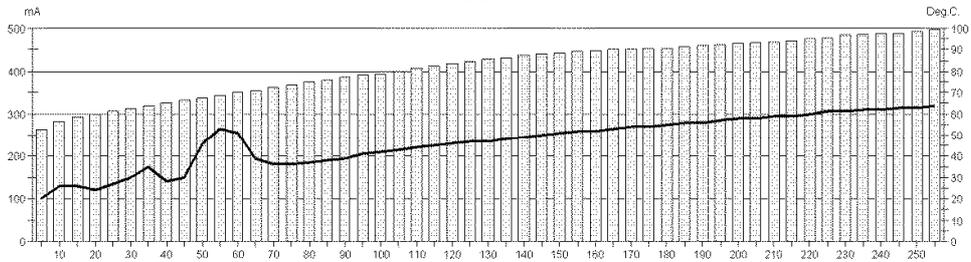
Your open logs
 size=20x80mm



GERMANN INSTRUMENTS
 DIFMARK
 Phone: +45 3967 7117
 Fax: +45 3967 3167
 USA
 Phone: (647) 329 9999
 Fax: (647) 329 8888

Test report

Voltage Used: 60
 Testing time: 06:00 hour
 Charge passed: 6256
 Adjusted Charge passed: 6528
 Permeability class: N.A. do to Hi current duing test
 Instrument number: 090603
 Channel number: 1
 Report date: 07/12/2013
 Testing by: ANDRES TORRES
 Reference: M1-20%-28 DIAS
 Sample diameter: 93
 Comment: ---



Time	°C	mA									
00:05	20	263,4	01:10	36	361,9	02:15	48	430,1	03:20	58	464,8
00:10	26	281,5	01:15	36	368,0	02:20	49	436,5	03:25	58	465,9
00:15	26	292,1	01:20	37	374,4	02:25	50	439,9	03:30	59	468,6
00:20	24	299,8	01:25	38	379,9	02:30	51	442,9	03:35	59	471,8
00:25	27	306,4	01:30	39	386,1	02:35	52	447,3	03:40	60	475,3
00:30	30	312,6	01:35	41	390,0	02:40	52	448,9	03:45	61	477,9
00:35	35	318,9	01:40	42	392,4	02:45	53	451,2	03:50	61	483,8
00:40	28	325,2	01:45	43	399,8	02:50	54	449,9	03:55	62	486,7
00:45	30	331,7	01:50	44	407,2	02:55	54	453,6	04:00	62	488,3
00:50	46	337,7	01:55	45	411,3	03:00	55	454,1	04:05	63	489,7
00:55	53	344,5	02:00	46	416,7	03:05	56	457,0	04:10	63	494,2
01:00	51	350,2	02:05	47	422,8	03:10	56	459,4	04:15	64	496,8
01:05	39	355,6	02:10	47	427,9	03:15	57	461,3			

Figura 128 Grafico datos RCPT M1-20%-28Dias.

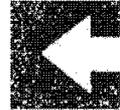


ASTM C 1202-05



Test-compagny
 Testing street 45
 CompagnyCity
 Some Country

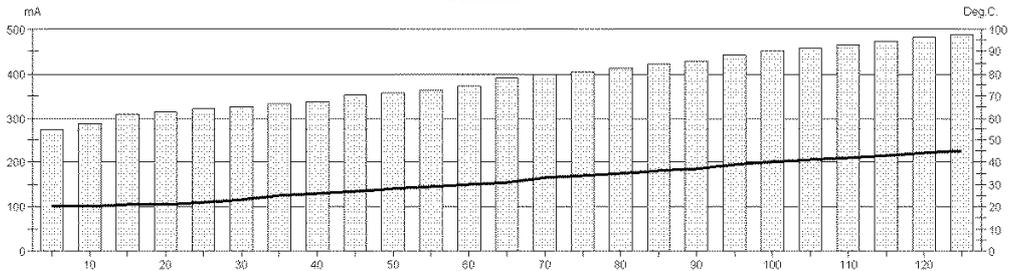
Your own logo
 size=3x30mm



GERMANN INSTRUMENTS
 DENMARK
 Phone: +45 3067 7117
 Fax: +45 3067 3167
 USA
 Phone: (847) 329 9999
 Fax: (847) 329 8888

Test report

Voltage Used: 60
 Testing time: 06:00 hour
 Charge passed: 2898
 Adjusted Charge passed: 3024
 Permeability class: N.A. do to Hi current duing test
 Instrument number: 090603
 Channel number: 2
 Report date: 07/12/2013
 Testing by: ANDRES TORRES
 Reference: M2-20%-28 DIAS
 Sample diameter: 93
 Comment: ---



Time	°C	mA									
00:05	20	271,9	00:40	26	337,0	01:15	34	404,2	01:50	42	463,5
00:10	20	287,6	00:45	27	352,3	01:20	35	412,6	01:55	43	472,1
00:15	21	309,8	00:50	28	356,1	01:25	36	421,6	02:00	44	482,1
00:20	21	314,8	00:55	29	364,2	01:30	37	429,5	02:05	45	487,9
00:25	22	320,5	01:00	30	372,8	01:35	39	441,3			
00:30	23	326,9	01:05	31	391,7	01:40	40	450,4			
00:35	25	333,0	01:10	33	399,0	01:45	41	456,5			

Figura 129 Grafico datos RCPT M2-20%-28Dias.

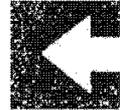


ASTM C 1202-05



Test-compagny
 Testing street 45
 CompagnyCity
 Some Country

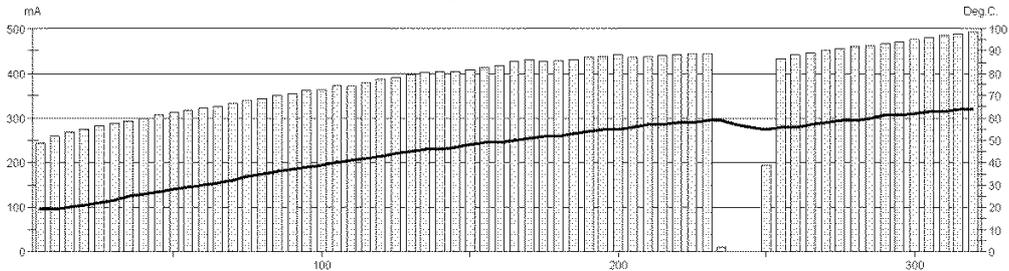
Your own logo
 size=30x30mm



GERMANN INSTRUMENTS
 DENMARK
 Phone: +45 3967 7117
 Fax: +45 3967 3167
 USA
 Phone: (847) 229 9999
 Fax: (847) 229 8888

Test report

Voltage Used: 60
 Testing time: 06:00 hour
 Charge passed: 7138
 Adjusted Charge passed: 7448
 Permeability class: N.A. do to Hi current duing test
 Instrument number: 090603
 Channel number: 3
 Report date: 07/12/2013
 Testing by: ANDRES TORRES
 Reference: M3-20%-28DIAS
 Sample diameter: 93
 Comment: ---



Time	°C	mA									
00:05	19	242,9	01:25	36	349,5	02:45	50	427,4	04:05	56	0,6
00:10	19	258,8	01:30	37	354,2	02:50	51	430,9	04:10	55	195,0
00:15	20	268,1	01:35	38	360,9	02:55	52	425,9	04:15	56	434,0
00:20	21	275,3	01:40	39	364,9	03:00	52	428,6	04:20	56	441,5
00:25	22	281,7	01:45	40	372,9	03:05	53	431,6	04:25	57	446,1
00:30	23	287,4	01:50	41	370,3	03:10	54	434,3	04:30	58	450,7
00:35	25	293,3	01:55	42	380,2	03:15	55	437,8	04:35	59	454,6
00:40	26	299,7	02:00	43	386,7	03:20	55	441,4	04:40	59	458,8
00:45	27	305,7	02:05	44	391,4	03:25	56	435,1	04:45	60	462,8
00:50	28	311,6	02:10	45	396,7	03:30	57	436,8	04:50	61	466,6
00:55	29	316,7	02:15	46	401,6	03:35	57	440,5	04:55	61	471,0
01:00	30	321,8	02:20	46	404,9	03:40	58	441,2	05:00	62	475,3
01:05	31	326,9	02:25	47	403,1	03:45	58	443,8	05:05	63	479,9
01:10	32	332,7	02:30	48	407,5	03:50	59	445,0	05:10	63	483,8
01:15	34	338,8	02:35	49	412,2	03:55	59	11,1	05:15	64	488,0
01:20	35	344,2	02:40	49	418,3	04:00	57	0,4	05:20	64	492,7

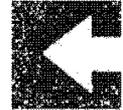
Figura 130 Grafico datos RCPT M3-20%-28Dias.



ASTM C 1202-05



Test-compagny
 Testing street 45
 CompagnyCity
 Some Country



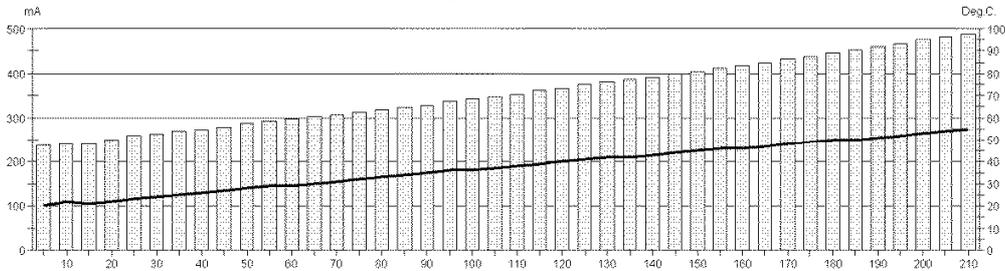
GERMANN INSTRUMENTS

DELMARE
 Phone: +45 9967 7117
 Fax: +45 9967 3167

USA
 Phone: (847) 329 9999
 Fax: (847) 329 8888

Test report

Voltage Used: 60
 Testing time: 06:00 hour
 Charge passed: 4476
 Adjusted Charge passed: 4671
 Permeability class: N.A. do to Hi current duing test
 Instrument number: 090603
 Channel number: 1
 Report date: 13/07/2013
 Testing by: ANDRES TORRES
 Reference: M1-30%-28 DIAS
 Sample diameter: 93
 Comment: ---



Time	°C	mA									
00:05	20	236,3	01:00	29	297,7	01:55	39	360,5	02:50	48	432,6
00:10	22	240,0	01:05	30	302,8	02:00	40	367,0	02:55	49	437,7
00:15	21	241,7	01:10	31	306,4	02:05	41	374,1	03:00	50	446,1
00:20	22	248,9	01:15	32	312,0	02:10	42	382,5	03:05	50	453,0
00:25	23	258,9	01:20	33	318,4	02:15	42	386,2	03:10	51	459,1
00:30	24	263,0	01:25	34	324,7	02:20	43	390,6	03:15	52	467,2
00:35	25	270,7	01:30	35	329,0	02:25	44	399,4	03:20	53	474,5
00:40	26	273,4	01:35	36	337,7	02:30	45	403,8	03:25	54	482,4
00:45	27	279,1	01:40	36	343,3	02:35	46	409,9	03:30	55	489,3
00:50	28	286,9	01:45	37	346,7	02:40	46	416,7			
00:55	29	292,3	01:50	38	353,3	02:45	47	425,1			

Figura 131 Grafico datos RCPT M1-30%-28Dias.



ASTM C 1202-05



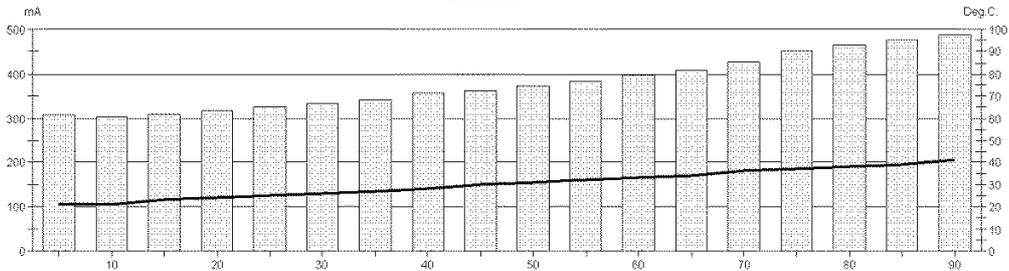
Test-compagny
 Testing street 45
 CompagnyCity
 Some Country



GERMANN INSTRUMENTS
 DENMARK
 Phone: +45 3067 7117
 Fax: +45 3067 3167
 USA
 Phone: (847) 329 9999
 Fax: (847) 329 8888

Test report

Voltage Used: 60
 Testing time: 06:00 hour
 Charge passed: 2049
 Adjusted Charge passed: 2138
 Permeability class: N.A. do to Hi current duing test
 Instrument number: 090603
 Channel number: 2
 Report date: 13/07/2013
 Testing by: ANDRES TORRRES
 Reference: M2-30%-28 DIAS
 Sample diameter: 93
 Comment: ---



Time	°C	mA									
00:05	21	307,1	00:30	26	335,6	00:55	32	384,8	01:20	38	464,8
00:10	21	303,7	00:35	27	342,6	01:00	33	397,4	01:25	39	476,5
00:15	23	309,5	00:40	28	356,4	01:05	34	408,1	01:30	41	488,4
00:20	24	316,3	00:45	30	362,0	01:10	36	426,2			
00:25	25	325,4	00:50	31	373,8	01:15	37	452,0			

Figura 132 Grafico datos RCPT M2-30%-28Dias.



ASTM C 1202-05



Test-compagny
 Testing street 45
 CompagnyCity
 Some Country

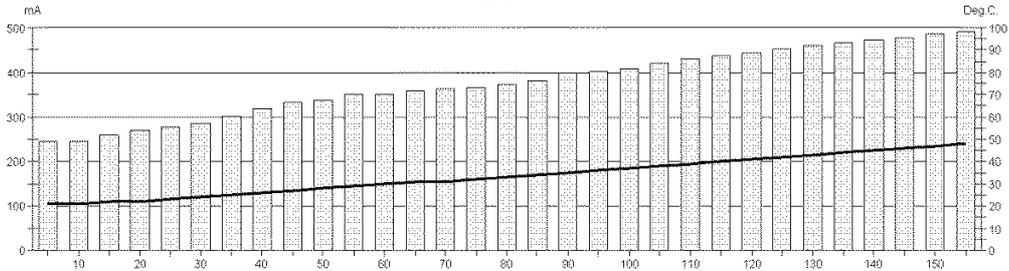
Your own logo
 size=30x30mm



GERMANN INSTRUMENTS
 DENMARK
 Phone: +45 3067 7117
 Fax: +45 3067 3167
 USA
 Phone: (847) 329 9999
 Fax: (847) 329 8888

Test report

Voltage Used: 60
 Testing time: 06:00 hour
 Charge passed: 3500
 Adjusted Charge passed: 3652
 Permeability class: N.A. do to Hi current duing test
 Instrument number: 090603
 Channel number: 3
 Report date: 13/07/2013
 Testing by: ANDRES TORRES
 Reference: M3-30%-28DIAS
 Sample diameter: 93
 Comment: ---



Time	°C	mA									
00:05	21	245,3	00:45	27	332,5	01:25	34	382,6	02:05	42	452,3
00:10	21	246,2	00:50	28	337,9	01:30	35	398,9	02:10	43	460,5
00:15	22	258,4	00:55	29	350,7	01:35	36	401,9	02:15	44	465,8
00:20	22	269,3	01:00	30	350,9	01:40	37	407,9	02:20	45	473,5
00:25	23	276,0	01:05	31	359,3	01:45	38	420,4	02:25	46	476,9
00:30	24	285,2	01:10	31	364,9	01:50	39	431,6	02:30	47	485,7
00:35	25	300,4	01:15	32	366,3	01:55	40	438,2	02:35	48	490,0
00:40	26	319,9	01:20	33	372,7	02:00	41	444,6			

Figura 133 Grafico datos RCPT M3-30%-28Dias.

- **Datos Obtenidos De Penetración De Cloruros – RCPT**
Muestra 0%, 10%, 20% Y 30%, de adición de caucho a 90 días.



Test-compagny
 Testing street 45
 CompagnyCity
 Some Country

Your own logo
 size=388x60px

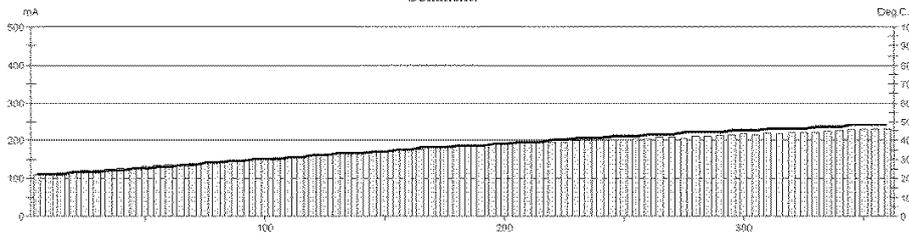


GERMANY INSTRUMENTS
 DIRMARKE
 Phone: +45 3907 7111
 Fax: +45 3907 3367

DBA
 Phone: +45 320 9999
 Fax: +45 320 9888

Test report

Voltage Used: 60
 Testing time: 06:00 hour
 Charge passed: 3835
 Adjusted Charge passed: 3461
 Permeability class: Moderate
 Instrument number: 090603
 Channel number: 1
 Report date: 21/09/2013
 Testing by: ANDRES TORRES
 Reference: M1-0%-90d
 Sample diameter: 100
 Comment: ---



Time	°C	mA									
00:05	22	109,2	01:35	30	149,3	03:05	37	183,9	04:35	44	204,9
00:10	22	109,0	01:40	30	149,8	03:10	37	186,3	04:40	44	210,2
00:15	22	114,5	01:45	30	154,1	03:15	38	188,2	04:45	44	210,8
00:20	23	116,8	01:50	31	155,7	03:20	38	189,2	04:50	44	211,7
00:25	23	119,6	01:55	31	157,2	03:25	39	192,5	04:55	45	213,5
00:30	23	121,2	02:00	32	159,0	03:30	39	191,8	05:00	45	217,0
00:35	24	124,6	02:05	32	162,0	03:35	39	193,4	05:05	45	214,2
00:40	24	127,6	02:10	33	162,6	03:40	40	193,9	05:10	46	218,7
00:45	25	127,9	02:15	33	163,7	03:45	40	194,8	05:15	46	216,8
00:50	25	130,6	02:20	33	168,5	03:50	41	197,8	05:20	46	220,7
00:55	26	134,0	02:25	34	168,0	03:55	41	198,3	05:25	46	220,6
01:00	26	136,0	02:30	34	171,0	04:00	41	200,2	05:30	47	221,1
01:05	27	134,3	02:35	35	173,2	04:05	42	200,9	05:35	47	223,9
01:10	27	138,4	02:40	35	175,2	04:10	42	201,7	05:40	47	224,8
01:15	28	140,0	02:45	36	176,5	04:15	42	203,6	05:45	48	227,3
01:20	28	143,3	02:50	36	181,1	04:20	43	203,6	05:50	48	227,4
01:25	29	144,7	02:55	36	179,6	04:25	43	207,3	05:55	48	229,2
01:30	29	145,8	03:00	37	183,5	04:30	43	207,7	06:00	48	229,2

Figura 134 Grafico datos RCPT M1-0%-90Dias.



ASTM C 1202-05



Test-compagny
 Testing street 45
 CompagnyCity
 Some Country

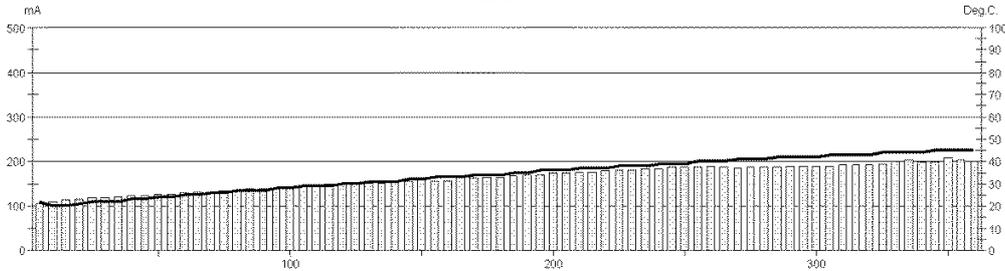
Your own logo
 size=30x30mm



GERMANN INSTRUMENTS
 DENMARK
 Phone: +45 3067 7117
 Fax: +45 3067 3167
 USA
 Phone: (847) 329 9999
 Fax: (847) 329 8888

Test report

Voltage Used: 60
 Testing time: 06:00 hour
 Charge passed: 3524
 Adjusted Charge passed: 3180
 Permeability class: Moderate
 Instrument number: 090603
 Channel number: 2
 Report date: 21/09/2013
 Testing by: ANDRES TORRES
 Reference: M2-0%-90d
 Sample diameter: 100
 Comment: ---



Time	°C	mA									
00:05	22	105,0	01:35	28	140,6	03:05	35	166,3	04:35	41	186,4
00:10	20	109,7	01:40	28	142,6	03:10	35	170,0	04:40	41	187,3
00:15	20	113,0	01:45	29	143,0	03:15	36	169,5	04:45	42	187,9
00:20	21	115,8	01:50	29	146,1	03:20	36	175,2	04:50	42	188,8
00:25	22	118,1	01:55	29	148,8	03:25	36	174,4	04:55	42	189,8
00:30	22	119,2	02:00	30	149,4	03:30	37	176,0	05:00	42	190,3
00:35	22	121,1	02:05	30	149,6	03:35	37	176,3	05:05	43	190,8
00:40	23	122,9	02:10	31	151,9	03:40	37	179,8	05:10	43	191,3
00:45	23	123,3	02:15	31	152,6	03:45	38	180,1	05:15	43	192,3
00:50	24	126,2	02:20	31	154,6	03:50	38	180,9	05:20	43	192,9
00:55	24	127,6	02:25	32	156,9	03:55	38	182,1	05:25	44	193,4
01:00	25	129,8	02:30	32	158,6	04:00	39	183,5	05:30	44	200,3
01:05	25	130,6	02:35	33	157,2	04:05	39	186,8	05:35	44	204,1
01:10	26	132,3	02:40	33	157,0	04:10	39	187,6	05:40	44	198,7
01:15	26	133,6	02:45	33	162,7	04:15	40	188,4	05:45	45	197,8
01:20	27	135,4	02:50	34	163,7	04:20	40	188,9	05:50	45	206,5
01:25	27	137,3	02:55	34	165,6	04:25	40	187,0	05:55	45	203,3
01:30	27	138,5	03:00	34	165,8	04:30	41	185,8	06:00	45	199,8

Figura 135 Grafico datos RCPT M2-0%-90Dias.

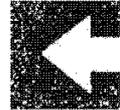


ASTM C 1202-05



Test-company
 Testing street 45
 CompagnyCity
 Some Country

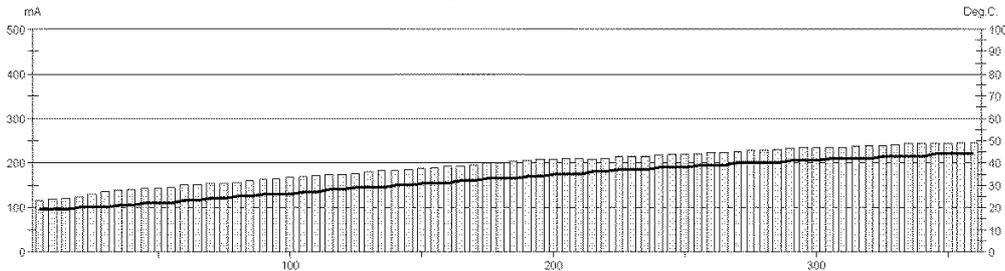
Your own logo
 size=30x30mm



GERMANN INSTRUMENTS
 DENMARK
 Phone: +45 3967 7117
 Fax: +45 3967 3167
 USA
 Phone: (847) 329-9999
 Fax: (847) 329-8888

Test report

Voltage Used: 60
 Testing time: 06:00 hour
 Charge passed: 4187
 Adjusted Charge passed: 3779
 Permeability class: Moderate
 Instrument number: 090603
 Channel number: 3
 Report date: 21/09/2013
 Testing by: ANDRES TORRES
 Reference: M3-0%-90d
 Sample diameter: 100
 Comment: ---



Time	°C	mA									
00:05	19	116,4	01:35	26	165,3	03:05	33	202,9	04:35	40	228,0
00:10	19	118,3	01:40	26	167,8	03:10	34	205,3	04:40	40	228,5
00:15	19	119,7	01:45	27	169,6	03:15	34	208,1	04:45	40	229,5
00:20	20	121,8	01:50	27	171,7	03:20	35	208,4	04:50	41	231,5
00:25	20	130,5	01:55	28	173,0	03:25	35	209,4	04:55	41	233,3
00:30	20	135,6	02:00	28	174,7	03:30	35	210,3	05:00	41	234,0
00:35	21	138,6	02:05	29	177,0	03:35	36	208,7	05:05	42	235,1
00:40	21	140,8	02:10	29	180,1	03:40	36	209,7	05:10	42	235,4
00:45	22	143,1	02:15	29	183,0	03:45	37	213,7	05:15	42	236,3
00:50	22	143,9	02:20	30	182,8	03:50	37	213,3	05:20	42	238,1
00:55	22	146,0	02:25	30	184,3	03:55	37	214,8	05:25	43	239,0
01:00	23	151,0	02:30	31	187,5	04:00	38	216,6	05:30	43	241,1
01:05	23	151,4	02:35	31	189,7	04:05	38	218,8	05:35	43	242,3
01:10	24	153,1	02:40	31	192,3	04:10	38	219,1	05:40	43	242,8
01:15	24	154,0	02:45	32	192,7	04:15	39	220,6	05:45	44	242,9
01:20	25	157,3	02:50	32	195,8	04:20	39	222,2	05:50	44	244,1
01:25	25	160,1	02:55	33	200,9	04:25	39	222,1	05:55	44	245,4
01:30	26	163,2	03:00	33	201,6	04:30	40	225,4	06:00	44	245,6

Figura 136 Grafico datos RCPT M3-0%-90Dias.

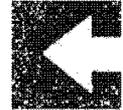


ASTM C 1202-05



Test-compagny
 Testing street 45
 CompagnyCity
 Some Country

Your own logo,
 size=20x30mm



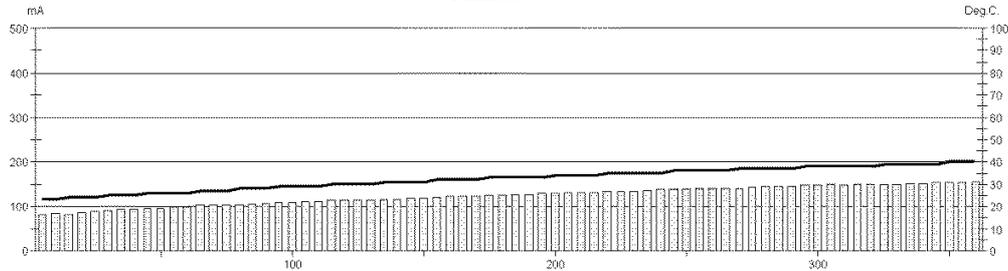
GERMANN INSTRUMENTS

DEFIMARE
 Phone: +45 3967 7117
 Fax: +45 3967 3167

USA
 Phone: (847) 329 9999
 Fax: (847) 329 8888

Test report

Voltage Used: 60
 Testing time: 06:00 hour
 Charge passed: 2681
 Adjusted Charge passed: 2420
 Permeability class: Moderate
 Instrument number: 090603
 Channel number: 1
 Report date: 25/09/2013
 Testing by: ANDRES TORRES
 Reference: AT-10-1-90
 Sample diameter: 100
 Comment: ---



Time	°C	mA									
00:05	23	82,8	01:35	29	108,7	03:05	33	126,3	04:35	37	142,9
00:10	23	84,5	01:40	29	109,9	03:10	33	128,0	04:40	37	144,3
00:15	24	82,7	01:45	29	111,2	03:15	33	129,1	04:45	37	145,0
00:20	24	87,1	01:50	29	112,1	03:20	34	129,5	04:50	37	145,4
00:25	24	90,0	01:55	30	113,4	03:25	34	130,6	04:55	38	146,3
00:30	25	92,6	02:00	30	114,9	03:30	34	131,1	05:00	38	147,8
00:35	25	93,9	02:05	30	114,0	03:35	34	131,8	05:05	38	149,0
00:40	25	94,5	02:10	30	114,6	03:40	35	133,2	05:10	38	148,4
00:45	26	96,0	02:15	31	115,1	03:45	35	134,6	05:15	38	149,4
00:50	26	96,6	02:20	31	116,5	03:50	35	134,6	05:20	38	149,3
00:55	26	98,0	02:25	31	117,4	03:55	35	135,8	05:25	39	149,8
01:00	26	98,9	02:30	31	119,3	04:00	35	137,3	05:30	39	150,3
01:05	27	102,3	02:35	32	121,2	04:05	36	138,0	05:35	39	151,5
01:10	27	103,0	02:40	32	122,1	04:10	36	138,5	05:40	39	151,8
01:15	27	103,0	02:45	32	122,6	04:15	36	140,1	05:45	39	153,0
01:20	28	102,9	02:50	32	123,1	04:20	36	140,8	05:50	40	153,9
01:25	28	104,8	02:55	33	124,4	04:25	36	140,4	05:55	40	154,5
01:30	28	107,4	03:00	33	125,9	04:30	37	141,0	06:00	40	155,5

Figura 137 Grafico datos RCPT M1-10%-90Dias.

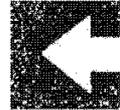


ASTM C 1202-05



Test-company
 Testing street 45
 CompagnyCity
 Some Country

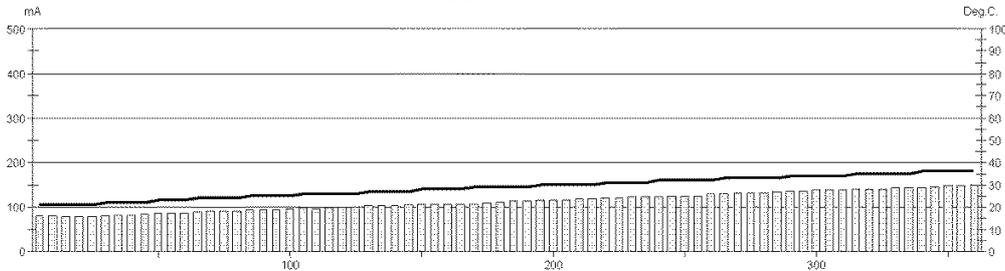
Your own logo
 size=30x30mm



GERMANN INSTRUMENTS
 DENMARK
 Phone: +45 3967 7117
 Fax: +45 3967 3167
 USA
 Phone: (847) 329-9999
 Fax: (847) 329-8888

Test report

Voltage Used: 60
 Testing time: 06:00 hour
 Charge passed: 2431
 Adjusted Charge passed: 2194
 Permeability class: Moderate
 Instrument number: 090603
 Channel number: 2
 Report date: 25/09/2013
 Testing by: ANDRES TORRES
 Reference: AT-10-2.90
 Sample diameter: 100
 Comment: ---



Time	°C	mA	Time	°C	mA	Time	°C	mA	Time	°C	mA
00:05	21	80,5	01:35	25	94,5	03:05	29	113,3	04:35	33	131,7
00:10	21	80,7	01:40	25	96,6	03:10	29	114,4	04:40	33	132,5
00:15	21	78,2	01:45	26	98,2	03:15	30	115,5	04:45	33	133,2
00:20	21	78,2	01:50	26	97,0	03:20	30	116,2	04:50	34	135,5
00:25	21	78,1	01:55	26	97,9	03:25	30	116,1	04:55	34	135,9
00:30	22	80,3	02:00	26	99,4	03:30	30	118,0	05:00	34	137,7
00:35	22	81,5	02:05	26	101,0	03:35	30	118,0	05:05	34	139,2
00:40	22	83,0	02:10	27	102,2	03:40	31	120,4	05:10	34	139,5
00:45	22	85,0	02:15	27	102,4	03:45	31	120,0	05:15	35	140,3
00:50	23	87,1	02:20	27	103,7	03:50	31	121,7	05:20	35	140,9
00:55	23	87,8	02:25	27	104,7	03:55	31	122,4	05:25	35	141,6
01:00	23	88,1	02:30	28	106,1	04:00	32	122,9	05:30	35	142,6
01:05	24	88,4	02:35	28	106,2	04:05	32	124,3	05:35	35	143,9
01:10	24	91,4	02:40	28	107,1	04:10	32	124,2	05:40	36	143,8
01:15	24	91,2	02:45	28	107,7	04:15	32	126,1	05:45	36	145,3
01:20	24	91,5	02:50	29	107,1	04:20	32	128,7	05:50	36	146,3
01:25	25	93,6	02:55	29	110,1	04:25	33	129,2	05:55	36	148,4
01:30	25	94,6	03:00	29	111,8	04:30	33	131,3	06:00	36	148,8

Figura 138 Grafico datos RCPT M2-10%-90Dias.

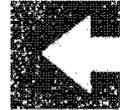


ASTM C 1202-05



Test-company
 Testing street 45
 CompagnyCity
 Some Country

Your own logo
 size=3x30mm



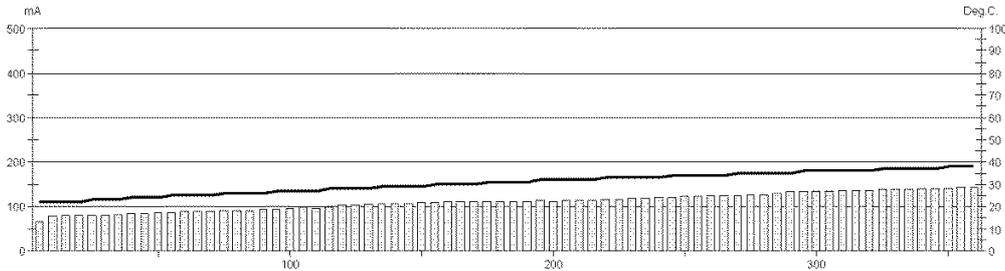
GERMANN INSTRUMENTS

DENMARK
 Phone: +45 3067 7117
 Fax: +45 3067 3167

USA
 Phone: (847) 229-9999
 Fax: (847) 229-8888

Test report

Voltage Used: 60
 Testing time: 06:00 hour
 Charge passed: 2397
 Adjusted Charge passed: 2163
 Permeability class: Moderate
 Instrument number: 090603
 Channel number: 4
 Report date: 25/09/2013
 Testing by: ANDRES TORRES
 Reference: AT-10-3-90
 Sample diameter: 100
 Comment: ---



Time	°C	mA	Time	°C	mA	Time	°C	mA	Time	°C	mA
00:05	22	67,9	01:35	27	93,7	03:05	31	110,6	04:35	35	126,8
00:10	22	79,0	01:40	27	95,2	03:10	31	111,4	04:40	35	127,8
00:15	22	80,0	01:45	27	98,3	03:15	32	113,8	04:45	35	130,0
00:20	22	81,2	01:50	27	96,7	03:20	32	112,0	04:50	35	132,9
00:25	23	80,8	01:55	28	99,3	03:25	32	114,1	04:55	36	134,0
00:30	23	80,6	02:00	28	102,9	03:30	32	113,6	05:00	36	134,0
00:35	23	82,4	02:05	28	102,4	03:35	32	114,4	05:05	36	134,7
00:40	24	85,8	02:10	28	105,6	03:40	33	115,5	05:10	36	136,0
00:45	24	85,4	02:15	29	107,1	03:45	33	116,0	05:15	36	136,5
00:50	24	86,0	02:20	29	106,9	03:50	33	118,0	05:20	36	137,0
00:55	25	86,6	02:25	29	107,5	03:55	33	117,8	05:25	37	137,3
01:00	25	88,2	02:30	29	109,4	04:00	33	120,7	05:30	37	138,6
01:05	25	89,4	02:35	30	109,5	04:05	34	120,5	05:35	37	139,0
01:10	25	89,3	02:40	30	111,1	04:10	34	122,0	05:40	37	139,6
01:15	26	91,3	02:45	30	111,6	04:15	34	123,0	05:45	37	140,8
01:20	26	91,8	02:50	30	111,3	04:20	34	124,0	05:50	38	140,9
01:25	26	91,3	02:55	31	112,1	04:25	34	125,3	05:55	38	141,9
01:30	26	92,7	03:00	31	111,0	04:30	35	125,9	06:00	38	142,1

Figura 139 Grafico datos RCPT M3-10%-90Dias.

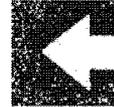


ASTM C 1202-05



Test-compagny
 Testing street 45
 CompagnyCity
 Some Country

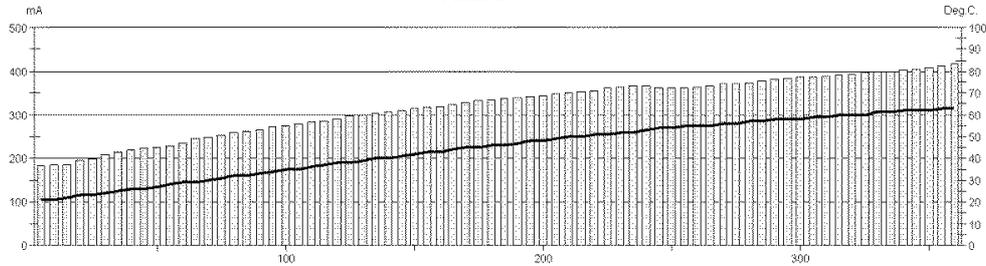
Your own logo
 Size=200x80px



GERMANN INSTRUMENTS
 BIELEFELD
 Phone: +49 5207 7117
 Fax: +49 5207 3167
 USA
 Phone: (617) 329-9999
 Fax: (617) 329-8888

Test report

Voltage Used: 60
 Testing time: 06:00 hour
 Charge passed: 6894
 Adjusted Charge passed: 6222
 Permeability class: High
 Instrument number: 090603
 Channel number: 1
 Report date: 28/09/2013
 Testing by: ANDRES TORRES
 Reference: AT-20-1-90
 Sample diameter: 100
 Comment: ---



Time	°C	mA									
00:05	21	183,7	01:35	34	271,9	03:05	46	336,1	04:35	56	371,4
00:10	21	186,3	01:40	35	274,6	03:10	47	338,6	04:40	57	373,8
00:15	22	185,5	01:45	35	279,4	03:15	48	340,7	04:45	57	376,6
00:20	23	196,2	01:50	36	283,0	03:20	48	344,8	04:50	58	382,0
00:25	23	198,7	01:55	37	286,5	03:25	49	348,1	04:55	58	383,7
00:30	24	207,0	02:00	38	291,1	03:30	50	350,3	05:00	58	385,4
00:35	25	214,0	02:05	38	295,8	03:35	50	351,8	05:05	59	387,2
00:40	26	218,2	02:10	39	298,3	03:40	51	355,7	05:10	59	388,5
00:45	26	222,5	02:15	40	302,8	03:45	51	361,3	05:15	60	390,3
00:50	27	225,2	02:20	40	306,8	03:50	52	363,2	05:20	60	392,2
00:55	28	227,8	02:25	41	310,9	03:55	52	366,5	05:25	60	396,7
01:00	29	234,7	02:30	42	314,1	04:00	53	366,1	05:30	61	398,5
01:05	29	244,5	02:35	43	317,0	04:05	54	361,2	05:35	61	400,3
01:10	30	248,8	02:40	43	320,2	04:10	54	360,8	05:40	62	402,7
01:15	31	253,2	02:45	44	324,1	04:15	55	361,4	05:45	62	403,9
01:20	32	258,6	02:50	45	327,9	04:20	55	364,0	05:50	62	407,9
01:25	32	262,2	02:55	45	332,2	04:25	55	365,1	05:55	63	411,7
01:30	33	266,3	03:00	46	334,7	04:30	56	370,0	06:00	63	417,3

Figura 140 Grafico datos RCPT M1-20%-90Dias.

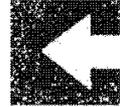


ASTM C 1202-05



Test-compagny
 Testing street 45
 CompagnyCity
 Some Country

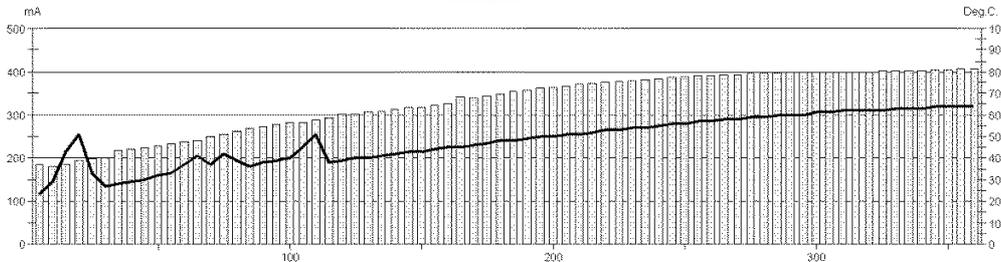
Your own high-
 size-2488mm



GERMANN INSTRUMENTS
 BIELEFELD
 Phone: +45 3967 7117
 Fax: +45 3967 3167
 ISA
 Phone: (847) 529-9999
 Fax: (847) 529-8888

Test report

Voltage Used: 60
 Testing time: 06:00 hour
 Charge passed: 7095
 Adjusted Charge passed: 6403
 Permeability class: High
 Instrument number: 090603
 Channel number: 2
 Report date: 28/09/2013
 Testing by: ANRES TORRES
 Reference: AT-20-2-90
 Sample diameter: 100
 Comment: ---



Time	°C	mA									
00:05	23	184,9	01:35	39	276,5	03:05	48	354,0	04:35	59	395,1
00:10	29	180,6	01:40	40	281,1	03:10	49	357,9	04:40	59	396,1
00:15	43	186,0	01:45	45	282,2	03:15	50	360,6	04:45	60	397,0
00:20	51	195,3	01:50	51	288,3	03:20	50	364,0	04:50	60	398,8
00:25	33	197,9	01:55	38	291,7	03:25	51	366,6	04:55	60	399,3
00:30	27	201,3	02:00	39	301,7	03:30	51	369,7	05:00	61	399,2
00:35	28	216,9	02:05	40	301,3	03:35	52	372,5	05:05	61	399,5
00:40	29	220,1	02:10	40	304,8	03:40	53	375,1	05:10	62	399,3
00:45	30	223,8	02:15	41	308,7	03:45	53	377,8	05:15	62	399,7
00:50	32	228,5	02:20	42	313,4	03:50	54	379,7	05:20	62	400,2
00:55	33	232,6	02:25	43	316,0	03:55	54	382,4	05:25	62	400,8
01:00	37	237,0	02:30	43	317,5	04:00	55	384,5	05:30	63	401,2
01:05	41	240,9	02:35	44	322,1	04:05	56	386,7	05:35	63	401,8
01:10	37	248,9	02:40	45	326,0	04:10	56	388,8	05:40	63	402,7
01:15	42	254,6	02:45	45	341,0	04:15	57	390,3	05:45	64	403,5
01:20	39	261,0	02:50	46	339,9	04:20	57	390,4	05:50	64	404,5
01:25	36	267,3	02:55	47	344,3	04:25	58	391,9	05:55	64	405,5
01:30	38	271,9	03:00	48	348,5	04:30	58	392,6	06:00	64	406,8

Figura 141 Grafico datos RCPT M2-20%-90Dias.

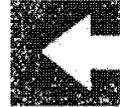


ASTM C 1202-05



Test-company
 Testing street 45
 CompagnyCity
 Some Country

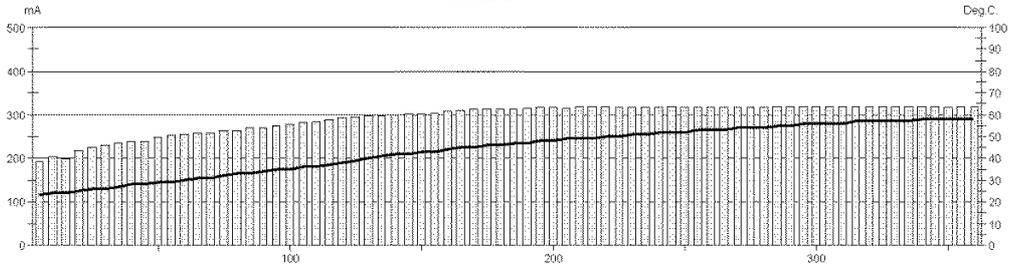
Your own logo,
 size=24x80mm



GERMANN INSTRUMENTS
 BRITAIN
 Phone: +45 3967 7117
 Fax: +45 3967 3167
 USA
 Phone: (847) 829-9999
 Fax: (847) 829-8888

Test report

Voltage Used: 60
 Testing time: 06:00 hour
 Charge passed: 6330
 Adjusted Charge passed: 5713
 Permeability class: High
 Instrument number: 090603
 Channel number: 3
 Report date: 28/09/2013
 Testing by: ANDRES TORRES
 Reference: AT-20-3-90
 Sample diameter: 100
 Comment: ---



Time	°C	mA									
00:05	23	192,5	01:35	35	274,6	03:05	47	313,3	04:35	54	316,6
00:10	24	203,0	01:40	35	276,7	03:10	47	313,9	04:40	54	317,4
00:15	24	199,6	01:45	36	280,7	03:15	48	316,4	04:45	55	320,0
00:20	25	216,3	01:50	36	282,7	03:20	48	316,8	04:50	55	319,9
00:25	26	225,8	01:55	37	288,0	03:25	49	315,4	04:55	56	319,5
00:30	26	231,0	02:00	38	292,3	03:30	49	319,1	05:00	56	318,7
00:35	27	235,4	02:05	39	294,3	03:35	49	318,3	05:05	56	318,1
00:40	28	239,5	02:10	40	296,2	03:40	50	318,4	05:10	56	318,2
00:45	28	239,4	02:15	41	297,9	03:45	50	317,8	05:15	57	318,2
00:50	29	247,5	02:20	42	299,5	03:50	51	317,3	05:20	57	318,9
00:55	29	251,4	02:25	42	300,9	03:55	51	317,9	05:25	57	318,4
01:00	30	254,9	02:30	43	302,1	04:00	52	316,5	05:30	57	318,4
01:05	31	256,8	02:35	43	303,4	04:05	52	318,1	05:35	57	319,5
01:10	31	257,4	02:40	44	307,8	04:10	52	317,4	05:40	58	319,4
01:15	32	263,0	02:45	45	311,3	04:15	53	317,0	05:45	58	318,7
01:20	33	262,6	02:50	45	312,6	04:20	53	316,7	05:50	58	317,8
01:25	33	269,0	02:55	46	312,7	04:25	53	316,6	05:55	58	318,4
01:30	34	270,5	03:00	46	311,9	04:30	54	316,5	06:00	58	318,7

Figura 142 Grafico datos RCPT M3-20%-90Dias.



ASTM C 1202-05



Test-company
 Testing street 45
 CompagnyCity
 Some Country



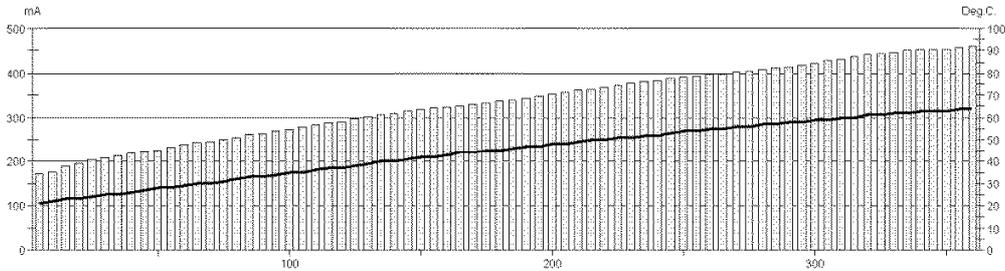
GERMANN INSTRUMENTS

DELMARE
 Phone: +45 9967 7117
 Fax: +45 9967 3167

USA
 Phone: (847) 329-9999
 Fax: (847) 329-8888

Test report

Voltage Used: 60
 Testing time: 06:00 hour
 Charge passed: 7220
 Adjusted Charge passed: 6516
 Permeability class: High
 Instrument number: 090603
 Channel number: 1
 Report date: 10/02/2013
 Testing by: ANDRES TORRES
 Reference: AT-30-1-90
 Sample diameter: 100
 Comment: ---



Time	°C	mA									
00:05	21	172,9	01:35	34	269,2	03:05	46	340,1	04:35	56	404,4
00:10	22	177,2	01:40	35	273,3	03:10	47	343,9	04:40	57	407,4
00:15	23	189,8	01:45	35	278,1	03:15	47	348,0	04:45	57	410,1
00:20	23	195,5	01:50	36	283,9	03:20	48	351,7	04:50	58	414,0
00:25	24	202,6	01:55	37	287,4	03:25	48	356,3	04:55	58	418,0
00:30	25	207,1	02:00	37	290,7	03:30	49	361,4	05:00	59	422,8
00:35	25	212,0	02:05	38	296,9	03:35	50	364,1	05:05	59	429,4
00:40	26	217,8	02:10	39	300,9	03:40	50	368,0	05:10	60	431,0
00:45	27	222,1	02:15	40	306,2	03:45	51	372,5	05:15	60	437,6
00:50	28	226,4	02:20	40	309,3	03:50	51	377,8	05:20	61	441,6
00:55	28	233,0	02:25	41	314,3	03:55	52	380,6	05:25	61	444,4
01:00	29	239,7	02:30	42	318,2	04:00	52	384,0	05:30	62	447,0
01:05	30	243,7	02:35	42	320,8	04:05	53	387,3	05:35	62	451,5
01:10	30	244,5	02:40	43	324,1	04:10	54	390,5	05:40	63	452,8
01:15	31	251,1	02:45	44	326,3	04:15	54	393,5	05:45	63	453,5
01:20	32	253,6	02:50	44	329,3	04:20	55	396,3	05:50	63	453,6
01:25	33	260,6	02:55	45	332,8	04:25	55	398,1	05:55	64	458,6
01:30	33	264,1	03:00	45	336,7	04:30	56	402,2	06:00	64	459,4

Figura 143 Grafico datos RCPT M1-30%-90Dias.

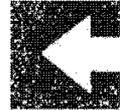


ASTM C 1202-05



Test-compagny
 Testing street 45
 CompagnyCity
 Some Country

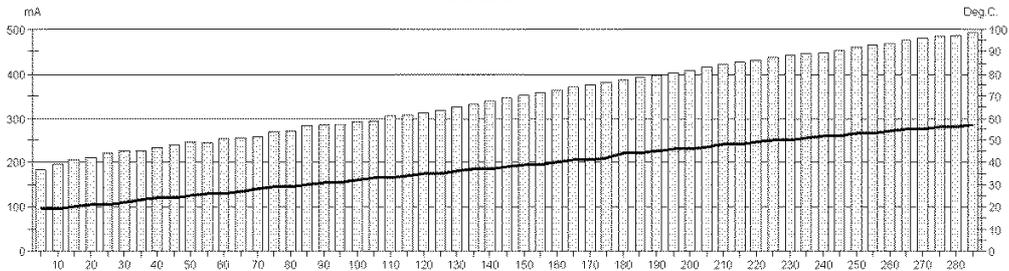
Your own logo
 size=3x30mm



GERMANN INSTRUMENTS
 DENMARK
 Phone: +45 3067 7117
 Fax: +45 3067 3167
 USA
 Phone: (847) 329 9999
 Fax: (847) 329 8888

Test report

Voltage Used: 60
 Testing time: 06:00 hour
 Charge passed: 5906
 Adjusted Charge passed: 5330
 Permeability class: N.A. do to Hi current duing test
 Instrument number: 090603
 Channel number: 2
 Report date: 10/02/2013
 Testing by: ANDRES TORESS
 Reference: AT30-2-90
 Sample diameter: 100
 Comment: ---



Time	°C	mA									
00:05	19	182,2	01:20	29	269,4	02:35	39	360,1	03:50	50	442,2
00:10	19	196,5	01:25	30	280,8	02:40	40	364,8	03:55	51	445,6
00:15	20	204,5	01:30	31	284,5	02:45	41	371,4	04:00	52	448,7
00:20	21	210,0	01:35	31	286,0	02:50	41	374,6	04:05	52	453,7
00:25	21	220,7	01:40	32	292,3	02:55	42	382,3	04:10	53	460,1
00:30	22	225,1	01:45	33	295,7	03:00	44	386,8	04:15	53	465,0
00:35	23	225,3	01:50	33	304,7	03:05	44	393,1	04:20	54	469,7
00:40	24	232,7	01:55	34	308,0	03:10	45	398,2	04:25	55	474,4
00:45	24	238,6	02:00	35	312,3	03:15	46	402,7	04:30	55	480,0
00:50	25	244,5	02:05	35	320,1	03:20	46	409,2	04:35	56	483,8
00:55	26	243,2	02:10	36	326,6	03:25	47	416,1	04:40	56	487,6
01:00	26	251,4	02:15	37	332,6	03:30	48	421,4	04:45	57	493,7
01:05	27	253,7	02:20	37	339,6	03:35	48	426,9			
01:10	28	257,7	02:25	38	346,0	03:40	49	431,8			
01:15	29	268,2	02:30	39	353,3	03:45	50	437,1			

Figura 144 Grafico datos RCPT M2-30%-90Dias.

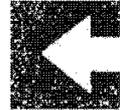


ASTM C 1202-05



Test-compagny
 Testing street 45
 CompagnyCity
 Some Country

Your own logo
 size=3x30mm



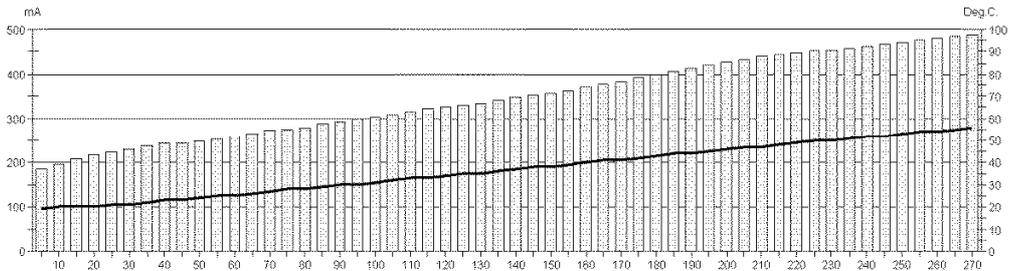
GERMANN INSTRUMENTS

DENMARK
 Phone: +45 3967 7117
 Fax: +45 3967 3167

USA
 Phone: (847) 329 9999
 Fax: (847) 329 8888

Test report

Voltage Used: 60
 Testing time: 06:00 hour
 Charge passed: 5626
 Adjusted Charge passed: 5077
 Permeability class: N.A. do to Hi current duing test
 Instrument number: 090603
 Channel number: 3
 Report date: 10/02/2013
 Testing by: ANDRES TORRES
 Reference: AT-30-3-90
 Sample diameter: 100
 Comment: ---



Time	°C	mA									
00:05	19	185,2	01:15	28	274,4	02:25	38	352,8	03:35	48	444,2
00:10	20	195,9	01:20	28	279,6	02:30	38	358,1	03:40	49	449,4
00:15	20	208,0	01:25	29	287,8	02:35	39	361,6	03:45	50	452,8
00:20	20	216,4	01:30	30	293,4	02:40	40	370,3	03:50	50	453,9
00:25	21	222,9	01:35	30	298,3	02:45	41	377,0	03:55	51	458,5
00:30	21	230,9	01:40	31	302,5	02:50	41	382,9	04:00	52	462,1
00:35	22	235,6	01:45	32	308,1	02:55	42	392,0	04:05	52	466,8
00:40	23	242,9	01:50	33	313,9	03:00	43	399,5	04:10	53	470,4
00:45	23	243,6	01:55	33	320,4	03:05	44	405,3	04:15	54	475,4
00:50	24	247,9	02:00	34	325,7	03:10	44	412,1	04:20	54	480,3
00:55	25	251,4	02:05	35	330,4	03:15	45	418,7	04:25	55	485,3
01:00	25	258,4	02:10	35	335,4	03:20	46	426,6	04:30	56	489,6
01:05	26	266,7	02:15	36	340,8	03:25	47	432,6			
01:10	27	272,0	02:20	37	347,3	03:30	47	438,9			

Figura 145 Grafico datos RCPT M3-30%-90Dias.

ANEXO G

Datos Obtenidos De Ensayo de Impedancia Muestra 0%, 10%, 20% Y 30%, de adición de caucho a 28 días.

M1 - 28 DIAS

Resistencia = 317.1 Ω

resistencia utilizada en el ensayo

FRECUENCIA	CHI TENSION	CH2 TENSION (V)	TIEMPO FASE	I=(Va/r)	Z=(Vb/I)	Zreal	Zimaginaria	log(10)Vb/I
Herz	Voltios (V)	Voltios (V)	Grados	Amp	Ohm	Ohm	Ohm	
60 Hz	6.51 V	13.16 V	-0.78	0.0205	640.8	640.7	-8.7	2.8
600 Hz	6.70 V	13.16 V	0.70	0.0211	622.4	622.4	7.6	2.8
999 Hz	6.70 V	13.16 V	-0.40	0.0211	622.4	622.4	-4.3	2.8
6009 Hz	6.80 V	13.08 V	0.08	0.0214	609.9	609.9	0.8	2.8
8003 Hz	6.82 V	13.20 V	-0.26	0.0215	614.1	614.1	-2.8	2.8
10034 Hz	6.86 V	13.12 V	-0.66	0.0216	606.1	606.0	-7.0	2.8
12018 Hz	6.90 V	13.36 V	-2.30	0.0217	614.3	613.8	-24.7	2.8
20024 Hz	6.93 V	13.20 V	-0.10	0.0218	604.1	604.1	-1.1	2.8
29974 Hz	6.96 V	13.08 V	0.34	0.0219	595.9	595.9	3.5	2.8
39884 Hz	6.98 V	13.12 V	1.20	0.0220	596.4	596.2	12.5	2.8
49918 Hz	6.98 V	13.08 V	0.68	0.0220	594.5	594.5	7.1	2.8
60076 Hz	6.94 V	13.12 V	0.76	0.0219	599.1	599.0	7.9	2.8
70048 Hz	6.94 V	13.16 V	-1.48	0.0219	600.9	600.7	-15.5	2.8
80134 Hz	6.98 V	13.12 V	1.62	0.0220	596.4	596.1	16.9	2.8
89690 Hz	7.04 V	13.24 V	-1.80	0.0222	596.3	596.0	-18.7	2.8
100106 Hz	6.99 V	13.16 V	0.88	0.0221	596.8	596.7	9.2	2.8
200480 Hz	7.15 V	13.12 V	0.28	0.0226	581.7	581.7	2.8	2.8
300540 Hz	7.12 V	13.24 V	0.78	0.0225	589.6	589.6	8.0	2.8
400160 Hz	7.14 V	13.16 V	0.94	0.0225	584.8	584.7	9.6	2.8
500480 Hz	7.17 V	13.28 V	1.82	0.0226	587.5	587.2	18.7	2.8
601380 Hz	7.22 V	13.20 V	7.02	0.0228	580.0	575.7	70.9	2.8
699680 Hz	7.30 V	13.20 V	-3.30	0.0230	573.7	572.7	-33.0	2.8
800240 Hz	7.23 V	13.20 V	8.84	0.0228	578.8	571.9	88.9	2.8
899820 Hz	7.30 V	13.20 V	-3.28	0.0230	573.7	572.7	-32.8	2.8
1001400 Hz	7.33 V	13.24 V	-4.42	0.0231	572.9	571.2	-44.2	2.8
2006400 Hz	7.26 V	13.04 V	-2.74	0.0229	569.2	568.6	-27.2	2.8
2998000 Hz	7.17 V	12.64 V	1.88	0.0226	559.1	558.8	18.3	2.7
4011000 Hz	7.09 V	12.64 V	5.36	0.0224	565.5	563.0	52.8	2.8
4986000 Hz	6.90 V	12.24 V	7.10	0.0217	562.8	558.5	69.6	2.8
5553600 Hz	6.91 V	12.08 V	11.20	0.0218	554.2	543.6	107.6	2.7

Tabla 40 Datos ensayo de impedancia M1 - 0% 28 días.

M2 - 28 DIAS

Resistencia = 258.1 Ω

resistencia utilizada en el ensayo

FRECUENCIA	CHI TENSION	CH2 TENSION (V)	TIEMPO FASE	I=(Va/r)	Z=(Vb/I)	Zreal	Zimaginaria	log(10)Vb/I
Herz	Voltios (V)	Voltios (V)	Grados	Amp	Ohm	Ohm	Ohm	
60 Hz	6.56 V	13.04 V	-1.04	0.0254	513.0	512.9	-9.3	2.7
601 Hz	6.67 V	13.16 V	-1.38	0.0259	509.0	508.9	-12.3	2.7
1001 Hz	6.67 V	13.08 V	-0.38	0.0259	505.9	505.9	-3.4	2.7
5993 Hz	6.75 V	13.16 V	-0.42	0.0262	503.0	503.0	-3.7	2.7
8010 Hz	6.74 V	13.04 V	-0.04	0.0261	499.6	499.6	-0.3	2.7
10003 Hz	6.74 V	13.00 V	-0.12	0.0261	498.0	498.0	-1.0	2.7
12014 Hz	6.77 V	13.08 V	1.44	0.0262	498.7	498.6	12.5	2.7
19994 Hz	6.74 V	13.08 V	0.84	0.0261	501.1	501.1	7.3	2.7
29994 Hz	6.75 V	13.00 V	-0.52	0.0262	496.9	496.8	-4.5	2.7
40090 Hz	6.72 V	12.88 V	-0.20	0.0260	494.6	494.6	-1.7	2.7
49994 Hz	6.74 V	12.84 V	-0.46	0.0261	491.9	491.9	-3.9	2.7
60114 Hz	6.75 V	12.84 V	1.90	0.0262	490.7	490.5	16.3	2.7
70000 Hz	6.80 V	12.88 V	1.98	0.0264	488.8	488.5	16.9	2.7
80366 Hz	6.78 V	12.88 V	-0.32	0.0263	490.0	489.9	-2.7	2.7
90030 Hz	6.80 V	12.88 V	1.00	0.0264	488.8	488.7	8.5	2.7
100024 Hz	6.82 V	12.92 V	1.02	0.0264	489.2	489.1	8.7	2.7
200060 Hz	6.82 V	12.96 V	0.54	0.0264	490.4	490.4	4.6	2.7
299580 Hz	6.85 V	13.04 V	0.68	0.0265	491.4	491.4	5.8	2.7
400500 Hz	6.93 V	13.08 V	1.00	0.0268	487.2	487.1	8.5	2.7
500500 Hz	6.91 V	12.88 V	0.94	0.0268	480.9	480.8	7.9	2.7
600720 Hz	6.96 V	13.04 V	2.26	0.0270	483.5	483.1	19.1	2.7
699480 Hz	6.98 V	13.08 V	-5.58	0.0270	483.9	481.6	-47.0	2.7
801300 Hz	7.04 V	13.04 V	9.58	0.0273	478.0	471.3	79.6	2.7
900600 Hz	7.02 V	13.04 V	-4.98	0.0272	479.1	477.3	-41.6	2.7
1000400 Hz	7.02 V	13.04 V	-5.68	0.0272	479.1	476.7	-47.4	2.7
2004200 Hz	7.07 V	12.92 V	-0.50	0.0274	471.5	471.4	-4.1	2.7
2995200 Hz	7.01 V	12.64 V	0.82	0.0272	465.5	465.4	6.7	2.7
4014000 Hz	6.91 V	12.40 V	3.94	0.0268	463.0	461.9	31.8	2.7
4999800 Hz	6.88 V	12.24 V	7.02	0.0267	459.1	455.7	56.1	2.7
5406800 Hz	6.80 V	12.20 V	10.58	0.0264	463.0	455.1	85.0	2.7

Tabla 41 Datos ensayo de impedancia M2 - 0% 28 días.

Valoración De Propiedades Mecánicas Y De Durabilidad De Concreto Adicionado Con Residuos De Llantas De Caucho.

209

M3 - 28 DIAS

Resistencia = 400.8 Ω resistencia utilizada en el ensayo

FRECUENCIA	CHI TENSION	CH2 TENSION (V)	TIEMPO FASE	I=(Va/r)	Z=(Vb/I)	Zreal	Zimaginaria	log(10)Vb/I
Herz	Voltios (V)	Voltios (V)	Grados	Amp	Ohm	Ohm	Ohm	
60 Hz	6.70 V	13.48 V	0.02	0.0167	805.9	805.9	0.3	2.91
601 Hz	6.82 V	13.52 V	-3.34	0.0170	795.0	793.7	-46.3	2.90
1001 Hz	6.86 V	13.48 V	-3.38	0.0171	787.1	785.8	-46.4	2.90
6019 Hz	6.96 V	13.56 V	-2.50	0.0174	780.9	780.2	-34.1	2.89
8001 Hz	6.99 V	13.40 V	-2.94	0.0174	768.2	767.1	-39.4	2.89
9992 Hz	7.01 V	13.56 V	-2.86	0.0175	775.5	774.6	-38.7	2.89
12002 Hz	7.01 V	13.48 V	-0.12	0.0175	771.0	771.0	-1.6	2.89
20004 Hz	7.01 V	13.48 V	-1.32	0.0175	771.0	770.8	-17.8	2.89
30010 Hz	7.06 V	13.44 V	-2.18	0.0176	763.5	762.9	-29.0	2.88
39966 Hz	7.06 V	13.44 V	-1.28	0.0176	763.5	763.3	-17.1	2.88
50122 Hz	7.06 V	13.36 V	-0.62	0.0176	758.9	758.9	-8.2	2.88
60074 Hz	7.02 V	13.36 V	-1.80	0.0175	762.4	762.0	-23.9	2.88
70012 Hz	7.02 V	13.36 V	0.96	0.0175	762.4	762.3	12.8	2.88
79882 Hz	7.12 V	13.40 V	-2.14	0.0178	754.3	753.8	-28.2	2.88
90094 Hz	7.15 V	13.44 V	-1.74	0.0178	753.2	752.9	-22.9	2.88
100002 Hz	7.07 V	13.36 V	-0.40	0.0176	757.2	757.2	-5.3	2.88
200402 Hz	7.22 V	13.48 V	-1.44	0.0180	748.7	748.5	-18.8	2.87
299980 Hz	7.25 V	13.44 V	0.32	0.0181	743.2	743.2	4.2	2.87
400220 Hz	7.25 V	13.36 V	-0.70	0.0181	738.8	738.8	-9.0	2.87
500120 Hz	7.28 V	13.44 V	-1.22	0.0182	740.0	739.8	-15.8	2.87
600680 Hz	7.31 V	13.48 V	4.76	0.0182	738.9	736.4	61.3	2.87
699200 Hz	7.36 V	13.48 V	-3.62	0.0184	734.1	732.6	-46.4	2.87
802020 Hz	7.41 V	13.56 V	4.90	0.0185	733.7	731.0	62.7	2.87
898020 Hz	7.38 V	13.40 V	-4.06	0.0184	728.2	726.3	-51.6	2.86
1001120 Hz	7.38 V	13.52 V	-2.72	0.0184	734.7	733.9	-34.9	2.87
1995800 Hz	7.33 V	13.16 V	0.30	0.0183	719.8	719.8	3.8	2.86
3005400 Hz	7.30 V	13.12 V	0.52	0.0182	720.8	720.7	6.5	2.86
4003800 Hz	7.15 V	12.84 V	6.54	0.0178	719.6	714.9	82.0	2.86
5020000 Hz	7.09 V	12.64 V	16.98	0.0177	714.8	683.6	208.7	2.85
5527800 Hz	6.86 V	12.56 V	10.38	0.0171	733.4	721.4	132.1	2.87

Tabla 42 Datos ensayo de impedancia M3 - 0% 28 días.

M1 - 28 DIAS 10%

Resistencia = 363.5 Ω resistencia utilizada en el ensayo
 Resistencia colocada al circuito

FRECUENCIA	CHI TENSION	CH2 TENSION (V)	TIEMPO FASE	I=(Va/r)	Z=(Vb/I)	Zreal	Zimaginaria	log(10)Vb/I
Herz	Voltios (V)	Voltios (V)	Grados	Amp	Ohm	Ohm	Ohm	
60.06 Hz	6.32 V	13.32 V	-1.44	0.0174	766.1	765.8	-19.3	2.88
601 Hz	6.43 V	13.48 V	0.72	0.0177	761.8	761.7	9.6	2.88
999 Hz	6.45 V	13.52 V	-0.04	0.0177	762.1	762.1	-0.5	2.88
6028 Hz	6.48 V	13.44 V	0.15	0.0178	753.9	753.9	2.0	2.88
7995 Hz	6.50 V	13.32 V	-0.34	0.0179	745.3	745.3	-4.4	2.87
9984 Hz	6.50 V	13.44 V	-1.74	0.0179	752.0	751.7	-22.8	2.88
11990 Hz	6.53 V	13.40 V	1.42	0.0180	746.1	745.9	18.5	2.87
20016 Hz	6.53 V	13.28 V	0.20	0.0180	739.4	739.4	2.6	2.87
30042 Hz	6.54 V	13.32 V	-0.70	0.0180	739.8	739.8	-9.0	2.87
39908 Hz	6.48 V	13.20 V	0.20	0.0178	740.4	740.4	2.6	2.87
49976 Hz	6.51 V	13.24 V	-1.30	0.0179	739.0	738.8	-16.8	2.87
60008 Hz	6.52 V	13.22 V	-0.86	0.0179	737.2	737.1	-11.1	2.87
74478 Hz	6.50 V	13.20 V	-0.56	0.0179	738.6	738.6	-7.2	2.87
80160 Hz	6.58 V	13.32 V	-0.04	0.0181	736.2	736.2	-0.5	2.87
90174 Hz	6.51 V	13.32 V	-0.48	0.0179	743.5	743.5	-6.2	2.87
99852 Hz	6.59 V	13.28 V	-0.36	0.0181	732.3	732.2	-4.6	2.86
199880 Hz	6.62 V	13.36 V	0.36	0.0182	733.1	733.1	4.6	2.87
300500 Hz	6.67 V	13.32 V	-0.48	0.0184	725.7	725.6	-6.1	2.86
400840 Hz	6.66 V	13.36 V	0.34	0.0183	729.6	729.6	4.3	2.86
499600 Hz	6.72 V	13.36 V	0.60	0.0185	722.6	722.6	7.6	2.86
599300 Hz	6.75 V	13.40 V	4.30	0.0186	721.4	719.3	54.1	2.86
699320 Hz	6.80 V	13.44 V	-4.66	0.0187	718.4	716.0	-58.4	2.86
798600 Hz	6.78 V	13.48 V	-4.90	0.0187	722.2	719.6	-61.7	2.86
902380 Hz	6.85 V	13.48 V	-3.54	0.0188	715.5	714.1	-44.2	2.85
1001600 Hz	6.82 V	13.40 V	-4.30	0.0188	714.6	712.6	-53.6	2.85
1998800 Hz	6.94 V	13.36 V	-1.68	0.0191	699.3	699.0	-20.5	2.84
2998400 Hz	6.75 V	12.96 V	11.58	0.0186	697.7	683.5	140.0	2.84
4000800 Hz	6.70 V	12.64 V	4.94	0.0184	685.3	682.8	59.0	2.84
5031000 Hz	6.59 V	12.44 V	16.20	0.0181	685.9	658.7	191.4	2.84
5567200 Hz	6.58 V	12.40 V	8.44	0.0181	685.4	678.0	100.6	2.84

Tabla 43 Datos ensayo de impedancia M1 - 10% 28 días.

Valoración De Propiedades Mecánicas Y De Durabilidad De Concreto Adicionado Con Residuos De Llantas De Caucho.

211

M2 - 28 DIAS 10%

Resistencia = 362.5 Ω

resistencia utilizada en el ensayo

FRECUENCIA	CHI TENSION	CH2 TENSION (V)	TIEMPO FASE	I=(Va/r)	Z=(Vb/I)	Zreal	Zimaginaria	log(10)Vb/I
Herz	Voltios (V)	Voltios (V)	Grados	Amp	Ohm	Ohm	Ohm	
60.08 Hz	6.48 V	13.40 V	-0.08	0.0179	749.5	749.5	-1.0	2.87
599 Hz	6.61 V	13.48 V	1.02	0.0182	739.4	739.3	13.2	2.87
1002 Hz	6.56 V	13.48 V	-1.74	0.0181	744.8	744.5	-22.6	2.87
5998 Hz	6.61 V	13.36 V	-2.38	0.0182	732.8	732.2	-30.4	2.86
8038 Hz	6.64 V	13.40 V	-2.14	0.0183	731.5	731.0	-27.3	2.86
9990 Hz	6.64 V	13.48 V	-3.38	0.0183	735.8	734.6	-43.4	2.87
11980 Hz	6.59 V	13.40 V	0.46	0.0182	736.8	736.8	5.9	2.87
19996 Hz	6.64 V	13.40 V	-3.12	0.0183	731.5	730.4	-39.8	2.86
29982 Hz	6.66 V	13.36 V	-2.10	0.0184	727.5	727.0	-26.7	2.86
40032 Hz	6.70 V	13.20 V	0.46	0.0185	713.7	713.7	5.7	2.85
50020 Hz	6.64 V	13.32 V	-0.30	0.0183	727.1	727.1	-3.8	2.86
60080 Hz	6.67 V	13.32 V	-0.02	0.0184	723.6	723.6	-0.3	2.86
70290 Hz	6.67 V	13.36 V	0.68	0.0184	725.8	725.7	8.6	2.86
80042 Hz	6.69 V	13.28 V	0.52	0.0185	719.7	719.7	6.5	2.86
90140 Hz	6.69 V	13.36 V	0.38	0.0185	724.1	724.0	4.8	2.86
100318 Hz	6.72 V	13.36 V	-0.34	0.0185	720.6	720.6	-4.3	2.86
200260 Hz	6.80 V	13.40 V	-0.80	0.0188	714.3	714.2	-10.0	2.85
300980 Hz	6.78 V	13.32 V	-1.64	0.0187	711.7	711.4	-20.4	2.85
400280 Hz	6.85 V	13.32 V	0.20	0.0189	705.0	705.0	2.5	2.85
500760 Hz	6.91 V	13.44 V	0.38	0.0191	704.8	704.8	4.7	2.85
599900 Hz	6.93 V	13.44 V	3.18	0.0191	703.2	702.1	39.0	2.85
699540 Hz	6.93 V	13.48 V	-4.98	0.0191	705.3	702.6	-61.2	2.85
801280 Hz	6.96 V	13.36 V	-4.68	0.0192	695.8	693.4	-56.8	2.84
901000 Hz	6.98 V	13.52 V	-5.70	0.0192	702.5	699.0	-69.8	2.85
998980 Hz	7.04 V	13.44 V	-5.32	0.0194	692.0	689.0	-64.2	2.84
2001600 Hz	7.06 V	13.32 V	-2.86	0.0195	684.2	683.4	-34.1	2.84
3001800 Hz	6.96 V	13.08 V	15.34	0.0192	681.2	656.9	180.2	2.83
4006200 Hz	6.83 V	12.84 V	4.90	0.0188	681.2	678.7	58.2	2.83
4987800 Hz	6.70 V	12.56 V	15.50	0.0185	679.1	654.4	181.5	2.83
5521800 Hz	6.70 V	12.48 V	11.34	0.0185	674.8	661.6	132.7	2.83

Tabla 44 Datos ensayo de impedancia M2 - 10% 28 días.

Valoración De Propiedades Mecánicas Y De Durabilidad De Concreto Adicionado Con Residuos De Llantas De Caucho.

212

M3 - 28 DIAS 10%

Resistencia = 373.6 Ω resistencia utilizada en el ensayo

Resistencia colocada al circuito

FRECUENCIA	CH1 TENSION	CH2 TENSION (V)	TIEMPO FASE	I=(Va/r)	Z=(Vb/I)	Zreal	Zimaginaria	log(10)Vb/I
Herz	Voltios (V)	Voltios (V)	Grados	Amp	Ohm	Ohm	Ohm	
59.92 Hz	6.67 V	13.64 V	0.04	0.0179	763.7	763.7	0.5	2.88
601 Hz	6.74 V	13.68 V	0.32	0.0180	758.7	758.7	4.2	2.88
999 Hz	6.78 V	13.64 V	0.06	0.0182	751.1	751.1	0.8	2.88
6011 Hz	6.80 V	13.56 V	0.38	0.0182	745.0	745.0	4.9	2.87
7993 Hz	6.80 V	13.60 V	-1.36	0.0182	747.2	747.0	-17.7	2.87
10008 Hz	6.83 V	13.52 V	-1.70	0.0183	739.3	739.0	-21.9	2.87
12006 Hz	6.85 V	13.56 V	0.10	0.0183	739.8	739.8	1.3	2.87
20008 Hz	6.83 V	13.56 V	-1.70	0.0183	741.5	741.2	-22.0	2.87
30052 Hz	6.83 V	13.60 V	-2.18	0.0183	743.7	743.1	-28.3	2.87
40062 Hz	6.90 V	13.52 V	-2.92	0.0185	732.4	731.5	-37.3	2.86
50006 Hz	6.85 V	13.48 V	-0.28	0.0183	735.4	735.4	-3.6	2.87
59898 Hz	6.90 V	13.48 V	-3.26	0.0185	730.3	729.1	-41.5	2.86
69926 Hz	6.85 V	13.40 V	0.30	0.0183	731.0	731.0	3.8	2.86
80006 Hz	6.86 V	13.44 V	-2.58	0.0184	731.5	730.8	-32.9	2.86
90050 Hz	6.86 V	13.52 V	-2.26	0.0184	735.9	735.3	-29.0	2.87
99876 Hz	6.94 V	13.48 V	-2.14	0.0186	725.2	724.7	-27.1	2.86
200240 Hz	7.04 V	13.52 V	-1.72	0.0188	717.5	717.1	-21.5	2.86
299880 Hz	7.02 V	13.56 V	-0.54	0.0188	721.2	721.2	-6.8	2.86
399980 Hz	7.07 V	13.64 V	-0.66	0.0189	720.6	720.5	-8.3	2.86
499640 Hz	7.11 V	13.52 V	-0.34	0.0190	710.6	710.6	-4.2	2.85
600200 Hz	7.14 V	13.56 V	3.44	0.0191	709.9	708.6	42.6	2.85
699700 Hz	7.17 V	13.64 V	-3.68	0.0192	710.9	709.4	-45.6	2.85
802060 Hz	7.12 V	13.60 V	4.84	0.0191	713.6	711.0	60.2	2.85
901340 Hz	7.20 V	13.60 V	-3.02	0.0193	705.7	704.7	-37.2	2.85
1000540 Hz	7.15 V	13.56 V	-2.50	0.0191	708.3	707.6	-30.9	2.85
1999750 Hz	7.16 V	13.35 V	0.42	0.0192	696.6	696.5	5.2	2.84
3005200 Hz	7.02 V	13.24 V	3.04	0.0188	704.2	703.2	37.3	2.85
3992000 Hz	6.82 V	13.08 V	5.74	0.0182	716.9	713.3	71.7	2.86
5011800 Hz	6.72 V	12.76 V	20.88	0.0180	709.4	662.8	252.8	2.85
5522800 Hz	6.58 V	12.64 V	11.68	0.0176	718.1	703.2	145.4	2.86

Tabla 45 Datos ensayo de impedancia M3 - 10% 28 días.

M1- 28 DIAS 20%

Resistencia = 250.4 Ω resistencia utilizada en el ensayo

FRECUENCIA	CHI TENSION	CH2 TENSION (V)	TIEMPO FASE	I=(Va/r)	Z=(Vb/I)	Zreal	Zimaginaria	log(10)Vb/I
Herz	Voltios (V)	Voltios (V)	Grados	Amp	Ohm	Ohm	Ohm	
60.20 Hz	6.08 V	12.84 V	-2.00	0.0243	528.7	528.4	-18.5	2.72
601 Hz	6.19 V	12.80 V	-0.92	0.0247	517.6	517.5	-8.3	2.71
1002 Hz	6.21 V	12.80 V	-1.60	0.0248	516.2	516.0	-14.4	2.71
5996 Hz	6.26 V	12.76 V	-1.20	0.0250	510.7	510.6	-10.7	2.71
7987 Hz	6.19 V	12.88 V	0.38	0.0247	520.8	520.8	3.5	2.72
9997 Hz	6.24 V	12.84 V	-0.36	0.0249	515.2	515.2	-3.2	2.71
12000 Hz	6.27 V	12.76 V	-1.64	0.0251	509.4	509.2	-14.6	2.71
20048 Hz	6.18 V	12.76 V	0.08	0.0247	517.3	517.3	0.7	2.71
30032 Hz	6.27 V	12.72 V	-1.38	0.0251	507.8	507.6	-12.2	2.71
40096 Hz	6.19 V	12.64 V	0.00	0.0247	511.1	511.1	0.0	2.71
50128 Hz	6.19 V	12.64 V	-1.60	0.0247	511.1	510.9	-14.3	2.71
60040 Hz	6.22 V	12.72 V	-0.84	0.0249	511.7	511.6	-7.5	2.71
69924 Hz	6.19 V	12.68 V	-0.68	0.0247	512.7	512.7	-6.1	2.71
80144 Hz	6.18 V	12.60 V	0.98	0.0247	510.8	510.7	8.7	2.71
89918 Hz	6.24 V	12.72 V	-0.40	0.0249	510.4	510.4	-3.6	2.71
99888 Hz	6.26 V	12.68 V	-0.28	0.0250	507.5	507.5	-2.5	2.71
199860 Hz	6.27 V	12.64 V	0.86	0.0251	504.6	504.5	7.6	2.70
299940 Hz	6.26 V	12.60 V	-0.58	0.0250	504.3	504.2	-5.1	2.70
399380 Hz	6.29 V	12.68 V	1.12	0.0251	504.9	504.8	9.9	2.70
500220 Hz	6.26 V	12.76 V	0.36	0.0250	510.7	510.7	3.2	2.71
599120 Hz	6.37 V	12.80 V	4.48	0.0254	503.3	501.7	39.3	2.70
699520 Hz	6.35 V	12.80 V	-1.80	0.0254	504.5	504.3	-15.8	2.70
802860 Hz	6.35 V	12.84 V	5.66	0.0254	506.1	503.6	49.9	2.70
902280 Hz	6.38 V	12.80 V	-1.86	0.0255	502.0	501.7	-16.3	2.70
1003080 Hz	6.38 V	12.76 V	-1.84	0.0255	500.4	500.2	-16.1	2.70
2000400 Hz	6.35 V	12.48 V	-0.04	0.0254	491.9	491.9	-0.3	2.69
2999400 Hz	6.35 V	12.44 V	13.04	0.0254	490.3	477.7	110.6	2.69
4002400 Hz	6.30 V	12.32 V	13.82	0.0252	489.3	475.1	116.9	2.69
5020400 Hz	6.19 V	12.08 V	18.14	0.0247	488.5	464.2	152.1	2.69
5526600 Hz	6.16 V	11.88 V	17.74	0.0246	482.9	459.9	147.1	2.68

Tabla 46 Datos ensayo de impedancia M1 - 20% 28 días.

**Valoración De Propiedades Mecánicas Y De Durabilidad De
Concreto Adicionado Con Residuos De Llantas De Caucho.**

M2- 28 DIAS 20%

Resistencia = 292.3 Ω

resistencia utilizada en el ensayo

FRECUENCIA	CHI TENSION	CH2 TENSION (V)	TIEMPO FASE	I=(Va/r)	Z=(Vb/I)	Zreal	Zimaginaria	log(10)Vb/I
Herz	Voltios (V)	Voltios (V)	Grados	Amp	Ohm	Ohm	Ohm	
60.21 Hz	6.34 V	12.92 V	-0.92	0.0217	596.1	596.0	-9.6	2.78
602 Hz	6.38 V	13.04 V	-0.26	0.0218	597.1	597.1	-2.7	2.78
1000 Hz	6.40 V	13.16 V	0.70	0.0219	601.1	601.0	7.3	2.78
5994 Hz	6.37 V	13.00 V	1.75	0.0218	596.8	596.5	18.2	2.78
7995 Hz	6.45 V	13.12 V	-0.22	0.0221	594.8	594.8	-2.3	2.77
8186 Hz	6.42 V	13.08 V	2.02	0.0219	595.9	595.6	21.0	2.78
12024 Hz	6.43 V	13.04 V	-1.20	0.0220	592.6	592.5	-12.4	2.77
20046 Hz	6.46 V	13.00 V	0.72	0.0221	587.9	587.9	7.4	2.77
29950 Hz	6.48 V	12.88 V	0.44	0.0222	581.0	581.0	4.5	2.76
40028 Hz	6.43 V	12.96 V	0.68	0.0220	589.0	589.0	7.0	2.77
49894 Hz	6.38 V	12.80 V	0.38	0.0218	586.1	586.1	3.9	2.77
60228 Hz	5.02 V	10.24 V	-1.78	0.0172	595.8	595.5	-18.5	2.78
69994 Hz	5.07 V	10.24 V	-3.08	0.0174	590.2	589.3	-31.7	2.77
80246 Hz	5.04 V	10.20 V	0.76	0.0172	591.6	591.6	7.8	2.77
89986 Hz	5.06 V	10.24 V	1.04	0.0173	592.0	591.9	10.7	2.77
100066 Hz	5.07 V	10.20 V	0.08	0.0174	587.9	587.9	0.8	2.77
200780 Hz	5.15 V	10.16 V	-0.04	0.0176	576.5	576.5	-0.4	2.76
300860 Hz	5.17 V	10.20 V	0.30	0.0177	577.0	576.9	3.0	2.76
400820 Hz	5.22 V	10.24 V	1.14	0.0178	573.9	573.8	11.4	2.76
501100 Hz	5.12 V	10.20 V	1.08	0.0175	582.4	582.3	11.0	2.77
600960 Hz	6.46 V	12.80 V	1.32	0.0221	578.9	578.7	13.3	2.76
700680 Hz	6.51 V	12.84 V	-0.74	0.0223	576.4	576.3	-7.4	2.76
800900 Hz	6.46 V	12.60 V	2.48	0.0221	569.8	569.3	24.7	2.76
900420 Hz	6.51 V	12.72 V	-1.24	0.0223	571.0	570.9	-12.4	2.76
1001940 Hz	6.48 V	12.68 V	-0.62	0.0222	572.0	572.0	-6.2	2.76
2003800 Hz	6.50 V	12.68 V	4.22	0.0222	570.6	569.1	42.0	2.76
3000400 Hz	6.48 V	12.40 V	6.54	0.0222	559.4	555.7	63.7	2.75
4006800 Hz	6.29 V	12.08 V	14.60	0.0215	561.6	543.5	141.6	2.75
5010600 Hz	6.22 V	12.00 V	11.12	0.0213	563.6	553.0	108.7	2.75
5527600 Hz	6.02 V	11.72 V	18.56	0.0206	569.5	539.9	181.3	2.76

Tabla 47 Datos ensayo de impedancia M2 - 20% 28 días.

**Valoración De Propiedades Mecánicas Y De Durabilidad De
Concreto Adicionado Con Residuos De Llantas De Caucho.**

215

M3- 28 DIAS 20%

Resistencia = 257.8 Ω

resistencia utilizada en el ensayo

FRECUENCIA	CHI TENSION	CH2 TENSION (V)	TIEMPO FASE	I=(Va/r)	Z=(Vb/I)	Zreal	Zimaginaria	log(10)Vb/I
Herz	Voltios (V)	Voltios (V)	Grados	Amp	Ohm	Ohm	Ohm	
59.94 Hz	6.22 V	13.16 V	-1.46	0.0241	545.0	544.9	-13.9	2.74
601 Hz	6.27 V	13.36 V	-1.16	0.0243	549.1	549.0	-11.1	2.74
1001 Hz	6.26 V	13.36 V	-1.08	0.0243	550.5	550.4	-10.4	2.74
6008 Hz	6.27 V	13.12 V	2.70	0.0243	539.2	538.6	25.4	2.73
8013 Hz	6.24 V	13.20 V	1.82	0.0242	545.3	545.0	17.3	2.74
10053 Hz	6.27 V	13.08 V	1.70	0.0243	537.6	537.3	15.9	2.73
12016 Hz	6.26 V	13.16 V	2.36	0.0243	542.3	541.8	22.3	2.73
20004 Hz	6.27 V	13.12 V	2.58	0.0243	539.2	538.7	24.3	2.73
30052 Hz	6.24 V	13.12 V	3.06	0.0242	542.0	541.2	28.9	2.73
40006 Hz	6.24 V	12.92 V	2.98	0.0242	533.7	533.0	27.7	2.73
49978 Hz	6.21 V	13.00 V	4.28	0.0241	539.8	538.3	40.3	2.73
60108 Hz	6.24 V	12.96 V	2.56	0.0242	535.4	534.8	23.9	2.73
69794 Hz	6.24 V	13.04 V	2.18	0.0242	538.7	538.3	20.5	2.73
79876 Hz	6.24 V	13.12 V	4.68	0.0242	542.0	540.2	44.2	2.73
90014 Hz	6.22 V	13.00 V	3.78	0.0241	538.4	537.2	35.5	2.73
99986 Hz	6.22 V	12.88 V	4.60	0.0241	533.4	531.7	42.8	2.73
200380 Hz	6.24 V	13.04 V	2.14	0.0242	538.7	538.3	20.1	2.73
300020 Hz	6.26 V	12.96 V	-2.82	0.0243	534.0	533.4	-26.3	2.73
399620 Hz	6.27 V	13.04 V	3.18	0.0243	535.9	535.1	29.7	2.73
501160 Hz	6.32 V	13.12 V	4.04	0.0245	535.1	533.8	37.7	2.73
597700 Hz	6.21 V	12.80 V	4.36	0.0241	531.5	530.0	40.4	2.73
700800 Hz	6.24 V	12.80 V	-1.74	0.0242	528.8	528.5	-16.1	2.72
799920 Hz	6.27 V	12.96 V	7.42	0.0243	532.7	528.2	68.8	2.73
897180 Hz	6.27 V	12.84 V	-1.44	0.0243	527.7	527.6	-13.3	2.72
1001760 Hz	6.24 V	12.72 V	-1.68	0.0242	525.5	525.2	-15.4	2.72
2000800 Hz	6.21 V	12.56 V	-1.38	0.0241	521.5	521.4	-12.6	2.72
2994800 Hz	6.22 V	12.44 V	12.44	0.0241	515.2	503.1	111.0	2.71
4012800 Hz	6.14 V	12.28 V	9.28	0.0238	515.2	508.5	83.1	2.71
4997600 Hz	6.13 V	12.04 V	16.60	0.0238	506.5	485.4	144.7	2.70
5544000 Hz	6.13 V	12.00 V	10.62	0.0238	504.8	496.1	93.0	2.70

Tabla 48 Datos ensayo de impedancia M3 - 20% 28 días.

M1- 28 DIAS 30%

Resistencia = 238.3 Ω resistencia utilizada en el ensayo

FRECUENCIA	CHI TENSION	CH2 TENSION (V)	TIEMPO FASE	I=(Va/r)	Z=(Vb/I)	Zreal	Zimaginaria	log(10)Vb/I
Herz	Voltios (V)	Voltios (V)	Grados	Amp	Ohm	Ohm	Ohm	
60.02 Hz	5.94 V	12.48 V	-3.04	0.0249	501.0	500.3	-26.6	2.70
600 Hz	6.05 V	12.64 V	-2.44	0.0254	498.0	497.6	-21.2	2.70
1000 Hz	6.06 V	12.56 V	-0.08	0.0254	493.6	493.6	-0.7	2.69
6011 Hz	6.08 V	12.60 V	-1.97	0.0255	493.8	493.6	-17.0	2.69
7611 Hz	6.08 V	12.52 V	-0.42	0.0255	490.7	490.7	-3.6	2.69
10020 Hz	6.06 V	12.60 V	0.48	0.0254	495.1	495.1	4.1	2.69
12024 Hz	6.06 V	12.56 V	-1.56	0.0254	493.6	493.4	-13.4	2.69
19988 Hz	6.03 V	12.56 V	0.22	0.0253	496.2	496.2	1.9	2.70
30014 Hz	6.06 V	12.52 V	-2.60	0.0254	492.0	491.5	-22.3	2.69
40020 Hz	6.10 V	12.40 V	0.84	0.0256	484.7	484.7	7.1	2.69
50010 Hz	6.03 V	12.36 V	2.90	0.0253	488.3	487.7	24.7	2.69
59786 Hz	6.05 V	12.36 V	-1.16	0.0254	487.0	486.9	-9.9	2.69
69878 Hz	6.05 V	12.36 V	-2.20	0.0254	487.0	486.6	-18.7	2.69
78082 Hz	6.08 V	12.36 V	0.22	0.0255	484.4	484.4	1.9	2.69
88234 Hz	6.06 V	12.36 V	-0.62	0.0254	485.7	485.7	-5.3	2.69
100310 Hz	6.10 V	12.48 V	0.48	0.0256	487.9	487.8	4.1	2.69
200580 Hz	6.18 V	12.44 V	0.24	0.0259	480.0	480.0	2.0	2.68
300500 Hz	6.11 V	12.40 V	0.88	0.0256	483.5	483.4	7.4	2.68
400360 Hz	6.18 V	12.44 V	1.38	0.0259	480.0	479.9	11.6	2.68
501500 Hz	6.26 V	12.52 V	-0.76	0.0263	476.9	476.9	-6.3	2.68
600740 Hz	6.21 V	12.56 V	3.30	0.0261	482.1	481.3	27.8	2.68
699320 Hz	6.24 V	12.52 V	5.94	0.0262	478.1	475.6	49.5	2.68
843200 Hz	6.28 V	12.45 V	-4.65	0.0264	472.4	470.9	-38.3	2.67
900200 Hz	6.27 V	12.48 V	-4.18	0.0263	474.2	472.9	-34.6	2.68
1001100 Hz	6.30 V	12.48 V	-3.84	0.0265	471.8	470.7	-31.6	2.67
1999400 Hz	6.27 V	12.24 V	6.94	0.0263	465.0	461.6	56.2	2.67
3001200 Hz	6.27 V	11.96 V	7.34	0.0263	454.4	450.7	58.1	2.66
4000000 Hz	6.34 V	11.88 V	10.00	0.0266	446.8	440.0	77.6	2.65
4989000 Hz	6.16 V	11.60 V	14.54	0.0258	448.7	434.4	112.7	2.65
5539400 Hz	6.11 V	11.48 V	17.24	0.0256	447.6	427.5	132.7	2.65

Tabla 49 Datos ensayo de impedancia M1 -30% 28 días.

**Valoración De Propiedades Mecánicas Y De Durabilidad De
Concreto Adicionado Con Residuos De Llantas De Caucho.**

217

M2- 28 DIAS 30%

Resistencia = 284.7 Ω

resistencia utilizada en el ensayo

FRECUENCIA	CHI TENSION	CH2 TENSION (V)	TIEMPO FASE	I=(Va/r)	Z=(Vb/I)	Zreal	Zimaginaria	log(10)Vb/I
Herz	Voltios (V)	Voltios (V)	Grados	Amp	Ohm	Ohm	Ohm	
60.02 Hz	6.21 V	12.56 V	-1.36	0.0218	576.1	575.9	-13.7	2.76
602 Hz	6.29 V	12.64 V	0.30	0.0221	572.3	572.3	3.0	2.76
1001 Hz	6.34 V	12.60 V	-0.44	0.0223	566.2	566.2	-4.3	2.75
6011 Hz	6.32 V	12.64 V	-2.00	0.0222	569.4	569.1	-19.9	2.76
8002 Hz	6.30 V	12.65 V	-0.45	0.0221	571.7	571.7	-4.5	2.76
10000 Hz	6.32 V	12.60 V	-0.02	0.0222	567.6	567.6	-0.2	2.75
11998 Hz	6.34 V	12.60 V	-2.16	0.0223	566.2	565.8	-21.3	2.75
20016 Hz	6.34 V	12.64 V	0.10	0.0223	568.0	568.0	1.0	2.75
30070 Hz	6.30 V	12.60 V	-2.94	0.0221	569.1	568.3	-29.2	2.76
40026 Hz	6.29 V	12.72 V	0.22	0.0221	576.0	576.0	2.2	2.76
49942 Hz	6.30 V	12.60 V	-2.38	0.0221	569.1	568.6	-23.6	2.76
59910 Hz	6.34 V	12.60 V	-2.10	0.0223	566.2	565.8	-20.7	2.75
71766 Hz	6.34 V	12.56 V	-1.54	0.0223	564.4	564.2	-15.2	2.75
82016 Hz	6.30 V	12.56 V	0.42	0.0221	567.3	567.3	4.2	2.75
89848 Hz	6.35 V	12.60 V	0.50	0.0223	564.8	564.8	4.9	2.75
100150 Hz	6.30 V	12.64 V	0.62	0.0221	570.9	570.9	6.2	2.76
199780 Hz	6.37 V	12.60 V	1.02	0.0224	563.4	563.3	10.0	2.75
299640 Hz	6.40 V	12.60 V	-1.22	0.0225	560.6	560.4	-11.9	2.75
400500 Hz	6.40 V	12.64 V	0.72	0.0225	562.3	562.3	7.1	2.75
499020 Hz	6.45 V	12.60 V	0.32	0.0226	556.4	556.4	3.1	2.75
600760 Hz	6.50 V	12.56 V	2.84	0.0228	550.5	549.8	27.3	2.74
702040 Hz	6.50 V	12.76 V	1.42	0.0228	559.3	559.1	13.9	2.75
801140 Hz	6.48 V	12.72 V	-1.80	0.0228	558.9	558.6	-17.6	2.75
902200 Hz	6.54 V	12.76 V	-1.68	0.0230	555.2	554.9	-16.3	2.74
1002840 Hz	6.53 V	12.80 V	2.66	0.0229	558.3	557.7	25.9	2.75
2002200 Hz	6.54 V	12.48 V	10.94	0.0230	543.0	533.1	103.1	2.73
3007600 Hz	6.51 V	12.24 V	8.56	0.0229	535.2	529.2	79.7	2.73
4004800 Hz	6.46 V	12.12 V	16.32	0.0227	533.9	512.3	150.0	2.73
4996600 Hz	6.38 V	12.00 V	18.14	0.0224	535.2	508.6	166.6	2.73
5544600 Hz	6.26 V	11.68 V	14.76	0.0220	531.6	514.0	135.4	2.73

Tabla 50 Datos ensayo de impedancia M2 -30% 28 días.

Valoración De Propiedades Mecánicas Y De Durabilidad De Concreto Adicionado Con Residuos De Llantas De Caucho.

M3- 28 DIAS 30%

Resistencia = 335.8 Ω resistencia utilizada en el ensayo

FRECUENCIA	CHI TENSION	CH2 TENSION (V)	TIEMPO FASE	I=(Va/r)	Z=(Vb/I)	Zreal	Zimaginaria	log(10)Vb/I
Herz	Voltios (V)	Voltios (V)	Grados	Amp	Ohm	Ohm	Ohm	
59.93 Hz	6.10 V	12.68 V	-1.62	0.0182	698.5	698.2	-19.7	2.84
602 Hz	6.14 V	12.80 V	-1.94	0.0183	699.6	699.2	-23.7	2.84
996 Hz	6.16 V	12.80 V	0.66	0.0183	697.8	697.7	8.0	2.84
6007 Hz	6.19 V	12.72 V	-1.03	0.0184	689.8	689.7	-12.3	2.84
7990 Hz	6.19 V	12.76 V	0.16	0.0184	692.0	692.0	1.9	2.84
10015 Hz	6.24 V	12.72 V	-0.12	0.0186	684.5	684.5	-1.4	2.84
11988 Hz	6.22 V	12.72 V	-1.06	0.0185	686.3	686.2	-12.7	2.84
19996 Hz	6.26 V	12.72 V	-0.02	0.0186	682.8	682.8	-0.2	2.83
30012 Hz	6.22 V	12.64 V	-1.90	0.0185	682.0	681.6	-22.6	2.83
40048 Hz	6.22 V	12.72 V	0.84	0.0185	686.3	686.2	10.1	2.84
50008 Hz	6.21 V	12.68 V	-1.78	0.0185	685.9	685.5	-21.3	2.84
60050 Hz	6.21 V	12.56 V	-0.38	0.0185	679.4	679.4	-4.5	2.83
70086 Hz	6.22 V	12.60 V	-1.34	0.0185	679.8	679.6	-15.9	2.83
80068 Hz	6.21 V	12.68 V	-1.74	0.0185	685.9	685.6	-20.8	2.84
90050 Hz	6.24 V	12.64 V	-0.24	0.0186	680.2	680.2	-2.8	2.83
100046 Hz	6.22 V	12.64 V	-0.12	0.0185	682.0	682.0	-1.4	2.83
200440 Hz	6.30 V	12.68 V	-0.44	0.0188	675.4	675.4	-5.2	2.83
299720 Hz	6.29 V	12.64 V	-1.76	0.0187	675.0	674.7	-20.7	2.83
400500 Hz	6.34 V	12.76 V	-0.14	0.0189	676.3	676.3	-1.7	2.83
500480 Hz	6.38 V	12.68 V	0.28	0.0190	667.0	667.0	3.3	2.82
600880 Hz	6.43 V	12.80 V	1.82	0.0192	668.3	667.9	21.2	2.82
699760 Hz	6.42 V	12.84 V	2.86	0.0191	672.0	671.2	33.5	2.83
800340 Hz	6.42 V	12.76 V	-1.96	0.0191	667.8	667.4	-22.8	2.82
900840 Hz	6.46 V	12.84 V	-2.22	0.0192	667.0	666.5	-25.8	2.82
1002740 Hz	6.45 V	12.76 V	-2.00	0.0192	664.5	664.1	-23.2	2.82
2001600 Hz	6.43 V	12.48 V	0.44	0.0192	651.6	651.5	5.0	2.81
2996200 Hz	6.40 V	12.36 V	12.66	0.0191	648.5	632.7	142.1	2.81
3998400 Hz	6.29 V	12.12 V	10.58	0.0187	647.2	636.2	118.8	2.81
5021600 Hz	6.30 V	12.00 V	12.82	0.0188	639.2	623.3	141.8	2.81
5552400 Hz	6.10 V	11.72 V	14.96	0.0182	645.6	623.7	166.7	2.81

Tabla 51 Datos ensayo de impedancia M3 -30% 28 días.

- **Datos Obtenidos De Ensayo de Impedancia Muestra 0%,
 10%, 20% Y 30%, de adición de caucho a 90 días.**

M1 -0% -90 DIAS

Resistencia = 898.6 Ω

resistencia utilizada en el ensayo

FRECUENCIA	CHI TENSION	CH2 TENSION (V)	TIEMPO FASE	I=(Va/r)	Z=(Vb/I)	Zreal	Zimaginaria	log(10)Vb/I
Herz	Voltios (V)	Voltios (V)	Grados	Amp	Ohm	Ohm	Ohm	
61 Hz	8.67 V	20.76 V	-4.06	0.0097	2151.1	2145.7	-152.3	3.3
602 Hz	9.87 V	20.60 V	-6.86	0.0110	1875.0	1861.6	-224.0	3.3
1003 Hz	10.34 V	20.60 V	-7.42	0.0115	1790.2	1775.2	-231.2	3.3
6015 Hz	11.78 V	20.44 V	-4.75	0.0131	1559.1	1553.8	-129.1	3.2
8016 Hz	11.90 V	20.40 V	-2.60	0.0132	1540.4	1538.8	-69.9	3.2
10023 Hz	11.98 V	20.50 V	-1.80	0.0133	1538.2	1537.5	-48.3	3.2
12010 Hz	12.14 V	20.48 V	-3.98	0.0135	1515.9	1512.2	-105.2	3.2
20002 Hz	12.28 V	20.48 V	-0.40	0.0137	1498.6	1498.5	-10.5	3.2
30002 Hz	12.36 V	20.44 V	0.46	0.0138	1486.0	1485.9	11.9	3.2
40018 Hz	12.38 V	20.44 V	1.18	0.0138	1483.6	1483.3	30.6	3.2
50014 Hz	12.38 V	20.40 V	-2.70	0.0138	1480.7	1479.0	-69.7	3.2
60064 Hz	12.42 V	20.24 V	0.74	0.0138	1464.3	1464.2	18.9	3.2
70014 Hz	12.48 V	20.28 V	-1.06	0.0139	1460.2	1459.9	-27.0	3.2
80074 Hz	12.52 V	20.24 V	2.42	0.0139	1452.6	1451.3	61.3	3.2
90000 Hz	12.56 V	20.32 V	2.20	0.0140	1453.7	1452.6	55.8	3.2
100072 Hz	12.60 V	20.28 V	1.02	0.0140	1446.3	1446.0	25.7	3.2
200280 Hz	12.70 V	20.44 V	2.30	0.0141	1446.2	1445.0	58.0	3.2
300240 Hz	12.80 V	20.40 V	2.04	0.0142	1432.1	1431.2	51.0	3.2
400220 Hz	12.84 V	20.44 V	3.06	0.0143	1430.4	1428.4	76.4	3.2
500460 Hz	12.86 V	20.36 V	3.26	0.0143	1422.6	1420.3	80.9	3.2
600860 Hz	12.94 V	20.64 V	6.30	0.0144	1433.3	1424.6	157.3	3.2
700220 Hz	12.94 V	20.48 V	-1.22	0.0144	1422.1	1421.8	-30.3	3.2
800100 Hz	12.98 V	20.56 V	8.46	0.0144	1423.3	1407.8	209.4	3.2
898720 Hz	12.92 V	20.56 V	0.30	0.0144	1429.9	1429.9	7.5	3.2
1001240 Hz	12.92 V	20.48 V	0.28	0.0144	1424.3	1424.3	7.0	3.2
2003200 Hz	12.54 V	20.28 V	5.20	0.0140	1453.2	1447.2	131.7	3.2
3000200 Hz	11.98 V	19.92 V	8.98	0.0133	1494.1	1475.8	233.2	3.2
4012800 Hz	11.26 V	19.32 V	11.78	0.0125	1541.8	1509.3	314.8	3.2
4996600 Hz	10.76 V	18.84 V	18.08	0.0120	1573.3	1495.6	488.3	3.2
5778800 Hz	10.64 V	18.84 V	20.12	0.0118	1591.1	1494.0	547.3	3.2

Tabla 52 Datos ensayo de impedancia M1 -0% 90 días.

**Valoración De Propiedades Mecánicas Y De Durabilidad De
Concreto Adicionado Con Residuos De Llantas De Caucho.**

220

M2 - 0%-90 DIAS

Resistencia = 753.0 Ω

resistencia utilizada en el ensayo

FRECUENCIA	CHI TENSION	CH2 TENSION (V)	TIEMPO FASE	I=(Va/r)	Z=(Vb/I)	Zreal	Zimaginaria	log(10)Vb/I
Herz	Voltios (V)	Voltios (V)	Grados	Amp	Ohm	Ohm	Ohm	
60 Hz	9.49 V	20.80 V	2.58	0.0126	1650.9	1649.2	74.3	3.2
600 Hz	10.10 V	20.68 V	-4.50	0.0134	1541.9	1537.1	-121.0	3.2
1002 Hz	10.34 V	20.76 V	-1.96	0.0137	1511.9	1511.0	-51.7	3.2
5998 Hz	11.46 V	20.68 V	-4.20	0.0152	1358.9	1355.2	-99.5	3.1
8015 Hz	11.60 V	20.60 V	-2.22	0.0154	1337.3	1336.3	-51.8	3.1
9990 Hz	11.78 V	20.56 V	-2.50	0.0156	1314.3	1313.1	-57.3	3.1
12000 Hz	11.80 V	20.60 V	-3.22	0.0157	1314.6	1312.6	-73.8	3.1
20002 Hz	11.94 V	20.64 V	-1.04	0.0159	1301.7	1301.5	-23.6	3.1
29992 Hz	12.10 V	20.52 V	-2.42	0.0161	1277.1	1275.9	-53.9	3.1
40004 Hz	12.16 V	20.36 V	0.06	0.0161	1260.8	1260.8	1.3	3.1
49920 Hz	12.18 V	20.48 V	-1.54	0.0162	1266.2	1265.7	-34.0	3.1
60050 Hz	12.18 V	20.44 V	0.54	0.0162	1263.7	1263.7	11.9	3.1
70052 Hz	12.20 V	20.40 V	-0.90	0.0162	1259.2	1259.0	-19.8	3.1
80008 Hz	12.20 V	20.52 V	-0.30	0.0162	1266.6	1266.6	-6.6	3.1
90116 Hz	12.22 V	20.44 V	-0.08	0.0162	1259.6	1259.6	-1.8	3.1
100044 Hz	12.22 V	20.40 V	0.60	0.0162	1257.1	1257.1	13.2	3.1
199860 Hz	12.50 V	20.60 V	2.64	0.0166	1241.0	1239.7	57.2	3.1
300220 Hz	12.54 V	20.52 V	2.42	0.0167	1232.3	1231.2	52.0	3.1
399420 Hz	12.58 V	20.52 V	2.72	0.0167	1228.3	1226.9	58.3	3.1
500140 Hz	12.58 V	20.48 V	3.40	0.0167	1225.9	1223.8	72.7	3.1
599140 Hz	12.70 V	20.68 V	6.90	0.0169	1226.2	1217.3	147.3	3.1
701580 Hz	12.64 V	20.68 V	-0.22	0.0168	1232.0	1232.0	-4.7	3.1
798640 Hz	12.66 V	20.68 V	8.82	0.0168	1230.1	1215.5	188.6	3.1
899500 Hz	12.62 V	20.76 V	1.62	0.0168	1238.8	1238.3	35.0	3.1
999720 Hz	12.60 V	20.68 V	2.16	0.0167	1235.9	1235.1	46.6	3.1
1997200 Hz	11.96 V	20.32 V	6.18	0.0159	1279.4	1272.0	137.7	3.1
2996400 Hz	11.28 V	20.00 V	10.22	0.0150	1335.2	1314.0	236.9	3.1
3990600 Hz	10.58 V	19.36 V	13.20	0.0140	1378.0	1341.6	314.7	3.1
5001200 Hz	10.10 V	19.00 V	19.60	0.0134	1416.6	1334.5	475.2	3.2
5723000 Hz	9.86 V	18.96 V	21.20	0.0131	1448.6	1350.6	523.9	3.2

Tabla 53 Datos ensayo de impedancia M2 -0% 90 días.

**Valoración De Propiedades Mecánicas Y De Durabilidad De
Concreto Adicionado Con Residuos De Llantas De Caucho.**

221

M3 - 0% - 90 DIAS

Resistencia = 872.9 Ω

resistencia utilizada en el ensayo

FRECUENCIA	CHI TENSION	CH2 TENSION (V)	TIEMPO FASE	I=(Va/r)	Z=(Vb/I)	Zreal	Zimaginaria	log(10)Vb/I
Herz	Voltios (V)	Voltios (V)	Grados	Amp	Ohm	Ohm	Ohm	
60 Hz	8.99 V	20.56 V	3.86	0.0103	1995.8	1991.2	134.4	3.3
599 Hz	9.78 V	20.36 V	-7.10	0.0112	1817.9	1803.9	-224.7	3.3
1000 Hz	10.20 V	20.40 V	-5.30	0.0117	1745.7	1738.3	-161.3	3.2
5997 Hz	11.74 V	20.36 V	-6.10	0.0135	1513.8	1505.2	-160.9	3.2
7012 Hz	11.80 V	20.40 V	-4.78	0.0135	1509.0	1503.8	-125.7	3.2
8005 Hz	11.84 V	20.36 V	-3.60	0.0136	1501.0	1498.0	-94.2	3.2
10014 Hz	12.10 V	20.36 V	-2.14	0.0139	1468.7	1467.7	-54.8	3.2
20018 Hz	12.32 V	20.24 V	0.12	0.0141	1434.0	1434.0	3.0	3.2
30002 Hz	12.36 V	20.24 V	0.02	0.0142	1429.3	1429.3	0.5	3.2
40018 Hz	12.50 V	20.16 V	0.40	0.0143	1407.8	1407.7	9.8	3.1
49984 Hz	12.48 V	20.08 V	1.52	0.0143	1404.4	1403.9	37.3	3.1
60182 Hz	12.56 V	20.20 V	-1.68	0.0144	1403.8	1403.2	-41.2	3.1
70044 Hz	12.60 V	20.12 V	-1.40	0.0144	1393.8	1393.4	-34.1	3.1
80006 Hz	12.60 V	20.28 V	0.40	0.0144	1404.9	1404.9	9.8	3.1
89962 Hz	12.60 V	20.24 V	1.14	0.0144	1402.1	1401.8	27.9	3.1
100044 Hz	12.64 V	20.20 V	0.66	0.0145	1394.9	1394.8	16.1	3.1
200040 Hz	12.86 V	20.24 V	2.14	0.0147	1373.8	1372.8	51.3	3.1
300120 Hz	12.90 V	20.28 V	0.74	0.0148	1372.2	1372.1	17.7	3.1
400420 Hz	12.94 V	20.28 V	2.76	0.0148	1368.0	1366.4	65.9	3.1
500460 Hz	12.98 V	20.36 V	4.44	0.0149	1369.1	1365.0	106.0	3.1
600440 Hz	12.96 V	20.32 V	7.06	0.0148	1368.6	1358.2	168.2	3.1
699000 Hz	13.00 V	20.40 V	7.08	0.0149	1369.7	1359.3	168.8	3.1
799800 Hz	13.02 V	20.40 V	-1.06	0.0149	1367.6	1367.4	-25.3	3.1
899540 Hz	13.06 V	20.44 V	-0.58	0.0150	1366.1	1366.0	-13.8	3.1
1001060 Hz	13.08 V	20.36 V	0.92	0.0150	1358.7	1358.5	21.8	3.1
1999000 Hz	12.76 V	20.16 V	3.06	0.0146	1379.1	1377.1	73.6	3.1
3000600 Hz	12.24 V	19.84 V	8.46	0.0140	1414.8	1399.4	208.1	3.2
3997800 Hz	11.76 V	19.16 V	11.58	0.0135	1422.1	1393.2	285.5	3.2
4996400 Hz	11.26 V	18.72 V	18.92	0.0129	1451.2	1372.7	470.5	3.2
5708200 Hz	10.96 V	18.40 V	17.28	0.0126	1465.4	1399.2	435.3	3.2

Tabla 54 Datos ensayo de impedancia M3 -0% 90 días.

M1 -10% - 90 DIAS

Resistencia = 990.9 Ω resistencia utilizada en el ensayo

FRECUENCIA	CHI TENSION	CH2 TENSION (V)	TIEMPO FASE	I=(Va/r)	Z=(Vb/I)	Zreal	Zimaginaria	log(10)Vb/I
Herz	Voltios (V)	Voltios (V)	Grados	Amp	Ohm	Ohm	Ohm	
60 Hz	8.96 V	20.76 V	3.24	0.0090	2295.8	2292.1	129.8	3.4
600 Hz	9.73 V	20.64 V	-4.82	0.0098	2102.3	2094.9	-176.6	3.3
1001 Hz	10.12 V	20.64 V	-6.10	0.0102	2020.9	2009.4	-214.7	3.3
6005 Hz	11.22 V	20.48 V	-2.95	0.0113	1808.6	1806.2	-93.1	3.3
7995 Hz	11.38 V	20.52 V	-2.46	0.0115	1786.7	1785.0	-76.7	3.3
10012 Hz	11.40 V	20.48 V	-1.96	0.0115	1780.1	1779.0	-60.9	3.3
11978 Hz	11.48 V	20.52 V	-2.26	0.0116	1771.1	1769.7	-69.8	3.2
19988 Hz	11.66 V	20.44 V	-0.30	0.0118	1737.0	1736.9	-9.1	3.2
30024 Hz	11.80 V	20.48 V	-2.16	0.0119	1719.7	1718.5	-64.8	3.2
40014 Hz	11.74 V	20.40 V	0.40	0.0118	1721.8	1721.7	12.0	3.2
50022 Hz	11.78 V	20.36 V	1.34	0.0119	1712.5	1712.1	40.0	3.2
60066 Hz	11.78 V	20.40 V	-1.10	0.0119	1715.9	1715.6	-32.9	3.2
69946 Hz	11.82 V	20.40 V	-1.88	0.0119	1710.1	1709.2	-56.1	3.2
80116 Hz	11.80 V	20.16 V	-0.96	0.0119	1692.8	1692.6	-28.4	3.2
89872 Hz	11.92 V	20.44 V	0.30	0.0120	1699.1	1699.1	8.9	3.2
100172 Hz	11.86 V	20.36 V	0.50	0.0120	1701.0	1700.9	14.8	3.2
200220 Hz	12.12 V	20.44 V	1.28	0.0122	1671.0	1670.6	37.3	3.2
300420 Hz	12.22 V	20.44 V	-0.52	0.0123	1657.4	1657.3	-15.0	3.2
399840 Hz	12.32 V	20.52 V	2.02	0.0124	1650.4	1649.3	58.2	3.2
500300 Hz	12.32 V	20.44 V	2.88	0.0124	1643.9	1641.8	82.6	3.2
599560 Hz	12.44 V	20.60 V	5.98	0.0126	1640.8	1631.9	170.9	3.2
699620 Hz	12.42 V	20.52 V	-1.92	0.0125	1637.1	1636.1	-54.8	3.2
801060 Hz	12.46 V	20.44 V	-1.28	0.0126	1625.4	1625.0	-36.3	3.2
898340 Hz	12.42 V	20.68 V	-1.40	0.0125	1649.8	1649.3	-40.3	3.2
1000160 Hz	12.40 V	20.48 V	-0.86	0.0125	1636.5	1636.3	-24.6	3.2
2002400 Hz	12.08 V	20.24 V	3.20	0.0122	1660.2	1657.6	92.7	3.2
3003200 Hz	11.50 V	19.88 V	15.20	0.0116	1712.9	1653.0	449.1	3.2
3999400 Hz	10.98 V	19.44 V	10.54	0.0111	1754.3	1724.7	320.9	3.2
4994800 Hz	10.56 V	19.00 V	17.68	0.0107	1782.8	1698.6	541.4	3.3
5728000 Hz	10.48 V	18.80 V	19.76	0.0106	1777.5	1672.8	600.9	3.2

Tabla 55 Datos ensayo de impedancia M1 -10% 90 días.

M2 -10% - 90 DIAS

Resistencia = 922.4 Ω

resistencia utilizada en el ensayo

FRECUENCIA	CHI TENSION	CH2 TENSION (V)	TIEMPO FASE	I=(Va/r)	Z=(Vb/I)	Zreal	Zimaginaria	log(10)Vb/I
Herz	Voltios (V)	Voltios (V)	Grados	Amp	Ohm	Ohm	Ohm	
60 Hz	9.71 V	20.80 V	0.94	0.0105	1975.4	1975.1	32.4	3.3
600 Hz	10.06 V	20.68 V	-3.64	0.0109	1896.1	1892.3	-120.4	3.3
999 Hz	10.20 V	20.72 V	-2.92	0.0111	1873.7	1871.2	-95.4	3.3
5989 Hz	11.38 V	20.56 V	-3.68	0.0123	1666.4	1663.0	-106.8	3.2
8006 Hz	11.50 V	20.60 V	-3.64	0.0125	1652.2	1648.9	-104.9	3.2
9999 Hz	11.58 V	20.56 V	-2.96	0.0126	1637.6	1635.5	-84.6	3.2
11984 Hz	11.70 V	20.48 V	-3.84	0.0127	1614.5	1610.9	-108.1	3.2
19998 Hz	11.80 V	20.52 V	-2.54	0.0128	1604.0	1602.4	-71.1	3.2
29996 Hz	11.90 V	20.44 V	-2.20	0.0129	1584.3	1583.1	-60.8	3.2
40076 Hz	11.92 V	20.44 V	1.40	0.0129	1581.6	1581.2	38.6	3.2
49960 Hz	12.00 V	20.40 V	-1.92	0.0130	1568.0	1567.1	-52.5	3.2
59970 Hz	12.08 V	20.40 V	-1.48	0.0131	1557.6	1557.1	-40.2	3.2
70032 Hz	12.04 V	20.44 V	-1.64	0.0131	1565.9	1565.2	-44.8	3.2
80070 Hz	12.12 V	20.40 V	0.98	0.0131	1552.5	1552.3	26.6	3.2
90026 Hz	12.12 V	20.40 V	0.10	0.0131	1552.5	1552.5	2.7	3.2
99860 Hz	12.12 V	20.44 V	0.38	0.0131	1555.5	1555.5	10.3	3.2
199960 Hz	12.30 V	20.52 V	1.42	0.0133	1538.8	1538.3	38.1	3.2
300120 Hz	12.38 V	20.48 V	-0.84	0.0134	1525.9	1525.7	-22.4	3.2
400040 Hz	12.46 V	20.48 V	2.60	0.0135	1516.1	1514.5	68.8	3.2
499080 Hz	12.50 V	20.48 V	2.88	0.0136	1511.2	1509.3	75.9	3.2
599520 Hz	12.60 V	20.60 V	6.12	0.0137	1508.0	1499.4	160.8	3.2
699980 Hz	12.60 V	20.68 V	6.52	0.0137	1513.9	1504.1	171.9	3.2
799460 Hz	12.62 V	20.60 V	-0.12	0.0137	1505.6	1505.6	-3.2	3.2
900440 Hz	12.60 V	20.68 V	-0.06	0.0137	1513.9	1513.9	-1.6	3.2
1000440 Hz	12.60 V	20.44 V	0.44	0.0137	1496.3	1496.2	11.5	3.2
2000400 Hz	12.16 V	20.28 V	3.82	0.0132	1538.3	1534.9	102.5	3.2
3002000 Hz	11.48 V	19.84 V	16.34	0.0124	1594.1	1529.7	448.5	3.2
4006400 Hz	10.96 V	19.40 V	11.86	0.0119	1632.7	1597.8	335.5	3.2
5002800 Hz	10.48 V	19.16 V	19.34	0.0114	1686.3	1591.2	558.5	3.2
5743800 Hz	10.24 V	18.76 V	16.76	0.0111	1689.8	1618.0	487.3	3.2

Tabla 56 Datos ensayo de impedancia M2 -10% 90 días.

**Valoración De Propiedades Mecánicas Y De Durabilidad De
Concreto Adicionado Con Residuos De Llantas De Caucho.**

224

M3 -10% - 90 DIAS

Resistencia = 1151.5 Ω

resistencia utilizada en el ensayo

FRECUENCIA	CHI TENSION	CH2 TENSION (V)	TIEMPO FASE	I=(Va/r)	Z=(Vb/I)	Zreal	Zimaginaria	log(10)Vb/I
Herz	Voltios (V)	Voltios (V)	Grados	Amp	Ohm	Ohm	Ohm	
60 Hz	9.71 V	20.64 V	1.04	0.0084	2447.2	2446.8	44.4	3.4
601 Hz	10.02 V	20.56 V	-3.06	0.0087	2362.8	2359.4	-126.1	3.4
1002 Hz	10.20 V	20.68 V	-2.14	0.0089	2334.6	2333.0	-87.2	3.4
5996 Hz	10.86 V	20.48 V	-3.88	0.0094	2171.6	2166.6	-146.8	3.3
7994 Hz	11.00 V	20.56 V	-0.86	0.0096	2152.3	2152.1	-32.3	3.3
10018 Hz	11.02 V	20.52 V	-0.32	0.0096	2144.2	2144.2	-12.0	3.3
12000 Hz	11.06 V	20.44 V	-3.00	0.0096	2128.1	2125.2	-111.4	3.3
19986 Hz	11.16 V	20.56 V	-0.92	0.0097	2121.4	2121.2	-34.1	3.3
30038 Hz	11.24 V	20.48 V	-2.04	0.0098	2098.1	2096.8	-74.7	3.3
39948 Hz	11.28 V	20.44 V	-0.48	0.0098	2086.6	2086.5	-17.5	3.3
50002 Hz	11.28 V	20.44 V	-2.48	0.0098	2086.6	2084.7	-90.3	3.3
60068 Hz	11.28 V	20.32 V	-0.70	0.0098	2074.4	2074.2	-25.3	3.3
70002 Hz	11.30 V	20.40 V	-1.16	0.0098	2078.8	2078.4	-42.1	3.3
80008 Hz	11.40 V	20.36 V	0.82	0.0099	2056.6	2056.4	29.4	3.3
90182 Hz	11.40 V	20.40 V	0.86	0.0099	2060.6	2060.4	30.9	3.3
100284 Hz	11.40 V	20.44 V	1.68	0.0099	2064.7	2063.8	60.5	3.3
200040 Hz	11.66 V	20.44 V	1.34	0.0101	2018.6	2018.1	47.2	3.3
300180 Hz	11.78 V	20.44 V	0.02	0.0102	1998.1	1998.1	0.7	3.3
399800 Hz	11.82 V	20.48 V	1.28	0.0103	1995.2	1994.7	44.6	3.3
499880 Hz	11.80 V	20.44 V	2.74	0.0102	1994.7	1992.4	95.4	3.3
600060 Hz	11.98 V	20.56 V	5.34	0.0104	1976.2	1967.7	183.9	3.3
699680 Hz	11.96 V	20.60 V	5.80	0.0104	1983.4	1973.2	200.4	3.3
901120 Hz	11.96 V	20.56 V	-1.08	0.0104	1979.5	1979.2	-37.3	3.3
999380 Hz	12.06 V	20.56 V	-0.56	0.0105	1963.1	1963.0	-19.2	3.3
2001400 Hz	11.76 V	20.24 V	2.66	0.0102	1981.9	1979.7	92.0	3.3
3005800 Hz	11.28 V	20.00 V	14.82	0.0098	2041.7	1973.8	522.2	3.3
4000200 Hz	10.74 V	19.40 V	9.72	0.0093	2080.0	2050.2	351.2	3.3
5007000 Hz	10.34 V	19.00 V	16.36	0.0090	2115.9	2030.3	596.0	3.3
5766400 Hz	10.14 V	18.64 V	16.36	0.0088	2116.8	2031.1	596.2	3.3
5766400 Hz	10.14 V	18.64 V	16.36	0.0088	2116.8	2031.1	596.2	3.3

Tabla 57 Datos ensayo de impedancia M3 -10% 90 días.

M1 -20% - 90 DIAS

Resistencia = 584.0 Ω resistencia utilizada en el ensayo

FRECUENCIA	CHI TENSION	CH2 TENSION (V)	TIEMPO FASE	I=(Va/r)	Z=(Vb/I)	Zreal	Zimaginaria	log(10)Vb/I
Herz	Voltios (V)	Voltios (V)	Grados	Amp	Ohm	Ohm	Ohm	
60 Hz	5.97 V	14.48 V	-2.92	0.0102	1416.9	1415.1	-72.2	3.2
600 Hz	6.42 V	14.52 V	-1.50	0.0110	1321.6	1321.2	-34.6	3.1
1001 Hz	6.74 V	14.60 V	-12.00	0.0115	1265.8	1238.1	-263.2	3.1
6001 Hz	7.98 V	14.24 V	-2.40	0.0137	1041.6	1040.7	-43.6	3.0
8022 Hz	8.14 V	14.36 V	-8.20	0.0139	1029.7	1019.2	-146.9	3.0
10003 Hz	8.22 V	14.40 V	-7.60	0.0141	1022.6	1013.6	-135.2	3.0
11982 Hz	8.34 V	14.44 V	-1.52	0.0143	1011.6	1011.3	-26.8	3.0
19998 Hz	8.58 V	14.36 V	-4.98	0.0147	977.9	974.2	-84.9	3.0
30022 Hz	8.66 V	14.24 V	-5.74	0.0148	960.7	955.9	-96.1	3.0
40012 Hz	8.70 V	14.16 V	-3.90	0.0149	950.1	947.9	-64.6	3.0
50068 Hz	8.75 V	14.16 V	1.16	0.0150	944.8	944.7	19.1	3.0
60014 Hz	8.80 V	14.12 V	2.90	0.0151	937.0	935.8	47.4	3.0
70160 Hz	8.80 V	14.12 V	2.36	0.0151	937.0	936.2	38.6	3.0
80032 Hz	8.86 V	14.16 V	-3.44	0.0152	932.9	931.2	-56.0	3.0
90008 Hz	8.85 V	14.08 V	-2.44	0.0152	929.3	928.5	-39.6	3.0
99926 Hz	8.88 V	14.24 V	-2.70	0.0152	936.5	935.5	-44.1	3.0
200220 Hz	8.94 V	14.16 V	-2.20	0.0153	924.6	923.9	-35.5	3.0
300520 Hz	8.88 V	14.12 V	5.20	0.0152	928.6	924.8	84.2	3.0
399500 Hz	8.93 V	14.04 V	-1.14	0.0153	918.4	918.2	-18.3	3.0
499660 Hz	8.96 V	14.08 V	0.52	0.0153	917.7	917.7	8.3	3.0
600280 Hz	9.02 V	14.12 V	13.10	0.0155	913.8	890.0	207.1	3.0
701580 Hz	8.96 V	14.12 V	-5.76	0.0153	920.3	915.7	-92.4	3.0
801860 Hz	9.06 V	14.08 V	-5.02	0.0155	908.0	904.5	-79.5	3.0
898580 Hz	9.01 V	14.08 V	-5.74	0.0154	912.8	908.2	-91.3	3.0
1001675 Hz	8.96 V	14.05 V	-4.70	0.0153	915.7	912.7	-75.0	3.0
2001200 Hz	8.64 V	13.60 V	0.90	0.0148	919.2	919.1	14.4	3.0
2995400 Hz	8.22 V	13.16 V	19.86	0.0141	934.5	878.9	317.5	3.0
3998000 Hz	7.82 V	12.64 V	6.96	0.0134	943.5	936.5	114.3	3.0
5012800 Hz	7.41 V	12.24 V	10.66	0.0127	964.9	948.3	178.5	3.0
5997000 Hz	7.09 V	11.92 V	26.10	0.0121	982.1	882.0	432.1	3.0

Tabla 58 Datos ensayo de impedancia M1 -20% 90 días.

Valoración De Propiedades Mecánicas Y De Durabilidad De Concreto Adicionado Con Residuos De Llantas De Caucho.

M2 -20% - 90 DIAS

Resistencia = 587.3 Ω

resistencia utilizada en el ensayo

FRECUENCIA	CHI TENSION	CH2 TENSION (V)	TIEMPO FASE	I=(Va/r)	Z=(Vb/I)	Zreal	Zimaginaria	log(10)Vb/I
Herz	Voltios (V)	Voltios (V)	Grados	Amp	Ohm	Ohm	Ohm	
60 Hz	6.53 V	14.68 V	-2.46	0.0111	1320.7	1319.5	-56.7	3.1
600 Hz	6.94 V	14.68 V	0.90	0.0118	1241.6	1241.4	19.5	3.1
1003 Hz	7.15 V	14.64 V	-8.98	0.0122	1202.2	1187.4	-187.6	3.1
6007 Hz	8.05 V	14.56 V	-0.38	0.0137	1062.5	1062.5	-7.0	3.0
8007 Hz	8.19 V	14.48 V	-7.56	0.0139	1038.1	1029.1	-136.6	3.0
9996 Hz	8.27 V	14.44 V	-8.70	0.0141	1025.2	1013.4	-155.1	3.0
12014 Hz	8.40 V	14.48 V	0.42	0.0143	1012.4	1012.3	7.4	3.0
19994 Hz	8.54 V	14.44 V	-5.30	0.0145	992.6	988.3	-91.7	3.0
30002 Hz	8.61 V	14.36 V	-4.52	0.0147	979.7	976.7	-77.2	3.0
39948 Hz	8.66 V	14.32 V	-4.46	0.0147	971.6	968.6	-75.6	3.0
49976 Hz	8.67 V	14.24 V	2.58	0.0148	964.4	963.4	43.4	3.0
59982 Hz	8.66 V	14.20 V	3.48	0.0147	963.4	961.7	58.5	3.0
70252 Hz	8.70 V	14.24 V	3.94	0.0148	960.8	958.5	66.0	3.0
80018 Hz	8.70 V	14.20 V	-3.58	0.0148	958.1	956.3	-59.8	3.0
89964 Hz	8.77 V	14.24 V	-4.10	0.0149	953.8	951.4	-68.2	3.0
100116 Hz	8.74 V	14.28 V	-3.18	0.0149	960.0	958.5	-53.3	3.0
200120 Hz	8.83 V	14.24 V	-1.62	0.0150	946.9	946.5	-26.8	3.0
300280 Hz	8.80 V	14.28 V	-0.84	0.0150	953.0	952.9	-14.0	3.0
400000 Hz	8.85 V	14.24 V	0.24	0.0151	945.2	945.2	4.0	3.0
499220 Hz	8.85 V	14.08 V	-0.40	0.0151	934.6	934.5	-6.5	3.0
600000 Hz	8.88 V	14.20 V	12.28	0.0151	939.1	917.6	199.7	3.0
700100 Hz	8.86 V	14.28 V	12.44	0.0151	946.1	923.9	203.8	3.0
800100 Hz	8.85 V	14.16 V	-5.64	0.0151	939.9	935.3	-92.4	3.0
899540 Hz	8.83 V	14.24 V	-4.18	0.0150	946.9	944.4	-69.0	3.0
999600 Hz	8.86 V	14.16 V	-3.98	0.0151	938.2	935.9	-65.1	3.0
2003600 Hz	8.43 V	13.68 V	0.82	0.0144	952.8	952.7	13.6	3.0
2997200 Hz	8.03 V	13.24 V	21.32	0.0137	968.1	901.8	352.0	3.0
3998400 Hz	7.63 V	12.96 V	7.18	0.0130	997.3	989.5	124.6	3.0
5005200 Hz	8.38 V	14.44 V	22.42	0.0143	1011.5	935.0	385.8	3.0
6013200 Hz	9.15 V	15.88 V	21.28	0.0156	1019.0	949.5	369.8	3.0

Tabla 59 Datos ensayo de impedancia M2 -20% 90 días.

**Valoración De Propiedades Mecánicas Y De Durabilidad De
Concreto Adicionado Con Residuos De Llantas De Caucho.**

227

M3 - 20% - 90 DIAS

Resistencia = 508.9 Ω

resistencia utilizada en el ensayo

FRECUENCIA	CHI TENSION	CH2 TENSION (V)	TIEMPO FASE	I=(Va/r)	Z=(Vb/I)	Zreal	Zimaginaria	log(10)Vb/I
Herz	Voltios (V)	Voltios (V)	Grados	Amp	Ohm	Ohm	Ohm	
60 Hz	8.45 V	18.92 V	-2.58	0.0166	1139.7	1138.5	-51.3	3.1
601 Hz	8.64 V	18.72 V	0.94	0.0170	1102.6	1102.4	18.1	3.0
1000 Hz	8.78 V	18.84 V	-10.24	0.0173	1091.5	1074.1	-194.0	3.0
6008 Hz	10.08 V	18.60 V	-5.58	0.0198	939.0	934.6	-91.2	3.0
7989 Hz	10.24 V	18.68 V	-9.70	0.0201	928.3	915.1	-156.4	3.0
10002 Hz	10.40 V	18.65 V	-8.10	0.0204	912.6	903.5	-128.6	3.0
12022 Hz	10.54 V	18.64 V	-3.24	0.0207	900.0	898.5	-50.9	3.0
19974 Hz	10.82 V	18.60 V	-5.84	0.0213	874.8	870.3	-89.0	2.9
29994 Hz	10.98 V	18.52 V	-2.28	0.0216	858.3	857.7	-34.1	2.9
39992 Hz	11.00 V	18.44 V	-4.98	0.0216	853.1	849.9	-74.1	2.9
49970 Hz	11.00 V	18.36 V	-0.94	0.0216	849.4	849.3	-13.9	2.9
60098 Hz	11.00 V	18.36 V	-0.64	0.0216	849.4	849.3	-9.5	2.9
70108 Hz	11.04 V	18.36 V	-0.82	0.0217	846.3	846.2	-12.1	2.9
80070 Hz	11.06 V	18.40 V	-4.34	0.0217	846.6	844.2	-64.1	2.9
89982 Hz	11.08 V	18.44 V	-4.12	0.0218	846.9	844.7	-60.8	2.9
100068 Hz	11.12 V	18.20 V	-4.18	0.0219	832.9	830.7	-60.7	2.9
200500 Hz	11.20 V	18.20 V	-4.10	0.0220	826.9	824.8	-59.1	2.9
299840 Hz	11.20 V	18.28 V	2.00	0.0220	830.6	830.1	29.0	2.9
400260 Hz	11.30 V	18.16 V	-1.82	0.0222	817.8	817.4	-26.0	2.9
500420 Hz	11.24 V	18.24 V	-2.20	0.0221	825.8	825.2	-31.7	2.9
600560 Hz	11.36 V	18.20 V	8.72	0.0223	815.3	805.9	123.6	2.9
700400 Hz	11.36 V	18.24 V	-6.12	0.0223	817.1	812.4	-87.1	2.9
800280 Hz	11.32 V	18.28 V	-6.12	0.0222	821.8	817.1	-87.6	2.9
899180 Hz	11.38 V	18.32 V	-4.22	0.0224	819.2	817.0	-60.3	2.9
998320 Hz	11.34 V	18.24 V	-4.00	0.0223	818.5	816.5	-57.1	2.9
2000600 Hz	11.00 V	17.68 V	-0.74	0.0216	817.9	817.9	-10.6	2.9
3003800 Hz	10.58 V	17.28 V	4.52	0.0208	831.2	828.6	65.5	2.9
3998400 Hz	10.18 V	16.72 V	6.52	0.0200	835.8	830.4	94.9	2.9
5003600 Hz	9.73 V	16.32 V	23.58	0.0191	853.7	782.4	341.5	2.9
6004800 Hz	9.41 V	16.00 V	22.52	0.0185	865.5	799.5	331.5	2.9

Tabla 60 Datos ensayo de impedancia M3 -20% 90 días.

**Valoración De Propiedades Mecánicas Y De Durabilidad De
Concreto Adicionado Con Residuos De Llantas De Caucho.**

228

M1 - 90 DIAS 30%

Resistencia = 499.4 Ω

resistencia utilizada en el ensayo

FRECUENCIA	CHI TENSION	CH2 TENSION (V)	TIEMPO FASE	I=(Va/r)	Z=(Vb/I)	Zreal	Zimaginaria	log(10)Vb/I
Herz	Voltios (V)	Voltios (V)	Grados	Amp	Ohm	Ohm	Ohm	
60 Hz	8.16 V	19.04 V	1.36	0.0163	1165.2	1164.9	27.7	3.1
600 Hz	8.86 V	18.76 V	-1.62	0.0177	1056.9	1056.5	-29.9	3.0
1002 Hz	9.09 V	18.84 V	-11.88	0.0182	1035.3	1013.1	-213.1	3.0
5993 Hz	10.60 V	18.60 V	-5.10	0.0212	876.3	872.8	-77.9	2.9
7997 Hz	10.84 V	18.60 V	-8.72	0.0217	856.9	847.0	-129.9	2.9
10012 Hz	11.00 V	18.60 V	-8.25	0.0220	844.4	835.7	-121.2	2.9
11996 Hz	11.08 V	18.64 V	-3.80	0.0222	840.1	838.3	-55.7	2.9
20006 Hz	11.36 V	18.48 V	-7.40	0.0227	812.4	805.6	-104.6	2.9
30032 Hz	11.44 V	18.40 V	-0.32	0.0229	803.2	803.2	-4.5	2.9
39962 Hz	11.52 V	18.28 V	-5.60	0.0231	792.4	788.6	-77.3	2.9
50006 Hz	11.56 V	18.24 V	-0.18	0.0231	788.0	788.0	-2.5	2.9
60118 Hz	11.60 V	18.20 V	0.98	0.0232	783.5	783.4	13.4	2.9
70050 Hz	11.58 V	18.24 V	0.64	0.0232	786.6	786.5	8.8	2.9
79884 Hz	11.64 V	18.24 V	-3.84	0.0233	782.5	780.8	-52.4	2.9
90064 Hz	11.64 V	18.28 V	-4.08	0.0233	784.3	782.3	-55.8	2.9
97908 Hz	11.68 V	18.20 V	-4.44	0.0234	778.2	775.8	-60.2	2.9
199960 Hz	11.78 V	18.28 V	-2.92	0.0236	774.9	773.9	-39.5	2.9
300120 Hz	11.80 V	18.20 V	2.32	0.0236	770.2	769.6	31.2	2.9
400400 Hz	11.80 V	18.20 V	-1.62	0.0236	770.2	769.9	-21.8	2.9
499500 Hz	11.82 V	18.12 V	-1.98	0.0237	765.6	765.1	-26.5	2.9
601320 Hz	11.80 V	18.12 V	4.96	0.0236	766.9	764.0	66.3	2.9
700540 Hz	11.82 V	18.16 V	-5.84	0.0237	767.2	763.3	-78.1	2.9
800920 Hz	11.82 V	18.08 V	-5.20	0.0237	763.9	760.7	-69.2	2.9
900820 Hz	11.80 V	18.12 V	-4.80	0.0236	766.9	764.2	-64.2	2.9
998320 Hz	11.80 V	18.16 V	-4.22	0.0236	768.5	766.5	-56.6	2.9
1999800 Hz	11.46 V	17.56 V	0.56	0.0229	765.2	765.2	7.5	2.9
3001600 Hz	11.08 V	17.16 V	17.82	0.0222	773.4	736.3	236.7	2.9
3999600 Hz	10.60 V	16.76 V	5.14	0.0212	789.6	786.4	70.7	2.9
4990800 Hz	10.34 V	16.36 V	22.46	0.0207	790.1	730.2	301.9	2.9
6003400 Hz	9.97 V	15.88 V	21.64	0.0200	795.6	739.5	293.4	2.9

Tabla 61 Datos ensayo de impedancia M1 -30% 90 días.

**Valoración De Propiedades Mecánicas Y De Durabilidad De
Concreto Adicionado Con Residuos De Llantas De Caucho.**

M2 - 90 DIAS 30%

Resistencia = 508.8 Ω

resistencia utilizada en el ensayo

FRECUENCIA	CHI TENSION	CH2 TENSION (V)	TIEMPO FASE	I=(Va/r)	Z=(Vb/I)	Zreal	Zimaginaria	log(10)Vb/I
Herz	Voltios (V)	Voltios (V)	Grados	Amp	Ohm	Ohm	Ohm	
60 Hz	8.13 V	18.92 V	0.68	0.0160	1184.4	1184.4	14.1	3.1
601 Hz	8.58 V	18.80 V	-0.84	0.0169	1115.5	1115.3	-16.4	3.0
999 Hz	8.85 V	18.72 V	-10.36	0.0174	1076.6	1059.0	-193.6	3.0
6002 Hz	10.14 V	18.60 V	-4.03	0.0199	933.4	931.1	-65.5	3.0
8005 Hz	10.30 V	18.60 V	-8.98	0.0202	918.9	907.6	-143.4	3.0
10000 Hz	10.50 V	18.64 V	-8.14	0.0206	903.3	894.2	-127.9	3.0
11994 Hz	10.58 V	18.60 V	-3.36	0.0208	894.5	893.0	-52.4	3.0
19986 Hz	10.82 V	18.56 V	-6.06	0.0213	872.8	867.9	-92.1	2.9
30018 Hz	10.92 V	18.60 V	-0.82	0.0215	866.7	866.6	-12.4	2.9
40032 Hz	11.02 V	18.56 V	-4.40	0.0217	857.0	854.5	-65.7	2.9
50010 Hz	11.06 V	18.40 V	-1.10	0.0217	846.5	846.4	-16.3	2.9
59916 Hz	11.04 V	18.36 V	-4.24	0.0217	846.2	843.9	-62.6	2.9
70104 Hz	11.10 V	18.40 V	-0.36	0.0218	843.5	843.5	-5.3	2.9
80014 Hz	11.12 V	18.32 V	-4.94	0.0219	838.3	835.2	-72.2	2.9
89962 Hz	11.12 V	18.36 V	-3.84	0.0219	840.1	838.2	-56.3	2.9
100198 Hz	11.10 V	18.40 V	-3.62	0.0218	843.5	841.8	-53.3	2.9
199800 Hz	11.24 V	18.24 V	-4.48	0.0221	825.7	823.2	-64.5	2.9
300360 Hz	11.28 V	18.28 V	2.28	0.0222	824.6	823.9	32.8	2.9
399520 Hz	11.30 V	18.28 V	-3.46	0.0222	823.1	821.6	-49.7	2.9
500080 Hz	11.30 V	18.24 V	-3.10	0.0222	821.3	820.1	-44.4	2.9
599880 Hz	11.40 V	18.20 V	8.54	0.0224	812.4	803.3	120.6	2.9
699400 Hz	11.40 V	18.28 V	8.98	0.0224	815.9	805.9	127.4	2.9
800460 Hz	11.40 V	18.20 V	-5.10	0.0224	812.4	809.1	-72.2	2.9
898840 Hz	11.42 V	18.24 V	-5.70	0.0224	812.7	808.7	-80.7	2.9
1000240 Hz	11.34 V	18.24 V	-3.18	0.0223	818.4	817.2	-45.4	2.9
1998000 Hz	11.02 V	17.56 V	0.70	0.0217	810.8	810.8	9.9	2.9
2998200 Hz	10.60 V	17.20 V	17.70	0.0208	825.7	786.6	251.0	2.9
3997400 Hz	10.14 V	16.76 V	6.50	0.0199	841.0	835.6	95.2	2.9
5005200 Hz	9.73 V	16.20 V	9.90	0.0191	847.4	834.7	145.7	2.9
5992400 Hz	9.50 V	16.08 V	21.70	0.0187	860.9	799.9	318.3	2.9

Tabla 62 Datos ensayo de impedancia M2 -30% 90 días.

M3 - 90 DIAS 30%

Resistencia = 586.9 Ω

resistencia utilizada en el ensayo

FRECUENCIA	CHI TENSION	CH2 TENSION (V)	TIEMPO FASE	I=(Va/r)	Z=(Vb/I)	Zreal	Zimaginaria	log(10)Vb/I
Herz	Voltios (V)	Voltios (V)	Grados	Amp	Ohm	Ohm	Ohm	
60 Hz	8.14 V	19.04 V	0.24	0.0139	1372.2	1372.2	5.7	3.1
600 Hz	8.58 V	18.84 V	-3.48	0.0146	1289.4	1287.0	-78.3	3.1
1000 Hz	8.82 V	18.88 V	-9.70	0.0150	1257.0	1239.0	-211.8	3.1
6001 Hz	10.18 V	18.72 V	-3.03	0.0173	1079.3	1077.8	-57.0	3.0
7998 Hz	10.36 V	18.68 V	-8.58	0.0177	1058.3	1046.5	-157.9	3.0
10005 Hz	10.54 V	18.68 V	-8.38	0.0180	1040.2	1029.1	-151.6	3.0
11992 Hz	10.60 V	18.68 V	-3.32	0.0181	1034.4	1032.6	-59.9	3.0
19998 Hz	10.88 V	18.64 V	-5.90	0.0185	1005.6	1000.3	-103.4	3.0
30050 Hz	10.92 V	18.64 V	-1.38	0.0186	1001.9	1001.6	-24.1	3.0
40016 Hz	11.00 V	18.56 V	-4.70	0.0187	990.3	987.0	-81.1	3.0
49998 Hz	11.02 V	18.48 V	-4.32	0.0188	984.3	981.5	-74.1	3.0
60050 Hz	11.00 V	18.60 V	-0.24	0.0187	992.5	992.5	-4.2	3.0
70018 Hz	11.08 V	18.52 V	-0.50	0.0189	981.1	981.0	-8.6	3.0
80018 Hz	11.02 V	18.36 V	-4.06	0.0188	977.9	975.4	-69.2	3.0
89878 Hz	11.08 V	18.52 V	-3.40	0.0189	981.1	979.3	-58.2	3.0
99992 Hz	11.12 V	18.40 V	-3.62	0.0189	971.2	969.3	-61.3	3.0
200160 Hz	11.22 V	18.48 V	-3.90	0.0191	966.7	964.5	-65.8	3.0
300200 Hz	11.22 V	18.36 V	2.54	0.0191	960.5	959.5	42.6	3.0
400040 Hz	11.18 V	18.20 V	-2.70	0.0190	955.5	954.4	-45.0	3.0
499620 Hz	11.28 V	18.20 V	-2.60	0.0192	947.0	946.1	-43.0	3.0
598920 Hz	11.34 V	18.48 V	8.80	0.0193	956.5	945.2	146.3	3.0
699400 Hz	11.36 V	18.44 V	9.22	0.0194	952.8	940.4	152.7	3.0
800660 Hz	11.34 V	18.40 V	-5.88	0.0193	952.4	947.4	-97.6	3.0
901320 Hz	11.42 V	18.44 V	-5.02	0.0195	947.8	944.1	-82.9	3.0
999360 Hz	11.34 V	18.32 V	-4.50	0.0193	948.2	945.3	-74.4	3.0
2000200 Hz	10.94 V	17.80 V	0.62	0.0186	955.0	954.9	10.3	3.0
3000000 Hz	10.44 V	17.24 V	19.26	0.0178	969.3	915.0	319.7	3.0
3988800 Hz	9.97 V	16.88 V	6.66	0.0170	993.9	987.2	115.3	3.0
5010600 Hz	9.65 V	16.64 V	23.58	0.0164	1012.3	927.8	405.0	3.0
5995800 Hz	9.22 V	16.08 V	21.12	0.0157	1024.1	955.3	369.0	3.0

Tabla 63 Datos ensayo de impedancia M3 -30% 90 días.

ANEXO H

- **Datos Obtenidos De Migración De Cloruros – NT BUILD 492, Muestra 0%, 10%, 20% Y 30%, de adición de caucho a 28 días.**

MUESTRA	T°	L	U		t	X1	X2
	°C	mm	V		hora	mm	mm
M1-0%-28D	19.75	50	29.61		24	45	45
M2-0%-28D	20.55	49.92	29.6		24	35	40
M3-0%-28D	19.45	48.98	29.66		24	50	50
MUESTRA	X3	X4	X5	X6	X7	Xprom	Dnssm
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	m2/s
M1-0%-28D	50	45	50	45	49	47.00	2.28339E-11
M2-0%-28D	38	43	35	42	45	39.71	1.91709E-11
M3-0%-28D	47	50	50	43	45	47.86	2.27481E-11
Dnssm promedio =							2.15843E-11

MUESTRA	T°	L	U		t	X1	X2
	°C	mm	V		hora	mm	mm
M1-10%-28D	22.35	49.47	29.53		24	36.5	43.01
M2-10%-28D	22.6	51.43	29.61		24	28.92	37.65
M3-10%-28D	22.8	50.03	29.55		24	28.72	40.65
MUESTRA	X3	X4	X5	X6	X7	Xprom	Dnssm
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	m2/s
M1-10%-28D	50	47.03	44.82	41.57	37.23	42.88	2.07688E-11
M2-10%-28D	41.74	38.55	34.26	28.37	17.01	32.36	1.60004E-11
M3-10%-28D	42.25	38.33	36.28	29.47	19.25	33.56	1.62449E-11
Dnssm promedio =							1.76714E-11

Tabla 64 Datos de ensayos de migración de cloruros NT BUILD-492 Muestras 0% y 10% 28 días.

Valoración De Propiedades Mecánicas Y De Durabilidad De Concreto Adicionado Con Residuos De Llantas De Caucho.

232

MUESTRA	T°	L	U		t	X1	X2
	°C	mm	V		horas	mm	mm
M1-20%-28D	20.8	51.11	29.49		24	47.86	50.23
M2-20%-28D	20.95	53.1	29.52		24	50.5	46.43
M3-20%-28D	21.05	52.03	29.56		24	50.38	50.05
MUESTRA	X3	X4	X5	X6	X7	Xprom	Dnssm
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	m2/s
M1-20%-28D	48.05	49.1	50.26	50.26	43.03	48.40	2.42263E-11
M2-20%-28D	51.66	52.01	50.98	52.6	52.6	50.97	2.65022E-11
M3-20%-28D	49.85	49.55	45.58	40.47	29.61	45.07	2.28383E-11
Dnssm promedio =							2.45223E-11

MUESTRA	T°	L	U		t	X1	X2
	°C	mm	V		horas	mm	mm
M1-30%-28D	21.35	51.55	29.17		24	50.67	47.62
M2-30%-28D	21.75	51.01	29.17		24	50.23	49.02
M3-30%-28D	21.35	52.03	29.17		24	51.66	51.24
MUESTRA	X3	X4	X5	X6	X7	Xprom	Dnssm
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	m2/s
M1-30%-28D	43.21	40.07	38.19	25.13	16.36	37.32	1.88486E-11
M2-30%-28D	44.97	38.34	35.75	30.85	25.72	39.27	1.97098E-11
M3-30%-28D	49.75	46.32	36.68	27.82	17.87	40.19	2.05533E-11
Dnssm promedio =							1.97039E-11

Tabla 65 Datos de ensayos de migración de cloruros NT BUILD-492 Muestras 20% y 30% 28 días.

- **Datos Obtenidos De Migración De Cloruros – NT BUILD 492, Muestra 0%, 10%, 20% Y 30%, de adición de caucho a 90 días.**

MUESTRA	T°	L	U	t		X1	X2
	°C	mm	V	horas		mm	mm
M1-0%-90D	20.65	50.25	29.67	24		39.05	32.04
M2-0%-90D	20.3	49.88	29.67	24		37.37	38.85
M3-0%-90D	20.45	50.6	29.67	24		34.41	35.67
MUESTRA	X3	X4	X5	X6	X7	Xprom	Dnssm
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	m2/s
M1-0%-90D	35.49	34.33	36.56	37.98	32.29	35.39	1.70586E-11
M2-0%-90D	40.63	38.97	35.78	39.87	41.08	38.94	1.87025E-11
M3-0%-90D	39.37	41.65	34.08	31.25	29.4	35.12	1.70212E-11
Dnssm promedio =							1.75941E-11

MUESTRA	T°	L	U	t		X1	X2
	°C	mm	V	horas		mm	mm
M1-10%-90D	20.4	51.2	30.53	24		40.26	40.34
M2-10%-90D	21.25	49.88	30.53	24		3.05	24.49
M3-10%-90D	20.45	51.6	30.53	24		30.99	28.41
MUESTRA	X3	X4	X5	X6	X7	Xprom	Dnssm
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	m2/s
M1-10%-90D	30.73	36.45	41.94	38.37	37.79	37.98	1.81542E-11
M2-10%-90D	25.81	29.05	23.27	18.47	2.05	18.03	8.0625E-12
M3-10%-90D	27.56	30.87	32.61	30.68	32.79	30.56	1.45515E-11
Dnssm promedio =							1.35894E-11

Tabla 66 Datos de ensayos de migración de cloruros NT BUILD-492 Muestras 0% y 10% 90 días.

Valoración De Propiedades Mecánicas Y De Durabilidad De Concreto Adicionado Con Residuos De Llantas De Caucho.

234

MUESTRA	T°	L	U	t		X1	X2
	°C	mm	V	horas		mm	mm
M1-20%-90D	24.8	48.79	29.55	24		25.14	30.57
M2-20%-90D	24.5	51.89	29.55	24		10.15	25.8
M3-20%-90D	24.6	49.87	29.55	24		27.14	42.03
MUESTRA	X3	X4	X5	X6	X7	Xprom	Dnssm
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	m2/s
M1-20%-90D	37.7	47.56	48.79	38.21	28.21	36.60	1.74871E-11
M2-20%-90D	42.3	47.3	50	50	50	39.36	1.99964E-11
M3-20%-90D	42.8	49.5	49	40.47	40.6	41.65	2.04339E-11
Dnssm promedio =							1.93058E-11

MUESTRA	T°	L	U	t		X1	X2
	°C	mm	V	horas		mm	mm
M1-30%-90D	20.8	49.86	30.03	24		21.64	23.66
M2-30%-90D	21.2	52.6	30.03	24		20.46	24.32
M3-30%-90D	21.3	49.92	30.03	24		17.91	21.06
MUESTRA	X3	X4	X5	X6	X7	Xprom	Dnssm
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	m2/s
M1-30%-90D	26.48	31.45	49.86	49.86	49.86	36.12	1.70942E-11
M2-30%-90D	27.13	37.24	52.6	52.6	52.6	38.14	1.90678E-11
M3-30%-90D	24.91	27.49	33.25	49.92	49.92	32.07	1.51262E-11
Dnssm promedio =							1.70961E-11

Tabla 67 Datos de ensayos de migración de cloruros NT BUILD-492 Muestras 20% y 30% 90 días.

ANEXO I

- **Datos obtenidos de densidades, muestra 0%, 10%, 20% Y 30%.**

MUESTRAS	PESO	AREA	ALTURA	DENSIDAD
	gr	cm ²	cm	gr/cm ³
M1-0%-3D	3759	83.32	19.90	2.27
M2-0%-3D	3721	80.12	19.90	2.33
M3-0%-3D	3683	78.54	20.00	2.34
M1-10%-3D	3603	80.12	20.10	2.24
M2-10%-3D	3723	81.71	20.20	2.26
M3-10%-3D	3634	78.54	20.00	2.31
M1-20%-3D	3344	76.98	19.90	2.18
M2-20%-3D	3542	80.12	20.00	2.21
M3-20%-3D	3508	80.12	19.90	2.20
M1-30%-3D	3252	76.98	19.70	2.14
M2-30%-3D	3451	80.12	19.80	2.18
M3-30%-3D	3382	81.71	19.90	2.08
M1-0%-7D	3761	81.71	20.17	2.28
M2-0%-7D	3732	81.23	20.10	2.29
M3-0%-7D	3455	81.71	19.80	2.14
M1-10%-7D	3536	80.12	20.20	2.18
M2-10%-7D	3548	78.54	20.20	2.24
M3-10%-7D	3654	80.12	20.00	2.28
M1-20%-7D	3519	78.54	19.90	2.25

MUESTRAS	PESO	AREA	ALTURA	DENSIDAD
	gr	cm ²	cm	gr/cm ³
M2-20%-7D	3356	80.12	19.90	2.10
M3-20%-7D	3583	80.12	19.90	2.25
M1-30%-7D	3442	78.54	19.90	2.20
M2-30%-7D	3562	80.12	20.10	2.21
M3-30%-7D	3462	80.12	20.00	2.16
M1-0%-28D	3635	78.54	19.90	2.33
M2-0%-28D	3614	78.54	19.80	2.32
M3-0%-28D	3586	78.54	19.70	2.32
M1-10%-28D	3517	78.54	19.80	2.26
M2-10%-28D	3543	78.54	19.90	2.27
M3-10%-28D	3534	78.54	19.80	2.27
M1-20%-28D	3635	80.12	19.80	2.29
M2-20%-28D	3707	80.91	20.20	2.27
M3-20%-28D	3513	80.12	19.90	2.20
M1-30%-28D	3427	80.12	19.90	2.15
M2-30%-28D	3243	78.54	19.80	2.09
M3-30%-28D	3507	81.71	20.00	2.15
M1-0%-90D	3820	81.71	20.30	2.30
M2-0%-90D	3756	81.71	20.30	2.26
M3-0%-90D	3689	80.12	20.00	2.30
M1-10%-90D	3536	81.71	20.00	2.16
M2-10%-90D	3445	78.54	20.10	2.18
M3-10%-90D	3679	80.12	19.90	2.31
M1-20%-90D	3635	80.12	19.80	2.29
M2-20%-90D	3619	80.12	20.20	2.24
M3-20%-90D	3585	80.12	20.00	2.24
M1-30%-90D	3520	80.12	20.00	2.20
M2-30%-90D	3479	80.12	19.90	2.18
M3-30%-90D	3307	76.98	19.80	2.17
Densidad Promedio		0%	2.29	g/cm ³
		10%	2.25	g/cm ³
		20%	2.23	g/cm ³
		30%	2.16	g/cm ³

Tabla 68 Datos densidades del concreto muestras 0%, 10%, 20% y 30%