

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

EVALUACIÓN DE LA ADHERENCIA ENTRE EL ACERO DE REFUERZO Y EL CONCRETO ESTRUCTURAL, AL INCORPORAR ACEITE RESIDUAL PROVENIENTE DE LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ A LA MEZCLA DE CONCRETO

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela

Por los Brs.:

Arellano, M. Carlos, G.

De Abreu, G. Juan, A.

Para optar al Título de

Ingeniero Civil

Caracas, Junio 2012

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

EVALUACIÓN DE LA ADHERENCIA ENTRE EL ACERO DE REFUERZO Y EL CONCRETO ESTRUCTURAL, AL INCORPORAR ACEITE RESIDUAL PROVENIENTE DE LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ A LA MEZCLA DE CONCRETO

Tutor académico: Profe. Trino Baloa.

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela

Por los Brs.:

Arellano, M. Carlos, G.

De Abreu, G. Juan, A.

Para optar al Título de

Ingeniero Civil

Caracas, Junio 2012

Por la presente certifico que he leído el Trabajo Especial de Grado **“EVALUACIÓN DE LA ADHERENCIA ENTRE EL ACERO DE REFUERZO Y EL CONCRETO ESTRUCTURAL, AL INCORPORAR ACEITE RESIDUAL PROVENIENTE DE LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ A LA MEZCLA DE CONCRETO”**, desarrollado por los bachilleres: Carlos Giovanni Arellano Mogollón y Juan Alexander De Abreu Gomez, para optar por el título de Ingeniero Civil, y lo encuentro apropiado tanto en su contenido como en su formato y apariencia externa.

Considerando que cumple con los requisitos exigidos por la Escuela de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA, autorizo que se proceda a la entrega de los ejemplares respectivos ante el Departamento de Ingeniería Estructural, para que sea sometido a evaluación por parte del jurado examinador que se le sea designado.

En Caracas, a los 8 días del mes de Junio del año 2012.

Trino Baloa

ACTA

El día _____ Se reunió el jurado formado por los profesores:

_____.

_____.

_____.

Con el fin de examinar el Trabajo Especial de Grado “**EVALUACIÓN DE LA ADHERENCIA ENTRE EL ACERO DE REFUERZO Y EL CONCRETO ESTRUCTURAL, AL INCORPORAR ACEITE RESIDUAL PROVENIENTE DE LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ A LA MEZCLA DE CONCRETO**” Presentado ante la Ilustre Universidad Central de Venezuela para optar por el Título de **INGENIERO CIVIL**.

Una vez oída la defensa oral que los bachilleres hicieron de su Trabajo Especial de Grado, este jurado decidió las siguientes calificaciones:

NOMBRE	CALIFICACION	
	Números	Letras
Br. Carlos Giovanni Arellano Mogollón		
Br. Juan Alexander De Abreu Gomez		

Recomendaciones:

_____.

FIRMAS DEL JURADO

_____.

_____.

_____.

Caracas, ____ de ____ de 2012

DEDICATORIA

A mis Padres

Carmen y Carlos,

A mis Hermanas

Carolina y Damelis

Sin su amor y apoyo incondicional no lo hubiese logrado!

Carlos Arellano

A mis Padres

Antonio De Abreu y Teresa Gomez De Abreu

A mis Hermanos

Yessika y Tony

Juan A. De Abreu G.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres Carmen y Carlos por guiar mis pasos, por brindarme todo su cariño y amor, por apoyarme en todo momento a lograr esta meta. Muchísimas gracias los quiero un mundo.

A mis hermanas Carolina y Damelis, gracias de corazón por sus consejos y ayuda incondicional cuando las necesité.

A mis amigos de la Universidad, en especial a Nayriuska, Juan, Mervin, Lourdes, Tania, Samuel, Francisco, que me acompañaron desde los inicios incluso antes de comenzar la carrera, siempre estuvieron ahí de verdad mil gracias.

Al Programa Samuel Robinson, por darme la oportunidad y las herramientas necesarias para emprender esta carrera en la mejor casa de estudio: la UUUCV.

A todo el personal del laboratorio de concreto de la Fábrica Nacional de Cemento por todo el apoyo prestado durante la elaboración de este trabajo, en especial al señor Mario, María, Génesis, Michel, Charles y Robert.

Al Profesor Trino Baloa por ayudarnos a llevar a cabo este proyecto con sus consejos y ayuda oportuna e incondicional.

A todo el personal del IMME, por colaborar en la realización de los ensayos que se hicieron en estas instalaciones.

Y a todas y cada una de las personas que nos ayudaron de forma desinteresada a conseguir esta meta, muchísimas gracias.

Carlos Arellano.

A la Santísima Trinidad y a la Santísima Virgen María, mis padres celestiales. A su reflejo en la Tierra Antonio de Abreu y María Teresa Gomez De Abreu, a ellos todo honor y toda gloria.

A mis hermanos, a mis abuelos, a mis tíos, mis primos, a nuestras amistades cercanas, a mis compañeros de la UCV, al Programa introductorio Samuel Robinson por creer en nosotros y darnos la oportunidad de ser ingenieros.

A mis profesores, todos, Dios los bendiga... al equipo de trabajo del laboratorio de la FNC CSC y para cerrar a Carlos Arellano y al Profesor Trino Baloa.

Juan A. De Abreu G.

Arellano, M. Carlos, G.

De Abreu, G. Juan, A.

**EVALUACIÓN DE LA ADHERENCIA ENTRE EL ACERO DE REFUERZO Y EL
CONCRETO ESTRUCTURAL, AL INCORPORAR ACEITE RESIDUAL
PROVENIENTE DE LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ EN A LA MEZCLA DE
CONCRETO.**

Tutor académico: Prof. Trino Baloa.

**Trabajo Especial de Grado. Ciudad Universitaria de Caracas, Facultad
de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Civil. 2011. n° pág. 146.**

Palabras Clave: Concreto reforzado, Lubricantes Residuales, Resistencia a la compresión, Adherencia, Durabilidad del concreto.

RESUMEN

En este Trabajo Especial de Grado se evaluó el comportamiento de la adherencia entre el concreto estructural y el acero de refuerzo al incorporar en la mezcla de concreto aceite lubricante residual proveniente de la industria automotriz. En principio, se elaboró el diseño de mezcla con porcentajes de aceite 0,15; 0,35; 0,55; 0,75; y 0,90% en peso del cemento, contemplando para cada diseño una resistencia $f'c$ de 210 Kg/cm². Se evaluó la resistencia a compresión promedio a los 7, 14 y 28 días y su tendencia indica que para los porcentajes de 0,15% y 0,35% aumenta su capacidad resistente en relación a su respectiva muestra patrón en un 13% mientras que para los demás porcentajes (0,55; 0,75; 0,90%) la resistencia disminuye, confirmando así, que existe un limite en el cual la cantidad de aceite que se incorpora al concreto resulta útil y al transgredirlo disminuye su calidad resistente. El promedio de resultados a compresión de todos los cilindros elaborados se sintetizó en una grafica en la cual se proyecto la línea de mejor ajuste, en ella, se contempla que el porcentaje óptimo de aceite lubricante residual es de 0,17%.

A partir de este porcentaje óptimo se elaboraron otras mezclas útiles para la evaluación de las características físicas del nuevo concreto mediante ensayos de: tiempo de fraguado, peso unitario, compresión, modulo de rotura, tracción indirecta, Tiempo de propagación de ondas y la Adherencia entre las barras de acero de $\frac{1}{2}$ " y el concreto. También se evaluó la durabilidad del concreto con aceite residual a través de ensayos de absorción, erosión por cepillado y cambios bruscos de temperatura. En general, el comportamiento de la muestra con porcentaje óptimo y la muestra patrón son similares en cuanto a durabilidad. Mientras que para los demás ensayos, el resultado de mayor relevancia muestra que la adherencia disminuye en 10% al agregar 0,17% de lubricante residual. Concluyéndose que para la resistencia alcanzada, este concreto puede usarse en pavimentos rígidos o en otros elementos de concretos que no requieran fundamentalmente de acero de refuerzo para soportar importantes esfuerzos de tracción, aunque los ensayos demostraron que la adherencia acero-concreto no disminuye considerablemente, es recomendable profundizar el estudio de la adherencia para diámetros mayores a los usados en este trabajo.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	23
CAPÍTULO I.....	24
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	24
I.1 El problema de la investigación.....	24
I.2 Objetivos	27
I.2.1 Objetivo General	27
I.2.2 Objetivos Específicos	27
I.3 Justificación.....	29
CAPITULO II.....	30
MARCO TEÓRICO.....	30
II.1 Concreto	30
II.1.1 Características del Concreto Fresco.....	30
II.1.1.1 Reología.....	31
II.1.1.2 Fluidez	31
II.1.1.3 Compactibilidad	31
II.1.1.4 Estabilidad a la segregación	32
II.1.1.5 Trabajabilidad	32
II.2 Ensayos	32
II.2.1 Medición de asentamiento con el Cono de Abrams.....	33
II.2.2 Tiempo de fraguado del concreto	33
II.3 Proceso de curado.....	33
II.4 Concreto Endurecido	34

II.4.1	Peso Unitario	34
II.4.2	Inspección Visual	35
II.4.3	Velocidad de pulso ultrasónico	35
II.5	Resistencia mecánica	37
II.5.1	Módulo de elasticidad	37
II.5.2	Ensayos de Resistencia a la Compresión.....	38
II.6	Durabilidad en el concreto.	38
II.6.1	Ensayos de durabilidad.	38
II.6.1.1	Ensayo de absorción.....	39
II.6.1.2	Ensayo de Erosión.	39
II.6.1.3	Resistencia del concreto a cambios bruscos de temperatura	39
II.7	Acero de refuerzo para el concreto.....	40
II.7.1.	Producción de Acero.....	41
II.7.2.	Aceros de refuerzo. Definiciones y clasificación.	42
II.7.2.1.	Acero	42
II.7.2.2.	Acero al Carbono	42
II.7.2.3.	Aceros al carbono comunes.....	43
II.7.2.4.	Aceros aleados	44
II.8	Propiedades normativas de las barras de acero.....	44
II.8.1	Resistencia a la Tracción (Fsu).....	44
II.8.2	Limite elástico (Fy).....	44
II.8.3	Resaltes	45
II.8.4	Clasificación de los aceros de refuerzo	46

II.8.5 Designación	47
II.9 Adherencia desarrollada entre el concreto y el acero usado como refuerzo.....	47
II.10 Ensayo para la determinación de la adherencia desarrollada entre el concreto y el acero usado como refuerzo.	51
II.11 Aceites Lubricantes.....	53
II.11.1 Aceites de base mineral.....	54
II.11.2 Aceites sintéticos	54
CAPITULO III.....	55
MARCO METODOLÓGICO.....	55
Etapa N°1.....	55
Etapa N°2:.....	55
Etapa N°3.....	55
Etapa N°4.....	56
Etapa N°5.....	56
Etapa N°6.....	57
Etapa N°7.....	57
III.1 Búsqueda y recopilación de Información	58
III.2 Diseño y Preparación de la Mezcla de Concreto	58
III.3 Determinación del peso unitario en probetas de concreto de 10x20 cm.	65
III.4 Ensayo de Compresión de probetas de concreto de 10x20 cm.	67
III.5 Ensayo de tracción indirecta de cilindros de concreto de 15x30 cm	68

III.6 Ensayo de tracción por flexión en viguetas de concreto de 15x15x75 cm	70
III.7 Ensayo de Ultrasonido en probetas de concreto de 15x30cm..	72
III.8 Ensayo para la determinación del tiempo de fraguado en el concreto fresco	74
III.9 Ensayo de Absorción	75
III.10 Ensayo de erosión por cepillado	77
III.11 Ensayo de resistencia del concreto a cambios bruscos de temperatura	78
III.12 Ensayo para la determinación del límite elástico convencional de las barras de refuerzo	80
III.13 Ensayo para la determinación de la adherencia entre el concreto y el acero de refuerzo	82
III.14 Comparación con mezclas patrones.....	86
CAPÍTULO IV	87
RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	87
IV.1 Caracterización del Lubricante	87
IV.2 Caracterización de Agregados Finos, Agregados Gruesos y Cemento Portland Tipo 1-R.....	88
IV.3 Diseño y Preparación de la Mezcla de Concreto.....	90
IV.4 Resultados de Ensayos de Compresión.....	91
IV.5 Tendencia de las curvas de Resistencia a la compresión en función de la edad de ensayo	103
IV.6 Resistencias promedios a los 28 días de las tres (3) mezclas para obtener el porcentaje (%) óptimo de Lubricante Residual.	105

IV.7 Resistencias promedios a los 28 días de las 3 mezclas y los valores de resistencia a compresión para 1% de de lubricante residual obtenidos del TEG de González y Santana (2011).....	107
IV.8 Tiempo de Fraguado	108
IV.9 Ensayos de Compresión (Cilindros de control)	110
IV.10 Ensayo de Peso Unitario	112
IV.11 Ensayo de Tracción indirecta	114
IV.12 Ensayo Módulo de Rotura	117
IV.13 Ensayo de Ultrasonido	119
IV.14 Ensayo de Absorción.....	122
IV.15 Ensayo de Erosión por cepillado	124
IV.16 Cambios bruscos de temperatura.....	125
IV.17 Ensayo de Tracción de barras de Acero de diámetro ½”	128
IV.17.1 Propiedades de las barras de refuerzo.....	128
IV.18 Límite elástico convencional de las barras de acero ½”	129
IV.19 Ensayo de Adherencia	130
CAPÍTULO V	136
CONCLUSIONES.....	136
CAPÍTULO VI	140
RECOMENDACIONES	140
REFERENCIAS	142
NORMAS USADAS	143

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Detalles de la descripción geométrica de las barras con resaltes. Fuente: Norma COVENIN 316 (2000).....	45
Figura 2. Diferencia entre el comportamiento de un elemento con refuerzo adherido y otro con refuerzo no adherido. Fuente: (González & Robles, 2005). Aspectos fundamentales del concreto reforzado. Pág. 262	49
Figura 3. Esfuerzos de adherencia ocasionados por flexión. Fuente: (Nilson, 2001) <i>Diseño de estructuras de concreto</i> . Pág. 158	50
Figura 4. Correcta colocación de probeta de ensayo de adherencia en cabezales de máquina universal de ensayos. Fuente: Norma COVENIN 1667-80	52
Figura 5. Aspecto general de Probeta cilíndrica usada en los ensayos de adherencia. Fuente: Norma COVENIN 1667-80	53
Figura 6. Cálculo de la humedad de la Arena.....	61
Figura 7. Materiales luego de ser pesados.....	61
Figura 8. Incorporación de los materiales al trompo.....	61
Figura 9. Medición en cilindro graduado del lubricante residual	62
Figura 10. Trompo en proceso de mezclado.	62
Figura 11. Medición del Asentamiento.....	63
Figura 12. Disposición inicial del cono de Abraham.	63
Figura 13. Colocación, Compactación y Enrasado de las probetas.....	64
Figura 14. Probetas cilíndricas sumergidas en la piscina de curado.	65
Figura 15. Toma del peso de probetas cilíndricas en balanza.....	66
Figura 16. Ensayo de Compresión de cilindros de 10x20 cm. Fuente: Elaboración propia	67

Figura 17. Maquina Universal de Ensayo del IMME.	68
Figura 18. Colocación inicial de probeta y Falla tipo de ensayo de tracción indirecta.....	69
Figura 19. Maquina para ejecución de ensayo de modulo de rotura.	70
Figura 20. Vaciado, pesado y medición de probetas prismáticas de 15x15x75.....	71
Figura 21. Marcación, colocación y ejecución de ensayo de probetas prismáticas de 15x15x75.....	71
Figura 22. Toma de pulso ultrasónico en probetas cilíndricas de 25x30. ...	73
Figura 23. Ensayo de Tiempo de Fraguado.....	74
Figura 24. Toma de peso y colocación de probetas cilíndricas en el horno.	76
Figura 25. Secado al horno y cepillado de probetas para ensayos de erosión.	78
Figura 26. Colocación de Probetas en cava para ensayo de cambios brusco de temperaturas	79
Figura 27. Marcado de la barra de acero SV4S60, colocación de la barra en la máquina universal de ensayo y disposición del extensómetro – Ensayo de Tracción.....	81
Figura 28. Forma de falla de la barra SV4S60 - Cuello de estricción característico	82
Figura 29. Barras de 1/2", Refuerzos helicoidal y disposición de encofrados antes del vaciado	83
Figura 30. Colocación de la mezcla de concreto, compactado de la probeta y enrazado final	84
Figura 31. Curado de probetas para ensayo de adherencia.....	84

Figura 32. Colocación de probeta en la maquina universal de ensayo..... 85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Contenidos máximos de elementos admisibles en el acero al carbono	43
Tabla 2. Clasificación del acero para la elaboración de las barras con resaltes.....	46
Tabla 3. Números en octavos de pulgadas para designar las barras, peso nominal, diámetro nominal, área nominal de las secciones transversales y requisitos de los resaltes y las nervaduras.....	47
Tabla 4. Resistencia a Compresión de Concreto ($F'c= 210 \text{ kgf/cm}^2$) a los 7 días de la Mezcla N°1	91
Tabla 5. Resistencia a Compresión de Concreto ($F'c= 210 \text{ kgf/cm}^2$) a los 7 días de la Mezcla Réplica N°1.....	96
Tabla 6. Resistencia a Compresión de Concreto ($F'c= 210 \text{ kgf/cm}^2$) a los 7 días de la Mezcla Réplica N°2.....	100
Tabla 7. Resistencias promedios de las tres Mezclas de acuerdo a la edad de ensayo ($F'c=210 \text{ Kgf/cm}^2$)	103
Tabla 8. Resumen de las Resistencias promedios a los 28 días ($F'c_{28}=210\text{Kgf/cm}^2$)	105
Tabla 9. Resumen de las Resistencias promedios a los 28 días y Resistencia para 1% de lubricante Residual ($F'c_{28}=210\text{Kgf/cm}^2$).....	107
Tabla 10. Resultados del tiempo de Fraguado final del concreto $F'c=210 \text{ Kgf/cm}^2$	109

Tabla 11. Resumen de Resultado ensayos de compresión de los cilindros control	110
Tabla 12. Resumen de las Resistencias promedios de los cilindros control	111
Tabla 13. Pesos Unitario de concreto $F'c=210 \text{ Kg/cm}^2$	113
Tabla 14. Resumen de resultados ensayo de Tracción indirecta del concreto usando probetas cilíndricas ($F'c=210 \text{ Kg/cm}^2$)	115
Tabla 15. Promedio General de ensayo de Tracción indirecta del concreto usando probetas cilíndricas ($F'c=210 \text{ Kg/cm}^2$)	116
Tabla 16. Resumen de resultados del ensayo para determinar de la resistencia a la flexión en vigas de concreto ($F'c=210 \text{ Kg/cm}^2$) simplemente apoyadas con cargas en los extremos del tercio central.....	117
Tabla 17. Promedio General Módulo de Rotura del concreto ($F'c_{28}=210 \text{ Kg/cm}^2$).....	118
Tabla 18. Resumen de resultados ensayo Ultrasonido en probetas de concreto ($F'c=210 \text{ Kg/cm}^2$)	119
Tabla 19. Promedio General Velocidad Promedio de pulso ultrasónico en concreto ($F'c_{28}=210 \text{ Kg/cm}^2$)	121
Tabla 20. Resumen de resultados del ensayo de Absorción promedio del concreto ($F'c=210 \text{ Kg/cm}^2$).....	122
Tabla 21. Promedio General % de Absorción en concreto ($F'c_{28}=210 \text{ Kg/cm}^2$).....	123
Tabla 22. Resumen de resultados del ensayo de Erosión promedio del concreto ($F'c=210 \text{ Kg/cm}^2$).....	124
Tabla 23. Cambios bruscos de temperatura. Observaciones físicas relevantes y Rc_{28} de probetas patrones y óptimas en contenido de aceite.....	126

Tabla 24. Resumen de las Propiedades de las barras de refuerzo ½"	128
Tabla 25. Resumen de Propiedades de las barras de acero 1/2"	129
Tabla 26. Resultados de los cálculos de Esfuerzos de Adherencia acero – concreto ($F'_c=210 \text{ Kgf/cm}^2$)	132
Tabla 27. Resumen de resultados de Esfuerzos de Adherencia acero – concreto ($F'_c=210 \text{ Kgf/cm}^2$)	133

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Resistencia Promedio a los 7 días ($F'c7=210 \text{ Kgf/cm}^2$) Mezcla N°1	92
Gráfico 2. Resistencia Promedio a los 14 días ($F'c14=210 \text{ Kgf/cm}^2$) Mezcla N°1	93
Gráfico 3. Resistencia Promedio a los 28 días ($F'c14=210 \text{ Kgf/cm}^2$) Mezcla N°1	94
Gráfico 4. Comportamiento en el tiempo de las resistencias promedios ($F'C=210 \text{ Kgf/cm}^2$) Mezcla N°1.....	95
Gráfico 5. Resistencia Promedio a los 7 días ($F'c7=210 \text{ Kgf/cm}^2$) Replica N°1	96
Gráfico 6. Resistencia Promedio a los 14 días ($F'c14=210 \text{ Kgf/cm}^2$) Replica N°1	97
Gráfico 7. Resistencia Promedio a los 28 días ($F'c28=210 \text{ Kgf/cm}^2$) Replica N°1	98
Gráfico 8. Comportamiento en el tiempo de las resistencias promedios ($F'C=210 \text{ Kgf/cm}^2$) Replica N°1	99
Gráfico 9. Resistencia Promedio a los 7 días ($F'c7=210 \text{ Kgf/cm}^2$) Replica N°2	100
Gráfico 10. Resistencia Promedio a los 14 días ($F'c14=210 \text{ Kgf/cm}^2$) Replica N°2	101
Gráfico 11. Resistencia Promedio a los 28 días ($F'c28=210 \text{ Kgf/cm}^2$) Replica N°2	101
Gráfico 12. Comportamiento en el tiempo de las resistencias promedios ($F'C=210 \text{ Kgf/cm}^2$) Replica N°2.....	102

Gráfico 13. Comportamiento de Resistencias promedios de las tres Mezclas de acuerdo a la edad de ensayo ($F'C=210 \text{ Kgf/cm}^2$).....	104
Gráfico 14. Resistencias Promedio General ($F'c_{28}=210\text{Kgf/cm}^2$).....	105
Gráfico 15. Resistencia Promedio para 1% de lubricante Residual ($F'c_{28}=210 \text{ Kgf/cm}^2$).....	108
Gráfico 16. Tiempo de fraguado final en concreto	109
Gráfico 17. Comportamiento en el tiempo de las Resistencia Promedio ($F'c=210 \text{ Kgf/cm}^2$) - Mezcla N°1.....	110
Gráfico 18. Comportamiento en el tiempo de las Resistencia Promedio ($F'c=210 \text{ Kgf/cm}^2$) - Mezcla N°2	111
Gráfico 19. Comportamiento en el tiempo de las Resistencia Promedio ($F'c=210 \text{ Kgf/cm}^2$) para ambas Mezclas	111
Gráfico 20. Peso Unitario en concreto ($F'c=210 \text{ Kgf/cm}^2$).....	113
Gráfico 21. Peso Unitario en concreto ($F'c=210 \text{ Kgf/cm}^2$) contra % Aceite Lubricante Residual.....	114
Gráfico 22. Resistencia a la tracción del concreto ($F'c_{28}=210 \text{ Kgf/cm}^2$)...	115
Gráfico 23. Resistencia Promedio a la tracción del concreto ($F'c_{28}=210 \text{ Kgf/cm}^2$) contra % de Aceite lubricante residual.....	116
Gráfico 24. Módulo de Rotura del concreto ($F'c_{28}=210 \text{ Kgf/cm}^2$).....	117
Gráfico 25. Módulo de Rotura promedio del concreto ($F'c_{28}=210 \text{ Kgf/cm}^2$) contra % de Aceite lubricante residual	118
Gráfico 26. Velocidad Promedio de pulso ultrasónico en concreto ($F'c_{28}=210 \text{ Kgf/cm}^2$).....	120
Gráfico 27. Velocidad Promedio de pulso ultrasónico en concreto ($F'c_{28}=210 \text{ Kgf/cm}^2$) contra % de Aceite Lubricante Residual	121
Gráfico 28. % de Absorción promedio del concreto ($F'c_{28}=210 \text{ Kgf/cm}^2$)	122

Gráfico 29. % de Absorción Promedio ($F'c_{28}=210 \text{ Kgf/cm}^2$) contra % de Aceite Lubricante Residual.....	123
Gráfico 30. % Erosión Promedio del Concreto ($F'c_{28}=210 \text{ Kgf/cm}^2$) contra % de Aceite Lubricante Residual.....	124
Gráfico 31. Resistencias Promedios a cambios bruscos de temperatura ($F'c_{28}=210 \text{ Kgf/cm}^2$).....	128
Gráfico 32. Esfuerzo contra Deformación en barras de acero 1/2"	129
Gráfico 33. Esfuerzos de Adherencia acero-concreto ($F'c_{28}=210 \text{ Kgf/cm}^2$) Muestras patrón - Mezclas N°1 y N°2	131
Gráfico 34. Esfuerzos de Adherencia acero-concreto ($F'c_{28}=210 \text{ Kgf/cm}^2$) Óptimo 0,17% - Mezclas N°1 y N°2.....	131
Gráfico 35. Esfuerzos de Adherencia acero - concreto ($F'c_{28}=210 \text{ Kgf/cm}^2$)	133
Gráfico 36. Esfuerzos Promedio de Adherencia acero – concreto ($F'c_{28}=210 \text{ Kgf/cm}^2$).....	134

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo, contempla la evaluación del concreto reforzado con cierto contenido de aceite residual recuperado de vehículos automotores luego que el lubricante ha finalizado su vida útil. Estos residuos son abundantes y despreciables económicamente, por tal motivo son dispuestos de forma incorrecta en cuerpos de agua, vertidos en el suelo o quemados sin control causando daños irreversibles al medio ambiente, razones suficientes para proponer una nueva alternativa de uso a estos aceites incorporándolos al concreto estructural como uno más de sus componentes. Al término de este trabajo especial de grado se conocerá si es aceptable o no la nueva mezcla de concreto con aceite residual.

Para tales fines, se elaboraron mezclas de concreto de mediana resistencia con cantidades de aceite que van de 0,15% a 0,90% en peso del cemento, y se ensayaron las probetas resultantes para comparar su resistencia con probetas patrones que poseen cantidades similares de agua, agregados y cemento. Luego de hallar la mezcla de concreto con contenido de aceite residual óptimo en cuanto a compresión, se valoraron las características físicas de éste nuevo material y finalmente se evaluó la adherencia de cada probeta con barras de acero de media pulgada, elemento encargado de absorber los esfuerzos traccionantes en el concreto armado.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

I.1 El problema de la investigación

En la actualidad, más de mil millones de vehículos automotores transitan a diario las carreteras de todo el mundo y éste número podría aumentar en un 20% para el 2015, según cifras oficiales de R.L. Polk & Co. (2008), una prestigiosa firma estadounidense, especialista en investigaciones del área automotriz. Esta gran cantidad de vehículos sugiere una creciente necesidad por transportar bienes, productos, servicios y personas, pero en contraposición de las virtudes que los automóviles proporcionan están los daños que causan al ecosistema.

También, es de conocimiento público que los residuos generados por los vehículos automotores atentan contra la salud y el medio ambiente, siendo uno de los más agresivos el aceite lubricante residual, que en un principio, fue la sustancia viscosa encargada de lubricar las piezas mecánicas del motor de los vehículos, que se mueven y engranan unas con otras, suavizando el roce y disminuyendo el deterioro del material. Nash (1991), explica que estos residuos deben ser retirados de los automóviles cada cierto tiempo o kilometraje recorrido, el tipo de vehículo y las especificaciones que dicte el fabricante. Esto indicará en qué momento deberá sustituirse en su totalidad el lubricante, que para entonces ya habrá perdido sus propiedades iniciales.

La empresa Española Depuroil,S.A. (1999), organización que se dedica al reciclaje de aceites industriales para el desarrollo sostenible, indica que los aceites residuales generados por la industria automotriz a nivel mundial representan más del 60% del total de aceites lubricantes consumidos, pudiendo alcanzar la cifra de hasta 24 millones de Toneladas de aceite usado al año. Constituye así, uno de los residuos contaminantes más abundantes que se generan actualmente en todo el mundo.

Ante la gran cantidad de vehículos existentes y el vertiginoso crecimiento del parque automotor mundial, resulta necesario crear alternativas de uso para los lubricantes residuales, pues se sabe que por ser abundantes y despreciables económicamente, un porcentaje elevado de estos aceites son dispuestos de forma incorrecta en cuerpos de agua, quemados o arrojados directamente al suelo.

En Venezuela la generación, uso, recolección, almacenamiento, transporte, tratamiento, y disposición final de los residuos sólidos o líquidos están regulados por el Ministerio del Poder Popular para el Ambiente (MPPA), a través de la Ley Sobre Sustancias, Materiales y Desechos Peligrosos (2001). Sin embargo, a pesar del gran esfuerzo por crear políticas de reciclaje que disminuyan el impacto ambiental, no se tienen claramente especificados los lineamientos para reutilizar los aceites minerales.

Por otra parte, son pocos los estudios acerca del posible uso de dicho residuo en la industria de la construcción. No obstante, se tiene como antecedente la investigación de Santana y González (2011), trabajo en el cual se concluye que la mezcla con 1% de aceite residual recuperados de los camiones de la Fábrica Nacional de Cemento (FNC), es la que más se asemeja a la mezcla patrón y que a pesar de no aumentar la resistencia mejora otras propiedades físicas del concreto,

como lo son la densidad de la mezcla, aumento del tiempo de fraguado, entre otras.

Por esta razón, en la presente investigación se propone realizar la evaluación del uso del aceite residual proveniente de los camiones de la FNC, como componente adicional en la mezcla de concreto, en dosificaciones menores al 1% en peso del cemento, y estudiar su comportamiento mediante ensayos de resistencia a compresión. Además, estudiar la durabilidad y características físicas; así como la adherencia entre el acero de refuerzo y el concreto; característica mecánica del concreto armado, de suma importancia para garantizar el buen funcionamiento del mismo, pues el concreto aporta la resistencia a la compresión; y las barras estriadas de acero la resistencia a la tracción.

I.2 Objetivos

I.2.1 Objetivo General

Evaluar la adherencia entre el acero de refuerzo y el concreto estructural, al incorporar a la mezcla de concreto aceite lubricante residual proveniente de la industria automotriz.

I.2.2 Objetivos Específicos

1. Estimar la resistencia a compresión de cilindros de concreto, cuya mezcla contienen 0,15%; 0,35%; 0,55%; 0,75% y 0,90% de aceite lubricante residual proveniente de la industria automotriz.
2. Analizar los resultados obtenidos de los ensayos de compresión de cilindros, cuya mezcla contienen del 0,15% al 0,90% de aceite lubricante residual.
3. Comparar los resultados de resistencia a compresión de un concreto estructural de 210 Kgf/cm² y un concreto que contiene del 0,15% al 0,90% de aceite lubricante residual.
4. Determinar la mezcla cuyo contenido de aceite lubricante residual resulte óptimo luego de ser ensayada a compresión.
5. Estimar la durabilidad y las características físicas de la mezcla cuyo contenido de aceite lubricante residual resulte óptimo.

6. Estimar la adherencia entre el acero de refuerzo y el concreto estructural, cuya mezcla contiene el porcentaje óptimo de aceite lubricante residual.

7. Analizar y comparar los resultados de la adherencia entre el acero de refuerzo y el concreto estructural de 210 Kgf/cm² y un concreto cuya mezcla contiene el porcentaje óptimo de aceite lubricante residual.

I.3 Justificación

A pesar que el aceite residual se considera un agente contaminante para el ambiente, se puede clasificar la misma como un material peligroso recuperable, según lo especificado en la Ley sobre sustancias, materiales y desechos peligrosos (2001), en el Artículo 9-11, el cual, puede ser aprovechado con un propósito diferente.

Es por esto, que al finalizar este trabajo de Investigación, enfocado en la evaluación del uso de lubricante residual de la industria automotriz como aditivo en la mezcla de concreto estructural, se generaran importantes aportes en diversas áreas. En primer lugar, se ofrece a la sociedad la posibilidad de emplear una nueva alternativa en la reutilización de Lubricantes Residuales, incorporándolos en la mezcla de concreto estructural, revalorando así, una sustancia fácil de adquirir, considerada perjudicial para la salud y el medio ambiente.

En segundo lugar, hacer un aporte al desarrollo de la Tecnología del Concreto en el país, promoviendo nuevas tendencias en la práctica de la elaboración del concreto estructural e incentivando a futuros investigadores a que lleven a cabo nuevas búsquedas. Adicionalmente, contribuir a la expansión y desarrollo de nuevos conocimientos en el campo de la construcción a partir de una propuesta innovadora para el reciclaje de residuos de la industria automotriz.

Por otra parte, la evaluación del concreto estructural con contenido de lubricante residual, permitirá enriquecer la línea de investigación de nuevos materiales de construcción a partir de desechos industriales del Instituto de Materiales y Modelos Estructurales (IMME) y finalmente, será un documento informativo para la Fábrica Nacional de Cementos, en su búsqueda y exploración para mejorar y proponer nuevas mezclas de concreto estructural.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

II.1 Concreto

El concepto de concreto, que más se ajusta a este trabajo es el descrito por Nilson (2001), el cual enuncia que dicho material es el resultado de una mezcla cuidadosamente proporcionada de cemento, agua, arena, y agregado grueso; que luego se endurece en moldes o encofrados con la forma y dimensiones deseadas.

Por su parte, Porrero (2004) plantea un concepto más elaborado que también es pertinente, el cual discretiza al concreto u hormigón como un material que se puede considerar compuesto por dos partes: una es un producto pastoso y moldeable, que tiene la propiedad de endurecer con el tiempo; la otra son trozos rocosos rodeados por esa pasta. A su vez, la pasta está constituida por agua, y un producto conglomerante, que es el cemento. El agua, cumple la doble tarea de dar fluidez a la mezcla y de reaccionar químicamente con el cemento, lo que conlleva al endurecimiento del mismo.

II.1.1 Características del Concreto Fresco

Se considera concreto fresco al material en estado fluido, es decir, cuando sus componentes han sido mezclados hasta que comienzan a endurecer, lo que se denomina como periodo plástico. Durante éste periodo, se considera que el concreto se transportará para su colocación en moldes o encofrados y posteriormente será compactado o vibrado.

Para Porrero (2004), el estado de plasticidad varía de acuerdo a la localidad donde se lleve a cabo el mezclado, así como de las condiciones climáticas de la misma. Esto se debe, a que en lugares cálidos y secos el estado fresco dura menos tiempo que en localidades húmedas y frías.

II.1.1.1 Reología

Éste término se emplea para agrupar las características físicas del concreto en estado fresco, las cuales posibilitan su manejo y posterior compactación. Estas características principales son: Fluidez, compactibilidad y estabilidad a la segregación.

II.1.1.2 Fluidez

La fluidez describe la calidad del flujo o viscosidad que indica el grado de movilidad que puede tener la mezcla. En un sentido general, la palabra trabajabilidad se puede adoptar como un sinónimo de fluidez.

En el manual Método para la dosificación de hormigones de García Balado (1982), el término “trabajabilidad”, se emplea para describir la facilidad o dificultad de colocar y terminar el concreto en una determinada estructura. Para cada tipo de obra existe una trabajabilidad adecuada, la cual dependerá del tamaño y forma de los elementos que la componen, así como de la disposición del acero colocado.

II.1.1.3 Compactibilidad

Cuando la mezcla es vibrada, se hace más fluida y puede así distribuirse más uniformemente, envolviendo el acero de armadura y ocupando todos los espacios del encofrado antes de endurecer. Dicha propiedad se conoce como tixotropía, que no es más, que el endurecimiento en reposo y fluidificación en

movimiento; y es la característica que permite la compactibilidad de la mezcla y su adaptación al molde.

II.1.1.4 Estabilidad a la segregación

Los componentes del concreto son físicamente heterogéneos: líquido (agua), polvo (cemento y arena), fragmentos de piedra y una pequeña fracción de aire, cuya mezcla tiene la natural tendencia a separarse unos de otros. La separación del agua de los restantes componentes de la mezcla, cuando queda flotando sobre el material recién colocado, se conoce como “exudación” o “sangrado” y tiene su propio desarrollo evolutivo. Por otro lado, la tendencia a separarse los granos gruesos del mortero, es lo que se conoce como segregación, y se relaciona con la cantidad y el tamaño de los granos.

II.1.1.5 Trabajabilidad

En la tecnología del concreto la palabra “trabajabilidad” se emplea con dos acepciones distintas. Una, general, con la cual se designa al conjunto de propiedades del concreto que permiten manejarlo sin que se produzca segregación, colocarlo en los moldes y compactarlo adecuadamente. La otra acepción, es específica para designar el asentamiento medido por el procedimiento normalizado del Cono de Abrams. Ésta segunda acepción es discutible porque, en realidad, el ensayo es sólo parcialmente representativo del conjunto de propiedades referidas.

II.2 Ensayos

Para observar y cuantificar las características del concreto fresco y endurecido se emplean varios ensayos normalizados, cuyos resultados permiten

obtener valores que pueden ser aceptados o rechazados según el criterio de cada norma. Estos ensayos se explican a continuación:

II.2.1 Medición de asentamiento con el Cono de Abrams

La norma venezolana COVENIN 339:2003 “Concreto. Método de ensayo para la medición del asentamiento con el Cono de Abrams”, contempla el método para la medición del asentamiento del concreto fresco, tanto en obras como en el laboratorio, mediante el uso del Cono de Abrams. Entre las limitaciones de este ensayo se deben mencionar que sólo es útil para concretos con agregados pétreos, tamaños máximos menores a 5 centímetros y con relativa plasticidad.

II.2.2 Tiempo de fraguado del concreto

Se estima a través de una varilla cilíndrica de hierro utilizada para controlar el tiempo de fraguado del concreto. Según la Norma COVENIN 352:1979 “Método de ensayo para determinar el tiempo de fraguado de mezclas de concreto por resistencia a la penetración”. Dicha norma, indica que el fraguado inicial es cuando la aguja logra penetrar 25 mm de la pasta y el final es determinado cuando la aguja normalizada no puede penetrar la pasta, debido al endurecimiento de la misma.

II.3 Proceso de curado

El término curado, se utiliza tanto para describir el proceso natural por medio del cual el concreto de cemento hidráulico madura y desarrolla sus propiedades mecánicas típicas del material en estado endurecido; como para describir las acciones tomadas por el constructor para mantener el concreto húmedo y dentro de un rango de temperatura adecuada, de tal manera que se promueva la hidratación del cemento.

En el primer sentido, el tiempo de curado del concreto se refiere al lapso en el cual se desarrollan las reacciones químicas del cemento con el agua, sin que se realice acción alguna; mientras que en el segundo sentido, se refiere al tiempo durante el cual se ejecutan acciones específicas para mantener el concreto en las condiciones favorables de humedad y temperatura, como pueden ser aplicarle agua, cubrirlo del medio ambiente, calentarlo, etc. Este proceso es de gran importancia debido a que previene la pérdida de agua por evaporación superficial en la masa de concreto evitando la aparición de grietas por retracción plástica.

Para efectos de este trabajo especial de grado se tomó como método de curado la inmersión de las probetas de concreto en agua saturada de cal ya que el laboratorio disponía de piscinas aptas para tal fin.

II.4 Concreto Endurecido

II.4.1 Peso Unitario

Se calcula al dividir el peso del material entre el volumen que este ocupa. En el sistema técnico, se mide en kilopondios por metro cúbico (kp/m^3). En el Sistema Internacional de Unidades, en newton por metro cúbico (N/m^3). (Porrero, 2009).

$$P_u = P/V \quad (\text{Ecuación II.4.1})$$

Donde:

PU: Peso unitario (kg/dm^3)

P: Peso del material (kg)

V: Volumen que ocupa el material (dm^3)

II.4.2 Inspección Visual

Observación, clasificación y documentación de daños visibles en la superficie expuesta del concreto con el fin de realizar mapas de daños, indicando: grietas, erosión, picadura superficial y estallido.

II.4.3 Velocidad de pulso ultrasónico

Según la norma COVENIN 1681-1980 “Método de ensayo para determinar la velocidad de propagación de ondas en el concreto”, se debe emplear un aparato de ensayo que cuente con un generador de pulsos eléctricos de alta frecuencia, un transductor (transforma pulsos eléctricos en impulsos mecánicos), un circuito receptor, un dispositivo de calibración y una unidad de lectura que permita registrar tiempos comprendidos en un rango mínimo de 20 microsegundos a 1000 microsegundos con aproximación del 1%.

Se recomienda que las zonas de aplicación de los transductores estén limpias y secas, se procederá a presionar los transductores firmemente contra la superficie del concreto, se debe aplicar previamente vaselina u otro material similar en la superficie de contacto, a menos, que se utilicen transductores puntuales a fin de garantizar un buen acoplamiento entre el transductor y el concreto.

Se deberá verificar, si la señal recibida no es definida (baja relación señal/ruido), comprobar si se ha cumplido con las condiciones iniciales para realizar el ensayo (zonas de contacto limpias y secas), y si el aparato que se utiliza, tiene la potencia adecuada para cubrir la distancia de medición.

Una vez logradas las condiciones ideales, se tomara la lectura del tiempo de paso de la onda a lo largo de la probeta con aproximación del 1%, por otra

parte también se medirá la distancia entre los dos puntos de aplicación de los transductores (base de medición), con aproximación del 1%.

Finalmente, se procederá al cálculo de la velocidad de propagación de la onda en el seno del concreto, se calcula con aproximación de 1m/s, como se indica a continuación:

$$V = \frac{L}{t} \quad (\text{Ecuación II.4.3.1})$$

Donde:

V = Velocidad de propagación de la onda, [Km/s]

L = Base de medición [mm]

t = Tiempo de paso de la onda, en microsegundos.

Según su velocidad ultrasónica el concreto se clasifica como:

$V > 4575$ Excelente

$4575 > V > 3660$ Bueno

$3660 > V > 3050$ Cuestionable

$3050 > V > 2135$ Pobre

$V < 2135$ Muy pobre

Donde, V: Velocidad en m/s

II.5 Resistencia mecánica

En una estructura, el concreto se encuentra sometido a sollicitaciones variadas (compresión, corte, tracción, flexotracción, agentes agresivos y otras). No es práctico llevar a cabo ensayos de control que analicen todos los estados tensionales, pero se ha establecido la costumbre de realizar ensayos destructivos a compresión simple sobre probetas normalizadas e inferir, a partir de sus resultados, los valores de otras características mecánicas tales como resistencia a la tracción o al corte.

II.5.1 Módulo de elasticidad

El módulo de elasticidad (E_c), se define como una relación entre la tensión aplicada y la deformación unitaria producida. Para el rango elástico, la tensión (f), se mide en kgf/cm^2 ; y la deformación unitaria (ϵ), es adimensional (mm/mm), por lo que las unidades de módulo son las mismas que las de la tensión.

El concreto no es un material perfectamente elástico que se ajuste a la Ley de Hooke. En cualquiera de los rangos de carga presenta los dos comportamientos:

Elástico y plástico; al retirar la carga que se le aplico, sólo recupera parcialmente la deformación alcanzada.

Si el concreto es sometido a ciclos de carga y descarga, cada vez se va haciendo más elástico: su deformación remanente entre cargas es menor y su módulo de elasticidad más estable. Durante esos ciclos, la estructura interna del concreto pareciera reacomodarse, este comportamiento se aplica en algunos procedimientos normalizados para determinar E_c .

II.5.2 Ensayos de Resistencia a la Compresión

La resistencia de un concreto se determina al conocer el promedio de los resultados de los ensayos válidos, sobre un conjunto de probetas normalizadas, en una fecha determinada y, siguiendo un procedimiento establecido; su valor es tomado como referencia de calidad.

II.6 Durabilidad en el concreto.

Los elementos de concreto armado se encuentran dispuestos a la intemperie inmediatamente después de ser desencofrados, la durabilidad a la abrasión y desgaste que las estructuras de concreto armado ofrezcan, no sólo depende del diseño de mezcla, sino que también del ambiente de exposición y las condiciones de trabajo las cuales es sometido el concreto.

Si se garantiza una compactación máxima de la mezcla de concreto a la hora de vaciar, las medidas de control son estrictas y se evitan recubrimientos delgados; la durabilidad podrá aumentar considerablemente, además se recomiendan tratamientos superficiales con siliconas, aceites minerales penetrantes. Es importante resaltar, que las condiciones que pudieran ser adecuadas para ciertas circunstancias pueden no serlo para otras, es por ello, que los aspectos involucrados para obtener un concreto durable no pueden considerarse únicos.

II.6.1 Ensayos de durabilidad.

Los ensayos de durabilidad, son de fácil aplicación y bastante prácticos, normalmente estos ensayos son aplicados en mezclas de Lodo-cemento, aunque también encuentran su aplicación práctica en la mezcla de concreto y se realizan en éste caso para verificar si existe una reacción adversa en la mezcla de

concreto, producto de la incorporación de aceite residual proveniente de la industria automotriz.

El Instituto de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad Central de Venezuela, aplica los ensayos de durabilidad en mezcla de concreto no estandarizadas o concebidas indiferente a los estatutos normativos, precisamente para captar en las nuevas mezclas alguna reacción física no deseada.

II.6.1.1 Ensayo de absorción.

La norma ASTM C 642-97; *“Standard Test Method for Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete”* (Método de prueba estándar para determinar la densidad, absorción y vacíos en el concreto endurecido,) propone las pautas para el ensayo de absorción. Al igual que en los agregados, éste ensayo se realiza para estimar el contenido de agua que la nueva mezcla de concreto es capaz de absorber tras haber estado sumergida en la piscina de curado.

II.6.1.2 Ensayo de Erosión.

En este ensayo, se estima la capacidad que tiene la nueva mezcla de mantenerse intacta ante el desgaste y la abrasión de agentes físicos y mecánicos. La técnica empleada es la del cepillado, y consiste en un movimiento suave del cepillo que va rosando la probeta de concreto igual número de veces hacia arriba y hacia abajo. Este ensayo, es recomendado si el elemento de concreto armado se encuentra expuesto al contacto parcial con agua de mar.

II.6.1.3 Resistencia del concreto a cambios bruscos de temperatura

El Instituto de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad Central de Venezuela, propone éste ensayo para estimar la resistencia del concreto, con componentes distintos a los tradicionales, luego de ser sometido a cambios de

temperatura extremos y así evaluar si fueron alteradas sus características físicas y su resistencia mecánica a la compresión, o si por el contrario, su comportamiento resistente no se ve alterado.

El ensayo, es de modo práctico y básicamente consiste en someter una probeta de concreto de 28 días de edad, a una temperatura de 105 °C durante 24 horas, para luego sacarlas del horno e inmediatamente ser introducidas en la piscina de curado durante un periodo mayor a 24 horas. Luego, se extraen de la piscina de curado y se dejan secar a temperatura ambiente durante 15 minutos y se observa si se aprecian grietas en la superficie de la probeta, cambio de color, de masa o cualquier otra característica física observable distinta de las probetas patrón, elaboradas con la misma dosificación. Posteriormente, se somete la probeta a compresión para evaluar su resistencia, observar cómo reacciona ante la aplicación de los esfuerzos y detallar si fallan los agregados o la pasta.

II.7 Acero de refuerzo para el concreto

En el concreto armado, el acero de refuerzo aporta ductilidad y mayor resistencia a la tracción, la disposición que las barras de acero ocupan en el elemento estructural les permite confinar el concreto, resistir esfuerzos torsionales, fuerzas cortantes, evitar el agrietamiento y reducir deformaciones a largo plazo. En combinación con el concreto, el acero de refuerzo garantiza el buen comportamiento de las estructuras ante solicitaciones sísmicas y gravitacionales, reduciendo en lo posible daños que conlleven al desplome de la edificación.

La norma Venezolana COVENIN 1753 (2006), en su capítulo 2, define los aceros de refuerzos como el conjunto de barras, mallas o alambres que se colocan dentro del concreto para resistir tensiones conjuntamente con éste. Entre los aspectos más importantes que deben resaltarse en planos estructurales, se

encuentra la clasificación del acero utilizado y la resistencia cedente “fy” del acero de refuerzo con la cual se a diseñado cada parte de la estructura.

En su acepción más amplia Porrero J. (2009), define el acero como una aleación de hierro y carbono conformable en caliente que puede tener presente, en forma intencional o no, pequeñas cantidades de otros elementos. Gómez (2010), explica, que el hierro cambia su estructura atómica de forma significativa en presencia de pequeñas cantidades de aleaciones, mediante el calentamiento y el enfriamiento. El acero, que es una aleación de carbono y hierro, se fabrica en diversos tipos mediante la variación del porcentaje de carbono que se añade al hierro fundido y el control de su enfriamiento, lo cual afecta la estructura del producto y por consiguiente sus propiedades.

II.7.1. Producción de Acero.

En Venezuela, la fabricación de barra en acero es llevada a cabo por las empresas: Siderúrgica del Orinoco (SIDOR), localizada en el noroeste del estado Bolívar; la compañía Siderúrgica Zuliana, C.A. (SIZUCA), localizada en Ciudad Ojeda, Estado Zulia; la compañía Siderúrgica Venezolana (SIVENSA), en la localidad de Antímamo, Distrito Federal y en el estado Bolívar, así como también la Siderúrgica del Turbio (SIDETUR), que está en el estado Lara. Los largos comerciales de las cabillas son de 6m, 9m y 12m; aunque en la actualidad las cabillas de largo 9m han mermado en el mercado venezolano.

Las barras de acero para el refuerzo del concreto que producen las empresas siderúrgicas Venezolanas son: la barra con resalte o corrugada, barra lisas de diámetro ¼” (6,35mm) y mallas electrosoldadas con resaltes o lisas. La primera se usa en todo tipo de elemento estructural, el empleo de barras lisas solo está permitido en zonas de baja sismicidad y las mallas electrosoldadas se usan, principalmente, para controlar los esfuerzos por retracción y temperatura

presentes en el concreto en miembros planos tales como: losas, muros, pavimentos, paredes prefabricadas y otros. (Porrero J., 2009).

II.7.2. Aceros de refuerzo. Definiciones y clasificación.

La clasificación de los aceros de refuerzo, se indican claramente en la norma Venezolana COVENIN 316 (2000), "*Barras y rollos de acero con resaltes para uso como refuerzo estructural*" y en la norma COVENIN 803-89, "Aceros. Definiciones y clasificación" en ellas se establecen los requisitos que deben cumplir las barras de acero al carbono de baja aleación laminados en caliente, para ser utilizados como refuerzo estructural en concreto armado. Como definiciones importantes de estas normas se encuentran:

II.7.2.1. Acero

Acero es toda aleación de hierro-carbono, capaz de ser deformado plásticamente; con tenores mínimos y máximos de carbono del orden de 0,008% y 2,0%, respectivamente, pudiendo contener otros elementos de aleación, así como también impurezas inherentes al proceso de fabricación.

II.7.2.2. Acero al Carbono

Es una relación de hierro-carbono que contiene, además, otros elementos cuyas proporciones no exceden los límites indicados en la tabla 1.

Tabla 1. Contenidos máximos de elementos admisibles en el acero al carbono

ELEMENTO	PORCENTAJE MÁXIMO
Manganeso + Silicio	2,00
Manganeso	1,65
Silicio	0,50
Cobre	0,40
Plomo	0,40
Niquel	0,30
Cromo	0,30
Aluminio	0,10
Vanadio	0,10
Tungsteno	0,10
Cobalto	0,10
Bismuto	0,10
Zirconio	0,10
Selenio	0,10
Telurio	0,10
Molibdeno	0,08
Niobio	0,05
Titanio	0,05
Lantánidos	0,05
Otros (excepto C, P, S, N y O)	0,05
Boro	0,008

Fuente: Porrero J., et al (2009). Manual del concreto estructural, pág. 424

II.7.2.3. Aceros al carbono comunes

Aceros cuyo principal elemento aleante es el carbono y contiene magnesio hasta 1,0% máximo. Dentro de este grupo se encuentran:

- Con bajo contenido de carbono. ($C \leq 0,25\%$)
- Con medio contenido de carbono. ($0,25\% < C \leq 0,50\%$)
- Con alto contenido de carbono. ($C > 0,50\%$)

II.7.2.4. Aceros aleados

Son aceros que contienen elementos de aleación en porcentajes superiores a los establecidos para el acero al carbono, con el fin de conferirle determinadas propiedades particulares.

II.8 Propiedades normativas de las barras de acero

Con el fin asegurar un comportamiento adecuado entre el acero de refuerzo y el concreto estructural, es necesario definir especificaciones normativas que establezcan las características deseadas de las barras que serán empleadas como armadura. Para ello, la norma COVENIN 316 “Barras y rollos de aceros con resaltes, para uso como refuerzo estructural”, especifica un conjunto de parámetros de control que se dan a continuación:

II.8.1 Resistencia a la Tracción (F_{su})

Corresponde al punto más alto de la curva esfuerzo-deformación unitaria, no es la tensión que se produce antes de la rotura de la probeta y es el resultado de dividir la carga máxima aplicada a la probeta de ensayo entre el área de sección inicial. La norma COVENIN 1753 “Proyectos de Construcción de obras en concreto estructural”, lo denomina “Resistencia de rotura”.

II.8.2 Limite elástico (F_y)

Es la tensión máxima a la que puede someterse un material, que al dejar de actuar no produce deformaciones permanentes en él. Sus unidades están dadas en (Kgf/cm^2).

II.8.3 Resaltes

Salientes discontinuos no paralelos al eje longitudinal de la barra, distribuidos uniformemente sobre su periferia en dos o más filas longitudinales. En una misma fila se pueden presentar una o más series de resaltes. En todos los casos los resaltes de una misma serie debe tener igual forma y dimensiones.

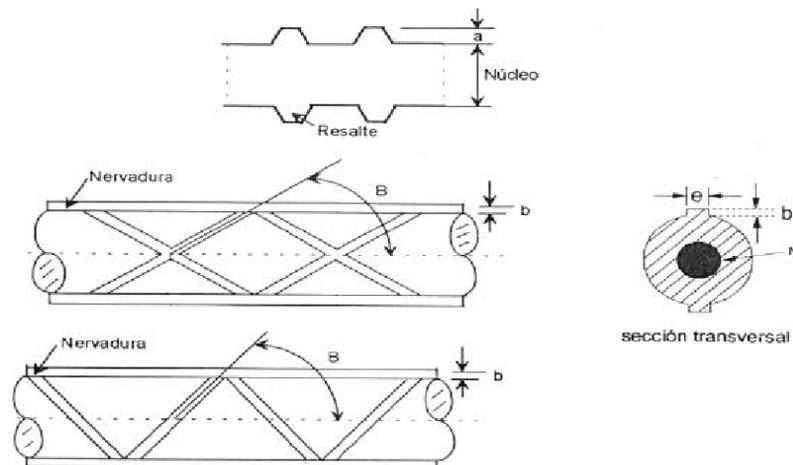


Figura 1. Detalles de la descripción geométrica de las barras con resaltes. Fuente: Norma COVENIN 316 (2000).

De la figura anterior se conoce como:

a: Altura del resalte

b: Altura de la nervadura

c: Espaciamiento entre dos resaltes consecutivos

e: Separación (ancho de la nervadura)

B: Ángulo de inclinación de los resaltes

N: Núcleo de la barra de acero

II.8.4 Clasificación de los aceros de refuerzo

La norma COVENIN 316 (2000), clasifica el acero para la elaboración de las barras y rollos con resaltes de acuerdo con su proceso de fabricación y sus características de soldabilidad y se denota de la siguiente manera:

- a) Una letra mayúscula indicativa del proceso de fabricación y de las características de soldabilidad del acero, según:

S = Aceros al carbono con o sin microaleantes no soldables a temperatura ambiente, se incluyen en esta categoría los aceros al carbono termotratados.

W = Aceros al carbono con o sin microaleantes soldables a temperatura ambiente.

- b) Un guión separador, y un número que representa el límite elástico nominal del acero, expresado en kgf/mm². La descripción de esta clasificación se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2. Clasificación del acero para la elaboración de las barras con resaltes

	Límite elástico nominal (fy), kgf/mm ² (ksi)	28 (40)	42 (60)	50 (70)
S	Acero al carbono con o sin microaleantes no soldable a temperatura ambiente	S-40	S-60	S-70
W	Acero al carbono con o sin microaleantes soldable a temperatura ambiente.	W-40	W-60	W-70

Fuente: Norma COVENIN 316 (2000), pág. 4.

II.8.5 Designación

Las barras y rollos a los que se refiere la norma COVENIN 316 (2000), se designan de acuerdo con su diámetro nominal, tanto en pulgadas como en milímetros. Para la designación en pulgadas se usa el diámetro nominal expresado en octavos de pulgadas, tal como se describe en la Tabla 3.

Tabla 3. Números en octavos de pulgadas para designar las barras, peso nominal, diámetro nominal, área nominal de las secciones transversales y requisitos de los resaltes y las nervaduras.

Número de designación	Peso lineal nominal Kg/m	Diámetro nominal mm	Área nominal de la sección transversal mm ²	Requisitos de los resaltes y de las nervaduras (Véase Figura 1)			
				Promedio máximo del espaciamiento (c) mm	Promedio mínimo de la altura (a) mm	Máxima separación (e) (Nervadura de 12,5% del perímetro nominal) mm	Máxima separación (e) (Nervadura de 25% del perímetro nominal) mm
3	0,559	9,530	71,330	6,700	0,380	3,741	7,481
4	0,994	12,700	126,670	8,900	0,510	4,985	9,970
5	1,554	15,880	198,060	11,100	0,710	6,233	12,466
6	2,237	19,050	285,020	13,300	0,970	7,477	14,954
7	3,044	22,220	387,770	15,500	1,120	8,721	17,443
8	3,977	25,400	506,700	17,800	1,270	9,970	19,939
9	5,059	28,650	644,650	20,100	1,420	11,246	22,491
10	6,403	32,260	817,370	22,600	1,630	12,661	25,323
11	7,906	35,810	1007,170	25,100	1,800	14,057	28,114
14	11,383	43,000	1452,200	30,100	2,160	16,878	34,893
18	20,237	57,330	2581,400	40,100	2,590	22,431	44,863

Nota: Otras designaciones pueden fabricarse por convenio previo entre comprador y productor.

Fuente: Norma COVENIN 316 (2000), pág. 4.

II.9 Adherencia desarrollada entre el concreto y el acero usado como refuerzo

Hace algunos años, cuando se utilizaban barras lisas, es decir, sin deformaciones en la superficie, la resistencia de adherencia inicial, según Nilson (2001), era provista únicamente de la unión química y por la fricción mecánica, relativamente débil, entre el acero y el concreto. Park & Paulay (1988), comparten

esta idea argumentando que muy raramente se aplica carga externa directamente al refuerzo, el acero puede recibir su participación de la carga sólo del concreto que lo rodea.

Por su parte, González & Robles (2005), concuerdan en que es necesario que en los elementos de concreto reforzado exista adherencia entre el concreto y la barra de refuerzo, de manera que ambos materiales estén íntimamente ligados entre sí, de no existir adherencia, el comportamiento de los elementos es ineficiente.

En la figura 4, se ilustra la diferencia del comportamiento entre un elemento con refuerzo adherido y otro en el que el refuerzo se encuentra libre dentro de la masa de concreto. En el primer caso (figura 4 a), los esfuerzos en el acero varían a lo largo del elemento, ya que son prácticamente proporcionales a la magnitud del momento flexionante. En cambio, en el segundo caso el esfuerzo en el acero es constante a lo largo del claro, ya que, como las barras están libres, el elemento se comporta como un arco atirantado y no como una viga, formando grietas en la parte inferior del concreto donde la adherencia es poca o nula y manteniéndose sano por encima, en la parte sombreada de la figura 4 b.

Por otra parte, la fuerza de tensión en el extremo de la figura 4 b, es mayor que en el extremo de la figura 4 a, porque en los extremos es mayor el momento flexionante. Para que la barra este en equilibrio, deben existir fuerzas distribuidas en su superficie, que son originadas por esfuerzos de adherencia entre el concreto y el acero.

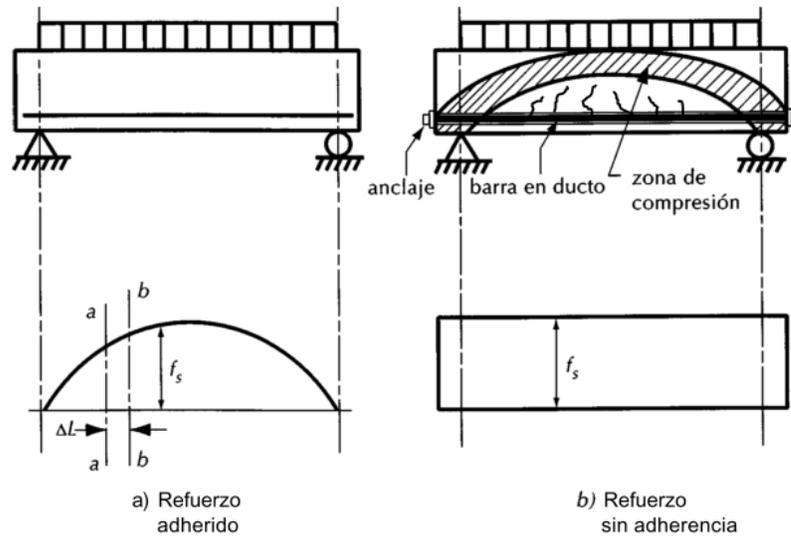


Figura 2. Diferencia entre el comportamiento de un elemento con refuerzo adherido y otro con refuerzo no adherido. Fuente: (González & Robles, 2005). Aspectos fundamentales del concreto reforzado. Pág. 262

Nilson (2001), explica por medio de la figura 5, que las fuerzas de adherencia que actúan en la interface del concreto, como resultado de la flexión, son iguales y contrarias a las presentes a lo largo del refuerzo que tiene resaltos. Esta reacción, es la denominada fuerza de adherencia que impide el deslizamiento entre ambos materiales.

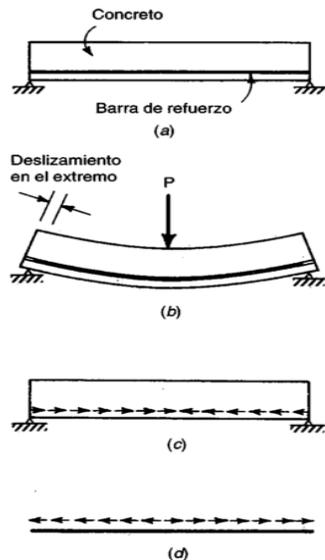


Figura 3. Esfuerzos de adherencia ocasionados por flexión. Fuente: (Nilson, 2001) *Diseño de estructuras de concreto*. Pág. 158

En este sentido, si se utilizan barras de refuerzo lisas para la construcción de vigas y columnas de concreto reforzado y se somete la estructura a fuerzas laterales, típicas de los sismos, en conjunto con cargas gravitacionales importantes, el concreto deslizará en la superficie del refuerzo sin transmitir la tensión necesaria para que ambos elementos trabajen en conjunto, de manera que el esfuerzo se concentrara en los anclajes del acero, que de ser ineficientes propiciarán la falla por tracción en los elementos.

Por el contrario, las barras de refuerzo con adecuado resalte se apoyan en el concreto circundante lo que produce un incremento importante de la resistencia de adherencia tal como lo plantea Nilson (2001), en el capítulo 5 de su libro *Diseño de estructuras de concreto*.

Pues entonces, queda en evidencia la importancia de los resaltes en las barras de refuerzo del concreto armado y tal sugerencia fue asumida por la norma COVENIN 1753 (2006), prohibiendo terminantemente el uso de refuerzos no estriados en zonas sísmica y si se pretende experimentar la inclusión de aceites en la mezcla de concreto, el estudio de la adherencia entre el acero de refuerzo y el concreto es fundamental la evaluación de la adherencia entre ambos materiales.

II.10 Ensayo para la determinación de la adherencia desarrollada entre el concreto y el acero usado como refuerzo.

La norma Venezolana COVENIN 1667-80, es la encargada de proponer el método de ensayo para la determinación de valores comparativos de la adherencia desarrollada entre el concreto y el acero usado como refuerzo, por medio del método de extracción.

La misma, establece la forma para determinar los efectos que las variaciones en las propiedades del concreto, producen sobre la adherencia entre el concreto y el acero de refuerzo. Este método se utiliza como ensayo de aceptación, rutina e investigación y se ofrece como alternativa válida para ser empleada ya sea en su totalidad, o con modificación para cumplir con las necesidades especificadas.

La probeta para el ensayo de adherencia resulta ser de compleja elaboración, en principio se debe fijar la longitud de desarrollo de adherencia entre el acero y el concreto que siempre es menor a 30 cm (el alto de la probeta cilíndrica de concreto), evitar el contacto entre la cabilla de acero y en concreto es posible con el uso de una manguera plástica la cual se coloca entre los dos materiales, la colocación del zuncho que envuelve la probeta es imprescindible para generar el confinamiento que garantiza la total adherencia entre el acero de

refuerzo y el concreto estructural, la correcta elaboración de esta probeta se reflejara en los resultados arrojados tanto por la maquina de ensayo universal como por el extensómetro colocado sobre la probeta cilíndrica.

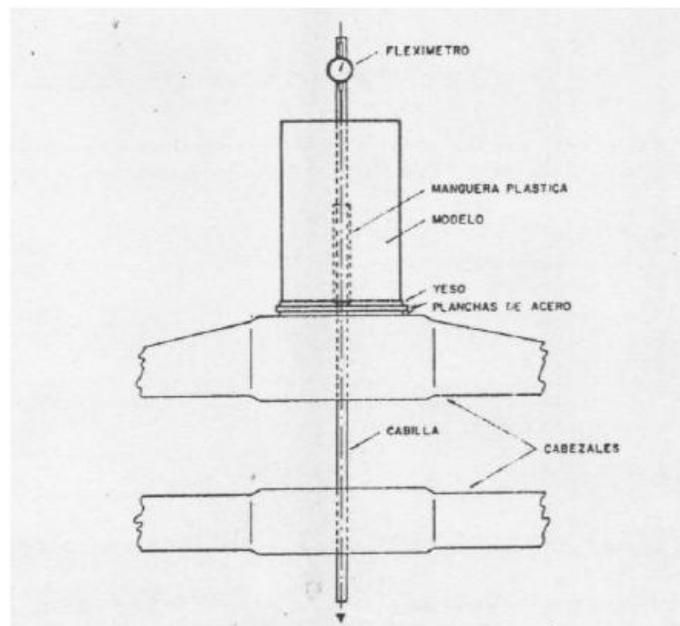


Figura 4. Correcta colocación de probeta de ensayo de adherencia en cabezales de máquina universal de ensayos. Fuente: Norma COVENIN 1667-80

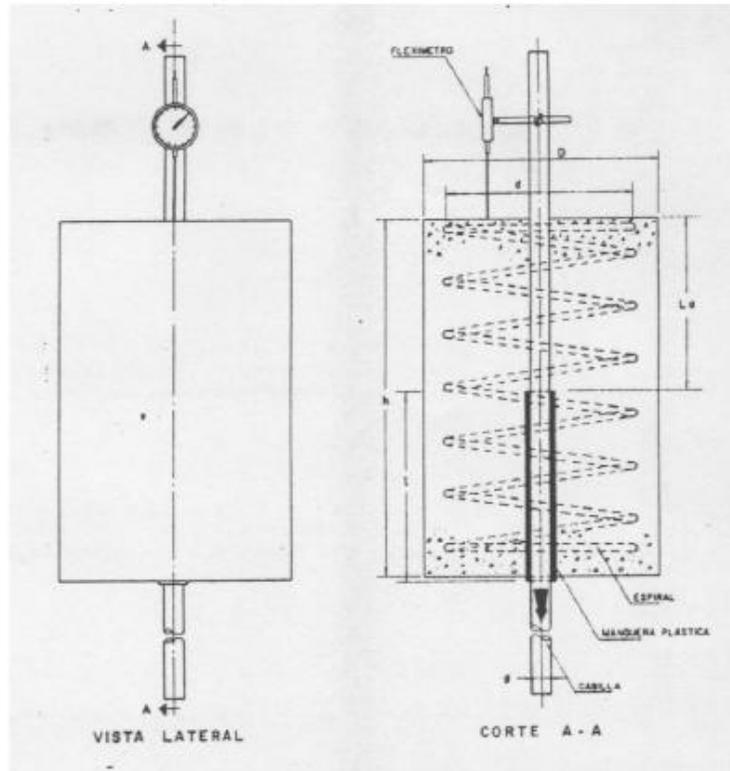


Figura 5. Aspecto general de Probeta cilíndrica usada en los ensayos de adherencia. Fuente: Norma COVENIN 1667-80

II.11 Aceites Lubricantes

El aceite lubricante para motores tiene como función primordial evitar el contacto directo entre superficies con movimiento relativo, reduciendo así la fricción, el calor excesivo y el desgaste de dichas superficies.

Entre las principales funciones del aceite lubricante se encuentra: no permitir la formación de residuos gomosos, no permitir la formación de lodos, mantener limpias las piezas del motor, formar una película continua y resistente y permitir la evacuación de calor.

II.11.1 Aceites de base mineral

Las base lubricantes minerales son refinadas del crudo del petróleo, sus características están determinada por la fuente de crudo y el proceso específico de refinación usado por el fabricante. En general, el crudo parafínico es el más usado para la fabricación de aceites lubricantes, debido a su alta concentración de componentes parafínicos hace que su índice de viscosidad sea más elevada.

II.11.2 Aceites sintéticos

A diferencia de los aceites lubricantes de base mineral los sintéticos son elaboradas mediante procesos especiales distintos a la refinación para realizar funciones específicas, lo cual les otorga una mayor uniformidad en sus propiedades. Estos aceites son la solución para trabajos en condiciones extremas (temperaturas muy altas o muy bajas. Las principales ventajas del uso de bases sintéticas comparadas con las bases minerales son: amplio rango de temperaturas de operación, mayor resistencia a la oxidación, ahorro de energía, mantenimiento con menor frecuencia, menor uso de aditivos y más fácil degradación.

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

A continuación, se presenta de forma explícita los procedimientos necesarios para la consolidación de este trabajo especial de grado. Se exponen entonces, en el mismo orden en que se ejecutaron las actividades, ensayos y tareas necesarias para complementar el estudio experimental que tiene por objetivo general evaluar la adherencia entre el acero de refuerzo y el concreto estructural, al añadir a la mezcla de concreto aceite lubricante. Para llevar a cabo este objetivo se organizó el trabajo en las siguientes etapas:

Etapa N°1: En un principio se realizó una investigación bibliográfica que permitió fundamentar las bases teóricas, así como la revisión de normas que indican el procedimiento correcto de los diferentes ensayos que realizaron. Esta etapa se extendió a lo largo de todo el trabajo especial de grado, pues la búsqueda de información fue exhaustiva y continua.

Etapa N°2: En ésta fase se caracterizó el aceite lubricante residual que se incorporó a la mezcla de concreto, ensayos que fueron tomados del trabajo especial de grado de Santana y González (2011) por tratarse de la misma muestra de lubricante. La cual, fue tomada de los camiones de premezclado de la FNC y se almacenó en un cuñete de pintura bien sellado para investigaciones futuras, por lo cual las propiedades de la misma se conservan.

Etapa N°3: Como tercera etapa, se realizó el diseño y preparación de la mezcla de concreto incorporándole los diferentes porcentajes de aceites residual previamente establecidos. En esta etapa, queda implícito el estudio de los

agregados finos y gruesos a usar en la mezcla, determinar su granulometría, peso específico, peso unitario y capacidad de absorción; estos datos condicionaron el diseño de mezcla y determinaron las cantidades de cada componente. En principio, se fijó la cantidad de cemento Porlant Tipo 1-R y con respecto a esta se determinó la cantidad de aceite residual que se agregó en la mezcla; proceso que se explicará con detalle más adelante. Después de calcular el diseño teórico se pesaron y midieron todos los componentes para iniciar el mezclado; cuando la mezcla obtuvo la trabajabilidad necesaria, se vaciaron en moldes cilíndricos de acero para generar las probetas que al cumplir su tiempo de fraguado inicial se colocaron en la piscina de curado hasta cumplir su edad de ensayo.

Etapa N°4: En la etapa cuatro se procedió a hacer los ensayos de compresión de las probetas cilíndricas de concreto, para el posterior cálculo de resistencia, análisis y comparación con la muestra patrón. Las probetas con contenido de aceite residual cuyo comportamiento fue superior, o en su defecto, el más próximo al de la muestra patrón en cuanto a resistencia a compresión, se estudiaron con mayor detalle de modo que permitió definir la mezcla de concreto con porcentaje óptimo de aceite lubricante residual.

Etapa N°5: Luego de conocer la mezcla de concreto con contenido óptimo de aceite residual se evaluaron sus características físicas tanto en su estado fresco como luego de fraguado; se detalló su color, textura, olor, apariencia y se determinó mediante ensayos normalizados y procedimientos experimentales su módulo de rotura, erosión, absorción de agua en estado endurecido, su resistencia a cambios bruscos de temperatura, la rapidez con la cual viaja las ondas ultrasónicas por su masa, tracción indirecta, peso unitario, peso específico, tiempo de fraguado, modulo de rotura y contenido de aire. Los mismos ensayos se realizaron a una mezcla patrón con las mismas proporciones de agregados, cemento y agua comparando posteriormente los resultados. Así mismo, se

elaboraron cilindros control de 10x20 cm con la finalidad de corroborar que dichas mezclas alcanza la resistencia a compresión requerida.

Etapa N°6: Simultáneamente con la etapa N°5, en ésta etapa se realizaron los ensayos de extracción de la barra de acero empotrada en probetas de concreto según la norma COVENIN 1667, con el fin de obtener los esfuerzos de adherencia tanto en el concreto con aceite óptimo como en la muestra patrón para luego comparar y analizar los resultados obtenidos. Este ensayo goza de fundamental importancia pues definió si es aceptable o no el comportamiento del concreto reforzado con cierto contenido de aceite sometido ante acciones mecánicas importantes.

Etapa N°7: Se basó en el análisis de los resultados obtenidos de cada ensayo para luego desarrollar las conclusiones y recomendaciones que finiquitaron el estudio.

La mayoría de estos ensayos, se realizaron en las instalaciones del laboratorio de la Fábrica Nacional de Cemento (FNC), planta ubicada en San Antonio del Valle, El valle, municipio Libertador, Caracas. El cual, de manera atenta dispuso los materiales a ser empleados en la mezcla de concreto y prestó apoyo técnico para llevar a cabo los diferentes ensayos así como la obtención del aceite residual de motor y caja provenientes de la flota de camiones mezcladores. Por otra parte, los ensayos de adherencia, tracción indirecta y de ultrasonido se llevaron a cabo en las instalaciones del Instituto de Materiales y Modelos Estructurales (IMME), de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela (UCV), puesto que en estas instalaciones se cuenta con los equipos necesarios para ejecutar dichos ensayos.

III.1 Búsqueda y recopilación de Información

Para la revisión de las normas COVENIN, se tuvo a disposición material suministradas por profesores de la materia de pregrado “Tecnología del concreto” así como diversas publicaciones, trabajos de ascenso y trabajos especiales de grado disponibles en la biblioteca del IMME. Por otra parte, se consultaron trabajos especiales de grados que se encuentran en la biblioteca de la escuela de Sanitaria y en el departamento de Estructura de la escuela de ingeniería civil, los cuales aportan antecedentes a este trabajo y además sirven de orientación con respecto a la elaboración de los ensayos tanto de compresión como el de adherencia. También, se realizaron búsquedas a través de internet, como herramienta para obtener información variada acerca de las características del aceite lubricante y el aceite lubricante residual, fueron consultadas enciclopedias de mecánica y se propició asesoramiento en cuanto al comportamiento, beneficios, y finalidades del aceite hidráulico con profesionales en el tema.

III.2 Diseño y Preparación de la Mezcla de Concreto

El diseño para la elaboración de cada mezcla de concreto fue función de la combinación de diseños sugeridos por la Fabrica Nacional de Cemento, el cual tiene un basamento empírico amplio y confiable, considerando también dos autores distintos, el primero y más relevante es el Doctor Porrero, J., et. al. (2009) en la Tercera edición del Manual del concreto estructural, esta amplia publicación proporciona los basamentos teóricos para la determinación de las cantidades de arena natural, piedra picada y la cantidad de cemento apropiado.

Por su parte, Balado (1982) proporciona una serie de graficas, también basadas en la práctica, que arrojan para cierto valor de resistencia a compresión a 28 días, un valor “alfa” correspondiente a la relación Agua/Cemento. Se usó una

relación de agua cemento para obtener un $f'c=210 \text{ kgf/cm}^2$, esta relación es el punto de partida para obtener las cantidades de los demás materiales (cemento, agregados, agua y aceite residual) con los cuales se realizará la mezcla. Por cada día de mezclado, se preparó una mezcla patrón sin aceite y otras cinco con los diferentes porcentajes de aceite lubricante residual definidos inicialmente.

Comúnmente la fábrica Nacional de Cemento (FNC) prepara sus mezclas de concreto mediante un proceso en el cual se implementa el uso de aditivos característicos para alcanzar los valores de resistencias generalmente solicitados (250 Kg/cm^2). Sin embargo, a los propósitos de este trabajo no se agregó aditivos a la mezcla evitando así posibles reacciones químicas no deseadas. Por consiguiente, se trabajó con la resistencia base (210 Kg/cm^2) y la incorporación del aceite lubricante residual de la industria automotriz con el fin de evaluar su influencia en la mezcla de concreto.

Antes de elaborar las mezclas definitivas con las cuales se estudió el porcentaje óptimo de aceite residual en cuanto a compresión y las demás características físicas del nuevo concreto, se realizaron una serie de mezclas similares en cuanto a proporción y características de agregados grueso y fino, cuyo valor alfa correspondiente a la relación agua/cemento variaron con respecto a la mezcla final seleccionada en un 20%, esto atendiendo a lo establecido por la norma COVENIN 1976 (Concreto. Evaluación y Método de Ensayo).

El principal propósito de las primeras mezclas, llamadas mezclas de prueba, es hallar la desviación estándar del conjunto de mezclas elaboradas en el mismo laboratorio con el mismo procedimiento, herramientas, maquinarias y con componentes de similar características. La desviación estándar hallada a partir de la dispersión de los resultados de los ensayos a compresión servirá para el diseño

de mezclas futuras las cuales gozaran de una precisión aceptable evitando así resultados al azar.

También, los resultados arrojados por las primeras mezclas de pruebas se usaron para los ajustes del diseño final de las mezclas de concreto con contenido de aceite lubricante residual en lo que respecta a la definición de la relación agua/cemento apropiada para que las mezclas definitivas se acercaran a resultados favorables, además de servir de preámbulo al correcto procedimiento para la elaboración y ensayo de probetas cilíndricas normalizadas. Los resultados de las mezclas de prueba se encuentran en el anexo D de este trabajo especial de grado.

Para la elaboración de cada mezcla de concreto se midió, inicialmente, la humedad de la arena con la diferencia de peso como se muestra en la figura 6, el aporte de agua contenida en el agregado fino se corrigió en el diseño de mezcla para posteriormente obtener las proporciones totales de agregado fino, agregado grueso, cemento y agua a usar, así como el valor de aceite lubricante residual que se adicionara a la mezcla, el cual varía en 0,15%; 0,35%; 0,55%; 0,75% y 0,90% del peso del cemento.



Figura 6. Cálculo de la humedad de la Arena.

Luego de realizar el ajuste por humedad de la arena, se colocaron en la mezcladora de trompo las cantidades previamente pesadas de arena y agregado grueso, tal como se observa en la figura 7 y figura 8.



Figura 7. Materiales luego de ser pesados.



Figura 8. Incorporación de los materiales al trompo.

Seguidamente, se puso en movimiento el trompo y se agregó una porción del agua total y a continuación se incorporó el cemento, para luego adicionar el

agua restante de diseño. Se dejó mezclando por un lapso de tres (3) minutos. Luego de iniciado nuevamente el movimiento del trompo, se colocó el porcentaje correspondiente de aceite residual; una vez medido como se observa en la figura 9, se dejará en reposo durante dos (2) minutos y a continuación se mezcló (3) minutos más.



Figura 9. Medición en cilindro graduado del lubricante residual



Figura 10. Trompo en proceso de mezclado.

Al finalizar el mezclado se tomó una muestra para verificar el asentamiento, según la norma COVENIN 339:1994; Concreto. “Método para la medición del asentamiento con el cono de Abraham”. Siguiendo el procedimiento de la misma, se colocó el molde normalizado previamente humedecido sobre una superficie horizontal rígida y no absorbente, sujetando firmemente el molde apoyando los pies sobre las aletas dispuestas para tal fin, como se indica en la figura 11 y se vació el concreto en el interior del molde en 3 capas cada una de ellas a un tercio ($1/3$) del volumen del molde.



Figura 12. Disposición inicial del cono de Abraham.



Figura 11. Medición del Asentamiento.

Se compactó cada capa con 25 golpes de la barra compactadora, distribuidos uniformemente en toda la sección transversal, el molde se llenó por exceso antes de compactar la última capa para garantizar que al darle los golpes el concreto quede al borde del molde. A continuación, se enrasó con la barra de acero y seguidamente se retiró el cono alzándolo cuidadosamente en dirección vertical. Éste procedimiento se ejecutó en un lapso de 5 a 10 segundos y el ensayo completo desde que se comenzó a llenar el molde hasta que se retiró, se realizó en un tiempo no mayor de 1 minuto 30 segundos.

Finalmente, el asentamiento se midió inmediatamente después de retirar el molde y se determinó por diferencia entre las alturas del molde y la altura promedio de la base superior del cono deformado, tal como se muestra en la figura12.

De ser el asentamiento aceptable, estando éste en un rango de 4 a 6 pulgadas se procedió a colocar la mezcla en conchas metálicas previamente preparadas, según la norma COVENIN 338:2002; "Concreto. Método para la

elaboración, curado y ensayo a compresión de cilindros de concreto”. Se vaciaron las probetas en dos capas, dándole 25 golpes con la barra compactadora a cada capa. Seguidamente, luego de esperar un tiempo prudencial para que ocurra el fraguado inicial, se enrasaron con una palustra retirando los excesos de mezcla y manteniéndolas en el molde por 24 horas garantizando así el correcto fraguado.



Figura 13. Colocación, Compactación y Enrasado de las probetas.

Luego de transcurrido el tiempo de 24 horas, se desencofraron los cilindros y después de identificarlos se colocaron en un estanque con agua como se observa en la figura 14; la cual se encontraba a temperatura ambiente para el curado que recomienda la norma y de este modo asegurar que la mezcla no pierda agua por evaporación.



Figura 14. Probetas cilíndricas sumergidas en la piscina de curado.

III.3 Determinación del peso unitario en probetas de concreto de 10x20 cm.

Los valores de peso unitario obtenidos a partir de las probetas cilíndricas de concreto corresponden al peso unitario compacto, por tal motivo resulta necesario compactar las probetas cilíndricas con la barra compactadora según el procedimiento descrito en la Norma COVENIN 338-2002 “Concreto. Método para la elaboración, curado y ensayo a compresión de cilindros de concreto”.

El procedimiento para la determinación del peso unitario comienza luego del fraguado de las probetas y antes de ser ensayadas a compresión. Después de retirar los cilindros de concreto de la piscina de curado se determinó su masa por medio de una balanza debidamente calibrada, con una precisión de 0,01gr tal como se observa en la figura 15.



Figura 15. Toma del peso de probetas cilíndricas en balanza.

Luego el volumen de los cilindros de diámetro 10 cm. Y altura 20 cm. corresponde a:

$$V = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \times h \quad (\text{Ecuación III.3.1})$$

Dónde:

V= Volumen de la probeta cilíndrica

d= Diámetro de la probeta

h= Altura de la probeta

Con estos datos y con la aplicación de la siguiente formula se calculó entonces el peso unitario del concreto:

$$P. U. = \frac{P}{V} \quad (\text{Ecuación III.3.2})$$

Dónde: **P**= es el peso registrado por la balanza expresado en Kg. m.

III.4 Ensayo de Compresión de probetas de concreto de 10x20 cm.

Según la norma COVENIN 338:2002; “Concreto. Método para la elaboración, curado y ensayo a compresión de cilindros de concreto”. Se podrán usar probetas menores a 15x20 cm siempre y cuando se mantenga la relación altura a diámetro 2 a 1 y cumpliendo que el diámetro de la misma no sea menor a 50 mm.

Al momento de hacer el ensayo se retiraron las probetas de la piscina de curado y una vez seca se colocaron en la máquina de compresión para concreto lo más centrada posible y se procedió a comprimirla aplicando cargas a una velocidad constante hasta que la probeta se fracture. La expresión de los resultados vendrá dada por:

$$R_c = \frac{P}{A} \quad (\text{Ecuación III.4.1})$$

Dónde:

R_c= Resistencia a la Compresión

P= carga aplicada

A= área de la sección transversal del cilindro



Figura 16. Ensayo de Compresión de cilindros de 10x20 cm. Fuente: Elaboración propia

III.5 Ensayo de tracción indirecta de cilindros de concreto de 15x30 cm

Según la norma COVENIN 341-1979 “Método de ensayo para determinar la resistencia a la tracción indirecta del concreto usando probetas cilíndricas”

Para realización de este estudio se requería el uso de una máquina de ensayo, con capacidad de apreciación de 5 kg y que permitiera aplicar cargas sin impacto a una velocidad constante, de manera que los esfuerzos en el plano diametral de rotura se incrementen en $0,5 + \text{ó} - 0,2 \text{ Kg/cm}^2$ por segundo. Cumpliendo con estos requerimientos se usó la máquina de ensayo universal que se encuentra en las instalaciones de IMME que se observa en la figura 17.



Figura 17. Máquina Universal de Ensayo del IMME.

Se retiraron las probetas de concreto de 15x30 cm de la piscina de curado, según lo especificado en la norma COVENIN 345 y 338, luego de cumplida la edad de 28 días para realizar dicho ensayo.

Después se procedió a centrar la probeta en la máquina de ensayo, para ello se colocaron unas tiras de contacto entre el cilindro de concreto y las placas de apoyo de la maquina, como se observa en la figura 18.



Figura 18. Colocación inicial de probeta y Falla tipo de ensayo de tracción indirecta.

Una vez centrado el cilindro, se procedió a suministrar la carga a través de la máquina de ensayo, cuidando que la velocidad de aplicación de la misma no produzca impacto en la probeta y garantizando una velocidad constante de forma tal que los esfuerzos en el plano diametral de rotura se incrementen a razón de $0,5 + \text{ó} - 0,2 \text{ Kgf/cm}^2/\text{s}$, hasta la falla del espécimen tal como se ve en la figura 18.

Finalmente, ocurrida la rotura del cilindro de concreto, se calculó el esfuerzo de tracción empleando la siguiente expresión:

$$\sigma_{br} = \frac{2P}{\pi Ld} \quad (\text{Ecuación III.5.1})$$

Donde:

σ_{br} = Esfuerzo de Tracción, $[\text{Kgf/cm}^2]$

P = Carga máxima aplicada (Lectura de la máquina de ensayo), $[\text{Kgf}]$

L = Longitud de la probeta [cm]
d = Diámetro de la probeta [cm]

III.6 Ensayo de tracción por flexión en viguetas de concreto de 15x15x75 cm

Según FONDONORMA 342-2004 “Determinación de la resistencia a la flexión en vigas simplemente apoyadas. Cargas en los extremos del tercio central”. Se implementó una máquina de ensayo adecuada, la cual garantizó que la carga aplicada a la viga se mantuviese vertical y sin excentricidad al momento de ejecutar el ensayo, tal como se ve en la figura 19.



Figura 19. Máquina para ejecución de ensayo de modulo de rotura.

Las probetas se elaboraron siguiendo los criterios normativos de la COVENIN 340-79 “Método para la elaboración y curado en el laboratorio de probetas de concreto para ensayos de flexión” y las mismas se mantuvieron húmedas hasta el momento de realizar el ensayo, tal como se puede apreciar en la figura 20.

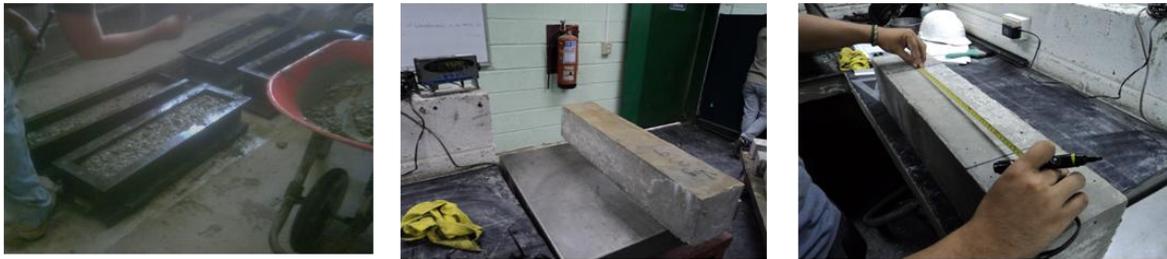


Figura 20. Vaciado, pesado y medición de probetas prismáticas de 15x15x75.

Se volteó la probeta sobre uno de sus lados, con respecto a la posición inicial de vaciado y se centró con respecto a las placas de apoyo de la máquina de ensayo. Posteriormente, se procedió a colocar la placa de aplicación de carga en contacto con la probeta sobre los puntos extremos del tercio central de la luz libre, tal como lo indica la figura 20.

A continuación, se aplicó la carga a velocidad uniforme, libre de impacto y la misma se suministró con una velocidad tal que el aumento del esfuerzo en la fibra superior no exceda de 12 Kgf/cm^2 por minuto. Una vez ocurrida la fractura se midió la probeta en la sección de la falla y se determinó la altura y el ancho promedio de la misma hasta una aproximación de $1,0 \text{ mm}$.



Figura 21. Marcación, colocación y ejecución de ensayo de probetas prismáticas de 15x15x75.

Finalmente, el modulo de rotura se calculó tomando en cuenta que todas las fallas ocurrieron dentro del tercio central de la luz, con la siguiente fórmula:

$$M_r = \frac{PL}{bh^2} \quad (\text{Ecuación III.6.1})$$

Donde:

M_r = Módulo de Rotura, [Kgf/cm²]

P = Carga máxima aplicada (Lectura de la máquina de ensayo), [Kgf]

L = Luz entre apoyos de la probeta [cm]

b = Ancho promedio de la probeta [cm], **h** = Alto promedio de la probeta [cm]

III.7 Ensayo de Ultrasonido en probetas de concreto de 15x30cm

Según la norma COVENIN 1681-1980 “Método de ensayo para determinar la velocidad de propagación de ondas en el concreto”. Se empleó un aparato de ensayo que se constituía por un generador de pulsos eléctricos de alta frecuencia, un transductor (transforma pulsos eléctricos en impulsos mecánicos), un circuito receptor, un dispositivo de calibración y una unidad de lectura que permitió registrar tiempos comprendidos en un rango mínimo de 20 microsegundos a 1000 microsegundos con aproximación del 1%.

Se tuvo especial atención en las zonas de aplicación de los transductores cuidando que estuvieran limpias y secas, colocando los transductores firmemente contra la superficie de contacto con el concreto, a las cuales se les aplicó previamente vaselina a fin de garantizar un buen acoplamiento entre el transductor y la masa de concreto, tal como se indica en la figura 22.



Figura 22. Toma de pulso ultrasónico en probetas cilíndricas de 25x30.

Una vez logradas las condiciones ideales, se tomó la lectura del tiempo de paso de la onda a lo largo de la probeta con aproximación del 1%, posteriormente se midió la distancia entre los dos puntos de aplicación de los transductores (base de medición), con aproximación del 1%, ver figura 22.

Finalmente se procedió al cálculo de la velocidad de propagación de la onda en el seno del concreto, la cual se calculó con aproximación de 1m/s, como se indica a continuación:

$$V = \frac{L}{t} \quad \text{(Ecuación III.7.1)}$$

Donde:

V = Velocidad de propagación de la onda, [Km/s]

L = Base de medición [mm]

t = Tiempo de paso de la onda, en microsegundos.

Es importante resaltar que las lecturas de tiempo del generador de pulsos están dadas en microsegundos (μs), por tanto se realizaron las transformaciones pertinentes para la obtención de las velocidades en km/s.

III.8 Ensayo para la determinación del tiempo de fraguado en el concreto fresco

Este procedimiento se llevó a cabo considerando las especificaciones de la norma COVENIN 352-79 “Método de ensayo para determinar el tiempo de fraguado de mezclas de concreto por resistencia a la penetración” donde se obtuvieron tiempos de fraguado inicial y final en base a un ensayo de velocidad por endurecimiento, realizado por medio de agujas de resistencia a la penetración conocida como aguja proctor, en el mortero cernido de la mezcla de concreto tanto patrón como con el porcentaje óptimo de aceite lubricante residual.



Figura 23. Ensayo de Tiempo de Fraguado.

III.9 Ensayo de Absorción

El procedimiento con el cual se determinó el porcentaje de absorción de las probetas cilíndricas de concreto se ejecutó considerando las pautas establecidas por la Norma ASTM C 642-97; *“Standard Test Method for Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete”* (Método de prueba estándar para determinar la densidad, absorción y vacíos en el concreto endurecido), esta norma establece que las muestras a ser ensayadas deben poseer un volumen mayor a 350cm^3 . Tomando en cuenta que las probetas cilíndricas de $10 \times 20\text{cm}$ poseen un volumen de 1571cm^3 se consideró que son apropiadas para la ejecución de dicho ensayo.

Para este estudio se generaron 4 probetas de concreto, 2 probetas patrón y 2 probetas de concreto con contenido de aceite lubricante residual que resultó óptimo en cuanto a compresión. Las probetas cilíndricas fueron compactadas con la barra compactadora según el procedimiento descrito en la Norma COVENIN 338-2002 “Concreto. Método para la elaboración, curado y ensayo a compresión de cilindros de concreto”. Este procedimiento garantizó que el peso unitario de las probetas de concreto sea similar.

Después de 28 días de curado, se determinó la masa de cada probeta colocándolas en la balanza debidamente calibrada, y posteriormente se trasladaron al horno durante 24 horas a una temperatura de $110\text{ }^\circ\text{C}$. Una vez cumplido el tiempo dentro del horno, se retiraron las probetas y se determinó nuevamente su masa, se registraron los resultados y se colocan de nuevo en el horno 24 horas a la misma temperatura. Ver figura 24.



Figura 24. Toma de peso y colocación de probetas cilíndricas en el horno.

Se repitió el procedimiento de pesado en la balanza, tomando en cuenta que si la masa registrada coincidía con la masa de la segunda pesada en menos de 0,5% se asumía que las probetas estaban totalmente secas, en caso contrario se colocarían 24 horas más en el horno a la misma temperatura. Luego, una vez que se corroboró que la muestra ha perdido toda la humedad se le designa este peso con la letra A (Peso seco).

Después de este procedimiento, se colocaron las probetas a temperatura ambiente durante 20 minutos para luego sumergirlas en la piscina de curado la cual se encontraba a una temperatura cercana a los ± 21 °C. Se dejaron en agua por un periodo de 48 horas hasta que dos valores de masa consecutivos mostraron un valor no menor de 0,5% del peso con respecto al valor más grande, al cumplir con lo anterior, se retiraron las probetas de la piscina de curado y se secaron con un paño y se determinó la masa final, este valor fue designado con la letra B.

El porcentaje de absorción o contenido de humedad absorbido por el concreto se calculó con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ absorción} = \left(\frac{B-A}{A} \right) \times 100 \quad (\text{Ecuación III.9.1})$$

III.10 Ensayo de erosión por cepillado

El procedimiento para la ejecución de este ensayo se llevó a cabo mediante la técnica del cepillado siguiendo los pasos establecidos en los trabajos realizados por Rodríguez y Simonpietri, 2002. Se utilizaron probetas cilíndricas de dimensiones 10x20 cm y un cepillo de alambre.

Para este ensayo se generaron 4 probetas de concreto, 2 probetas patrón y 2 probetas de concreto con contenido de aceite lubricante residual que resultó óptimo en cuanto a compresión. Las probetas deben ser compactadas con barra compactadora según el procedimiento descrito en la Norma COVENIN 338-2002 “Concreto. Método para la elaboración, curado y ensayo a compresión de cilindros de concreto”. Este procedimiento garantiza que el peso unitario de las probetas de concreto sea similar.

Transcurrido el tiempo de curado (28 días), se retiraron del estanque de agua las probetas de concreto y se dejaron a temperatura ambiente durante 20 minutos, posteriormente se secaron al horno durante 24 horas a una temperatura de 105 °C ver figura 25, pasado el tiempo se sumergieron nuevamente en agua durante 24 horas más.



Figura 25. Secado al horno y cepillado de probetas para ensayos de erosión.

Al siguiente día se extrajeron las probetas de la piscina de curado y secaron con un paño. Después de haber transcurrido 15 minutos, se cepillaron las probetas con un movimiento suave, noventa veces hacia arriba y noventa veces hacia abajo, cuidando de no llegar a las orillas de la probeta. Tal como se puede observar en la figura 25.

El material resultante del desgaste por el cepillado, se colocó en un envase y se secó al horno a una temperatura de 105 °C durante 24 horas y transcurrido este periodo se pesó el material desprendido de las probetas. Finalmente se tomaron estos peso y se realizaron comparaciones entre la mezcla patrón y la que contiene aceite lubricante residual.

III.11 Ensayo de resistencia del concreto a cambios bruscos de temperatura

La metodología usada en este ensayo es propuesta por el Instituto de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad Central de Venezuela. Para este ensayo se generaron 8 probetas cilíndricas de concreto, 4 probetas patrón y 4 probetas de concreto con contenido de aceite lubricante que resultó óptimo en cuanto a compresión. Las probetas cilíndricas fueron vaciadas en moldes metálicos de diámetro 10cm y altura 20cm, compactadas con la barra

compactadora según el procedimiento descrito en la Norma COVENIN 338-2002 “Concreto. Método para la elaboración, curado y ensayo a compresión de cilindros de concreto”.

Se extrajeron las probetas de la piscina de curado luego de transcurridos 28 días y se llevaron al horno a una temperatura de 105 °C durante 24 horas. Cumplido este tiempo, se retiraron 4 probetas (2 probetas patrón y 2 con contenido óptimo de lubricante residual) del horno con la ayuda de pinzas e inmediatamente se introdujeron en la piscina de curado durante un periodo mayor a 24 horas. Mientras que las 4 probetas restantes fueron dispuestas en una cava con hielo a una temperatura de 5 °C aproximadamente, ver figura 26.



Figura 26. Colocación de Probetas en cava para ensayo de cambios brusco de temperaturas

Luego, se extrajeron de la piscina y de la cava respectivamente y se dejaron secar a temperatura ambiente durante 15 minutos y se observó detalladamente la existencia de posibles grietas en la superficie de la probeta, cambio de color, de masa o cualquier otra característica física apreciable.

Por último, se sometieron las probetas a compresión para evaluar su resistencia y determinar su reacción ante la aplicación de carga, se detalló además si fallaban los agregados o la pasta.

III.12 Ensayo para la determinación del límite elástico convencional de las barras de refuerzo

Se ensayaron barras de acero, cuya denominación es SV4S60, es decir barra no soldable, de ½" de diámetro, $f_y=4200 \text{ Kgf/cm}^2$, fabricadas por SIDETUR. En principio se observó, midió y anotó las propiedades de dicha barra tales como: diámetro, espaciamiento, altura, espesor e inclinación de las estrías, y se verificó que los mismos estuvieran entre los rangos admisibles según los requerimientos exigidos por las norma COVENIN 316-2000 "Barras y rollos de acero con resaltes para uso como refuerzo estructural".

Después de realizada la caracterización se procedió al marcado de las barras de acero según el procedimiento planteado en la COVENIN 299-1989 "Materiales mecánicos. Ensayos de tracción". Posteriormente, se colocó la cabilla en la máquina de tracción de manera tal que el eje de la misma coincidiera con las mordazas del aparato. Una vez sujeta la muestra, se colocó el extensómetro; instrumento que indica las deformaciones ocurridas en la barra a medida que se le aplican las cargas axiales. Ver figura 27.



Figura 27. Marcado de la barra de acero SV4S60, colocación de la barra en la máquina universal de ensayo y disposición del extensómetro – Ensayo de Tracción

La velocidad de aplicación de la carga fue uniforme y siendo esta menor de 12,7 mm/minuto por milímetro de longitud calibrada. Se tomaron lecturas de deformaciones cada 500 Kgf hasta llegar a una deformación cercana a los 10×10^3 mm y a partir de este punto se realizaron lecturas de las cargas cada ciertas deformaciones hasta llegar a 250×10^3 mm y se retiró el extensómetro y se siguió aplicando cargas hasta que la barra finalmente falló, a partir de estos resultados se generaron graficas de esfuerzo vs deformación, con el fin de obtener la carga máxima, esfuerzo máximo y el límite elástico.

Finalmente se tomaron las medidas de longitud que se deformó la barra con el fin de calcular el porcentaje de alargamiento que sufrió la cabilla. Ver figura 28.



Figura 28. Forma de falla de la barra SV4S60 - Cuello de estricción característico

III.13 Ensayo para la determinación de la adherencia entre el concreto y el acero de refuerzo

Se siguió el procedimiento especificado en la norma COVENIN 1667-80 “Método de ensayo para la determinación de valores comparativos de la adherencia desarrollada entre el concreto y el acero usado como refuerzo (método de extracción)”

Se ensayaron probetas cilíndricas de concreto de dimensiones 15x30 cm, con una barra de refuerzo de $\frac{1}{2}$ " colocada verticalmente a lo largo del eje central de la probeta, la barra debe salir 10 cm aproximadamente hacia arriba desde la cara superior del cilindro y se debe prolongar hacia abajo una distancia suficiente, como para permitir el agarre con las mordazas de la máquina de ensayo.

La relación entre la longitud de adherencia de la barra y su diámetro, debe ser igual a 15. Para fijar esta longitud de adherencia, es necesario colocar mangueras plásticas que impidan la adherencia con el concreto en el resto de la barra; para una cabilla de $\frac{1}{2}$ " la longitud de adherencia es de 19 cm.

Adicionalmente, se colocó un refuerzo transversal helicoidal a modo de zuncho a lo largo de toda la probeta. Este refuerzo consiste en una hélice con un paso de aproximadamente 6 cm, formada por barras de $\varnothing 1/4"$ y cuyo diámetro es 12 cm, la finalidad de éste es producir un mayor confinamiento a la barra longitudinal. Ver figura 29.



Figura 29. Barras de 1/2", Refuerzos helicoidal y disposición de encofrados antes del vaciado

Después de preparada la mezcla según el diseño ya especificado tanto para la muestra patrón, como para la muestra con contenido óptimo de lubricante residual, se vaciaron las misma en moldes metálicos que tenían en su interior los espirales de refuerzo y las barras longitudinales fijados a una mesa diseñada especialmente para soportar dichas probetas, cuidando en todo momento que las mismas estuvieran correctamente niveladas. Se compactó la mezcla en tres capas, para asegurar la correcta colocación del concreto y posteriormente se enrazó la superficie superior. Ver figura 30.



Figura 30. Colocación de la mezcla de concreto, compactado de la probeta y enrazado final

Luego de pasadas las 24 horas se desencofraron las muestras y se llevaron a la piscina de curado durante 28 días. Ver figura 31.



Figura 31. Curado de probetas para ensayo de adherencia

Cumplido el tiempo de curado, se colocó la probeta en la máquina de ensayo, de manera que la superficie del cilindro de la cual sobresale el extremo largo de la barra esté en contacto con la plataforma de apoyo del cabezal superior de la máquina tal como lo ilustra la figura 32. Entre la plataforma y la superficie del cilindro en contacto con ella, se colocaron gomas de hule o caucho con el fin de lograr un alineamiento definitivo en la cara donde se apoyó la probeta.



Figura 32. Colocación de probeta en la maquina universal de ensayo

Se colocó el aparato de medición llamado extensómetro en la forma indicada en la figura 32, cuidando que la superficie donde apoye el vástago del extensómetro esté perfectamente lisa y horizontal.

Se aplicó la carga a la barra de refuerzo a una velocidad no mayor de 2.250 kgf/minuto y se tomaron las lecturas del deslizamiento entre las barras de refuerzo y el concreto en el indicador del extensómetro, a intervalos de tiempo suficientes para proporcionar por lo menos 10 lecturas antes de alcanzar el deslizamiento de 0,10 mm en el extremo libre de la barra. Se continuó con el proceso de aplicación de cargas y se tomaron lecturas a intervalos apropiados hasta que se alcanzó el límite elástico de la barra de refuerzo.

Los resultados obtenidos se representaron en curvas de esfuerzo contra el deslizamiento, colocando los deslizamientos en las abscisas y los esfuerzos en

las ordenadas, y a partir de dichos gráficos se obtienen los esfuerzos en el acero correspondientes a un deslizamiento de 0,1 mm.

Finalmente, se calcularon los esfuerzos en el acero mediante la fórmula:

$$\sigma_{0,1} = \left(\frac{\emptyset}{4}\right) x \left(\frac{\sigma_{0,1}}{La}\right) \quad (\text{Ecuación III.2})$$

Donde:

\emptyset = diámetro de la barra a usar.

$\sigma_{0,1}$ = esfuerzo en el acero capaz de producir un deslizamiento de 0,1 mm en el extremo libre de la barra.

La = longitud de adherencia.

III.14 Comparación con mezclas patrones

Se realizaran gráficos comparativos, análisis y Tablas resumen de los resultados obtenidas a través de los distintos ensayos realizados para determinar semejanzas o diferencias entre el concreto con contenido optimo de aceite lubricante residual proveniente de la industria automotriz y las mezclas patrones.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y ANÁLISIS

IV.1 Caracterización del Lubricante

Se verificó todas las propiedades del lubricante residual provenientes de la flota de camiones mezcladores de la FNC implementado en la mezclas, que cómo se mencionó en el capítulo anterior fue la misma muestra usada en el trabajo especial de grado realizado por González y Santana (2011). Estas tablas se pueden observar en el anexo A y en las mismas se encuentran valores de las propiedades químicas del lubricante tanto antes de usarse como luego de ser utilizado, tales propiedades son: densidad, viscosidad, cantidad de sólidos y cantidad de agua.

En cuanto la densidad, los resultados indican que no existe una variación de la densidad promedio del lubricante sin usar y el lubricante residual, siendo estas de 0,87 gr/cc y 0,88 gr/cc respectivamente. Por otra parte, los resultados del estudio de la viscosidad revelan que el lubricante residual resulta menos viscoso que el lubricante sin usar, siendo estos valores 168,2 μ (Lubricante) y 138,73 μ (Lubricante residual) quedando en evidencia que el lubricante luego de cumplir su vida útil pierde viscosidad producto del desgaste por fricción entre las piezas metálicas tanto del motor como de la caja de los camiones.

* 1 Cent poise (μ) es igual a 0,01 gramos por centímetro segundo

Como consecuencia de esto, es imprescindible determinar la cantidad de sólidos que contiene el lubricante residual, que por el desprendimiento de residuos de las piezas metálicas se espera que sea mayor que el lubricante sin usar. Sin embargo, los resultados muestran que en promedio el lubricante sin usar tiene un contenido de 56,2% de sólidos retenidos, el cual es mayor que el lubricante residual cuyo contenido de sólidos es de 51,38%.

Cabe destacar que González y Santana (2011) señalan que al momento de realizar estos ensayos, las cantidades retenidas en los filtros no era representativa ya que la muestra de lubricante que quedaba en los filtros se debía a la viscosidad de las mismas, es decir, a medida que la muestra era más viscosa era mayor la cantidad de material en el filtro y debido a que el lubricante sin usar presentaba mayor viscosidad, altera entonces la cantidad de sólidos que esta podría tener.

Finalmente se verificó la cantidad de agua en las muestras de lubricante sin usar y lubricante residual, resultados que muestran que no existe contenido de agua en ambos materiales estudiados, por consiguiente no se alteró la relación α usada en las mezclas.

IV.2 Caracterización de Agregados Finos, Agregados Gruesos y Cemento Portland Tipo 1-R.

Las propiedades de los agregados finos, agregados grueso y cemento Portland que se usaron en la elaboración de las mezclas de concreto, fueron obtenidas de los ensayos realizados por el laboratorio de concreto de la FNC y cuyos resultados se pueden observar en el anexo B y C.

En cuanto a la arena, la FCN cuenta con el abastecimiento de varios proveedores para satisfacer la demanda actual, sin embargo, para el momento de

hacer las mezclas se contó con la disposición de arena el Carmen. A pesar de los distintos tipos de arena que puede ofrecer cada distribuidor, el laboratorio de la FNC basándose en las especificaciones de las normas COVENIN 254:1998, 256:1977, 258:1977, 259:1977, 263:1978, 268:1998, 270:1998 y 277:2000 para agregados fino, se verifica que los valores de propiedades como: módulo de finura, peso específico, peso unitario seco, peso unitario compacto, porcentaje de absorción cumpla con los criterios demandados por cada norma y cuidando también que la misma no presente impurezas orgánicas ni contenidos de cloruros o sulfatos que puedan afectar el diseño de mezcla de concreto.

El agregado grueso también cuenta con varios proveedores, por lo que el laboratorio de la FNC verifica a través de ensayos que valores como: tamaño máximo, peso específico, peso unitario seco, peso unitario compacto, porcentaje de absorción, así como la granulometría se encuentre entre los límites referenciales y especificados por las normas COVENIN para agregado grueso enumeradas como: 254:1998, 255:1998, 258:1977, 269:1998, 270:1998 y 277:2000.

Por otra parte, el cemento Portland Tipo I-R es suministrado por la planta FNC de Ocumare del Tuy, en el anexo C se puede observar certificados del mes de enero específicamente de los días 04 y 14, en los cuales se aprecia que los valores de resistencias a compresión a los 3, 7 y 28 días, así mismo el ensayo Blaine, los valores fraguado inicial y final. Los cuales, pueden variar significativamente en este periodo de tiempo. Sin embargo, todos estos cumplen con las especificaciones mínimas establecidas en la Norma COVENIN 28:2002.

IV.3 Diseño y Preparación de la Mezcla de Concreto

La primera parte del diseño de Mezcla atendió a las especificación del artículo 5.4 (Dosificación con base en experiencias previas, en mezcla de tanteo, o ambas) de la Norma COVENIN 1753. Se sabe por mezclas realizadas en el laboratorio de la FNC con anterioridad, que la desviación estándar de las distintas mezclas producidas en el mismo mezclador (trompo) y bajo las mismas condiciones y procedimientos, ronda alrededor de los $\sigma=60$ Kgf/cm². Sin embargo no se logro acceder a los registros formales de las desviaciones estándar que varían entre mezcla y mezcla, por lo cual no fue posible anexarla en este trabajo. No obstante, la información suministrada acerca de la desviación estándar es confiable y es producto de más de 10 mezclas y más de 30 ensayos consecutivos; tal como lo sugiere la Norma COVENIN 1753 en su artículo 5. 14.1.1.

Para garantizar $f'c=210$ Kgf/cm², es necesario diseñar la mezcla con una resistencia a esfuerzos mayor que la requerida, tal como lo sugiere el artículo 5.4.2.1 de la Norma COVENIN 1753, por lo tanto, siguiendo esta sugerencia se empezó el diseño con el mayor de los resultados arrojados por las siguientes ecuaciones:

$$Fcr = f'c + 1,34 * \sigma \quad (\text{Ecuación IV.3.1})$$

$$Fcr = 210 \text{Kgf/cm}^2 + 1,34 * 60 \text{kgf/cm}^2$$

$$Fcr = 290 \text{Kgf/cm}^2$$

$$Fcr = f'c + 2,33 * \sigma - 35 \quad (\text{Ecuación IV.3.2})$$

$$Fcr = 210 \text{Kgf/cm}^2 + [(2,33 * 60 \text{kgf/cm}^2) - 35 \text{Kgf/cm}^2]$$

$$Fcr = 315 \text{Kgf/cm}^2$$

Este valor de resistencia a compresión a los 28 días constituye la base del diseño de mezcla para la FNC, La dosificación para cada una de las mezclas se

calculó en función del diseño de mezclas utilizado por la Fábrica Nacional de Cementos el cual fusiona el diseño argentino de Baladó (1982) y Porrero et al (2009). Para ello se condicionó un asentamiento de 5", además la resistencia buscada a los 28 días para obtener los valores de agregado fino, grueso, cemento y agua. De igual manera aquellas mezclas a las que se les adicionaría el lubricante como componente les fue calculado el porcentaje respectivo en función del peso total de cemento a utilizarse. Se tomó en cuenta la humedad respectiva de los agregados antes de calcular las dosificaciones debido a que esto afecta la relación agua/cemento y la cantidad de agua que se añadió a la mezcla. Ver Anexo D y E.

IV.4 Resultados de Ensayos de Compresión

IV.4.1 Mezcla N° 1:

A continuación se presenta la tabla resumen de los resultados obtenidos de ensayos de compresión de probetas cilíndricas, de acuerdo a la cantidad de lubricante residual que se incorporó a la mezcla de concreto y a la edad a la que se realizaron los mismos.

Tabla 4. Resistencia a Compresión de Concreto ($F'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$) a los 7 días de la Mezcla N°1

% de Lubricante Residual	Resist. Promedio (kgf/cm^2)		
	7 Días	14 Días	28 Días
0	211	230	310
0,15	220	252	345
0,35	217	246	338
0,55	206	236	290
0,75	208	240	294
0,90	201	237	302

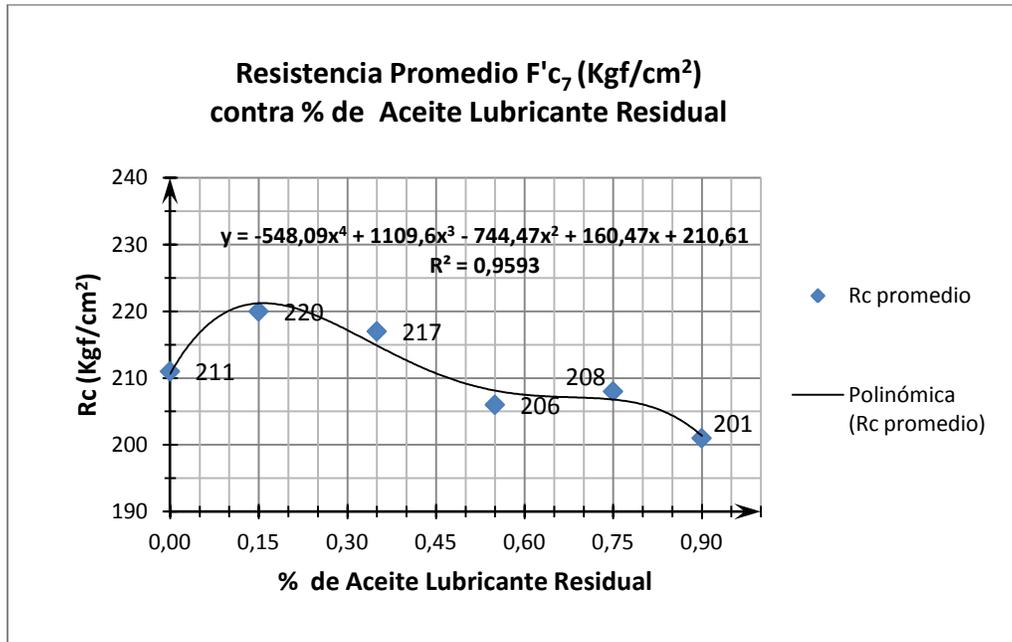


Gráfico 1. Resistencia Promedio a los 7 días F'c₇ (Kgf/cm²) Mezcla N°1

Como se aprecia en la grafica 1 la resistencia a compresión del concreto F'c=210 Kgf/cm² a los 7 días varía notablemente para cada porcentaje de lubricante residual, en un principio la tendencia de las misma es de ganar resistencia si se toma como punto de partida la muestra patrón, la cual es superada apenas por las muestras cuyo contenido de aceite lubricante residual es de 0,15% y 0,35%, siendo estas de 220 Kgf/cm² y 217 Kgf/cm² respectivamente. Sin embargo, a partir de 0,55% de contenido de lubricante residual en la mezcla de concreto la resistencia promedió disminuye incluso por debajo de la muestra patrón.

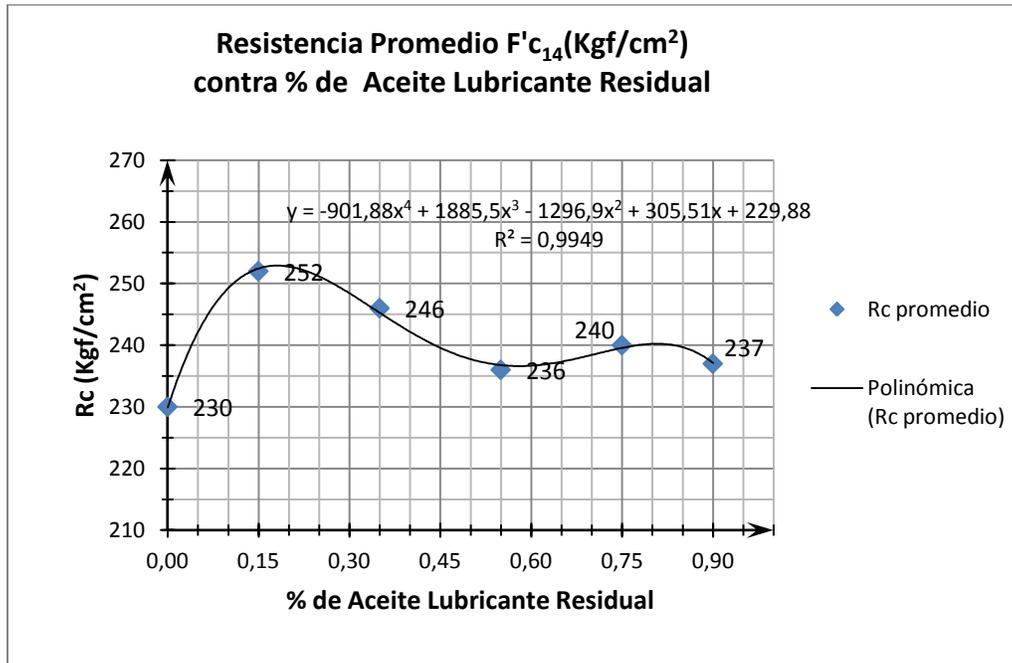


Gráfico 2. Resistencia Promedio a los 14 días $F'c_{14}$ (Kgf/cm²) Mezcla N°1

A los 14 días la tendencia de la curva del gráfico N° 2 la resistencia a compresión tiene un comportamiento parecido a la curva que se generó a los 7 días, estando todas las muestras con porcentajes de lubricante residual por encima de la muestra patrón. No obstante, la resistencia correspondiente al 0,15% de lubricante residual resulta ser la mayor de todas alcanzando una resistencia de 252 Kgf/cm² con una diferencia de 22 kgf/cm² con respecto a la patrón, lo que significa un aumento del 8,73% de resistencia.

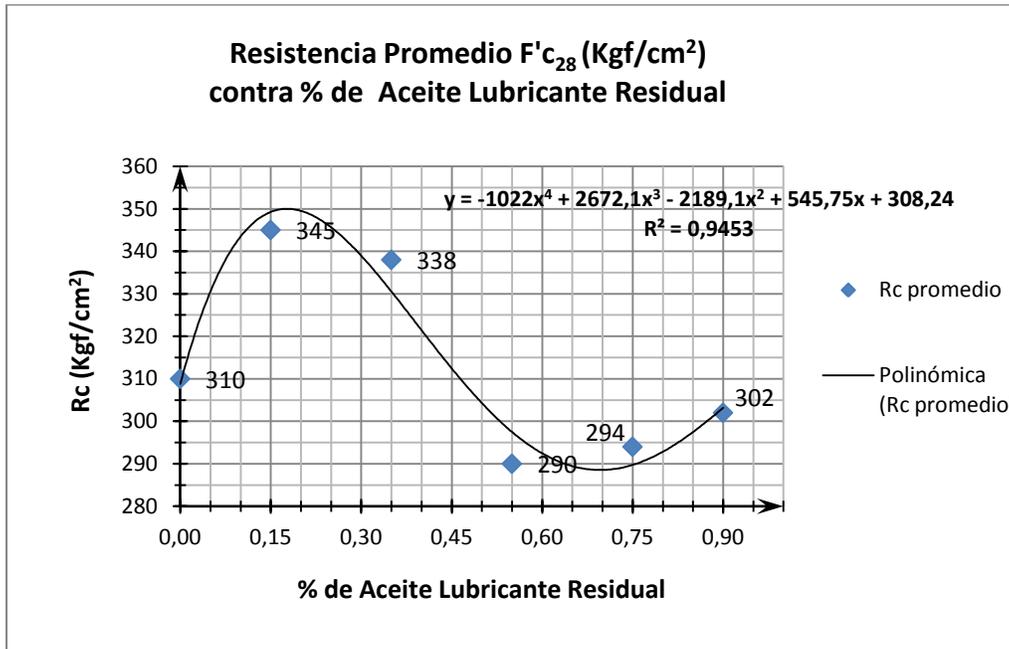


Gráfico 3. Resistencia Promedio a los 28 días ($F'c_{28}=210 \text{ Kgf/cm}^2$) Mezcla N°1

Cumplidos los 28 días el comportamiento de la curva de resistencia a compresión promedio contra porcentaje (%) de lubricante residual se mantiene y es notable que la muestra con 0,15% de lubricante ha ganado mayor resistencia siendo este valor de hasta un 10,14 % y a medida que se aumenta el contenido de aceite residual en la mezcla de concreto dicha propiedad disminuye.

En el gráfico de barras que se presenta a continuación se puede observar el comportamiento de la mezcla para cada porcentaje de lubricante residual en función del tiempo. Ya que así como es importante la magnitud de la resistencia a compresión que puede alcanzar el concreto, también lo es la velocidad con que las adquiere.

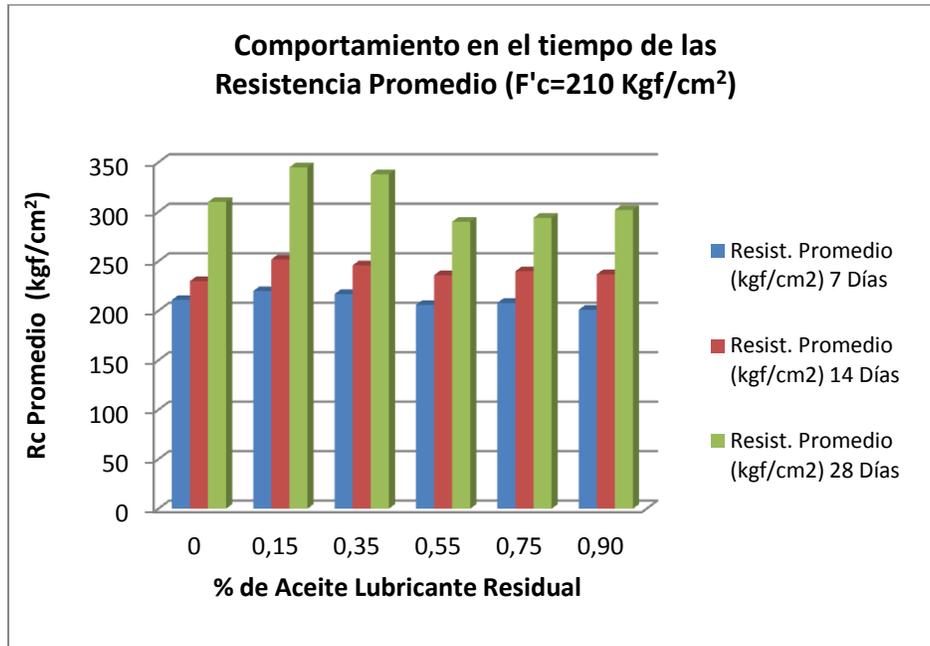


Gráfico 4. Comportamiento en el tiempo de las resistencias promedios ($F'c=210 \text{ Kgf/cm}^2$) Mezcla N°1

Tal como lo afirma Porrero, J., et. al. (2009) desde el comienzo del fraguado se aprecia el endurecimiento típico del concreto, en principio de forma rápida y a medida que transcurre el tiempo disminuye su velocidad. En el gráfico N° 4, se puede apreciar que a los 7 días el concreto ya ha alcanzado casi por completo la resistencia requerida y alrededor de un 70% de la resistencia total a compresión registrada a los 28 días. Por otra parte, es posible apreciar que los porcentajes de aceite residual incorporados a la mezcla de concreto no altera significativamente la tendencia resistente del concreto a distintas edades.

IV.4.2 Réplica N°1 de la mezcla N° 1

A continuación se muestran los resultados de la primera réplica de la mezcla N°1 y al igual que esta se realizaron ensayos a 7, 14 y 28 días para evaluar el comportamiento del concreto ($F'c=210 \text{ Kgf/cm}^2$), cuyos resultados se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 5. Resistencia a Compresión de Concreto ($F'c= 210 \text{ kgf/cm}^2$) a los 7 días de la Mezcla Réplica N°1

% de Lubricante Residual	Resist. Promedio (kgf/cm^2)		
	7 Días	14 Días	28 Días
0	170	212	245
0,15	199	245	271
0,35	205	220	270
0,55	185	205	231
0,75	178	209	242
0,90	172	215	242

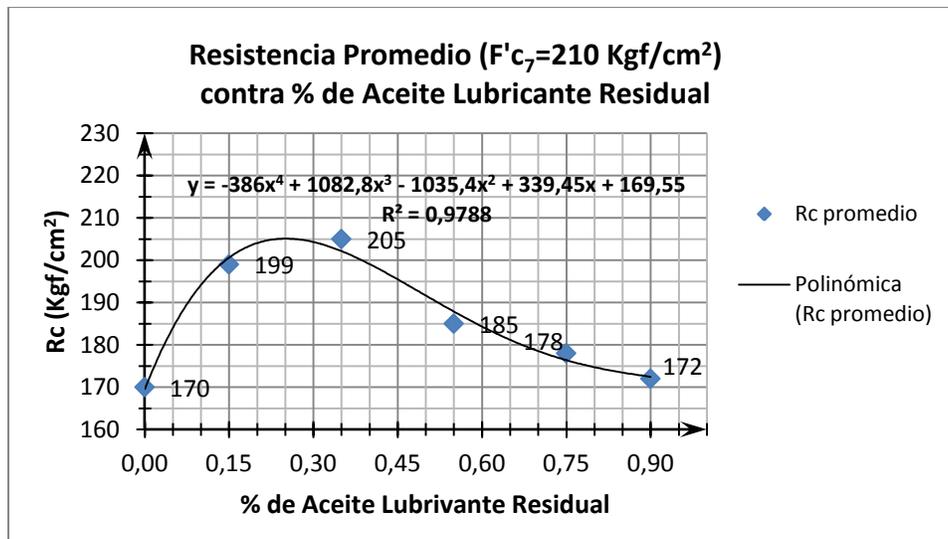


Gráfico 5. Resistencia Promedio a los 7 días ($F'c_7=210 \text{ Kgf/cm}^2$) Replica N°1

Para esta mezcla se observa un comportamiento similar a las curvas de la mezcla N°1. Sin embargo, a diferencia de los resultados a compresión a los 7 días de la mezcla anteriormente nombrada la primera mezcla réplica presenta la muestra con 0,35% de lubricante residual con mayor resistencia alcanzando un valor de 205 Kgf/cm², el cual se encuentra por encima de la muestra patrón y de la muestra con 0,15% de lubricante residual.

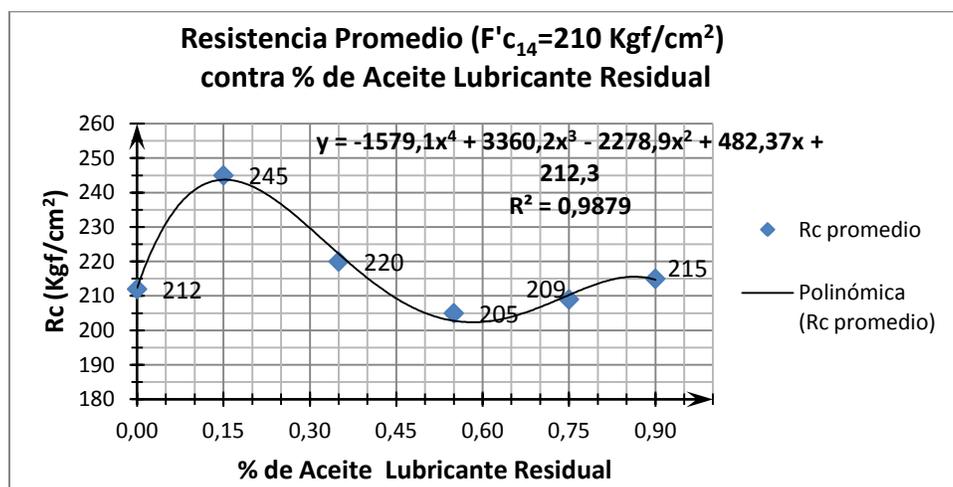


Gráfico 6. Resistencia Promedio a los 14 días (F'c14=210 Kgf/cm²) Réplica N°1

Pasado los 14 días, la curva de la primera mezcla réplica se ajusta más a la mezcla N°1, ya que se observa que la muestra con 0,15% de lubricante residual es la que alcanza una mayor resistencia a la compresión, siendo este valor de 245 Kgf/cm².

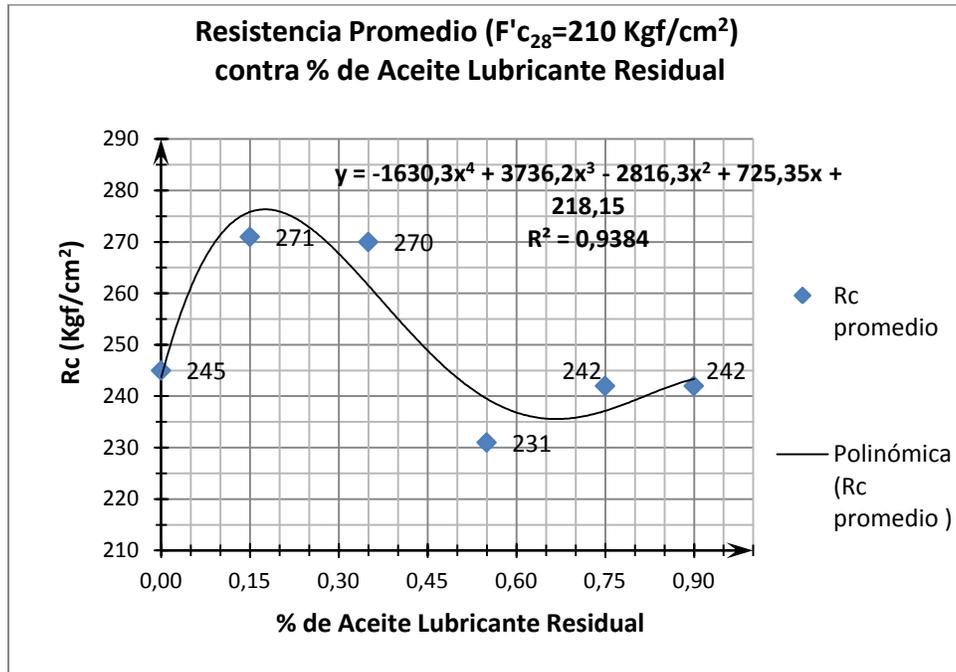


Gráfico 7. Resistencia Promedio a los 28 días ($F'c_{28}=210 \text{ Kg/cm}^2$) Replica N°1

Una vez alcanzado la edad de 28 días el comportamiento de la mezcla sigue siendo el mismo, la muestra que superan en resistencia a la muestra patrón son las que tiene un porcentaje de 0,15% y 0,35% y cuyos valores son 271 Kg/cm^2 y 270 Kg/cm^2 respectivamente. A demás la muestra con 0,15% de lubricante residual aumenta en un 9,59% con respecto a la muestra patrón.

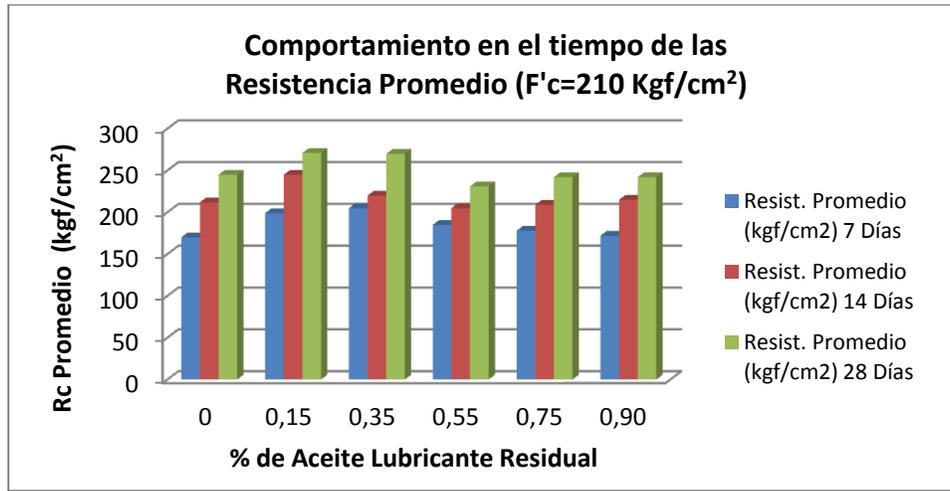


Gráfico 8. Comportamiento en el tiempo de las resistencias promedios (F'C=210 Kgf/cm²) Replica N°1

En el gráfico anterior nuevamente se aprecia el comportamiento de la resistencias en función del tiempo de la mezcla replica N°1, que al igual que la mezcla N°1 presenta el desarrollo esperado de resistencia a compresión a las diferentes edades de ensayo.

IV.4.3 Réplica N°2 de la mezcla N° 1

Se muestran los resultados de la segunda réplica de la mezcla N°1 y al igual que ésta se realizaron ensayos a 7, 14 y 28 días para evaluar el comportamiento del concreto (F'c=210 Kgf/cm²) con los diferentes porcentajes de aceite lubricante residual, cuyos valores se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 6. Resistencia a Compresión de Concreto ($F'c= 210 \text{ kgf/cm}^2$) a los 7 días de la Mezcla Réplica N°2

% de Lubricante Residual	Resist. Promedio (kgf/cm^2)		
	7 Días	14 Días	28 Días
0	251	300	312
0,15	256	309	349
0,35	240	302	324
0,55	204	257	280
0,75	208	262	311
0,90	241	279	319

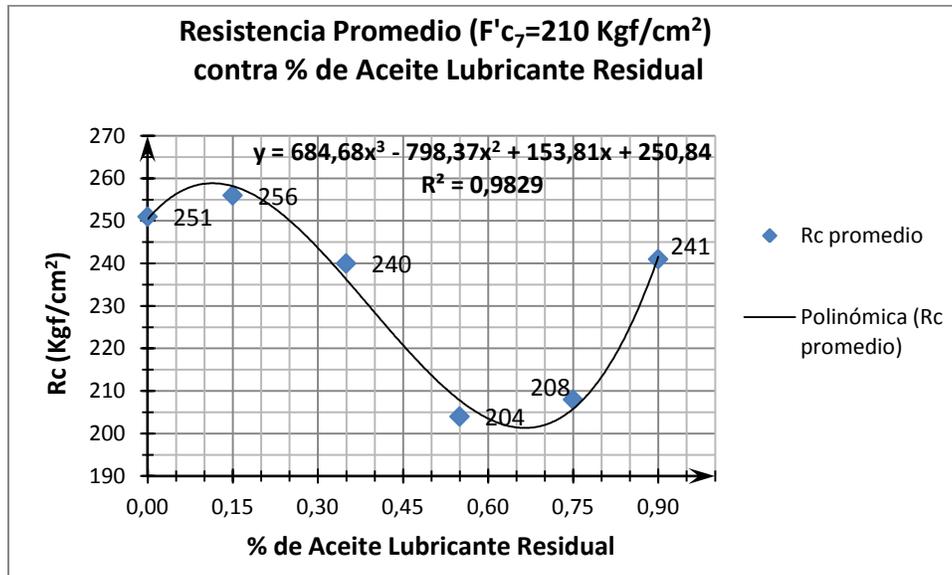


Gráfico 9. Resistencia Promedio a los 7 días ($F'c7=210 \text{ Kgf/cm}^2$) Réplica N°2

Nuevamente se observa que a los 7 días la muestra con 0,15% de lubricante residual es la que gana mayor resistencia a la compresión, siendo este valor de $256 \text{ Kg}/\text{cm}^2$, apenas $5 \text{ Kg}/\text{cm}^2$ por encima de la muestra patrón.

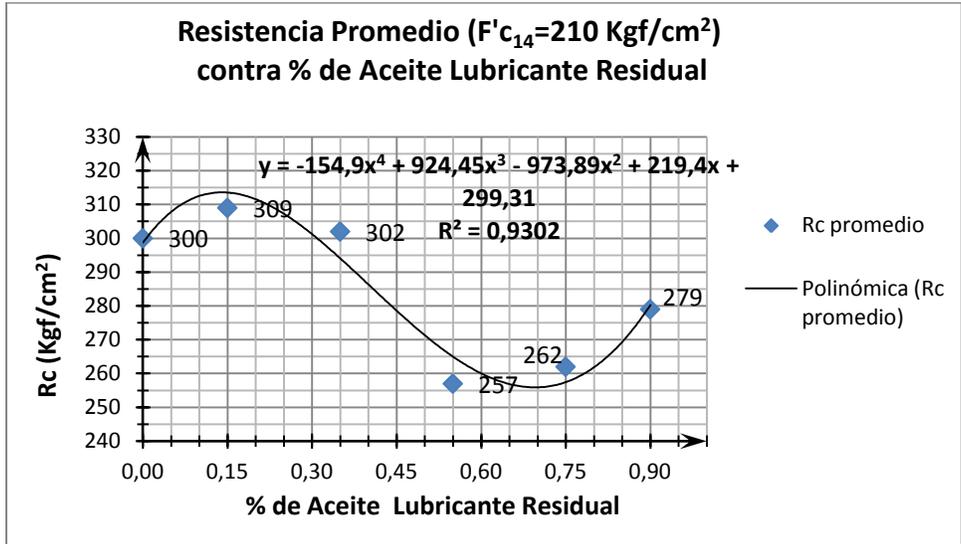


Gráfico 10. Resistencia Promedio a los 14 días (F'c₁₄=210 Kgf/cm²) Replica N°2

Se observa que el comportamiento de la curva sigue manteniéndose con respecto a las mezclas anteriores siendo la muestra con 0,15% de lubricante residual la que presenta mayor resistencia con un valor de 309 Kgf/cm².

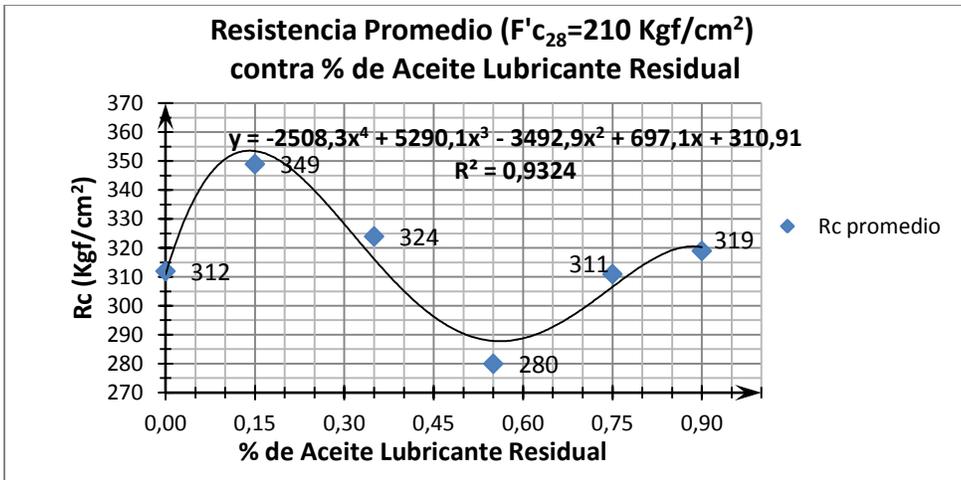


Gráfico 11. Resistencia Promedio a los 28 días (F'c₂₈=210 Kgf/cm²) Replica N°2

Finalmente a los 28 días el comportamiento es el esperado tomando en cuenta las tendencias de las curvas de las dos primeras mezclas; para esta edad de ensayo la tendencia de la misma se encuentra más definida por ser éste tiempo donde el concreto ya ha alcanzado casi por completo su máxima resistencia. De nuevo, se aprecia que la muestra con 0,15% de lubricante residual está por encima de los valores de resistencia tanto de la muestra patrón como de los demás porcentajes, siendo este valor de 349 Kgf/cm², es decir 10,60% más resistente que la muestra patrón.

Se presenta a continuación el gráfico de barra correspondiente a la segunda replica. En él, al igual que en los gráficos de barra de las mezclas anteriores se aprecia la típica tendencia del concreto aumentar su resistencia a medida que transcurre el tiempo.

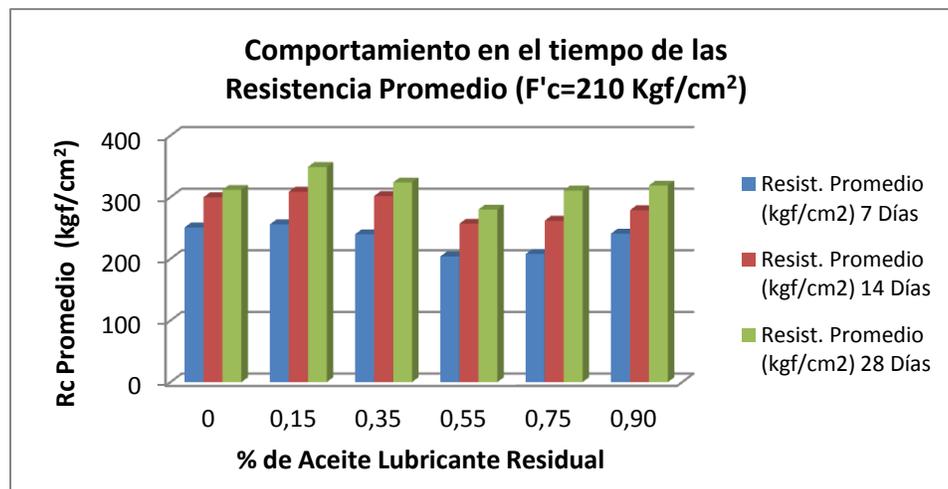


Gráfico 12. Comportamiento en el tiempo de las resistencias promedios (F'C=210 Kgf/cm²) Replica N°2

IV.5 Tendencia de las curvas de Resistencia a la compresión en función de la edad de ensayo

Considerando que fueron elaboradas tres mezclas idénticas en cuanto a proporciones, características y componente; bajo el mismo diseño y método de ensayo. Se presenta a continuación en resumen el promedio de las resistencias alcanzadas para cada porcentaje de lubricante residual, obtenidas en los distintos días de ensayo, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 7. Resistencias promedios de las tres Mezclas de acuerdo a la edad de ensayo ($F'c=210 \text{ Kg/cm}^2$)

% de Lubricante	Resistencias Promedio (Kg/cm^2)		
	7	14	28
0,00	211	248	289
0,15	225	269	322
0,35	221	256	311
0,55	198	233	267
0,75	198	237	282
0,90	205	244	288

Agrupar los datos de tres mezclas distintas mediante el promedio de los resultados es admisible pues el comportamiento de las tres mezclas son similares y los resultados no se dispersan considerablemente entre una de otra. Por esta razón, la siguiente grafica describe una tendencia aceptable la cual es representativa para cada porcentaje de aceite lubricante residual.

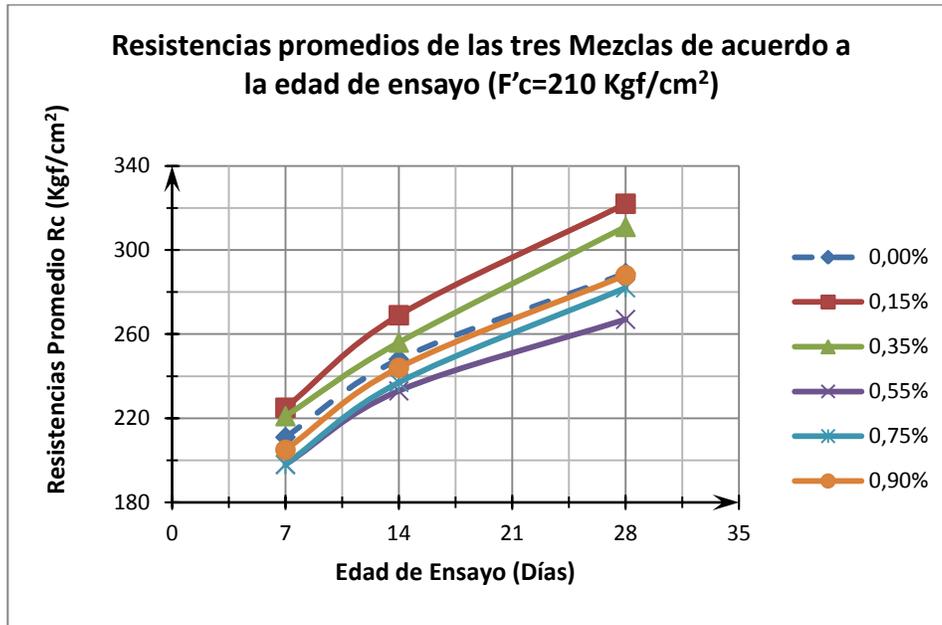


Gráfico 13. Comportamiento de Resistencias promedio de las tres Mezclas de acuerdo a la edad de ensayo ($F'c=210 \text{ Kg/cm}^2$)

De esta grafica se puede destacar que los porcentajes de 0,15% y 0,35% de aceite Residual alcanzan resistencia por encima de la muestra patrón tanto a los 7, 14 y 28 días, mientras que los otros porcentajes estudiados no logran superar la resistencia a compresión de la muestra patrón, por lo que se espera que el porcentaje optimo definitivo de aceite lubricante residual se encuentre entre los rangos de porcentajes inicialmente nombrados.

IV.6 Resistencias promedios a los 28 días de las tres (3) mezclas para obtener el porcentaje (%) óptimo de Lubricante Residual.

Luego de Observar el comportamiento de cada una de las mezclas, se realizó un promedio de la resistencia a compresión a los 28 días del concreto $F'c=210 \text{ Kg/cm}^2$, de cada uno de los contenidos de lubricante residual, del cual se obtuvo la tabla que sigue a continuación.

Tabla 8. Resumen de las Resistencias promedios a los 28 días ($F'c_{28}=210\text{Kg/cm}^2$)

Descripción	% de Lubricante Residual	Resist. Prom.(kgf/cm ²)
Patrón	0	289
ACEITE 0,15%	0,15	322
ACEITE 0,35%	0,35	311
ACEITE 0,55%	0,55	267
ACEITE 0,75%	0,75	282
ACEITE 0,90%	0,90	288

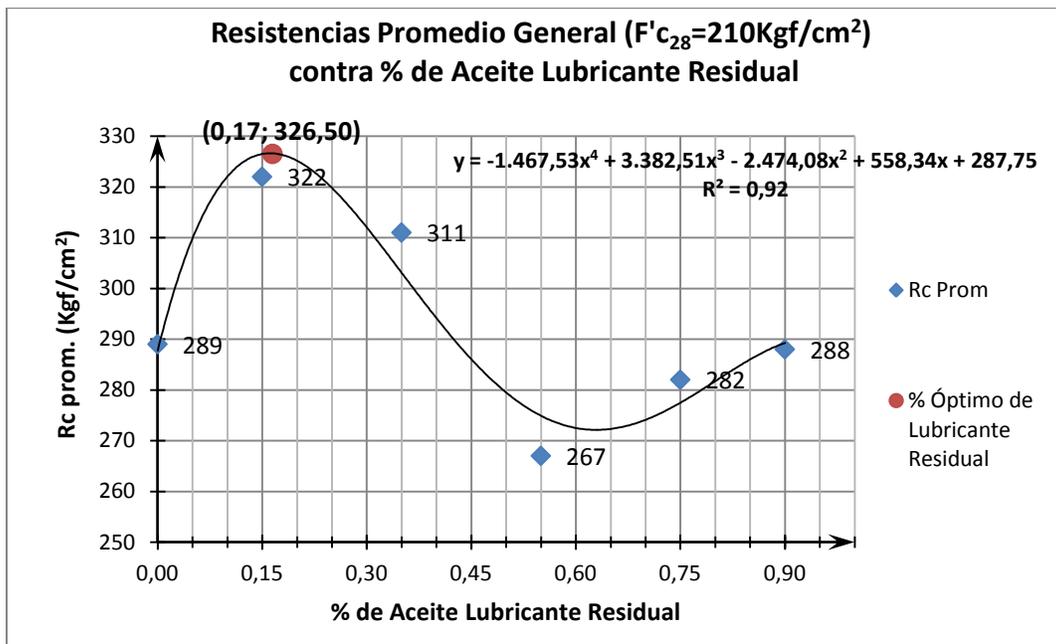


Gráfico 14. Resistencias Promedio General ($F'c_{28}=210\text{Kg/cm}^2$)

Una vez graficado los puntos correspondientes a la resistencia a compresión promedio de las tres mezclas, se procedió a generar la línea de tendencia de mejor ajuste a dichos valores, resultando ser una curva polinómica de grado cuatro con un valor de R^2 de 0,92 y cuya ecuación se presenta en el gráfico. Cabe destacar, que dicha curva conserva la tendencia mostrada para cada una de las mezclas anteriores a los 28 días y siendo la muestra con 0,15% de lubricante residual la que alcanza una resistencia mayor cuyo valor promedio es $R_{C28}=322 \text{ Kgf/cm}^2$, lo que significa un aumento de la resistencia a compresión en 10,25 % con respecto a la muestra patrón.

Sin embargo, haciendo uso de las propiedades matemáticas que ofrece la ecuación polinómica, se evaluó la misma en el punto de concavidad más alto de acuerdo al eje de las ordenadas el cual representa la resistencia a la compresión promedio (R_{C28}) dando como resultado $326,52 \text{ Kgf/cm}^2$. Luego, sustituyendo este valor en la ecuación: $y = -1.467,53x^4 + 3.382,51x^3 - 2.474,08x^2 + 558,34x + 287,75$ y despejando la variable x que está representada en el eje de las abscisas por el % de lubricante residual, se obtiene como porcentaje óptimo de aceite lubricante residual 0,17%.

Dicho valor de 0,17% se contempla como volumen en mililitros (ml) de acuerdo al peso del cemento del diseño de mezcla, es decir se agregará 0,17% del peso del cemento en lubricante residual con el fin de preparar nuevas mezclas con dicho porcentaje que permitan evaluar otras características físicas y mecánicas del concreto en estado fresco y endurecido comparándola con una mezcla patrón a fin de observar su comportamiento, tal como se detalló en la metodología.

Para un bacheo de 100 litros de concreto mezclado en mezclador (trompo), el peso de cemento según el diseño de mezcla calculado es de 32,9 Kg. Por lo

tanto 0,17% del lubricante residual corresponde a 0,05593 Kg que es equivalente a 55,93 gr y al dividir este valor entre la densidad del lubricante residual (0,88 gr/ml) se obtiene que el volumen es 63,56 ml. Así que, para un metro cúbico (1,00 m³) de concreto este 0,17% de lubricante residual corresponde a 635,60 ml, es decir más de medio litro de lubricante por cada metro cúbico de mezcla de concreto ($F'c=210 \text{ Kg/cm}^2$).

IV.7 Resistencias promedios a los 28 días de las 3 mezclas y los valores de resistencia a compresión para 1% de lubricante residual obtenidos del TEG de González y Santana (2011)

A fin de comparar los resultados obtenidos en el trabajo especial de grado elaborado por Gonzales y Santana (2011), se extrajo de la tabla N° IV.9 del Capítulo IV el valor promedio de compresión del concreto a los 28 días ($F'c=210 \text{ kg/cm}^2$) para una muestra con 1,00% de contenido de lubricante residual y se anexó a la tabla N°9 de este trabajo, lo que permitió verificar su comportamiento y darle continuidad, por tratarse de la misma línea de investigación.

Tabla 9. Resumen de las Resistencias promedios a los 28 días y Resistencia para 1% de lubricante Residual ($F'c28=210\text{Kg/cm}^2$)

Descripción	% Lubricante Residual	Resistencia Promedio (Kg/cm²)
Patrón	0,00	289
ACEITE 0,15%	0,15	322
ACEITE 0,35%	0,35	311
ACEITE 0,55%	0,55	267
ACEITE 0,75%	0,75	282
ACEITE 0,90%	0,90	288
ACEITE 1,00%	1,00	220 *

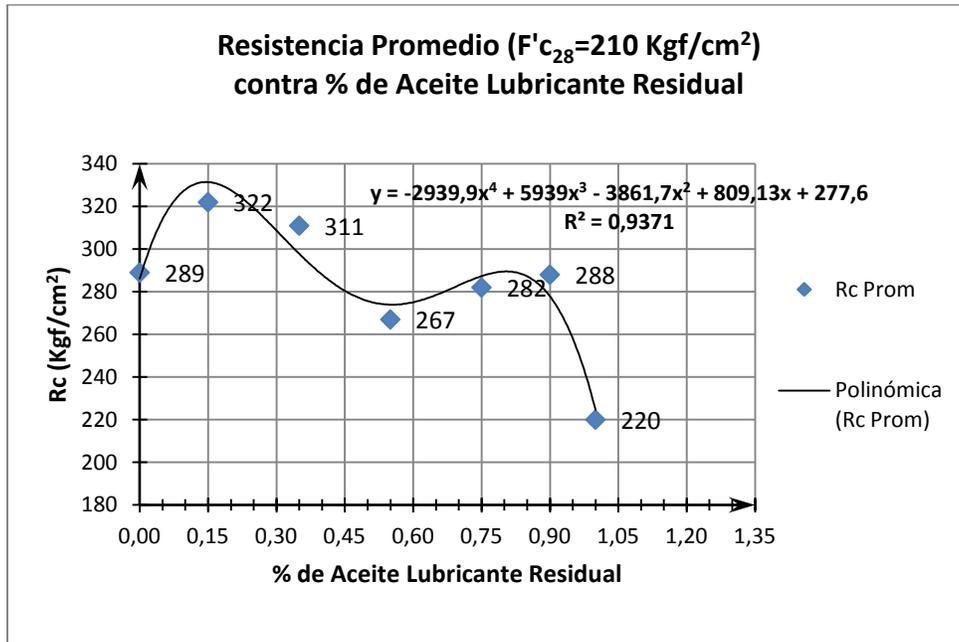


Gráfico 15. Resistencia Promedio para 1% de lubricante Residual ($F'_{c28}=210 \text{ Kgf/cm}^2$)

Vinculando los resultados de compresión anteriormente expuestos para elegir un porcentaje óptimo de lubricante residual, se puede observar que la tendencia y comportamiento de la gráfica se mantiene ganando resistencia para 0,15% y 0,35% de lubricante y luego tiende a disminuir la resistencia a medida que se aumenta el contenido de lubricante residual a la mezcla de concreto, tal como se corroboró en el trabajo anteriormente citado.

IV.8 Tiempo de Fraguado

En la siguiente tabla y gráfico se observa el comportamiento del tiempo final de fraguado en el concreto $F'_{c}=210 \text{ Kgf/cm}^2$ para cada una de las mezclas tanto para la muestra patrón como para la muestra con porcentaje óptimo de lubricante residual. Los resultados completos se muestran en el Anexo E.

Tabla 10. Resultados del tiempo de Fraguado final del concreto $F'c=210 \text{ Kg/cm}^2$

Mezcla N°	% de Lubricante	Fraguado Final (Hr)
1	0%	6,00
	0,17%	6,00
2	0%	6,00
	0,17%	6,00

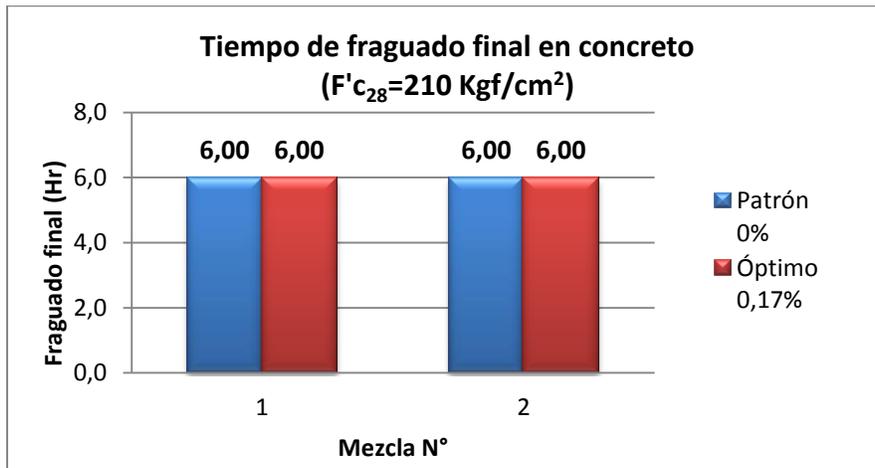


Gráfico 16. Tiempo de fraguado final en concreto

Como se observa, tanto la muestra patrón como la muestra con porcentaje lubricante residual tienen el mismo tiempo de fraguado final, siendo este de 6 horas, por lo que agregarle 0,17% de lubricante residual a la mezcla de concreto no afecta el comportamiento del tiempo de fraguado.

IV.9 Ensayos de Compresión (Cilindros de control)

A continuación se presentan los resultados obtenidos de los ensayos de compresión de las dos últimas mezclas realizadas, la cual consta de dos muestras una con el porcentaje óptimo de lubricante residual señalado anteriormente y la otra correspondiente a la muestra patrón. De esta manera se verificaron las resistencias esperadas, según la tendencia del gráfico 14.

Tabla 11. Resumen de Resultado ensayos de compresión de los cilindros control

Mezcla N°	Descripción	% de Lubricante Residual	Resist. Promedio (kgf/cm ²)		
			7 Días	14 Días	28 Días
1	Patrón	0,00	234	265	319
	Aceite 0,17%	0,17	263	294	344
2	Patrón	0,00	233	262	331
	Aceite 0,17%	0,17	246	301	358

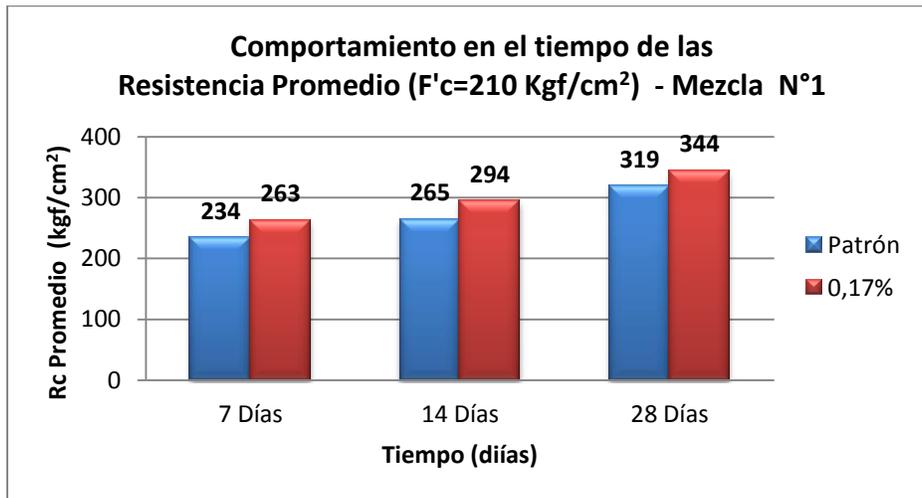


Gráfico 17. Comportamiento en el tiempo de las Resistencia Promedio (F'c=210 Kgf/cm²) - Mezcla N°1

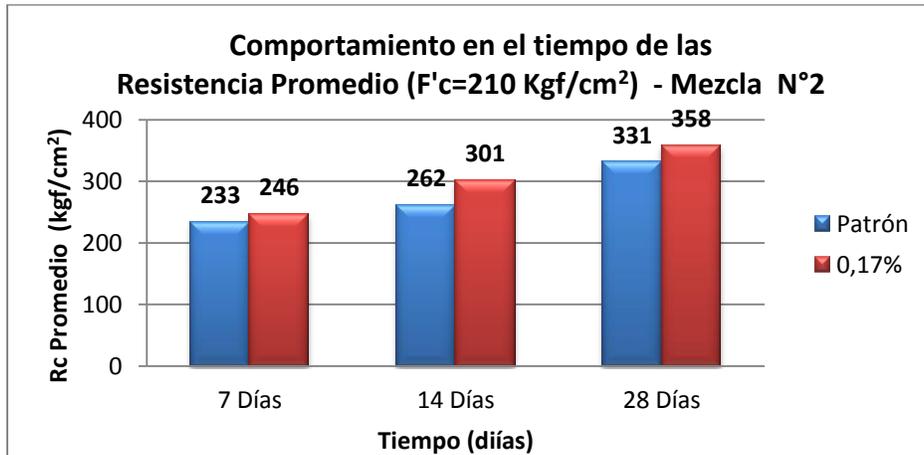


Gráfico 18. Comportamiento en el tiempo de las Resistencia Promedio (F'c=210 Kgf/cm²) - Mezcla N°2

Tabla 12. Resumen de las Resistencias promedios de los cilindros control

Descripción	% de Lubricante Residual	Resist. Promedio (kgf/cm ²)		
		7 Días	14 Días	28 Días
Patrón	0,00	234	263	325
Aceite 0,17%	0,17	254	298	351

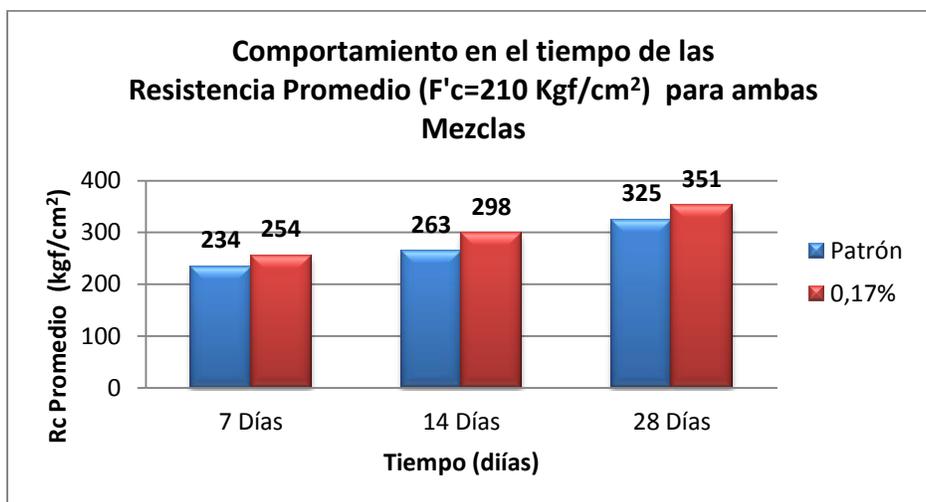


Gráfico 19. Comportamiento en el tiempo de las Resistencia Promedio (F'c=210 Kgf/cm²) para ambas Mezclas

Del gráfico anterior se puede apreciar que el comportamiento de la resistencia promedio para cada edad de ensayo y en especial para los 28 días es el esperado, en el cual la muestra con porcentaje óptimo de lubricante residual resulta mayor que la muestra patrón cuyos valores son 351 kgf/cm^2 y 325 kgf/cm^2 respectivamente siendo la diferencia entre ambos de 26 kgf/cm^2 . Sin embargo, estas resistencias son mayores a las resistencias promedios mostradas en el gráfico 14, en el cual la diferencia entre ambas muestras (0% y 0,17%) es de $37,5 \text{ kgf/cm}^2$, tal aumento en la resistencia puede estar influenciado por lo que se ha mencionado anteriormente, es decir, por la desviación estándar elevada que se maneja y por la variación en la calidad del cemento suministrado a la FNC. La curva óptima derivada de los ensayos a compresión a los 28 días muestra que con contenidos de aceite 0,17% debería dar más resistencia que con 0,15% y efectivamente los ensayos de compresión de cilindros de control confirman esta tendencia siendo sus resultados mayores a los de concreto con contenido de aceite 0,15%

IV.10 Ensayo de Peso Unitario

A continuación se presentan los resultados producto del cálculo del peso unitario endurecido de cilindros de concreto ($F'c=210 \text{ Kgf/cm}^2$) de 10x20 cm en las dos mezclas elaboradas, tanto para la muestra patrón como para el porcentaje óptimo de lubricante residual.

Tabla 13. Pesos Unitario de concreto F'c=210 Kgf/cm²

Mezcla N°	P. U. Prom. (gr/cm ³)	
	0%	0,17%
1	2,46	2,45
2	2,43	2,43
Promedio General (gr/cm ³)	2,45	2,44

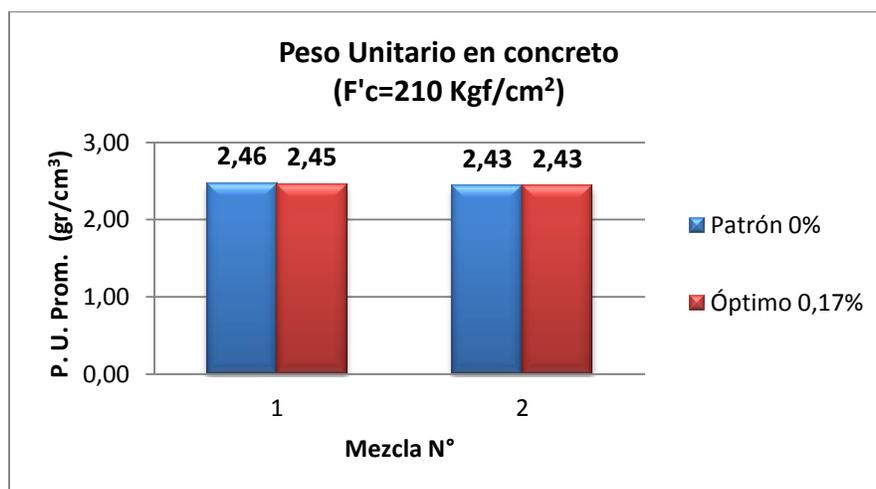


Gráfico 20. Peso Unitario en concreto (F'c=210 Kgf/cm²)

Como se aprecia en el gráfico 20, los valores del peso unitario resultan muy próximos a los valores teóricos conocidos (2,4 gr/cm³), para la mezcla N°1 resulta un poco menor el peso unitario de la mezcla con porcentaje óptimo de lubricante residual, sin embargo la diferencia es apenas de 0,01 centésimas por lo que agregarle este contenido de lubricante no afecta esta propiedad del concreto ya que como se observa en la mezcla N°2 el promedio del peso unitario es exactamente igual para ambos porcentajes.

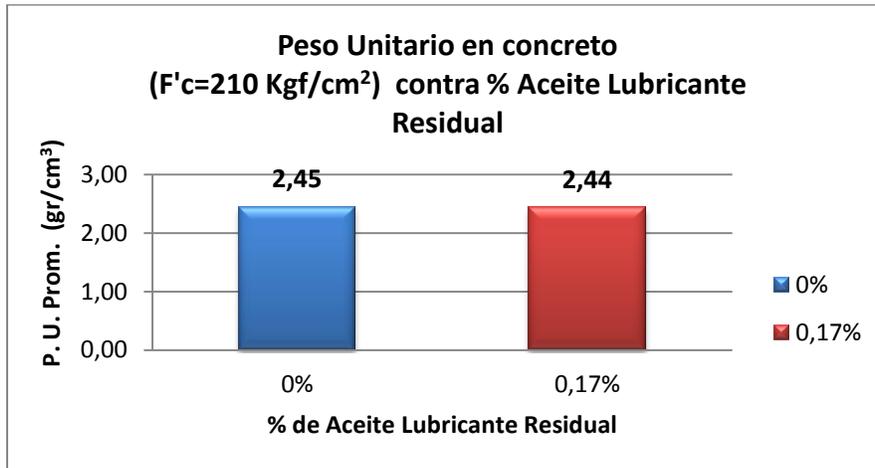


Gráfico 21. Peso Unitario en concreto (F'c=210 Kgf/cm²) contra % Aceite Lubricante Residual

No hay mayor diferencia entre el peso unitario de la muestra patrón y la muestra con porcentaje óptimo de lubricante residual es por esto que al graficar dichos valores luego de hacer un promedio entre ambas mezclas resultan casi iguales dichos pesos variando solo en 0,01 centésimas. Ver gráfica 21.

IV.11 Ensayo de Tracción indirecta

A continuación se puede apreciar en la tabla 14 y de forma gráfica el resumen de los resultados obtenidos a partir del ensayo brasileño, en donde se muestran los esfuerzos de tracción promedio (σ_{br}) para cada una de las mezclas realizadas tanto para las muestras patrón y para las muestras de porcentaje óptimo de lubricante residual. En el Anexo F, se observan la tabla completa de resultados obtenidos.

Tabla 14. Resumen de resultados ensayo de Tracción indirecta del concreto usando probetas cilíndricas ($F'c=210 \text{ Kgf/cm}^2$)

Mezcla	% de Lubricante	σ_{br} Prom. (Kgf/cm ²)
1	0%	30,86
	0,17%	30,45
2	0%	25,18
	0,17%	25,81

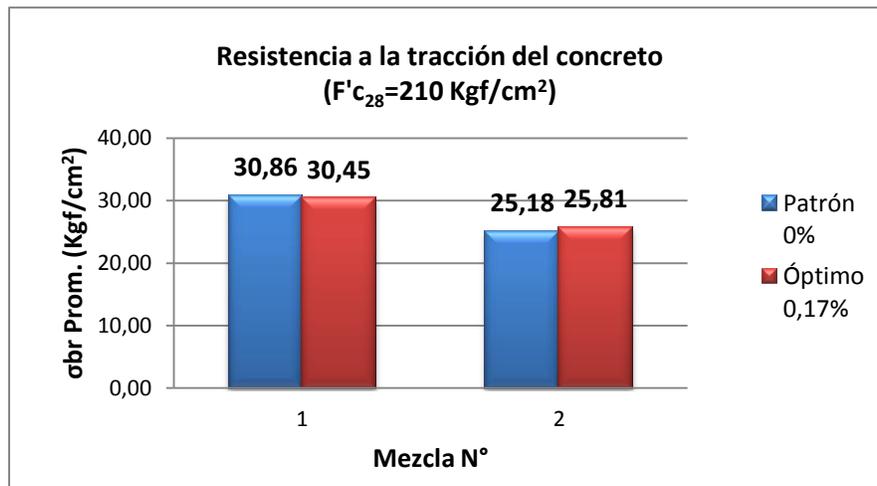


Gráfico 22. Resistencia a la tracción del concreto ($F'c_{28}=210 \text{ Kgf/cm}^2$)

En la mezcla 1 se observa que la muestra patrón tiene un esfuerzo de tracción de $30,86 \text{ Kgf/cm}^2$ el cual es mayor que la muestra con contenido óptimo de lubricante residual siendo esta diferencia apenas de 0,42 centésimas. Mientras que para la mezcla 2 el comportamiento es contrario resulta mayor la muestra con contenido óptimo de lubricante residual con un valor de $25,81 \text{ Kgf/cm}^2$ y la muestra patrón alcanzó un valor de $25,18 \text{ Kgf/cm}^2$.

Por otra parte al realizar un promedio general de las mezclas a pesar que hay una disminución de esfuerzos traccionantes entre la mezcla N°1 y N°2 de 5 Kgf/cm^2 aproximadamente, dicho promedio muestra que ambas presentan valores

de esfuerzos traccionantes de 28,02 kgf/cm² y 28,13 Kgf/cm² respectivamente, resultando mayor la muestra con contenido óptimo de lubricante residual (ver gráfico 23).

Tabla 15. Promedio General de ensayo de Tracción indirecta del concreto usando probetas cilíndricas (F'c=210 Kgf/cm²)

Mezcla N°	σ _{br} Prom. (Kgf/cm ²)	
	0%	0,17%
1	30,86	30,45
2	25,18	25,81
Promedio General (Kgf/cm ²)	28,02	28,13

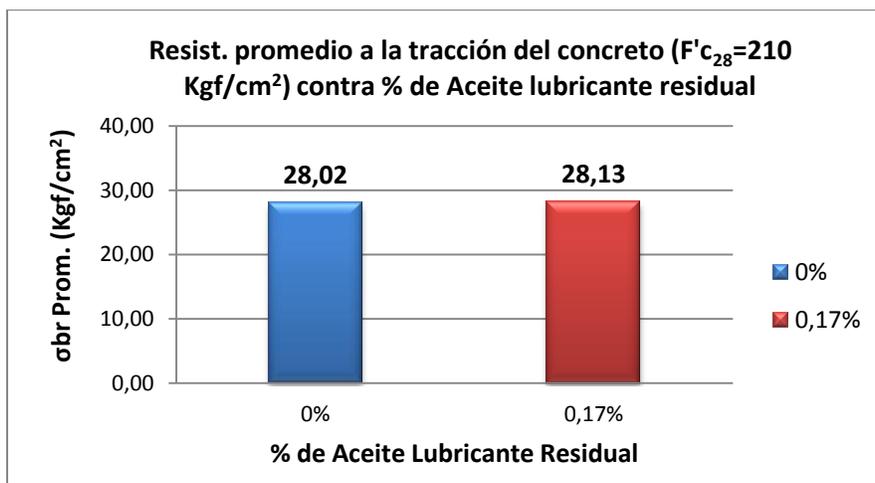


Gráfico 23. Resistencia Promedio a la tracción del concreto (F'c₂₈=210 Kgf/cm²) contra % de Aceite lubricante residual

IV.12 Ensayo Módulo de Rotura

En la tabla que se muestra a continuación se observan los valores del módulo de rotura (M_r) en el concreto, obtenidos a partir de los ensayos tanto para la mezcla 1 como para la mezcla 2 y su comportamiento al adicionar el porcentaje óptimo de lubricante residual. En el Anexo G, se encuentran especificados ampliamente los resultados y cálculos de dicho ensayo.

Tabla 16. Resumen de resultados del ensayo para determinar de la resistencia a la flexión en vigas de concreto ($F'c=210 \text{ Kg/cm}^2$) simplemente apoyadas con cargas en los extremos del tercio central

Mezcla N°	% de Lubricante	M_r prom. (Kg/cm^2)
1	0%	55,96
	0,17%	57,44
2	0%	59,45
	0,17%	53,78

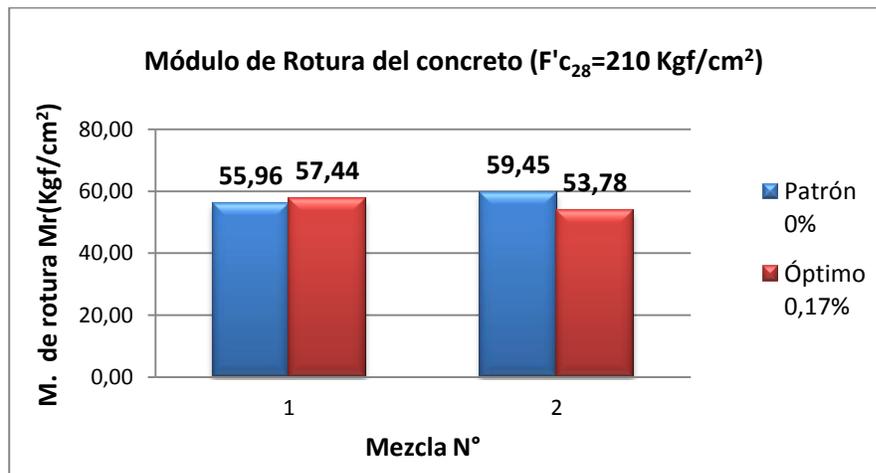


Gráfico 24. Módulo de Rotura del concreto ($F'c28=210 \text{ Kg/cm}^2$)

La muestra con porcentaje óptimo de lubricante de la primera mezcla resulta mayor que la muestra patrón, siendo estos valores de 57,44 Kgf/cm² y 55,96 Kgf/cm² respectivamente. Sin embargo, la muestra patrón aumenta apreciablemente para la segunda mezcla y resulta mayor con un valor de 59,45 Kgf/cm² mientras que la muestra con lubricante residual alcanzó un valor de 53,78 Kgf/cm², perdiendo así hasta 5,67 Kgf/cm² de resistencia a flexión.

Tabla 17. Promedio General Módulo de Rotura del concreto ($F'c_{28}=210$ Kgf/cm²)

Mezcla N°	Mr prom. (Kgf/cm ²)	
	0%	0,17%
1	55,96	57,44
2	59,45	53,78
Promedio General (Kgf/cm ²)	57,70	55,61

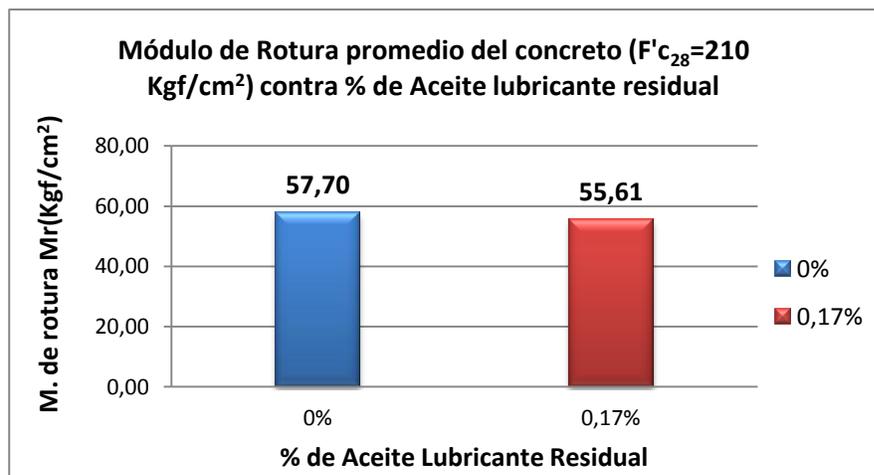


Gráfico 25. Módulo de Rotura promedio del concreto ($F'c_{28}=210$ Kgf/cm²) contra % de Aceite lubricante residual

No obstante al realizar un promedio general de ambas mezclas, esta diferencia del módulo de rotura entre el 0% y 0,17% de lubricante residual es solo de 2,09 Kgf/cm².

IV.13 Ensayo de Ultrasonido

En la siguiente tabla se muestran en resumen los resultados obtenidos del ensayo para determinar la velocidad de propagación de ondas en el concreto para cada una de las mezclas elaboradas, en el anexo H, se puede observar los resultados completos. Así mismo, se presenta en un gráfico de barras para observar el comportamiento en el concreto patrón y con porcentaje óptimo de lubricante residual respectivamente, de manera que permita apreciar variaciones en la densidad del concreto.

Tabla 18. Resumen de resultados ensayo Ultrasonido en probetas de concreto (F'c=210 Kgf/cm²)

Mezcla	% de Lubricante	Velocidad Prom. (Km/s)
1	0%	4,35
	0,17%	4,37
2	0%	3,89
	0,17%	3,87

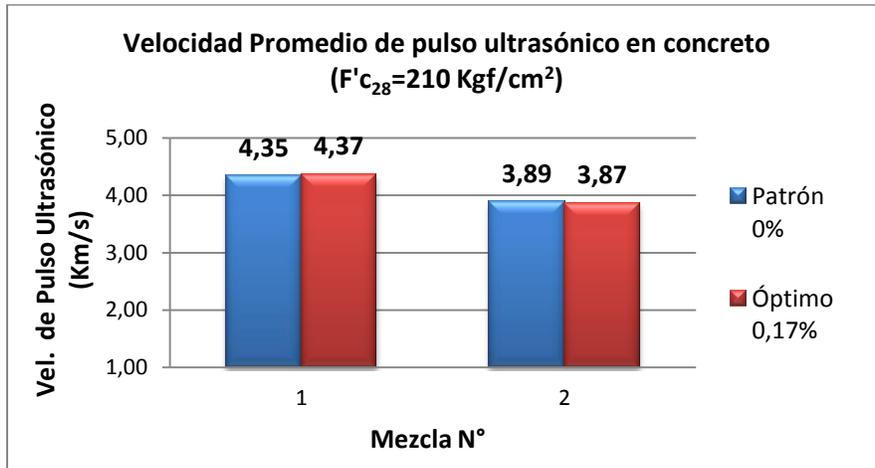


Gráfico 26. Velocidad Promedio de pulso ultrasónico en concreto (F'c₂₈=210 Kg/cm²)

Como se observa en el gráfico, en la mezcla N° 1 la muestra patrón tiene una velocidad de propagación de onda promedio de 4,35 Km/s mientras que para la muestra con porcentaje óptimo de lubricante residual es de 4,37 Km/s esta diferencia de 0,022 Km/s a pesar de ser muy baja indica que la densidad en el concreto no varía significativamente al incorporar aceite lubricante residual a la mezcla de concreto.

Por otra parte, para la mezcla N°2 ocurre lo contrario, la muestra patrón resulta 0,022 Km/s mayor a la muestra con contenido de lubricante, es decir, ocurrió un aumento del pulso ultrasónico. Sin embargo, al hacer un promedio general de las mezclas, se aprecia que ambas se comportan exactamente igual, siendo esta velocidad de propagación de ondas de 4,12 Km/s para cada una, tal como se observa en el siguiente gráfico.

Tabla 19. Promedio General Velocidad Promedio de pulso ultrasónico en concreto ($F'c_{28}=210 \text{ Kg/cm}^2$)

Mezcla N°	Velocidad Prom. (Km/s)	
	0%	0,17%
1	4,35	4,37
2	3,89	3,87
Promedio General (km/s)	4,12	4,12

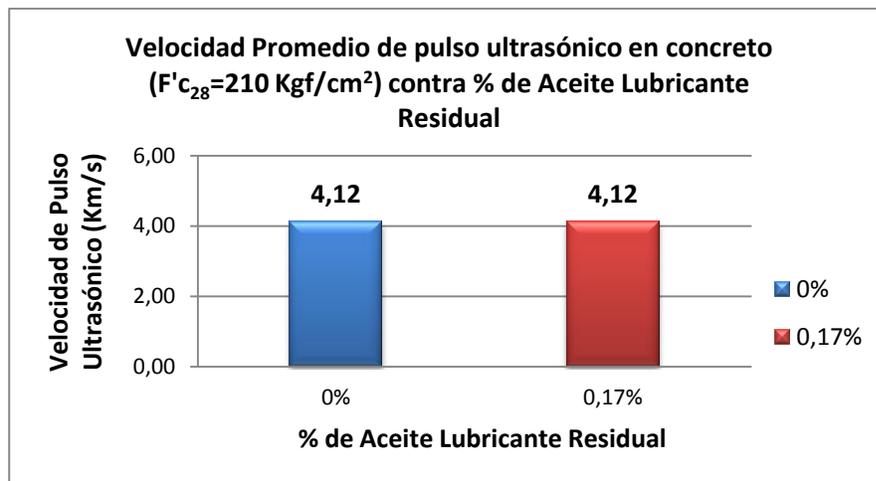


Gráfico 27. Velocidad Promedio de pulso ultrasónico en concreto ($F'c_{28}=210 \text{ Kg/cm}^2$) contra % de Aceite Lubricante Residual

IV.14 Ensayo de Absorción

En la siguiente tabla se muestran los porcentajes de absorción obtenidos para cada mezcla de concreto y su variación al agregarle lubricante residual, en el Anexo I, se encuentra de forma general valores calculados.

Tabla 20. Resumen de resultados del ensayo de Absorción promedio del concreto ($F'c=210$ Kgf/cm²)

Mezcla N°	% de Lubricante	% de Absorción
1	0%	6,22
	0,17%	6,07
2	0%	5,32
	0,17%	5,41

Para la mezcla 1 el porcentaje de absorción resulta mayor para la muestra patrón siendo estos valores 6,22% y 6,07% respectivamente, mientras que para la mezcla 2 este efecto se ve revertido siendo la muestra con porcentaje óptimo de lubricante residual el que presenta un mayor porcentaje de absorción.

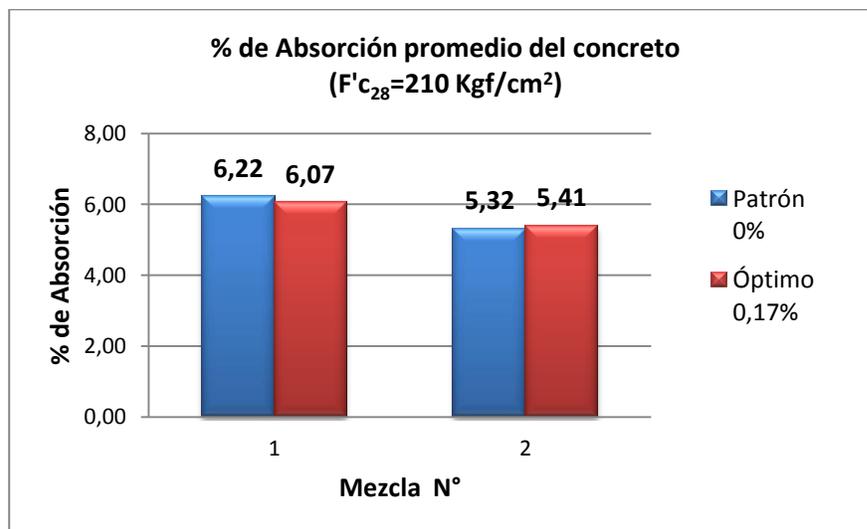


Gráfico 28. % de Absorción promedio del concreto ($F'c_{28}=210$ Kgf/cm²)

Sin embargo para ambas mezclas la variación de absorción de agua entre el 0% y 0,17% de lubricante residual es muy poca, por lo cual al realizar un promedio general entre éstas la diferencia apenas es de 0,03 % tal como se puede observar en la tabla 21 y el gráfico 29 que siguen a continuación.

Tabla 21. Promedio General % de Absorción en concreto ($F'c_{28}=210 \text{ Kgf/cm}^2$)

Mezcla N°	% de Absorción	
	0%	0,17%
1	6,22	6,07
2	5,32	5,41
Promedio General (%)	5,77	5,74

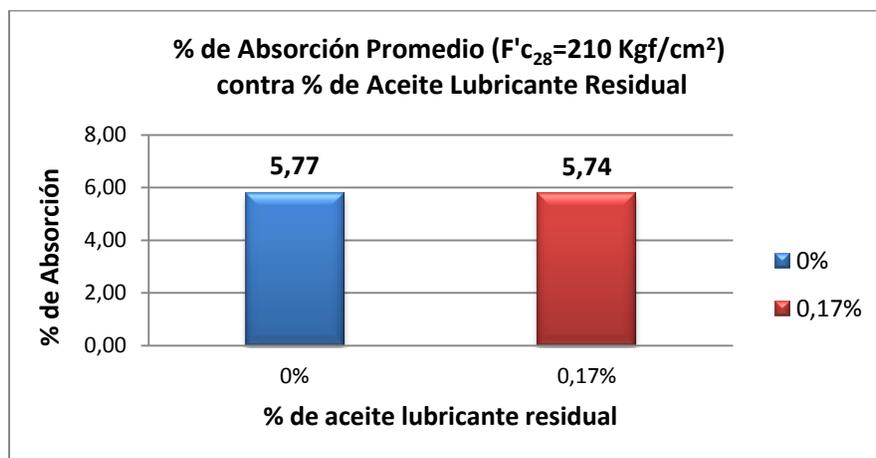


Gráfico 29. % de Absorción Promedio ($F'c_{28}=210 \text{ Kgf/cm}^2$) contra % de Aceite Lubricante Residual

Los resultados muestran que al incorporar 0,17% de lubricante residual a la mezcla de concreto disminuye ligeramente la absorción por lo cual la muestra con contenido óptimo de acetite residual resultó ser 0,03% más impermeable que la muestra patrón.

IV.15 Ensayo de Erosión por cepillado

A continuación se presenta la tabla resumen de los resultados del ensayo de erosión por cepillado en cilindros de concreto de 10x20 cm y se pueden encontrar los resultados de forma detallada en el Anexo J.

Tabla 22. Resumen de resultados del ensayo de Erosión promedio del concreto ($F'c=210 \text{ Kg/cm}^2$)

Mezcla N°	% de Erosión	
	0%	0,17%
1	0,026	0,026
2	0,026	0,026
Promedio General (%)	0,026	0,026

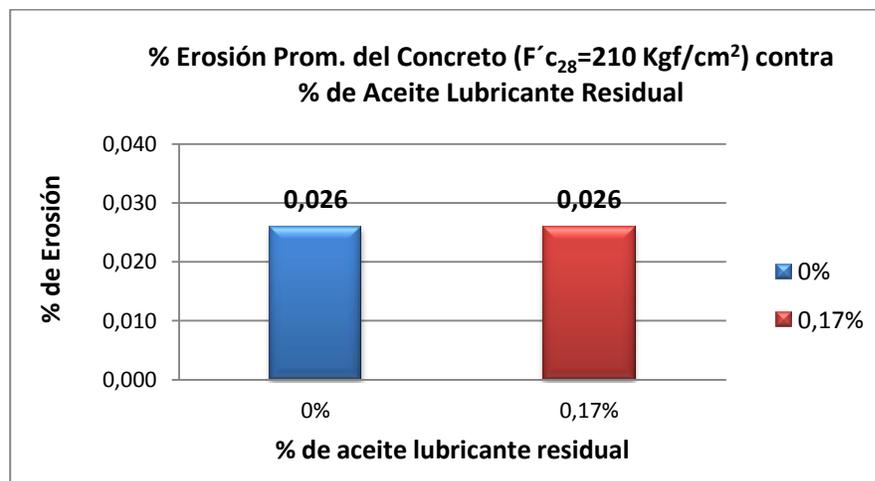


Gráfico 30. % Erosión Promedio del Concreto ($F'c_{28}=210 \text{ Kg/cm}^2$) contra % de Aceite Lubricante Residual

Como se puede apreciar en la tabla y gráfica anteriores, los resultados no presentan variaciones en cuanto a su porcentaje de erosión, ya que en ambas mezclas tanto la muestra patrón como la muestra con contenido de lubricante residual óptimo presentaron el mismo desgaste por cepillado, siendo este valor de 0,026 %, por lo que adicionarle lubricante residual a la mezcla de concreto en un porcentaje de 0,17% no altera ni modifica esta propiedad.

IV.16 Cambios bruscos de temperatura

Este ensayo especial fue ejecutado a los 28 días de edad en probetas, los resultados registrados mantienen gran particularidad. Los cilindros cuyos números (N°) tienen un asterisco (*), fueron los cilindros que se colocaron en una cava con hielo a temperatura promedio 5°C. Todos los cilindros registraron menos peso después de 24 horas dentro del horno, se asume que esta diferencia en peso se debe a la pérdida de agua en la probeta de concreto por evaporación, en esta primera etapa es posible apreciar que los cilindros patrón pierden agua con mayor facilidad en comparación con los cilindros que poseen 0,17% de aceite residual, en peso de cemento.

Luego de transcurridas 24 horas dentro del horno se colocaron las respectivas probetas tanto en la piscina de curado como en la cava con hielo durante 24 horas más, las probetas sumergidas en la piscina de curado recuperaron parte del agua evaporada, pero las probetas sumergidas en agua a temperatura promedio 5°C en vez de absorber agua perdieron aproximadamente el doble de agua liberada en la primera etapa de este ensayo, lo que deja en evidencia que el cambio brusco de temperatura reduce significativamente cantidades considerables de agua que originalmente eran parte del diseño de mezcla. Para conocer más detalles de los resultados del ensayo ver anexo K.

La tabla 23 expone, además de la cantidad total de agua perdida, otros parámetros importantes tales como son la observación visual y al tacto, que no mostraron mayor relevancia, el aspecto físico de las probetas cilíndricas al finalizar la segunda parte del ensayo no vario mucho con respecto al instante en que las probetas cilíndricas fueron extraídas a los 28 días de edad de la piscina de curado. El aspecto visual entre probetas patrones y probetas con contenido óptimo de aceite residual es similar.

Tabla 23. Cambios bruscos de temperatura. Observaciones físicas relevantes y Rc28 de probetas patrones y óptimas en contenido de aceite.

Mezcla N°	% Lubricante	Cilindro N°	Temperatura de Curado (°c)	Cantidad de Agua Perdida (ml)	Observaciones:			Rc30 (Kgf/cm ²)	Promedio Rc30 (Kgf/cm ²)	Diferencia entre Rc30 Promedios (Kgf/cm ²)	Mejora del concreto con aceite óptimo (%)	Diferencia entre Rc30 a distintas temperaturas (Kgf/cm ²)	Desmejora del concreto por cambio brusco de temperatura (%)
					Grietas	Cambio de color	Cambio de Masa						
1	0%	Mex 165	20 (piscina de curado)	30	No	No	Si	253	279	68	24,4	21	7,5
		Mex 166			No	No	Si	305					
	0,17%	Mex 179		20	No	No	Si	349	347				
		Mex 180			No	No	Si	345					
	0%	Mex 167*	5 (Cava con hielo)	395	No	No	Si	266	258	14	5,2	76	21,8
		Mex 168*			No	No	Si	250					
0,17%	Mex 181*	390		No	No	Si	270	272					
	Mex 182*			No	No	Si	273						

Se procedió entonces a comprimir los cilindros de concreto a los 30 días de edad, completando así la tercera etapa de este particular ensayo. En general, los cilindros de concreto con contenido óptimo de aceite lubricante residual se comportaron mejor a compresión que los cilindros patrones, los cilindros que después del horno se depositaron en la piscina de curado no desmejoraron su calidad resistente si se compara con los resultados de la tabla N° 24 con los resultados de los cilindros de control.

Los cilindros con porcentaje óptimo de aceite lubricante residual extraídos de la piscina de curado, registraron una resistencia promedio de 347 Kgf/cm², 68 Kgf/cm² más que el promedio a compresión de cilindros patrones, lo que

constituye una mejora de la calidad del concreto, en cuanto a compresión, en un 24,4%.

Por su parte, las probetas sometidas a cambio brusco de temperatura más exigente, como las probetas extraídas de la cava con hielo registraron una desmejora en su calidad resistente. El promedio de resistencia a compresión a los 30 días de edad para los cilindros con contenido óptimo de aceite residual fue de 272 Kgf/cm², 14 Kgf/cm² más que su patrón correspondiente que presentó un $R_{C30} = 258$ Kgf/cm², registrando una mejora a compresión de 5,2%.

También es posible establecer una comparación entre las probetas patrones que permanecieron en la piscina de curado y las que se colocaron en la cava con hielo, igualmente, se estableció una diferencia entre las probetas con contenido óptimo de aceite residual bajo las distintas condiciones. El cambio brusco de temperatura al cual fueron sometidas las probetas desmejoró la calidad resistente, tanto en los cilindros patrones como en los óptimos, las dos últimas columnas de la tabla 24 así lo reflejan.

Las resistencias registradas tanto en las probetas cilíndricas curadas a una temperatura de 20°C como aquellas curadas a una temperatura de 5°C se pueden expresar gráficamente de la siguiente forma:

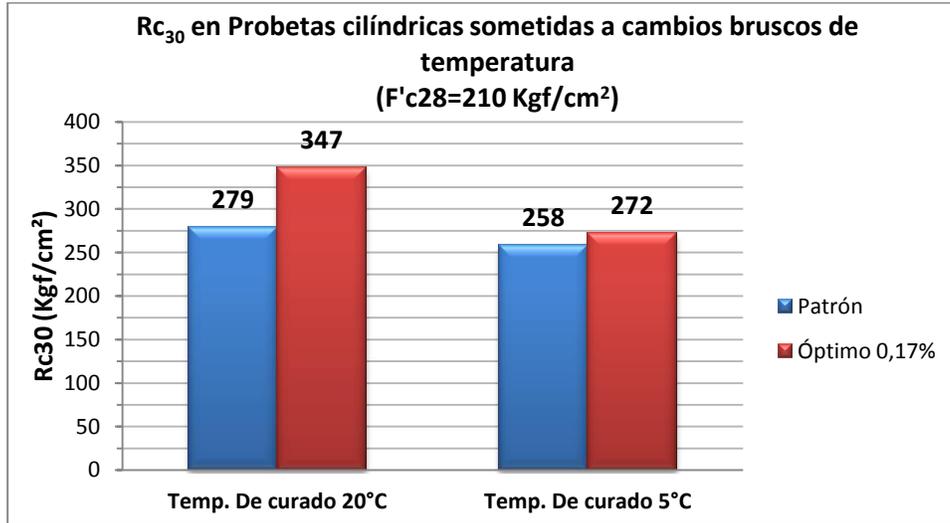


Gráfico 31. Resistencias Promedios a cambios bruscos de temperatura (F'c28=210 Kg/cm²)

IV.17 Ensayo de Tracción de barras de Acero de diámetro ½"

IV.17.1 Propiedades de las barras de refuerzo

Tabla 24. Resumen de las Propiedades de las barras de refuerzo ½"

Barra N°	Designación #	Características medidas de las estrías				
		Diámetro (cm)	Espaciamento (cm)	Altura (cm)	Espesor (cm)	Inclinación "β" (°)
1	4	1,22	0,90	0,06	0,280	33,20
2	4	1,21	0,87	0,06	0,310	35,00
3	4	1,23	0,88	0,06	0,277	30,80
Promedio :		1,22	0,88	0,06	0,29	33,00

Los valores obtenidos producto de las mediciones de las características de las barras resultan en su totalidad aceptables según las especificaciones de la norma COVENIN 316:2000, excepto el valor del diámetro que para una barra #4 el cual debería ser de 1,27 cm y en promedio el diámetro de las barras medidas llega a 1,22 cm. En cuanto a las medidas de las estrías tales como espaciamiento, altura, espesor y ángulo de inclinación de las nervaduras cumplen con los requisitos de la norma anteriormente citada.

IV.18 Límite elástico convencional de las barras de acero 1/2"

Tabla 25. Resumen de Propiedades de las barras de acero 1/2"

Ensayo N°	Área (cm ²)	Carga Máxima (kgf)	Límite elástico fy (Kgf/cm ²)	Esfuerzo máximo fsu (Kgf/cm ²)	% de Alargamiento
1	1,169	8100	4191,66	6929,08	17,05
2	1,150	8775	4391,68	7631,09	12,30
3	1,188	8150	4839,14	6858,95	16,10

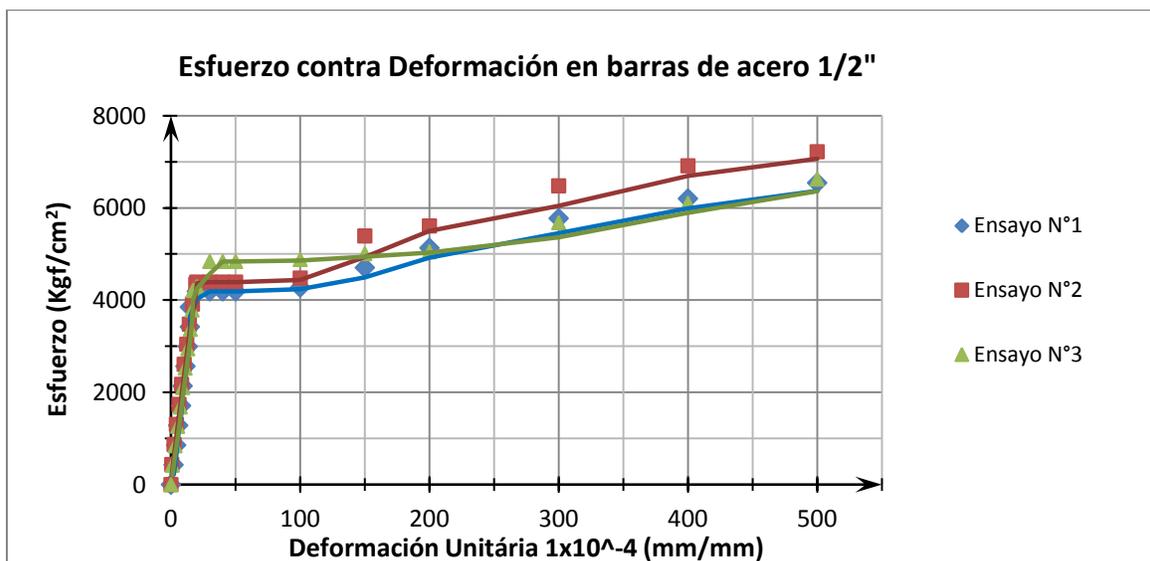


Gráfico 32. Esfuerzo contra Deformación en barras de acero 1/2"

Por otra parte, se verificó también el límite elástico f_y y la resistencia a la tracción (esfuerzo máximo) f_{su} de cada una de las barras ensayadas y cuyos resultados se observan en las tablas y gráficos que se mostraran más adelante. De los cuales se aprecia que el promedio de los mismos son mayores que los exigidos por la norma, el cual se encuentra entre el rango de 4200 – 5000 Kgf/cm², mientras que los esfuerzos últimos f_{su} resultan mayores a 6300 Kgf/cm², tal como se observa en la tabla N°26 y gráfico N°32. Para observar las tablas de resultados del ensayo ver Anexo L.

Finalmente, se revisaron los porcentajes de alargamiento para cada una de las barras ensayadas que según la norma 316:2002 en la tabla 7 el porcentaje de alargamiento para una barra de ½” deben ser mayor a 12% y como se aprecia de forma detallada más adelante todos los resultados son mayores a dicho valor.

IV.19 Ensayo de Adherencia

Los gráficos que se presentan a continuación corresponden a los ensayos de adherencia cuyas tablas y gráficos se pueden observar con mayor detalle en el anexo M. Los mismos muestran los deslizamientos entre el acero y el concreto al aplicarle una carga de tracción a la barra de acero empotrada a la probeta de concreto descrita en la metodología. Cabe destacar que por la gran cantidad de gráficas que se generaron se ha resumido en solo dos gráficos, colocando las lecturas de esfuerzo en el acero y deslizamientos de las doce (12) muestras patrón y las doce (12) muestras con 0,17% de lubricante residual respectivamente, las cuales permiten ver el comportamiento de cada una de estas de forma general. Sin embargo, el procedimiento sugerido por la norma COVENIN 1667-80 para obtener los esfuerzos adherentes se encuentra en el anexo M.

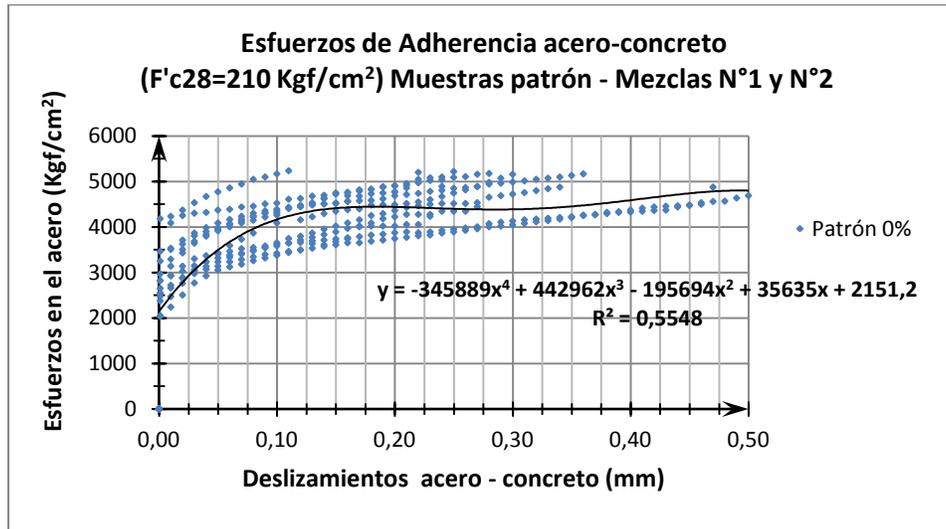


Gráfico 33. Esfuerzos de Adherencia acero-concreto (F'c28=210 Kg/cm²) Muestras patrón - Mezclas N°1 y N°2

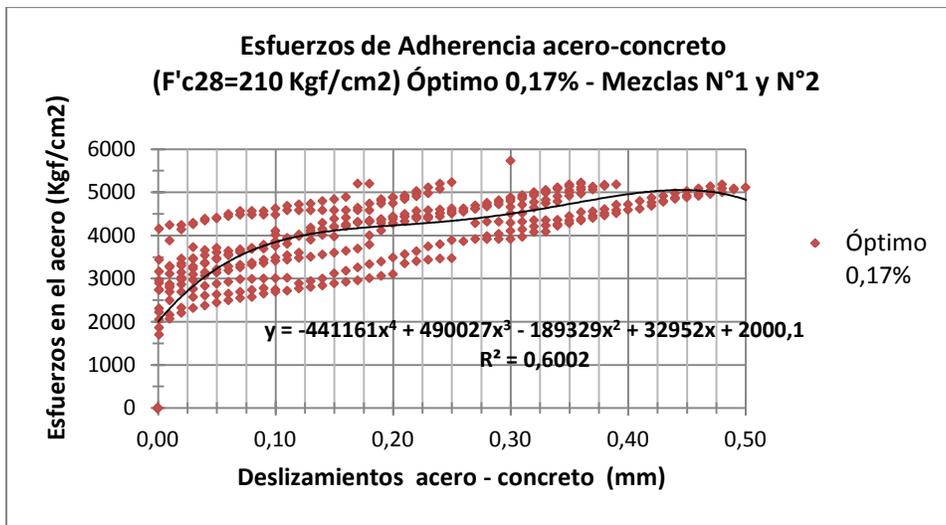


Gráfico 34. Esfuerzos de Adherencia acero-concreto (F'c28=210 Kg/cm²) Óptimo 0,17% - Mezclas N°1 y N°2

De las gráficas anteriores se evaluó en las ecuaciones de las líneas de tendencia de cada una para un valor de deslizamiento de 0,10 mm siendo estos resultados los siguientes esfuerzos: 4166,13 Kgf/cm² para la muestra patrón y 3847, 92 Kgf/cm² para la muestra con porcentaje óptimo de lubricante residual. Los valores de estos esfuerzos en el acero producto del ensayo de extracción indican que en la muestra con porcentaje óptimo de lubricante residual la barra de acero con resaltes desliza 0,10 mm con esfuerzos menores a los que requiere la muestra patrón, para deslizar la misma distancia. Sin embargo, en la tabla que se encuentra a continuación se expresan los resultados en función de los esfuerzos adherentes.

Tabla 26. Resultados de los cálculos de Esfuerzos de Adherencia acero – concreto (F'c=210 Kgf/cm²)

Mezcla N°	% de Lubricante	Ensayo N°	Cilindro N°	$\sigma_{0,1}$ (Kgf/cm ²)	$v_{0,1}$ (Kgf/cm ²)	v prom (Kgf/cm ²)
1	0%	1	AD01	4260,10	68,39	74,66
			AD02	5166,87	82,94	
			AD03	4525,29	72,64	
		2	AD04	4354,20	69,90	60,56
			AD05	3584,30	57,54	
			AD06	3379,00	54,24	
	0,17%	3	AD07	2745,97	44,08	45,22
			AD08	2694,64	43,26	
			AD09	3011,16	48,34	
		4	AD10	3413,21	54,79	60,35
			AD11	3849,49	61,79	
			AD12	4016,30	64,47	
2	0%	5	AD13	3618,52	58,09	65,91
			AD14	4388,42	70,45	
			AD15	4311,43	69,21	
		6	AD16	3421,77	54,93	59,73
			AD17	3652,74	58,64	
			AD18	4089,01	65,64	
	0,17%	7	AD19	3755,39	60,28	68,84
			AD20	4482,51	71,96	
			AD21	4627,94	74,29	
		8	AD22	3866,60	62,07	61,34
			AD23	4106,12	65,91	
			AD24	3490,20	56,03	

En la siguiente tabla se presentan resumidos los valores obtenidos del cálculo de los esfuerzos de adherencia, luego de tomar de las gráficas derivadas de los ensayos de extracción los esfuerzos alcanzados para que la barra deslizara 0,10 mm con respecto al concreto.

Para observar mejor el comportamiento de la adherencia registrado en la tabla N° 27 se realizó un promedio de todos los ensayos para ambas mezclas según el contenido de lubricante residual, los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 27. Resumen de resultados de Esfuerzos de Adherencia acero – concreto ($F^c_{28}=210 \text{ Kg/cm}^2$)

Mezcla N°	Ensayo N°	$v_{0,1}$ prom (Kg/cm^2)	
		0%	0,17%
1	1.1	75,7	43,7
	1.2	71,3	51,6
	1.3	55,9	63,1
2	2.1	64,3	66,1
	2.2	62,1	68,2
	2.3	62,1	61,0
Promedio General (Kg/cm^2)		65,2	58,9

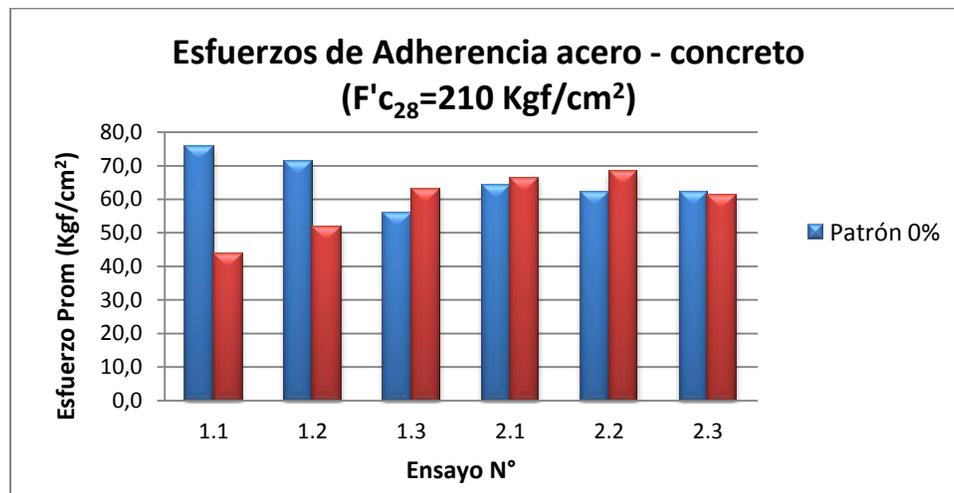


Gráfico 35. Esfuerzos de Adherencia acero - concreto ($F^c_{28}=210 \text{ Kg/cm}^2$)

Se realizaron en total seis pares de ensayos pertenecientes a dos mezclas exactamente iguales que solo variaban en porcentaje de aceite lubricante residual, de la gráfica es posible apreciar que para los dos primeros pares de ensayos, pertenecientes a la mezcla N°1, la muestra patrón se nota apreciablemente mayor que la muestra con porcentaje óptimo de aceite residual, pero esta tendencia cambia a partir del ensayo 1.3 en donde las diferencias entre esfuerzos no son tan marcadas, permitiendo así una comparación mas directa de los resultados.

Para unificar los resultados, con el fin de establecer una clara comparación entre ambas mezclas, en el siguiente gráfico se promedió los esfuerzos adherentes tanto de la muestra patrón como los de la muestra con porcentaje óptimo de aceite lubricante residual.

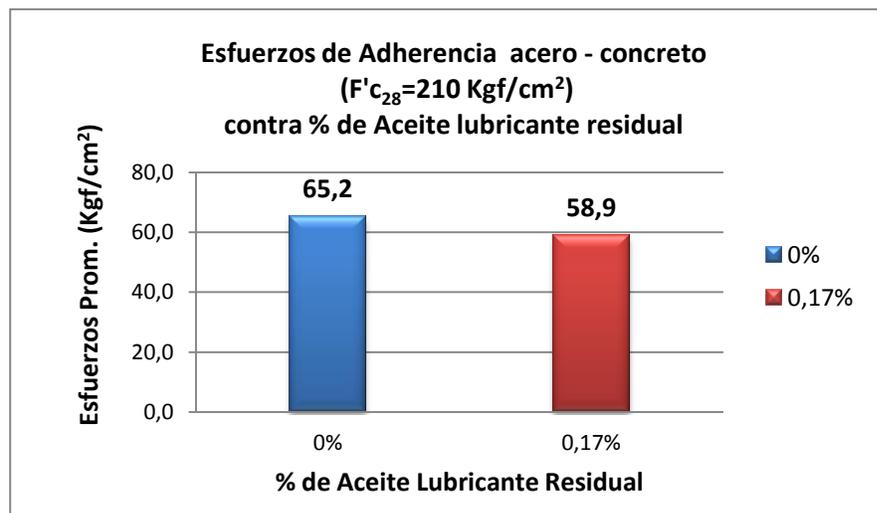


Gráfico 36. Esfuerzos Promedio de Adherencia acero – concreto ($F'c_{28}=210 \text{ Kg/cm}^2$)

La muestra patrón resultó mayor con un valor de esfuerzo adherente promedio de 65,2 Kgf/cm², mientras que la muestra con porcentaje optimo de aceite residual alcanzo un valor promedio de 58,9 Kgf/cm². La diferencia de esfuerzo entre ambas muestras es de 6,3 Kgf/cm², es decir que la muestra con porcentaje óptimo de aceite residual disminuye los esfuerzos adherentes en 10%.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

Al incluir en la mezcla de concreto estructural porcentajes de aceite lubricante residual mayores a 0,35% en peso de cemento, se altera su calidad resistente y sus características físicas. Si se mezclan los componentes que constituyen el concreto estructural con pequeñas cantidades de aceite residual, la resistencia F_{cr} no se ve disminuida y sus cualidades físicas no desmejoran significativamente. Se puede decir que el aceite lubricante residual desechado por los camiones de la FNC aumenta la resistencia a compresión de las probetas de concreto cilíndricas normalizadas si se incluye en la mezcla original porcentajes de aceite residual que van de 0,15% a 0,35% en peso del cemento, esta afirmación es válida solo para concretos con agregado grueso de piedra picada tamaño máximo 1", agregado fino natural; es decir, arena lavada de río, ambos con granulometría adecuada según las normas vigentes, cemento Portland tipo I-R y para una relación agua/cemento igual a 0,6.

En definitiva el porcentaje óptimo de contenido de aceite lubricante residual en la mezcla de concreto, cuyas características fueron señaladas, resultó ser 0,17% debido a que con dicho contenido de aceite residual se obtuvo un incremento de la resistencia a compresión en muestras de control de 13% en función del promedio de muestras patrones, además, sus cualidades físicas no disminuyen significativamente. Desde tempranas edades las probetas con porcentaje óptimo de aceite lubricante residual registraron mayor resistencia a compresión que su réplica patrón.

También se concluye, que para las condiciones de mezcla mencionada, proporciones mayores a 0,35% de contenido de aceite lubricante residual disminuye su calidad resistente, por lo que, honrar en investigaciones que incluyan porcentajes de aceite mayores a éste, no es aconsejable.

En cuanto a la adherencia entre el acero de refuerzo y el concreto estructural la muestra patrón resultó mayor con un valor de esfuerzo adherente promedio de 65,2 Kgf/cm², mientras que la muestra con porcentaje óptimo de aceite residual alcanzó un valor promedio de 58,9 Kgf/cm². La diferencia de esfuerzo entre ambas muestras es de 6,3 Kgf/cm², es decir que la muestra con porcentaje óptimo de aceite lubricante residual disminuye los esfuerzos adherentes en 10%. El acero de refuerzo usado cumple con los requisitos normativos, por lo que no representa una variable que perjudique el comportamiento adherente acero-concreto.

Tanto la muestra patrón como la muestra con porcentaje lubricante residual tienen el mismo tiempo de fraguado final, siendo este de 6 horas, por lo que agregarle 0,17% de lubricante residual a la mezcla de concreto no afecta el comportamiento del tiempo de fraguado. Otro ensayo cuyos resultados no presentan variaciones significativas al incorporar 0,17% de aceite lubricante residual en la mezcla de concreto, fue el ensayo aplicado para determinar el peso unitario cuyos valores son 2,45 gr/cm³ para la muestra patrón y 2,44 gr/cm³ para la muestra óptima, con una variación de apenas 0,01 centésimas.

Por otra parte, al realizar un promedio general de los esfuerzos a la tracción indirecta en el concreto se observa que las probetas patrón presentan valores de 28,02 kgf/cm²; por su parte, las probetas con porcentaje óptimo de aceite lubricante residual registran 28,13 Kgf/cm², resultando mayor la muestra con contenido óptimo de lubricante residual. No obstante el estudio de módulo de

rotura indica que la diferencia entre el 0% y 0,17% de lubricante residual es de 2,09 Kgf/cm² siendo la mezcla con 0,17% de aceite residual menor para este ensayo.

La velocidad promedio de propagación de onda por pulso ultrasónico para la muestra patrón y para la muestra óptima en aceite lubricante residual es de 4,12 Km/s por lo que ambas mezclas presentan la misma homogeneidad y densidad.

En cuanto a los ensayos de durabilidad, los resultados muestran que al incorporar 0,17% de lubricante residual a la mezcla de concreto disminuye ligeramente la absorción por lo cual el concreto resulto ser 0,03% más impermeable. Mientras que los resultados de erosión por cepillado no presentan variaciones significativas, ya que en ambas mezclas, tanto la muestra patrón como la muestra con contenido de lubricante residual óptimo presentaron el mismo desgaste, siendo este valor de 0,026 %, por lo que adicionarle lubricante residual a la mezcla de concreto en un porcentaje de 0,17% no altera ni modifica esta propiedad.

En cuanto al ensayo de cambio brusco de temperatura, las muestras con porcentaje óptimo de aceite lubricante residual extraídos de la piscina de curado, registraron una resistencia promedio de 347 Kgf/cm², 68 Kgf/cm² más que el promedio a compresión de cilindros patrones, lo que constituye una mejora de la calidad del concreto, en cuanto a compresión, en un 24,4% si el mismo es sometido a cambios bruscos de temperatura.

Por su parte, las probetas sometidas a cambio brusco de temperatura más exigente, como las ensayadas a una temperatura de 5°C, registraron una desmejora en su calidad resistente en comparación a muestras ensayadas según

lo normativo. Sin embargo a pesar de la disminución de resistencia, la muestra con porcentajes óptimos en aceite se encuentran por encima de la muestra patrón.

El promedio de resistencia a compresión para los cilindros con contenido óptimo de aceite residual fue de 272 Kgf/cm², 14 Kgf/cm² más que su patrón correspondiente que presentó un Fcr= 258 Kgf/cm², registrando una mejora a compresión de 5,2%. El aspecto físico de las probetas con porcentaje óptimo de aceite lubricante residual no presenta cambios apreciables a simple vista con respecto a la patrón, pues su color, olor, texturas y la forma en que falla a compresión son las mismas para ambas.

En definitiva, la incorporación de aceite lubricante residual proveniente de la industria automotriz en proporción de 0,17% en peso del cemento mejora la resistencia a la compresión del concreto hasta en un 13%, disminuye la absorción de agua en un 0,03%, ante cambios bruscos de temperatura la resistencia a la compresión se mantiene, según estudios de velocidad ultrasónica la homogeneidad y densidad de este concreto es similar al concreto patrón. Asimismo, se observa similitud en resultados de ensayos a tracción indirecta, módulo de rotura y tiempo de fraguado. Sin embargo, el ensayo de adherencia presenta una disminución de la misma de hasta un 10% por parte de este concreto con adición de aceite lubricante residual respecto al concreto patrón.

CAPÍTULO VI

RECOMENDACIONES

- Para reducir las variables que puedan alterar el ensayo, es recomendable repetir la experiencia con los mismos porcentajes en aceite residual, pero solo aplicado a la pasta agua/cemento fijando un buen control de las cantidades de componentes a agregar en cada mezcla, los cuales deben ser iguales en proporción variando solo la cantidad de aceite.
- Evaluar la adherencia entre el acero de refuerzo y el concreto estructural incorporando el porcentaje óptimo de aceite lubricante residual de 0,17% en peso del cemento, a la mezcla de concreto usando diámetros de cabilla de 3/8", 5/8", 3/4" 7/8" y 1".
- Evaluar otros tipos de aceite lubricante residual que provenga de vehículos distintos a los camiones de la FNC y observar su comportamiento caracterizando adecuadamente sus propiedades físicas y químicas. Además corroborar su origen sintético o mineral, haciendo especial consideración del tipo de combustión (gasolina o diesel) del vehículo.
- Se recomienda realizar para cada prueba un mínimo 30 ensayos de al menos 10 mezclas tal como lo indica la norma COVENIN 1976 con el fin de garantizar resultados confiables. Para ello, se debe considerar además comenzar los ensayos con un tiempo prudencial de 6 a 9 meses puesto que los ensayos de compresión de probetas cilíndricas normalizadas deben hacerse a los 28 días de edad.

- Evaluar a compresión los cilindros testigo a los noventa (90) días y transcurrido dos (2) años.
- Es recomendable diseñar mezclas de concreto con contenido óptimo de aceite lubricante residual variando la relación alfa (agua/cemento).
- Estudiar el uso de lubricante residual de la industria automotriz en combinación con algún aditivo u otro componente necesario para la mezcla de concreto.
- Evaluar el uso de los lubricantes residuales de la industria automotriz como componente en las mezclas de concreto utilizadas para bloques, paneles, losetas, prefabricados, mampostería estructural, friso, acabados, entre otros.

REFERENCIAS

Depuroil S.A. (1999). *Riesgos Medio Ambientales de los Aceites Industriales*. Recuperado el 03 de Junio de 2011, de <http://www.euskalnet.net/depuroilsa/Riesgosmedioambiente.html>

González, Ó., y Robles, F. (2005). *Aspectos fundamentales del concreto reforzado*. México: LIMUSA.

Ley sobre sustancias, materiales y desechos peligrosos. (2001). *Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela*, 5.554, (Extraordinario), Noviembre 13, 2001

Nilson, A. H. (2001). *Diseño de estructuras de concreto (12ava ed.)*. Bogotá, Colombia: McGRAW-HILL.

Normas para el control de la recuperación de materiales peligrosos y el manejo de los desechos peligrosos. (1998). *Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela*, 5.245, (Extraordinario), Agosto 3, 1998

Porrero J., e. a. (2009). *Manual del concreto estructural (3ra ed.)*. Caracas, venezuela.: SIDETUR.

Recuperación o reciclado de aceites usados de motor. Recuperado el 28 de Julio de 2011, de <http://es.scribd.com/doc/261972/Recuperacion-o-reciclado-de-aceites-usados-de-motor>

R.L. Polk & Co. (2008). Planning Beyond a Billion. Conocimientos Polk-Views. Recuperado el 02 de Junio de 2011, de https://www.polk.com/knowledge/polk_views/planning_beyond_a_billion

Santana, R. y González, N. (2011), *Evaluación del uso de lubricantes residuales de la industria automotriz como componente en las mezclas de concreto*. Trabajo especial de grado para optar al título de Ingeniero Civil, Escuela de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela.

NORMAS USADAS

ASTM C 642-97 *“Standard Test Method for Density, Absorption and Voids in Hardened Concrete”*.

COVENIN 28:2002 *“Cemento Portland. Especificaciones”*.

COVENIN 254:1998 *“Cedazos de Ensayo”*.

COVENIN 255:1998 *“Agregados. Determinación de la composición granulométrica”*.

COVENIN 256:1977 *“Método de ensayo para la determinación cualitativa de impurezas orgánicas en arenas para concreto (ensayo colorimétrico)”*.

COVENIN 257:1978 *“Método de ensayo para determinar el contenido de terrones de arcilla y partículas desmenuzables en agregados”*.

COVENIN 258:1977 *“Método de ensayo para la determinación por lavado del contenido de materiales más finos que el cedazo COVENIN 74 micras en agregados minerales”*.

COVENIN 259:1977 *“Método de ensayo para la determinación por suspensión de partículas de 20 micras en agregados finos”.*

COVENIN 261:1977 *“Método de ensayo para determinar cuantitativamente el contenido de cloruros y sulfatos solubles en la arena”.*

COVENIN 263:1978 *“Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado”*

COVENIN 264:1977 *“Método de ensayo para determinar el cociente entre la dimensión máxima y la dimensión mínima en agregados gruesos para concreto”.*

COVENIN 265:1998 *“Agregado grueso. Determinación de la dureza al rayado”*

COVENIN 266:1977 *“Método de ensayo para determinar la resistencia al desgaste de agregados gruesos menores a 38,1 mm. (1 ½ pulgada) por medio de la máquina de Los Ángeles”.*

COVENIN 267:1978 *“Método de ensayo para determinar la resistencia al desgaste de agregados gruesos mayores de 19 mm. por medio de la máquina de Los Ángeles”.*

COVENIN 268:1998 *“Agregado fino. Determinación de la densidad y absorción”*

COVENIN 269:1998 *“Agregado grueso. Determinación de la densidad y absorción”.*

COVENIN 270:1998 *“Agregados. Extracción de muestras para morteros y concretos COPANT 3:2-005”.*

COVENIN 271:1978 *“Método de ensayo para determinar la disgregabilidad de agregados por medio de sulfato de sodio o sulfato de magnesio”.*

COVENIN 272:1978 *“Método de ensayo para determinar la humedad superficial en el agregado fino”*.

COVENIN 275:1978 *“Método de ensayo para determinar el efecto de impurezas orgánicas en el agregado fino en la resistencia de morteros”*.

COVENIN 277:2000 *“Concreto. Agregados. Requisitos”*.

COVENIN 338:2002 *“Concreto. Método para la elaboración, curado y ensayo a compresión de cilindros de concreto”*.

COVENIN 339:2003 *“Método para la medición del asentamiento con el cono de Abraham”*.

COVENIN 341:1979 *“Método de ensayo para determinar la resistencia a tracción indirecta del concreto, usando probetas cilíndricas”*.

COVENIN 356:1994 *“Aditivos utilizados en el concreto. Especificaciones”*.

COVENIN 487:1993 *Cemento Portland. Determinación de la finura por medio del aparato Blaine de permeabilidad”*.

COVENIN 488:1987 *“Cemento Portland. Determinación de la finura por medio del turbidímetro”*.

COVENIN 493:1992 *“Cemento Portland. Determinación del tiempo de fraguado por el agua de Vicat”*.

COVENIN 498:1994 *“Cemento Portland. Determinación de la resistencia a la compresión de morteros, usando las porciones de prismas rotos por flexión”*.

COVENIN 935:1976 *“Cemento Portland-escoria. Especificaciones”*

COVENIN 1303:1981 “Método de ensayo para determinar la reactividad potencial alcalina de rocas carbonatadas para ser usadas como agregado para concreto (Método del cilindro de la roca)”.

COVENIN 1681:1980 “*Método de ensayo para determinar la velocidad de propagación de ondas en el concreto*”,

COVENIN 1753: 1987 “*Proyecto y diseño de obras en concreto estructural*”.

COVENIN 3134:1994 “*Cemento Portland con adiciones. Especificaciones*”.

ANEXO A

Caracterización del Aceite lubricante Residual

**Tabla N° IV.1. Densidad de Muestras de Lubricante. Fuente: TEG
González y Santana (2011)**

Densidad			
Muestra	Fecha de Toma	Densidad (gr/cc)	Temperatura (°C)
1	24-02-2011	0,89	25,0
2	30-03-2011	0,88	25,8
3	10-02-2011	0,88	24,8
4	27-04-2011	0,88	25,2
Patrón	30-03-2011	0,87	25,1

**Tabla N °IV.2. Viscosidad de Muestras de Lubricante. Fuente: TEG
González y Santana (2011)**

Viscosidad			
Muestra	Fecha de Toma	Viscosidad (μ)	Temperatura (°C)
1	24-02-2011	156,0	28,1
2	30-03-2011	145,3	28,2
3	10-02-2011	104,8	28,1
4	27-04-2011	148,8	28,1
Patrón	30-03-2011	168,2	27,9

Tabla N° IV.3. Cantidad de sólidos en las Muestras de Lubricante.

Fuente: TEG González y Santana (2011)

Nombre	Fecha de toma	Peso Muestra Antes del Filtro (gr)	Peso Muestra Después del Filtro (gr)	Cantidad de Muestra Atrapada (gr)	% de Sólidos
1	24-02-2011	13,23	5,99	7,24	54,69
2	30-03-2011	12,61	5,43	7,18	56,93
3	10-02-2011	13,57	6,85	6,71	49,48
4	27-04-2011	12,74	7,08	5,66	44,42
Patrón	30-03-2011	13,67	6,00	7,67	56,12

Tabla N° IV.4. Cantidad de Agua en las Muestras de Lubricante.

Fuente: TEG González y Santana (2011)

Nombre	Fecha de toma	Volumen inicial Aceite+ Hexano (ml)	Volumen Final Aceite + Hexano (ml)	Volumen de Agua (ml)
1	24-02-2011	10	10	0
2	30-03-2011	10	10	0
3	10-02-2011	10	10	0
4	27-04-2011	10	10	0
Patrón	30-03-2011	10	10	0

ANEXOS B

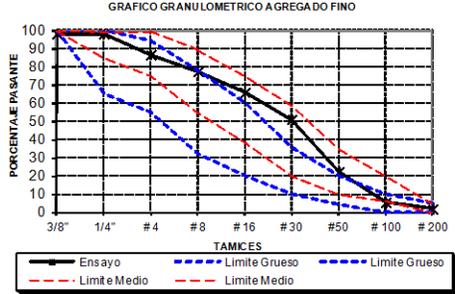
Caracterización de Arena y Agregado Grueso

Arena y Agregado Grueso Noviembre

	Gobierno Bolivariano de Venezuela Ministerio del Poder Popular Para Ciencia, Tecnología e Industrias Intermedias	Corporación Socialista de Cemento	
ENSAYO DE AGREGADO FINO		Código del Documento: PC-CC-R-01	N° de Pág: 1 de 1
		Revisión: 3	Fecha de Elaboración: mar-11
		Caucas, 9-dic-2011	
MATERIAL: ARENA (Entrada a Planta) ENSAYO SOLICITADO POR: LABORATORIO MUESTRA SACADA POR: ROBERTHFAJARDO FECHA: NOVIEMBRE ENTREGADO POR: ROBERTHFAJARDO FECHA: NOVIEMBRE PROCEDENCIA: FNC CONCRETO PLANTA SAN ANTONIO USO REQUERIDO: AGREGADO PARA CONCRETO PROCEDENCIA: EL CARMEN			
ENSAYO GRANULOMÉTRICO NVF 255:2006			
CEDAZO	PESO RETENIDO	% RETENIDO	RETENIDOS ACUMULADOS
3/8"	20	2,0	2,0
# 4	15	1,5	3,5
# 8	92	9,2	22,8
# 16	112	11,2	34,0
# 30	150	15,0	49,0
# 50	285	28,6	77,6
# 100	169	17,0	94,6
# 200	36	3,6	98,2
Fondo	18	1,8	100,0
Peso T.	997g	100,0	0,0
		% PASANTE	% PASANTE
		98,0	98,0
		86,5	86,5
		77,2	77,2
		66,0	66,0
		51,0	51,0
		22,4	22,4
		5,4	5,4
		1,8	1,8
		0,0	0,0

CEDAZO	PESO RETENIDO	% RETENIDO	RETENIDOS ACUMULADOS	% PASANTE
3/8"	20	2,0	2,0	98,0
# 4	15	1,5	3,5	86,5
# 8	92	9,2	22,8	77,2
# 16	112	11,2	34,0	66,0
# 30	150	15,0	49,0	51,0
# 50	285	28,6	77,6	22,4
# 100	169	17,0	94,6	5,4
# 200	36	3,6	98,2	1,8
Fondo	18	1,8	100,0	0,0
Peso T.	997g	100,0		

GRAFICO GRANULOMETRICO A GREGADO FINO



TAMICES: 3/8", 1/4", #4, #8, #16, #30, #50, #100, #200

Ensayo
 Limite Grueso
 Limite Grueso
 Limite Medio
 Limite Medio

MODULO DE FINURA (MF) = 2,94

DENSIDAD NVF 269:2006

Densidad Muestra+Envase: 663,29 gr/cm³
 Peso del Envase: 164 g
 Peso del Envase+H₂O: 662 g
 P. del Envase+H₂O-Muestra: 965 g
 Peso de La Muestra: 500 g
 Densidad del H₂O: 0,99797 cm³
DENSIDAD: 2,52 g/cm³

MASA UNITARIA SUELTA NVF 263:2008

Temperatura: 22 °C
 Peso Unitario H₂O: 997,6268
 Peso del Agua: 2,818 Kg
 Peso Recipiente: 6,555 Kg
 Peso Muestr.+Recip.: 11290 Kg
 Peso Muestra: 4,735 Kg
 Factor: 354,0945 m³

MASA UNITARIA SUELTA: 1676 Kg/m³

TAMIZ # 200 NVF 258:2009

Peso Lav.Ta # 200: 1000 g
 Peso Sec.DLav.: 969 g
TAMIZ # 200: 3,10%

IMPUREZAS ORGANICAS NVF 256:2077

Color N°: **NO**
 2 Contiene Impurezas.

FORCENTAJE DE ABSORCION NVF 269:2006

Peso SSS: 500 g
 Peso Seco: 494 g
FORC ABS: 1,13 %

MASA UNITARIA COMPACTA NVF 263:2008

Temperatura: 22 °C
 Peso Unitario H₂O: 997,6268
 Peso del Agua: 2,818 Kg
 Peso Recipiente: 6,555 Kg
 Peso Muestra + Recipiente: 11680 Kg
 Peso Muestra: 5,125 Kg
 Factor: 354,0945 m³

MASA UNITARIA COMPACTA: 1894 Kg/m³

FORCENTAJE EN SUSPENSION NVF 259:2009

Cant de Mat en Suspension: 10 cm³
 Cant de Muestra: 500 g
FORCENTAJE EN SUSPENSION: 1,20 %

PRESENCIA DE CLORUROS Y SULFATOS

Cloruro: SI NO
 Sulfato: SI NO

Fecha: 09/12/11 Realizado por: ROBERTHFAJARDO Revisado por: Maria Rodriguez



ENSAYO DE AGREGADO GRUESO

Código del Documento: **PC-CCR-02**
Revisión: **3**
Fecha de Elaboración: **abr-11**

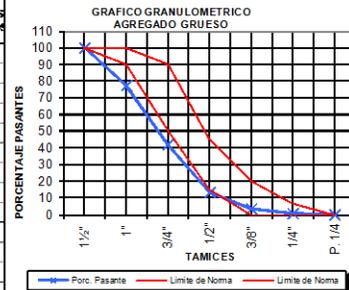
Nº de Pág
1 de 1

Caracas, **8-de-2011**

MATERIAL: **PIEDRA M⁴**
ENSAYO SOLICITADO POR: **F.N.C. CONCRETO**
MUESTRA SACADA POR: **CHARLES GL.** FECHA: **NOVIEMBRE**
MUESTRA ENTREGADA POR: **CHARLES GL.** FECHA: **NOVIEMBRE**
PROCEDENCIA: **F.M.C CONCRETO PLANTA**
USO REQUERIDO: **AGREGADO PARA CONCRETO**
MATERIAL PRODUCIDO O VENDIDO POR: **CURA**

ENSAYO GRANULOMETRICO NVF 255:2006

CEDAZO	PESO RETENIDO	% RETENIDO	RETENIDOS ACUMULADOS	% PASANTES ACUMULADOS
2 1/2"				
2"				
1 1/2"		0,0	0,0	100,0
1"	2225	22,3	22,3	77,7
3/4"	3543	35,6	57,9	42,1
1/2"	2846	28,6	86,5	13,5
3/8"	986	9,9	96,4	3,6
1/4"	285	2,8	99,2	0,8
P. #4	78	0,8	100,0	0,0
Peso T.	9959 g			



DENSIDAD NVF 269:2006

Peso en el Aire: **8000 g**
Peso en el Agua: **5045 g**
DENSIDAD: **2,71 g/cm³**

PORCENTAJE DE ABSORCION NVF 269:2006

Peso Mues S.S.I: **8000 g**
Peso Seco: **7948 g**
PORC ABS: **0,65 %**

MASA UNITARIA SUELTA NVF 263:2008

Temperatura: **23 °C**
Peso Unitario H2O: **997,3962**
Peso del Agua: **11,08 Kg**
Peso Recipiente: **7,530 Kg**
Peso Muestra + Recip.: **28,270 Kg**
Peso Muestra: **20,740 Kg**
Factor: **70,69721 m³**

MASA UNITARIA COMPACTA NVF 263:2008

Temperatura: **23 °C**
Peso Unitario H2O: **997,3962**
Peso del Agua: **11,08 Kg**
Peso Recipiente: **7,530 Kg**
Peso Muestra + Recipiente: **29,980 Kg**
Peso Muestra: **22,450 Kg**
Factor: **70,69721 m³**

MASA UNITARIA SUELTA: **1466 Kg/m³**

MASA UNITARIA COMPACTA: **1587 Kg/m³**

TAMIZ # 200 NVF 255:2006

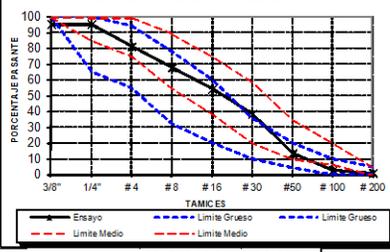
Peso Lav.T# 200: **5000 g**
Peso Sec.D.Lav: **4980 g**
TAMIZ # 200: **0,40 %**

PORCENTAJE DE PART (PLANAS, LARGAS O PLAN-LARGAS) NVF 264:2007

Numero Particulas Medidas: **60**
Numero de Part.Largas: **22**
%Part.Largas: **36,67**
Numero de Part.Planas: **15**
%Part.Planas: **25,00**
Numero de Part.PlanLargas: **37**
%Part.PlanLargas: **61,6666667**
Numero de Particulas: **15**
Porcentaje Max Min: **2,167**

Fecha: **08/12/11** Realizado por: **Charles Gil** Revisado por: **Maria Rodriguez**

Arena y Agregado Grueso Diciembre

	Gobierno Bolivariano de Venezuela Ministerio del Poder Popular Para Ciencia, Tecnología e Industrias Intermedias	Corporación Socialista de Cemento			
ENSAYO DE AGREGADO FINO		Código del Documento: PC-CCR-01			
		Revisión: 3	N° de Pág: 1 de 1		
		Fecha de Elaboración: mar-11	Caracas, 3-ene-2011		
MATERIAL: ARENA (Entrada a Planta) ENSAYO SOLICITADO POR: LABORATORIO MUESTRAS ACADADA POR: MICHEL JIMENEZ FECHA: DECEMBRE ENTREGADO POR: MICHEL JIMENEZ FECHA: DECEMBRE PROCEDENCIA: F.M.C CONCRETO PLANTA SAN ANTONIO USO REQUERIDO: AGREGADO PARA CONCRETO PROCEDENCIA: ARENERA EL CARMEN					
ENSAYO GRANULOMÉTRICO RVF 259:2006					
CEBAZO	PESO RETENIDO	% RETENIDO	RETENIDOS ACUMULADOS	% PASANTE	 <p style="font-size: small;">MODULO DE FINURA (MF) = 3,47</p>
1/2"					
3/8"	47	4,7	4,7	95,3	
1/4"		0,0	4,7	95,3	
# 4	103	10,2	14,9	81,1	
# 8	134	13,3	32,3	67,7	
# 16	136	13,5	45,8	54,2	
# 30	157	15,6	61,5	38,5	
# 50	252	25,1	86,6	13,4	
# 100	137	13,7	97,2	2,8	
# 200	8	0,8	99,0	1,0	
Peso Total	1000 g	100,0	100,0	0,0	

DENSIDAD RVF 269:2006 Densidad Muestra/Escala: <u>662,99 gr/cm³</u> Peso del Escudo: <u>54 g</u> Peso del Escudo + H2O: <u>661 g</u> P. del Escudo + H2O / Muestra: <u>971 g</u> Peso de la Muestra: <u>500 g</u> Densidad del H2O: <u>0,99797 cm³</u> DENSIDAD: 2,60 g/cm³	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN RVF 269:2006 Peso H2O: <u>500 g</u> Peso Seco: <u>493 g</u> FORC ABS: 1,42 %
--	--

MASA UNITARIA SUELTA RVF 263:2008 Temperatura: <u>22 °C</u> Peso Unitario H2O: <u>997,6268</u> Peso del Agua: <u>2,816 Kg</u> Peso Recipiente: <u>6,558 Kg</u> Peso M muestra + Recip.: <u>11,480 Kg</u> Peso M muestra: <u>4,922 Kg</u> Factor: <u>354,3673 m³</u>	MASA UNITARIA COMPACTA RVF 263:2008 Temperatura: <u>22 °C</u> Peso Unitario H2O: <u>997,6268</u> Peso del Agua: <u>2,816 Kg</u> Peso Recipiente: <u>6,558 Kg</u> Peso M muestra + Recipiente: <u>11,780 Kg</u> Peso M muestra: <u>5,222 Kg</u> Factor: <u>354,3673 m³</u>
--	--

MASA UNITARIA SUELTA: 1744 Kg/m³	MASA UNITARIA COMPACTA: 1851 Kg/m³
---	---

YAMEZ # 200 RVF 259:2009 Peso Lav.Ta # 200: <u>1000 g</u> Peso Sec.D Lav.: <u>986 g</u> YAMEZ # 200: 1,40%	PORCENTAJE EN SUSPENSIÓN RVF 259:2009 Cantidad Mat en Suspensión: <u>10 cm³</u> Cantidad Muestra: <u>500 g</u> PORCENTAJE EN SUSPENSIÓN 1,20 %
--	---

IMPUREZAS ORGANICAS RVF 256:2077 Color N°: <u>2</u> NO Confirma Impurezas.	PRESENCIA DE CLORUROS Y SULFATOS Cloruro: <input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO Sulfato: <input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO
---	---

Fecha: 03/07/12 Realizado por: MICHEL JIMENEZ Revisado por: Maria Rodriguez



ENSAYO DE ACREGADO GRUESO

Código del Documento:

PC-CC-R-02

Revisión:

3

N° de Pág

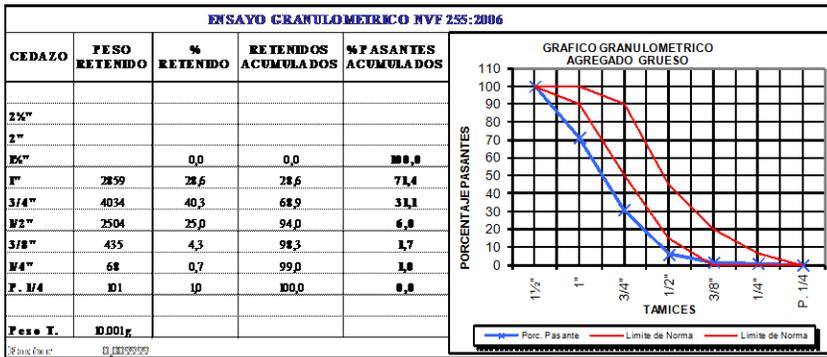
Fecha de Elaboración:

abr-11

1 de 1

Caucas, 5-ene-2012

MATERIAL: PIEDRA M*1
 ENSAYO SOLICITADO POR: F.N.C. CONCRETO
 MUESTRA SACADA POR: JONATHAN BENITEZ FECHA: DICIEMBRE
 MUESTRA ENTREGADA POR: JONATHAN BENITEZ FECHA: DICIEMBRE
 PROCEDENCIA: F.N.C. CONCRETO PLANTA
 USUARIO REQUERIDO: AGREGADO PARA CONCRETO
 MATERIAL PRODUCIDO O VENDIDO POR: LAS MARIAS



DENSIDAD NVF 269:2006

Peso en el Aire: 8000g
 Peso en el Agua: 5054g
 DENSIDAD: 2,72 g/cm³

PORCENTAJE DE ABSORCION NVF 269:2006

Peso Muestra S: 8000g
 Peso Seco: 7924g
 PORC. ABS: 0,96 %

MASA UNITARIA SUELTA NVF 263:2006

Temperatura: 23°C
 Peso Unitario H2O: 997,3962
 Peso del Agua: 1,18 Kg
 Peso Recipiente: 7,530 Kg
 Peso Muestra + Recip.: 20,05 Kg
 Peso Muestra: 20,605 Kg
 Factor: 70,69721m³

MASA UNITARIA COMPACTA NVF 263:2006

Temperatura: 23°C
 Peso Unitario H2O: 997,3962
 Peso del Agua: 1,18 Kg
 Peso Recipiente: 7,530 Kg
 Peso Muestra + Recipiente: 30,300 Kg
 Peso Muestra: 22,850 Kg
 Factor: 70,69721m³

MASA UNITARIA SUELTA: 1457 Kg/m³

MASA UNITARIA COMPACTA: 1685 Kg/m³

TAMIZ # 200 NVF 258:2009

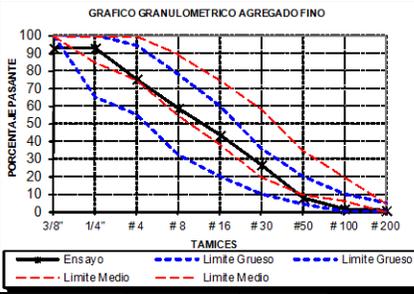
Peso Lav.Ta # 200: 5000g
 Peso Sec.D.Lav: 4961g
 TAMIZ # 200: 0,78%

FORCENTAJE DE FARTY(PLANAS, LARGAS O PLANI-LARGAS) NVF 264:2007

Número Partículas Medidas: 60
 Número de Part. Largas: 29
 %Part. Largas: 48,33
 Número de Part. Planas: 20
 %Part. Planas: 33,33
 Número de Part. Planilargas: 49
 %Part. Planilargas: 81,6666667
 Número de Partículas: 24
 Forcentaje Max.Mín: 40,00

Fecha: 05/01/12 Realizado por: Jonathan Benítez Revisado por: Maria Rodriguez

Arena y Agregado Grueso Enero

	Gobierno Bolivariano de Venezuela Ministerio del Poder Popular Para Ciencia, Tecnología e Industrias Intermedias	Corporación Socialista de Cemento							
ENSAYO DE AGREGADO FINO		Código del Documento: PC-CC-R-01							
		Revisión: 3	N° de Pág: 1 de 1						
		Fecha de Elaboración: mar-11							
Caracas, 3-feb-2012									
MATERIAL: ARENA (Entrada a Planta) ENSAYO SOLICITADO POR: LABORATORIO MUESTRA SACADA POR: CHARLES GL. FECHA: ENERO ENTREGADO POR: CHARLES GL. FECHA: ENERO PROCEDENCIA: F.N.C CONCRETO PLANTA SAN ANTONIO USO REQUERIDO: AGREGADO PARA CONCRETO PROCEDENCIA: EL CARMEN									
ENSAYO GRANULOMÉTRICO NVF 255:2006									
CEDAZO	PESO RETENIDO	% RETENIDO	RETENIDOS ACUMULADOS	% PASANTES					
#2"									
#3/8"	73	7,3	7,3	92,7					
#4"		0,0	7,3	92,7					
#4	176	17,5	24,8	75,2					
#8	156	15,6	41,4	58,6					
#16	154	15,4	56,7	43,3					
#30	157	15,7	73,4	26,6					
#50	189	18,8	92,2	7,8					
#100	62	6,2	98,4	1,6					
#200	10	1,0	99,4	0,6					
Fondo	6	0,6	100,0	0,0					
Peso T.	1003 g	100,0							
Factor: 0,099700897					MODULO DE FINURA (MF) = 3,94				
DENSIDAD NVF 269:2006					FORCENTAJE DE ABSORCIÓN NVF 269:2006				
Densidad Muestra/Envase: 663,89 g/cm ³					Peso SSS: 500 g				
Peso del Envase: 165 g					Peso Seco: 490 g				
Peso del Envase + H ₂ O: 662 g					FORC ABS: 2,04 %				
P. del Envase + H ₂ O + Muestra: 974 g									
Peso de la Muestra: 500 g									
Densidad de H ₂ O: 0,99797 cm ³									
DENSIDAD: 2,63 g/cm³									
MASA UNITARIA SUELTA NVF 263:2008					MASA UNITARIA COMPACTA NVF 263:2008				
Temperatura: 22 °C					Temperatura: 22 °C				
Peso Unitario H ₂ O: 997,6268					Peso Unitario H ₂ O: 997,6268				
Peso del Agua: 2,815 Kg					Peso del Agua: 2,815 Kg				
Peso Recipiente: 6,558 Kg					Peso Recipiente: 6,558 Kg				
Peso Muestra + Recipiente: 11,410 Kg					Peso Muestra + Recipiente: 11,815 Kg				
Peso Muestra: 4,852 Kg					Peso Muestra: 5,257 Kg				
Factor: 354,39673 m ³					Factor: 354,39673 m ³				
MASA UNITARIA SUELTA: 1,720 Kg/m³					MASA UNITARIA COMPACTA: 1,863 Kg/m³				
TAMIZ # 200 NVF 258:2009					FORCENTAJE EN SUSPENSIÓN NVF 259:2009				
Peso Lav. T# 200: 1000 g					Cant de Mat en Suspensión: 0 cm ³				
Peso Sec. D. Lav.: 985 g					Cant de Muestra: 500 g				
TAMIZ # 200: 1,50 %					FORCENTAJE EN SUSPENSIÓN: 1,20 %				
IMPUREZAS ORGANICAS NVF 256:1977					PRESENCIA DE CLORUROS Y SULFATOS				
Color N°: 2					Cloruros: <input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO				
NO Contiene Impurezas.					Sulfatos: <input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO				
Fecha: 03/02/12					Realizado por: CHARLES GL				
					Revisado por: Maria Rodriguez				



ENSAYO DE AGREGADO GRUESO

Código del Documento: **PC-CC-R-02**
Revisión: **3**
Fecha de Elaboración: **abr-11**

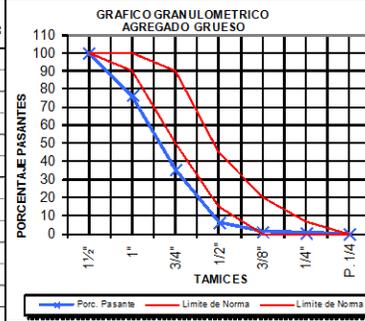
Nº de Pág
1 de 1

Caucas, **3-feb-2012**

MATERIAL: **PIEDRA N°1**
ENSAYO SOLICITADO POR: **F.N.C. CONCRETO**
MUESTRA SACADA POR: **ANGEL MUÑOZ** FECHA: **FEBRERO**
MUESTRA ENTREGADA POR: **ANGEL MUÑOZ** FECHA: **FEBRERO**
PROCEDENCIA: **F.N.C. CONCRETO PLANTA SAN ANTONIO**
USO REQUERIDO: **AGREGADO PARA CONCRETO**
MATERIAL PRODUCIDO O VENDIDO POR: **CANTERA CURA**

ENSAYO GRANULOMÉTRICO NVF 255:2006

CEDAZO	PESO RETENIDO	% RETENIDO	RETENIDOS ACUMULADOS	% PASANTES ACUMULADOS
2 1/2"				
2"				
1 1/2"		0,0	0,0	100,0
1"	2323	23,3	23,3	76,7
3/4"	425	4,3	64,6	35,4
1/2"	2922	29,3	93,9	6,1
3/8"	502	5,0	98,9	1,1
1/4"	69	0,7	99,6	0,4
P. #4	36	0,4	100,0	0,0
Peso T.	9977 g			



DENSIDAD NVF 269:2006

Peso en el Aire: **8000 g**
Peso en el Agua: **5082 g**
DENSIDAD: **2,74 g/cm³**

PORCENTAJE DE ABSORCIÓN NVF 269:2006

Peso Mues S.S.: **8000 g**
Peso Seco: **7950 g**
FORC. ABS: **0,63 %**

MASA UNITARIA SUELTA NVF 263:2008

Temperatura: **23 °C**
Peso Unitario H2O: **8000 g**
Peso del Agua: **3000 g**
Peso Recipiente: **2500 g**
Peso Muestra + Recip.: **2500 g**
Peso Muestra: **2500 g**
Factor: **0,545 kg/m³**

MASA UNITARIA COMPACTA NVF 263:2008

Temperatura: **23 °C**
Peso Unitario H2O: **8000 g**
Peso del Agua: **3000 g**
Peso Recipiente: **2500 g**
Peso Muestra + Recipiente: **2500 g**
Peso Muestra: **2500 g**
Factor: **0,545 kg/m³**

MASA UNITARIA SUELTA: **0,545 kg/m³**

MASA UNITARIA COMPACTA: **0,545 kg/m³**

TAMIZ # 200 NVF 258:2009

Peso Lav.Ta # 200: **5000 g**
Peso Sec.DLav.: **4986 g**
TAMIZ # 200: **0,28%**

FORCENTAJE DE PARTÍCULAS (PLANAS, LARGAS O PLANI-LARGAS) NVF 264:2007

Número Partículas Medidas: **60**
Número de Part. Largas: **25**
% Part. Largas: **41,67**
Número de Part. Planas: **22**
% Part. Planas: **36,67**
Número de Part. Planilargas: **47**
% Part. Planilargas: **78**
Número de Partículas: **24**
Porcentaje Max Mín: **40,00**

Fecha: **03/02/12** Realizado por: **ANGEL MUÑOZ** Revisado por: **María Rodríguez**

ANEXO C

Certificado del Cemento Portland



PO-00-R-29

GERENCIA DE OPTIMIZACION
INFORME DE LABORATORIO

ULTRA

MATERIAL: CEMENTO PORTLAND TIPO I - R
PUNTO DE DESPACHO: PLANTA OCUMARE DEL TUY
NORMA COVENIN 28

CERTIFICADO DE CALIDAD

28-Dic-11

VARIABLES	UNIDAD	REQUISITOS COVENIN 28	*VALOR PROMEDIO EN ULTIMOS 15 DIAS
ANALISIS FISICO			
SUP. BLAINE	m ² /kg	280 minimo.	364
Fraguado Inicial Vicat	minutos	> 45 min	99
Fraguado Final Vicat	minutos	< 480 min	217
Resistencia Compresión, 3 Días	MPa	> 13,0	24,5
Resistencia Compresión, 7 Días	MPa	> 20,0	30,0
Resistencia Compresión, 28 Días	MPa	> 33,3	39,0
ANALISIS QUIMICO			
SO ₃	%	4,0 Máx	2,82
P.F.	%	5,5 Máx	1,4
R.I.	%	1,5 Máx	1,2

OBSERVACIONES

El presente certificado corresponde al promedio de la molenda del cemento Tipo IR- Ultra de las producciones desde el : 19/12/11 hasta 24/12/11

Valido desde el 28/12/11 al 03/01/12

INSPECTOR DE CALIDAD
RAFAEL FERNANDEZ



PO-00-R-29

GERENCIA DE OPTIMIZACION
INFORME DE LABORATORIO

LA VEGA

MATERIAL: CEMENTO PORTLAND TIPO I
PUNTO DE DESPACHO: PLANTA OCUMARE DEL TUY
NORMA COVENIN 28

CERTIFICADO DE CALIDAD

11-Ene-12

VARIABLES	UNIDAD	REQUISITOS COVENIN 28	*VALOR PROMEDIO EN ULTIMOS 15 DIAS
ANALISIS FISICO			
SUP. BLAINE	m ² /kg	280 minimo.	365
Fraguado Inicial Vicat	minutos	> 45 min	101
Fraguado Final Vicat	minutos	< 480 min	219
Resistencia Compresión, 3 Días	MPa	> 10 ρ	21,2
Resistencia Compresión, 7 Días	MPa	> 17 ρ	25,8
Resistencia Compresión, 28 Días	MPa	> 27,4	32,6
ANALISIS QUIMICO			
SO ₃	%	4,0 Máx	2,65
P.F.	%	5,5 Máx	1,5
R.I.	%	1,5 Máx	1,2

OBSERVACIONES

El presente certificado corresponde al promedio de la molienda del cemento Tipo I La Vega de las producciones 02-01-12 al 07-01-12

Valido desde el 11/01/12 al 17/01/12

INSPECTOR DE CALIDAD
RAFAEL FERNANDEZ

ANEXO D

Estadística descriptiva aplicada a la mezcla de concreto compuesta por aceite residual.

Estadística descriptiva aplicada a la mezcla de concreto compuesta por aceite residual.

Antes de elaborar las mezclas definitiva con la cual se estudió el porcentaje óptimo de aceite residual en cuanto a compresión y las demás características físicas del nuevo concreto, se realizaron una serie de mezclas similares en cuanto a proporción y características de agregados grueso y fino, cuyo valor alfa correspondiente a la relación agua/cemento variaron con respecto a la mezcla final seleccionada en un 20%, esto atendiendo a lo establecido por la norma COVENIN 1976 (Concreto. Evaluación y Método de Ensayo).

El principal propósito de las primeras mezclas, llamadas mezclas de prueba, es hallar la desviación estándar del conjunto de mezclas elaboradas en el mismo laboratorio con el mismo procedimiento, herramientas, maquinarias y con componentes de similar características. La desviación estándar hallada a partir de la dispersión de los resultados de los ensayos a compresión servirá para el diseño de mezclas futuras las cuales gozaran de una precisión aceptable evitando así resultados al azar.

También, los resultados arrojados por las primeras mezclas de pruebas se usaron para el diseño final de las mezclas de concreto con contenido de aceite lubricante residual en lo que respecta a la definición de la relación agua/cemento apropiada para que las mezclas definitivas se acercaran a resultados favorables, además de servir de preámbulo al correcto procedimiento para la elaboración y ensayo de probetas cilíndricas normalizadas.

Calculo de la desviación estándar en concreto patrón y en concretos con cierto contenido de aceite lubricante residual.

Primeras Mezclas de Prueba (Mezcla #1):

Las primeras mezclas de prueba fueron elaboradas el día 29 de septiembre del 2011. El procedimiento para su correcta ejecución atendió formalmente los parámetros establecidos por la Norma COVENIN 338 (Concreto. Método para la elaboración, curado y ensayo a compresión de cilindros de concreto).

En primera instancia, se calculó el diseño para la mezcla de prueba basados en los mismos principios aplicados al diseño de mezcla principal expuesto anteriormente en la metodología de este trabajo especial de grado, pero este diseño cuenta con la particularidad de poseer menor calidad resistente que los diseños usados para evaluar el óptimo en cuanto a contenido de aceite residual, la reducción de la calidad resistente de las mezclas de prueba en aproximadamente 20% es sugerido por el artículo 7.3.2 (Mezcla de prueba de laboratorio) de la Norma COVENIN 1976 (Concreto. Evaluación y método de ensayo). De esta forma se obtuvo el mayor rendimiento de estas pruebas, puesto que mediante la interpolación de datos y la variación del contenido de agua en la mezcla se precisó las características del diseño final con el cual fue evaluado el concreto óptimo en cuanto a contenido de aceite residual y se tubo un mejor panorama del comportamiento del inusual concreto.

Calidad 20% Menor que el diseño original:

Mezcla n°1

Fecha de mezclado: 29/09/2011

**Fecha de ensayo a compresión:
27/10/2011**

Código de diseño según FNC: 571-XX

Prueba TESIS ACEITE II (210 Kg/cm²)

Resistencia solicitada: 210 Kg/cm²

Descripción: Patrón

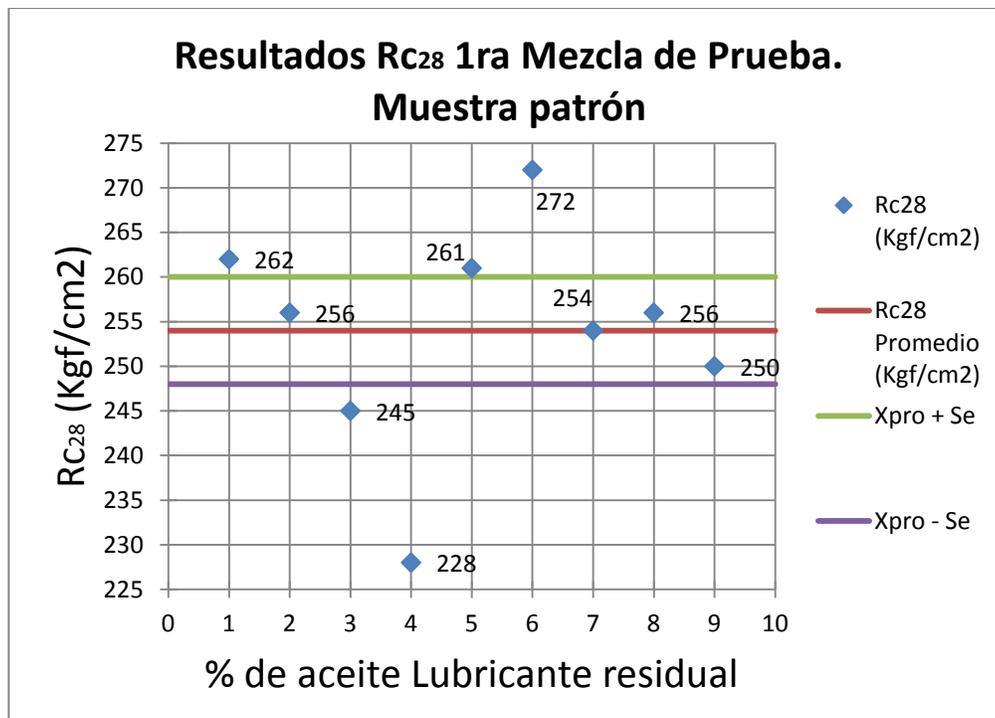
Relación α : 0,77

Asentamiento definitivo: 4"

NOMBRE DE CILINDRO	CILINDRO N° (X _i)	R _{c28} (Kgf/cm ²)	OBSERVACIONES	PROMEDIO DE R _{c28} POR ENSAYO. (Kgf/cm ²)
MEX 1652	X ₁	262		259
MEX 1653	X ₂	256		
MEX 1654	X ₃	245		237
MEX 1655	X ₄	228		
MEX 1656	X ₅	261		267
MEX 1657	X ₆	272		
MEX 1658	X ₇	254		255
MEX 1659	X ₈	256		
MEX 1660	X ₉	250		252
MEX 1661	X ₁₀	254		
Promedio general:				254

Estadística Descriptiva de Muestras Patrón:	
Media Muestral	254
Error típico	6,07
Mediana	253
Moda	#N/A
Desviación estándar	12
Varianza de la muestra	147
Curtosis	1,28
Coefficiente de asimetría	-0,54
Rango	29,36
Mínimo	236
Máximo	266
Suma	1009
Cuenta	5,00
$\mu-1,34*\sigma$	130
$\mu+1,34*\sigma$	290

Resultados Rc28 1ra Mezcla de prueba, mezcla patrón.



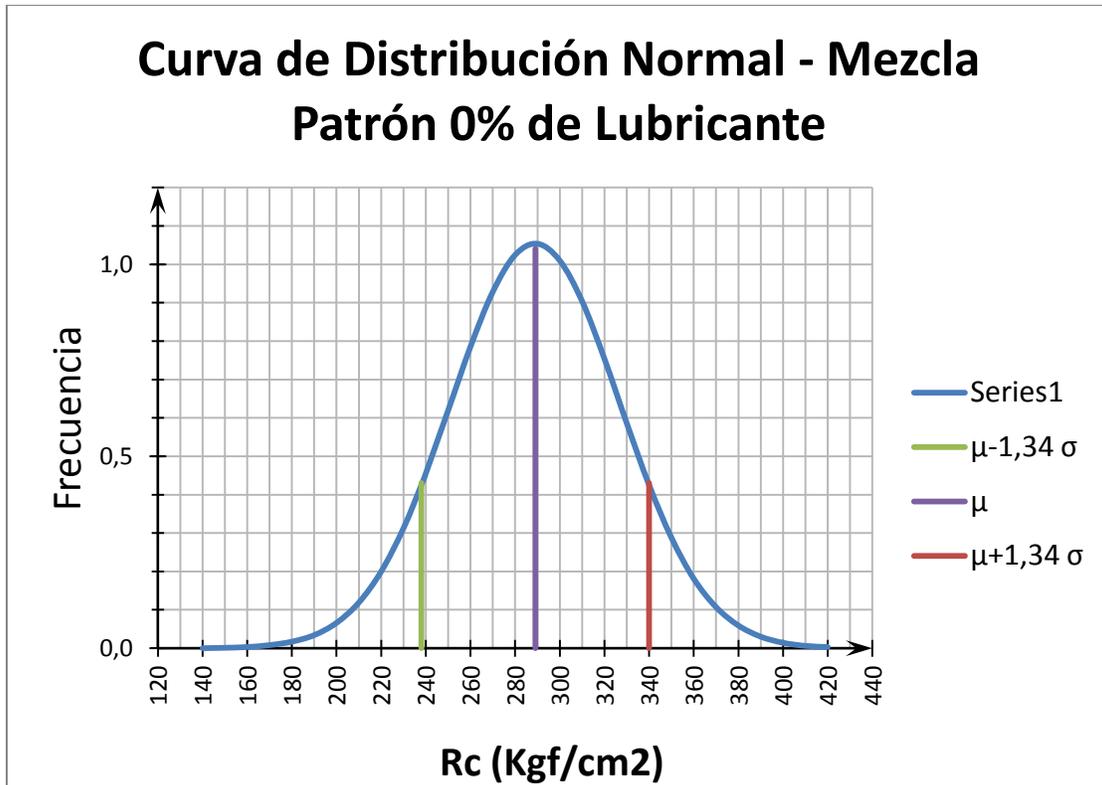
Para una desviación estándar igual a 60 kgf/cm^2 , se observa que los límites pertinentes se encuentran entre 130 Kgf/cm^2 y 290 kgf/cm^2 que son los máximos establecidos por el diseño usado, por lo que los resultados de cada cilindro a compresión son aceptables.

Si consideramos el número de ensayos realizados y hacemos la respectiva corrección estadística, debemos descartar del muestreo cinco cilindros tal como muestra la gráfica, pues la desviación estándar del ensayo fue de 12 Kgf/cm^2 y la desviación estándar corregida 6 kgf/cm^2 . Observamos que para este ensayo las desviaciones estándar producto de la estadística son menores a la sugerida en este trabajo (60 kgf/cm^2) lo que refleja mayor precisión de la mezcla, pero esta precisión puede variar de mezcla en mezcla aumentando su magnitud, por lo que 60 kgf/cm^2 resulta un buen factor de seguridad visto de este modo.

El mismo procedimiento estadístico fue aplicado para 0,15%; 0,35%; 0,55%; 0,75% y 0,90% generando así 6 gráficas en total para la primera mezcla de prueba, y se repitió el procedimiento para la segunda mezcla de prueba generando en total 12 desviaciones estándar corregidas para los diferentes porcentajes de aceite. Todos menores a 60 kgf/cm^2 por lo que se asume que éste es un valor bastante conservador.

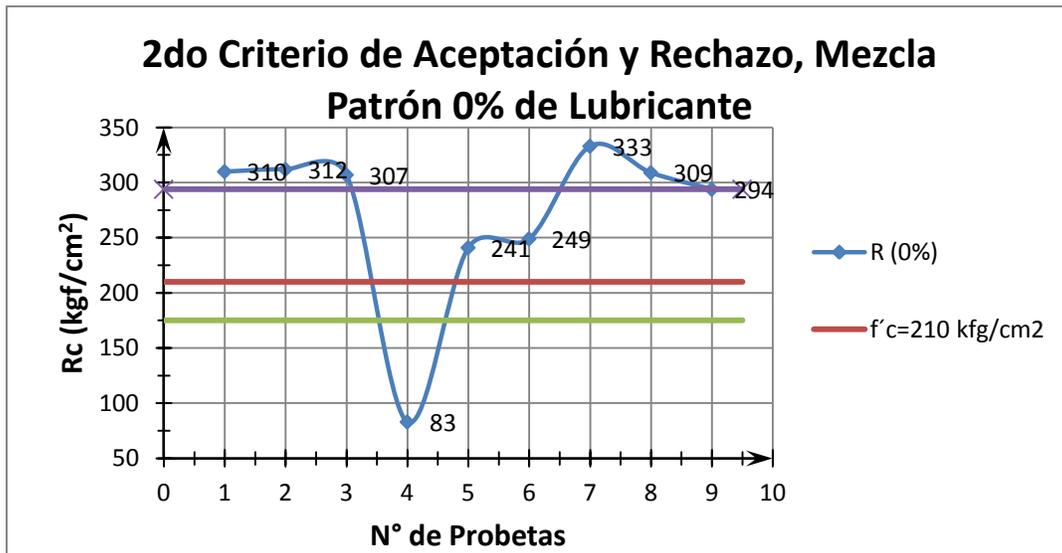
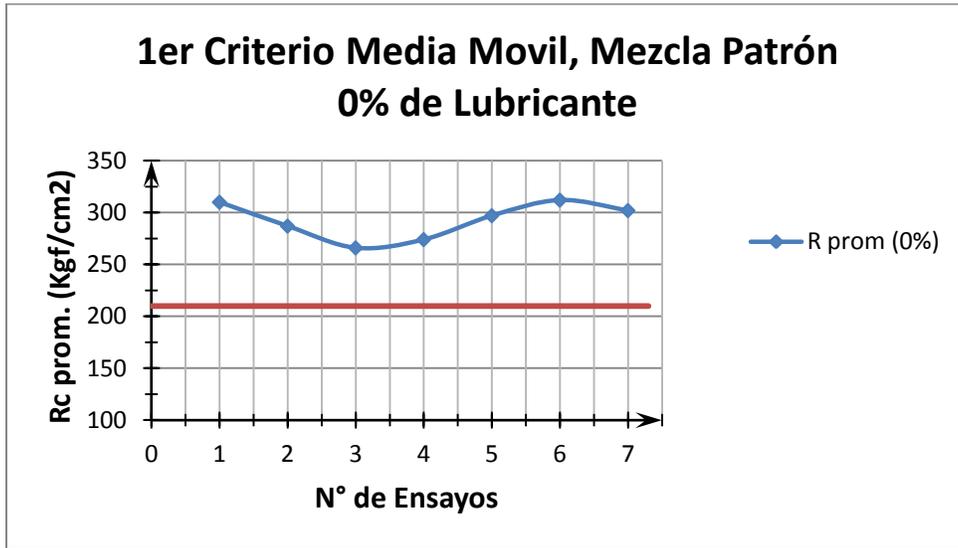
También, se elaboró para cada mezcla y consecuentes serie de ensayo de probetas cilíndricas normalizadas la gráfica de distribución normal conocida como "Campana de Gaus". Para los cilindros patrón de la primera mezcla de prueba resultó ser la siguiente:

Resultados Rc28 1ra Mezcla de prueba, mezcla patrón.



Las graficas correspondientes a los demás porcentajes de aceite tanto de la primera mezcla de prueba como de la segunda se encuentran anexas en el CD que acompaña el tomo de este trabajo especial de grado.

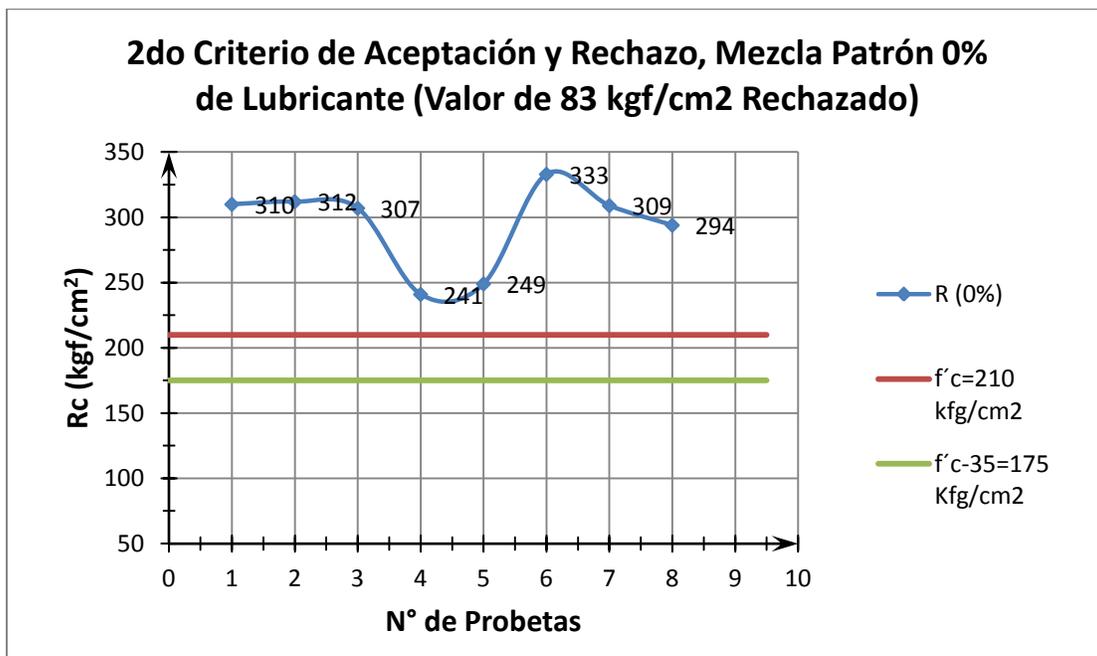
**Criterio de aceptación y rechazo. Norma Venezolana COVENIN
1976:2003.**



0%

N° Probeta	R (Kgf/cm ²)
1	310
2	312
3	307
4	83
5	241
6	249
7	333
8	309
9	294

Rechazada



Las graficas correspondientes a los demás porcentajes de aceite para la mezcla N° 1 y su replica 1 y 2 se encuentran anexas en el CD que acompaña el tomo de este trabajo especial de grado.

ANEXO E

Diseño de Mezcla

Mezcla #1: 29/09/11



Gobierno Bolivariano de Venezuela

Ministerio del Poder Popular para Ciencias, Tecnologías e Industrias Intermedias



Código del Documento: PC-CC-R-32	
Revisión: 2	Nº de Pág: 1 de 2
Fecha de Elaboración: dic-09	

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO HOJA Nº 1			
571-XX	Solicitante: LABORATORIO	HORA: 08:43 a.m.	
Uso del Concreto: PRUEBA DE DISEÑO	Fecha: 29-sep-11		

REQUERIMIENTOS			
Aditivos:	Peso Mín. Cem./m ³ = 329	Kg.	
Rc. 28 días	Compresión= 210 Kg/cm ² .	Relación a/c (R a/c)= 0,50759878	
	Flexión= Kg/cm ² .	Asentamiento= 5	Pulg.

NATURALEZA Y LOCALIZACION DE LOS MATERIALES	
Agua: ACUEDUCTO	
Cement: F.N.C	
Arena: ARENA LA MILAGROSA	
Agreg. Grueso N°1: CANTERA Melero	
Agreg. Grueso N°2:	

VALORES DE ENSAYOS FISICOS EN LOS AGREGADOS						
Materiales	Tam. Máx Pulg.	Peso Esp g/cm ³	Absorc %	Peso Unit. S Kg/m ³	Peso Unit. C Kg/m ³	Módulo de Finura
Arena	3/8	2,6	2,88	1592	1759	4,17
Agreg. Grueso N°1						
Agreg. Grueso N°2		2,71	2,55	1492	1628	

DOSIFICACION TEORICA PARA 1 m ³ DE MEZCLA							Sacos m ³ = 7,74	
Materiales	Peso Kg.	Vol. m ³		Peso Kg.	Vol. m ³	Humedad		
% de Aire		0,010	Arena	1100	0,4231	P. Humedo	100	100
Agua	167	0,167	Polvillo			P. Seco	90,2	90,2
Cemento	329	0,106	Piedra	800	0,2952	% HUM	10,86	10,86
Pasta	496	0,283	Agreg.	1900	0,7183			

PESO TOTAL DE LA MEZCLA: 2396 Kg. Volumen: 1,0014 m³.
 DOSIFICACION TEORICA VERIFICADA EN UN TERCERO DE (50 Litros) ó = 0,040 m³.

Materiales	Peso kg.	Humedad de los materiales en %			Correccion de los Pesos del Agua	Peso Corr. Kg.	Peso Def. Kg.
		Nat.	Abs.	Libre			
Agua	6,680				3,102	6,50	
Cemento	13,16				13,16	13,16	
Arena	44,00	10,86	2,00	8,86	3,898	47,90	
Polvillo	0,00					0,00	
Agreg. Grueso N°	32,00		1	-1,00	-0,320	31,68	
					3,578		
TOTAL	95,84	Kg			TOTAL	95,84 Kg	99,24 Kg.

Resultado de Ensayos en el Concreto Fresco			
Asentamiento = 6	Pulg.	Tara del Envase = 3,36	Kg.
Tara Env. + Mezcla =	Kg.	Volumen del Envase = 0,007	m ³
Peso Neto Mezcla = -3,360	Kg.		
Densidad de la Mezcla = -475,92	Kg/m ³	Observaciones:	
Volumen de la Mezcla = -0,201	m ³	Patron	
Contenido de Aire =	%		



DISEÑO DE MEZCLA	Código del Documento: PC-CC-R-32	
	Revisión: 2	Nº de Pág: 1 de 2
	Fecha de Elaboración: dic-09	

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO HOJA Nº 1

571-XX	Solicitante: LABORATORIO	HORA: 09:06 a.m.
Úso del Concreto: PRUEBA DE DISEÑO	Fecha: 29-sep-11	

REQUERIMIENTOS			
Aditivos:		Peso Min. Cem./m ³ = 329	Kg.
Compresión=	210	Relación a/c (R a/c)=	0,507598784
Flexión=		Asentamiento= 5	Pulg.

NATURALEZA Y LOCALIZACION DE LOS MATERIALES	
Agua:	ACUEDUCTO
Cemento:	F.N.C
Arena:	ARENA LA MILAGROSA
Agreg. Grueso Nº1	CANTERA MILAGROSA
Agreg. Grueso Nº2	

VALORES DE ENSAYOS FISICOS EN LOS AGREGADOS						
Materiales	Tam.Máx Pulg.	Peso Esp g/cm ³	Absorc %	Peso Unit. S Kg/m ³	Peso Unit. C Kg/m ³	Módulo de Finura
Arena	3/8	2,6	2,88	1592	1759	4,17
Agreg. Grueso Nº1						
Agreg. Grueso Nº2		2,71	2,55	1492	1628	

DOSIFICACION TEORICA PARA 1 m³ DE MEZCLA Sacos m³ = 7,74

Materiales	Peso Kg.	Vol. m ³		Peso Kg.	Vol. m ³	Humedad	
% de Aire		0,010	Arena	1100	0,4231	P. Humedo	100
Agua	167	0,167	Polvillo			P. Seco	90,2
Cemento	329	0,106	Piedra	800	0,2952	% HUM	10,86 #;DIV/0!
Pasta	496	0,283	Agreg.	1900	0,7183		

PESO TOTAL DE LA MEZCLA: 2396 Kg. Volumen: 1,0014 m³.

DOSIFICACION TEORICA VERIFICADA EN UN TERCERO DE (50 Litros) ó = 0,040 m³.

Materiales	Peso kg.	Humedad de los materiales en %			Correccion de los Pesos del	Peso Corr. Kg.	Peso Def. Kg.	α final
Agua	6,680	Nat.	Abs.	Libre		3,102	6,60	0,77343
Cemento	13,16					13,16	13,16	
Arena	44,00	10,86	2,00	8,86	3,898	47,90	47,90	
Polvillo	0,00					0,00	0,00	
Agreg. Grueso Nº	32,00		1	-1,00	-0,320	31,68	31,68	
Aditivo:	22,43				3,578			
TOTAL	95,84	Kg			TOTAL	95,84 Kg	99,34	Kg.

Resultado de Ensayos en el Concreto Fresco			
Asentamiento =	6 1/2	Pulg.	Tara del Envase = 3,36 Kg.
Tara Env. + Mezcla =		Kg.	Volumen del Envase = 0,007 m ³
Peso Neto Mezcla =	-3,360	Kg.	
Densidad de la Mezcla =	-475,92	Kg/m ³	Observaciones:
Volumen de la Mezcla =	-0,201	m ³	0,15%
Contenido de Aire =		%	



DISEÑO DE MEZCLA	Código del Documento: PC-CC-R-32	
	Revisión: 2	Nº de Pág: 1 de 2
	Fecha de Elaboración: dic-09	

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO HOJA Nº 1								
571-XX	Solicitante: LABORATORIO	HORA: 09:35 a.m.						
Uso del Concreto: PRUEBA DE DISEÑO	Fecha: 29-sep-11							
REQUERIMIENTOS								
Aditivos:		Peso Min. Cem./m ³ = 329	Kg.					
Rc. 28 días	Compresión= 210	Kg/cm ² .	Relación a/c (R a/c)= 0,507598784					
	Flexión=	Kg/cm ² .	Asentamiento= 5	Pulg.				
NATURALEZA Y LOCALIZACION DE LOS MATERIALES								
Agua:	ACUEDUCTO							
Cemento:	F.N.C							
Arena:	ARENA LA MILAGROSA							
Agreg. Grueso Nº1	CANTERA MILAGROSA							
Agreg. Grueso Nº2								
VALORES DE ENSAYOS FISICOS EN LOS AGREGADOS								
Materiales	Tam. Máx Pulg.	Peso Esp g/cm ³	Absorc %	Peso Unit. S Kg/m ³	Peso Unit. C Kg/m ³	Módulo de Finura		
Arena	3/8	2,6	2,88	1592	1759	4,17		
Agreg. Grueso Nº1								
Agreg. Grueso Nº2		2,71	2,55	1492	1628			
DOSIFICACION TEORICA PARA 1 m ³ DE MEZCLA			Sacos m ³ = 7,74					
Materiales	Peso Kg.	Vol. m ³		Peso Kg.	Vol. m ³	Humedad		
% de Aire		0,010	Arena	1100	0,4231	P. Humedo 100		
Agua	167	0,167	Polvillo			P. Seco 90,2		
Cemento	329	0,106	Grava	800	0,2952	% HUM 10,86		
Pasta	496	0,283	Agreg.	1900	0,7183	#DIV/0!		
PESO TOTAL DE LA MEZCLA:		2396 Kg.	Volumen:		1,0014 m ³ .			
DOSIFICACION TEORICA VERIFICADA EN UN TERCERO DE (50 Litros) ó =		0,040	m ³ .					
Materiales	Peso kg.	Humedad de los materiales en %			Correccion de los Pesos del	Peso Corr. Kg.	Peso Def. Kg.	α final
Agua	6,680	Nat.	Abs.	Libre		3,102	6,40	0,75824
Cemento	13,16					13,16	13,16	
Arena	44,00	10,86	2,00	8,86	3,898	47,90	47,90	
Polvillo	0,00						0,00	
Agreg. Grueso Nº	32,00		1	-1,00	-0,320	31,68	31,68	
Aditivo:	52,34				3,578			
TOTAL	95,84	Kg			TOTAL	95,84 Kg	99,14	Kg.
Resultado de Ensayos en el Concreto Fresco								
Asentamiento =	6	Pulg.	Tara del Envase =	3,36	Kg.			
Tara Env. + Mezcla =		Kg.	Volumen del Envase =	0,007	m ³			
Peso Neto Mezcla =	-3,360	Kg.						
Densidad de la Mezcla =	-475,92	Kg/m ³	Observaciones:					
Volumen de la Mezcla =	-0,201	m ³	0,35%					
Contenido de Aire =		%						



DISEÑO DE MEZCLA	Código del Documento: PC-CC-R-32	
	Revisión: 2	Nº de Pág: 1 de 2
	Fecha de Elaboración: dic-09	

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO HOJA Nº 1								
571-XX	Solicitante: LABORATORIO	HORA: 09:55 a.m.						
Uso del Concreto: PRUEBA DE DISEÑO	Fecha: 29-sep-11							
REQUERIMIENTOS								
Aditivos:		Peso Min. Cem./m ³ = 329	Kg.					
Compresión= 210	Kg/cm ² .	Relación a/c (R a/c)= 0,507598784						
Flexión=	Kg/cm ² .	Asentamiento= 5	Pulg.					
NATURALEZA Y LOCALIZACION DE LOS MATERIALES								
Agua: ACUEDUCTO								
Cemento: F.N.C								
Arena: ARENA LA MILAGROSA								
Agreg. Grueso Nº1: CANTERA MILAGROSA								
Agreg. Grueso Nº2:								
VALORES DE ENSAYOS FISICOS EN LOS AGREGADOS								
Materiales	Tam. Máx Pulg.	Peso Esp g/cm ³	Absorc %	Peso Unit. S Kg/m ³	Peso Unit. C Kg/m ³	Módulo de Finura		
Arena	3/8	2,6	2,88	1592	1759	4,17		
Agreg. Grueso Nº1								
Agreg. Grueso Nº2		2,71	2,55	1492	1628			
DOSIFICACION TEORICA PARA 1 m ³ DE MEZCLA Sacos m ³ = 7,74								
Materiales	Peso Kg.	Vol. m ³		Peso Kg.	Vol. m ³	Humedad		
% de Aire		0,010	Arena	1100	0,4231	P. Humedo 100		
Agua	167	0,167	Polvillo			P. Seco 90,2		
Cemento	329	0,106	Grava	800	0,2952	% HUM 10,86 #DIV/0!		
Pasta	496	0,283	Agreg.	1900	0,7183			
PESO TOTAL DE LA MEZCLA: 2396 Kg. Volumen: 1,0014 m ³ .								
DOSIFICACION TEORICA VERIFICADA EN UN TERCERO DE (50 Litros) ó = 0,040 m ³ .								
Materiales	Peso kg.	Humedad de los materiales en %			Correccion de los Pesos del	Peso Corr. Kg.	Peso Def. Kg.	α final
Agua	6,680	Nat.	Abs.	Libre		3,102	6,40	0,75824
Cemento	13,16					13,16	13,16	
Arena	44,00	10,86	2,00	8,86	3,898	47,90	47,90	
Polvillo	0,00						0,00	
Agreg. Grueso Nº	32,00		1	-1,00	-0,320	31,68	31,68	
						3,578		
Aditivo:	82,25							
TOTAL	95,84	Kg			TOTAL	95,84 Kg	99,14	Kg.
Resultado de Ensayos en el Concreto Fresco								
Asentamiento =	6 1/2	Pulg.	Tara del Envase =	3,36	Kg.			
Tara Env. + Mezcla =		Kg.	Volumen del Envase =	0,007	m ³			
Peso Neto Mezcla =	-3,360	Kg.						
Densidad de la Mezcla =	-475,92	Kg/m ³	Observaciones:					
Volumen de la Mezcla =	-0,201	m ³	0,55%					
Contenido de Aire =		%						



DISEÑO DE MEZCLA	Código del Documento: PC-CC-R-32	
	Revisión: 2	Nº de Pág: 1 de 2
	Fecha de Elaboración: dic-09	

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO HOJA Nº 1								
571-XX	Solicitante: LABORATORIO	HORA: 10:23 a.m.						
Uso del Concreto: PRUEBA DE DISEÑO	Fecha: 29-sep-11							
REQUERIMIENTOS								
Aditivos:		Peso Min. Cem./m ³ = 329 Kg.						
Rc. 28 días	Compresión= 210 Kg/cm ² .	Relación a/c (R a/c)= 0,507598784						
	Flexión= Kg/cm ² .	Asentamiento 5 Pulg.						
NATURALEZA Y LOCALIZACION DE LOS MATERIALES								
Agua:	ACUEDUCTO							
Cemento:	F.N.C							
Arena:	ARENA LA MILAGROSA							
Agreg. Grueso Nº1	CANTERA MILAGROSA							
Agreg. Grueso Nº2								
VALORES DE ENSAYOS FISICOS EN LOS AGREGADOS								
	Tam. Máx Pulg.	Peso Esp g/cm ³	Absorc %	Peso Unit. S Kg/m ³	Peso Unit. C Kg/m ³	Módulo de Finura		
Arena	3/8	2,6	2,88	1592	1759	4,17		
Agreg. Grueso Nº1								
Agreg. Grueso Nº2		2,71	2,55	1492	1628			
DOSIFICACION TEORICA PARA 1 m³ DE MEZCLA Sacos m ³ = 7,74								
	Peso Kg.	Vol. m ³		Peso Kg.	Vol. m ³	Humedad		
% de Aire		0,010	Arena	1100	0,4231	P. Humedo 100		
Agua	167	0,167	Polvillo			P. Seco 90,2		
Cemento	329	0,106	Grava	800	0,2952	% HUM 10,86 #;DIV/0!		
Pasta	496	0,283	Agreg.	1900	0,7183			
PESO TOTAL DE LA MEZCLA: 2396 Kg. Volumen: 1,0014 m ³ .								
DOSIFICACION TEORICA VERIFICADA EN UN TERCERO DE (50 Litros) ó = 0,040 m ³ .								
	Peso kg.	Humedad de los materiales en %			Correccion de los Pesos del	Peso Corr. Kg.	Peso Def. Kg.	α final
Agua	6,680	Nat.	Abs.	Libre		3,102	6,20	0,74304
Cemento	13,16					13,16	13,16	
Arena	44,00	10,86	2,00	8,86	3,898	47,90	47,90	
Polvillo	0,00						0,00	
Agreg. Grueso Nº	32,00		1	-1,00	-0,320	31,68	31,68	
Aditivo:	112,16				3,578			
TOTAL	95,84	Kg			TOTAL	95,84 Kg	98,94	Kg.
Resultado de Ensayos en el Concreto Fresco								
Asentamiento =	5 3/4	Pulg.	Tara del Envase =	3,36	Kg.			
Tara Env. + Mezcla =		Kg.	Volumen del Envase =	0,007	m ³			
Peso Neto Mezcla =	-3,360	Kg.						
Densidad de la Mezcla =	-475,92	Kg/m ³	Observaciones:					
Volumen de la Mezcla =	-0,201	m ³	0,75%					
Contenido de Aire =		%						



DISEÑO DE MEZCLA	Código del Documento: PC-CC-R-32	
	Revisión: 2	Nº de Pág: 1 de 2
	Fecha de Elaboración: dic-09	

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO HOJA Nº 1							
Uso del Concreto:	571-XX	Solicitante: LABORATORIO	HORA:	10:43 a.m.			
	PRUEBA DE DISEÑO			Fecha:	29-sep-11		
REQUERIMIENTOS							
Aditivos:		Peso Min. Cem./m ³ =	329	Kg.			
Rc. 28 días	Compresión=	210	Kg/cm ² .	Relación a/c (R a/c)=	0,507598784		
	Flexión=		Kg/cm ² .	Asentamiento	5	Pulg.	
NATURALEZA Y LOCALIZACION DE LOS MATERIALES							
Agua:	ACUEDUCTO						
Cemento:	F.N.C						
Arena:	ARENA LA MILAGROSA						
Agreg. Grueso Nº1	CANTERA MILAGROSA						
Agreg. Grueso Nº2							
VALORES DE ENSAYOS FISICOS EN LOS AGREGADOS							
Materiales	Tam. Máx Pulg.	Peso Esp g/cm ³	Absorc %	Peso Unit. S Kg/m ³	Peso Unit. C Kg/m ³	Módulo de Finura	
Arena	3/8	2,6	2,88	1592	1759	4,17	
Agreg. Grueso Nº1							
Agreg. Grueso Nº2		2,71	2,55	1492	1628		
DOSIFICACION TEORICA PARA 1 m³ DE MEZCLA Sacos m ³ = 7,74							
Materiales	Peso Kg.	Vol. m ³		Peso Kg.	Vol. m ³	Humedad	
% de Aire		0,010	Arena	1100	0,4231	P. Humedo 100	
Agua	167	0,167	Polvillo			P. Seco 90,2	
Cemento	329	0,106	Grava	800	0,2952	% HUM 10,86 #DIV/0!	
Pasta	496	0,283	Agreg.	1900	0,7183		
PESO TOTAL DE LA MEZCLA: 2396 Kg. Volumen: 1,0014 m ³ .							
DOSIFICACION TEORICA VERIFICADA EN UN TERCERO DE (50 Litros) ó = 0,040 m³.							
Materiales	Peso kg.	Humedad de los materiales en %			Correccion de los Pesos del	Peso Corr. Kg.	Peso Def. Kg.
Agua	6,680	Nat.	Abs.	Libre		3,102	6,00
Cemento	13,16					13,16	13,16
Arena	44,00	10,86	2,00	8,86	3,898	47,90	47,90
Polvillo	0,00						0,00
Agreg. Grueso Nº	32,00		1	-1,00	-0,320	31,68	31,68
Aditivo:	134,59				3,578		
TOTAL	95,84	Kg			TOTAL	95,84 Kg	98,74 Kg.
Resultado de Ensayos en el Concreto Fresco							
Asentamiento =	6	Pulg.	Tara del Envase =	3,36	Kg.		
Tara Env. + Mezcla =		Kg.	Volumen del Envase =	0,007	m ³		
Peso Neto Mezcla =	-3,360	Kg.					
Densidad de la Mezcla =	-475,92	Kg/m ³	Observaciones:	0,90%			
Volumen de la Mezcla =	-0,201	m ³					
Contenido de Aire =		%					

Mezcla #2: 03/10/11



Gobierno Bolivariano
de Venezuela

Ministerio del Poder Popular
para Ciencias, Tecnologías e Industrias
Intermedias



DISEÑO DE MEZCLA	Código del Documento: PC-CC-R-32							
	Revisión: 2	Nº de Pág: 1 de 2						
	Fecha de Elaboración: dic-09							
DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO HOJA Nº 1								
571-XX	Solicitante: LABORATORIO	HORA: 08:11 a.m.						
Uso del Concreto: PRUEBA DE DISEÑO		Fecha: 03-oct-11						
REQUERIMIENTOS								
Aditivos:	Peso Min. Cem./m ³ = 329	Kg.						
Compresión= 210	Kg/cm ² .	Relación a/c (R a/c)= 0,50759878						
Flexión=	Kg/cm ² .	Asentamiento= 5 Pulg.						
NATURALEZA Y LOCALIZACION DE LOS MATERIALES								
Agua: ACUEDUCTO								
Cement: F.N.C								
Arena: ARENA LA MILAGROSA								
Agreg. Grueso Nº1 CANTERA MILAGROSA								
Agreg. Grueso Nº2								
VALORES DE ENSAYOS FISICOS EN LOS AGREGADOS								
	Tam. Máx Pulg.	Peso Esp g/cm ³	Absorc %	Peso Unit. S Kg/m ³	Peso Unit. C Kg/m ³	Módulo de Finura		
Arena	3/8	2,6	2,88	1592	1759	4,17		
Agreg. Grueso Nº1								
Agreg. Grueso Nº2		2,71	2,55	1492	1628			
DOSIFICACION TEORICA PARA 1 m³ DE MEZCLA			Sacos m ³ = 7,74					
	Peso Kg.	Vol. m ³		Peso Kg.	Vol. m ³	Humedad		
% de Aire		0,010	Arena	1316	0,4231	P. Humedo 100		
Agua	167	0,167	Polvillo	890		P. Seco 90,2		
Cemento	329	0,106	Grava	890	0,2952	% HUM 10,86 #;DIV/0!		
Pasta	496	0,283	Agreg.	1900	0,7183			
PESO TOTAL DE LA MEZCLA: 2396 Kg.			Volumen: 1,0014 m ³ .					
DOSIFICACION TEORICA VERIFICADA EN UN TERCERO DE (50 Litros) ó =			0,040 m³.					
	Peso kg.	Humedad de los materiales en %			Correccion de los Pesos del Agua	Peso Corr. Kg.	Peso Def. Kg.	α final
		Nat.	Abs.	Libre				
Agua	6,680					3,744	6,50	0,717021
Cemento	13,16					13,16	13,16	
Arena	44,00	9,40	2,00	7,40	3,256	47,26	47,26	
Polvillo	0,00						0,00	
Agreg. Grueso Nº	32,00	1		-1,00	-0,320	31,68	31,68	
					2,936			
TOTAL	95,84	Kg			TOTAL	95,84 Kg	98,60	
Resultado de Ensayos en el Concreto Fresco								
Asentamiento =	5 1/2	Pulg.	Tara del Envase =	3,36	Kg.			
Tara Env. + Mezcla =		Kg.	Volumen del Envase =	0,007	m ³			
Peso Neto Mezcla =	-3,360	Kg.						
Densidad de la Mezcla =	-475,92	Kg/m ³	Observaciones:					
Volumen de la Mezcla =	-0,201	m ³	Patron					
Contenido de Aire =		%						



DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO HOJA N° 1							
571-XX		Solicitante: LABORATORIO		HORA: 08:41 a.m.			
Uso del Concreto: PRUEBA DE DISEÑO			Fecha: 03-oct-11				
REQUERIMIENTOS							
Aditivos:		Peso Min. Cem./m ³ = 329		Kg.			
Rc. 28 días		Compresión= 210		Relación a/c (R a/c)= 0,507598784			
		Flexión=		Asentamiento= 5		Pulg.	
NATURALEZA Y LOCALIZACION DE LOS MATERIALES							
Agua: ACUEDUCTO							
Cemento: F.N.C							
Arena: ARENA LA MILAGROSA							
Agreg. Grueso N°1 CANTERA MILAGROSA							
Agreg. Grueso N°2							
VALORES DE ENSAYOS FISICOS EN LOS AGREGADOS							
Materiales	Tam. Máx Pulg.	Peso Esp g/cm ³	Absorc %	Peso Unit. S Kg/m ³	Peso Unit. C Kg/m ³	Módulo de Finura	
Arena	3/8	2,6	2,88	1592	1759	4,17	
Agreg. Grueso N°1							
Agreg. Grueso N°2		2,71	2,55	1492	1628		
DOSIFICACION TEORICA PARA 1 m ³ DE MEZCLA				Sacos m ³ = 7,74			
Materiales	Peso Kg.	Vol. m ³		Peso Kg.	Vol. m ³	Humedad	
% de Aire		0,010	Arena	1100	0,4231	P. Humedo 100	
Agua	167	0,167	Polvillo			P. Seco 90,2	
Cemento	329	0,106	Grava	800	0,2952	% HUM 10,86	
Pasta	496	0,283	Agreg.	1900	0,7183	#;DIV/0!	
PESO TOTAL DE LA MEZCLA:		2396 Kg.		Volumen: 1,0014 m ³ .			
DOSIFICACION TEORICA VERIFICADA EN UN TERCERO DE (50 Litros) ó =				0,040 m ³ .			
Materiales	Peso kg.	Humedad de los materiales en %			Correccion de los Pesos del Agua	Peso Corr. Kg.	Peso Def. Kg.
Agua	6,680	Nat.	Abs.	Libre		3,744	6,60
Cemento	13,16					13,16	13,16
Arena	44,00	9,40	2,00	7,40	3,256	47,26	47,26
Polvillo	0,00						0,00
Agreg. Grueso N°	32,00		1	-1,00	-0,320	31,68	31,68
					2,936		
Aditivo:	22,43						
TOTAL	95,84	Kg			TOTAL	95,84 Kg	98,70 Kg.
Resultado de Ensayos en el Concreto Fresco							
Asentamiento =	6	Pulg.		Tara del Envase =	3,36	Kg.	
Tara Env. + Mezcla =		Kg.		Volumen del Envase =	0,007	m ³	
Peso Neto Mezcla =	-3,360	Kg.					
Densidad de la Mezcla =	-475,92	Kg/m ³		Observaciones:			
Volumen de la Mezcla =	-0,201	m ³			0,15%		
Contenido de Aire =		%					



DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO HOJA N° 1							
571-XX		Solicitante: LABORATORIO		HORA: 08:59 a.m.			
Uso del Concreto: PRUEBA DE DISEÑO			Fecha: 03-oct-11				
REQUERIMIENTOS							
Aditivos:		Peso Min. Cem./m ³ = 329		Kg.			
Rc. 28 días		Compresión= 210		Relación a/c (R a/c)= 0,507598784			
		Flexión=		Asentamiento= 5		Pulg.	
NATURALEZA Y LOCALIZACION DE LOS MATERIALES							
Agua: ACUEDUCTO							
Cemento: F.N.C							
Arena: ARENA LA MILAGROSA							
Agreg. Grueso N°1 CANTERA MILAGROSA							
Agreg. Grueso N°2							
VALORES DE ENSAYOS FISICOS EN LOS AGREGADOS							
Materiales	Tam.Máx Pulg.	Peso Esp g/cm ³	Absorc %	Peso Unit. S Kg/m ³	Peso Unit. C Kg/m ³	Módulo de Finura	
Arena	3/8	2,6	2,88	1592	1759	4,17	
Agreg. Grueso N°1							
Agreg. Grueso N°2		2,71	2,55	1492	1628		
DOSIFICACION TEORICA PARA 1 m ³ DE MEZCLA				Sacos m ³ = 7,74			
Materiales	Peso Kg.	Vol. m ³		Peso Kg.	Vol. m ³	Humedad	
% de Aire		0,010	Arena	1100	0,4231	P. Humedo 100	
Agua	167	0,167	Polvillo			P. Seco 90,2	
Cemento	329	0,106	Grava	800	0,2952	% HUM 10,86	
Pasta	496	0,283	Agreg.	1900	0,7183		
PESO TOTAL DELA MEZCLA:		2396 Kg.		Volumen: 1,0014 m ³ .			
DOSIFICACION TEORICA VERIFICADA EN UN TERCERO DE (50 Litros) ó =				0,040 m ³ .			
Materiales	Peso kg.	Humedad de los materiales en %			Correccion de los Pesos del Agua	Peso Corr. Kg.	Peso Def. Kg.
		Nat.	Abs.	Libre			
Agua	6,680					3,744	6,40
Cemento	13,16					13,16	13,16
Arena	44,00	9,40	2,00	7,40	3,256	47,26	47,26
Polvillo	0,00						0,00
Agreg. Grueso N°	32,00		1	-1,00	-0,320	31,68	31,68
					2,936		
Aditivo:	52,34						
TOTAL	95,84	Kg			TOTAL	95,84 Kg	98,50 Kg.
Resultado de Ensayos en el Concreto Fresco							
Asentamiento =	5 1/2	Pulg.		Tara del Envase =	3,36	Kg.	
Tara Env. + Mezcla =		Kg.		Volumen del Envase =	0,007	m ³	
Peso Neto Mezcla =	-3,360	Kg.					
Densidad de la Mezcla =	-475,92	Kg/m ³		Observaciones:	0,35%		
Volumen de la Mezcla=	-0,201	m ³					
Contenido de Aire=		%					



DISEÑO DE MEZCLA	Código del Documento: PC-CC-R-32	
	Revisión: 2	Nº de Pág 1 de 2
	Fecha de Elaboración: dic-09	

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO HOJA Nº 1

571-XX	Solicitante: LABORATORIO	HORA: 09:27 a.m.
Uso del Concreto: PRUEBA DE DISEÑO		Fecha: 03-oct-11

REQUERIMIENTOS			
Aditivos:		Peso Min. Cem./m ³ = 329	Kg.
Rc. 28 días	Compresión= 210	Kg/cm ² .	Relación a/c (R a/c)= 0,507598784
	Flexión=	Kg/cm ² .	Asentamiento 5 Pulg.

NATURALEZA Y LOCALIZACION DE LOS MATERIALES

Agua:	ACUEDUCTO
Cemento:	F.N.C
Arena:	ARENA LA MILAGROSA
Agreg. Grueso Nº1	CANTERA MILAGROSA
Agreg. Grueso Nº2	

VALORES DE ENSAYOS FISICOS EN LOS AGREGADOS

Materiales	Tam.Máx Pulg.	Peso Esp g/cm ³	Absorc %	Peso Unit. S Kg/m ³	Peso Unit. C Kg/m ³	Módulo de Finura
Arena	3/8	2,6	2,88	1592	1759	4,17
Agreg. Grueso Nº1						
Agreg. Grueso Nº2		2,71	2,55	1492	1628	

DOSIFICACION TEORICA PARA 1 m³ DE MEZCLA Sacos m³ = 7,74

Materiales	Peso Kg.	Vol. m ³		Peso Kg.	Vol. m ³	Humedad	
% de Aire		0,010	Arena	1100	0,4231	P. Humedo	100
Agua	167	0,167	Polvillo			P. Seco	90,2
Cemento	329	0,106	Grava	800	0,2952	% HUM	10,86
Pasta	496	0,283	Agreg.	1900	0,7183		#DIV/0!

PESO TOTAL DE LA MEZCLA: 2396 Kg. Volumen: 1,0014 m³.

DOSIFICACION TEORICA VERIFICADA EN UN TERCERO DE (50 Litros) ó = 0,040 m³.

Materiales	Peso kg.	Humedad de los materiales en %			Correccion de los Pesos del Agua	Peso Corr. Kg.	Peso Def. Kg.
		Nat.	Abs.	Libre			
Agua	6,680					3,744	6,40
Cemento	13,16					13,16	13,16
Arena	44,00	9,40	2,00	7,40	3,256	47,26	47,26
Polvillo	0,00						0,00
Agreg. Grueso Nº	32,00		1	-1,00	-0,320	31,68	31,68
Aditivo:	82,25				2,936		
TOTAL	95,84	Kg			TOTAL	95,84 Kg	98,50 Kg.

Resultado de Ensayos en el Concreto Fresco			
Asentamiento =	5	Pulg.	Tara del Envase = 3,36 Kg.
Tara Env. + Mezcla =		Kg.	Volumen del Envase = 0,007 m ³
Peso Neto Mezcla =	-3,360	Kg.	
Densidad de la Mezcla =	-475,92	Kg/m ³	Observaciones:
Volumen de la Mezcla =	-0,201	m ³	0,55%
Contenido de Aire =		%	



DISEÑO DE MEZCLA	Código del Documento: PC-CC-R-32	
	Revisión: 2	Nº de Pág: 1 de 2
	Fecha de Elaboración: dic-09	

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO HOJA Nº 1

571-XX	Solicitante: LABORATORIO	HORA: 09:53 a.m.
Uso del Concreto: PRUEBA DE DISEÑO		Fecha: 03-oct-11

REQUERIMIENTOS			
Aditivos:		Peso Min. Cem./m ³ = 329	Kg.
Rc. 28 días	Compresión= 210	Kg/cm ² .	Relación a/c (R a/c)= 0,507598784
	Flexión=	Kg/cm ² .	Asentamiento 5 Pulg.

NATURALEZA Y LOCALIZACION DE LOS MATERIALES

Agua:	ACUEDUCTO
Cemento:	F.N.C
Arena:	ARENA LA MILAGROSA
Agreg. Grueso Nº1	CANTERA MILAGROSA
Agreg. Grueso Nº2	

VALORES DE ENSAYOS FISICOS EN LOS AGREGADOS

Materiales	Tam.Máx Pulg.	Peso Esp g/cm ³	Absorc %	Peso Unit. S Kg/m ³	Peso Unit. C Kg/m ³	Módulo de Finura
Arena	3/8	2,6	2,88	1592	1759	4,17
Agreg. Grueso Nº1						
Agreg. Grueso Nº2		2,71	2,55	1492	1628	

DOSIFICACION TEORICA PARA 1 m³ DE MEZCLA Sacos m³ = 7,74

Materiales	Peso Kg.	Vol. m ³		Peso Kg.	Vol. m ³	Humedad	
% de Aire		0,010	Arena	1100	0,4231	P. Humedo	100
Agua	167	0,167	Polvillo			P. Seco	90,2
Cemento	329	0,106	Grava	800	0,2952	% HUM	10,86 #;DIV/0!
Pasta	496	0,283	Agreg.	1900	0,7183		

PESO TOTAL DE LA MEZCLA: 2396 Kg. Volumen: 1,0014 m³.

DOSIFICACION TEORICA VERIFICADA EN UN TERCERO DE (50 Litros) ó = 0,040 m³.

Materiales	Peso kg.	Humedad de los materiales en %			Correccion de los Pesos del Agua	Peso Corr. Kg.	Peso Def. Kg.
		Nat.	Abs.	Libre			
Agua	6,680					3,744	6,20
Cemento	13,16					13,16	13,16
Arena	44,00	9,40	2,00	7,40	3,256	47,26	47,26
Polvillo	0,00						0,00
Agreg. Grueso Nº	32,00		1	-1,00	-0,320	31,68	31,68
Aditivo:	112,16				2,936		
TOTAL	95,84	Kg			TOTAL	95,84 Kg	98,30 Kg.

Resultado de Ensayos en el Concreto Fresco			
Asentamiento =	5 1/2	Pulg.	Tara del Envase = 3,36 Kg.
Tara Env. + Mezcla =		Kg.	Volumen del Envase = 0,007 m ³
Peso Neto Mezcla =	-3,360	Kg.	
Densidad de la Mezcla =	-475,92	Kg/m ³	Observaciones:
Volumen de la Mezcla =	-0,201	m ³	0,75%
Contenido de Aire =		%	



DISEÑO DE MEZCLA	Código del Documento: PC-CC-R-32	
	Revisión: 2	Nº de Pág: 1 de 2
	Fecha de Elaboración: dic-09	

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO HOJA Nº 1

571-XX	Solicitante: LABORATORIO	HORA: 10:16 a.m.
Uso del Concreto: PRUEBA DE DISEÑO	Fecha: 03-oct-11	

REQUERIMIENTOS			
Aditivos:	Peso Min. Cem./m3= 329	Kg.	
Rc. 28 días	Compresión= 210	Relación a/c (R a/c)= 0,507598784	
	Flexión=	Asentamiento= 5	Pulg.

NATURALEZA Y LOCALIZACION DE LOS MATERIALES	
Agua:	ACUEDUCTO
Cemento:	F.N.C
Arena:	ARENA LA MILAGROSA
Agreg. Grueso Nº1	CANTERA MILAGROSA
Agreg. Grueso Nº2	

VALORES DE ENSAYOS FISICOS EN LOS AGREGADOS						
Materiales	Tam.Máx Pulg.	Peso Esp g/cm³	Absorc %	Peso Unit. S Kg/m³	Peso Unit. C Kg/m³	Módulo de Finura
Arena	3/8	2,6	2,88	1592	1759	4,17
Agreg. Grueso Nº1						
Agreg. Grueso Nº2		2,71	2,55	1492	1628	

DOSIFICACION TEORICA PARA 1 m³ DE MEZCLA Sacos m³ = 7,74

Materiales	Peso Kg.	Vol. m³		Peso Kg.	Vol. m³	Humedad	
% de Aire		0,010	Arena	1100	0,4231	P. Humedo	100
Agua	167	0,167	Polvillo			P. Seco	90,2
Cemento	329	0,106	Grava	800	0,2952	% HUM	10,86
Pasta	496	0,283	Agreg.	1900	0,7183		#;DIV/0!

PESO TOTAL DE LA MEZCLA: 2396 Kg. Volumen: 1,0014 m³.

DOSIFICACION TEORICA VERIFICADA EN UN TERCERO DE (50 Litros) ó = 0,040 m³.

Materiales	Peso kg.	Humedad de los materiales en %			Correccion de los Pesos del Agua	Peso Corr. Kg.	Peso Def. Kg.
		Nat.	Abs.	Libre			
Agua	6,680					3,744	6,00
Cemento	13,16					13,16	13,16
Arena	44,00	9,40	2,00	7,40	3,256	47,26	47,26
Polvillo	0,00						0,00
Agreg. Grueso Nº	32,00		1	-1,00	-0,320	31,68	31,68
					2,936		
Aditivo:	134,591						
TOTAL	95,84	Kg			TOTAL	95,84 Kg	98,10 Kg.

Resultado de Ensayos en el Concreto Fresco			
Asentamiento =	5 1/4	Pulg.	Tara del Envase = 3,36 Kg.
Tara Env. + Mezcla =		Kg.	Volumen del Envase = 0,007 m³
Peso Neto Mezcla =	-3,360	Kg.	
Densidad de la Mezcla =	-475,92	Kg/m³	Observaciones:
Volumen de la Mezcla =	-0,201	m³	0,90%
Contenido de Aire =		%	

Mezcla #3: 17/11/11



Gobierno Bolivariano
de Venezuela

Ministerio del Poder Popular
para Ciencias, Tecnologías e Industrias
Intermedias



		Código del Documento: PC-CC-R-32					
Revisión: 2		Nº de Pág 1 de 2					
Fecha de Elaboración: dic-09							
DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO HOJA Nº 1							
571-XX	Solicitante: LABORATORIO	HORA: 08:40 a.m.					
Uso del Concreto:	PRUEBA DE DISEÑO		Fecha: 17-nov-11				
REQUERIMIENTOS							
Aditivos:		Peso Min. Cem./m3= 329	Kg.				
Compresión=	210	Kg/cm².	Relación a/c (R a/c)= 0,50759878				
Flexión=		Kg/cm².	Asentamiento= 5 Pulg.				
NATURALEZA Y LOCALIZACION DE LOS MATERIALES							
Agua: ACUEDUCTO							
Cement F.N.C							
Arena: ARENA EL CARMEN							
Agreg. Grueso Nº1 CANTERA LOS NARANJOS							
Agreg. Grueso Nº2							
VALORES DE ENSAYOS FISICOS EN LOS AGREGADOS							
Materiales	Tam.Máx Pulg.	Peso Esp g/cm³	Absorc %	Peso Unit. S Kg/m³	Peso Unit. C Kg/m³	Módulo de Finura	
Arena	3/8	2,61	2,67	1730	1836	4,17	
Agreg. Grueso Nº1							
Agreg. Grueso Nº2		2,71	0,65	1466	1587		
DOSIFICACION TEORICA PARA 1 m³ DE MEZCLA				Sacos m³ = 7,74			
Materiales	Peso Kg.	Vol. m³	Materiales	Peso Kg.	Vol. m³	Humedad	
% de Aire		0,010	Arena	1100	0,4215	P. Humedo	100
Agua	167	0,167	Polvillo			P. Seco	90,2
Cemento	329	0,106	Grava	800	0,2952	% HUM	10,86
Pasta	496	0,283	Agreg.	1900	0,7167		#;DIV/0!
PESO TOTAL DE LA MEZCLA:				2396 Kg.	Volumen:		0,9998 m³.
DOSIFICACION TEORICA VERIFICADA EN UN TERCERO DE (50 Litros) ó =							0,040 m³.
Materiales	Peso kg.	Humedad de los materiales en %			Correccion de los Pesos del Agua	Peso Corr. Kg.	Peso Def. Kg.
		Nat.	Abs.	Libre			
Agua	6,680					3,423	5,20
Cemento	13,16					13,16	13,16
Arena	44,00	10,13	2,00	8,13	3,577	47,58	47,58
Polvillo	0,00						0,00
Agreg. Grueso Nº	32,00		1	-1,00	-0,320	31,68	31,68
					3,257		
TOTAL	95,84					95,84 Kg	97,62 Kg.
Resultado de Ensayos en el Concreto Fresco							
Asentamiento =	5 1/2	Pulg.	Tara del Envase =	3,36	Kg.		
Tara Env. + Mezcla =		Kg.	Volumen del Envase =	0,007	m³		
Peso Neto Mezcla =	-3,360	Kg.					
Densidad de la Mezcla =	-475,92	Kg/m³					
Volumen de la Mezcla =	-0,201	m³					
Contenido de Aire =		%	Observaciones: Patron				



DISEÑO DE MEZCLA	Código del Documento: PC-CC-R-32	
	Revisión: 2	Nº de Pág: 1 de 2
	Fecha de Elaboración: dic-09	

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO HOJA Nº 1							
571-XX	Solicitante: LABORATORIO	HORA: 09:10 a.m.					
Use del Concreto: PRUEBA DE DISEÑO	Fecha: 17-nov-11						
REQUERIMIENTOS							
Aditivos:		Peso Min. Cem./m ³ = 329 Kg.					
Compresión= 210 Kg/cm ² .	Relación a/c (R a/c)= 0,507598784						
Flexión= Kg/cm ² .	Asentamiento= 5 Pulg.						
NATURALEZA Y LOCALIZACION DE LOS MATERIALES							
Agua: ACUEDUCTO							
Cemento: F.N.C							
Arena: ARENA EL CARMEN							
Agreg. Grueso Nº1: CANTERA LOS NARANJOS							
Agreg. Grueso Nº2:							
VALORES DE ENSAYOS FISICOS EN LOS AGREGADOS							
Materiales	Tam. Máx Pulg.	Peso Esp g/cm ³	Absorc %	Peso Unit. S Kg/m ³	Peso Unit. C Kg/m ³	Módulo de Finura	
Arena	3/8	2,61	2,67	1730	1836	4,17	
Agreg. Grueso Nº1							
Agreg. Grueso Nº2		2,7	1,01	1390	1520		
DOSIFICACION TEORICA PARA 1 m ³ DE MEZCLA				Sacos m ³ = 7,74			
Materiales	Peso Kg.	Vol. m ³		Peso Kg.	Vol. m ³	Humedad	
% de Aire		0,010	Arena	1100	0,4215	P. Humedo	100
Agua	167	0,167	Polvillo			P. Seco	90,2
Cemento	329	0,106	Grava	800	0,2963	% HUM	10,86
Pasta	496	0,283	Agreg.	1900	0,7178		#;DIV/0!
PESO TOTAL DE LA MEZCLA:		2396 Kg.	Volumen:		1,0009 m ³ .		
DOSIFICACION TEORICA VERIFICADA EN UN TERCERO DE (50 Litros) ó =		0,040 m ³ .					
Materiales	Peso kg.	Humedad de los materiales en %			Correccion de los Pesos del Agua	Peso Corr. Kg.	Peso Def. Kg.
		Nat.	Abs.	Libre			
Agua	6,680					3,423	5,00
Cemento	13,16					13,16	13,16
Arena	44,00	10,13	2,00	8,13	3,577	47,58	47,58
Polvillo	0,00						0,00
Agreg. Grueso Nº	32,00		1	-1,00	-0,320	31,68	31,68
Aditivo:	22,43				3,257		
TOTAL	95,84	Kg			TOTAL	95,84 Kg	97,42
Resultado de Ensayos en el Concreto Fresco							
Asentamiento =	6 1/4 Pulg.	Tara del Envase =		3,36 Kg.			
Tara Env. + Mezcla =	Kg.	Volumen del Envase =		0,007 m ³			
Peso Neto Mezcla =	-3,360 Kg.						
Densidad de la Mezcla =	-475,92 Kg/m ³						
Volumen de la Mezcla =	-0,201 m ³	Observaciones: 0,15%					
Contenido de Aire =	%						



DISEÑO DE MEZCLA	Código del Documento: PC-CC-R-32	
	Revisión: 2	Nº de Pág 1 de 2
	Fecha de Elaboración: dic-09	

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO HOJA Nº 1							
571-XX	Solicitante: LABORATORIO	HORA: 09:30 a.m.					
Uso del Concreto: PRUEBA DE DISEÑO	Fecha: 17-nov-11						
REQUERIMIENTOS							
Aditivos:		Peso Min. Cem./m ³ = 329	Kg.				
Rc. 28 días	Compresión= 210	Kg/cm ² .	Relación a/c (R a/c)=	0,507598784			
	Flexión=	Kg/cm ² .	Asentamiento= 5	Pulg.			
NATURALEZA Y LOCALIZACION DE LOS MATERIALES							
Agua:	ACUEDUCTO						
Cemento:	F.N.C						
Arena:	ARENA EL CARMEN						
Agreg. Grueso Nº1	CANTERA LOS NARANJOS						
Agreg. Grueso Nº2							
VALORES DE ENSAYOS FISICOS EN LOS AGREGADOS							
Materiales	Tam.Máx Pulg.	Peso Esp g/cm ³	Absorc %	Peso Unit. S Kg/m ³	Peso Unit. C Kg/m ³	Módulo de Finura	
Arena	3/8	2,61	2,67	1730	1836	4,17	
Agreg. Grueso Nº1							
Agreg. Grueso Nº2		2,71	1,01	1390	1520		
DOSIFICACION TEORICA PARA 1 m ³ DE MEZCLA Sacos m ³ = 7,74							
Materiales	Peso Kg.	Vol. m ³		Peso Kg.	Vol. m ³	Humedad	
% de Aire		0,010	Arena	1100	0,4215	P. Humedo 100	
Agua	167	0,167	Polvillo			P. Seco 90,2	
Cemento	329	0,106	Grava	800	0,2952	% HUM 10,86 #;DIV/0!	
Pasta	496	0,283	Agreg.	1900	0,7167		
PESO TOTAL DELA MEZCLA:		2396 Kg.	Volumen:		0,9998 m ³ .		
DOSIFICACION TEORICA VERIFICADA EN UN TERCERO DE (50 Litros) ó =					0,040 m ³ .		
Materiales	Peso kg.	Humedad de los materiales en %			Correccion de los Pesos del Agua	Peso Corr. Kg.	Peso Def. Kg.
Agua	6,680	Nat.	Abs.	Libre		3,423	4,86
Cemento	13,16					13,16	13,16
Arena	44,00	10,13	2,00	8,13	3,577	47,58	47,58
Polvillo	0,00						0,00
Agreg. Grueso Nº	32,00		1	-1,00	-0,320	31,68	31,68
Aditivo:	52,34				3,257		
TOTAL	95,84	Kg			TOTAL	95,84 Kg	97,28 Kg.
Resultado de Ensayos en el Concreto Fresco							
Asentamiento =	5	Pulg.	Tara del Envase =	3,36	Kg.		
Tara Env. + Mezcla =		Kg.	Volumen del Envase =	0,007	m ³		
Peso Neto Mezcla =	-3,360	Kg.					
Densidad de la Mezcla =	-475,92	Kg/m ³	Observaciones:	0,35%			
Volumen de la Mezcla=	-0,201	m ³					
Contenido de Aire=		%					



Gobierno Bolivariano
de Venezuela

Ministerio del Poder Popular
para Ciencias, Tecnologías e Industrias
Intermedias



DISEÑO DE MEZCLA	Código del Documento: PC-CC-R-32	
	Revisión: 2	Nº de Pág 1 de 2
	Fecha de Elaboración: dic-09	

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO HOJA Nº 1							
571-XX	Solicitante: LABORATORIO	HORA: 09:50 a.m.					
Uso del Concreto: PRUEBA DE DISEÑO	Fecha: 17-nov-11						
REQUERIMIENTOS							
Aditivos:		Peso Mín. Cem./m3= 329 Kg.					
Rc. 28 días	Compresión= 210 Kg/cm².	Relación a/c (R a/c)= 0,507598784					
	Flexión= Kg/cm².	Asentamiento= 5 Pulg.					
NATURALEZA Y LOCALIZACION DE LOS MATERIALES							
Agua:	ACUEDUCTO						
Cemento:	F.N.C						
Arena:	ARENA EL CARMEN						
Agreg. Grueso Nº1	CANTERA LOS NARANJOS						
Agreg. Grueso Nº2							
VALORES DE ENSAYOS FISICOS EN LOS AGREGADOS							
Materiales	Tam.Máx Pulg.	Peso Esp g/cm³	Absorc %	Peso Unit. S Kg/m³	Peso Unit. C Kg/m³	Módulo de Finura	
Arena	3/8	2,61	2,67	1730	1836	4,17	
Agreg. Grueso Nº1							
Agreg. Grueso Nº2		2,7	1,01	1390	1520		
DOSIFICACION TEORICA PARA 1 m³ DE MEZCLA				Sacos m³ = 7,74			
Materiales	Peso Kg.	Vol. m³		Peso Kg.	Vol. m³	Humedad	
% de Aire		0,010	Arena	1100	0,4215	P. Humedo	100
Agua	167	0,167	Polvillo			P. Seco	90,2
Cemento	329	0,106	Grava	800	0,2963	% HUM	10,86
Pasta	496	0,283	Agreg.	1900	0,7178		#1DIV/0!
PESO TOTAL DE LA MEZCLA:		2396 Kg.	Volumen:		1,0009 m³.		
DOSIFICACION TEORICA VERIFICADA EN UN TERCERO DE (50 Litros) ó =		0,040 m³.					
Materiales	Peso kg.	Humedad de los materiales en %			Correccion de los Pesos del Agua	Peso Corr. Kg.	Peso Def. Kg.
Agua	6,680	Nat.	Abs.	Libre		3,423	4,60
Cemento	13,16					13,16	13,16
Arena	44,00	10,13	2,00	8,13	3,577	47,58	47,58
Polvillo	0,00						0,00
Agreg. Grueso Nº	32,00		1	-1,00	-0,320	31,68	31,68
Aditivo:	82,25				3,257		
TOTAL	95,84	Kg			TOTAL	95,84 Kg	97,02 Kg.
Resultado de Ensayos en el Concreto Fresco							
Asentamiento =	5 1/2 Pulg.	Tara del Envase =	3,36 Kg.				
Tara Env. + Mezcla =	Kg.	Volumen del Envase =	0,007 m³				
Peso Neto Mezcla =	-3,360 Kg.						
Densidad de la Mezcla =	-475,92 Kg/m³	Observaciones:	0,55%				
Volumen de la Mezcla =	-0,201 m³						
Contenido de Aire =	%						



DISEÑO DE MEZCLA	Código del Documento: PC-CC-R-32	
	Revisión: 2	Nº de Pág 1 de 2
	Fecha de Elaboración: dic-09	

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO HOJA Nº 1							
571-XX	Solicitante: LABORATORIO	HORA: 10:07 a.m.					
Uso del Concreto: PRUEBA DE DISEÑO	Fecha: 17-nov-11						
REQUERIMIENTOS							
Aditivos:		Peso Mín. Cem./m ³ = 329 Kg.					
Compresión= 210 Kg/cm ² .	Relación a/c (R a/c)= 0,507598784						
Re. 28 días	Flexión=	Kg/cm ² .	Asentamiento= 5 Pulg.				
NATURALEZA Y LOCALIZACION DE LOS MATERIALES							
Agua: ACUEDUCTO							
Cemento: F.N.C							
Arena: ARENA EL CARMEN							
Agreg. Grueso Nº1: CANTERA LOS NARANJOS							
Agreg. Grueso Nº2:							
VALORES DE ENSAYOS FISICOS EN LOS AGREGADOS							
Materiales	Tam.Máx Pulg.	Peso Esp g/cm ³	Absorc %	Peso Unit. S Kg/m ³	Peso Unit. C Kg/m ³	Módulo de Finura	
Arena	3/8	2,61	2,67	1730	1836	4,17	
Agreg. Grueso Nº1							
Agreg. Grueso Nº2		2,7	1,01	1390	1520		
DOSIFICACION TEORICA PARA 1 m ³ DE MEZCLA				Sacos m ³ = 7,74			
Materiales	Peso Kg.	Vol. m ³		Peso Kg.	Vol. m ³	Humedad	
% de Aire		0,010	Arena	1100	0,4215	P. Humedo	100
Agua	167	0,167	Polvillo			P. Seco	90,2
Cemento	329	0,106	Grava	800	0,2963	% HUM	10,86
Pasta	496	0,283	Agreg.	1900	0,7178		#;DIV/0!
PESO TOTAL DE LA MEZCLA:		2396 Kg.	Volumen:		1,0009 m ³ .		
DOSIFICACION TEORICA VERIFICADA EN UN TERCERO DE (50 Litros) ó =		0,040 m ³ .					
Materiales	Peso kg.	Humedad de los materiales en %			Correccion de los Pesos del Agua	Peso Corr. Kg.	Peso Def. Kg.
		Nat.	Abs.	Libre			
Agua	6,680					3,423	4,50
Cemento	13,16					13,16	13,16
Arena	44,00	10,13	2,00	8,13	3,577	47,58	47,58
Polvillo	0,00						0,00
Agreg. Grueso Nº	32,00		1	-1,00	-0,320	31,68	31,68
Aditivo:	112,16				3,257		
TOTAL	95,84	Kg			TOTAL	95,84 Kg	96,92 Kg.
Resultado de Ensayos en el Concreto Fresco							
Asentamiento =	5 Pulg.	Tara del Envase =		3,36 Kg.			
Tara Env. + Mezcla =	Kg.	Volumen del Envase =		0,007 m ³			
Peso Neto Mezcla =	-3,360 Kg.						
Densidad de la Mezcla =	-475,92 Kg/m ³	Observaciones:					
Volumen de la Mezcla =	-0,201 m ³	0,75%					
Contenido de Aire =	%						



DISEÑO DE MEZCLA	Código del Documento: PC-CC-R-32	
	Revisión: 2	Nº de Pág 1 de 2
	Fecha de Elaboración: dic-09	

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO HOJA Nº 1							
571-XX	Solicitante: LABORATORIO	HORA: 10:25 a.m.					
Uso del Concreto: PRUEBA DE DISEÑO	Fecha: 17-nov-11						
REQUERIMIENTOS							
Aditivos:		Peso Mín. Cem./m ³ = 329 Kg.					
Rc. 28 días	Compresión= 210 Kg/cm ² .	Relación a/c (R a/c)= 0,507598784					
	Flexión= Kg/cm ² .	Asentamiento= 5 Pulg.					
NATURALEZA Y LOCALIZACION DE LOS MATERIALES							
Agua:	ACUEDUCTO						
Cemento:	F.N.C						
Arena:	ARENA EL CARMEN						
Agreg. Grueso Nº1	CANTERA LOS NARANJOS						
Agreg. Grueso Nº2							
VALORES DE ENSAYOS FISICOS EN LOS AGREGADOS							
Materiales	Tam.Máx Pulg.	Peso Esp g/cm ³	Absorc %	Peso Unit. S Kg/m ³	Peso Unit. C Kg/m ³	Módulo de Finura	
Arena	3/8	2,61	2,67	1730	1836	4,17	
Agreg. Grueso Nº1							
Agreg. Grueso Nº2		2,7	1,01	1390	1520		
DOSIFICACION TEORICA PARA 1 m ³ DE MEZCLA				Sacos m ³ = 7,74			
Materiales	Peso Kg.	Vol. m ³		Peso Kg.	Vol. m ³	Humedad	
% de Aire		0,010	Arena	1100	0,4215	P. Humedo	100
Agua	167	0,167	Polvillo			P. Seco	90,2
Cemento	329	0,106	Grava	800	0,2963	% HUM	10,86
Pasta	496	0,283	Agreg.	1900	0,7178		#;DIV/0!
PESO TOTAL DE LA MEZCLA:		2396 Kg.	Volumen:		1,0009 m ³ .		
DOSIFICACION TEORICA VERIFICADA EN UN TERCERO DE (50 Litros) ó =		0,040 m ³ .					
Materiales	Peso kg.	Humedad de los materiales en %			Correccion de los Pesos del Agua	Peso Corr. Kg.	Peso Def. Kg.
Agua	6,680	Nat.	Abs.	Libre		3,423	4,40
Cemento	13,16					13,16	13,16
Arena	44,00	10,13	2,00	8,13	3,577	47,58	47,58
Polvillo	0,00						0,00
Agreg. Grueso Nº	32,00		1	-1,00	-0,320	31,68	31,68
					3,257		
Aditivo:	134,59						
TOTAL	95,84 Kg				TOTAL	95,84 Kg	96,82 Kg.
Resultado de Ensayos en el Concreto Fresco							
Asentamiento =	5 Pulg.	Tara del Envase =	3,36 Kg.				
Tara Env. + Mezcla =	Kg.	Volumen del Envase =	0,007 m ³				
Peso Neto Mezcla =	-3,360 Kg.						
Densidad de la Mezcla =	-475,92 Kg/m ³	Observaciones:					
Volumen de la Mezcla =	-0,201 m ³	0,90%					
Contenido de Aire =	%						

Mezcla #4: 08/12/11



Gobierno Bolivariano
de Venezuela

Ministerio del Poder Popular
para Ciencias, Tecnologías e Industrias
Intermedias



DISEÑO DE MEZCLA	Código del Documento: PC-CC-R-32							
	Revisión: 2	Nº de Pág: 1 de 2						
	Fecha de Elaboración: dic-09							
DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO HOJA Nº 1								
571-XX	Solicitante: LABORATORIO	HORA:						
Uso del Concreto: PRUEBA DE DISEÑO	Fecha: 08-dic-11							
REQUERIMIENTOS								
Aditivos:	Peso Min. Cem./m ³ = 329	Kg.						
Compresión= 210	Kg/cm ² .	Relación a/c (R a/c)= 0,50759878						
Flexión=	Kg/cm ² .	Asentamiento= 5 Pulg.						
NATURALEZA Y LOCALIZACION DE LOS MATERIALES								
Agua: ACUEDUCTO								
Cement: F.N.C								
Arena: ARENA EL CARMEN								
Agreg. Grueso Nº1								
Agreg. Grueso Nº2 LAS MARIAS								
VALORES DE ENSAYOS FISICOS EN LOS AGREGADOS								
Materiales	Tam. Máx Pulg.	Peso Esp g/cm ³	Absorc %	Peso Unit. S Kg/m ³	Peso Unit. C Kg/m ³	Módulo de Finura		
Arena	3/8	2,61	2,67	1730	1836	4,17		
Agreg. Grueso Nº1								
Agreg. Grueso Nº2		2,722	0,96	1457	1615			
DOSIFICACION TEORICA PARA 1 m ³ DE MEZCLA			Sacos m ³ = 7,74					
Materiales	Peso Kg.	Vol. m ³	Peso Kg.	Vol. m ³	Humedad			
% de Aire		0,010	Arena	1100	0,4215	P. Humedo 100		
Agua	167	0,167	Polvillo			P. Seco 90,2		
Cemento	329	0,106	Grava	800	0,2939	% HUM 10,86 #;DIV0!		
Pasta	496	0,283	Agreg.	1900	0,7154			
PESO TOTAL DE LA MEZCLA: 2396 Kg.			Volumen: 0,9985 m ³ .					
DOSIFICACION TEORICA VERIFICADA EN UN TERCERO DE (50 Litros) ó =			0,040 m ³ .					
Materiales	Peso kg.	Humedad de los materiales en %			Correccion de los Pesos del Agua	Peso Corr. Kg.	Peso Def. Kg.	α final
		Nat.	Abs.	Libre				
Agua	6,680					2,336	3,90	0,626444
Cemento	13,16					13,16	13,16	
Arena	44,00	12,60	2,00	10,60	4,664	48,66	48,66	
Polvillo	0,00						0,00	
Agreg. Grueso Nº	32,00		1	-1,00	-0,320	31,68	31,68	
					4,344			
TOTAL	95,84	Kg			TOTAL	95,84 Kg	97,40	Kg.
Resultado de Ensayos en el Concreto Fresco								
Asentamiento =	6 1/2	Pulg.	Tara del Envase =	3,36	Kg.			
Tara Env. + Mezcla =		Kg.	Volumen del Envase =	0,007	m ³			
Peso Neto Mezcla =	-3,360	Kg.						
Densidad de la Mezcla =	-475,92	Kg/m ³	Observaciones:					
Volumen de la Mezcla =	-0,201	m ³	Patron					
Contenido de Aire =		%						



Gobierno Bolivariano
de Venezuela

Ministerio del Poder Popular
para Ciencias, Tecnologías e Industrias
Intermedias



DISEÑO DE MEZCLA	Código del Documento: PC-CC-R-32	
	Revisión: 2	Nº de Pág: 1 de 2
	Fecha de Elaboración: dic-09	

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO HOJA Nº 1			
571-XX	Solicitante: LABORATORIO	HORA:	
Uso del Concreto:	PRUEBA DE DISEÑO		Fecha: 08-dic-11

REQUERIMIENTOS			
Aditivos:		Peso Min. Cem./m ³ = 329	Kg.
Rc. 28 días	Compresión= 210	Kg/cm ² .	Relación a/c (R a/c)= 0,507598784
	Flexión=	Kg/cm ² .	Asentamiento 5 Pulg.

NATURALEZA Y LOCALIZACION DE LOS MATERIALES	
Agua:	ACUEDUCTO
Cemento:	F.N.C
Arena:	ARENA EL CARMEN
Agreg. Grueso Nº1	CANTERA LOS NARANJOS
Agreg. Grueso Nº2	

VALORES DE ENSAYOS FISICOS EN LOS AGREGADOS						
Materiales	Tam.Máx Pulg.	Peso Esp g/cm ³	Absorc %	Peso Unit. S Kg/m ³	Peso Unit. C Kg/m ³	Módulo de Finura
Arena	3/8	2,61	2,67	1730	1836	4,17
Agreg. Grueso Nº1						
Agreg. Grueso Nº2		2,7	1,01	1390	1520	

DOSIFICACION TEORICA PARA 1 m ³ DE MEZCLA	Sacos m ³ = 7,74
--	-----------------------------

Materiales	Peso Kg.	Vol. m ³		Peso Kg.	Vol. m ³	Humedad	
% de Aire		0,010	Arena	1100	0,4215	P. Humedo	100
Agua	167	0,167	Polvillo			P. Seco	90,2
Cemento	329	0,106	Grava	800	0,2963	% HUM	10,86
Pasta	496	0,283	Agreg.	1900	0,7178		#¡DIV0!

PESO TOTAL DE LA MEZCLA: 2396 Kg. Volumen: 1,0009 m³.

DOSIFICACION TEORICA VERIFICADA EN UN TERCERO DE (50 Litros) ó = 0,040 m³.

Materiales	Peso kg.	Humedad de los materiales en %			Correccion de los Pesos del Agua	Peso Corr. Kg.	Peso Def. Kg.
		Nat.	Abs.	Libre			
Agua	6,680					2,336	3,50
Cemento	13,16					13,16	13,16
Arena	44,00	12,60	2,00	10,60	4,664	48,66	48,66
Polvillo	0,00						0,00
Agreg. Grueso Nº	32,00		1	-1,00	-0,320	31,68	31,68
Aditivo:	22,43				4,344		
TOTAL	95,84	Kg			TOTAL	95,84 Kg	97,00 Kg.

Resultado de Ensayos en el Concreto Fresco			
Asentamiento =	4 1/2	Pulg.	Tara del Envase = 3,36 Kg.
Tara Env. + Mezcla =		Kg.	Volumen del Envase = 0,007 m ³
Peso Neto Mezcla =	-3,360	Kg.	
Densidad de la Mezcla =	-475,92	Kg/m ³	Observaciones:
Volumen de la Mezcla =	-0,201	m ³	0,15%
Contenido de Aire =		%	



DISEÑO DE MEZCLA	Código del Documento: PC-CC-R-32	
	Revisión: 2	Nº de Pág: 1 de 2
	Fecha de Elaboración: dic-09	

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO HOJA Nº 1			
571-XX	Solicitante: LABORATORIO	HORA:	
Uso del Concreto: PRUEBA DE DISEÑO		Fecha: 08-dic-11	

REQUERIMIENTOS			
Aditivos:		Peso Min. Cem./m ³ = 329	Kg.
Rc. 28 días	Compresión= 210	Kg/cm ² .	Relación a/c (R a/c)= 0,507598784
	Flexión=	Kg/cm ² .	Asentamiento 5 Pulg.

NATURALEZA Y LOCALIZACION DE LOS MATERIALES	
Agua:	ACUEDUCTO
Cemento:	F.N.C
Arena:	ARENA EL CARMEN
Agreg. Grueso Nº1	CANTERA LOS NARANJOS
Agreg. Grueso Nº2	

VALORES DE ENSAYOS FISICOS EN LOS AGREGADOS						
Materiales	Tam.Máx Pulg.	Peso Esp g/cm ³	Absorc %	Peso Unit. S Kg/m ³	Peso Unit. C Kg/m ³	Módulo de Finura
Arena	3/8	2,61	2,67	1730	1836	4,17
Agreg. Grueso Nº1						
Agreg. Grueso Nº2		2,71	1,01	1390	1520	

DOSIFICACION TEORICA PARA 1 m ³ DE MEZCLA				Sacos m ³ = 7,74			
Materiales	Peso Kg.	Vol. m ³		Peso Kg.	Vol. m ³	Humedad	
% de Aire		0,010	Arena	1100	0,4215	P. Humedo	100
Agua	167	0,167	Polvillo			P. Seco	90,2
Cemento	329	0,106	Grava	800	0,2952	% HUM	10,86
Pasta	496	0,283	Agreg.	1900	0,7167		#;DIV/0!

PESO TOTAL DE LA MEZCLA: 2396 Kg. Volumen: 0,9998 m³.
DOSIFICACION TEORICA VERIFICADA EN UN TERCERO DE (50 Litros) ó = 0,040 m³.

Materiales	Peso kg.	Humedad de los materiales en %			Correccion de los Pesos del Agua	Peso Corr. Kg.	Peso Def. Kg.	
		Nat.	Abs.	Libre				
Agua	6,680					2,336	3,30	
Cemento	13,16					13,16	13,16	
Arena	44,00	12,60	2,00	10,60	4,664	48,66	48,66	
Polvillo	0,00						0,00	
Agreg. Grueso Nº	32,00		1	-1,00	-0,320	31,68	31,68	
Aditivo:	52,34				4,344			
TOTAL	95,84	Kg			TOTAL	95,84 Kg	96,80	Kg.

Resultado de Ensayos en el Concreto Fresco			
Asentamiento =	4	Pulg.	Tara del Envase = 3,36 Kg.
Tara Env. + Mezcla =		Kg.	Volumen del Envase = 0,007 m ³
Peso Neto Mezcla =	-3,360	Kg.	
Densidad de la Mezcla =	-475,92	Kg/m ³	Observaciones:
Volumen de la Mezcla =	-0,201	m ³	0,35%
Contenido de Aire =		%	



Gobierno Bolivariano
de Venezuela

Ministerio del Poder Popular
para Ciencias, Tecnologías e Industrias
Intermedias



DISEÑO DE MEZCLA	Código del Documento: PC-CC-R-32	
	Revisión: 2	Nº de Pág: 1 de 2
	Fecha de Elaboración: dic-09	

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO HOJA Nº 1

571-XX	Solicitante: LABORATORIO	HORA:
Uso del Concreto:	PRUEBA DE DISEÑO	Fecha: 08-dic-11

REQUERIMIENTOS			
Aditivos:	Peso Mín. Cem/m ³ =	329	Kg.
Rc. 28 días	Compresión=	210	Kg/cm ² .
	Relación a/c (R a/c)=	0,507598784	
	Flexión=		Kg/cm ² .
	Asentamiento	5	Pulg.

NATURALEZA Y LOCALIZACION DE LOS MATERIALES	
Agua:	ACUEDUCTO
Cemento:	F.N.C
Arena:	ARENA EL CARMEN
Agreg. Grueso Nº1	CANTERA LOS NARANJOS
Agreg. Grueso Nº2	

VALORES DE ENSAYOS FISICOS EN LOS AGREGADOS						
Materiales	Tam.Máx Pulg.	Peso Esp g/cm ³	Absorc %	Peso Unit. S Kg/m ³	Peso Unit. C Kg/m ³	Módulo de Finura
Arena	3/8	2,61	2,67	1730	1836	4,17
Agreg. Grueso Nº1						
Agreg. Grueso Nº2		2,7	1,01	1390	1520	

DOSIFICACION TEORICA PARA 1 m³ DE MEZCLA Sacos m³ = 7,74

Materiales	Peso Kg.	Vol. m ³		Peso Kg.	Vol. m ³	Humedad	
% de Aire		0,010	Arena	1100	0,4215	P. Humedo	100
Agua	167	0,167	Polvillo			P. Seco	90,2
Cemento	329	0,106	Grava	800	0,2963	% HUM	10,86
Pasta	496	0,283	Agreg.	1900	0,7178		#DIV/0!

PESO TOTAL DE LA MEZCLA: 2396 Kg. Volumen: 1,0009 m³.

DOSIFICACION TEORICA VERIFICADA EN UN TERCERO DE (50 Litros) ó = 0,040 m³.

Materiales	Peso kg.	Humedad de los materiales en %			Correccion de los Pesos del Agua	Peso Corr. Kg.	Peso Def. Kg.
		Nat.	Abs.	Libre			
Agua	6,680					2,336	3,60
Cemento	13,16					13,16	13,16
Arena	44,00	12,60	2,00	10,60	4,664	48,66	48,66
Polvillo	0,00						0,00
Agreg. Grueso Nº	32,00		1	-1,00	-0,320	31,68	31,68
					4,344		
Aditivo:	82,25						
TOTAL	95,84	Kg		TOTAL	95,84	Kg	97,10

Resultado de Ensayos en el Concreto Fresco			
Asentamiento =	5	Pulg.	Tara del Envase = 3,36 Kg.
Tara Env. + Mezcla =		Kg.	Volumen del Envase = 0,007 m ³
Peso Neto Mezcla =	-3,360	Kg.	
Densidad de la Mezcla =	-475,92	Kg/m ³	Observaciones:
Volumen de la Mezcla =	-0,201	m ³	0,55%
Contenido de Aire =		%	



DISEÑO DE MEZCLA	Código del Documento: PC-CC-R-32	
	Revisión: 2	Nº de Pág 1 de 2
	Fecha de Elaboración: dic-09	

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO HOJA Nº 1							
Uso del Concreto:	571-XX	Solicitante: LABORATORIO	HORA:				
		PRUEBA DE DISEÑO	Fecha:	17-nov-11			
REQUERIMIENTOS							
Aditivos:		Peso Mín. Cem./m ³ =	329	Kg.			
Compresión=	210	Kg/cm ² .	Relación a/c (R a/c)=	0,507598784			
Flexión=		Kg/cm ² .	Asentamiento	5	Pulg.		
NATURALEZA Y LOCALIZACION DE LOS MATERIALES							
Agua:	ACUEDUCTO						
Cemento:	F.N.C						
Arena:	ARENA EL CARMEN						
Agreg. Grueso Nº1							
Agreg. Grueso Nº2							
VALORES DE ENSAYOS FISICOS EN LOS AGREGADOS							
Materiales	Tam.Máx Pulg.	Peso Esp g/cm ³	Absorc %	Peso Unit. S Kg/m ³	Peso Unit. C Kg/m ³	Módulo de Finura	
Arena	3/8	2,61	2,67	1730	1836	4,17	
Agreg. Grueso Nº1							
Agreg. Grueso Nº2		2,7	1,01	1390	1520		
DOSIFICACION TEORICA PARA 1 m ³ DE MEZCLA				Sacos m ³ =	7,74		
Materiales	Vol. m ³	Peso Kg.	Vol. m ³	Humedad			
% de Aire		0,010	Arena	1100	0,4215	P. Humedo	100
Agua	167	0,167	Polvillo			P. Seco	90,2
Cemento	329	0,106	Grava	800	0,2963	% HUM	10,86
Pasta	496	0,283	Agreg.	1900	0,7178		#;DIV/0!
PESO TOTAL DE LA MEZCLA:		2396	Kg.	Volumen:	1,0009	m ³ .	
DOSIFICACION TEORICA VERIFICADA EN UN TERCERO DE (50 Litros) ó =		0,040	m ³ .				
Materiales	Peso kg.	Humedad de los materiales en %			Correccion de los Pesos del Agua	Peso Corr. Kg.	Peso Def. Kg.
Agua	6,680	Nat.	Abs.	Libre		2,336	3,50
Cemento	13,16					13,16	13,16
Arena	44,00	12,60	2,00	10,60	4,664	48,66	48,66
Polvillo	0,00						0,00
Agreg. Grueso Nº	32,00		1	-1,00	-0,320	31,68	31,68
					4,344		
Aditivo:	112,16						
TOTAL	95,84	Kg			TOTAL	95,84 Kg	97,00
Resultado de Ensayos en el Concreto Fresco							
Asentamiento =	5	Pulg.	Tara del Envase =	3,36	Kg.		
Tara Env. + Mezcla =		Kg.	Volumen del Envase =	0,007	m ³		
Peso Neto Mezcla =	-3,360	Kg.					
Densidad de la Mezcla =	-475,92	Kg/m ³					
Volumen de la Mezcla =	-0,201	m ³					
Contenido de Aire =		%	Observaciones: 0,75%				



DISEÑO DE MEZCLA	Código del Documento: PC-CC-R-32	
	Revisión: 2	Nº de Pág: 1 de 2
	Fecha de Elaboración: dic-09	

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO HOJA Nº 1

571-XX	Solicitante: LABORATORIO	HORA:
Uso del Concreto: PRUEBA DE DISEÑO		Fecha: 08-dic-11

REQUERIMIENTOS			
Aditivos:		Peso Min. Cem./m ³ =	329 Kg.
Rc. 28 días	Compresión=	210 Kg/cm ² .	Relación a/c (R a/c)= 0,507598784
	Flexión=		Asentamiento 5 Pulg.

NATURALEZA Y LOCALIZACION DE LOS MATERIALES

Agua:	ACUEDUCTO
Cemento:	F.N.C
Arena:	ARENA EL CARMEN
Agreg. Grueso Nº1	CANTERA LOS NARANJOS
Agreg. Grueso Nº2	

VALORES DE ENSAYOS FISICOS EN LOS AGREGADOS

Materiales	Tam.Máx Pulg.	Peso Esp g/cm ³	Absorc %	Peso Unit. S Kg/m ³	Peso Unit. C Kg/m ³	Módulo de Finura
Arena	3/8	2,61	2,67	1730	1836	4,17
Agreg. Grueso Nº1						
Agreg. Grueso Nº2		2,7	1,01	1390	1520	

DOSIFICACION TEORICA PARA 1 m³ DE MEZCLA Sacos m³ = 7,74

Materiales	Peso Kg.	Vol. m ³		Peso Kg.	Vol. m ³	Humedad	
% de Aire		0,010	Arena	1100	0,4215	P. Humedo	100
Agua	167	0,167	Polvillo			P. Seco	90,2
Cemento	329	0,106	Grava	800	0,2963	% HUM	10,86 #;DIV/0!
Pasta	496	0,283	Agreg.	1900	0,7178		

PESO TOTAL DE LA MEZCLA: 2396 Kg. Volumen: 1,0009 m³.

DOSIFICACION TEORICA VERIFICADA EN UN TERCERO DE (50 Litros) ó = 0,040 m³.

Materiales	Peso kg.	Humedad de los materiales en %			Correccion de los Pesos del Agua	Peso Corr. Kg.	Peso Def. Kg.
		Nat.	Abs.	Libre			
Agua	6,680					2,336	3,30
Cemento	13,16					13,16	13,16
Arena	44,00	12,60	2,00	10,60	4,664	48,66	48,66
Polvillo	0,00						0,00
Agreg. Grueso Nº	32,00		1	-1,00	-0,320	31,68	31,68
Aditivo:	134,59				4,344		
TOTAL	95,84	Kg		TOTAL	95,84 Kg	96,80	Kg.

Resultado de Ensayos en el Concreto Fresco			
Asentamiento =	5 Pulg.	Tara del Envase =	3,36 Kg.
Tara Env. + Mezcla =	Kg.	Volumen del Envase =	0,007 m ³
Peso Neto Mezcla =	-3,360 Kg.		
Densidad de la Mezcla =	-475,92 Kg/m ³	Observaciones:	
Volumen de la Mezcla =	-0,201 m ³		0,90%
Contenido de Aire =	%		

Mezcla #4: 06/02/12



Gobierno Bolivariano
de Venezuela

Ministerio del Poder Popular
para Ciencias, Tecnologías e Industrias
Intermedias



DISEÑO DE MEZCLA	Código del Documento: PC-CC-R-32						
	Revisión: 2	Nº de Pág: 1 de 2					
Fecha de Elaboración: dic-09							
DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO HOJA Nº 1							
Uso del Concreto: PRUEBA DE DISEÑO	Solicitante: LABORATORIO	HORA:					
Fecha:							
REQUERIMIENTOS							
Aditivos:	Peso Min. Cem./m ³ = 329	Kg.					
Rc. 28 días	Compresión= 210	Kg/cm ² . Relación a/c (R a/c)= 0,50759878					
	Flexión=	Kg/cm ² . Asentamiento= 5 Pulg.					
NATURALEZA Y LOCALIZACION DE LOS MATERIALES							
Agua: ACUEDUCTO							
Cemento: F.N.C							
Arena: ARENA EL CARMEN							
Agreg. Grueso Nº1: CANTERA LOS NARANJOS							
Agreg. Grueso Nº2:							
VALORES DE ENSAYOS FISICOS EN LOS AGREGADOS							
	Tam. Máx Pulg.	Peso Esp g/cm ³	Absorc %	Peso Unit. S Kg/m ³	Peso Unit. C Kg/m ³	Módulo de Finura	
Arena	3/8	2,61	2,67	1730	1836	4,17	
Agreg. Grueso Nº1							
Agreg. Grueso Nº2		2,7	1,01	1390	1520		
DOSIFICACION TEORICA PARA 1 m³ DE MEZCLA			Sacos m ³ = 7,74				
	Materiales	Peso Kg.	Vol. m ³	Peso Kg.	Vol. m ³	Humedad	
% de Aire			0,010	Arena 1100	0,4215	P. Húmedo 100	
Agua	167	0,167	Polvillo			P. Seco 90,2	
Cemento	329	0,106	Grava	800	0,2963	% HUM 10,86 #;DIV/0!	
Pasta	496	0,283	Agreg.	1900	0,7178		
PESO TOTAL DE LA MEZCLA: 2396 Kg.			Volumen: 1,0009 m ³ .				
DOSIFICACION TEORICA VERIFICADA EN UN TERCERO DE (50 Litros) ó = 0,040 m ³ .							
	Materiales	Peso kg.	Humedad de los materiales en %		Corrección de los Pesos del Agua	Peso Corr. Kg.	Peso Def. Kg.
			Nat.	Abs.	Libre		
Agua	6,680					6,111	7,13
Cemento	13,16					13,16	13,16
Arena	44,00	4,02	2,00	2,02	0,889	44,89	44,89
Polvillo	0,00						0,00
Agreg. Grueso Nº	32,00		1	-1,00	-0,320	31,68	31,68
					0,569		
TOTAL	95,84	Kg	TOTAL		95,84 Kg	96,85	Kg.
Resultado de Ensayos en el Concreto Fresco							
Asentamiento =	6 1/2	Pulg.	Tara del Envase =	3,36	Kg.		
Tara Env. + Mezcla =		Kg.	Volumen del Envase =	0,007	m ³		
Peso Neto Mezcla =	-3,360	Kg.					
Densidad de la Mezcla =	-475,92	Kg/m ³	Observaciones:				
Volumen de la Mezcla =	-0,201	m ³	Patron				
Contenido de Aire =		%					



DISEÑO DE MEZCLA	Código del Documento: PC-CC-R-32	
	Revisión: 2	Nº de Pág: 1 de 2
	Fecha de Elaboración: dic-09	

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO HOJA Nº 1

571-XX	Solicitante: LABORATORIO	HORA:
Uso del Concreto:	PRUEBA DE DISEÑO	

Fecha:

REQUERIMIENTOS			
Aditivos:		Peso Min. Cem./m ³ =	329 Kg.
Compresión=	210	Kg/cm ² .	Relación a/c (R a/c)= 0,507598784
Rc. 28 días		Flexión=	Asentamiento 5 Pulg.

NATURALEZA Y LOCALIZACION DE LOS MATERIALES

Agua:	ACUEDUCTO
Cemento:	F.N.C
Arena:	ARENA EL CARMEN
Agreg. Grueso Nº1	CANTERA LOS NARANJOS
Agreg. Grueso Nº2	

VALORES DE ENSAYOS FISICOS EN LOS AGREGADOS

Materiales	Tam.Máx Pulg.	Peso Esp g/cm ³	Absorc %	Peso Unit. S Kg/m ³	Peso Unit. C Kg/m ³	Módulo de Finura
Arena	3/8	2,61	2,67	1730	1836	4,17
Agreg. Grueso Nº1						
Agreg. Grueso Nº2		2,7	1,01	1390	1520	

DOSIFICACION TEORICA PARA 1 m³ DE MEZCLA Sacos m³ = 7,74

Materiales	Peso Kg.	Vol. m ³		Peso Kg.	Vol. m ³	Humedad	
% de Aire		0,010	Arena	1100	0,4215	P. Humedo	100
Agua	167	0,167	Polvillo			P. Seco	90,2
Cemento	329	0,106	Grava	800	0,2963	% HUM	10,86
Pasta	496	0,283	Agreg.	1900	0,7178		#¡DIV/0!
Aditivo (ml):	493,5						

PESO TOTAL DE LA MEZCLA: 2396 Kg. Volumen: 1,0009 m³.

DOSIFICACION TEORICA VERIFICADA EN UN TERCERO DE (50 Litros) ó = 0,040 m³.

Materiales	Peso kg.	Humedad de los materiales en %			Correccion de los Pesos del Agua	Peso Corr. Kg.	Peso Def. Kg.
		Nat.	Abs.	Libre			
Agua	6,680				6,111	7,28	
Cemento	13,16				13,16	13,16	
Arena	44,00	4,02	2,00	2,02	44,89	44,89	
Polvillo	0,00					0,00	
Agreg. Grueso Nº	32,00		1	-1,00	31,68	31,68	
Aditivo (ml):	22,43				0,569		
TOTAL	95,84	Kg		TOTAL	95,84 Kg	97,00	

Resultado de Ensayos en el Concreto Fresco			
Asentamiento =	3"	Pulg.	Tara del Envase = 3,36 Kg.
Tara Env. + Mezcla =		Kg.	Volumen del Envase = 0,007 m ³
Peso Neto Mezcla =	-3,360	Kg.	
Densidad de la Mezcla =	-475,92	Kg/m ³	Observaciones:
Volumen de la Mezcla =	-0,201	m ³	0,15%
Contenido de Aire =		%	



DISEÑO DE MEZCLA	Código del Documento: PC-CC-R-32	
	Revisión: 2	Nº de Pág: 1 de 2
	Fecha de Elaboración: dic-09	

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO HOJA Nº 1

571-XX	Solicitante: LABORATORIO	HORA:
Uso del Concreto:	PRUEBA DE DISEÑO	

Fecha:

REQUERIMIENTOS			
Aditivos:		Peso Min. Cem./m ³ =	329 Kg.
Compresión=	210	Kg/cm ² .	Relación a/c (R a/c)= 0,507598784
Flexión=		Kg/cm ² .	Asentamiento 5 Pulg.

NATURALEZA Y LOCALIZACION DE LOS MATERIALES

Agua:	ACUEDUCTO
Cemento:	F.N.C
Arena:	ARENA EL CARMEN
Agreg. Grueso Nº1	CANTERA LOS NARANJOS
Agreg. Grueso Nº2	

VALORES DE ENSAYOS FISICOS EN LOS AGREGADOS

Materiales	Tam.Máx Pulg.	Peso Esp g/cm ³	Absorc %	Peso Unit. S Kg/m ³	Peso Unit. C Kg/m ³	Módulo de Finura
Arena	3/8	2,61	2,67	1730	1836	4,17
Agreg. Grueso Nº1						
Agreg. Grueso Nº2		2,71	1,01	1390	1520	

DOSIFICACION TEORICA PARA 1 m³ DE MEZCLA Sacos m³ = 7,74

Materiales	Peso Kg.	Vol. m ³		Peso Kg.	Vol. m ³	Humedad	
% de Aire		0,010	Arena	1100	0,4215	P. Humedo	100
Agua	167	0,167	Polvillo			P. Seco	90,2
Cemento	329	0,106	Grava	800	0,2952	% HUM	10,86
Pasta	496	0,283	Agreg.	1900	0,7167		#¡DIV/0!
Aditivo (ml):	1151,5						

PESO TOTAL DE LA MEZCLA: 2396 Kg. Volumen: 0,9998 m³.

DOSIFICACION TEORICA VERIFICADA EN UN TERCERO DE (50 Litros) ó = 0,040 m³.

Materiales	Peso kg.	Humedad de los materiales en %			Correccion de los Pesos del Agua	Peso Corr. Kg.	Peso Def. Kg.
		Nat.	Abs.	Libre			
Agua	6,680					6,111	7,075
Cemento	13,16					13,16	13,16
Arena	44,00	4,02	2,00	2,02	0,889	44,89	44,89
Polvillo	0,00						0,00
Agreg. Grueso Nº	32,00		1	-1,00	-0,320	31,68	31,68
Aditivo:	52,34				0,569		
TOTAL	95,84	Kg		TOTAL		95,84 Kg	96,80 Kg.

Resultado de Ensayos en el Concreto Fresco			
Asentamiento =	4	Pulg.	Tara del Envase = 3,36 Kg.
Tara Env. + Mezcla =		Kg.	Volumen del Envase = 0,007 m ³
Peso Neto Mezcla =	-3,360	Kg.	
Densidad de la Mezcla =	-475,92	Kg/m ³	Observaciones:
Volumen de la Mezcla =	-0,201	m ³	0,35%
Contenido de Aire =		%	



DISEÑO DE MEZCLA	Código del Documento: PC-CC-R-32	
	Revisión: 2	Nº de Pág: 1 de 2
	Fecha de Elaboración: dic-09	

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO HOJA Nº 1

571-XX	Solicitante: LABORATORIO	HORA:
Uso del Concreto: PRUEBA DE DISEÑO		Fecha: 08-dic-11

REQUERIMIENTOS			
Aditivos:		Peso Min. Cem./m ³ =	329 Kg.
Rc. 28 días	Compresión=	210 Kg/cm ² .	Relación a/c (R a/c)= 0,507598784
	Flexión=		Asentamiento= 5 Pulg.

NATURALEZA Y LOCALIZACION DE LOS MATERIALES

Agua:	ACUEDUCTO
Cemento:	F.N.C
Arena:	ARENA EL CARMEN
Agreg. Grueso Nº1	CANTERA LOS NARANJOS
Agreg. Grueso Nº2	

VALORES DE ENSAYOS FISICOS EN LOS AGREGADOS

Materiales	Tam.Máx Pulg.	Peso Esp g/cm ³	Absorc %	Peso Unit. S Kg/m ³	Peso Unit. C Kg/m ³	Módulo de Finura
Arena	3/8	2,61	2,67	1730	1836	4,17
Agreg. Grueso Nº1						
Agreg. Grueso Nº2		2,7	1,01	1390	1520	

DOSIFICACION TEORICA PARA 1 m³ DE MEZCLA Sacos m³ = 7,74

Materiales	Peso Kg.	Vol. m ³		Peso Kg.	Vol. m ³	Humedad	
% de Aire		0,010	Arena	1100	0,4215	P. Humedo	100
Agua	167	0,167	Polvillo			P. Seco	90,2
Cemento	329	0,106	Grava	800	0,2963	% HUM	10,86
Pasta	496	0,283	Agreg.	1900	0,7178		#;DIV/0!
Aditivo (ml):	1809,5						

PESO TOTAL DE LA MEZCLA: 2396 Kg. Volumen: 1,0009 m³.

DOSIFICACION TEORICA VERIFICADA EN UN TERCEO DE (50 Litros) ó = 0,040 m³.

Materiales	Peso kg.	Humedad de los materiales en %			Correccion de los Pesos del Agua	Peso Corr. Kg.	Peso Def. Kg.
		Nat.	Abs.	Libre			
Agua	6,680				6,111	7,375	
Cemento	13,16				13,16	13,16	
Arena	44,00	4,02	2,00	2,02	0,889	44,89	
Polvillo	0,00					0,00	
Agreg. Grueso Nº	32,00		1	-1,00	-0,320	31,68	
Aditivo:	82,25				0,569		
TOTAL	95,84	Kg		TOTAL	95,84	Kg	

Resultado de Ensayos en el Concreto Fresco			
Asentamiento =	6 Pulg.	Tara del Envase =	3,36 Kg.
Tara Env. + Mezcla =	Kg.	Volumen del Envase =	0,007 m ³
Peso Neto Mezcla =	-3,360 Kg.		
Densidad de la Mezcla =	-475,92 Kg/m ³	Observaciones:	
Volumen de la Mezcla =	-0,201 m ³		0,55%
Contenido de Aire =	%		



DISEÑO DE MEZCLA	Código del Documento: PC-CC-R-32	
	Revisión: 2	Nº de Pág: 1 de 2
	Fecha de Elaboración: dic-09	

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO HOJA Nº 1		
Solicitante: LABORATORIO	HORA:	
Uso del Concreto: PRUEBA DE DISEÑO	Fecha:	

REQUERIMIENTOS			
Aditivos:	Peso Min. Cem./m ³ =	329	Kg.
Compresión=	210	Kg/cm ² .	Relación a/c (R a/c)= 0,507598784
Flexión=		Kg/cm ² .	Asentamiento= 5 Pulg.

NATURALEZA Y LOCALIZACION DE LOS MATERIALES	
Agua:	ACUEDUCTO
Cemento:	F.N.C
Arena:	ARENA EL CARMEN
Agreg. Grueso Nº1	
Agreg. Grueso Nº2	

VALORES DE ENSAYOS FISICOS EN LOS AGREGADOS						
Materiales	Tam.Máx Pulg.	Peso Esp g/cm ³	Absorc %	Peso Unit. S Kg/m ³	Peso Unit. C Kg/m ³	Módulo de Finura
Arena	3/8	2,61	2,67	1730	1836	4,17
Agreg. Grueso Nº1						
Agreg. Grueso Nº2		2,7	1,01	1390	1520	

DOSIFICACION TEORICA PARA 1 m ³ DE MEZCLA						
						Sacos m ³ = 7,74
Materiales	Vol. m ³	Peso Kg.	Vol. m ³	Humedad		
% de Aire	0,010	Arena	1100	0,4215	P. Humedo	100
Agua	167	Polvillo			P. Seco	90,2
Cemento	329	Grava	800	0,2963	% HUM	10,86
Pasta	496	Agreg.	1900	0,7178		#DIV/0!
Aditivo (ml):	2467,5					

PESO TOTAL DE LA MEZCLA:	2396 Kg.	Volumen:	1,0009 m ³ .
DOSIFICACION TEORICA VERIFICADA EN UN TERCERO DE (50 Litros) ó =	0,040 m ³ .		

Materiales	Peso kg.	Humedad de los materiales en %			Correccion de los Pesos del Agua	Peso Corr. Kg.	Peso Def. Kg.
		Nat.	Abs.	Libre			
Agua	6,680				6,111	7,276	
Cemento	13,16				13,16	13,16	
Arena	44,00	4,02	2,00	2,02	0,889	44,89	
Polvillo	0,00					0,00	
Agreg. Grueso Nº	32,00		1	-1,00	-0,320	31,68	
					0,569		
Aditivo:	112,16						
TOTAL	95,84	Kg			TOTAL	95,84 Kg	97,00 Kg.

Resultado de Ensayos en el Concreto Fresco			
Asentamiento =	5	Pulg.	Tara del Envase = 3,36 Kg.
Tara Env. + Mezcla =		Kg.	Volumen del Envase = 0,007 m ³
Peso Neto Mezcla =	-3,360	Kg.	
Densidad de la Mezcla =	-475,92	Kg/m ³	Observaciones:
Volumen de la Mezcla =	-0,201	m ³	0,75%
Contenido de Aire =		%	



DISEÑO DE MEZCLA	Código del Documento: PC-CC-R-32	
	Revisión: 2	Nº de Pág: 1 de 2
	Fecha de Elaboración: dic-09	

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO HOJA Nº 1

571-XX	Solicitante: LABORATORIO	HORA:
Uso del Concreto: PRUEBA DE DISEÑO		Fecha:

REQUERIMIENTOS			
Aditivos:		Peso Min. Cem./m ³ =	329 Kg.
Compresión=	210	Kg/cm ² .	Relación a/c (R a/c)= 0,507598784
Rc. 28 días		Flexión=	Asentamiento 5 Pulg.

NATURALEZA Y LOCALIZACION DE LOS MATERIALES	
Agua:	ACUEDUCTO
Cemento:	F.N.C
Arena:	ARENA EL CARMEN
Agreg. Grueso Nº1	CANTERA LOS NARANJOS
Agreg. Grueso Nº2	

VALORES DE ENSAYOS FISICOS EN LOS AGREGADOS						
Materiales	Tam.Máx Pulg.	Peso Esp g/cm ³	Absorc %	Peso Unit. S Kg/m ³	Peso Unit. C Kg/m ³	Módulo de Finura
Arena	3/8	2,61	2,67	1730	1836	4,17
Agreg. Grueso Nº1						
Agreg. Grueso Nº2		2,7	1,01	1390	1520	

DOSIFICACION TEORICA PARA 1 m³ DE MEZCLA Sacos m³ = 7,74

Materiales	Peso Kg.	Vol. m ³		Peso Kg.	Vol. m ³	Humedad	
% de Aire		0,010	Arena	1100	0,4215	P. Humedo	100
Agua	167	0,167	Polvillo			P. Seco	90,2
Cemento	329	0,106	Grava	800	0,2963	% HUM	10,86
Pasta	496	0,283	Agreg.	1900	0,7178		
Aditivo (ml):	2961						#;DIV/0!

PESO TOTAL DE LA MEZCLA: 2396 Kg. Volumen: 1,0009 m³.

DOSIFICACION TEORICA VERIFICADA EN UN TERCEO DE (50 Litros) ó = 0,040 m³.

Materiales	Peso kg.	Humedad de los materiales en %			Correccion de los Pesos del Agua	Peso Corr. Kg.	Peso Def. Kg.
		Nat.	Abs.	Libre			
Agua	6,680					6,111	7,076
Cemento	13,16					13,16	13,16
Arena	44,00	4,02	2,00	2,02	0,889	44,89	44,89
Polvillo	0,00						0,00
Agreg. Grueso Nº	32,00		1	-1,00	-0,320	31,68	31,68
Aditivo:	134,59				0,569		
TOTAL	95,84	Kg			TOTAL	95,84 Kg	96,80 Kg.

Resultado de Ensayos en el Concreto Fresco			
Asentamiento =	5	Pulg.	Tara del Envase = 3,36 Kg.
Tara Env. + Mezcla =		Kg.	Volumen del Envase = 0,007 m ³
Peso Neto Mezcla =	-3,360	Kg.	
Densidad de la Mezcla =	-475,92	Kg/m ³	Observaciones:
Volumen de la Mezcla =	-0,201	m ³	0,90%
Contenido de Aire =		%	

Mezcla Óptimo N#1: 12/03/12



Gobierno Bolivariano de Venezuela

Ministerio del Poder Popular para Ciencias, Tecnologías e Industrias Intermedias



DISEÑO DE MEZCLA		Código del Documento: PC-CC-R-32					
		Revisión: 2	Nº de Pág 1 de 2				
Fecha de Elaboración: dic-09							
DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO HOJA Nº 1							
571-XX	Solicitante: LABORATORIO	HORA:					
Uso del Concreto: PRUEBA DE DISEÑO	Fecha: 12-mar-12						
REQUERIMIENTOS							
Aditivos:	Peso Min. Cem./m ³ = 329 Kg.						
Compresión= 210	Kg/cm ² .	Relación a/c (R a/c)= 0,597					
Flexión=	Kg/cm ² .	Asentamiento=	Pulg.				
NATURALEZA Y LOCALIZACION DE LOS MATERIALES							
Agua: ACUEDUCTO							
Cemento: F.N.C							
Arena: ARENA EL CARMEN							
Agreg. Grueso Nº1 CANTERA LOS NARANJOS							
Agreg. Grueso Nº2							
VALORES DE ENSAYOS FISICOS EN LOS AGREGADOS							
Materiales	Tam. Máx Pulg.	Peso Esp g/cm ³	Absorc %	Peso Unit. S Kg/m ³	Peso Unit. C Kg/m ³	Módulo de Finura	
Arena	3/8	2,61	2,04	1730	1836	4,17	
Agreg. Grueso Nº1							
Agreg. Grueso Nº2		2,7	1,01	1390	1520		
DOSIFICACION TEORICA PARA 1 m ³ DE MEZCLA				Sacos m ³ = 7,74			
Materiales	Peso Kg.	Vol. m ³		Peso Kg.	Vol. m ³	Humedad	
% de Aire		0,010	Arena	1022	0,3916	P. Humedo	100
Agua	196,3	0,196	Polvillo			P. Seco	90,2
Cemento	329	0,106	Grava	800	0,2963	% HUM	10,86
Pasta	525,3	0,312	Agreg.	1822	0,6879		#;DIV/0!
PESO TOTAL DE LA MEZCLA: 2347,3 Kg.				Volumen: 1,0003 m ³ .			
DOSIFICACION TEORICA VERIFICADA EN UN TERCERO DE (50 Litros) ó =				0,100 m ³ .			
Materiales	Peso kg.	Humedad de los materiales en %			Correccion de los Pesos del Agua	Peso Corr. Kg.	Peso Def. Kg.
Agua	19,630	Nat.	Abs.	Libre		17,640	16,750
Cemento	32,90					32,90	32,90
Arena	102,20	4,77	2,04	2,73	2,790	104,99	104,99
Polvillo	0,00						0,00
Agreg. Grueso Nº	80,00	1	-1,00	-0,800	79,20	79,20	79,20
					1,990		
TOTAL	234,73	Kg			TOTAL	234,73 Kg	233,84 Kg.
Resultado de Ensayos en el Concreto Fresco							
Asentamiento =		Pulg.		Tara del Envase =	3,36	Kg.	
Tara Env. + Mezcla =		Kg.		Volumen del Envase =	0,007	m ³	
Peso Neto Mezcla =	-3,360	Kg.					
Densidad de la Mezcla =	-475,92	Kg/m ³		Observaciones:			
Volumen de la Mezcla =	-0,493	m ³		Patrón			
Contenido de Aire =		%					



DISEÑO DE MEZCLA	Código del Documento: PC-CC-R-32						
	Revisión: 2	Nº de Pág: 1 de 2					
Fecha de Elaboración: dic-09							
DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO HOJA Nº 1							
571-XX	Solicitante: LABORATORIO	HORA:					
Uso del Concreto: PRUEBA DE DISEÑO	Fecha: 14-mar-12						
REQUERIMIENTOS							
Aditivos:	Peso Min. Cem./m ³ = 329	Kg.					
Rc. 28 días	Compresión= 210	Kg/cm ² . Relación a/c (R a/c)= 0,597					
	Flexión=	Kg/cm ² . Asentamiento= 6+ 1/2 Pulg.					
NATURALEZA Y LOCALIZACION DE LOS MATERIALES							
Agua: ACUEDUCTO							
Cement: F.N.C							
Arena: ARENA EL CARMEN							
Agreg. Grueso Nº1: CANTERA LOS NARANJOS							
Agreg. Grueso Nº2:							
VALORES DE ENSAYOS FISICOS EN LOS AGREGADOS							
	Tam. Máx Pulg.	Peso Esp g/cm ³	Absorc %	Peso Unit. S Kg/m ³	Peso Unit. C Kg/m ³	Módulo de Finura	
Arena	3/8	2,61	2,04	1730	1836	4,17	
Agreg. Grueso Nº1							
Agreg. Grueso Nº2		2,7	1,01	1390	1520		
DOSIFICACION TEORICA PARA 1 m ³ DE MEZCLA			Sacos m ³ = 7,74				
	Peso Kg.	Vol. m ³		Peso Kg.	Vol. m ³	Humedad	
% de Aire		0,010	Arena	1022	0,3916	P. Humedo 100	
Agua	196,3	0,196	Polvillo			P. Seco 90,2	
Cemento	329	0,106	Grava	800	0,2963	% HUM 10,86 #;DIV/0!	
Pasta	525,3	0,312	Agreg.	1822	0,6879		
PESO TOTAL DE LA MEZCLA: 2347,3 Kg.			Volumen: 1,0003 m ³ .				
DOSIFICACION TEORICA VERIFICADA EN UN TERCERO DE (50 Litros) ó =			0,100 m ³ .				
	Peso kg.	Humedad de los materiales en %			Correccion de los Pesos del Agua	Peso Corr. Kg.	Peso Def. Kg.
		Nat.	Abs.	Libre			
Agua	19,630					17,640	17,650
Cemento	32,90					32,90	32,90
Arena	102,20	4,77	2,04	2,73	2,790	104,99	104,99
Polvillo	0,00						0,00
Agreg. Grueso Nº	80,00		1	-1,00	-0,800	79,20	79,20
					1,990		
TOTAL	234,73	Kg			TOTAL	234,73 Kg	234,74 Kg.
Resultado de Ensayos en el Concreto Fresco							
Asentamiento =		Pulg.		Tara del Envase =	3,36		Kg.
Tara Env. + Mezcla =		Kg.		Volumen del Envase =	0,007		m ³
Peso Neto Mezcla =	-3,360		Kg.				
Densidad de la Mezcla =	-475,92		Kg/m ³		Observaciones:		
Volumen de la Mezcla =	-0,493		m ³		Patrón 2do bacheo		
Contenido de Aire =			%				



DISEÑO DE MEZCLA	Código del Documento: PC-CC-R-32	
	Revisión: 2	Nº de Pág: 1 de 2
	Fecha de Elaboración: dic-09	

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO HOJA Nº 1

Uso del Concreto: PRUEBA DE DISEÑO	Solicitante: _____	HORA: _____
		Fecha: 14-mar-12

REQUERIMIENTOS			
Aditivos: ACEITE QUEMAO	Peso Min. Cem./m ³ =	329	Kg.
Compresión= 210	Kg/cm ² .	Relación a/c (R a/c)=	0,597
Rc. 28 días	Flexión= _____	Kg/cm ² .	Asentamiento= _____ Pulg.

NATURALEZA Y LOCALIZACION DE LOS MATERIALES

Agua: ACUEDUCTO
Cemento: F.N.C
Arena: ARENA EL CARMEN
Agreg. Grueso Nº1: CANTERA LOS NARANJOS
Agreg. Grueso Nº2: _____

VALORES DE ENSAYOS FISICOS EN LOS AGREGADOS

Materiales	Tam.Máx Pulg.	Peso Esp g/cm ³	Absorc %	Peso Unit. S Kg/m ³	Peso Unit. C Kg/m ³	Módulo de Finura
Arena	3/8	2,61	2,04	1730	1836	4,17
Agreg. Grueso Nº1						
Agreg. Grueso Nº2		2,7	1,01	1390	1520	

DOSIFICACION TEORICA PARA 1 m³ DE MEZCLA Sacos m³ = 7,74

Materiales	Peso Kg.	Vol. m ³		Peso Kg.	Vol. m ³	Humedad	
% de Aire		0,010	Arena	1022	0,3916	P. Humedo	100
Agua	196,3	0,196	Polvillo			P. Seco	90,2
Cemento	329	0,106	Grava	800	0,2963	% HUM	10,86
Pasta	525,3	0,312	Agreg.	1822	0,6879		#;DIV/0!

PESO TOTAL DE LA MEZCLA: 2347,3 Kg. Volumen: 1,0003 m³.

DOSIFICACION TEORICA VERIFICADA EN UN TERCEO DE (50 Litros) ó = 0,100 m³.

Materiales	Peso kg.	Humedad de los materiales en %			Correccion de los Pesos del Agua	Peso Corr. Kg.	Peso Def. Kg.
		Nat.	Abs.	Libre			
Agua	19,630					17,644	14,120
Cemento	32,90					32,90	32,90
Arena	102,20	4,77	2,04	2,73	2,794	104,99	104,99
Polvillo	0,00						0,00
Agreg. Grueso Nº	80,00		1,01	-1,01	-0,808	79,19	79,19
					1,986		
Aditivo:	63,56						
TOTAL	234,73	Kg			TOTAL	234,73 Kg	231,21 Kg.

Resultado de Ensayos en el Concreto Fresco			
Asentamiento = _____	Pulg.	Tara del Envase = _____	Kg.
Tara Env. + Mezcla = _____	Kg.	Volumen del Envase = _____	m ³
Peso Neto Mezcla = _____	Kg.		
Densidad de la Mezcla = _____	Kg/m ³	Observaciones:	
Volumen de la Mezcla = _____	m ³	0,17%	
Contenido de Aire = _____	%		



DISEÑO DE MEZCLA	Código del Documento: PC-CC-R-32	
	Revisión: 2	Nº de Pág: 1 de 2
	Fecha de Elaboración: dic-09	

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO HOJA Nº 1							
Uso del Concreto:	Solicitante:	HORA:					
	PRUEBA DE DISEÑO	Fecha:			14-mar-12		
REQUERIMIENTOS							
Aditivos:	ACETE QUEMAO	Peso Min. Cem./m ³ =	329	Kg.			
Compresión=	210	Kg/cm ² .	Relación a/c (R a/c)=	0,597			
Flexión=		Kg/cm ² .	Asentamiento=				
NATURALEZA Y LOCALIZACION DE LOS MATERIALES							
Agua:	ACUEDUCTO						
Cemento:	F.N.C						
Arena:	ARENA EL CARMEN						
Agreg. Grueso Nº1	CANTERA LOS NARANJOS						
Agreg. Grueso Nº2							
VALORES DE ENSAYOS FISICOS EN LOS AGREGADOS							
Materiales	Tam.Máx Pulg.	Peso Esp g/cm ³	Absorc %	Peso Unit. S Kg/m ³	Peso Unit. C Kg/m ³	Módulo de Finura	
Arena	3/8	2,61	2,04	1730	1836	4,17	
Agreg. Grueso Nº1							
Agreg. Grueso Nº2		2,7	1,01	1390	1520		
DOSIFICACION TEORICA PARA 1 m ³ DE MEZCLA Sacos m ³ = 7,74							
Materiales	Peso Kg.	Vol. m ³		Peso Kg.	Vol. m ³	Humedad	
% de Aire		0,010	Arena	1022	0,3916	P. Humedo	100
Agua	196,3	0,196	Polvillo			P. Seco	90,2
Cemento	329	0,106	Grava	800	0,2963	% HUM	10,86
Pasta	525,3	0,312	Agreg.	1822	0,6879	#;DIV/0!	
PESO TOTAL DE LA MEZCLA: 2347,3 Kg. Volumen: 1,0003 m ³ .							
DOSIFICACION TEORICA VERIFICADA EN UN TERCERO DE (50 Litros) ó = 0,100 m ³ .							
Materiales	Peso kg.	Humedad de los materiales en %			Correccion de los Pesos del Agua	Peso Corr. Kg.	Peso Def. Kg.
		Nat.	Abs.	Libre			
Agua	19,630					17,644	
Cemento	32,90					32,90	32,90
Arena	102,20	4,77	2,04	2,73	2,794	104,99	104,99
Polvillo	0,00						0,00
Agreg. Grueso Nº	80,00		1,01	-1,01	-0,808	79,19	79,19
Aditivo:	63,56				1,986		
TOTAL	234,73	Kg			TOTAL	234,73 Kg	217,09
Resultado de Ensayos en el Concreto Fresco							
Asentamiento =		Pulg.	Tara del Envase =	3,36			Kg.
Tara Env. + Mezcla =		Kg.	Volumen del Envase =	0,007			m ³
Peso Neto Mezcla =	-3,360			Kg.			
Densidad de la Mezcla =	-475,92			Kg/m ³			
Volumen de la Mezcla =	-0,493			m ³			
Contenido de Aire =				%			
Observaciones: 0,17% 2do bacheo							

Mezcla Óptimo N#1: 14/03/12



Gobierno Bolivariano
de Venezuela

Ministerio del Poder Popular
para Ciencias, Tecnologías e Industrias
Intermedias



DISEÑO DE MEZCLA	Código del Documento: PC-CC-R-32						
	Revisión: 2	Nº de Pág: 1 de 2					
Fecha de Elaboración: dic-09							
DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO HOJA Nº 1							
571-XX	Solicitante: LABORATORIO	HORA:					
Usó del Concreto: PRUEBA DE DISEÑO	Fecha: 14-mar-12						
REQUERIMIENTOS							
Aditivos:	Peso Min. Cem/m3=	329 Kg.					
Compresión=	210 Kg/cm².	Relación a/c (R a/c)= 0,597					
Rc. 28 días	Flexión=	Asentamiento= Pulg.					
NATURALEZA Y LOCALIZACION DE LOS MATERIALES							
Agua: ACUEDUCTO							
Cemento: F.N.C							
Arena: ARENA EL CARMEN							
Agreg. Grueso Nº1: CANTERA LOS NARANJOS							
Agreg. Grueso Nº2:							
VALORES DE ENSAYOS FISICOS EN LOS AGREGADOS							
	Tam. Máx Pulg.	Peso Esp g/cm³	Absorc %	Peso Unit. S Kg/m³	Peso Unit. C Kg/m³	Módulo de Finura	
Materiales							
Arena	3/8	2,61	2,04	1730	1836	4,17	
Agreg. Grueso Nº1							
Agreg. Grueso Nº2		2,7	1,01	1390	1520		
DOSIFICACION TEORICA PARA 1 m³ DE MEZCLA			Sacos m³ = 7,74				
	Peso Kg.	Vol. m³		Peso Kg.	Vol. m³	Humedad	
% de Aire		0,010	Arena	1022	0,3916	P. Humedo 100	
Agua	196,3	0,196	Polvillo			P. Seco 90,2	
Cemento	329	0,106	Grava	800	0,2963	% HUM 10,86	
Pasta	525,3	0,312	Agreg.	1822	0,6879	#DIV/0!	
PESO TOTAL DE LA MEZCLA: 2347,3 Kg.			Volumen: 1,0003 m³.				
DOSIFICACION TEORICA VERIFICADA EN UN TERCERO DE (50 Litros) ó =			0,100 m³.				
	Peso kg.	Humedad de los materiales en %			Correccion de los Pesos del Agua	Peso Corr. Kg.	Peso Def. Kg.
Materiales		Nat.	Abs.	Libre			
Agua	19,630					17,640	16,750
Cemento	32,90					32,90	32,90
Arena	102,20	4,77	2,04	2,73	2,790	104,99	104,99
Polvillo	0,00						0,00
Agreg. Grueso Nº	80,00		1	-1,00	-0,800	79,20	79,20
					1,990		
TOTAL	234,73	Kg			TOTAL	234,73 Kg	233,84 Kg.
Resultado de Ensayos en el Concreto Fresco							
Asentamiento =		Pulg.	Tara del Envase =	3,36		Kg.	
Tara Env. + Mezcla =		Kg.	Volumen del Envase =	0,007		m³	
Peso Neto Mezcla =	-3,360	Kg.					
Densidad de la Mezcla =	-475,92	Kg/m³	Observaciones:				
Volumen de la Mezcla =	-0,493	m³	Patrón				
Contenido de Aire =		%					



DISEÑO DE MEZCLA	Código del Documento: PC-CC-R-32						
	Revisión: 2	Nº de Pág: 1 de 2					
Fecha de Elaboración: dic-09							
DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO HOJA Nº 1							
571-XX	Solicitante: LABORATORIO	HORA:					
Uso del Concreto: PRUEBA DE DISEÑO	Fecha: 14-mar-12						
REQUERIMIENTOS							
Aditivos:	Peso Min. Cem./m ³ = 329	Kg.					
Rc. 28 días	Compresión= 210	Kg/cm ² . Relación a/c (R a/c)= 0,597					
	Flexión=	Kg/cm ² . Asentamiento= 6+1/2 Pulg.					
NATURALEZA Y LOCALIZACION DE LOS MATERIALES							
Agua: ACUEDUCTO							
Cemento: F.N.C							
Arena: ARENA EL CARMEN							
Agreg. Grueso Nº1: CANTERA LOS NARANJOS							
Agreg. Grueso Nº2:							
VALORES DE ENSAYOS FISICOS EN LOS AGREGADOS							
	Tam. Máx Pulg.	Peso Esp g/cm ³	Absorc %	Peso Unit. S Kg/m ³	Peso Unit. C Kg/m ³	Módulo de Finura	
Arena	3/8	2,61	2,04	1730	1836	4,17	
Agreg. Grueso Nº1							
Agreg. Grueso Nº2		2,7	1,01	1390	1520		
DOSIFICACION TEORICA PARA 1 m ³ DE MEZCLA			Sacos m ³ = 7,74				
	Peso Kg.	Vol. m ³		Peso Kg.	Vol. m ³	Humedad	
% de Aire		0,010	Arena	1022	0,3916	P. Humedo 100	
Agua	196,3	0,196	Polvillo	800		P. Seco 90,2	
Cemento	329	0,106	Grava	1822	0,2963	% HUM 10,86 #1DIV/0!	
Pasta	525,3	0,312	Agreg.		0,6879		
PESO TOTAL DE LA MEZCLA: 2347,3 Kg.			Volumen: 1,0003 m ³ .				
DOSIFICACION TEORICA VERIFICADA EN UN TERCERO DE (50 Litros) ó =			0,100 m ³ .				
	Peso kg.	Humedad de los materiales en %			Correccion de los Pesos del Agua	Peso Corr. Kg.	Peso Def. Kg.
		Nat.	Abs.	Libre			
Agua	19,630					17,640	17,650
Cemento	32,90					32,90	32,90
Arena	102,20	4,77	2,04	2,73	2,790	104,99	104,99
Polvillo	0,00						0,00
Agreg. Grueso Nº	80,00		1	-1,00	-0,800	79,20	79,20
					1,990		
TOTAL	234,73	Kg			TOTAL	234,73 Kg	234,74 Kg.
Resultado de Ensayos en el Concreto Fresco							
Asentamiento =		Pulg.	Tara del Envase =	3,36	Kg.		
Tara Env. + Mezcla =		Kg.	Volumen del Envase =	0,007	m ³		
Peso Neto Mezcla =	-3,360	Kg.					
Densidad de la Mezcla =	-475,92	Kg/m ³					
Volumen de la Mezcla =	-0,493	m ³					
Contenido de Aire =		%					
Observaciones: Patrón 2do bacheo							



DISEÑO DE MEZCLA	Código del Documento: PC-CC-R-32	
	Revisión: 2	Nº de Pág: 1 de 2
	Fecha de Elaboración: dic-09	

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO HOJA Nº 1							
Uso del Concreto:	Solicitante:	HORA:					
	PRUEBA DE DISEÑO	Fecha:		14-mar-12			
REQUERIMIENTOS							
Aditivos:	ACETE QUEMAO	Peso Min. Cem./m ³ =	329	Kg.			
Rc. 28 días	Compresión=	210	Kg/cm ² .	Relación a/c (R a/c)=	0,597		
	Flexión=		Kg/cm ² .	Asentamiento=		Pulg.	
NATURALEZA Y LOCALIZACION DE LOS MATERIALES							
Agua:	ACUEDUCTO						
Cemento:	F.N.C						
Arena:	ARENA EL CARMEN						
Agreg. Grueso Nº1	CANTERA LOS NARANJOS						
Agreg. Grueso Nº2							
VALORES DE ENSAYOS FISICOS EN LOS AGREGADOS							
Materiales	Tam.Máx Pulg.	Peso Esp g/cm ³	Absorc %	Peso Unit. S Kg/m ³	Peso Unit. C Kg/m ³	Módulo de Finura	
Arena	3/8	2,61	2,04	1730	1836	4,17	
Agreg. Grueso Nº1							
Agreg. Grueso Nº2		2,7	1,01	1390	1520		
DOSIFICACION TEORICA PARA 1 m³ DE MEZCLA Sacos m ³ = 7,74							
Materiales	Peso Kg.	Vol. m ³		Peso Kg.	Vol. m ³	Humedad	
% de Aire		0,010	Arena	1022	0,3916	P. Humedo	100
Agua	196,3	0,196	Polvillo			P. Seco	90,2
Cemento	329	0,106	Grava	800	0,2963	% HUM	10,86
Pasta	525,3	0,312	Agreg.	1822	0,6879		#;DIV/0!
PESO TOTAL DE LA MEZCLA: 2347,3 Kg. Volumen: 1,0003 m ³ .							
DOSIFICACION TEORICA VERIFICADA EN UN TERCEO DE (50 Litros) ó = 0,100 m³.							
Materiales	Peso kg.	Humedad de los materiales en %			Correccion de los Pesos del Agua	Peso Corr. Kg.	Peso Def. Kg.
Agua	19,630	Nat.	Abs.	Libre		17,644	14,120
Cemento	32,90					32,90	32,90
Arena	102,20	4,77	2,04	2,73	2,794	104,99	104,99
Polvillo	0,00						0,00
Agreg. Grueso Nº	80,00		1,01	-1,01	-0,808	79,19	79,19
					1,986		
Aditivo:	63,56						
TOTAL	234,73	Kg			TOTAL	234,73 Kg	231,21 Kg.
Resultado de Ensayos en el Concreto Fresco							
Asentamiento =		Pulg.		Tara del Envase =	3,36	Kg.	
Tara Env. + Mezcla =		Kg.		Volumen del Envase =	0,007	m ³	
Peso Neto Mezcla =	-3,360	Kg.					
Densidad de la Mezcla =	-475,92	Kg/m ³		Observaciones:			
Volumen de la Mezcla =	-0,493	m ³		0,17%			
Contenido de Aire =		%					



Gobierno Bolivariano
de Venezuela

Ministerio del Poder Popular
para Ciencias, Tecnologías e Industrias
Intermedias



DISEÑO DE MEZCLA	Código del Documento: PC-CC-R-32	
	Revisión: 2	Nº de Pág: 1 de 2
	Fecha de Elaboración: dic-09	

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO HOJA Nº 1	
Uso del Concreto: PRUEBA DE DISEÑO	HORA: []
Solicitante: []	Fecha: 14-mar-12

REQUERIMIENTOS			
Aditivos: ACEITE QUEMAO	Peso Mín. Cem/m ³ = 329	Kg.	
Rc. 28 días	Compresión= 210 Kg/cm ²	Relación a/c (R a/c)= 0,597	
	Flexión= [] Kg/cm ²	Asentamiento= []	Pulg.

NATURALEZA Y LOCALIZACION DE LOS MATERIALES	
Agua: ACUEDUCTO	
Cemento: F.N.C	
Arena: ARENA EL CARMEN	
Agreg. Grueso Nº1: CANTERA LOS NARANJOS	
Agreg. Grueso Nº2: []	

VALORES DE ENSAYOS FISICOS EN LOS AGREGADOS						
Materiales	Tam.Máx Pulg.	Peso Esp g/cm ³	Absorc %	Peso Unit. S Kg/m ³	Peso Unit. C Kg/m ³	Módulo de Finura
Arena	3/8	2,61	2,04	1730	1836	4,17
Agreg. Grueso Nº1						
Agreg. Grueso Nº2		2,7	1,01	1390	1520	

DOSIFICACION TEORICA PARA 1 m ³ DE MEZCLA	Sacos m ³ = 7,74
--	-----------------------------

Materiales	Peso Kg.	Vol. m ³		Peso Kg.	Vol. m ³	Humedad	
% de Aire		0,010	Arena	1022	0,3916	P. Humedo	100
Agua	196,3	0,196	Polvillo			P. Seco	90,2
Cemento	329	0,106	Grava	800	0,2963	% HUM	10,86
Pasta	525,3	0,312	Agreg.	1822	0,6879		#;DIV/0!

PESO TOTAL DE LA MEZCLA:	2347,3 Kg.	Volumen:	1,0003 m ³ .
--------------------------	------------	----------	-------------------------

DOSIFICACION TEORICA VERIFICADA EN UN TERCERO DE (50 Litros) ó =	0,100 m ³ .
--	------------------------

Materiales	Peso kg.	Humedad de los materiales en %			Correccion de los Pesos del Agua	Peso Corr. Kg.	Peso Def. Kg.	
		Nat.	Abs.	Libre				
Agua	19,630					17,644		
Cemento	32,90					32,90	32,90	
Arena	102,20	4,77	2,04	2,73	2,794	104,99	104,99	
Polvillo	0,00					0,00	0,00	
Agreg. Grueso Nº	80,00		1,01	-1,01	-0,808	79,19	79,19	
					1,986			
Aditivo:	63,56							
TOTAL	234,73	Kg			TOTAL	234,73 Kg	217,09	Kg.

Resultado de Ensayos en el Concreto Fresco			
Asentamiento = []	Pulg.	Tara del Envase = 3,36	Kg.
Tara Env. + Mezcla = []	Kg.	Volumen del Envase = 0,007	m ³
Peso Neto Mezcla = -3,360	Kg.		
Densidad de la Mezcla = -475,92	Kg/m ³	Observaciones:	
Volumen de la Mezcla = -0,493	m ³	0,17% 2do bacheo	
Contenido de Aire = []	%		

ANEXO E

Tiempo final de Fraguado



ENSAYO DE FRAGUADO DEL CONCRETO

LUGAR: LABORATORIO (PLANTA SAN ANTONIO)
ADITIVO: PATRÓN
PROVEEDOR: _____
FECHA: 12/03/2012

DOSIS 0,00%
HORA INICIO: 07:40 a.m.

HORA PENETRACIÓN	TIEMPO		PENETRACION mm.
	Horas	Minutos	
12:20	04:40	280	380
		291	500
13:10	05:30	330	910
13:50	06:10	370	2460
14:00	06:20	380	3650
		416	4000

TIEMPO INICIAL DE FRAGUADO:

291

TIEMPO INICIAL EN HORAS:

04

TIEMPO FINAL DE FRAGUADO:

416

TIEMPO FINAL EN HORAS:

06

Realizado por: Michel Gimenez

Revisado por: María Rodríguez



ENSAYO DE FRAGUADO DEL CONCRETO

LUGAR: LABORATORIO (PLANTA SAN ANTONIO)
ADITIVO: PATRÓN
PROVEEDOR:
FECHA: 14/03/2012

DOSIS 0,00%
HORA INICIO: 08:50 a.m.

HORA PENETRACIÓN	TIEMPO		PENETRACION mm.
	Horas	Minutos	
13:30	04:40	280	376
		284	500
14:00	05:10	310	1240
14:30	05:40	340	3440
14:45	05:55	355	3890
		365	4000

TIEMPO INICIAL DE FRAGUADO:	284
TIEMPO INICIAL EN HORAS:	04
TIEMPO FINAL DE FRAGUADO:	365
TIEMPO FINAL EN HORAS:	06

Realizado por: Michel Gimenez

Revisado por: María Rodríguez



ENSAYO DE FRAGUADO DEL CONCRETO

LUGAR: LABORATORIO (PLANTA SAN ANTONIO)
ADITIVO: ACEITE LUBRICANTE RESIDUAL
PROVEEDOR: _____
FECHA: 12/03/2012

DOSIS 0,17%
HORA INICIO: 10:00 a.m.

HORA PENETRACIÓN	TIEMPO		PENETRACION mm.
	Horas	Minutos	
14:00	04:00	240	224
		262	500
14:30	04:30	270	600
15:00	05:00	300	920
16:00	06:00	360	2040
		404	4000
16:30	06:30	390	3360

TIEMPO INICIAL DE FRAGUADO:
TIEMPO INICIAL EN HORAS:
TIEMPO FINAL DE FRAGUADO:
TIEMPO FINAL EN HORAS:

Realizado por: Michel Gimenez

Revisado por: María Rodríguez



ENSAYO DE FRAGUADO DEL CONCRETO

LUGAR: LABORATORIO (PLANTA SAN ANTONIO)
ADITIVO: ACEITE LUBRICANTE RESIDUAL
PROVEEDOR: _____
FECHA: 14/03/2012

DOSIS 0,17%

HORA INICIO: 10:50 a.m.

HORA PENETRACIÓN	TIEMPO		PENETRACION mm.
	Horas	Minutos	
14:50	04:00	240	224
		260	500
15:20	04:30	270	620
16:00	05:10	310	910
16:40	05:50	350	2200
		378	4000
17:00	06:10	370	3480

TIEMPO INICIAL DE FRAGUADO:	260
TIEMPO INICIAL EN HORAS:	04
TIEMPO FINAL DE FRAGUADO:	378
TIEMPO FINAL EN HORAS:	06

Realizado por: Michel Gimenez

Revisado por: María Rodríguez

ANEXO F

Tracción Indirecta

Resultados de ensayo para la determinación de la resistencia a la tracción indirecta del concreto usando probetas cilíndricas de 15x30 cm

Mezcla N°	% de Lubrificante	Ensayo N°	Cilindro N°	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Peso (lb)	Peso (kg)	Carga (Kgf)	σ_{br} (Kgf/cm ²)	σ_{br} Prom. (Kgf/cm ²)
1	0%	1	U-T1	15,10	30,10	28,534	12,943	22.200	31,09	33,46
			U-T2	15,05	30,10	28,304	12,838	26.800	37,66	
			U-T3	15,00	30,05	28,372	12,869	22.400	31,64	
		2	U-T4	15,04	30,10	28,512	12,933	23.000	32,34	28,26
			U-T5	15,12	30,00	28,102	12,747	14.800	20,77	
			U-T6	15,00	30,30	28,686	13,012	22.600	31,66	
	0,17%	3	U-T7	15,05	30,05	28,086	12,740	19.000	26,75	30,15
			U-T8	15,13	30,00	28,020	12,710	19.800	27,77	
			U-T9	15,12	30,00	27,944	12,675	25.600	35,93	
		4	U-T10	15,10	30,02	28,138	12,763	23.000	32,30	30,74
			U-T11	15,00	30,01	28,862	13,092	14.200	20,08	
			U-T12	15,00	30,04	27,928	12,668	28.200	39,84	

2	0%	5	U-T13	15,00	30,10	28,392	12,878	16.400	23,12	24,53
			U-T14	15,10	30,20	28,566	12,957	16.600	23,17	
			U-T15	15,00	30,15	28,484	12,920	19.400	27,31	
		6	U-T16	15,05	30,01	28,562	12,956	23.200	32,70	25,83
			U-T17	15,06	30,30	28,632	12,987	16.800	23,44	
			U-T18	15,10	30,00	28,464	12,911	15.200	21,36	
	0,17%	7	U-T19	15,06	30,10	28,264	12,820	18.800	26,40	23,45
			U-T20	15,03	30,10	28,390	12,877	16.800	23,64	
			U-T21	15,00	30,10	28,568	12,958	14.400	20,30	
		8	U-T22	15,00	30,10	28,412	12,887	19.200	27,07	28,17
			U-T23	15,10	30,10	28,440	12,900	20.200	28,29	
			U-T24	15,00	30,00	28,370	12,868	20.600	29,14	

ANEXO G

Módulo de Rotura

Determinación de la resistencia a la flexión en vigas simplemente apoyadas. Cargas en los extremos del tercio central

Mezcla N°	% de Lubricante	Ensayo N°	Cilindro N°	Carga P (Kgf)	Dimensiones de la viga			Mr (Kgf/cm ²)	Mr prom. (Kgf/cm ²)
					Luz libre L (cm)	Base b (cm)	Altura h (cm)		
1	0%	1	VIG 001	3705,00	45,00	15,00	15,00	49,40	55,60
			VIG 002	4635,00	45,00	15,00	15,00	61,80	
		2	VIG 003	4053,00	45,00	15,00	15,00	54,04	56,32
			VIG 004	4395,00	45,00	15,00	15,00	58,60	
	0,17%	3	VIG 005	3899,00	45,00	15,00	15,00	51,99	58,62
			VIG 006	4894,00	45,00	15,00	15,00	65,25	
		4	VIG 007	4841,00	45,00	15,00	15,00	64,55	56,26
			VIG 008	3598,00	45,00	15,00	15,00	47,97	
2	0%	5	VIG 009	4477,00	45,00	15,00	15,00	59,69	60,27
			VIG 010	4563,00	45,00	15,00	15,00	60,84	
		6	VIG 011	4392,00	45,00	15,00	15,00	58,56	58,63
			VIG 012	4402,00	45,00	15,00	15,00	58,69	
	0,17%	7	VIG 013	4134,00	45,00	15,00	15,00	55,12	53,65
			VIG 014	3914,00	45,00	15,00	15,00	52,19	
		8	VIG 015	4495,00	45,00	15,00	15,00	59,93	53,91
			VIG 016	3592,00	45,00	15,00	15,00	47,89	

ANEXO H

Ultrasonido

**Resultados de ensayo de Ultrasonido en probetas de concreto de
10x20cm (F'c=210 Kg/cm²)**

Mezcla N°	% de Lubricante	Ensayo N°	Cilindro N°	Altura (cm)	Tiempo de propagación de la onda (μs)	Velocidad de ultrasonido (cm/μs)	Velocidad (Km/s)	Vel. Ensayo (Prom.) (Km/s)	Velocidad Prom. (Km/s)
1	0%	1	U-T1	30,10	67,20	0,45	4,48	4,33	4,35
			U-T2	30,10	71,30	0,42	4,22		
			U-T3	30,05	70,00	0,43	4,29		
		2	U-T4	30,10	69,10	0,44	4,36	4,36	
			U-T5	30,00	68,60	0,44	4,37		
			U-T6	30,30	69,70	0,43	4,35		
	0,17%	3	U-T7	30,05	68,10	0,44	4,41	4,37	4,37
			U-T8	30,00	67,80	0,44	4,42		
			U-T9	30,00	70,10	0,43	4,28		
		4	U-T10	30,02	69,00	0,44	4,35	4,36	
			U-T11	30,01	66,90	0,45	4,49		
			U-T12	30,04	70,70	0,42	4,25		
2	0%	5	U-T13	30,10	76,40	0,39	3,94	3,88	3,89
			U-T14	30,20	77,70	0,39	3,89		
			U-T15	30,15	78,90	0,38	3,82		
		6	U-T16	30,01	76,70	0,39	3,91	3,90	
			U-T17	30,30	76,80	0,39	3,95		
			U-T18	30,00	78,10	0,38	3,84		
	0,17%	7	U-T19	30,10	77,70	0,39	3,87	3,91	3,87
			U-T20	30,10	76,60	0,39	3,93		
			U-T21	30,10	76,60	0,39	3,93		
		8	U-T22	30,10	76,90	0,39	3,91	3,82	
			U-T23	30,10	79,50	0,38	3,79		
			U-T24	30,00	79,50	0,38	3,77		

ANEXO I

Absorción

Resultados del Ensayo de Absorción

Mezcla N°	% Lubricante	Cilindro N°	Peso B (kg)	Peso (kg)		Peso A (kg)	Cantidad de Agua Absorbida (ml)	Promedio de Agua Absorbida (ml)	Cantidad estimada de Agua Absorbida Por metro cúbico (Lt)	Promedio de Agua Absorbida por m3 (Lt)	% Absorción	% Absorción Prom.
				24 Horas horno	48 Horas horno							
1	0%	Mex 161	3,84	3,73	3,62	3,62	220,00	225	140	143	6,08	6,22
		Mex 162	3,84	3,68	3,61	3,61	230,00		146		6,37	
	0,17%	Mex 175	3,84	3,73	3,59	3,59	250,00	220	159	140	6,96	6,07
		Mex 176	3,86	3,78	3,67	3,67	190,00		121		5,18	

Mezcla N°	% Lubricante	Cilindro N°	Peso B (kg)	Peso (kg)		Peso A (kg)	Cantidad de Agua Absorbida (ml)	Promedio de Agua Absorbida (ml)	Cantidad estimada de Agua Absorbida Por metro cúbico (Lt)	Promedio de Agua Absorbida por m3 (Lt)	% Absorción	% Absorción Prom.
				24 Horas horno	48 Horas horno							
2	0%	Mex 201	3,87	3,76	3,67	3,67	200,00	195	127,32	124	5,45	5,32
		Mex 202	3,85	3,75	3,66	3,66	190,00		120,96		5,19	
	0,17%	Mex 211	3,79	3,68	3,58	3,58	210,00	195	133,69	124	5,87	5,41
		Mex 212	3,82	3,71	3,64	3,64	180,00		114,59		4,95	

ANEXO J

Erosión

Resultados del ensayo de Erosión en concreto ($F'c_{28}=210 \text{ Kg/cm}^2$)

Mezcla N°	% Lubricante	Cilindro N°	Peso ini. (Kg)	Peso seco 24 horas horno (Kg)	Peso húmedo 48 horas Estanque (Kg)	Peso de Probeta desgastada húmeda (Kg)	Tara #	Peso de Tara en (Kg)	Pt+Desgaste de Muestra (Kg)	Peso de residuo (g)	Peso ultimo de la Probeta (g)	% Erosión	Promedio de % Erosión
1	0%	Mex 163	3,84	3,76	3,83	3,82	T1	0,104	0,105	0,982	3759,02	0,026	0,026
		Mex 164	3,86	3,67	3,83	3,82	T2	0,088	0,089	0,973	3669,03	0,027	
	0,17%	Mex 177	3,86	3,73	3,82	3,81	T3	0,129	0,130	0,977	3729,02	0,026	0,026
		Mex 178	3,92	3,82	3,88	3,87	T4	0,122	0,123	0,990	3819,01	0,026	
2	0%	Mex 203	3,83	3,72	3,829	3,827	T1	0,101	0,102	0,963	3719,04	0,026	0,026
		Mex 204	3,85	3,74	3,859	3,858	T2	0,085	0,086	0,946	3739,05	0,025	
	0,17%	Mex 213	3,82	3,71	3,817	3,816	T3	0,127	0,128	0,960	3709,04	0,026	0,026
		Mex 214	3,81	3,70	3,814	3,813	T4	0,119	0,120	0,957	3699,04	0,026	

ANEXO K

Cambios bruscos de temperatura.

Los resultados registrados mantienen gran particularidad, desligando lo obtenido de lo que comúnmente podría pensarse. Los resultados que a continuación se muestran están divididos en dos tablas, la primera especifica las cantidades de agua absorbida y perdida por cada una de las probetas ensayadas luego que las mismas permanecieran 24 horas en el horno para después ser depositadas inmediatamente en la piscina de curado o en una cava con hielo, tal como lo explicó en la metodología.

Cambios bruscos de temperatura. Cantidades de aguas absorbida y perdidas por probetas de concreto

Mezcla N°	% Lubricante	Cilindro N°	Peso inicial (Kg)	Peso seco (horno) 24 horas (Kg)	Temperatura de Curado (°c)	Peso Final 48 horas (Kg)	Del estanque al horno (húmedo-seco)		Del horno al (estanque ó cava) [(húmedo o Congelado*)-seco]		Cantidad de Agua Perdida (ml)
							Cantidad de Agua Perdida (ml)	Promedio de Agua Perdida (ml)	Cantidad de Agua Absorbida (ml)	Promedio de Agua Absorbida (ml)	
1	0%	Mex 165	3,86	3,65	20 (piscina de curado)	3,83	210	160	180	130	30
		Mex 166	3,82	3,71		3,79	110		80		
	0,17%	Mex 179	3,84	3,73		3,83	110	100	100	80	20
		Mex 180	3,90	3,81		3,87	90		60		
	0%	Mex 167*	3,86	3,73	5 (Cava con hielo)	3,46	130	170	-270	-225	395
		Mex 168*	3,84	3,63		3,45	210		-180		
	0,17%	Mex 181*	3,92	3,83		3,53	90	85	-300	-305	390
		Mex 182*	3,90	3,82		3,51	80		-310		

Los cilindros cuyos números (N°) tienen un asterisco (*), fueron los cilindros que se colocaron en una cava con hielo a temperatura promedio 5°C. Todos los cilindros registraron menos peso después de 24 horas dentro del horno, se asume que esta diferencia en peso se debe a la perdida de agua en la probeta de concreto por evaporación, en esta primera etapa es posible apreciar que los

cilindros patrón pierden agua con mayor facilidad en comparación con los cilindro que poseen 0,17% de aceite residual, en peso de cemento.

Luego de transcurridas 24 horas dentro del horno se colocaron las respectivas probetas tanto en la piscina de curado como en la cava con hielo durante 24 horas más, las probetas sumergidas en la piscina de curado recuperaron parte del agua evaporada, pero las probetas sumergidas en agua a temperatura promedio 5°C en vez de absorber agua, perdieron aproximadamente el doble de agua liberada en la primera etapa de este ensayo, lo que deja en evidencia que el cambio brusco de temperatura reduce significativamente cantidades considerables de agua que originalmente eran parte del diseño de mezcla.

ANEXO L

Tracción de Barras de Acero ½"

Resultado del ensayo N°1 a tracción de la barra ½”

Carga (kgf)	Deformación longitudinal (0,01mm)	Deformación longitudinal (mm)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Deformación Unitaria x10 ⁻⁴ (mm/mm)
0	0,0	0,000	0,00	0,00
500	1,0	0,010	427,72	2,00
1000	2,0	0,020	855,44	4,00
1500	2,8	0,028	1283,16	5,60
2000	3,9	0,039	1710,88	7,80
2500	4,5	0,045	2138,60	9,00
3000	5,6	0,056	2566,33	11,20
3500	6,5	0,065	2994,05	13,00
4000	7,3	0,073	3421,77	14,60
4500	7,3	0,073	3849,49	14,60
4900	10,0	0,100	4191,66	20,00
4900	15,0	0,150	4191,66	30,00
4900	20,0	0,200	4191,66	40,00
4900	25,0	0,250	4191,66	50,00
5000	50,0	0,500	4277,21	100,00
5500	75,0	0,750	4704,93	150,00
6000	100,0	1,000	5132,65	200,00
6750	150,0	1,500	5774,23	300,00
7250	200,0	2,000	6201,95	400,00
7650	250,0	2,500	6544,13	500,00
8100	Rotura	Rotura	6929,08	Rotura

Resultado del ensayo N°2 a tracción de la barra ½”

Carga (kgf)	Deformación longitudinal (0,01mm)	Deformación longitudinal (mm)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Deformación Unitaria x10 ⁻⁴ (mm/mm)
0	0,00	0,000	0,00	0,00
500	0,30	0,003	434,82	0,60
1000	1,20	0,012	869,64	2,40
1500	2,10	0,021	1304,46	4,20
2000	3,10	0,031	1739,28	6,20
2500	4,10	0,041	2174,10	8,20
3000	5,10	0,051	2608,92	10,20
3500	6,10	0,061	3043,74	12,20
4000	7,10	0,071	3478,56	14,20
4500	8,30	0,083	3913,38	16,60
5000	9,60	0,096	4348,20	19,20
5050	10,00	0,100	4391,68	20,00
5050	15,00	0,150	4391,68	30,00
5050	20,00	0,200	4391,68	40,00
5050	25,00	0,250	4391,68	50,00
5150	50,00	0,500	4478,64	100,00
6200	75,00	0,750	5391,77	150,00
6450	100,00	1,000	5609,18	200,00
7450	150,00	1,500	6478,82	300,00
7950	200,00	2,000	6913,64	400,00
8300	250,00	2,500	7218,01	500,00
8775	Rotura	Rotura	7631,09	Rotura

Resultado del ensayo N°3 a tracción de la barra ½”

Carga (kgf)	Deformación longitudinal (0,01mm)	Deformación longitudinal (mm)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Deformación Unitaria x10 ⁻⁴ (mm/mm)
0	0,00	0,000	0,00	0,00
500	0,50	0,005	420,79	1,00
1000	1,60	0,016	841,59	3,20
1500	2,60	0,026	1262,38	5,20
2000	3,60	0,036	1683,18	7,20
2500	4,50	0,045	2103,97	9,00
3000	5,50	0,055	2524,77	11,00
3500	6,50	0,065	2945,56	13,00
4000	7,50	0,075	3366,35	15,00
4500	8,20	0,082	3787,15	16,40
5000	8,50	0,085	4207,94	17,00
5100	10,00	0,100	4292,10	20,00
5750	15,00	0,150	4839,14	30,00
5750	20,00	0,200	4839,14	40,00
5750	25,00	0,250	4839,14	50,00
5800	50,00	0,500	4881,21	100,00
5950	75,00	0,750	5007,45	150,00
6000	100,00	1,000	5049,53	200,00
6750	150,00	1,500	5680,72	300,00
7250	200,00	2,000	6101,52	400,00
7875	250,00	2,500	6627,51	500,00
8150	Rotura	Rotura	6858,95	Rotura

ANEXO M

Adherencia

Resultados del Ensayo de Adherencia para la barra $\phi^{1/2}$ "

Cilindro AD01		Cilindro AD02		Cilindro AD03	
Deslizamiento (mm)	Esfuerzo (kgf/cm ²)	Deslizamiento (mm)	Esfuerzo (kgf/cm ²)	Deslizamiento (mm)	Esfuerzo (kgf/cm ²)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,001	2822,96	0,001	3464,54	0,001	4183,11
0,01	3139,47	0,01	4089,01	0,01	4234,44
0,02	3430,32	0,02	4371,31	0,02	4251,55
0,03	3644,18	0,03	4533,84	0,03	4302,87
0,04	3798,16	0,04	4670,71	0,04	4319,98
0,05	3917,92	0,05	4773,37	0,05	4371,31
0,06	4003,47	0,06	4858,91	0,06	4388,42
0,07	4089,01	0,07	4944,45	0,07	4439,74
0,08	4148,89	0,08	5047,11	0,08	4456,85
0,09	4217,33	0,09	5098,43	0,09	4508,18
0,10	4260,10	0,10	5166,87	0,10	4525,29
0,12	4465,41	0,11	5235,30	0,11	4610,83
0,14	4636,49			0,12	4627,94
0,16	4687,82			0,13	4679,27
0,18				0,14	4696,38
0,20	4773,37			0,15	4747,70
0,24	4893,13			0,16	4764,81
				0,17	4816,14
				0,18	4833,25
				0,19	4884,57
				0,20	4901,68
				0,21	4953,01
				0,22	4970,12
				0,23	5021,44
				0,24	5038,55
				0,25	5089,88
				0,26	5106,99
				0,27	5158,31
				0,28	5175,42

Cilindro AD04		Cilindro AD05		Cilindro AD06	
Deslizamiento (mm)	Esfuerzo (kgf/cm ²)	Deslizamiento (mm)	Esfuerzo (kgf/cm ²)	Deslizamiento (mm)	Esfuerzo (kgf/cm ²)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,001	2968,38	0,001	2549,22	0,001	2035,95
0,01	3293,45	0,01	2925,61	0,01	2241,26
0,02	3507,31	0,02	3028,26	0,02	2506,44
0,03	3686,95	0,03	3148,03	0,03	2771,63
0,04	3832,38	0,04	3233,57	0,04	2925,61
0,05	3952,14	0,05	3319,11	0,05	3053,93
0,06	4054,79	0,06	3379,00	0,06	3122,36
0,07	4131,78	0,07	3421,77	0,07	3182,24
0,08	4225,88	0,08	3473,09	0,08	3259,23
0,09	4302,87	0,09	3541,53	0,09	3319,11
0,10	4354,20	0,10	3584,30	0,10	3379,00
0,11	4414,08	0,11	3652,74	0,11	3438,88
0,12	4448,30	0,12	3712,62	0,12	3490,20
0,13	4533,84	0,13	3772,50	0,13	3635,63
0,14	4619,39	0,14	3832,38	0,14	3609,96
0,15	4722,04	0,15	3892,26	0,15	3678,40
0,16	4747,70	0,16	3969,25	0,16	3738,28
0,17	4790,47	0,17	4020,58	0,17	4003,47
0,18	4824,69	0,18	4089,01	0,18	4020,58
0,19	4876,02	0,19	4183,11	0,19	4020,58
0,20	4910,24	0,20	4225,88	0,20	4020,58
0,21	4918,79	0,21	4277,21	0,21	4054,79
0,22	5047,11	0,22	4277,21	0,22	4054,79
0,23	5081,32	0,23	4277,21	0,23	4234,44
0,24	5098,43			0,24	4345,64
0,25	5218,19			0,25	4345,64
				0,26	4345,64
				0,27	4448,30

Cilindro AD07		Cilindro AD08		Cilindro AD09	
Deslizamiento (mm)	Esfuerzo (kgf/cm ²)	Deslizamiento (mm)	Esfuerzo (kgf/cm ²)	Deslizamiento (mm)	Esfuerzo (kgf/cm ²)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,001	1864,86	0,001	1702,33	0,001	2309,69
0,01	2164,27	0,01	2070,17	0,01	2497,89
0,02	2326,80	0,02	2207,04	0,02	2694,64
0,03	2574,88	0,03	2318,25	0,03	2763,08
0,04	2609,10	0,04	2378,13	0,04	2831,51
0,05	2634,76	0,05	2446,56	0,05	2882,84
0,06	2651,87	0,06	2497,89	0,06	2925,61
0,07	2694,64	0,07	2549,22	0,07	2985,49
0,08	2737,41	0,08	2574,88	0,08	2994,05
0,09	2780,19	0,09	2651,87	0,09	3002,60
0,10	2745,97	0,10	2694,64	0,10	3011,16
0,11		0,11	2720,30	0,11	3019,71
0,12	2891,39	0,12	2771,63	0,12	
0,13	2942,72	0,13	2805,85	0,13	
0,14	3002,60	0,14	2840,07	0,14	
0,15	3122,36	0,15	2891,39	0,15	
0,16	3182,24	0,16	2925,61	0,16	
0,17	3259,23	0,17	2959,83	0,17	
0,18	3336,22	0,18	3011,16	0,18	
0,19	3396,10	0,19	3062,48	0,19	
0,20	3490,20	0,20	3105,25	0,20	
0,21	3567,19	0,21	3353,33	0,21	
0,22	3635,63	0,22	3404,66	0,22	
0,23	3746,83	0,23	3438,88	0,23	
0,24	3798,16	0,24	3464,54	0,24	
0,25	3892,26	0,25	3473,09	0,25	
0,26		0,26	3866,60	0,26	
0,27		0,27	3917,92	0,27	4285,76
0,28	3986,36	0,28	3917,92	0,28	4319,98
0,29	4037,69	0,29	3917,92	0,29	4319,98
0,30	4106,12	0,30	3917,92	0,30	4508,18
0,31	4140,34	0,31	3969,25	0,31	4516,73
0,32	4208,77	0,32	4080,46	0,32	4645,05
0,33	4234,44	0,33	4089,01	0,33	4747,70
0,34	4260,10	0,34	4225,88	0,34	4790,47
0,35	4345,64	0,35	4285,76	0,35	4918,79
0,36	4379,86	0,36	4345,64	0,36	4970,12
0,37	4456,85	0,37	4405,53	0,37	5064,22
0,38	4516,73	0,38	4465,41	0,38	5175,42
0,39	4585,17	0,39	4516,73		
0,40	4722,04	0,40	4593,72		
0,41	4799,03	0,41	4619,39		
0,42	4876,02	0,42	4687,82		
0,43	4918,79	0,43	4781,92		
0,44	4978,67	0,44	4876,02		
0,45	5030,00	0,45	4927,34		
0,46	5089,88	0,46	4961,56		
0,47	5141,21	0,47	5038,55		
0,48	5183,98	0,48	5089,88		
		0,49	5089,88		

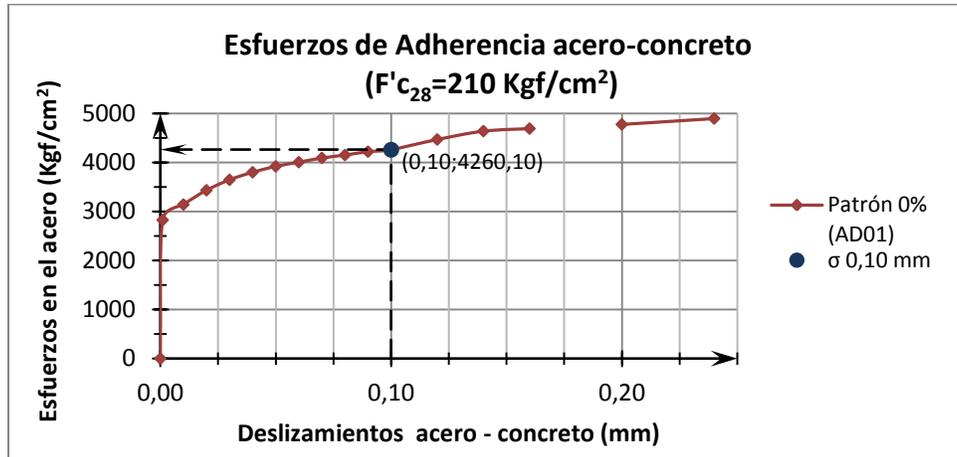
Cilindro AD10		Cilindro AD11		Cilindro AD12	
Deslizamiento (mm)	Esfuerzo (kgf/cm ²)	Deslizamiento (mm)	Esfuerzo (kgf/cm ²)	Deslizamiento (mm)	Esfuerzo (kgf/cm ²)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,001	2053,06	0,001	2224,15	0,00	2899,95
0,01	2694,64	0,01	2797,29	0,01	3293,45
0,02	2865,73	0,02	3028,26	0,02	3464,54
0,03	2968,38	0,03	3233,57	0,03	3729,73
0,04	3071,04	0,04	3353,33	0,04	
0,05	3139,47	0,05	3473,09	0,05	
0,06	3190,80	0,06	3567,19	0,06	
0,07	3259,23	0,07	3644,18	0,07	
0,08	3319,11	0,08	3712,62	0,08	
0,09	3361,89	0,09	3781,05	0,09	
0,10	3413,21	0,10	3849,49	0,10	4016,30
0,11	3438,88	0,11	3926,48	0,11	
0,12	3481,65	0,12	3986,36	0,12	
0,13	3507,31	0,13	4054,79	0,13	
0,14	3558,64	0,14	4131,78	0,14	
0,15	3601,41	0,15	4200,22	0,15	
0,16	3644,18	0,16	4225,88	0,16	4217,33
0,17	3695,51	0,17	4311,43	0,17	4302,87
0,18	3789,61	0,18	4319,98	0,18	4337,09
0,19	4285,76	0,19	4371,31	0,19	4354,20
0,20	4285,76	0,20	4439,74	0,20	4379,86
0,21		0,21	4439,74	0,21	4439,74
0,22		0,22	4439,74	0,22	4439,74
0,23		0,23	4439,74	0,23	4439,74
0,24		0,24	4516,73	0,24	4439,74
0,25		0,25	4576,61	0,25	4508,18
0,26		0,26	4627,94	0,26	4576,61
0,27		0,27	4696,38	0,27	4627,94
0,28		0,28	4756,26	0,28	4704,93
0,29		0,29	4816,14	0,29	4773,37
0,30	4294,32	0,30	4884,57	0,30	4850,35
0,31	4319,98	0,31	4935,90	0,31	4893,13
0,32	4354,20	0,32	5004,33	0,32	4961,56
0,33	4354,20	0,33	5055,66	0,33	5030,00
0,34	4362,75	0,34	5115,54	0,34	5081,32
0,35	4448,30	0,35	5183,98	0,35	5158,31
0,36	4542,40	0,36	5226,75		
0,37	4559,50				
0,38	4610,83				
0,39	4713,48				
0,40					
0,41					
0,42	4764,81				
0,43	4799,03				
0,44	4850,35				
0,45	4884,57				
0,46	4918,79				
0,47	4961,56				
0,48	5004,33				
0,49	5064,22				
0,50	5115,54				
0,51	5149,76				

Cilindro AD13		Cilindro AD14		Cilindro AD15	
Deslizamiento (mm)	Esfuerzo (kgf/cm ²)	Deslizamiento (mm)	Esfuerzo (kgf/cm ²)	Deslizamiento (mm)	Esfuerzo (kgf/cm ²)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,001	2651,87	0,001	2822,96	0,001	3250,68
0,01	2934,17	0,01	3532,97	0,01	3507,31
0,02	3139,47	0,02	3712,62	0,02	3627,07
0,03	3302,01	0,03	3866,60	0,03	3806,72
0,04	3370,44	0,04	3986,36	0,04	3900,81
0,05	3430,32	0,05	4089,01	0,05	3986,36
0,06	3464,54	0,06	4166,00	0,06	4071,90
0,07	3524,42	0,07	4234,44	0,07	4174,56
0,08	3550,08	0,08	4302,87	0,08	4242,99
0,09	3584,30	0,09	4354,20	0,09	4311,43
0,10	3618,52	0,10	4388,42	0,10	4311,43
0,11	3644,18	0,11	4431,19	0,11	4405,53
0,12	3661,29	0,12	4473,96	0,12	4448,30
0,13	3695,51	0,13	4482,51	0,13	4499,62
0,14	3712,62	0,14	4508,18	0,14	4508,18
0,15	3738,28	0,15	4525,29	0,15	4516,73
0,16	3763,94	0,16	4559,50	0,16	4568,06
0,17	3789,61	0,17	4576,61	0,17	4679,27
0,18	3823,82	0,18	4585,17	0,18	4730,59
0,19	3840,93	0,19	4619,39	0,19	4747,70
0,20	3875,15	0,20	4687,82	0,20	4773,37
0,21	3892,26	0,21	4713,48	0,21	4858,91
0,22	3875,15	0,22	4739,15	0,22	5201,09
0,23	3892,26	0,23	4781,92		
0,24	3926,48	0,24	4807,58		
0,25	3952,14	0,25	4850,35		
0,26	3977,80	0,26	4867,46		
0,27	4003,47	0,27	4893,13		
0,28	4071,90	0,28	4944,45		
0,29	4106,12	0,29	4961,56		
0,30	4131,78	0,30	4987,23		
0,31	4157,45	0,31	5012,89		
0,32	4174,56	0,32	5047,11		
0,33	4191,66	0,33	5072,77		
0,34	4208,77	0,34	5098,43		
0,35	4225,88	0,35	5132,65		
0,36	4260,10	0,36	5166,87		
0,37	4268,65				
0,38	4294,32				
0,39	4319,98				
0,40	4328,54				
0,41	4345,64				
0,42	4362,75				
0,43	4371,31				
0,44	4439,74				
0,45	4473,96				
0,46	4533,84				
0,47	4559,50				
0,48	4568,06				
0,49	4636,49				
0,50	4687,82				
0,51	4747,70				
0,52	4790,47				
0,53	4816,14				
0,54	4884,57				
0,55	5038,55				

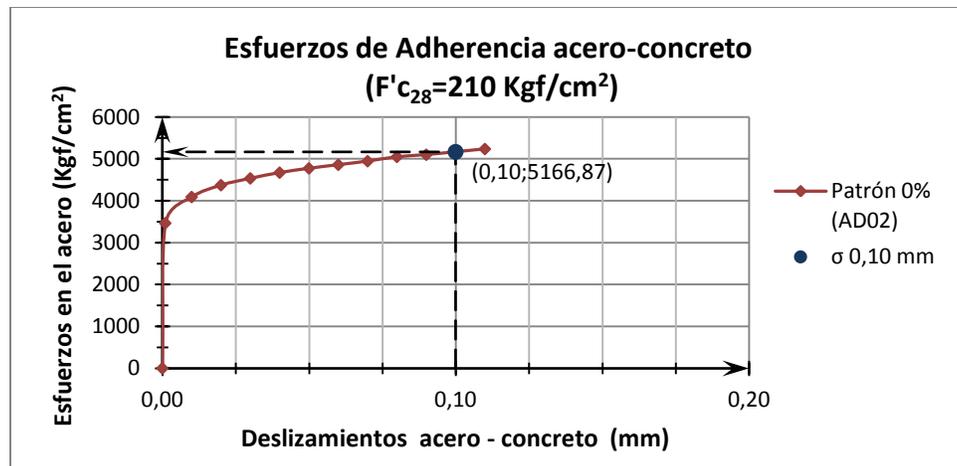
Cilindro AD16		Cilindro AD17		Cilindro AD18	
Deslizamiento (mm)	Esfuerzo (kgf/cm ²)	Deslizamiento (mm)	Esfuerzo (kgf/cm ²)	Deslizamiento (mm)	Esfuerzo (kgf/cm ²)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,001	2053,06	0,001	2480,78	0,001	2378,13
0,01	2472,23	0,01	2720,30	0,01	2660,42
0,02	2763,08	0,02	2891,39	0,02	2874,28
0,03	2976,94	0,03	3028,26	0,03	3062,48
0,04	3071,04	0,04	3130,92	0,04	3233,57
0,05	3139,47	0,05	3233,57	0,05	3404,66
0,06	3233,57	0,06	3336,22	0,06	3592,86
0,07	3284,90	0,07	3404,66	0,07	3729,73
0,08	3344,78	0,08	3490,20	0,08	3866,60
0,09	3396,10	0,09	3558,64	0,09	
0,10	3421,77	0,10	3652,74	0,10	4089,01
0,11	3464,54	0,11	3746,83	0,11	
0,12	3498,76	0,12	3798,16	0,12	4157,45
0,13	3532,97	0,13	3866,60	0,13	4225,88
0,14	3575,75	0,14	3952,14	0,14	4294,32
0,15	3609,96	0,15	4020,58	0,15	4345,64
0,16	3652,74	0,16	4089,01	0,16	4379,86
0,17	3652,74	0,17	4157,45	0,17	4396,97
0,18	3686,95	0,18	4251,55	0,18	4482,51
0,19	3712,62	0,19	4294,32	0,19	4491,07
0,20	3746,83	0,20	4362,75	0,20	4491,07
0,21	3772,50	0,21	4431,19	0,21	4516,73
0,22	3806,72	0,22	4465,41	0,22	4550,95
0,23	3823,82	0,23	4499,62	0,23	4602,28
0,24	3866,60	0,24	4516,73	0,24	4670,71
0,25	3892,26	0,25	4516,73	0,25	4747,70
0,26	3926,48	0,26	4516,73	0,26	4816,14
0,27	3960,70	0,27	4533,84	0,27	4884,57
0,28	4003,47	0,28	4653,60	0,28	4978,67
0,29	4020,58	0,29	4687,82	0,29	5072,77
0,30	4046,24	0,30	4722,04	0,30	5158,31
0,31	4080,46	0,31	4756,26		
0,32	4114,67	0,32	4799,03		
0,33	4140,34	0,33	4841,80		
0,34	4174,56	0,34	4876,02		
0,35	4208,77				
0,36	4251,55				
0,37	4277,21				
0,38	4319,98				
0,39	4337,09				
0,40	4371,31				
0,41	4414,08				
0,42	4439,74				
0,43	4456,85				
0,44	4465,41				
0,45	4482,51				
0,46	4499,62				
0,47	4876,02				

Cilindro AD19		Cilindro AD20		Cilindro AD21	
Deslizamiento (mm)	Esfuerzo (kgf/cm ²)	Deslizamiento (mm)	Esfuerzo (kgf/cm ²)	Deslizamiento (mm)	Esfuerzo (kgf/cm ²)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,001	3165,13	0,001	4157,45	0,001	3438,88
0,01	3267,79	0,01	4242,99	0,01	3883,71
0,02	3353,33	0,02	4242,99	0,02	4140,34
0,03	3473,09	0,03	4294,32	0,03	4260,10
0,04	3541,53	0,04	4345,64	0,04	4388,42
0,05	3609,96	0,05	4396,97	0,05	4414,08
0,06	3644,18	0,06	4448,30	0,06	4499,62
0,07	3678,40	0,07	4482,51	0,07	4568,06
0,08	3686,95	0,08	4482,51	0,08	4568,06
0,09	3695,51	0,09	4482,51	0,09	4568,06
0,10	3755,39	0,10	4482,51	0,10	4627,94
0,11	3806,72	0,11	4585,17	0,11	4687,82
0,12	4003,47	0,12	4585,17	0,12	4722,04
0,13	4183,11	0,13	4585,17	0,13	4739,15
0,14	4294,32	0,14	4585,17	0,14	4799,03
0,15	4388,42	0,15	4585,17	0,15	4841,80
0,16	4414,08	0,16	4585,17	0,16	4893,13
0,17	4645,05	0,17	4585,17	0,17	5201,09
0,18	4739,15	0,18	4585,17	0,18	5201,09
0,19	4807,58	0,19	4841,80		
0,20	4884,57	0,20	4884,57		
0,21	4893,13	0,21	4927,34		
0,22	5030,00	0,22	4970,12		
0,23	5115,54	0,35	5047,11		
0,24	5201,09	0,36	5115,54		
0,25	5235,30	0,37	5132,65		
		0,38	5149,76		
		0,39	5183,98		

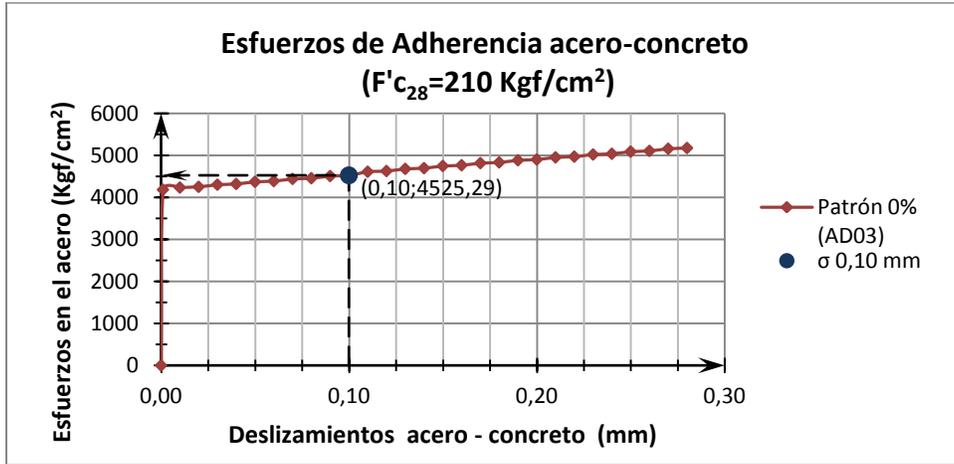
Cilindro AD22		Cilindro AD23		Cilindro AD24	
Deslizamiento (mm)	Esfuerzo (kgf/cm ²)	Deslizamiento (mm)	Esfuerzo (kgf/cm ²)	Deslizamiento (mm)	Esfuerzo (kgf/cm ²)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,001	2745,97	0,001	2959,83	0,001	2737,41
0,01	2874,28	0,01	3113,81	0,01	2831,51
0,02	3148,03	0,02	3302,01	0,02	2976,94
0,03	3284,90	0,03	3455,98	0,03	3096,70
0,04	3370,44	0,04	3661,29	0,04	3148,03
0,05	3455,98	0,05	3712,62	0,05	3216,46
0,06	3541,53	0,06		0,06	3284,90
0,07	3609,96	0,07		0,07	3319,11
0,08	3695,51	0,08		0,08	3370,44
0,09	3781,05	0,09		0,09	3438,88
0,10	3866,60	0,10	4106,12	0,10	3490,20
0,11	3943,59	0,11		0,11	3541,53
0,12	4020,58	0,12		0,12	3601,41
0,13	4114,67	0,13		0,13	3900,81
0,14	4148,89	0,14		0,14	4012,02
0,15	4208,77	0,15		0,15	3977,80
0,16	4260,10	0,16		0,16	
0,17	4311,43	0,17		0,17	
0,18	4345,64	0,18		0,18	4003,47
0,19	4379,86	0,19	4739,15	0,19	4114,67
0,20	4431,19	0,20	4747,70	0,20	4277,21
0,21	4499,62	0,21	4841,80	0,21	4328,54
0,22	4568,06	0,22	4910,24	0,22	4396,97
0,23	4585,17	0,23	4978,67	0,23	4396,97
0,24	4602,28	0,24	5081,32	0,24	4516,73
0,25	4627,94			0,25	4533,84
0,26				0,26	4550,95
0,27				0,27	4619,39
0,28				0,28	4670,71
0,29				0,29	4722,04
0,30	4662,16			0,30	4799,03
0,31	4713,48			0,31	4858,91
0,32	4773,37			0,32	4927,34
0,33	4824,69			0,33	4987,23
0,34	4910,24			0,34	5098,43
0,35	4995,78			0,35	5141,21
0,36	5064,22			0,36	5201,09



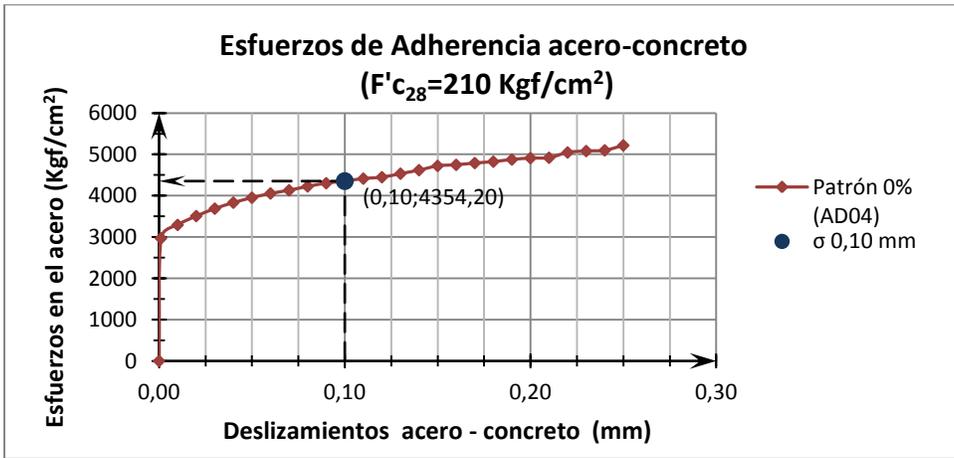
Esfuerzos de Adherencia acero-concreto (F'c₂₈=210 Kgf/cm²) – 0% (AD01)



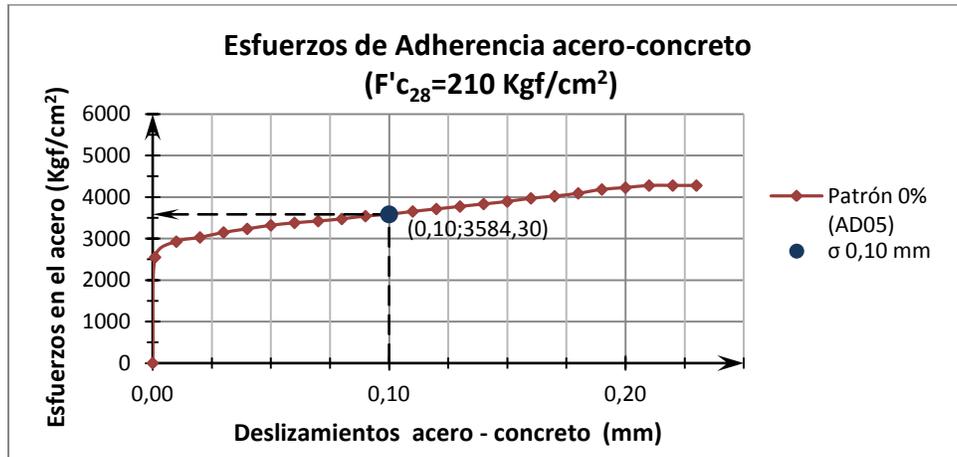
Esfuerzos de Adherencia acero-concreto (F'c₂₈=210 Kgf/cm²) – 0% (AD02)



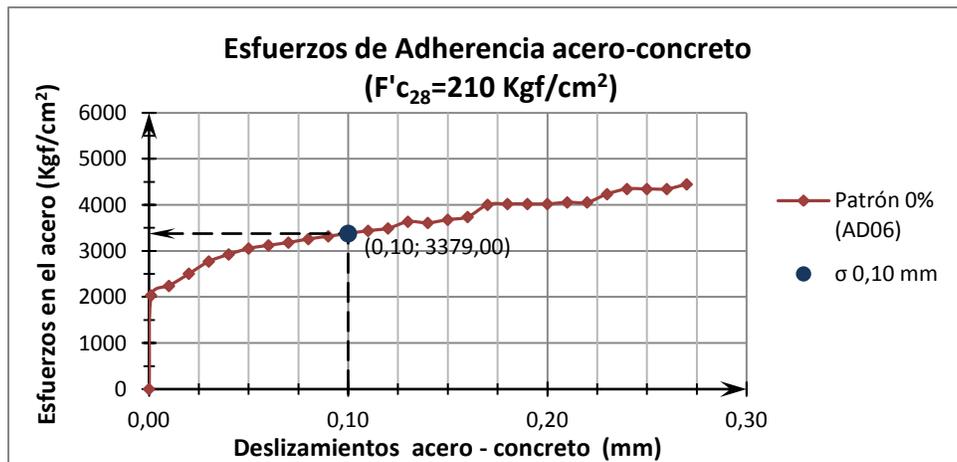
Esfuerzos de Adherencia acero-concreto ($F'c_{28}=210 \text{ Kgf/cm}^2$) – 0% (AD03)



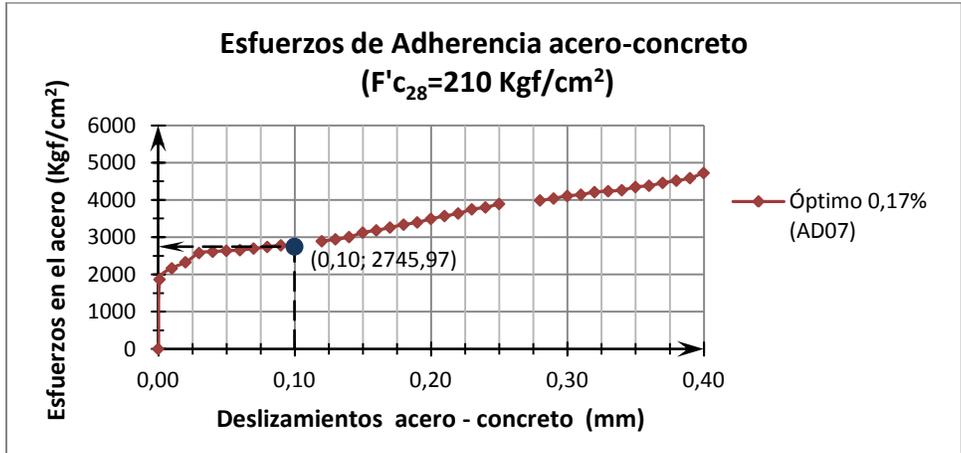
Esfuerzos de Adherencia acero-concreto ($F'c_{28}=210 \text{ Kgf/cm}^2$) – 0% (AD04)



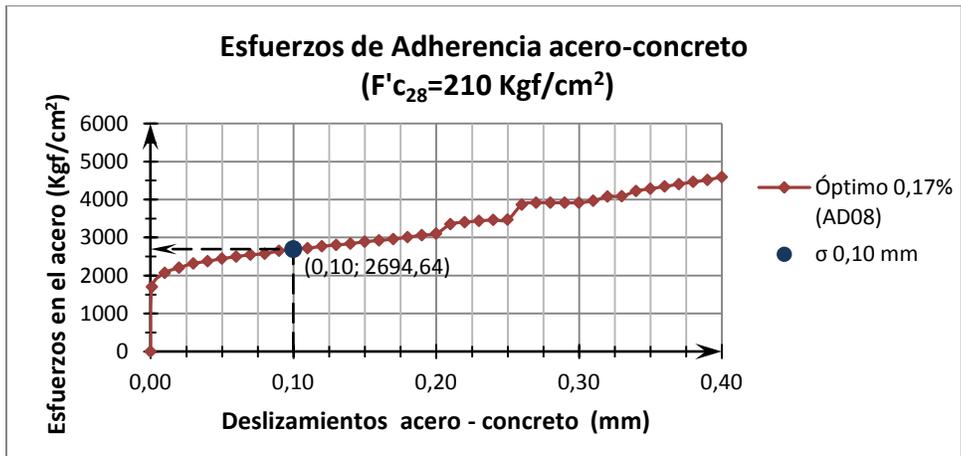
Esfuerzos de Adherencia acero-concreto ($F'c_{28}=210 \text{ Kgf/cm}^2$) – 0% (AD05)



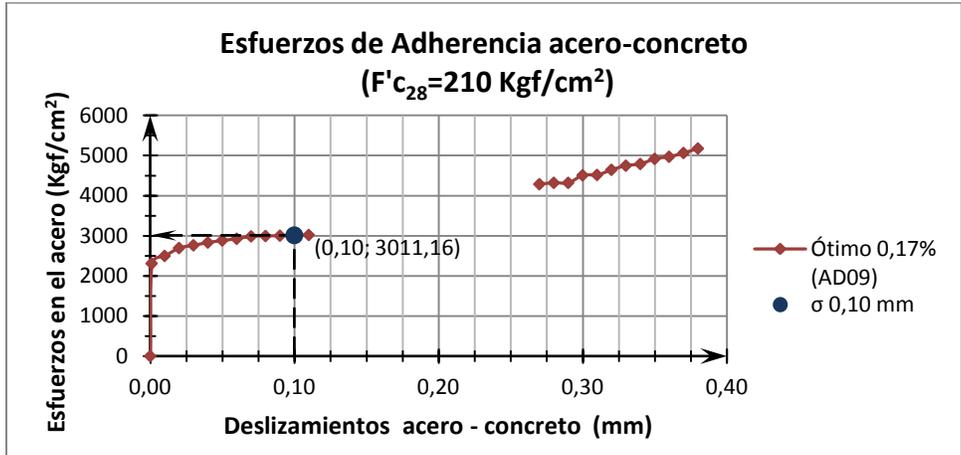
Esfuerzos de Adherencia acero-concreto ($F'c_{28}=210 \text{ Kgf/cm}^2$) – 0% (AD06)



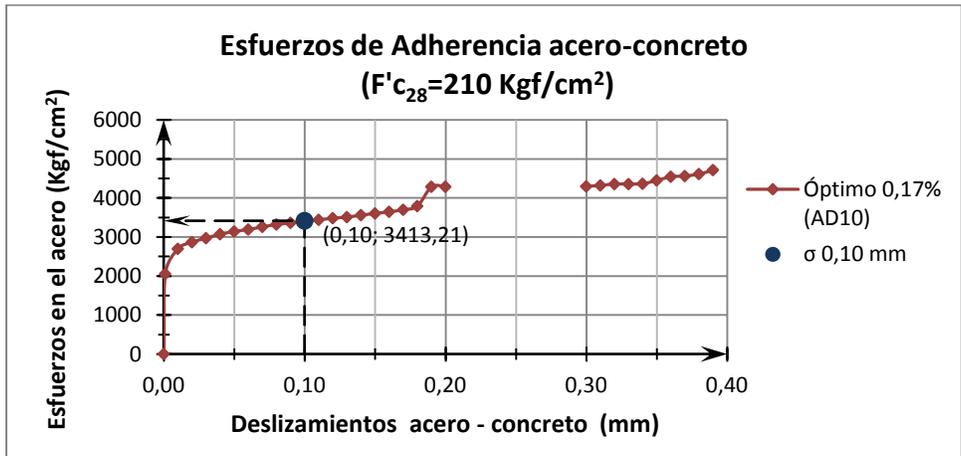
Esfuerzos de Adherencia acero-concreto ($F'c_{28}=210 \text{ Kgf/cm}^2$) – 0,17 % (AD07)



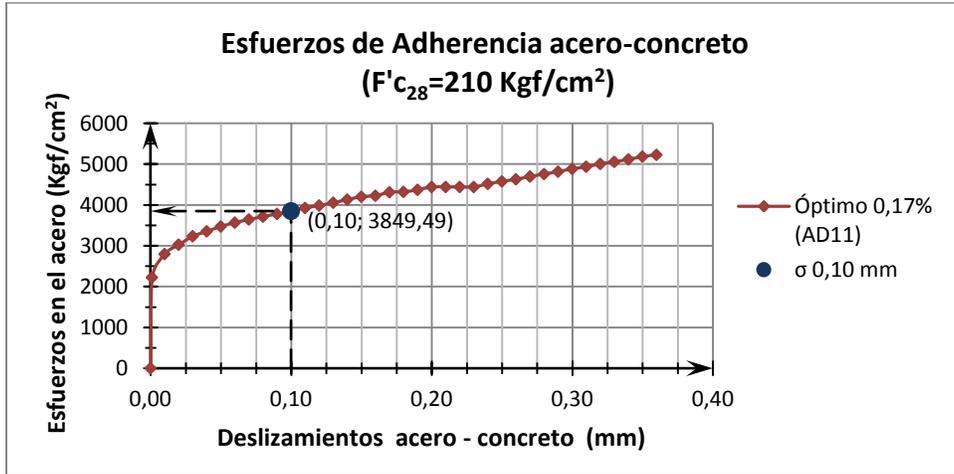
Esfuerzos de Adherencia acero-concreto ($F'c_{28}=210 \text{ Kgf/cm}^2$) – 0,17 % (AD08)



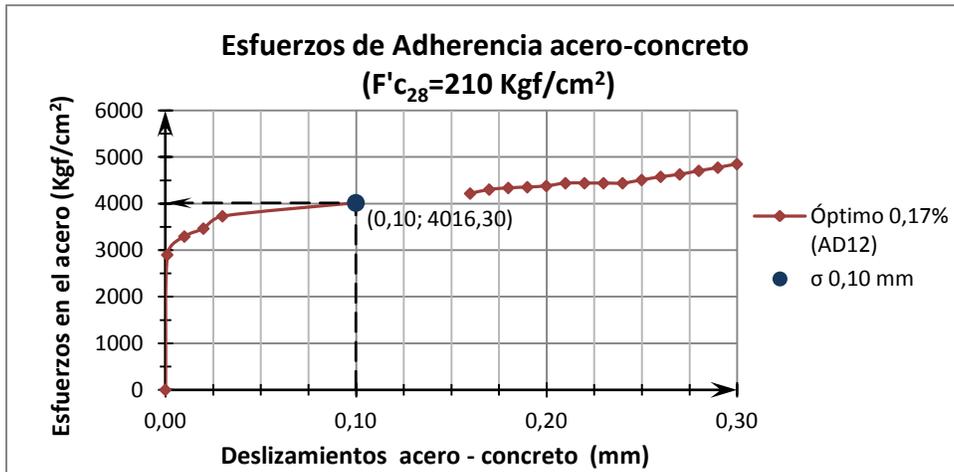
Esfuerzos de Adherencia acero-concreto (F'c₂₈=210 Kgf/cm²) – 0,17 % (AD09)



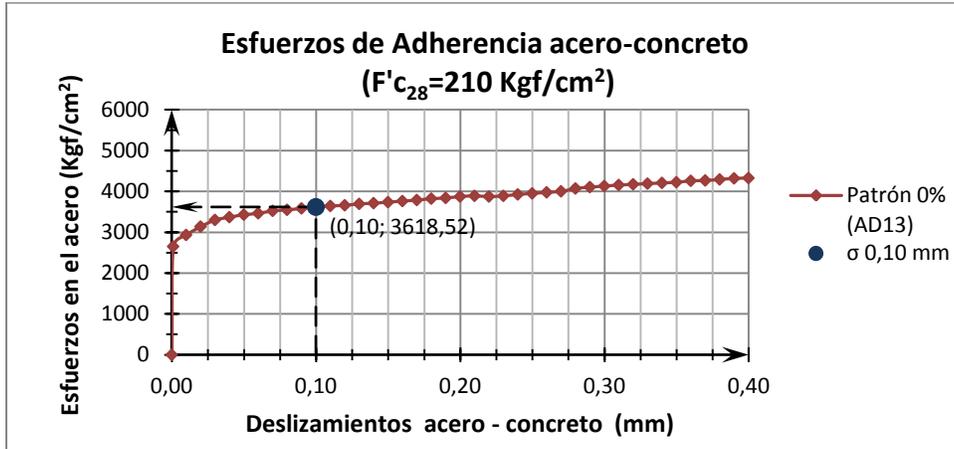
Esfuerzos de Adherencia acero-concreto (F'c₂₈=210 Kgf/cm²) – 0,17 % (AD10)



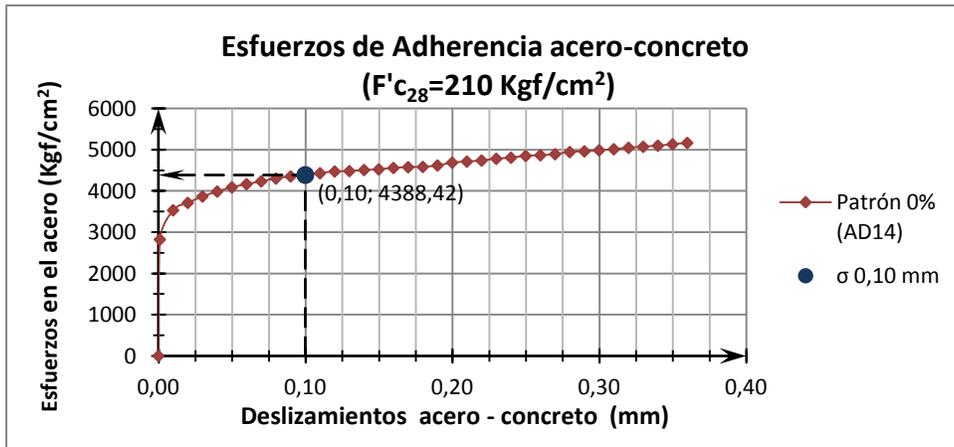
Esfuerzos de Adherencia acero-concreto ($F'c_{28}=210 \text{ Kgf/cm}^2$) – 0,17 % (AD11)



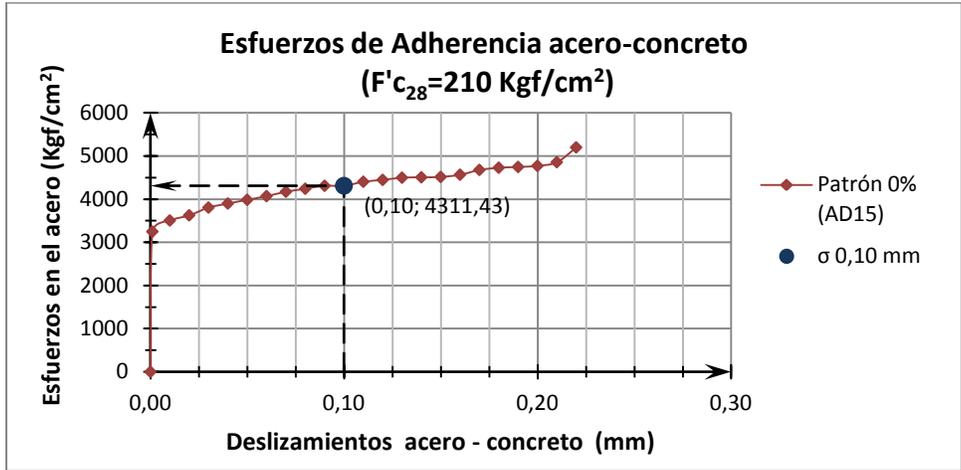
Esfuerzos de Adherencia acero-concreto ($F'c_{28}=210 \text{ Kgf/cm}^2$) – 0,17 % (AD12)



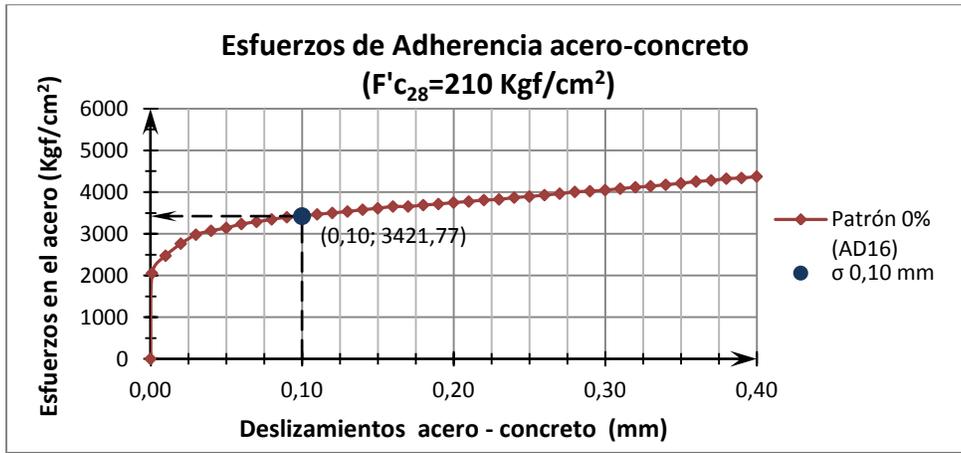
Esfuerzos de Adherencia acero-concreto ($F'c_{28}=210 \text{ Kg/cm}^2$) – 0 % (AD13)



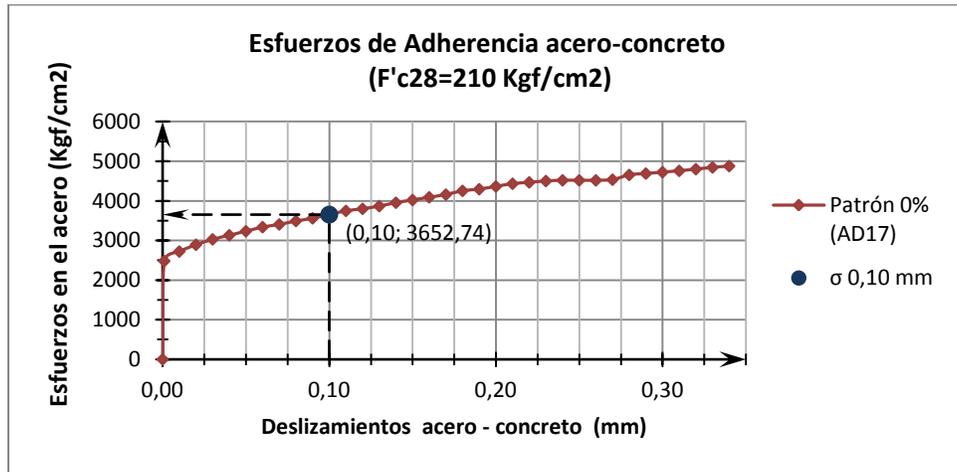
Esfuerzos de Adherencia acero-concreto ($F'c_{28}=210 \text{ Kg/cm}^2$) – 0 % (AD14)



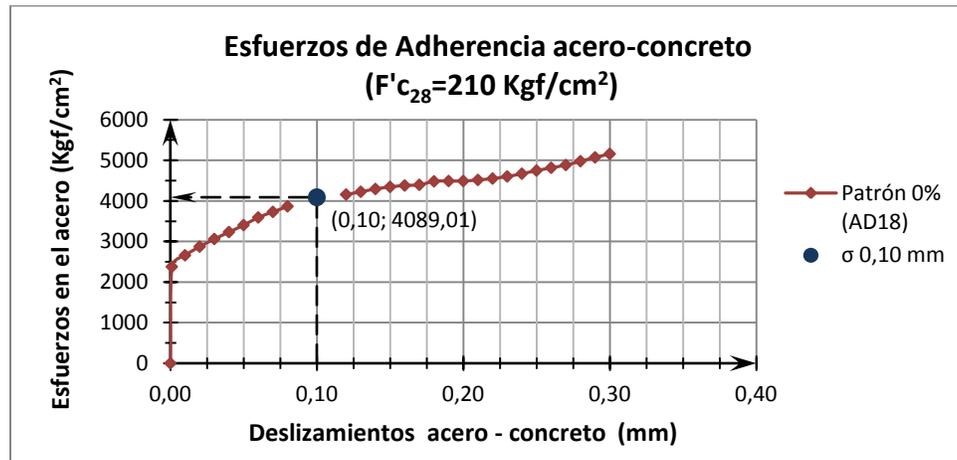
Esfuerzos de Adherencia acero-concreto ($F'c_{28}=210 \text{ Kgf/cm}^2$) – 0 % (AD15)



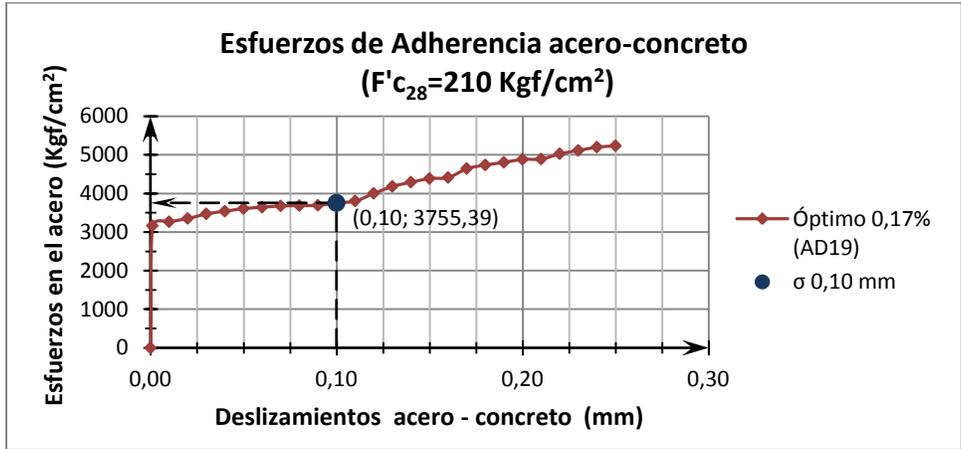
Esfuerzos de Adherencia acero-concreto ($F'c_{28}=210 \text{ Kgf/cm}^2$) – 0 % (AD16)



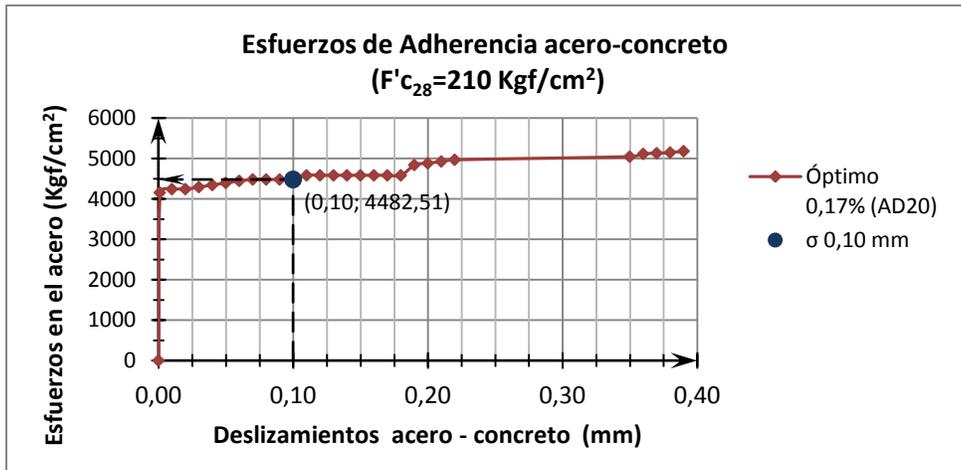
Esfuerzos de Adherencia acero-concreto (F'c28=210 Kgf/cm2) – 0 % (AD17)



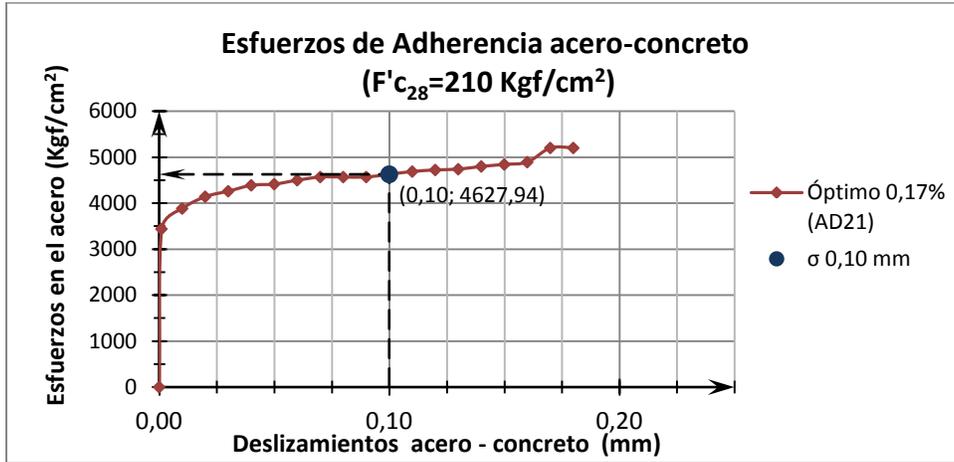
Esfuerzos de Adherencia acero-concreto (F'c28=210 Kgf/cm2) – 0 % (AD18)



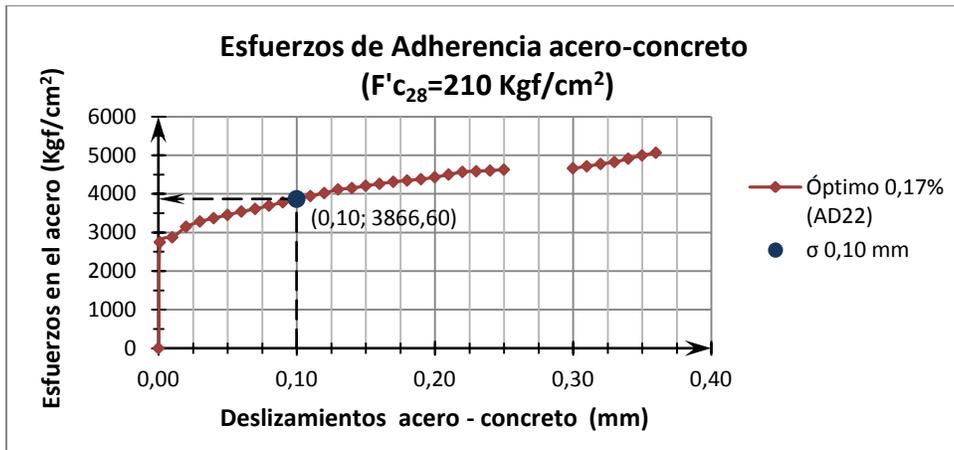
Esfuerzos de Adherencia acero-concreto (F'c₂₈=210 Kgf/cm²) – 0,17 % (AD19)



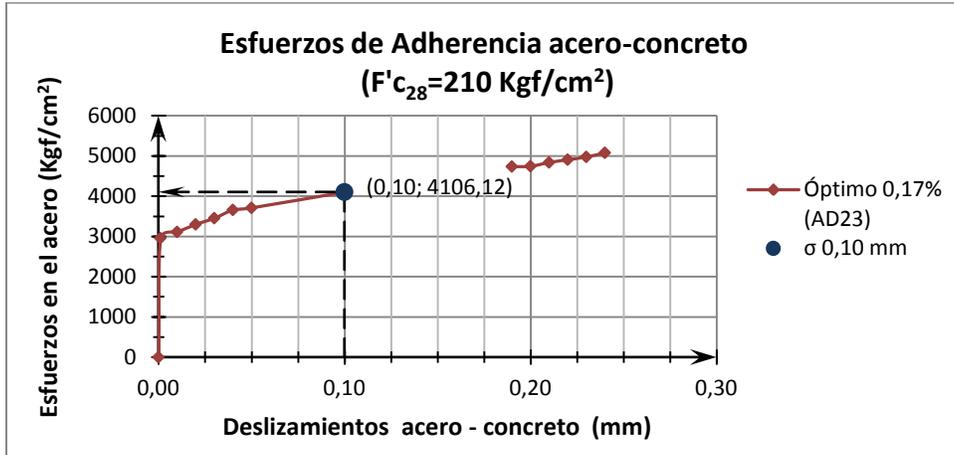
Esfuerzos de Adherencia acero-concreto (F'c₂₈=210 Kgf/cm²) – 0,17 % (AD20)



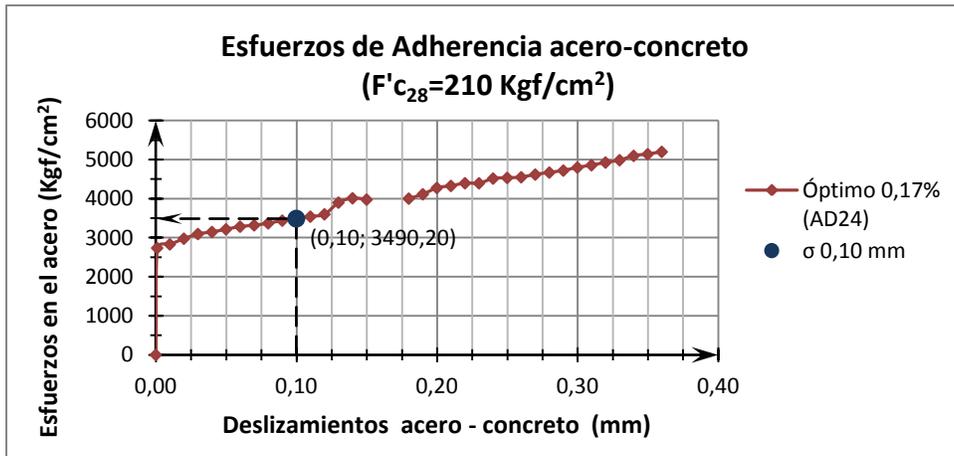
Esfuerzos de Adherencia acero-concreto ($F'c_{28}=210 \text{ Kgf/cm}^2$) – 0,17 % (AD21)



Esfuerzos de Adherencia acero-concreto ($F'c_{28}=210 \text{ Kgf/cm}^2$) – 0,17 % (AD22)



Esfuerzos de Adherencia acero-concreto ($F'_{c28}=210 \text{ Kgf/cm}^2$) – 0,17 % (AD23)



Esfuerzos de Adherencia acero-concreto ($F'_{c28}=210 \text{ Kgf/cm}^2$) – 0,17 % (AD24)