

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL GROUT EPOXICO Y MORTERO DE ALTA RESISTENCIA EN LA REPARACIÓN DE COLUMNAS DE SECCIÓN CUADRADA AFECTADAS POR EL PROCEDIMIENTO DE EXTRACCIÓN DE NÚCLEOS (CORE DRILL) EN MODELOS A ESCALA.

Presentado ante la ilustre
Universidad Central de Venezuela

Por:

T.S.U. Huanca, Christian

Br. Palma, Yeison

Br. Sotillo, Nailett

Para optar al Título de

Ingeniero Civil

Caracas, Noviembre de 2010

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL GROUT EPOXICO Y MORTERO DE ALTA RESISTENCIA EN LA REPARACIÓN DE COLUMNAS DE SECCIÓN CUADRADA AFECTADAS POR EL PROCEDIMIENTO DE EXTRACCIÓN DE NÚCLEOS (CORE DRILL) EN MODELOS A ESCALA

Tutor: Prof. Nelson Camacho

Presentado ante la ilustre
Universidad Central de Venezuela

Por.

T.S.U. Huanca, Christian

Br. Palma, Yeison

Br. Sotillo, Nailett

Para optar al Título de

Ingeniero Civil

Caracas, Noviembre de 2010

“Sobre todas las cosas, dedicamos este Trabajo Especial de Grado a nuestro Señor Jesucristo, Dios todo poderoso, a quien sea toda la gloria y toda la honra por siempre. Amén”

AGRADECIMIENTOS

Primeramente quiero agradecer a quien es digno de toda gloria y honra: a mi Señor Jesucristo, ya que con su ayuda he logrado culminar esta etapa de mi vida profesional que es un anhelo de mi corazón y los suyos en mi vida ya que todo es creado por él y para los propósitos de él.

A la gran familia que Dios me ha dado, a mis padres Pedro y Gloria que con el gran amor que me tienen siempre han estado ahí ayudándome en todo lo que necesite, a mi padre porque siempre admiré en él su constancia por el trabajo y mi madre por el amor con que realizo todas las cosas para mí. A mis hermanos; Roberto, porque siempre fue el ejemplo a quien seguí y al cual admiro, a Michael que está dando sus pasos para ser otro ingeniero en la familia;...a mi bella familia, los amo.

Y a todos los amigos y profesores que Dios puso en mi camino, que me conocen e involucrados en todo lo que respecta haber pasado por cada uno de los semestres y materias en Mi Universidad Central, tú que lees mi Tesis, lo digo por ti que me conoces...y un agradecimiento especial a Tamara, Winkel, Yelitzer, José Manuel, Yanina, Willy, Gina, Liriana, muchachos gracias, fue para mí un placer compartir estudios con ustedes y conocerlos...también al pana colega TSU Elione que se destaco ayudándonos en la práctica...

Un abrazo y agradecimiento especial a SOTILLO y PALMA, le doy gracias a Dios por tener tan grandes compañeros de Tesis..Gracias Ing. Yeison Palma por tu coraje, por tu deseo de sacar adelante la tesis en el aspecto teórico y mucho mas practico ya que no estuvo fácil esos elementos..jeje...Dios te bendiga Varón y cumpla el anhelo de tu corazón ...gracias Ing. Nailett Sotillo por tu valentía en adentrarle a esta tesis sobre todo en el aspecto práctico, de verdad te admiro por lo que has logrado desde que te conocí en el Introductorio....viste nai..la palabra dice: "nuestro lloro se convertirá en gozo"....te felicito Ingeniero Nailett Sotillo..Dios te bendiga.

Gracias Dios por todo lo que has logrado en nosotros, hemos peleado la buena batalla y solo en ti podemos ver victoria, tu semilla la llevamos en nuestras manos, llévanos en tu mano y alientanos con tu briza de amor...gracias Dios... Amén

Christian Huanca

Al meditar Dios mío en las cosas que me has dado, mi corazón se inflama lleno de emoción, pues no encuentro palabras con que expresar mi Cristo el agradecimiento de mi alma para ti.

Muchas son las cosas que mi Dios me ha dado en la realización de este Trabajo Especial de Grado y en agradecimiento le escribo esta oración.

Gracias por mis Padres Rafael Enrique Palma y María Madriz que siempre estuvieron ahí ayudándome y guiándome en mis estudios. Sin ellos no hubiese alcanzado esta meta

Gracias por mis familiares; en especial a mi Tía Gladys Madriz quien siempre estuvo dispuesta en abrirme la puerta de su casa y brindarme un poco de calor de hogar.

Gracias por mis amigos: José Manuel Díaz, Willy Zambrano, Yanina Cabrera y Liriana Hernández quienes siempre estuvieron dispuesto en ayudar en la realización de este T.E.G.

Gracias te doy Señor por los profesores; María Eugenia Korody, Alba López, Ronald Torres, Cesar Peñuela y Nelson Camacho que siempre estuvieron dispuestos a ayudar y colaborar en este T.E.G.

Gracias Señor por todos aquellos que ayudaron en la realización y feliz término de este Trabajo Especial de grado. Amen

Yeison Palma

A Dios por sobre todas las cosas, porque en todo momento su mano ha estado en mi camino, guiándome, guardándome y dándome la sabiduría para ejecutar todas las cosas.

A mi familia que son el pilar de mi formación; mi padre que siempre se ha esforzado por darme lo mejor, mi madre que me enseñó carácter y constancia y a mi hermana por su amor incondicional. Son lo más especial en mi vida y los quiero mucho, gracias por todo el apoyo y comprensión todos estos años.

A los compañeros que estuvieron apoyándonos en todo momento, Tamara, Winkel, Aura y en especial a Yelitser por ser más que amiga hermana. A esos amigos que han compartido buenos momentos y noches de desvelo a lo largo de esta carera, en especial a Gina y a José por convertirse en mas que compañeros, amigos. Un especial agradecimiento a Yanina, Willy y Liriana por apoyarnos en el desarrollo del trabajo practico de la tesis y compartir buenos momentos con nosotros.

Al personal técnico del IMME, en especial a Elione, por su ayuda incondicional en todo momento. Gracias de corazón por toda la ayuda prestada. A la Fabrica Nacional de Cemento por donar los materiales necesarios para el desarrollo de la investigación. A la dirección de servicios básicos de la UCV, en especial al Sr. José Hernández, sin el cual hubiera sido difícil traer los agregados necesarios. A los profesores que de una u otra forma influenciaron de manera positiva en mi crecimiento profesional; un especial agradecimiento a la profesora Maria Itriago, el profesor Cesar Peñuela, el profesor Nelson Camacho, la profesora Alba López y a la profesora Maria Eugenia Korody por su asesoramiento y dirección en la elaboración de este trabajo especial de grado. A la casa que vence las sombras, nuestra querida UCV, en cuyos espacios crecí como persona y como profesional.

Y un agradecimiento especial a Yeison Palma y a Christian Huanca, por soportar mi carácter y llevar a cabo este trabajo con todo el amor y la entrega necesaria. Gracias chicos, por cargar esos elementos pesados y creer que ustedes eran los únicos que trabajaban, jejeje. Gracias Christian por darme una palabra de aliento en los momentos difíciles y creer en mí, como siempre dices: “a los que aman a Dios todas las cosas le ayudan a bien”, admiro mucho tu constancia y esfuerzo para lograr tu meta, Dios te lleve de gloria en gloria y de victoria en victoria. Yeison, varón esforzado, gracias por dar el todo en el trabajo practico, Dios multiplique la fuerza de tus manos y te de sabiduría cada día, eres una gran compañero y amigo.

Nailett Sotillo

INDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
2. OBJETIVOS	6
2.1. General	6
2.2. Específicos	6
3. APORTES	7
CAPITULO II	
4. MARCO TEÓRICO	9
CAPITULO III	
5. MÉTODO	18
5.1. Diseño conceptual	18
5.2. Materiales	19
5.3. Descripción de equipos	23
5.4. Extracción de núcleos	26
5.5. Modelos	26
5.6. Diseño de mezcla para elementos de concreto y mortero de reparación	31
5.6.1. Concreto	31

5.6.2. Mortero	31
5.7. Análisis de diseño de mezcla para el concreto en estado fresco y endurecido	32
5.7.1. Concreto en estado fresco	32
5.7.2. Concreto en estado endurecido	33
5.8. Procedimiento de trabajo en laboratorio	34
5.8.1. Mezclado	34
5.8.2. Prueba de asentamiento	34
5.8.3. Vaciado	34
5.8.4. Desencofrado	35
5.8.5. Curado	35
5.8.6. Reparación	35
5.8.6.1. Reparación con mortero	35
5.8.6.2. Reparación con grout	36
5.8.7. Ensayos	36
5.9. Descripción de ensayos	37
5.9.1. Probetas cilíndricas	37
5.9.2. Elementos prismáticos	38
5.9.2.1. Probetas cúbicas de 50,8 mm de lado	38
5.9.2.2. Modelos tipo A y B (25x25x50 y 15x15x30 cm)	38

CAPITULO IV

6. RESULTADOS Y ANÁLISIS	42
--------------------------	----

6.1. Resultados diseños de mezclas	42
6.1.1. Diseño de mezcla 180 Kgf/cm ²	42
6.1.1.1. Variables del método	42
6.1.1.2. Resultados cantidad de material	42
6.1.2. Análisis de resultados de diseño de mezcla, patrones de dosificación en sitio	43
6.1.2.1. Aspecto en sitio	43
6.1.2.2. Trabajabilidad en sitio	43
6.1.3. Diseño de mezcla 230 Kgf/cm ²	44
6.1.3.1. Variables del método	44
6.1.3.2. Resultados cantidad de material	44
6.1.4. Análisis de resultados de diseño de mezcla, patrones de dosificación en sitio	45
6.1.4.1. Aspecto en sitio	45
6.1.4.2. Trabajabilidad en sitio	45
6.1.5. Diseño de mezcla 280 Kgf/cm ²	46
6.1.5.1. Variables del método	46
6.1.5.2. Resultados cantidad de material	46
6.1.6. Análisis de resultados de diseño de mezcla, patrones de dosificación en sitio	47
6.1.6.1. Aspecto en sitio	47
6.1.6.2. Trabajabilidad en sitio	47
6.2. Ensayos de probetas cilíndricas a los 3, 7, 28 días	48
6.2.1. Probetas cilíndricas Rt= 180 Kgf/cm ²	48

6.2.2. Probetas cilíndricas Rt= 230 Kgf/cm ²	50
6.2.3. Probetas cilíndricas Rt= 280 Kgf/cm ²	51
6.3. Dosificación de mezcla para morteros de reparación	52
6.3.1. Dosificación de mezcla mortero M2	53
6.3.2. Dosificación de mezcla mortero M3	53
6.3.3. Dosificación de mezcla mortero M5	53
6.4. Ensayo de morteros de reparación para resistencias 181, 248, 282 Kgf/cm ²	54
6.4.1. Resistencia 181 Kgf/cm ² , M3	54
6.4.2. Resistencia 248 Kgf/cm ² , M2	55
6.4.3. Resistencia 284 Kgf/cm ² , M5	56
6.5. Ensayos de probetas cúbicas de SikaGrout ® GR-104	57
6.6. Ensayos de modelos “A”	58
6.7. Ensayos de modelos “B”	62
6.8. Tablas comparativas de resistencias entre elementos y morteros de reparación a la edad del ensayo a compresión y las fallas típicas	67
6.9. Análisis en la comparación de resistencias entre elementos patrones, reparados y sin reparar	75
6.10. Comparación visual de adherencia entre mortero, grout y concreto	86
CONCLUSIONES	88
RECOMENDACIONES	93
REFERENCIAS	97
ANEXOS	100

ÍNDICE DE FIGURAS

N° de figuras	Título figura	Pág.
1	Equipo de extracción de núcleos.	11
2	Diversos tamaños de núcleos.	12
3	Rotura típica de columna con extracción sin reparar. J. Calavera y G. Aparicio. 1975	13
4	Rotura típica de columna con extracción reparada. J. Calavera y G. Aparicio. 1975	13
5	Características modelos tipo A.	29
6	Características modelos tipo B.	30

ÍNDICE DE GRÁFICOS

N° de gráfico	Título gráfico	Pág.
1	Crecimiento de resistencia del concreto $R_t=180 \text{ Kgf/cm}^2$	48
2	Crecimiento de resistencia del concreto $R_t=230 \text{ Kgf/cm}^2$	50
3	Crecimiento de resistencia del concreto $R_t=280 \text{ Kgf/cm}^2$	51
4	Resistencia del mortero $R_t=181 \text{ Kgf/cm}^2$	54
5	Resistencia del mortero $R_t=248 \text{ Kgf/cm}^2$	55
6	Resistencia del mortero $R_t=284 \text{ Kgf/cm}^2$	56
7	Desarrollo de resistencia del SikaGrout GR-104 en Kgf/cm^2	57
8	Elementos tipo A. Resistencias entre elementos patrones reparados y sin reparar	76
9	Elementos tipo B. Resistencias entre elementos patror reparados y sin reparar	81

ÍNDICE DE TABLAS

N° de tabla	Título Tabla	Pág.
1	Granulometría arena	19
2	Granulometría del agregado grueso	20
3	Especificaciones técnicas del yeso dental	22
4	Clasificación modelos tipo A	27
5	Clasificación modelos tipo B	28
6	Desarrollo de resistencia del Microconcreto con cemento CPCA1 (Eco Plus)	57
7	Valores de desarrollo de resistencia tomados de la Hoja Técnica del SikaGrout	58
8	Resistencias de los modelos A $R_t=280 \text{ Kgf/cm}^2$	59
9	Resistencias de los modelos A $R_t=230 \text{ Kgf/cm}^2$	60
10	Resistencias de los modelos A $R_t=180 \text{ Kgf/cm}^2$	61
11	Resistencias de los modelos B $R_t=280 \text{ Kgf/cm}^2$	63
12	Resistencias de los modelos B $R_t=230 \text{ Kgf/cm}^2$	64
13	Resistencias de los modelos B $R_t=180 \text{ Kgf/cm}^2$	65
14	Fallas típicas en elementos	66

15	Comparación entre resistencias de elementos y morteros de reparación, con tipificación de fallas en modelos Tipo A, $R_t=280 \text{ Kgf/cm}^2$	68
16	Comparación entre resistencias de elementos y morteros de reparación, con tipificación de fallas en modelos Tipo A, $R_t=230 \text{ Kgf/cm}^2$	70
17	Comparación entre resistencias de elementos y morteros de reparación, con tipificación de fallas en modelos Tipo A, $R_t=180 \text{ Kgf/cm}^2$	71
18	Comparación entre resistencias de elementos y morteros de reparación, con tipificación de fallas en modelos Tipo B, $R_t=280 \text{ Kgf/cm}^2$	72
19	Comparación entre resistencias de elementos y morteros de reparación, con tipificación de fallas en modelos Tipo B, $R_t=230 \text{ Kgf/cm}^2$	73
20	Comparación entre resistencias de elementos y morteros de reparación, con tipificación de fallas en modelos Tipo B, $R_t=180 \text{ Kgf/cm}^2$	74
21	Resistencias entre elementos patrones, reparados y sin reparar tipo A $R_t=280 \text{ Kgf/cm}^2$	77
22	Resistencias entre elementos patrones, reparados y sin reparar tipo A $R_t=230 \text{ Kgf/cm}^2$	78
23	Resistencias entre elementos patrones, reparados y sin reparar tipo A $R_t=180 \text{ Kgf/cm}^2$	79

24	Resistencias entre elementos patrones, reparados y sin reparar tipo B $R_t=280 \text{ Kgf/cm}^2$	82
25	Resistencias entre elementos patrones, reparados y sin reparar tipo B $R_t=230 \text{ Kgf/cm}^2$	83
26	Resistencias entre elementos patrones, reparados y sin reparar tipo B $R_t=180 \text{ Kgf/cm}^2$	84

ÍNDICE DE ANEXOS

N° de Anexo	Título	Pág.
1	Ensayo de agregado fino	101
2	Ensayo de agregado grueso	102
3	Ficha técnica cemento Portland tipo I	103
4	Ficha técnica cemento portland tipo CPCA1	106
5	Ficha técnica cemento portland tipo CPCA2	108
6	Ficha técnica SikaGrout® GR- 104	109
7	Fotos Materiales	114
8	Fotos equipos	115
9	Fotos elementos	117
10	Fotos métodos de reparación	118
11	Fotos método de trabajo en laboratorio	120
12	Diseño de mezcla de concreto $R_t=180 \text{ Kg/cm}^2$	121
13	Diseño de mezcla de concreto $R_t=230 \text{ Kg/cm}^2$	124
14	Diseño de mezcla de concreto $R_t=280 \text{ Kg/cm}^2$	127
15	Resultados ensayo de probetas cilíndricas de $R_t= 180 \text{ Kg/cm}^2$	130

16	Gráfica Ley de Abrams	131
17	Resultados ensayo de probetas cilíndricas de Rt= 230 Kgf/cm ²	132
18	Resultados ensayo de probetas cilíndricas de Rt= 280 Kgf/cm ²	133
19	Resultados ensayo de probetas cilíndricas Mortero M3 Rt= 181 Kgf/cm ²	134
20	Resultados ensayo de probetas cilíndricas Mortero M2 Rt= 248 Kgf/cm ²	135
21	Resultados ensayo de probetas cilíndricas Mortero M5 Rt= 284 Kgf/cm ²	136
22	Resultados ensayo de probetas cúbicas de 50,8 mm de lado de mortero SikaGrout® GR-104	137
23	Resultados ensayo de modelos A Rt= 280 Kgf/cm ²	138
24	Resultados ensayo de modelos A Rt= 230 Kgf/cm ²	139
25	Resultados ensayo de modelos A Rt= 180 Kgf/cm ²	140
26	Resultados ensayo de modelos B Rt= 280 Kgf/cm ²	141
27	Resultados ensayo de modelos B Rt= 230 Kgf/cm ²	142
28	Resultados ensayo de modelos B Rt= 180 Kgf/cm ²	143
29	Fotos falla modelos A Rt=280 Kgf/cm ²	144
30	Fotos falla modelos A Rt=230 Kgf/cm ²	145

31	Fotos falla modelos A $R_t=180 \text{ Kgf/cm}^2$	146
32	Fotos falla modelos B $R_t=280 \text{ Kgf/cm}^2$	147
33	Fotos falla modelos B $R_t=230 \text{ Kgf/cm}^2$	148
34	Fotos falla modelos B $R_t=180 \text{ Kgf/cm}^2$	149
35	Fotos adherencia reparación y concreto modelos A $R_t=280 \text{ Kgf/cm}^2$	150
36	Fotos adherencia reparación y concreto modelos A $R_t=230 \text{ Kgf/cm}^2$	151
37	Fotos adherencia reparación y concreto modelos A $R_t=180 \text{ Kgf/cm}^2$	152
38	Fotos adherencia reparación y concreto modelos B $R_t=280 \text{ Kgf/cm}^2$	153
39	Fotos adherencia reparación y concreto modelos B $R_t=230 \text{ Kgf/cm}^2$	154
40	Fotos adherencia reparación y concreto modelos B $R_t=180 \text{ Kgf/cm}^2$	155

Huanca. Y, Christian. J

Palma. M, Yeison. E

Sotillo. L, Nailett. B

**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL GROUT
EPOXICO Y MORTERO DE ALTA RESISTENCIA EN LA
REPARACIÓN DE COLUMNAS DE SECCIÓN CUADRADA
AFECTADAS POR EL PROCEDIMIENTO DE EXTRACCIÓN DE
NÚCLEOS (CORE DRILL) EN MODELOS A ESCALA**

Tutor: Prof. Nelson Camacho

Trabajo Especial de Grado. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería.

Escuela de Ingeniería Civil. 2010, nº pág. 155

Palabras Clave: Extracción de núcleos, reparación, mortero de alta resistencia, microconcreto, grout

El estudio del concreto en sitio se hace necesario cuando la resistencia de los cilindros de ensayos normalizados, arrojan datos inferiores a los establecidos en el proyecto original de una obra en proceso, o bien cuando las estructuras están o han pasado su periodo de vida útil y se desea conocer el estado de resistencia del concreto estructural. En tal sentido y para garantizar un excelente resultado en la estimación de dicha evaluación, es necesario aplicar el ensayo de extracción de núcleos de concreto (*core drill*).

Una vez extraído el núcleo de la masa de concreto, el elemento sufre una pérdida importante de volumen y de sección lo que incide directamente en la capacidad de soportar las cargas, afectando la resistencia de la estructura y comprometiéndola a una posible falla estructural, lo que hace necesario reparar el orificio dejado por el núcleo extraído.

En este trabajo especial de grado se pretende evaluar el comportamiento del grout epóxico y un mortero de alta resistencia en la reparación de elementos estructurales de concreto en los que se han extraído núcleos. Para tal fin es necesario elaborar modelos a escala de columnas de sección cuadrada de dos dimensiones diferentes y ensayarlas en su estado natural, para luego simular la extracción del núcleo y finalmente, reparar el orificio con mortero de alta resistencia en unas columnas y en otras con grout, lo cual permitirá concluir acerca de la

efectividad de la reparación realizada en elementos estructurales afectados por toma de núcleos.

El diseño conceptual se basa en la utilización del comportamiento que tendrá el grout y el mortero de alta resistencia en la reparación de los modelos de columnas, que nos permitirán lograr un mejor estudio en la conducta de los elementos sometidos a compresión axial en los modelos, encontrando el mejor comportamiento en función de dimensiones y resistencia, y estimando las condiciones óptimas para su utilización en una correcta reparación.

Por lo tanto, es necesaria la aplicación de una evaluación del comportamiento del grout epóxico y mortero de alta resistencia para desarrollar un correcto diseño de mezcla que permita optimizar esfuerzos logrando un resultado óptimo en la reparación. De alguna manera, esta estrategia debe permitir un análisis sistemático de las ideas planteadas, de forma de eliminar alternativas de procesos de reparación en columnas construidas sin un control de calidad. Luego, a medida que los resultados vayan siendo promisorios, aumentar el grado de detalle de los cálculos usando procedimientos de diseño cada vez más rigurosos, para lograr un mayor grado de exactitud en los resultados.

En conclusión, se demostró que el comportamiento del mortero grout ha sido más eficaz que el microconcreto en la reparación de columnas de sección cuadrada afectadas por el procedimiento de extracción de núcleos, esto es debido a la ventaja que tiene el mortero grout de expedirse y adherirse bien a las paredes del espacio a rellenar. Sin embargo se pudo comprobar que si se realiza un buen trabajo mecánico con cincel, taladro o cualquier otro elemento que permita una excelente rugosidad en la zona a reparar, es posible alcanzar una excelente adherencia entre el microconcreto y el elemento a reparar, de manera tal que el elemento reparado pueda alcanzar o igualar la resistencia obtenida en el elemento antes de ser intervenido con la extracción de núcleos de concreto

INTRODUCCIÓN

En la práctica profesional el diseño de estructuras a base de concreto es muy común debido a la durabilidad del material en el tiempo y la resistencia que ofrece el uso del concreto armado para soportar diversas sobrecargas y acciones naturales.

Sin embargo, la experiencia que se tiene en el comportamiento del concreto, ha demostrado que las estructuras hechas en concreto presentan un cierto grado de vulnerabilidad ante fenómenos sísmicos y condiciones climáticas a las cuales están expuestas. Esto ha llevado a investigar las estructuras de concreto en sitio y en el tiempo, por medio de diferentes ensayos normalizados, para diagnosticar si las patologías que presentan pueden llevar al colapso la estructura, si comprometen la capacidad resistente o si tan solo afectan los aspectos estéticos de la misma.

Un aspecto importante que indica el daño en los elementos de concreto es la pérdida de resistencia en el tiempo, lo cual nos lleva a investigar el estado de la resistencia de las estructuras de concreto. La norma venezolana, presenta para este caso el ensayo de extracción de núcleos (core drill), el cual ha sido la forma de evaluar la resistencia del concreto en sitio para estructuras existentes.

Sin embargo, al aplicar este ensayo, el elemento estructural sufre una pérdida importante de sección de concreto lo que incide directamente en la capacidad de soportar las cargas, afectando la resistencia y llevándolo a una posible falla estructural, lo que hace necesario reparar el orificio dejado por la extracción de núcleo.

Por medio de este trabajo, se dará a conocer una evaluación del comportamiento de la reparación con grout y mortero de alta resistencia que

se efectúa en elementos afectados por la extracción de núcleo (*Core Drill*), con el fin de conocer el material adecuado en composición y resistencia que actúe de forma homogénea con el concreto relacionado.

CAPITULO I

- ✓ Planteamiento del problema
 - ✓ Objetivos
 - ✓ Aportes

CAPÍTULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El estudio del concreto en sitio se hace necesario cuando la resistencia de los cilindros de ensayos normalizados de 15 cm de diámetro y 30 cm de alto, arroja datos inferiores a los establecidos en el proyecto original de una obra en proceso, o bien cuando las estructuras están o han pasado su periodo de vida útil, han sufrido daños por sismos, incendios o sobrecargas debidas al cambio de uso y se desea conocer el estado de resistencia del concreto estructural. En tal sentido y para garantizar un excelente resultado en la estimación de dicha evaluación, es necesario aplicar el ensayo de extracción de núcleos de concreto (*core drill*).

Los núcleos son probetas cilíndricas extraídas de la masa de concreto endurecida, usando una broca tubular, que gira sobre su eje, con una corona de dientes de tungsteno y de diamantes industriales en el filo de la broca que hacen el corte. Una vez extraído el núcleo de la masa de concreto, el elemento estructural sufre una pérdida importante de volumen y de sección lo que incide directamente en la capacidad de las cargas, afectando la resistencia de la estructura y comprometiéndola a una posible falla estructural, lo que hace necesario reparar el orificio dejado por el núcleo extraído.

En la mayoría de los casos la reparación se efectúa más por razones estéticas que por las antes expuestas, y no existe un manual o método recomendado para este tipo de reparaciones, empleándose para tal fin morteros de albañilería, morteros de media, baja o alta resistencia, morteros con pequeñas adiciones de expansivos, morteros con expansivos y resina epóxica en las paredes del agujero y morteros de cemento hidráulicos sin

retracción (grout epóxicos), pero, ¿Cuál de todos estos materiales garantiza la recuperación de la resistencia inicial del elemento estructural?

Se conoce, por resistencia de materiales, que los morteros de baja o media resistencia no son adecuados para efectuar reparaciones en elementos de alta resistencia inicial. Las reparaciones más usuales se realizan con morteros con adición de expansivos y untando resina epóxica en las paredes del agujero para procurar el efecto de pegado del relleno con las paredes de la pieza perforada; sin embargo, se ha demostrado que el uso de la resina epóxica no implica una mejora de eficacia de la reparación en cuanto a la resistencia del elemento, pero si una mejora física. (Ramírez Ortiz & Bárcenas Díaz, 1973)

En tal sentido, en este trabajo especial de grado se pretende evaluar el comportamiento del grout epóxico y un mortero de alta resistencia en la reparación de elementos estructurales de concreto en los que se han extraído núcleos. Para tal fin es necesario elaborar modelos a escala de columnas de sección cuadrada de dos dimensiones diferentes y ensayarlas en su estado natural, para luego simular la extracción del núcleo y finalmente, reparar el orificio con mortero de concreto en unas columnas y en otras con grout, lo cual permitirá concluir acerca de la efectividad de la reparación realizada en elementos estructurales afectados por toma de núcleos.

2. OBJETIVOS

2.1 General:

Evaluar el comportamiento del grout epóxico y mortero de alta resistencia en la reparación en columnas de concreto afectadas por el procedimiento de la extracción de núcleos.

2.2 Específicos:

1. Crear dos modelos a escala para columnas de igual sección y diferente dimensión (15x15x30 cm y 25x25x50 cm) para resistencias en concreto de 180, 230, 280 Kgf/cm²
2. Obtener la resistencia de los modelos de columnas ensayadas tomando en cuenta el estado original, la intervención con el procedimiento *core drill* y el estado reparado.
3. Estimar ventajas de la reparación con grout epóxico y mortero de alta resistencia desde el punto de vista técnico y de costos, en los modelos a escala.

3. APORTES

1. Sentar bases para la investigación sobre el comportamiento de elementos estructurales intervenidos por extracción de núcleos.
2. Establecer una guía para el uso adecuado de los materiales de reparación en elementos estructurales afectados por la extracción de núcleos.
3. Definir un criterio en la elección del material de reparación en base a costos.
4. Obtener conocimientos en el área de la patología estructural vinculada a la reparación y mantenimiento de estructuras de concreto.

CAPITULO II

✓ Marco Teórico

CAPITULO II

4. MARCO TEÓRICO

Los modelos a escala se idean porque las columnas de tamaño real no se ensayan en nuestro país por condiciones técnicas; en el Boletín de la Universidad de Illinois, publicado en 1907, aparece una memoria escrita por Mr Arthur N. Talbot donde se difunden resultados de ensayos realizados en columnas a escala real. También se conocen experiencias de este tipo en el Instituto Técnico de Materiales y Construcciones (INTEMAC) en España durante 1973, en los laboratorios de la Cátedra de Estructuras de la Escuela Superior de Ingenieros Industriales de Bilbao y en los Laboratorios de Ensayos e Investigación Industrial “L. J. Torrónategui” anexos a la misma, en 1975.

Los modelos se usan para determinar el comportamiento del concreto a compresión, considerando que generan resistencias mayores que las columnas reales por ser homogéneos en su constitución y por la forma de su elaboración.

En 1973, Ramírez y Barcena realizaron una investigación experimental “Aportación en torno a la valoración de la calidad resistente del hormigón de estructuras por medio de probetas testigos extraídas por corte”, en la cual modelaron probetas prismáticas de 20x20x50 cm para compararlas con las condiciones reales de columnas afectadas por la toma de núcleos, luego en 1975, repitieron los mismos ensayos, bajo las mismas condiciones en modelos a escala natural de 25x25x200 cm obteniendo conclusiones similares, con la única diferencia que los modelos de altura 50 cm dan resistencia un poco más alta que los de altura 200 cm.

En el marco de este trabajo especial de grado, los modelos se realizarán con concreto macizo, sin acero, pues el concreto en las columnas reales soporta la compresión axial y el acero de amarre transversal permite aumentar la resistencia. En este caso, someteremos los modelos a fuerzas axiales y relacionaremos el modelo con la realidad por medio de la forma de la sección transversal, la pérdida de la misma después de la extracción del *core drill* y la resistencia que soporta el elemento en ese punto.

Al ensayar los modelos, se debe considerar que trabajan bajo condiciones estáticas y no dinámicas como sucede con las columnas en la realidad.

Por lo tanto, se considerarán los siguientes aspectos teóricos:

La patología de las estructuras de concreto es uno de los temas que más se ha estudiado durante los últimos años. Las evaluaciones de las estructuras que han sufrido algún siniestro, un cambio de uso o destino, o cuyo concreto tiene una resistencia incierta se presentan con mucha frecuencia.

En una estructura de concreto armado las columnas son elementos axiales sometido a compresión, de sección transversal pequeña respecto a su longitud, para que bajo la acción de una carga gradualmente creciente se rompa por flexión lateral o pandeo ante una carga mucho menor que la necesaria para romperlo por aplastamiento. (de la Mora & de Garay).

Se emplean para soportar cargas de compresión; a nivel constructivo se origina en ellas cierta flexión debido a la manera en que se distribuyen las cargas mediante vigas y losas y los momentos introducidos por la construcción continua, originando que la columna trabaje a flexo-compresión.

La estimación de la calidad y la seguridad de servicio que la columna como elemento estructural puede seguir brindando a los usuarios, no están necesariamente ligadas únicas y de manera exclusiva a la resistencia a compresión del concreto y por ello se requieren las evaluaciones, tanto del concreto como de los elementos estructurales a través de las llamadas *Pruebas Destructivas*, las cuales hoy en día se han convertido en una alternativa viable para establecer los parámetros de la seguridad estructural de las obras civiles en general.

La extracción de núcleos de concreto (*core drill*), es un tipo de ensayo destructivo, con el que se puede determinar, la densidad y humedad del concreto, la adherencia, la carbonatación, la corrosión y la permeabilidad. Es una prueba relativamente económica, requiere de equipo y de personal capacitado, en la imagen # 1 se puede apreciar el equipo empleado para extraer el núcleo del elemento estructural.



Imagen 1. Equipo de extracción de núcleos.

El núcleo o core drill, es una probeta cilíndrica cortadas y extraída de la masa de concreto endurecido. Para ello se usan brocas tubulares de pared delgada y distintos diámetros, acopladas a un motor que las hace girar sobre

su propio eje. Para cortar el concreto, las brocas disponen de una corona de diamantes industriales en su extremo. (COVENIN 0345-1980 pág. 2).

Se extrae un mínimo de tres núcleos por cada zona a evaluar. El diámetro de los núcleos debe ser de 3" mínimo dependiendo del tamaño máximo de los agregados del concreto, en la imagen # 2, se observan variadas dimensiones de núcleos. Debe evitarse el corte de acero de refuerzo o tuberías de instalaciones. Los resultados obtenidos son confiables. El proceso de curado y secado debe ser apegado a la Norma COVENIN 0345:1985. "*Método para la extracción de probetas cilíndricas y viguetas de concreto endurecido*".



Imagen 2. Diversos tamaños de núcleos

La extracción de núcleos origina un cambio físico en el elemento al cual se le realiza el ensayo, por este motivo este ensayo se clasifica como ensayo destructivo. La pérdida de sección incide en la distribución de las cargas a las cuales esta solicitada la columna, pudiendo generar planos de falla significativos y daños a la estructura; la extracción de núcleos se hace luego de un estudio previo del elemento a ensayar para ocasionar el menor daño posible.

Estudios anteriores de este tema han llegado a la misma conclusión, la columna perforada por la broca tubular durante la extracción del núcleo,

queda disminuida en su sección transversal afectando la resistencia del elemento estructural, haciéndose necesario restituir de la manera más efectiva la resistencia primitiva del mismo, esto se hace rellenando el agujero dejado con una masa de concreto de resistencia alta con adición de expansivo. La imagen # 3, muestra la rotura típica de una columna de 25x25x200 cm sometido a un ensayo de compresión axial con el agujero sin rellenar y la figura 4, muestra la columna ensayada con la reparación efectuada.



Imagen 3. Rotura típica de columna con extracción sin reparar. J. Calavera y G. Aparicio. 1975

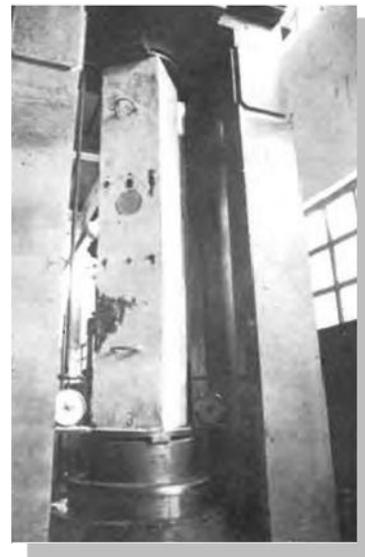


Imagen 4. Rotura típica de columna con extracción reparada. J. Calavera y G. Aparicio. 1975

Al no existir un método o procedimiento normalizado para la reparación del agujero dejado por la extracción del núcleo, la práctica general es preparar morteros sencillos, en algunos casos preparar morteros con diseño de mezcla o lo más común, reparar con algún grout sin retracción.

El grout o mortero de cemento hidráulico sin retracción, es un compuesto de base inorgánica constituido por cemento hidráulico, agregados silíceos u otros agentes expansivos que solamente requieren para su endurecimiento la adición de agua y que una vez en estado final endurecido presenta estabilidad volumétrica. (COVENIN 2830-1991 pág. 2).

Esta mezcla esta dosificada para obtener una consistencia que permita su colocación sin que se produzca la segregación de sus constituyentes. El grout se emplea por excelencia para rellenar espacios vacios o cavidades.

Para cumplir su función el grout debe satisfacer los siguientes requerimientos:

1. Buena fluidez para facilitar la colocación y asegurar un llenado completo y una máxima área de contacto o superficie de apoyo.
2. Libre de retracciones bajo placas o en las perforaciones.
3. Exudación y expansión controladas, lo que asegura la adherencia y el traspaso de cargas.
4. Baja inclusión de aire.
5. Altas resistencias mecánicas. Una máquina en operación puede generar cargas de compresión, impacto, tracción, torsión y cizalle.
6. Resistencia térmica.
7. Resistencia ante sustancias agresivas
8. Rápida puesta en servicio.
9. Facilidad de aplicación.
10. Rápido desarrollo de resistencias.

Los morteros en cambio, son productos elaborados con cemento portland, arenas de cuarzo gradadas y aditivos en polvo. Utilizados para

efectuar trabajos de reparación estructural en elementos de concreto. Son totalmente compatibles con los soportes de concreto ya que tienen igual coeficiente de expansión térmica e igual módulo de elasticidad. (Bellido, 2010).

Según la proporción de los ingredientes de la mezcla, los morteros pueden tener diferentes resistencias: bajas, medias y altas.

Los morteros de alta resistencia son óptimos para reparar elementos estructurales que trabajan bajo cargas axiales de compresión.

Los morteros con diseño de mezcla, se les conoce como microconcretos, a diferencia de los grout, deben poseer agregados finos en su composición y agua convenientemente dosificado para elaborar mezclas trabajables. De tal manera que, su comportamiento sea similar al del concreto, tanto en estado fresco como en estado endurecido y sea capaz de desarrollar resistencias medias y altas, no requiere una consistencia específica para su colocación. (Abdev Merrys & Blanco Posse, 2002).

En este trabajo se desea evaluar el comportamiento de estos dos materiales, para comparar su desempeño y efectividad al realizar la reparación y la capacidad de restaurar la resistencia inicial del elemento sin intervenir.

La extracción de núcleos en condiciones reales se hace cumpliendo con la norma venezolana COVENIN 358-80 "*Método para la extracción de probetas cilíndricas y viguetas de concreto endurecido*". En este trabajo, las condiciones de la extracción serán simuladas en laboratorio.

No se pretende con este trabajo afirmar resultados concluyentes acerca de los comportamientos reales en las columnas existentes, mas sin embargo se desea sentar un precedente en el estudio de la patología

estructural y disponer de una guía para facilitar los trabajos de reparación en elementos estructurales intervenidos.

A continuación se enumeran algunos términos empleados en el desarrollo de este trabajo:

Curado del concreto: Es el mantenimiento del contenido de humedad y de temperatura satisfactoria en el concreto durante un periodo definido con el propósito de que se desarrollen las propiedades deseadas.

Exudación: Aparición de una cantidad de agua superior a la normal en la superficie del concreto fresco debido a la sedimentación de sus componentes sólidos o el drenaje del agua de mezclado.

Elementos: Nombre técnico que se le da en este caso a los modelos de columnas a escala, Probetas Cilíndricas y Probetas Cúbicas

Refrentado: Procedimiento mediante el cual, se logra una nivelar las caras de un elemento cuando estas son irregulares, asegurando la perpendicularidad entre las caras del mismo.

Trabajabilidad: Propiedad del concreto mediante la cual se determina su capacidad para ser colocado y compactado apropiadamente.

CAPITULO III

- ✓ Diseño conceptual
 - ✓ Materiales
- ✓ Descripción de equipos
- ✓ Extracción de núcleos
 - ✓ Modelos
- ✓ Diseños de Mezclas
- ✓ Procedimiento de trabajo en laboratorio
- ✓ Descripción de ensayos

CAPITULO III

5. MÉTODO

5.1 Diseño conceptual

El diseño conceptual se basa en la utilización del comportamiento que tendrá el grout y el mortero de alta resistencia en la reparación de los modelos de columnas, que permitirán lograr un mejor estudio en la conducta de los elementos sometidos a compresión axial en los modelos, encontrando el mejor comportamiento en función de dimensiones y resistencia, y estimando las condiciones optimas para su utilización en una correcta reparación ante la extracción de núcleos core drill.

A nivel de patología estructural, el tema tratado acerca de la extracciones de core drill es conocido pero no existen evidencias muy claras en la reparación para elementos afectados por la extracción de núcleos. La experiencia e ideas acerca del tema han sido poco tratadas y desarrolladas comercialmente en las empresas.

Por lo tanto, es necesaria la aplicación de una evaluación del comportamiento del grout epóxico y mortero de alta resistencia para desarrollar un correcto diseño de mezcla que permita optimizar esfuerzos y lograr un resultado óptimo en la reparación.

De alguna manera, esta estrategia debe permitir un análisis sistemático de las ideas planteadas, de forma de eliminar alternativas de procesos de reparación en columnas construidas sin un control de calidad. Luego, a medida que los resultados vayan siendo promisorios, debe aumentarse el grado de detalle de los cálculos usando procedimientos de diseño cada vez más rigurosos, para lograr un mayor grado de exactitud en los resultados.

5.2 Materiales:

Arena: Se emplearon 1300 Kg de arena de buena calidad, donados por La Fábrica de Cemento Nacional, FCN. El agregado fino era natural semitriturado, limpio y grueso, TM 3/8 (Ver anexo 1), con las siguientes características granulométricas.

ENSAYO GRANULOMÉTRICO

Cedazo	Peso retenido	% Retenido	Retenidos acumulados	% Pasantes
1/2"				
3/8"	9	0,9	0,9	99,1
1/4"		0,0	0,9	99,1
# 4	200	20,0	20,9	79,1
# 8	199	19,9	40,8	59,2
# 16	209	20,9	61,7	38,3
# 30	165	16,5	78,2	21,8
#50	117	11,7	89,9	10,1
# 100	68	6,8	96,7	3,3
# 200	20	2,0	98,7	1,3
Fondo	13	1,3	100,0	0,0
Peso T.r	1.000 g			

Tabla 1. Granulometría arena. Suministrada por Fábrica Nacional de Cemento

Piedra: El agregado grueso utilizado es de buena calidad procedente de lecho de río, semitriturado TM $\frac{3}{4}$. Producido por la arenera Puenteareas C.A. y donado por FCN. Se emplearon 1500 Kg. (ver anexo 2)

ENSAYO GRANULOMÉTRICO

Cedazo	Peso retenido	% Retenido	Retenidos acumulados	% Pasantes
1"	112	0,9	0,9	99,1
3/4"	989	7,6	8,4	91,6
1/2"	6.605	50,6	59,0	41,0
3/8"	3.495	26,8	85,8	14,2
1/4"	1.435	11,0	96,8	3,2
#4	219	1,7	98,5	1,5
#8	143	1,1	99,6	0,4
#16	35	0,3	99,9	0,1
#30	54	0,4	100,3	-0,3
Fondo	77	0,6	100,9	-0,9
Peso T.	13.052 g			

Tabla 2. Granulometría del agregado grueso. Fuente FNC

Cemento: El cemento empleado para las mezclas de concreto, de acuerdo a las especificaciones del mismo, es un cemento Portland tipo CPCA 2 (Maestro), con 10% de adición de caliza, del cual se requirieron quince sacos de 42,5 Kg cada uno. Para los morteros se usaron dos sacos de cemento Portland tipo CPCA1 (Eco Plus), con 5% de adición de caliza; que cumplen con las especificaciones de la norma COVENIN 3134-1994. “*Cemento portland con adiciones. Especificaciones*”. (Para las características de cada tipo de cemento, ver anexos 3, 4 y 5). Estos tipos de cemento, producen concretos y morteros estables, durables, plásticos, adherentes y con capacidad de retención de agua, excelentes para trabajos de albañilería y obras con requerimientos de bajas resistencias; sin embargo, no son recomendados por las normas COVENIN para elaborar elementos estructurales. Se empleó este tipo de cemento porque en el momento de realizar este trabajo de grado, el cemento portland tipo I no se encontraba disponible en el mercado, únicamente se disponía de cementos CPCA2 y escasamente CPCA1.

Grout: Se emplearon dos sacos de 25 Kg. cada uno de mortero de cemento hidráulico sin retracción (grout), de la casa comercial Sika, SikaGrout® GR-104, clasificado como Grout tipo A (COVENIN 2830), (Ver ficha técnica en Anexo 6). Este producto es recomendado por el fabricante, para efectuar reparaciones en zonas confinadas, donde no se desee retracción, y se requiera estabilidad volumétrica vertical del relleno. Se empleó este material luego de haber estudiado las fichas técnicas de varias casas comerciales, por ser el único disponible en el mercado al momento de realizar este trabajo especial de grado.

Mortero de alta resistencia (Microconcreto): Para realizar las reparaciones se empleó un mortero de resistencia similar a la del elemento a reparar, que se elaboró a partir de los diseños de mezcla M2, M3 y M5 propuestos en la tesis de Abdev Merrys & Blanco Posse (2002). En el trabajo

citado, se usó arena TM= 3/8 pulgadas, similar a la que se empleó en este trabajo y cemento Portland tipo I, el cual no estaba disponible, por lo que se empleó un cemento portland tipo CPCA I.

Yeso dental: Es un mineral natural, sulfato de calcio bihidrato, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, que se transforma mediante procesos en sulfato de calcio semihidrato, $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$. Se emplea por lo general para refrentar elementos, porque proporciona un rápido fraguado y resistencia iniciales altas, como se puede observar en la tabla 3.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
Tiempo de fraguado	10 ± 2 min.
Expansión al fraguado	0,15% después de 2 horas
Resistencia	390 Kg/cm ² después de una hora

Tabla 3. Especificaciones técnicas del yeso dental.

Para observar los materiales, ver anexo 7

Almacenamiento de los materiales: Los quince sacos de cemento y los tres de SikaGrout GR-104, se almacenaron en un lugar fresco, envueltos cada uno en bolsas plásticas, sobre una plataforma que aseguraba que no estuvieran en contacto directo con el suelo.

Los agregados gruesos y finos se dispusieron en bolsas plásticas de 35 Kg de capacidad y se almacenaron en el IMME en un sitio cerrado para evitar que los agregados estuvieran expuestos al ambiente.

5.3 Descripción de los equipos

1. **Mezcladora de eje de inclinación variable (trompo):** Capacidad de 100 lts. y motor de gasolina de dos tiempos.
2. **Cono de Abrams:** Molde con forma de cono truncado, con un diámetro de base de 20 cm, diámetro superior 10 cm y 30 cm de altura, construido de un material rígido e inatacable por el concreto. Cumple con la norma venezolana COVENIN 0339-2003. *“Método para la medición del asentamiento con el cono de Abrams”*.
3. **Barras compactadoras:** Elaboradas en acero, con 60 cm de longitud y punta semiesférica de 8 mm de radio usada para compactar el concreto en el cono de Abrams, en los cilindros normalizados de 15 cm de diámetro y 30 cm de alto y en los elementos de 25x25x50 cm, de 30cm de longitud y punta semiesférica de 5mm de radio; empleada para compactar el concreto en los cilindros de 10 cm de diámetro y 20 cm de alto y en los moldes de 15x15x30 cm.
4. **Base metálica:** Elaborada en acero, con 50 cm de diámetro, para colocar el cono de Abrams durante la prueba de asentamiento.
5. **Cinta métrica:** Metálica de 5 m de longitud.
6. **Buggie con ruedas de goma:** De 150 lts de capacidad para el transporte del concreto.
7. **Cucharas y paletas de albañilería:** Herramientas empleadas para enrase y manipulación del concreto, mortero y grout.
8. **Balanza:** Con capacidad de 45 Kg, para el pesaje del agregado grueso, fino, cemento y agua.

- 9. Formaletas cilíndricas de 15 cm diámetro y 30 cm de altura:** Moldes metálicos, rígidos, de superficie interior lisa, no absorbente y que no reaccione con el concreto. De 15 cm de diámetro y 30 cm de alto. Provistos de una base metálica maquinada. Con elementos para sujetarla firmemente al molde con el plano perpendicular al eje del cilindro. De tal manera que se consiga un cierre hermético. Para la elaboración de cilindros normalizados para comprobar los diseños de mezcla. Cumple con la norma venezolana 0338-2002. *“Método para la elaboración, curado y ensayo a compresión de cilindros de concreto”*
- 10. Formaletas cilíndricas de 10 cm diámetro y 20 cm de altura:** Moldes metálicos, rígidos, de superficie interior lisa, no absorbente y que no reaccione con el concreto. De 10 cm de diámetro y 20 cm de alto. Provistos de una base metálica maquinada. Con elementos para sujetarla firmemente al molde con el plano perpendicular al eje del cilindro. De tal manera que se consiga un cierre hermético. Para la elaboración de cilindros para comprobar los diseños de mezcla de los morteros.
- 11. Formaletas cúbicas de 5x5 cm:** Moldes de aleación metálica con no más de tres compartimientos cúbicos. Separables en dos partes y que cumplan las características propuestas en la norma COVENIN 0484-2002. *“Cemento Portland. Determinación de la resistencia a la compresión de morteros en probetas cúbicas de 50,8 mm de lado”* Para la elaboración de los prismas de grout para obtener la curva de resistencia.
- 12. Encofrados rectangulares de 15x15x70 cm:** Se emplearon varios moldes metálicos, existentes en el laboratorio, que se adecuaron con separadores de madera de 15x15x20 para obtener las dimensiones deseadas en los elementos de 15x15x30 cm.

13. **Encofrados rectangulares de 25x25x50 cm:** Se emplearon tres moldes metálicos existentes en el laboratorio, rigidizados con un sargento en el momento del vaciado de concreto y se elaboraron dos más de madera, recubiertos internamente con formica para protegerlos de los daños ocasionados por el agua, con las mismas dimensiones.
14. **Tuberías de PVC de 3 pulgadas:** Cortadas cada 40 cm, para simular la extracción de núcleo en los elementos de 25x25x50 cm.
15. **Tuberías de PVC de 2 pulgadas:** Cortadas cada 25 cm, para simular la extracción de núcleo en los elementos de 15x15x30 cm.
16. **Aceite y brochas:** Para untar los encofrados antes de vaciar el concreto o mortero en los mismos.
17. **Tanques de curado:** Se empleo el tanque de curado rectangular ubicado en el patio del IMME, se uso además el tanque australiano, y adicionalmente se habilito un tanque plástico para garantizar el correcto curado de todos los elementos.
18. **Balanza digital:** Capacidad de 30 Kg, un gramo de precisión.
19. **Vernier:** Instrumentos mecánicos de medición lineal de exteriores, medición de interiores, y profundidades. Elaborados en metal, longitud máxima de medición de 60 cm y de 30 cm. Precisión 0,05 mm
20. **Nivel de burbuja:** Tubo de vidrio relleno de un líquido de baja viscosidad, insertado en un instrumento que permite determinar de forma práctica y sencilla, la horizontalidad o verticalidad de una superficie.

21. **Grúa de riel:** Operada manualmente, con motor eléctrico de capacidad 5 Ton. Empleada para movilizar los elementos tipo A de peso aproximado entre 70 y 80 Kg.

22. **Prensa universal:** Maquina hidráulica operada manualmente, marca BALDWIN LIMA HAMILTON CORP. Año 1952. De 200000 Kgf de capacidad.

23. **Prensa hidráulica con lectura digital:** Con capacidad de 200000 Kg, marca Controls.

Para observar algunos de los equipos, ver anexo 8

5.4 Extracción de núcleos:

Por motivos de costo, y para evitar daños imprevistos, la extracción de los núcleos se simuló usando tubos de PVC de dos diámetros distintos (2" y 3") colocados en el molde donde se vaciaron los modelos. Una vez fraguado y endurecido el concreto, se retiraron los tubos de los modelos y las superficies lisas del núcleo se manipularon para lograr un acabado rugoso ideal para la reparación.

5.5 Modelos:

Para cumplir los objetivos planteados en este trabajo especial de grado, se confeccionaron dos series de elementos de concreto, repartidas en cuatro estados (macizos, reparados con grout, reparados con morteros y sin reparar), con tres resistencias diferentes a fin de establecer patrones de comportamiento.

Las dos series principales se realizaron de igual sección geométrica pero de diferentes dimensiones, para establecer una relación en la pérdida de resistencia, por efectos de la pérdida de sección. Los modelos tipo A se

diseñaron de 25x25x50 cm y se simuló la extracción del núcleo con una tubería de PVC de 3" lo que implica una pérdida de sección de 30 %. En cambio, los modelos tipo B, se fabricaron más pequeños, con dimensiones de 15x15x30 cm y se simuló la extracción del núcleo con una tubería de PVC de 2" que produce un 33% de pérdida de sección transversal. (Ver anexo 9)

De cada una de estas series se elaboraron 12 elementos en 4 estados diferentes: tres elementos en estado macizo, nueve elementos simulando la extracción del núcleo, de los cuales se repararon tres con mortero tres con grout y tres se dejaron sin reparar para evaluar mediante las resistencias el comportamiento en cada estado.

El procedimiento descrito se repitió para tres tipos de resistencia, se elaboró un total de setenta y dos elementos repartidos como se describe en las tablas 4 y 5

Modelo A (25x25x50 cm)				
Estado	Modelo	180 Kgf/cm²	230 Kgf/cm²	280 Kgf/cm²
Macizo	A1	3	3	3
Reparado con Grout	A2	3	3	3
Reparado con mortero de alta resistencia	A3	3	3	3
Sin Reparar	A4	3	3	3

Tabla 4. Clasificación de modelos tipo A.

Modelo B (15x15x30 cm)				
Estado	Modelo	180 Kgf/cm²	230 Kgf/cm²	280 Kgf/cm²
Macizo	B1	3	3	3
Reparado con Grout	B2	3	3	3
Reparado con mortero de alta resistencia	B3	3	3	3
Sin Reparar	B4	3	3	3

Tabla 5. Clasificación de modelos tipo B.

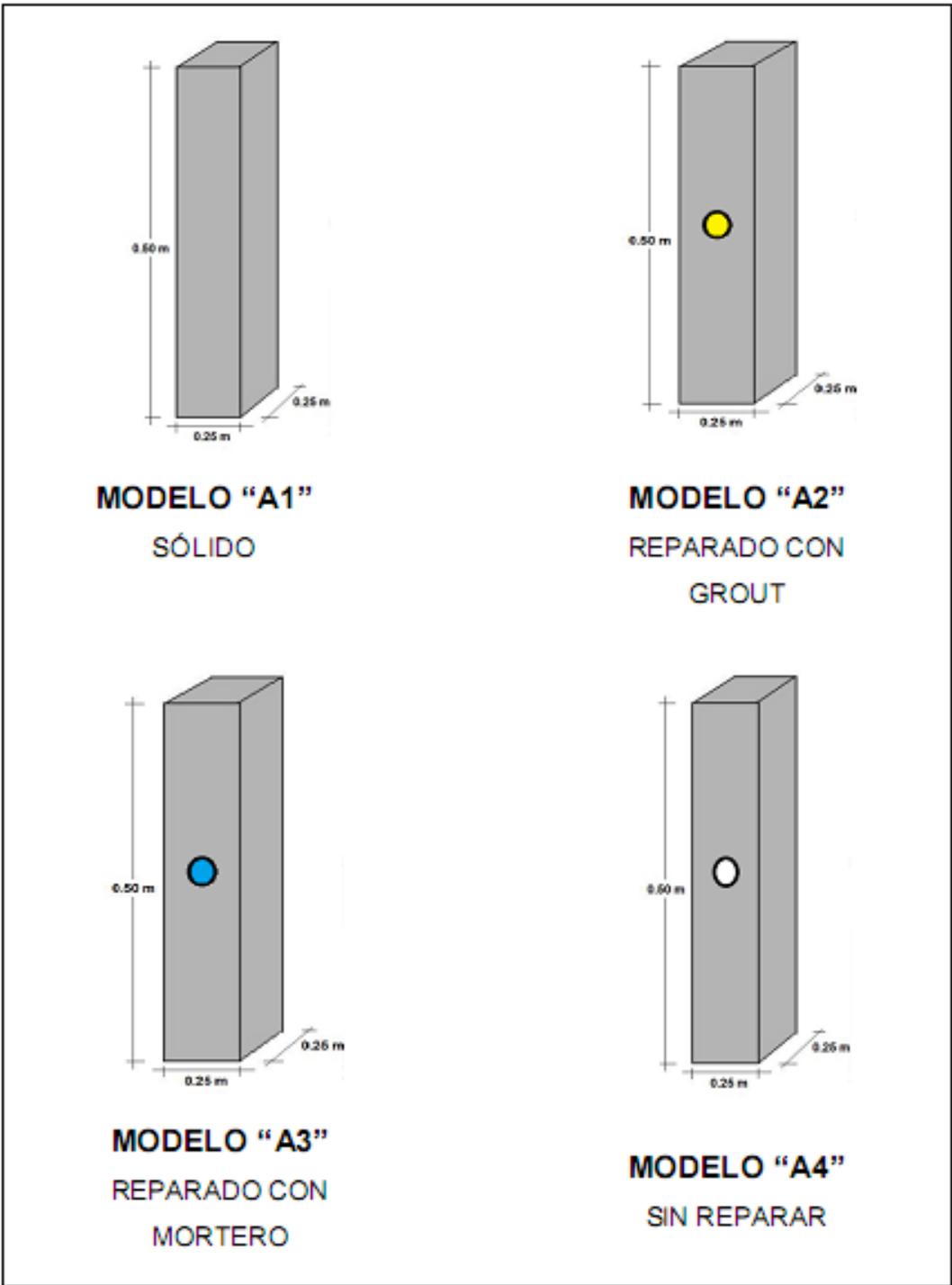
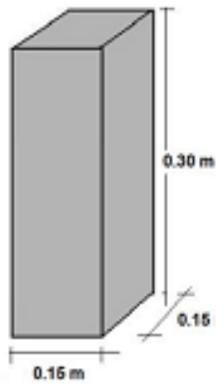
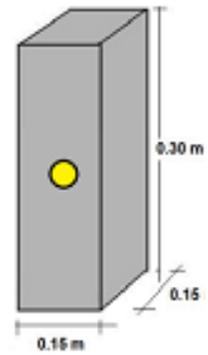


Imagen 5. Características modelo tipo A



MODELO "B1"

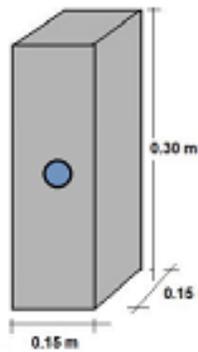
SÓLIDO



MODELO "B2"

REPARADO CON

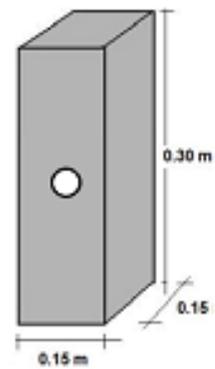
GROUT



MODELO "B3"

REPARADO CON

MORTERO



MODELO "B4"

SIN REPARAR

Imagen 6. Características modelo tipo B

5.6 Diseño de mezcla para elementos de concreto y mortero de reparación

5.6.1 Concreto.

El diseño de mezcla del concreto empleado para obtener los resultados de las resistencias alta, media y baja, se iniciaron considerando como patrón principal una dosificación adecuada para la mezcla, en la cual intervienen la manejabilidad en estado fresco, resistencia, aspecto en sitio y apariencia del elemento al ser desencofrado.

De acuerdo a los aspectos anteriormente citados, se utilizó el método de diseño propuesto en el Manual del Concreto Estructural del Profesor Joaquín Porrero, el cual es un método probado en laboratorios y plantas de preparación comercial de concreto con excelentes resultados.

El método consideró variables como: trabajabilidad, dosis de cemento, relación agua/cemento, resistencia; y tiene como ventaja que no impone limitaciones a la granulometría ni a las proporciones de combinación de los agregados. También el método es válido para concretos con asentamientos en el cono de Abrams entre 2,5 cm (1") y 15 cm (6") y con resistencias a la compresión entre 180 y 430 Kgf/cm².

Considerando el método, se realizaron cilindros de prueba de acuerdo a la norma COVENIN 0338-2002 *"Método para la elaboración, curado y ensayo a compresión de cilindros de concreto"*.

5.6.2 Mortero.

El diseño de mezcla del mortero empleado para las resistencias alta, media y baja, necesarias para las reparaciones de la extracción de núcleo en los modelos, fue tomado del trabajo especial de grado de: ABDEV ALI, BLANCO RUBÉN; ESTUDIO DE EXUDACIÓN Y LA RETRACCIÓN EN EL

MICROCONCRETO PARA LA REPARACIÓN DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO. (Universidad Central de Venezuela. 2002).

Del T.E.G. mencionado, se extrajo el diseño de mezclas: M2, M3, M5. Siendo M2 de resistencia de 248 Kgf/cm², M3 resistencia de 181 Kgf/cm², M5 resistencia de 282 Kgf/cm², siendo estas resistencias las requeridas para lograr una similitud a la resistencia de nuestros modelos.

5.7 Análisis de diseño de mezcla para el concreto en estado fresco y endurecido

5.7.1 Concreto en estado fresco.

Dadas las cantidades de agregado para un correcto diseño de mezcla, se procedió en la práctica a chequear el comportamiento de la mezcla de concreto en su estado fresco, en función de su fluidez, considerando en ella un grado tieso o movable de los agregados cuando ocurrió el proceso de mezclado que se realizó en el trompo; compactibilidad, realizando un buen uso de vibrado en la mezcla al ser vaciado en el molde; estabilidad de la segregación, la cual se observó exudación o sangrado que ocurrió a simple vista por la separación del agua de los restantes componentes de la mezcla en su superficie.

Al cabo de algunas horas, se apreció una retracción en la mezcla; fenómeno de encogimiento o disminución de volumen que sufrió el mismo, debida a pérdida parcial de poco agua con el tiempo. La trabajabilidad en estado fresco se corroboró con el ensayo del Cono de Abrams, según la Norma COVENIN 0339-2003. "*Método para la medición del asentamiento con el cono de Abrams*", que ofreció resultados bajos de asentamiento.

5.7.2 Concreto en estado endurecido.

Luego de realizado el vaciado y fraguado del concreto, se procedió a realizar sobre el elemento el ensayo de ultrasonido, según la Norma COVENIN 1681-1980. *“Método de ensayo para determinar la velocidad de propagación de ondas en el concreto”*, cuyos resultados fueron descartados debido a que el equipo presentaba fallas y no se pudo aplicar este ensayo a todos los elementos. También se realizó el ensayo de compresión axial sobre las probetas cilíndricas, según la Norma COVENIN 0338-2002. *“Método para la elaboración, curado y ensayo a compresión de cilindros de concreto”*, considerando la aplicación de estos ensayos a los 3, 7, 28 días de edad.

5.8 Procedimiento de trabajo en laboratorio

5.8.1 Mezclado

La elaboración del concreto para los elementos, se realizó en una mezcladora de eje de inclinación variable con capacidad para 100 ltr.

Para la dosificación, se recurrió a la pesada de los materiales según lo requerido por el diseño de mezcla y por la capacidad del trompo, añadiéndose primero el agregado grueso luego el agregado fino, seguidamente una tercera parte de agua posteriormente el cemento y por último el resto del agua, revolviéndose la mezcla hasta obtener una masa de consistencia y color completamente uniformes.

5.8.2 Prueba de asentamiento

El asentamiento se midió con el Cono de Abrams, se tomaron con una cuchara, muestras del concreto estando aún dentro del trompo en movimiento, con la bandeja, el cono y la barra humedecidos y nivelados, se colocó dentro del cono el concreto en tres capas compactando cada una con 25 golpes bien distribuidos de la barra compactadora según lo especificado en la NORMA COVENIN 0339-2003. *“Concreto. Método para la medición del asentamiento con el cono de Abrams”*

5.8.3 Vaciado

Antes de vaciar el concreto en los moldes se engrasaron para manera que no hubiera adherencia del concreto al encofrado y garantizar de esta manera un desencofrado sencillo del concreto endurecido.

Los modelos tipo A, se vaciaban en tres capas que eran compactadas con 75 golpes con la barra de 60 cm de longitud. Los elementos tipo B, se

vaciaban igualmente en tres capas que eran compactadas con 25 golpes con la barra de 30 cm de longitud.

En los elementos donde se deseaba simular la extracción del núcleo, se colocaba la tubería de PVC del diámetro correspondiente al modelo que se deseaba elaborar, asegurando su verticalidad y correcto centrado en el encofrado, sujetándola de manera firme en el proceso de vaciado y compactación

5.8.4 Desencofrado

Al siguiente día de elaborados los elementos, se retiraron los encofrados, y se les extraía la tubería de PVC, a los que la tuvieran, se identificaban claramente con la fecha, resistencia teórica y un número que indicaba el orden de elaboración.

5.8.5 Curado

Una vez desencofrados e identificados los elementos, se sumergieron en la piscina de curado del IMME, en el tanque australiano y en tanques adicionales habilitados en el patio del instituto. El agua utilizada para el curado de los elementos era agua limpia a la que se le agregó cal, según lo especificado en el apartado 5.2.4.2 de la norma COVENIN 0338-2002 ambiente (a).

5.8.6 Reparación

5.8.6.1 Reparación con mortero:

Se extrajeron los elementos tipo A y tipo B, de R_t 280 Kg/cm², de los tanques de curado, se secaron y se trabajó con cincel y mandarina la superficie dejada por la tubería de PVC al simular la extracción.

Se prepararon 7 litros de mortero M5, con una reducción de 10% de la pasta para obtener una consistencia adecuada en la reparación.

La zona a ser reparada se limpió y se humedeció. El elemento se colocó en posición horizontal y se procedió al macizado del núcleo, vaciando tres capas y compactándolas para evitar vacíos en el núcleo de reparación. Los elementos reparados se dejaron fraguar 24 horas y se devolvieron a los tanques de curado.

Se siguió el mismo procedimiento para los elementos de R_t 230 kg/cm^2 y de 180 kg/cm^2 , cada uno con el mortero correspondiente a su resistencia.

5.8.6.2 Reparación con Grout:

Una vez que todos los elementos cumplieron veintiocho días, se seleccionaron los tipo A y tipo B que iban a ser reparados con grout. Se manipuló la superficie de reparación de cada elemento con cincel y mandarina a fin de hacerla más rugosa, se limpió y humedeció, luego se colocaron los elementos en posición horizontal. Se preparó el Grout en proporción de 150 g de agua por cada 2 Kg de SikaGrout GR-104 para lograr la consistencia deseada. El proceso de rellenado del núcleo, fue similar al empleado en el caso de los morteros, se esperó a que fraguara 24 hrs, y se le aplicó el ensayo de compresión al elemento dos días después, para evitar que la resistencia del grout fuera excesivamente alta en comparación con el elemento.

Fotos de la reparación con grout y mortero, ver anexo 10

5.8.7 Ensayos

El ensayo a compresión de los modelos de columnas a escala se realizó en la prensa con capacidad de 200000 Kgf.

Los cilindros se ensayaron en la prensa mecánica digital de 200000 Kgf de capacidad. A cada cilindro se realizó un capping de yeso dental para nivelar el elemento y obtener una correcta falla, de tal forma que se garantizara un excelente resultado en la obtención de la resistencia.

Fotos del procedimiento de trabajo en laboratorio, ver anexo 11

5.9 Descripción de ensayos:

5.9.1 Probetas cilíndricas

Se elaboraron probetas cilíndricas normalizadas de 15 cm diámetro y 30 cm de altura, según lo establecido en la NORMA COVENIN 338-2002 "*Concreto. Método para la elaboración, curado y ensayo a compresión de cilindros de concreto*", para comprobar los diseños de mezcla del concreto, una vez finalizado el tiempo de curado fijado para un periodo de 3, 7 y 28 días. Se refrentaron, midieron, pesaron y realizaron ensayos a compresión.

El refrentado de las probetas cilíndricas se realizó con una mezcla de yeso dental de fraguado rápido a fin de garantizar paralelismo entre sus caras.

Los elementos cilíndricos se midieron con un vernier de 30 cm de la siguiente manera:

1. Se tomaron tres medidas de altura distinta de cada cilindro para luego promediarlas.
2. Se tomaron tres medidas de diámetro en la zona central de cada cilindro para luego promediarlas, para obtener el diámetro de cálculo.
3. Los elementos cilíndricos se tomaron tres pesos en una balanza digital para luego promediarlos y obtener así el peso de la probeta cilíndrica.

De igual forma se fabricaron y ensayaron las probetas cilíndricas de 10 cm de diámetro y 20 cm de altura, siguiendo los mismos procedimientos de las probetas de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura, para comprobar los diseños de mezcla de los morteros.

5.9.2 Elementos Prismáticos

5.9.2.1 Probetas cubicas de 50,8 mm de lado:

Se elaboraron probetas cubicas de Sika Grout GR-104, para comprobar el desarrollo de resistencias dado por el fabricante, según lo establecido en la NORMA COVENIN 2825:1991. *“Mortero de cemento hidráulico sin retracción (grout). Determinación de la resistencia a compresión”*, una vez finalizado el tiempo de curado fijado para un periodo de 3, 7 y 28 días, se midieron, pesaron y ensayaron a compresión en la presa hidráulica perteneciente al Instituto de Materiales y Modelos Estructurales (IMME) con capacidad para 30 toneladas de carga, con el fin de obtener la curva de desarrollo de resistencia de dicho mortero, mediante el ensayo de compresión. La velocidad de aplicación de carga se determinó para que en 60 segundos, se alcanzara la mitad de la carga esperada.

5.9.2.2 Modelos tipo A y B (25x25x50 y 15x15x30 cm):

Se midieron, pesaron y realizaron ensayos a compresión a los modelos tipo A y tipo B una vez finalizado el tiempo de curado fijado para un periodo mayor a 28 días, (concreto en estado envejecido).

Los elementos se colocaron uno a uno en la máquina de ensayos, centrados cuidadosamente, luego se procedió a ensayar cada modelo de columnas a escala (modelo patrón, modelos reparados con mortero de alta resistencia, modelos reparados con mortero GROUT y modelos intervenidos sin reparar) en la prensa hidráulica perteneciente al IMME con capacidad

para 200 toneladas de carga, con el fin de obtener la resistencia de cada modelo a escala de columnas.

Cabe destacar, que para los ensayos a compresión de los modelos a escala para columnas, no se siguió procedimiento alguno establecido en normas venezolanas por no existir la misma; sin embargo, se aplicaron los criterios de velocidad de aplicación de velocidad de carga de la norma venezolana COVENIN 0338. *“Concreto. Método para la elaboración, curado y ensayo a compresión de cilindros de concreto”*

Para los modelos tipo A, se calculó la velocidad de aplicación de la carga, mediante una relación entre el área del cilindro y el área del elemento como se indica a continuación:

Área del elemento tipo A:

$$A_{\text{elemento A}} = 25\text{cm} \times 25\text{cm}$$

$$A_{\text{elemento A}} = 625\text{cm}^2$$

Área del cilindro normalizado:

$$A_{\text{cilindro}} = \frac{D^4 \times \pi}{4}$$

$$A_{\text{cilindro}} = \frac{15^4 \times \pi}{4}$$

$$A_{\text{cilindro}} = 167,7$$

Factor de corrección por forma:

$$\text{Factor de corrección por forma} = \frac{625\text{cm}}{167,7\text{cm}} = 3,7$$

Velocidad de aplicación de carga:

$$V_{\text{aplicación de carga}} = V_{\text{en cilindros}} \times f_{\text{de corrección de forma}}$$

$$V_{\text{aplicación de carga}} = 26 \text{ T por minutos} \times 3,7 = 92 \text{ T por minutos}$$

La velocidad para los elementos tipo A, se fijó en 90 Toneladas por minutos.

Para los modelos tipo B (15x15x30 cm), se aplicó la velocidad de ensayo recomendada para los cilindros por poseer dimensiones similares, 26 Toneladas por minuto.

CAPITULO IV

- ✓ Diseño de mezcla para modelos de columnas.
- ✓ Ensayo de Probetas cilíndricas a los 3,7, 28 días.
- ✓ Diseño de mezcla para Mortero de reparación.
- ✓ Ensayo de Mortero de reparación a los 3,7, 28 días.
 - ✓ Ensayo de SIKA Grout GR- 104
- ✓ Ensayo de Modelos A y B para resistencias de 180, 230, 280 Kg/cm²
 - ✓ Caracterización de fallas producidas en los modelos A y B
- ✓ Comparación de resistencias entre elementos patrones, reparados y sin reparar

CAPITULO IV

6. RESULTADOS Y ANÁLISIS

6.1 Resultados diseños de mezclas

6.1.1 Diseño de mezcla para resistencia 180 Kg/cm²

6.1.1.1 Variables del método.

Trabajabilidad (T): 8 cm

Dosis de cemento (Cc): 228 Kg/ m³

Tamaño máximo (TM): ¾"

Relación agua/cemento (α):0,76

Resistencia requerida (R_t): 180 Kg/cm²

6.1.1.2 Resultado de cantidad de material.

Peso Grueso SSS =	1054	Kg
Peso Fino SSS =	900	Kg
Peso Cemento=	228	Kg
Peso Agua=	159	Kg



Por el método se obtienen los pesos de cada material para 1m³

Peso Grueso SSS =	527	Kg
Peso Fino SSS =	450	Kg
Peso Cemento=	114	Kg
Peso Agua=	79	Kg



**Pesos necesarios de cada material para 1/2 m³ de concreto
R_t= 180 Kg/cm²**

Para todas las características del diseño mezcla, ver anexo 12

6.1.2 Análisis de resultados de diseño de mezcla, patrones de dosificación en sitio:

6.1.2.1 Aspecto en sitio: Pedregoso y áspero.

Esta apariencia se debía en parte a la alta dosificación de agregados con respecto a la dosis de cemento, obtenidos en el diseño de mezcla. Así como también a la granulometría gruesa característica de los agregados empleados.

Otro efecto importante de mencionar es la calidad del cemento utilizado, ya que el mismo posee un 10% mayor al peso total, de caliza triturada, material que proporciona aspereza a la mezcla de concreto y disminuye la trabajabilidad del mismo.

Adicionalmente se puede comentar la alta segregación observada en la mezcla, producto del elevado valor de relación agua / cemento (α) obtenido en el diseño de mezcla para esta resistencia.

6.1.2.2 Trabajabilidad en sitio: 2 cm.

La disminución de la trabajabilidad teórica con respecto a la obtenida en sitio, se debe a la influencia de las propiedades del cemento CPCA2 empleado en la mezcla de concreto.

6.1.3 Diseño de mezcla para resistencia 230 Kgf/cm²

6.1.3.1 Variables del método.

Trabajabilidad (T): 8 cm

Dosis de cemento (Cc): 264 Kgf/ cm³

Tamaño máximo (TM): ¾"

Relación agua/cemento (α):0,63

Resistencia requerida (R_t): 230 Kgf/cm²

6.1.3.2 Resultado de cantidad de material:

Peso Grueso SSS =	1026	Kg	}	Por el método se obtienen los pesos de cada material para 1m³
Peso Fino SSS =	855	Kg		
Peso Cemento=	264	Kg		
Peso Agua=	184	Kg		

Peso Grueso SSS =	513	Kg	}	Pesos necesarios de cada material para 1/2 m³ de concreto R_t= 230 Kgf/cm²
Peso Fino SSS =	427	Kg		
Peso Cemento=	132	Kg		
Peso Agua=	92	Kg		

Para todas las características del diseño mezcla, ver anexo 13

6.1.4 Análisis de resultados de diseño de mezcla, patrones de dosificación en sitio:

6.1.4.1 Aspecto en sitio: Pedregoso y áspero.

Tuvo características y comportamientos similares a la mezcla de $R_t = 180 \text{ Kg/cm}^2$, aunque la proporción entre agregados y cemento era menor.

La relación agua/cemento fue un poco más baja que la mezcla anterior, sin embargo se observó segregación moderada.

6.1.4.2 Trabajabilidad en sitio: 2 cm.

La disminución de la trabajabilidad teórica con respecto a la obtenida en sitio fue considerable debido a la influencia del cemento portland tipo CPCA2 empleado.

6.1.5 Diseño de mezcla para resistencia 280 Kg/cm²

6.1.5.1 Variables del método:

Trabajabilidad (T): 8 cm

Dosis de cemento (Cc): 378 Kg/ cm³

Tamaño máximo (TM): ¾"

Relación agua/cemento (α):0,54

Resistencia requerida (R_t): 280 Kg/cm²

6.1.5.2 Resultado de cantidad de material:

Peso Grueso SSS =	946	Kg	}	Por el método se obtienen los pesos de cada material para 1m³
Peso Fino SSS =	789	Kg		
Peso Cemento=	378	Kg		
Peso Agua=	200	Kg		

Peso Grueso SSS =	473	Kg	}	Pesos necesarios de cada material para 1/2 m³ de concreto Rt= 280 Kg/cm²
Peso Fino SSS =	394	Kg		
Peso Cemento=	189	Kg		
Peso Agua=	100	Kg		

Para todas las características del diseño mezcla, Ver anexo 14

6.1.6 Análisis de resultados de diseño de mezcla, patrones de dosificación en sitio:

6.1.6.1 Aspecto en sitio: Pastoso y buena relación de agregados.

La apariencia pastosa se debió a la buena proporción entre dosis de agregados y dosis de cemento, que era más baja que en las dos mezclas anteriores, lo cual favoreció una buena lubricación y una aceptable relación pasta / agregados.

Por otra parte, no se evidenció segregación alguna en la mezcla, producto del bajo valor de la relación agua / cemento (∞) obtenido en el diseño de mezcla para esta resistencia.

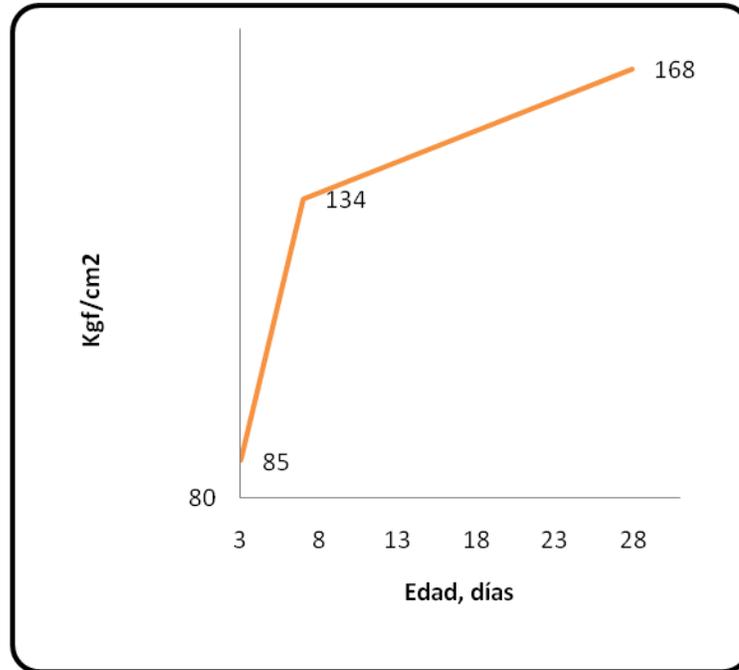
Se pudo observar el fenómeno de exudación al compactar las capas del concreto vaciado en los moldes, garantizando ausencia de espacios vacíos.

6.1.6.2 Trabajabilidad en sitio: 6 cm.

El concreto presentó una buena trabajabilidad en sitio, cercana a la de diseño, esto en parte se debe a la alta dosis de cemento propia del diseño para estas resistencias. Lo que propició una adecuada colocación en los moldes.

6.2 Ensayo de probetas cilíndricas a los 3, 7, 28 días

6.2.1 Probetas cilíndricas $R_t=180 \text{ Kg/cm}^2$



Gráfica 1. Crecimiento de resistencia del concreto $R_t=180 \text{ Kg/cm}^2$

El ensayo para la determinación de la resistencia en cilindros normalizados, se realizó a los tres, siete y veintiocho días de edad. Con los valores obtenidos en los ensayos, (Ver anexo 15) se realizó la curva de desarrollo de resistencia, observando una reducción de resistencia del 7% de la resistencia diseñada, esto se debe en parte a las características del cemento empleado, CPCA2 con adición de caliza de 10% del peso total.

El criterio de aceptación o rechazo de los valores se estableció de acuerdo a la norma COVENIN 0338-2002 "Concreto. Método para la elaboración, curado y ensayo a compresión de cilindros de concreto", que

establece que la desviación estándar máxima en los ensayos de resistencia de una muestra, debe ser 8 Kgf/cm².

De acuerdo con lo señalado en el Manual del Concreto Estructural (2004), el cálculo de resistencia se puede conocer mediante la representación gráfica de la Ley de Abrams (ver anexo 16), la cual considera los valores de la relación agua/cemento (α), para el cálculo de la resistencia a los siete y veintiocho días, mediante el empleo de las ecuaciones de la gráfica.

$$\overline{R}_7 = \frac{861,3}{13,1^\alpha} \text{ Kgf/cm}^2$$

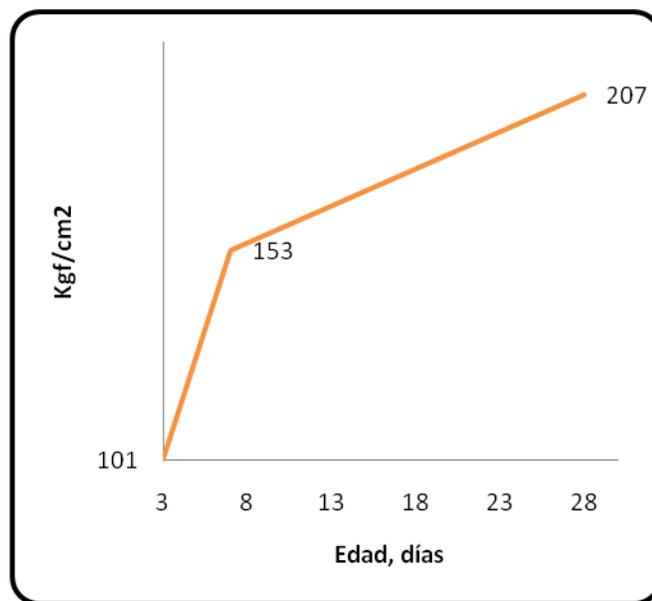
$$\overline{R}_{28} = \frac{902,5}{8,69^\alpha} \text{ Kgf/cm}^2$$

Se obtuvieron valores de resistencias a los siete días de 125 Kgf/cm² y a los 28 días de 178 Kgf/cm², que comparados con los obtenidos en la gráfica de desarrollo de resistencia lograda en laboratorio; el valor a los siete días se encuentra por encima del calculado y el de los veintiocho días por debajo; motivo por el cual la gráfica no es completamente lineal, como la del portland tipo I, sino que presenta un cambio de pendiente de siete a veintiocho días con respecto a la pendiente fuerte que va de tres a siete días. Cabe destacar que el método de diseño de mezcla y la gráfica de desarrollo

de resistencia lineal planteados en el Manual del Concreto Estructural (2004), es para cementos Portland Tipo I, en esta gráfica por el contrario, se ve un crecimiento acelerado de los tres a los siete días y luego es suave hasta los 28 días.

A los tres días el concreto desarrolló un 50% de la resistencia total que tendría a los 28 días, a los siete días ya tenía un 80% de la resistencia total final. En los 21 días siguientes sólo se observó un desarrollo del 20%.

6.2.2 Probetas cilíndricas $R_t=230 \text{ Kg/cm}^2$



Gráfica 2. Crecimiento de resistencia del concreto $R_t=230 \text{ Kg/cm}^2$

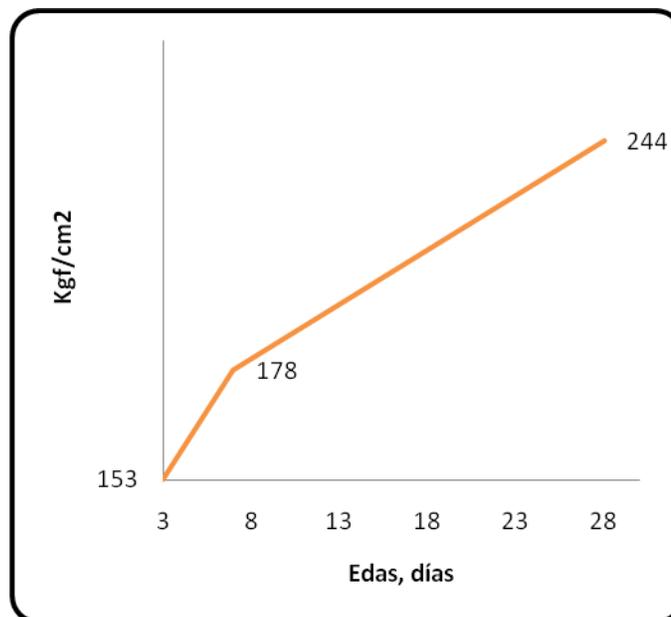
El ensayo para la determinación de la resistencia en cilindros normalizados, se realizó a los tres, siete y veintiocho días. Con los valores obtenidos en los ensayos (Ver anexo 17), se realizó la curva de desarrollo de resistencia, observando una resistencia de 207 Kg/cm^2 a los 28 días de

edad, inferior a los 230 Kgf/cm², lo cual representa una disminución del 10% de la resistencia teórica.

A los tres días el concreto desarrolló un 49% de la resistencia total que tendría a los 28 días, a los siete días ya tenía un 74% de la resistencia total final, en los 21 días siguientes sólo se observó un desarrollo del 26%.

Para el criterio de aceptación o rechazo de los valores de resistencia se usó el mismo razonamiento que en los cilindros de $R_t = 280 \text{ Kgf/cm}^2$

6.2.3 Probetas cilíndricas $R_t = 280 \text{ Kgf/cm}^2$



Gráfica 3. Crecimiento de resistencia del concreto $R_t = 280 \text{ Kgf/cm}^2$

El ensayo para la determinación de la resistencia en cilindros normalizados, se realizó a los tres, siete y veintiocho días. Con los valores obtenidos en los ensayos (Ver anexo 18), se realizó la curva de desarrollo de

resistencia, observando una resistencia de 244 kg/cm² a los 28 días, inferior a los 280 Kg/cm² con el que se elaboró el diseño de mezcla, que implica una disminución del 13% de la resistencia teórica.

A los tres días, el concreto desarrolló un 63% de la resistencia total que tendría a los 28 días, a los siete días ya tenía un 73% de la resistencia total final. En los 21 días siguientes sólo se observó un desarrollo del 27%. Estos resultados se deben a que la dosis de cemento era más alta en esta mezcla que en las dos anteriores, favoreciendo el comportamiento lineal de la gráfica.

6.3 Dosificación de mezcla para mortero de reparación

El diseño de mezcla del mortero empleado para las resistencias alta, media y baja, necesarias para las reparaciones de la extracción de núcleo en los modelos, fue tomado del trabajo especial de grado, ESTUDIO DE EXUDACIÓN Y LA RETRACCIÓN EN EL MICROCONCRETO PARA LA REPARACIÓN DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO. (Abdev A. y Blanco R., 2002).

6.3.1 Dosificación de mezcla mortero M2

Resistencia (Rt): 248 Kg/cm²

Trabajabilidad (T): 7 cm

Dosis de cemento (Cc): 425 Kg/m³

Tamaño máximo: 3/8 “

Relación agua/cemento (α) 0,65

Agregado fino: 1489 Kg/m³

Agua: 276 Lts/m³

6.3.2 Dosificación de mezcla mortero M3

Resistencia (Rt): 181 Kg/cm²

Trabajabilidad (T): 5 cm

Dosis de cemento (Cc): 425 Kg/m³

Tamaño máximo: 3/8 “

Relación agua/cemento (α) 0,7

Agregado fino: 1434 Kg/m³

Agua: 298 Lts/m³

6.3.3 Dosificación de mezcla mortero M5

Resistencia (Rt): 282 Kg/cm²

Trabajabilidad (T): 6 cm

Dosis de cemento (Cc): 510 Kg/m³

Tamaño máximo: 3/8 “

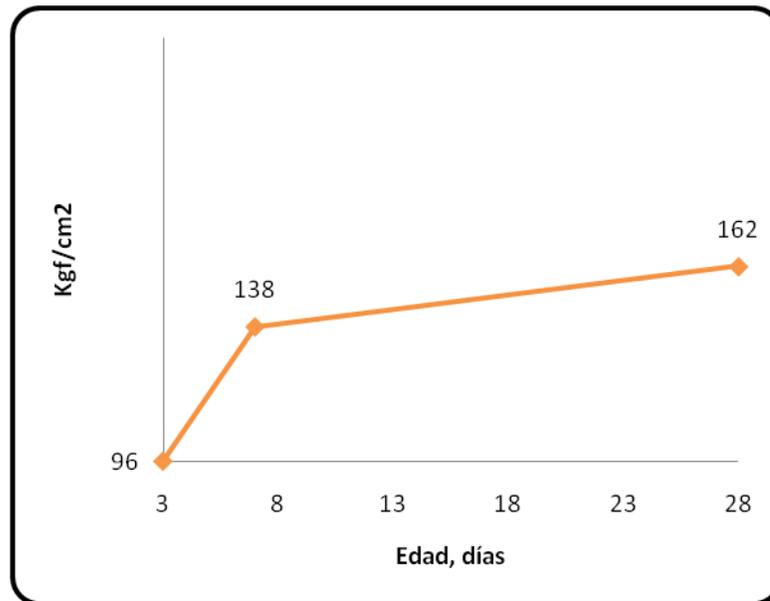
Relación agua/cemento (α) 0,56

Agregado fino: 1399 Kg/m³

Agua: 286 Lts/m³

6.4 Ensayo de morteros de reparación para resistencias 181, 248, 282 Kg/cm²

6.4.1 Resistencia 181 Kg/cm², M3



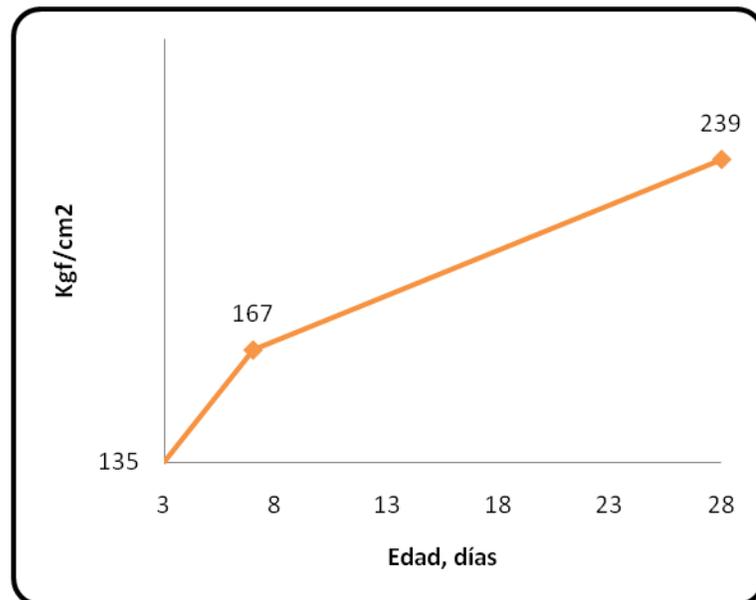
Gráfica 4. Resistencia del mortero Rt=181 Kg/cm²

Al igual que en el caso de las gráficas de desarrollo de resistencia para los diseños de mezcla de concreto, se observa una tendencia de crecimiento inicial rápida; a los tres días, el mortero había desarrollado una resistencia de 60% de la resistencia de compresión final, a los siete días poseía un 85% de la resistencia final y en los restantes veintiún días apenas desarrolló un 15 % de resistencia. (Para valores de los ensayos ver anexo 19)

El criterio de aceptación o rechazo de los valores fue el mismo empleado en los cilindros normalizados de 15 cm de diámetro y 30 cm de

altura, la desviación estándar máxima en los ensayos de resistencia de una muestra, debe ser 8 Kgf/cm².

6.4.2 Resistencia 248 Kgf/cm², M2



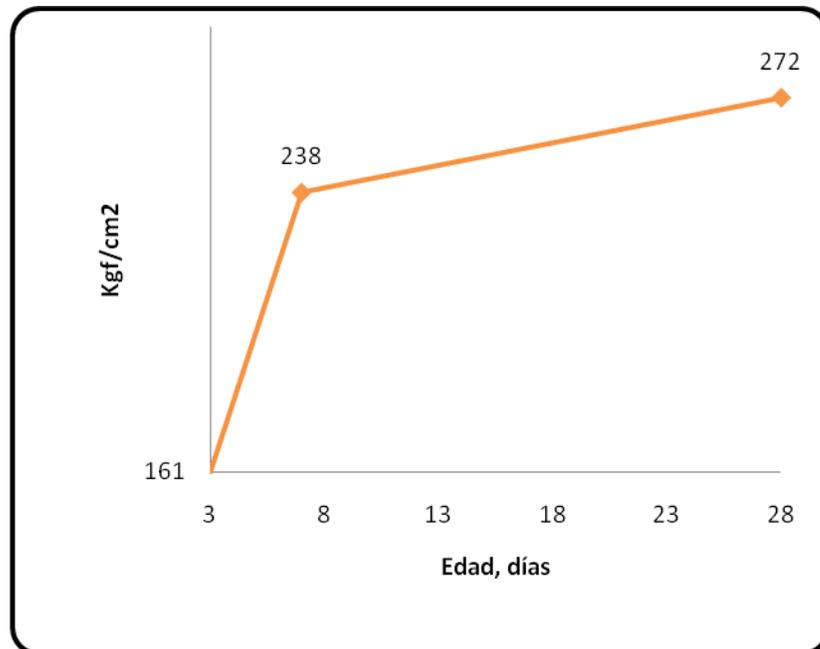
Gráfica 5. Resistencia del mortero Rt=248 Kgf/cm²

La resistencia a los tres días de edad, era el 56% de la resistencia total desarrollada por el mortero, a los siete días había alcanzado el 70% de la resistencia final, y en los restantes veintiún días, solo desarrolló el 30 %.
(Para valores de los ensayos ver anexo 20)

El criterio de aceptación o rechazo de los valores se estableció de acuerdo a la norma COVENIN 0338-2002. “*Concreto. Método para la elaboración, curado y ensayo a compresión de cilindros de concreto*”, la cual

establece que la desviación estándar máxima en los ensayos de resistencia de una muestra, debe ser 8 Kgf/cm².

6.4.3 Resistencia 284 kgf/cm², M5



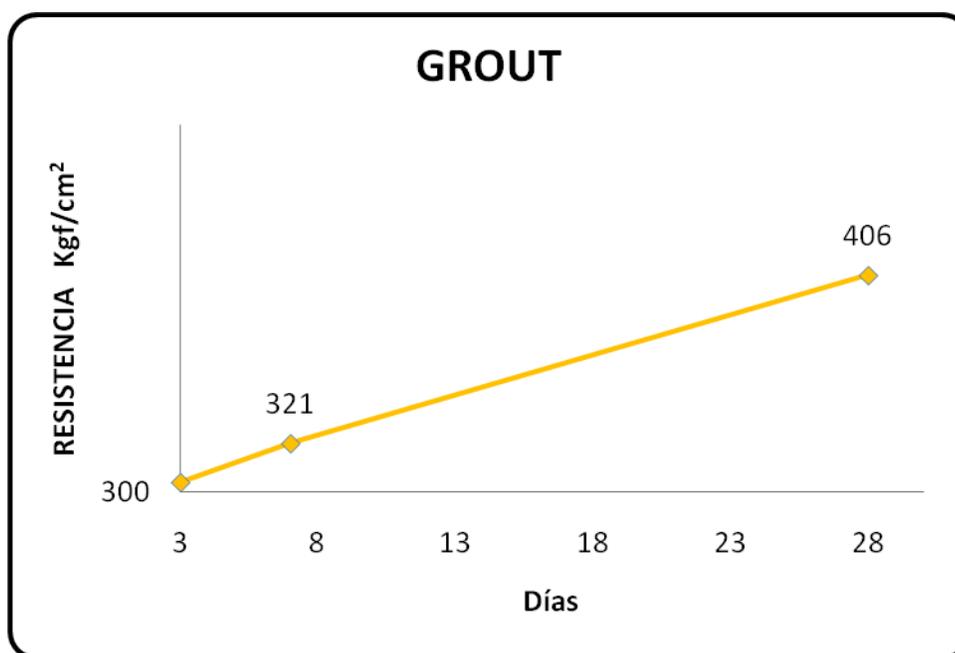
Gráfica 6. Resistencia del mortero $R_t=284$ Kgf/cm²

Para el mortero M5, se aprecia un patrón similar al de M2 y M3 en el desarrollo de resistencias; a los siete días posee un 60% de la R_c , a los siete días presenta un 87,5% de la resistencia final y en los restantes veintiún días, apenas desarrolla un 12,5% de la resistencia total obtenida en el ensayo de compresión axial. (Para valores de los ensayos ver anexo 21) Con esta información se pudiera predecir el comportamiento de los microconcretos empleando Cemento Portland tipo CPCA1 de la siguiente manera:

Desarrollos de resistencias en microconcreto empleando CPCA1	
Edad en días	Porcentaje de resistencia
3	50 – 60 %
7	70 – 90 %
28	100 %

Tabla 6. Desarrollo de resistencia del Microconcreto con cemento CPCA1 (Eco Plus)

6.5 Ensayo de probetas cúbicas de SikaGrout® GR – 104



Gráfica 7. Desarrollo de resistencia del SikaGrout GR-104 en Kg/cm²

Con los resultados obtenidos en los ensayos (Ver anexo 22), se dibujó la curva de desarrollo de resistencia para el mortero hidráulico sin retracción, SikaGrout GR – 104, para verificar el desarrollo de resistencia dado por el fabricante (ver Tabla 7).

SikaGrout GR – 104	
Edad	Resistencia a compresión (Kg/cm²)
1	300
3	420
7	500
28	650

Tabla 7. Valores tomados de la Hoja Técnica del SikaGrout®

Siendo estos valores, un poco más bajos que los proporcionados por el fabricante, esta variación pudiera ser originada por la relación agua mortero empleada, 150 gramos de agua por cada dos kilogramos de mortero SikaGrout para lograr la consistencia deseada. A diferencia de lo recomendado en la hoja técnica, 500 gramos de agua por cada dos kilogramos de mortero.

6.6 Ensayo de modelos “A”

Resistencias de 180, 230, 280 Kgf/cm²

A continuación se presentan tablas de los esfuerzos generales obtenidos en los ensayos de compresión de los modelos a escala tipo A. En las mismas se puede visualizar además las medidas, áreas, pesos, densidades, cargas y esfuerzos de cada modelo.

MODELOS A (25x25x50 cm)
 $R_t = 280 \text{ kg/cm}^2$

Modelos	Estado	Medidas			Área Promedio. cm ²	Peso Kg	Densidad Kg/dm ³	Edad		Carga Ton	Esfuerzo promedio Kg/cm ²
		cm						días			
		X	Y	Z				Elemento	Reparación		
A1	Sólido	24,8	25,0	51,6	619	74	2,33	72	-	153,0	247
A2	Reparación Con grout	24,9	25,0	50,9	623	73	2,31	76	2	126,2	202
A3	Reparación Con mortero	24,6	25,2	51,2	619	75	3,37	70	37	124,9	202
A4	Sin reparar	24,8	25,6	51,6	635	71	2,16	71	-	93,8	148

Tabla 8. Resistencias de los modelos A $R_t=280 \text{ Kg/cm}^2$. (Ver anexo 23)

MODELOS A (25x25x50 cm)
 $R_t = 230 \text{ kgf/cm}^2$

Modelos	Estado	Medidas			Área promedio cm ²	Peso Kg	Densidad Kg/dm ³	Edad		Carga Ton	Esfuerzo Promedio Kg/cm ²
		cm						días			
		X	Y	Z				Elemento	Reparación		
A1	Sólido	25,2	25,6	52,5	646	75,8	2,23	50	-	110,0	170
A2	Reparación con grout	24,7	25,2	51,6	622	73,7	2,30	57	2	88,0	141
A3	Reparación con mortero	25,1	25,9	52,2	649	72,7	2,15	50	36	79,0	121
A4	Sin reparar	25,2	25,4	52,0	642	73,9	2,22	57	-	63,0	99

Tabla 9. Resistencias de los modelos A $R_t=230 \text{ Kgf/cm}^2$. (Ver anexo 24)

MODELOS A (25x25x50 cm)
 $R_t = 180 \text{ kgf/cm}^2$

Modelos	Estado	Medidas			Área promedio cm ²	Peso Kg	Densidad Kg/dm ³	Edad		Carga Ton	Esfuerzo promedio. Kgf/cm ²
		cm						días			
		X	Y	Z				Elemento	Reparación		
A1	Sólido	25,3	25,6	51,6	649	76,1	2,27	43	-	74,0	114
A2	Reparación con grout	24,9	25,3	51,8	630	73,0	2,23	49	2	62,0	99
A3	Reparación con mortero	25,2	25,7	52,1	648	75,8	2,24	43	36	63,0	97
A4	Sin reparar	25,1	25,7	52,2	645	72,1	2,14	49	-	59,0	92

Tabla 10. Resistencias de los modelos A $R_t=180 \text{ Kgf/cm}^2$. (Ver anexo 25)

6.7 Ensayo de modelos “B”

Resistencias de 180, 230, 280 kgf/cm²

A continuación se presentaran tablas de los esfuerzos generales obtenidos de los modelos a escala. Los mismos se encuentran contenidos en tablas en la que se puede visualizar medida, área, peso, densidad, carga y esfuerzo de cada modelo y resistencia.

MODELOS B (15x15x30 cm)
 $R_t = 280 \text{ kgf/cm}^2$

Modelos	Estado	Medidas			Área promedio cm ²	Peso Kg	Densidad Kg/dm ³	Edad		Carga Ton	Esfuerzo Promedio. Kg/cm ²
		cm						días			
		X	Y	Z				Elemento	Reparación		
B1	Sólido	15,4	16,3	31,9	252	18,6	2,32	58	-	57	227
B2	Reparación con grout	15,6	16,7	32,7	261	19,2	2,25	51	2	53	202
B3	Reparación con mortero	15,7	16,7	31,7	262	18,2	2,19	55	34	48	183
B4	Sin reparar	15,7	16,1	32,5	253	17,7	2,14	56	-	32	128

Tabla 11. Resistencias de los modelos B $R_t=280 \text{ Kg/cm}^2$. (Ver anexo 26)

MODELOS B (15x15x30 cm)

$$R_t = 230 \text{ kgf/cm}^2$$

Modelos	Estado	Medidas			Área Promedio cm ²	Peso Kg	Densidad Kg/dm ³	Edad		Carga Ton	Esfuerzo Promedio Kgf/cm ²
		cm						días			
		X	Y	Z				Elemento	Reparación		
B1	Sólido	15,8	16,0	32,3	252	18	2,20	36	-	30,6	121,4
B2	Reparación con grout	15,6	16,0	32,0	250	18	2,19	42	2	25,5	102,3
B3	Reparación con mortero	15,8	16,0	32,3	252	18	2,22	47	33	30,6	121,4
B4	Sin reparar	15,7	15,8	32,3	249	17	2,17	43	-	13,7	55,2

Tabla 12. Resistencias de los modelos B $R_t=230 \text{ Kg/cm}^2$. (Ver anexo 27)

MODELOS B (15x15x30 cm)

Rt= 180 kgf/cm²

Modelos	Estado	MEDIDAS			ÁREA PROMEDIO cm ²	PESO Kg	Densidad Kg/dm ³	Edad		CARGA Ton	ESFUERZO PROMEDIO Kgf/cm ²
		cm						días			
		X	Y	Z				Elemento	Reparación		
B1	Sólido	15,6	16,4	32,2	256	17,8	2,16	36	-	19	75,0
B2	Reparación con grout	15,8	16,5	31,8	260	18,1	2,18	36	2	21	82,4
B3	Reparación con mortero	15,6	16,6	31,7	258	16,9	2,06	39	32	19	74,4
B4	Sin reparar	15,5	16,2	31,9	251	17,2	2,15	36	-	14	53,9

Tabla 13. Resistencias de los modelos B Rt=180 Kgf/cm². (Ver anexo 28)

CARACTERIZACIÓN DE FALLAS EN MODELOS

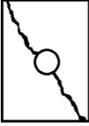
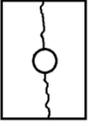
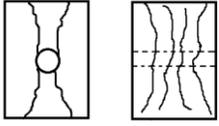
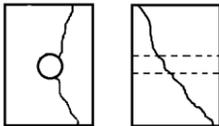
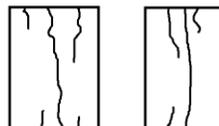
TIPO	FALLA	OBSERVACIONES
1	 <small>TIPO 1</small>	Falla transversal de izquierda a derecha en ambas caras frontal y trasera atravesando la zona sin reparar.
2	 <small>TIPO 2</small>	Falla transversal de derecha a izquierda en ambas caras frontal y trasera atravesando la zona sin reparar.
3	 <small>TIPO 3</small>	Falla vertical producto de tensiones en el plano medio de la cara frontal y atraviesa la zona de relleno.
4	 <small>TIPO 4</small>	Inicio de falla a 45° producto de concentración de tensiones hacia la zona de relleno.
5	 <small>TIPO 5</small>	Falla vertical producto de tensiones hacia el núcleo de la cara frontal y con falla transversal a 45° de izquierda a derecha.
6	 <small>TIPO 6</small>	Falla vertical producto de tensiones en el plano medio de las 4 caras.

Tabla 14. Fallas típicas en elementos. Elaboración propia.

6.8 Tablas comparativas de resistencias entre elementos y morteros de reparación a la edad del ensayo a compresión y las fallas típicas.

Las tablas a continuación, presentan información de las resistencias obtenidas en los ensayos de compresión a los elementos tipo A y tipo B y adicionalmente, las resistencias obtenidas en los ensayos a los veintiocho días de los cilindros normalizados para los morteros de reparación, y para los tres días en el caso del SikaGrout GR-104. También contienen el reporte de la falla típica para cada estado de los elementos.

Con esta información se pretende analizar el comportamiento del elemento en estado reparado, considerándolo un todo, donde el concreto y mortero (grout o cemento) trabajan en conjunto, para establecer cuál de los métodos de reparación es más eficiente para cada una de las resistencias estudiadas.

Modelos A $R_t=280 \text{ Kg/cm}^2$

	RESISTENCIA TEÓRICA R_t (Kg/cm^2)	RESISTENCIA GROUT (Kg/cm^2)	RESISTENCIA MORTERO (Kg/cm^2)	RESISTENCIA OBTENIDA R_c (Kg/cm^2)	TIPO DE FALLA DEL ELEMENTO
A1	280	-	-	247	6
A2	280	304	-	202	3
A3	280	-	272	202	4
A4	167 60% De R_t	-	-	148 60% De R_c	1

Tabla 15. Comparación entre resistencia de elementos y resistencias de morteros de reparación, con tipificación de fallas en modelos Tipo A, $R_t=280 \text{ Kg/cm}^2$

En los elementos macizos, A1, se presenta una falla tipo 6, las grietas iniciaban desde la cara superior del elemento y lo recorrían hasta llegar a la parte inferior, esto sucedía por lo general en las cuatro caras, algunas grietas se detenían en algunas zonas del elemento y daban lugar a nuevas grietas, esto se debe a que el concreto no es homogéneo y las grietas al encontrar un obstáculo en su camino necesitan una energía tal para superarlo, que es más fácil el avance de otras grietas.

Los elementos reparados con grout, A2, presentan un comportamiento particular, pues la falla es tipo 3, este tipo de falla iniciaba en la parte superior del elemento y lo recorría atravesando en algunas partes la zona de relleno, lo que indica un comportamiento parcialmente homogéneo entre el elemento de concreto y la reparación.

Los elementos reparados con mortero de alta resistencia, A3, presentan una falla característica tipo 4, las grietas comienzan en la parte superior del elemento en ángulo de 45 grados dirigiéndose hacia la zona de relleno, pero al llegar al núcleo de reparación, lo bordean y siguen su camino hacia la parte inferior del elemento, lo que indica que la reparación no se comporta homogéneamente con el elemento. Por otra parte, en este caso se observaron grietas que aparecieron en las caras laterales de la reparación y fracturaron el núcleo en dirección del plano normal al mismo.

En los elementos sin reparar, A4, la falla característica fue tipo 1, de izquierda a derecha en la cara delantera y trasera de la zona donde se extrajo el núcleo, además, entre un 80 y 90% de la carga de rotura aparecieron unas grietas verticales en el plano medio del agujero, las cuales no se observaron en los elementos reparados.

Como comentario final, la superficie de falla de los elementos de resistencia teórica 280 Kg/cm^2 , presento por lo general rotura en los agregados, separación de la interface mortero/agregado, y rotura del mortero, por lo que se deduce que el concreto aunque no alcanzó la resistencia teórica, fue un buen concreto con un excelente balance en sus componentes. (Ver anexo 29)

Modelos A $R_t=230 \text{ Kg/cm}^2$

	RESISTENCIA TEÓRICA R_t (Kg/cm^2)	RESISTENCIA GROUT (Kg/cm^2)	RESISTENCIA MORTERO (Kg/cm^2)	RESISTENCIA OBTENIDA R_c (Kg/cm^2)	TIPO DE FALLA DEL ELEMENTO
A1	230	-	-	170	6
A2	230	304	-	141	4
A3	230	-	239	121	5
A4	134 58% de R_t	-	-	99 58% de R	2

Tabla 16. Comparación entre resistencia de elementos y resistencias de morteros de reparación, con tipificación de fallas en modelos Tipo A, $R_t=230 \text{ Kg/cm}^2$

La falla de los modelos A1, fue la esperada para los elementos macizos. En los elementos A2, la falla es tipo 4, lo que indica que el núcleo de reparación sobrepasa en resistencia al elemento que no se comporta de manera homogénea y queda casi intacto después de la rotura del elemento, aunque presenta buena adherencia con las paredes del concreto.

En los elementos A3, se observa una falla atípica, que es la tipo 5, donde la falla aparece en 45° en las caras laterales al relleno partiendo el núcleo de reparación. En los modelos A4, se observa nuevamente la falla esperada con igual aparición de la grieta vertical a un 90% de la carga final de rotura.

Cabe señalar que las resistencias de los materiales de reparación con respecto al elemento son un 30 a 44% más altas que la resistencia del elemento en estado macizo. (Ver anexo 30)

Modelos A $R_t=180 \text{ Kgf/cm}^2$

	RESISTENCIA TEÓRICA R_t (Kgf/cm ²)	RESISTENCIA GROUT (Kgf/cm ²)	RESISTENCIA MORTERO (Kgf/cm ²)	RESISTENCIA OBTENIDA R_c (Kgf/cm ²)	TIPO DE FALLA DEL ELEMENTO
A1	180	-	-	114	6
A2	180	304	-	99	4
A3	180	-	162	97	5
A4	145 81% de R_t	-	-	92 81% de R	1

Tabla 17. Comparación entre resistencia de elementos y resistencias de morteros de reparación, con tipificación de fallas en modelos Tipo A, $R_t=180 \text{ Kgf/cm}^2$

El comportamiento de las fallas en todos los elementos es consistente con las que aparecieron en los elementos de resistencias teóricas de 230 Kgf/cm^2 . Sin embargo, la diferencia de resistencia entre el grout y el elemento en estado macizo es de 65%, y entre el mortero de reparación y elemento en estado macizo es de 30%.

Al ser el núcleo de reparación más rígido que el elemento se podría deducir que en concretos de media y baja resistencia, el comportamiento homogéneo de la reparación no es visible, lo que queda demostrado en los

ensayos de compresión axial, donde el elemento falla y el núcleo se mantiene casi intacto. (Ver anexo 31)

Modelos B $R_t=280 \text{ Kgf/cm}^2$

	RESISTENCIA TEÓRICA R_t (Kgf/cm ²)	RESISTENCIA GROUT (Kgf/cm ²)	RESISTENCIA MORTERO (Kgf/cm ²)	RESISTENCIA OBTENIDA R_c (Kgf/cm ²)	TIPO DE FALLA DEL ELEMENTO
B1	280	-	-	227	6
B2	280	304	-	202	4
B3	280	-	272	183	4
B4	157 56% de R_t	-	-	128 56% de R_c	2

Tabla 18. Comparación entre resistencia de elementos y resistencias de morteros de reparación, con tipificación de fallas en modelos Tipo B, $R_t=280 \text{ Kgf/cm}^2$

La falla de los elementos B1, es la típica para elementos macizos de concreto. En los elementos B2, se presenta la falla tipo 4, que sugiere un comportamiento desigual entre el elemento de concreto y el núcleo de reparación. Al ensayar el elemento, se observó una adherencia parcial, pero sin falla del núcleo de reparación, a diferencia de los modelos A2 para la misma resistencia teórica. (Ver anexo 32)

Modelos B $R_t=230 \text{ Kg/cm}^2$

	RESISTENCIA TEÓRICA R_t (Kg/cm^2)	RESISTENCIA GROUT (Kg/cm^2)	RESISTENCIA MORTERO (Kg/cm^2)	RESISTENCIA OBTENIDA R_c (Kg/cm^2)	TIPO DE FALLA DEL ELEMENTO
B1	230	-	-	121	6
B2	230	304	-	102	4
B3	230	-	239	124	4
B4	105 45% de R_t	-	-	55 45% de R_c	1

Tabla 19. Comparación entre resistencia de elementos y resistencias de morteros de reparación, con tipificación de fallas en modelos Tipo B, $R_t=230 \text{ Kg/cm}^2$

Modelos B $R_t=180 \text{ Kg/cm}^2$

	RESISTENCIA TEÓRICA R_t (Kg/cm^2)	RESISTENCIA GROUT (Kg/cm^2)	RESISTENCIA MORTERO (Kg/cm^2)	RESISTENCIA OBTENIDA R_c (Kg/cm^2)	TIPO DE FALLA DEL ELEMENTO
B1	180	-	-	75	6
B2	180	304	-	82	4
B3	180	-	162	74	4
B4	129 72% de R_t	-	-	54 72% de R	2

Tabla 20. Comparación entre resistencia de elementos y resistencias de morteros de reparación, con tipificación de fallas en modelos Tipo B, $R_t=180 \text{ Kg/cm}^2$

Para los elementos tipo B de resistencias medias y bajas, el comportamiento en general fue el esperado. Se observó la falla típica de los macizos, el comportamiento no homogéneo entre el elemento y la reparación y la falla típica en el elemento no reparado. (Ver anexo 33 y 34)

6.9. Comparación de resistencias entre elementos patrones reparados y sin reparar

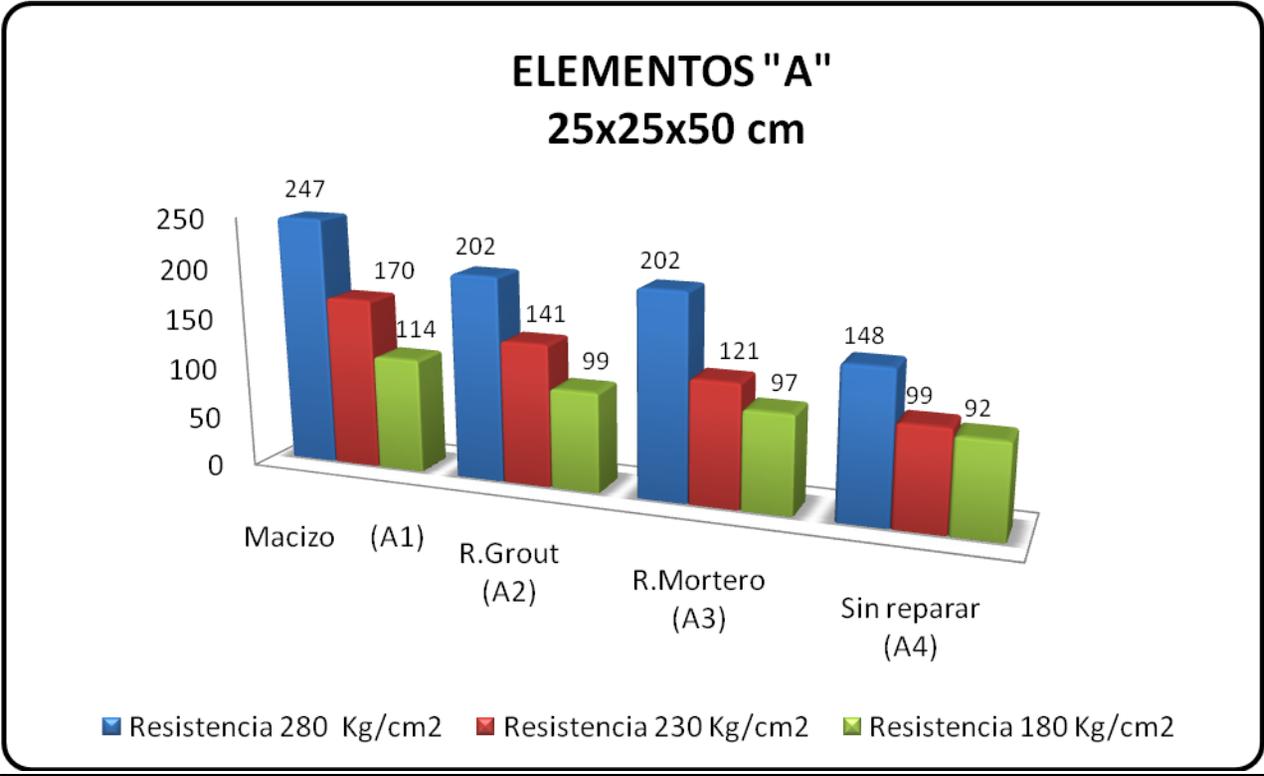
Partiendo de los valores obtenidos y registrados en las tablas anteriores, se procederá a analizar gráficamente los resultados logrados y a interpretar a través de las gráficas obtenidas las ventajas de la reparación con grout epóxico y mortero de alta resistencia.

En las gráficas elaboradas, se podrá observar las resistencias obtenidas para cada modelo a escala de columnas de concreto (A1, A2, A3, A4, B1, B2, B3, B4).

Adicionalmente, se hará un análisis del porcentaje de resistencia alcanzada por cada elemento reparado tanto con mortero grout como con mortero de alta resistencia, la pérdida o aumento de resistencia de los elementos reparados y el porcentaje de pérdida de resistencia que sufre el elemento luego de ser extraído el núcleo de concreto.

El análisis de los resultados obtenidos se hará por resistencia y no de manera general para el caso de los elementos reparados con mortero grout debido a que el mortero utilizado no contaba con un diseño de mezcla a realizar con resistencias similares a los elementos a reparar sino con un diseño único propuesto por el fabricante que desarrollaba resistencia mayores a 300 Kgf/cm² al cabo de los 3 días.

En el caso de los elementos reparados con microconcreto, los resultados se analizarán de forma general y por los valores de resistencias obtenidos.



Gráfica 8. Elementos tipo A.

Resistencias entre elementos patrones reparados y sin reparar

	MODELOS A Rt= 280 Kgf/ cm ²			
ESTADO	A1	A2	A3	A4
RESISTENCIA DE ENSAYO (Kgf/ cm ²)	247	202	202	148
ÍNDICE DE EFICACIA DE LA REPARACIÓN %	100	82	82	60
Perdida de resistencia en %		-18	-18	-40

Tabla 21. Resistencias entre elementos patrones, reparados y sin reparar tipo A Rt=280 Kgf/cm²

Los elementos de alta resistencia sin reparar, sufrieron una pérdida de 40% de la resistencia total obtenida luego de extraído el núcleo de concreto.

Los elementos reparados con mortero grout sufrieron una pérdida de 18 % de la resistencia total del elemento macizo, 45 Kgf/cm², logrando una recuperación en comparación con el elemento sin reparar de 54 Kgf/cm².

Cabe destacar que los elementos reparados con mortero grout y con microconcreto, tuvieron la misma pérdida de resistencia; para los elemento "A" la resistencia del mortero grout a los dos días era similar a la resistencia del microconcreto arrojada a los 28 días, pero no se conoce la resistencia del mortero grout a los dos días.

MODELOS A Rt= 230 Kgf/ cm ²				
ESTADO	A1	A2	A3	A4
RESISTENCIA DE ENSAYO (Kgf/ cm ²)	170	141	121	99
ÍNDICE DE EFICACIA DE LA REPARACIÓN %	100	83	71	58
Perdida de resistencia en %		-17	-29	-42

Tabla 22. . Resistencias entre elementos patrones, reparados y sin reparar tipo A Rt=230 Kgf/cm²

Para un elemento de mediana resistencia al cual se le ha simulado la extracción de núcleo de concreto, se pudo observar una pérdida máxima de resistencia de 42 % respecto a la resistencia total obtenida en el elemento macizo.

En este caso a diferencia del caso anterior, se puede notar que la resistencia obtenida en los elementos reparados con mortero grout es mayor a la obtenida en los elementos reparados con microconcreto, esto se debe a la mejor adherencia del mortero grout (particularidad propia del mortero grout que se pudo demostrar) en las paredes del espacio vacío dejado por la extracción del testigo de concreto, y a que la resistencia del mortero grout a los 2 días, es mayor a la resistencia obtenida en el microconcreto a los 28 días, produciéndose en la zona reparada un núcleo más rígido y menos probable de ceder o fallar en comparación al núcleo de microconcreto.

En los elementos reparados con mortero grout, se puede observar una pérdida de 17% de la resistencia promedio en comparación con la resistencia promedio total obtenida por los elementos macizos, recuperando así 42 Kgf/cm² de los 71 Kgf/cm² perdidos luego de extraído el núcleo de concreto.

MODELOS A Rt= 180 Kgf/ cm ²				
ESTADO	A1	A2	A3	A4r
RESISTENCIA DE ENSAYO (Kgf/ cm ²)	114	99	97	92
ÍNDICE DE EFICACIA DE LA REPARACIÓN %	100	87	85	81
Perdida de resistencia en %		-13	-15	-19

Tabla 23. . Resistencias entre elementos patrones, reparados y sin reparar tipo A Rt=180 Kgf/cm²

Para elementos de baja resistencia, a diferencia de los casos anteriores, la pérdida máxima de resistencia con respecto a la resistencia total obtenida en el elemento macizo, no se mantuvo en los parámetro de 40% a 50% de pérdida total de resistencia. En este caso particular la perdida de resistencia fue de 22 Kgf/cm² (19%).

La pérdida de resistencia en los elementos reparados con mortero grout y microconcreto se diferencia apenas por 2 Kgf/cm², siendo más ventajoso en este caso reparar con el mortero grout.

En general y partiendo de los resultados obtenidos en los elementos ensayados tipo “A”, se puede decir que:

La pérdida de resistencia en los elementos reparados con mortero grout se mantuvo entre 13% y 18%.

La pérdida de resistencia en los elementos reparados con microconcreto se mantuvo entre 15% y 29%.

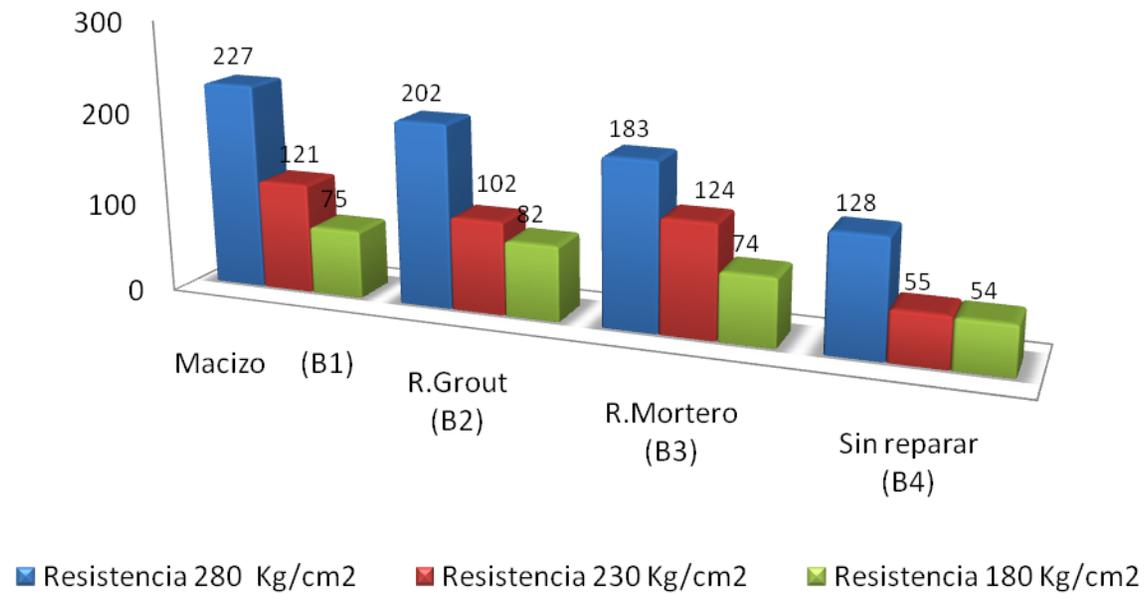
La pérdida de resistencia en los elementos sin reparar se mantuvo entre 19% y 42%.

Para los modelos tipo "A", el índice de eficiencia en la reparación con microconcreto estuvo entre 58% y 81% de eficacia.

Para los modelos tipo "A", el índice de eficiencia en la reparación con mortero grout estuvo entre 82 y 87% de eficacia.

Luego de analizado lo anterior, resulta más eficiente reparar con mortero grout los elementos tipo "A" en los cuales se simuló la extracción de los núcleos de concreto.

ELEMENTO "B" 15x15x30 cm



Grafica 9. Elementos Tipo B.

Resistencias entre elementos patrones reparados y sin reparar.

MODELOS B Rt= 280 Kgf/ cm ²				
ESTADO	B1	B2	B3	B4
RESISTENCIA DE ENSAYO (Kgf/ cm ²)	227	202	183	128
ÍNDICE DE EFICACIA DE LA REPARACIÓN %	100	89	80	56
Perdida de resistencia en %		-11	-20	-44

Tabla 24. . Resistencias entre elementos patrones, reparados y sin reparar tipo B Rt=280 Kgf/cm²

Los elementos de alta resistencia sin reparar sufrieron una pérdida de resistencia de 99 toneladas, 44% de la resistencia total obtenida luego de extraído el núcleo de concreto

Los elementos reparados con mortero grout sufrieron una pérdida de 25 Kgf/cm², 11% de la resistencia total del elemento macizo, logrando recuperar 74 Kgf/cm² de los 99 Kgf/cm² perdidos luego de extraído el núcleo de concreto.

El comportamiento del mortero grout fue más eficiente en la reparación de los elementos, alcanzando un índice de eficacia de 89 %.

MODELOS B Rt= 230 Kgf/ cm²				
ESTADO	B1	B2	B3	B4
RESISTENCIA DE ENSAYO (Kgf/ cm²)	121	102	124	55
ÍNDICE DE EFICACIA DE LA REPARACIÓN %	100	84	102	45
Perdida de resistencia en %		-16	2	-55

Tabla 25. . Resistencias entre elementos patrones, reparados y sin reparar tipo B Rt=230 Kgf/cm²

Para un elemento de mediana resistencia tipo “B” al cual se le ha simulado la extracción de núcleo de concreto, se pudo observar una pérdida máxima de resistencia de 66 % respecto a la resistencia total obtenida en el elemento macizo

En este caso en particular, y a diferencia del caso anterior, se puede notar que la resistencia obtenida en los elementos reparados con mortero grout es menor a la resistencia obtenida en los elementos reparados con microconcreto, esto se debe a la mejor adherencia del mortero microconcreto en las paredes del espacio vacío dejado por la extracción del testigo de concreto, ya que las paredes del elemento fueron fuertemente trabajada mecánicamente con cincel

Se puede observar en los elementos reparados con microconcreto, una resistencia promedio de 2 % por encima de la resistencia promedio total obtenida por los elementos macizos, recuperando no solamente las 55 Kgf/cm² de resistencia perdida luego de extraído el núcleo de concreto, sino que adicionalmente una ganancia de 3 Kgf/cm² de resistencia respecto al elemento macizo.

El comportamiento del microconcreto fue más eficiente en la reparación de los elementos, alcanzando un índice de eficacia por encima del 100%.

MODELOS B Rt= 180 Kg/ cm ²				
ESTADO	B1	B2	B3	B4
RESISTENCIA DE ENSAYO (Kgf/ cm ²)	75	82	74	54
ÍNDICE DE EFICACIA DE LA REPARACIÓN %	100	110	99	72
Perdida de resistencia en %		10	-1	-28

Tabla 26. . Resistencias entre elementos patrones, reparados y sin reparar tipo B Rt=180 Kg/cm²

Los elementos de baja resistencia sin reparar, sufrieron una pérdida de aguate de 21 Kg/cm², 28% de la resistencia total obtenida luego de extraído el núcleo de concreto

En este caso en particular, puede decirse que cualquiera de los dos morteros de reparación satisfacen el criterio ya que en el peor de los casos la pérdida de resistencia máxima para un elemento reparado es de 1%.

Sin embargo, si se quiere garantizar mayor adherencia y mejores resultados, el comportamiento del mortero grout es más eficiente en la reparación de los elementos, alcanzando un índice de eficacia por encima del 100 %.

En general y partiendo de los resultados obtenidos en los elementos ensayados tipo "B". Se puede decir que:

La pérdida de resistencia en los elementos reparados con mortero grout se mantuvo entre 11% y 16 %.

La pérdida de resistencia en los elementos reparados con microconcreto se mantuvo entre 1% y 20 %.

La pérdida de resistencia en los elementos sin reparar se mantuvo entre 28% y 55 %.

Para los modelos tipo "B" el índice de eficiencia en la reparación con microconcreto estuvo entre 80 y 102% de eficacia

Para los modelos tipo "B" el índice de eficiencia en la reparación con mortero grout estuvo entre 84 y 110% de eficacia.

Luego de analizado lo anterior, resulta más eficiente reparar con mortero grout los elementos tipo "B" en los cuales se simulo la extracción de núcleos de concreto.

En términos generales puede decirse que, el comportamiento del mortero grout ha sido más eficaz que el microconcreto en la reparación de columnas de sección cuadrada afectadas por el procedimiento de extracción de núcleos; esto se debe a la propiedad que tiene el mortero grout de expandirse y adherirse bien a las paredes del espacio a rellenar. Sin embargo, se pudo comprobar que si se realiza un buen trabajo con cincel, taladro o cualquier otro elemento que permita una excelente rugosidad en la zona a reparar, es posible alcanzar una excelente adherencia entre el microconcreto y el elemento, de manera que este pueda alcanzar o igualar la resistencia obtenida en el elemento, antes de ser intervenido con la extracción de núcleos de concreto

6.10 Comparación visual de adherencia entre mortero, grout y concreto

A través de la evaluación de la reparación entre el mortero de alta resistencia y grout, luego de ocurrida la falla en los modelos "A" y "B" de manera visual, se logro obtener, la adherencia lograda entre el núcleo de mortero y el núcleo de grout con el concreto. Esto se observa en los anexos 35, 36, 37, 38, 39 y 40.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

Al abordar el tema de la evaluación del comportamiento del grout epóxico y mortero de alta resistencia en la reparación de columnas de sección cuadrada afectadas por el procedimiento de extracción de núcleos en modelos a escala, son diversos los parámetros que son preciso analizar para obtener una evaluación representativa del comportamiento del grout y mortero, esto depende en gran manera de la adecuada relación de los parámetros que conforman la evaluación de ambos materiales en función de sus propiedades, diseño, resistencia, consistencia, aplicación y condiciones de uso.

Como resultado final de este trabajo es posible establecer las siguientes conclusiones:

En relación a los modelos "A" y "B" se ha observado que debido a las dimensiones de los 2 moldes realizados de 25x25x50 cm y 15x15x30 cm ha ocurrido una variación en las resistencias de los elementos, lo cual indica que para tamaños mayores del elemento la pérdida de resistencia será menor y en relación inversa con respecto al tamaño de la sección.

Otro punto que da lugar el efecto anterior, es la pérdida de sección de los elementos en sus dimensiones transversales de la extracción (25 cm y 15cm); los modelos tipo "A" con un diámetro de extracción de 3" tuvieron una pérdida de sección de 30 %; en cambio, los modelos tipo B, con un diámetro de extracción de 2" tuvieron una pérdida de sección de 33%. Esta pérdida de sección en los elementos ensayados es una prueba del decaimiento en la resistencia de elementos modelo "A4" de 19% y 42% y modelos "B4" de 28% y 55%.

Uno de los aspectos importantes en relación a los elementos y las reparaciones hechas en el mismo, está determinado por la eficacia del relleno con mortero de alta resistencia y grout. Por lo apreciado en las tablas 21, 22, 23, 24, 25 y 26, esta eficacia en el relleno de los elementos con mortero y grout, abarca entre un 80% y un 85% en promedio en relación a sus resistencias, no se observa una mejora de eficacia, considerando los resultados en conjunto. Sin embargo, desde el punto de vista de ambos morteros, el grout en los elementos “A” tuvo mayor índice de eficacia en comparación con el mortero de alta resistencia en los elementos “B”.

Por lo anteriormente citado, las comprobaciones hechas en los ensayos y los resultados obtenidos, puede concluirse que el grout actuó favorablemente para una resistencia mayor a la del mortero, esto se debe también al efecto expansivo que tuvo el grout, perceptible luego de haber ensayado los elementos con la prensa hidráulica, en el cual se apreció visualmente que el grout tuvo mayor adherencia con el resto del concreto.

En cuanto a la resistencia de los elementos ensayados, se concluye que:

En los elementos “A2” reparados con mortero grout, la resistencia promedio estuvo entre un 82% y un 87% de la resistencia total obtenida por el elemento macizo.

En los elementos “A3” reparados con mortero de alta resistencia, la resistencia promedio estuvo entre un 58% y un 81% de la resistencia total obtenida por el elemento macizo.

En los elementos “A4” sin reparar, la resistencia promedio estuvo entre un 19% y un 42% de la resistencia total obtenida por el elemento macizo.

En los elementos “B2” reparados con mortero grout, la resistencia promedio estuvo entre un 84% y un 110 % de la resistencia total obtenida por el elemento macizo.

En los elementos “B3” reparados con mortero de alta resistencia, la resistencia promedio estuvo entre un 80% y un 102% de la resistencia total obtenida por el elemento macizo.

En los elementos “B4” sin reparar, la resistencia promedio estuvo entre un 28% y un 55% de la resistencia total obtenida por el elemento macizo.

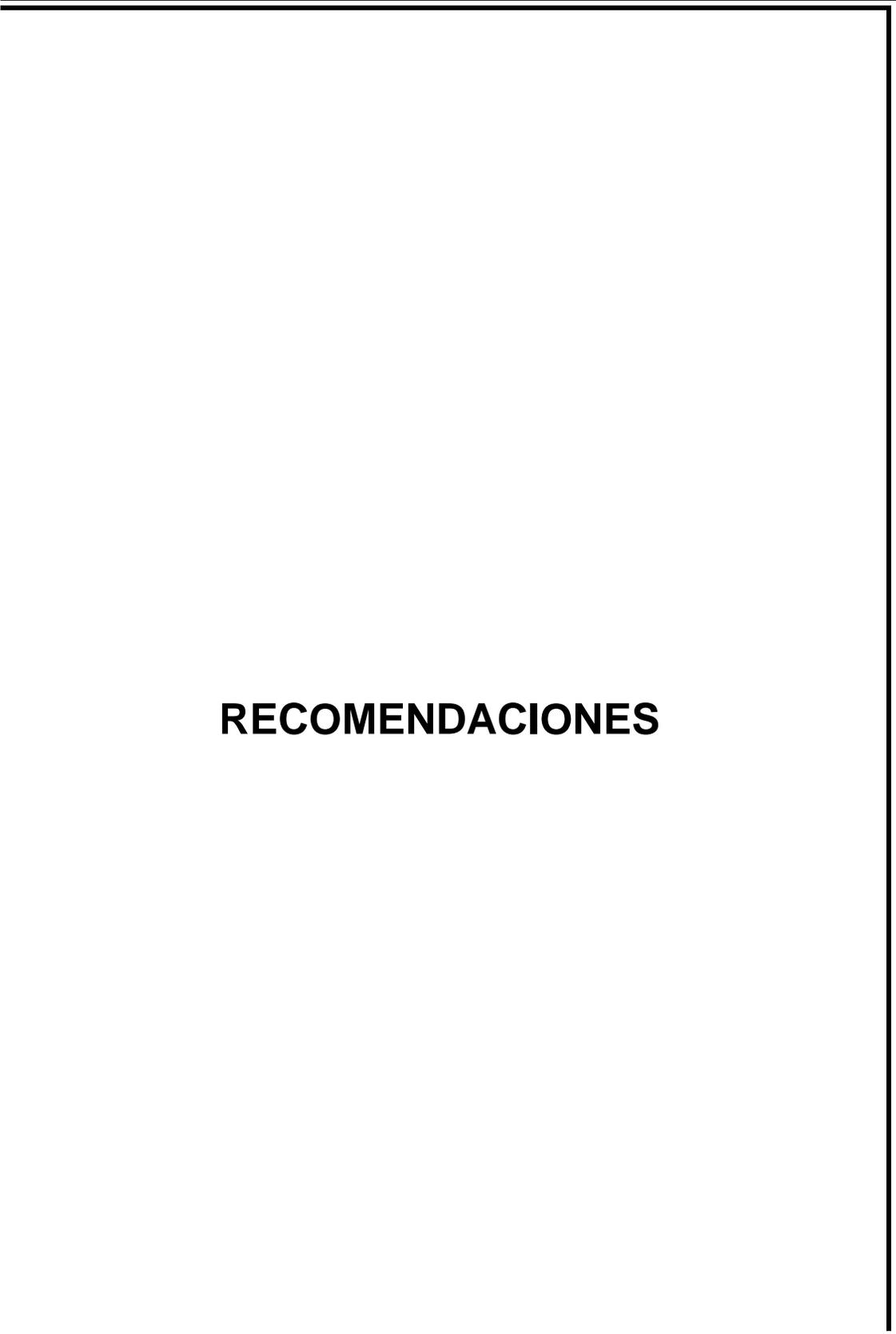
Puntualizando una de las características del concreto, que es la resistencia de los elementos, macizos, reparados con grout y reparados con mortero de alta resistencia, se puede concluir una pérdida de resistencia en los elementos con relación al estado sin intervenir o macizo.

1. La pérdida de resistencia en los elementos “A2” reparados con mortero grout se mantuvo entre 13% y 18%.
2. La pérdida de resistencia en los elementos “A3” reparados con microconcreto se mantuvo entre 15% y 29%.
3. La pérdida de resistencia en los elementos “A4” sin reparar se mantuvo entre 19% y 42%.
4. La pérdida de resistencia en los elementos “B2” reparados con mortero grout se mantuvo entre 13% y 18%.
5. La pérdida de resistencia en los elementos “B3” reparados con micro concretó se mantuvo entre 15% y 29%.
6. La pérdida de resistencia en los elementos “B4” sin reparar se mantuvo entre 19% y 42%.

En los elementos de alta resistencia, la reparación con grout en el elemento ofrece un comportamiento parcialmente homogéneo, además de restaurar en un 90% la resistencia inicial del mismo. En resistencias medias y bajas la reparación con grout adquiere tanta resistencia que este se comporta como un bloque aislado dentro del elemento. Por lo tanto, para resistencias medias y bajas es más recomendable y económico reparar con morteros de resistencia similares a las del elemento en cuestión y muy recomendable el agregar un agente expansivo en la mezcla para lograr mejor adherencia entre el concreto y el mortero de reparación.

Otra ventaja está en la reparación con mortero de alta resistencia y la incidencia del color que genera el mismo en el elemento a reparar, que favorece un acabado deseable.

Ambos materiales de reparación permiten recuperar la capacidad resistente del elemento entre un 71% y un 99% de la resistencia total obtenida, e incluso la superan en un rango de 2% a 10% en los elementos "B". Estos resultados permiten concluir que los procedimientos de reparación y un correcto diseño de mezcla de los materiales fueron efectivos desde el punto de vista técnico.



RECOMENDACIONES

RECOMENDACIONES

Como recomendaciones generales se enumeran las siguientes:

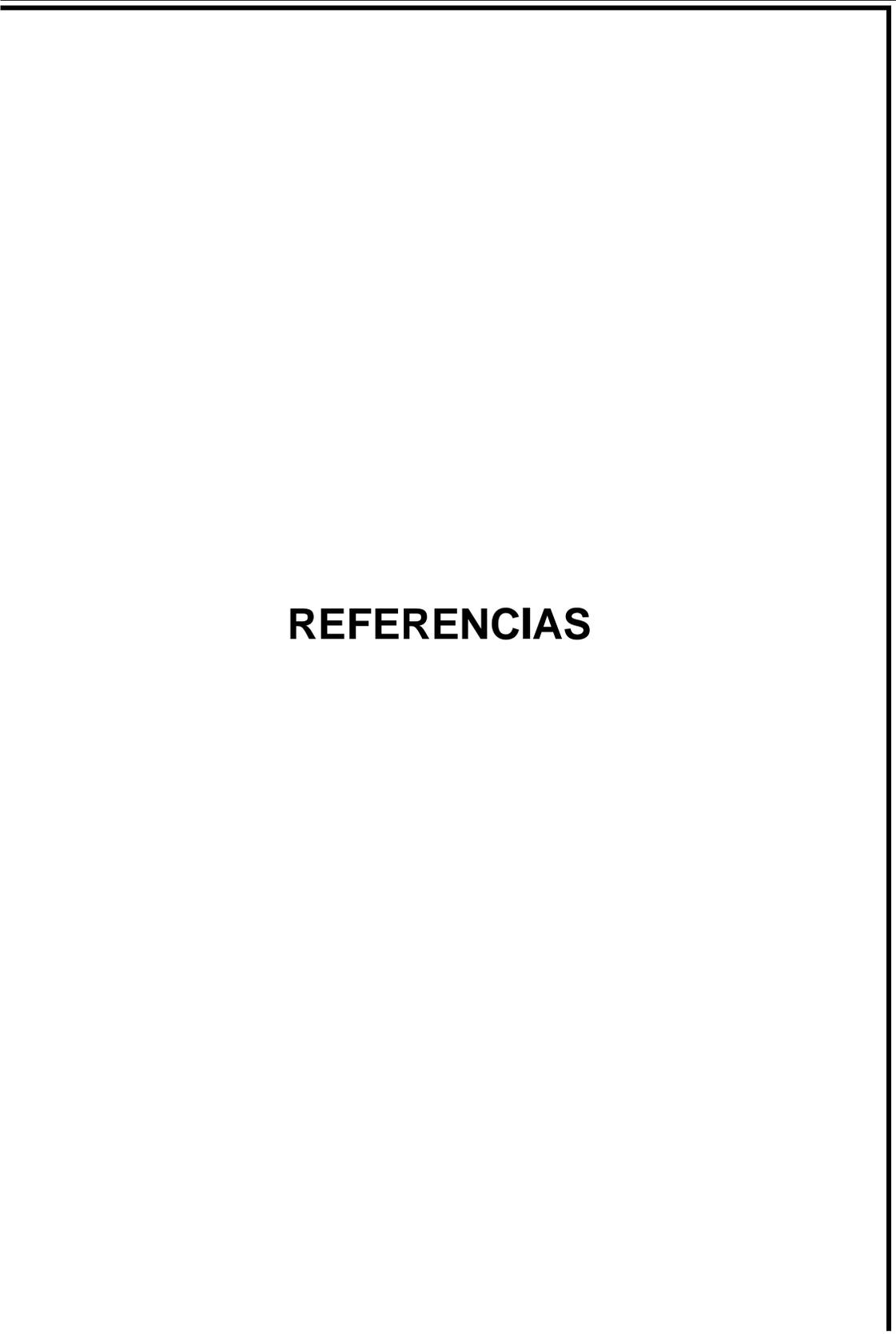
1. Conviene hacer mayor cantidad de ensayos enfocados en solo un tipo de resistencia, alta, media o baja, para definir de una manera más clara el comportamiento de la reparación.
2. También se puede enfocar un estudio, agregándole un componente expansivo al microconcreto en estado fresco, para lograr una mejor adherencia entre el mortero y el concreto. Y hacer un análisis de precios de esta reparación en comparación con la reparación empleando un Grout comercial.
3. Para futuros estudios, se recomienda usar Cemento Portland tipo I, para obtener mejores resultados en las resistencias de los elementos, para que se ajusten mejor a los morteros de reparación.
4. De las conclusiones presentadas, se recomienda usar SikaGrout GR – 104 o cualquier otro mortero de cemento hidráulico sin retracción de otra casa comercial, para reparar elementos con altas resistencias. Mientras que para resistencias medias o bajas, se aconseja reparar con morteros de cemento de igual resistencia o un poco más

alta, de esta manera se abaratan los costos, se obtiene una reparación de calidad y se asegura un acabado similar al del elemento estructural en su estado inicial.

5. Como aporte adicional de este trabajo especial de grado, se elaboró un sencillo método de reparación de estructuras intervenidas con el método de extracción de núcleos, (*Core Drill*)

Método de recomendado para la reparación de elementos estructurales sometidos a compresión, afectados por el procedimiento de extracción de núcleos (*Core Drill*)

1. La superficie de concreto de la zona afectada por la extracción del núcleo (core drill), debe adecuarse por medios mecánicos, para hacerla rugosa, logrando la fractura del agregado y la pasta de cemento.
2. La zona debe estar limpia de partículas sueltas o mal adheridas y sana.
3. Se debe humedecer la zona a reparar, para evitar que adsorba el agua del mortero de reparación.
4. Se debe colocar el mortero de reparación, sea grout o sea mortero de alta resistencia, en capas y compactarlo con barras compactadoras para asegurar que no queden oquedades.
5. Una vez reparada la zona, cubrirla para evitar la evaporación del agua del mortero.



REFERENCIAS

REFERENCIAS

Abdev Merrys, I. A., & Blanco Posse, O. R. (2002). Estudio de la exudación y la retracción en el microconcreto para la reparación de estructuras de concreto armado. *Tesis de Grado* . Universidad Central de Venezuela. Caracas.

Arancibia, F. (21 de Mayo de 2006). *Ingeniería y Construcción*. Recuperado el 10 de Diciembre de 2009, de <http://facingyconst.blogspot.com/2006/05/groutingtiposcaracteristicas-y.html>

Bellido, R. (10 de enero de 2010). *RB Conspro*. Recuperado el 30 de Enero de 2010, de Productos químicos para la construcción: <http://rbconspro.wordpress.com/2010/01/06/morteros-cementicios-de-reparacion/>

Calavera, J., Aparicio, G., Delibes, A., & Gonzalez, G. (1975). El relleno de taladros producidos por la extracción de probetas-testigo y su influencia en la resistencia de los pilares de hormigón armado. *Informes de la construcción* (268), 91-98.

De la Mora, S., y De Garay, A. (s.f.). *Arquitectuba*. Recuperado el 10 de Diciembre de 2009, de www.arquitectuba.com.ar

Helene, P. *Manual para la reparación refuerzo y protección de las estructuras de concreto*.

Hossdorf, H. (1970). Nuevas Formas de Cálculo de Ensayos sobre modelos y ordenadores electrónicos. *Monografías del Instituto Eduardo Torroja de la construcción y del cemento* .

Joisel, A. *Fisuras y grietas en morteros y hormigones. Sus causas y remedios*. Barcelona: Editores Técnicos Asociados, s.a.

Martínez Ynzenga, J. I. (1976). Retracción de morteros y hormigones. *Monografías del Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y del cemento* .

Porrero, J., Ramos, C., Grases, J., & Velazco, G. (2004). *Manual del Concreto Estructural. Conforme con la norma COVENIN 1753:03*. Caracas: SIDETUR.

Ramírez Ortiz, J. L., & Bárcenas Díaz, J. M. (1973). Aportaciones en torno a la valoración de la calidad resistente del hormigón de estructuras por medio de probetas testigos extraídas por corte. *Informes de la construcción* , 255.

Talbot, A. N. (s.f.). Ensayos de Columnas de Hormigón y de Hormigón Armado. *Revista de Obras Publicas* .

Normas:

Cemento Portland. Determinación de la resistencia a compresión de morteros en probetas cúbicas de 50,8 mm de lado. (1993). *COVENIN 0484*. Venezuela.

Cemento Portland con adiciones. Especificaciones (1994). *COVENIN 3134*. Venezuela.

Concreto fresco. Toma de muestras. (2000). *COVENIN 0344* . Venezuela.

Concreto. Método para la medición del asentamiento con el cono de Abrams.. (2003). *COVENIN 0339* . Venezuela.

Concreto y Mortero. Agua de mezclado. Requisitos. (2000). *COVENIN 2385* . Venezuela.

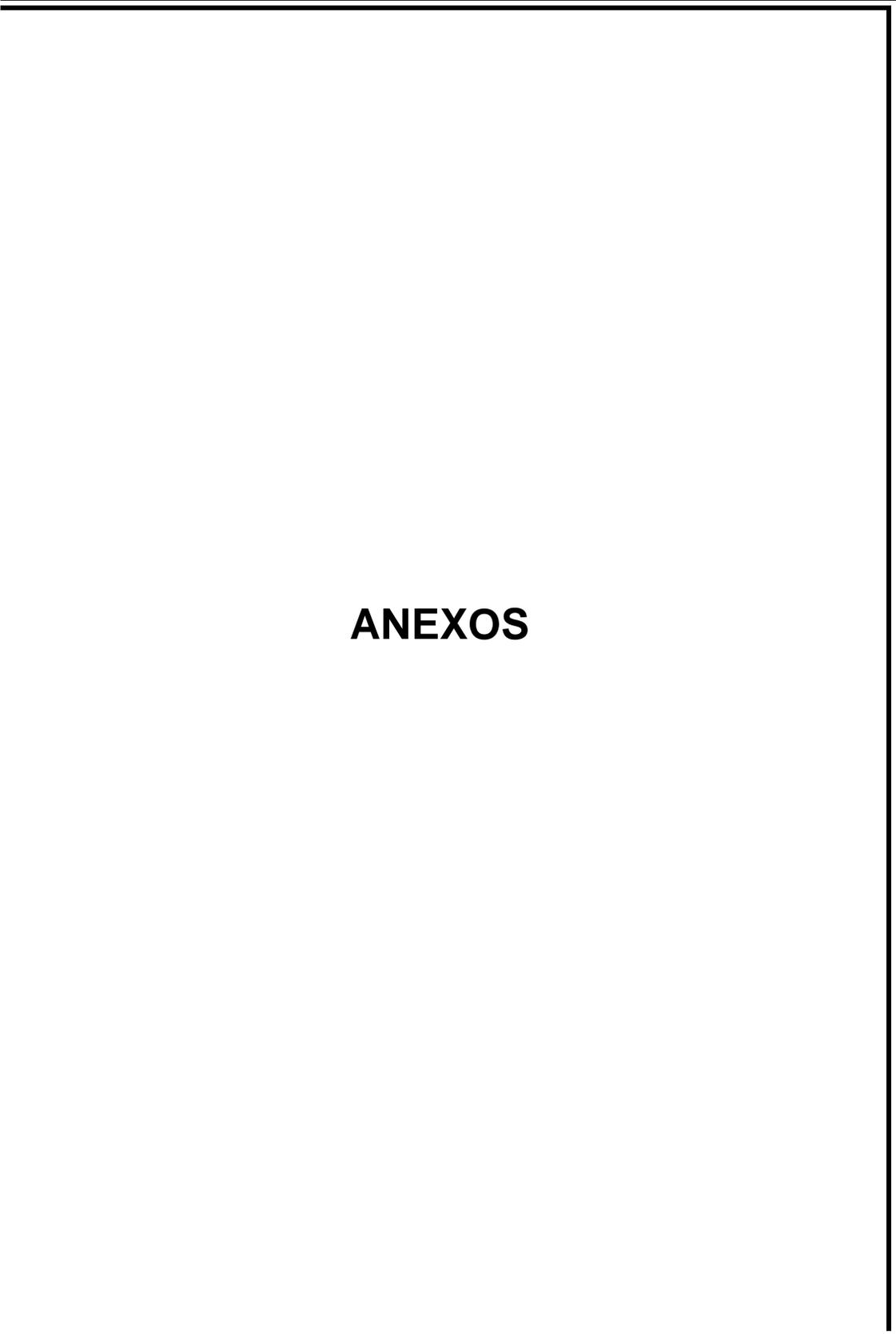
Concreto. Evaluación y Métodos de ensayo. (2003). *COVENIN 1976* . Venezuela.

Concreto. Método para la elaboración y ensayo a compresión de cilindros de concreto. (2002). *COVENIN 0338* . Venezuela.

Método para la extracción de probetas cilíndricas y viguetas de concreto endurecido. (1980). *COVENIN 0345* . Venezuela.

Mortero de Cemento Hidráulico sin retracción (grout). Determinación de la resistencia a compresión. (1991). *COVENIN 2825* . Venezuela.

Mortero de Cemento Hidráulico sin retracción (grout). Especificaciones. (1991). *COVENIN 2830* . Venezuela.



ANEXOS

ANEXO 1

Ensayo agregado fino

		Gobierno Bolivariano de Venezuela	Ministerio del Poder Popular para las Obras Públicas y Vivienda
ENSAYO DE AGREGADO FINO		Código del Documento: PC-CC-R-01	
		Revisión: 2	Nº de Pág 1 de 1
		Fecha de Elaboración: Dic-09	
Caracas, 4-May-2010			
MATERIAL: ARENA (Entrada a Planta) ENSAYO SOLICITADO POR: LABORATORIO MUESTRA SACADA POR: DOUGLAS RODRIGUEZ FECHA: ABRIL ENTREGADO POR: DOUGLAS RODRIGUEZ FECHA: ABRIL PROCEDENCIA: F.N.C. CONCRETOS USO REQUERIDO: AGREGADO PARA CONCRETO PROCEDENCIA: ARENERA LA MILAGROSA			
ENSAYO GRANULOMETRICO			
			GRAFICO GRANULOMETRICO A GREGADO FINO
CEDAZO	PESO RETENIDO	% RETENIDO	RETENIDO S ACUMULA
# 1/2"			%
# 3/8"	9	0,9	0,9
# 1/4"		0,0	0,9
# 4	200	20,0	20,9
# 8	199	19,9	40,8
# 16	209	20,9	61,7
# 30	165	16,5	78,2
# 50	117	11,7	89,9
# 100	68	6,8	96,7
# 200	20	2,0	98,7
Fondo	13	1,3	100,0
Peso T.	1.000 g		0,0
			% PASANTES
			99,1
			99,1
			79,1
			59,2
			38,3
			21,8
			10,1
			3,3
			1,3
			0,0

PESO ESPECIFICO

Desidad Muestra+Envase: 663,69 gr/cm³

Peso del Envase: 165 g

Peso del Envase+H2O: 662 g

P. del Envase+H2O+Muestra: 972 g

Peso de La Muestra: 500 g

Desidad del H2O: 0,99797 cm³

P ESPECIFICO: 2,60 g/cm³

PORCENTAJE DE ABSORCION

Peso SSS: 500 g

Peso Seco: 486 g

PORC. ABS: 2,88 %

PESO UNITARIO SUELTO

Temperatura: 22 °C

Peso Unitario H2O: 997,6268

Peso del Agua: 2,815 Kg

Peso Recipiente: 6,558 Kg

Peso Muest. + Recip.: 11,308 Kg

Peso Muestra: 4,750 Kg

Factor: 354,39673 m³

PESO UNITARIO SUELTO: 1,683 Kgtm³

TAMIZ # 200

Peso Lav.Ta.# 200: 2,000 g

Peso Sec.D.Lav: 1,921 g

TAMIZ # 200: 3,95%

PESO UNITARIO COMPACTO

Temperatura: 22 °C

Peso Unitario H2O: 997,6268

Peso del Agua: 2,815 Kg

Peso Recipiente: 6,558 Kg

Peso Muestra + Recipiente: 11,754 Kg

Peso Muestra: 5,196 Kg

Factor: 354,39673 m³

PESO UNITARIO COMPACTO: 1,841 Kgtm³

PORCENTAJE EN SUSPENSION

Cant de Mat en Suspensión: 40 cm³

Cant de Muestra: 500 g

PORCENTAJE EN SUSPENSION 4,80 %

IMPUREZAS ORGANICAS

Color N°	1
NO	Contiene Impurezas.

PRESENCIA DE CLORUROS Y SULFATOS

Cloruros: SI NO

Sulfatos: SI NO

Fecha: 04/05/10 Realizado por: Douglas Rodriguez Revisado por: Ing. Gleicy Ramos

Normas utilizadas en la elaboracion del informe: Covenin 254,256,258,259,263,268,270,277.

ANEXO 3

Características Cemento Portland Tipo I

Cemento Portland Gris Tipo I



DESCRIPCIÓN

El cemento Vencemos gris Portland tipo I, es específico para el uso en construcciones generales de concreto, cuando no se requieran las propiedades específicas de los otros tipos de cemento. Vencemos fábrica este cemento desde 1945 y cuenta con cuatro plantas, ubicadas en: Barquisimeto Edo. Lara, Maracaibo Edo. Zulia, una planta de molienda en Guayana Edo. Bolívar y el Complejo Cementero de Pertigalete en el Edo. Anzoátegui. Este producto cumple con las especificaciones de las normas ASTM C-150-97, COVENIN 28-93 y es fabricado bajo sus Sistemas de Calidad certificados por la Norma ISO 9002.

PROPIEDADES

El cemento gris Portland tipo I de cada uno de los centros de producción posee propiedades específicas de fraguado, resistencia a la compresión y color entre otras, las cuales les son conferidas por un proceso regular de fabricación y por las materias primas, calcáreas y arcillosos, que aportan los compuestos químicos primordiales para el cemento.

USOS Y APLICACIONES

Es utilizado en construcciones generales de concreto, tales como: placas, estructuras, muros, pisos, pavimentos, aceras, elementos prefabricados, etc.

PRESENTACION

Granel, sacos de 42,5 Kg, sacos de 21,25 Kg y big bags de 1,5 T.M.

RECOMENDACIONES

En el almacenaje: Para asegurar la calidad del producto y su durabilidad, debemos:

- Colocarlo sobre madera (paletas) y libre de contacto con paredes.
- Utilizar una área seca, protegida contra la humedad (bajo techo).
- Almacenarlo en pilas no mayores de 10 sacos de altura.

En la combinación con los otros materiales:

- Usar agua limpia, libre de desechos y basura.
- Cuidar que los agregados, pigmentos, aditivos, etc.; sean de buena calidad y limpieza, con ausencia de sustancias o materiales que puedan ocasionar manchas, grietas o defectos en el acabado requerido.
- Utilizar la cantidad correcta de agregados, cemento y agua.
- No preparar más mezcla de la que va a utilizar.

En el modo de empleo:

- Prepare la mezcla sobre superficie limpia y que no absorba humedad.
- Mezcle los agregados y el cemento en seco.
- Agregue la cantidad mínima de agua y mezcle hasta obtener una consistencia homogénea.
- Aplique, extienda y efectúe el acabado de manera uniforme.
- Para evitar el agrietamiento es indispensable un buen curado.

ESPECIFICACIONES TECNICAS

Características químicas (%promedio)

	LARA	MARA	GUAYANA	PTGL
Fineza (Blaine) cm ² /gr:	340	380	340	370
% de expansión Autoclave:	0,25	0,08	0,01	0,03
Fraguado Gillmore (minutos) Inicial:	135	185	NA	145
Final:	235	290	NA	230
Fraguado Vicat (minutos) Inicial:	135	140	130	135
Final:	235	260	240	220
Resist. Compresión (Kg/cm ²) 3D:	220	200	190	200
7D:	300	290	260	285
28D:	390	390	370	390
% Pasante tamiz # 325:	86,0	80,0	83,0	80,0
% Pasante tamiz # 200:	97,0	95,0	96,5	94,5

Características físicas (prom.)

	LARA	MARA	GUAYANA	PTGL
Oxido de silicio (SiO ₂)	20,25	19,50	21,04	19,7
Oxido de aluminio (Al ₂ O ₃)	5,50	5,10	5,10	5,1
Oxido férrico (Fe ₂ O ₃)	3,0	3,50	5,0	2,7
Oxido de calcio (CaO)	65,5	62,8	64,1	62,5
Oxido de magnesio (MgO)	0,70	1,10	1,50	1,80
Anhídrido sulfúrico (SO ₃)	2,40	2,70	2,00	2,40
Residuo Insoluble	1,15	1,10	0,70	1,3
Pérdida al fuego	3,0	4,5	3,5	5,0
Aluminato tricálcico (C ₃ A)	9,5	10,0	8,0	10,0
Silicato tricálcico (C ₃ S)	62,0	55,5	55,0	60,4

ANEXO 4

Características Cemento Portland Tipo CPCA 1

LA VEGA ECO-PLUS

CEMENTO PORTLAND TIPO CPCA1

ESPECIAL PARA obras de concreto y morteros en general

- Resistencias adecuadas para concretos estructurales en general.
- Estabilidad en los tiempos de fraguado.
- Mayor capacidad de retención de agua que minimiza el efecto de retracción durante el fraguado.
- Mayor manejabilidad y uniformidad, mejorando la trabajabilidad de las mezclas.
- Baja porosidad que optimiza la permeabilidad del concreto, garantizando la durabilidad de las obras.
- Contribuye a preservar el Medio Ambiente.
Debido su composición, durante el proceso de producción de Eco Plus, se reducen las emisiones de CO₂ al ambiente en comparación con otros Cementos Tipo I, contribuyendo a atenuar el calentamiento global.

Presentación: Sacos de 42,5 Kg.

Ideal para Constructores, Prefabricadores, Maestros de Obra y Albañiles.



Producto con calidad



www.lafarge.com.ve

Para mayor información: **0-800-CEMENTO (236.36.86)**

LA VEGA

ECO-PLUS

CEMENTO PORTLAND TIPO CPCA1

FICHA TECNICA

Denominación:

Eco-Plus es un Cemento Portland Tipo CPCA 1, formulado para su uso en la producción de concretos y morteros que requieran mejorar la trabajabilidad, capacidad de retención de agua, resistencias adecuadas a su uso y mayor durabilidad.

- Cumple con los requerimientos de la Norma Venezolana para Cemento Portland con Adiciones COVENIN 3134:2004
- Posee el sello de Calidad Norven.
- Su calidad está avalada por **100 años** de experiencia y el respaldo tecnológico del **Grupo Lafarge**, líder mundial en materiales de construcción.

Aplicaciones:

Elaboración de obras de concreto y morteros en general:

- Aceras y Brocales
- Pega de Bloques y Frisos
- Vigas, Columnas y Losas
- Elaboración de Bloques

Servicios:

Asistencia Técnica y apoyo en obra: caracterización y recomendaciones de uso de los materiales.

RECOMENDACIONES DE USO:



1- Almacenaje:
Este almacenaje en contacto directo con el suelo o paredes y el ambiente húmedo.



2- Cantidad de agua:
Controle el agua de mezclado. El exceso disminuye la resistencia del concreto.



3- Arena:
Verifique el grado de finura y la humedad de la arena para ajustar su mezcla.

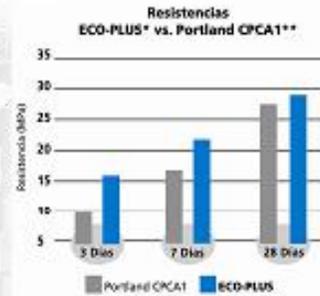


4- Proporciones:
Controle las proporciones definidas de los materiales utilizados en su mezcla.

Producto con calidad



www.lafarge.com.ve



CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS

Requisitos Físicos	Valores Mínimos Garantizados
Resistencia 3 días	min. 16.0 Mpa.
Resistencia 7 días	min. 22.0 Mpa.
Resistencia 28 días	min. 29.0 Mpa.

Requisitos Químicos	Valores Máximos Permisibles*
Verdeco al fuego	5.0 %
Tróxido de Azufre (SO ₂)	4.0 %
Residuos Insolubles	4.0 %

* de acuerdo a la Norma COVENIN 3134:2004

Para mayor información: **0-800-CEMENTO (236.36.86)**

ANEXO 5
Características Cemento Portland Tipo CPCA 2

% EN PESO				
Tipo de cemento	% Clínker + % Yeso	% Caliza	% Puzolana	% Cenizas volantes
CPCA	95 - 85	> 5 ≤ 15	-----	-----

Para Cemento Portland Tipo CPCA2 10% de Caliza.

Requisitos físicos

Requisitos	CPCA
Resistencia a la compresión MPa (kg/cm ²) Mínimo 3 días 7 días 28 días	8,3 (85) 14,7 (150) 24,5 (250)
Ensayo de permeabilidad al aire (Blaine) (m ² /kg) Mínimo	300
Expansión Autoclave (%) Máximo	0,8
Vicat inicial (min) Mínimo	45
Vicat final (min) Máximo	480
Calor de hidratación (kj/kg) Máximo 7 días 28 días	----- -----

Requisitos químicos

Requisito	CPCA
Pérdida al fuego (PF) %	≤ 9,0
SO ₃ %	≤ 3,5
Residuos Insolubles (RI) %	≤ 5,0

Tomados de la tabla 1, 2, 3 de la norma COVENIN 3134-1994. "Cemento Portland con adiciones. Especificaciones"

ANEXO 6

Características SikaGrout® GR-104

Construcción	SikaGrout® Mortero de Cemento hidráulico sin retracción para grouting	
	Descripción	<p>Morteros de cemento hidráulico sin retracción, listos para usar en rellenos de anclajes, trabajos de nivelación y reparación de fallas del concreto. Los morteros de la línea SikaGrout han sido especialmente diseñados para obtener la consistencia y penetración apropiadas para cada tipo de aplicación, mantienen su estabilidad volumétrica en sentido vertical, desarrollan resistencia rápidamente y alcanzan altas resistencias finales. Existen dos clases de morteros SikaGrout a usar dependiendo de las necesidades de la obra:</p> <p>SikaGrout ES-101. Mortero de cemento hidráulico sin retracción de alta fluidez y resistencias aún en consistencia autonivelante, compensa la retracción en dos etapas: en estado fresco y en estado endurecido. Clasificado como Grout Tipo C (ASTM C 1107/COVENIN 2830). Ideal para los trabajos de Grouting y nivelación de placas de asiento de maquinarias que requieren precisión, anclajes y reparaciones confinadas sin contracción.</p> <p>SikaGrout GR-104. Mortero de cemento hidráulico sin retracción de alta fluidez y resistencias aún en consistencia autonivelante, compensa la retracción en estado fresco. Clasificado como Grout Tipo A (ASTM C 1107/COVENIN 2830). Adecuado para los trabajos de Grouting y nivelación de placas de asiento de maquinarias, anclajes. Ideal para reparaciones confinadas sin contracción y fallas en el concreto donde hay altos espesores.</p>
	Usos	<p>Como rellenos en zonas confinadas, cuando se requiera: alta resistencia, adherencia y estabilidad volumétrica vertical del relleno tales como:</p> <ul style="list-style-type: none">Anclaje de pernos.Rellenos para la nivelación de equipos y maquinaria en la industria (motores, turbinas, compresores, bombas).Relleno bajo columnas de acero o prefabricados de concreto.Inyecciones de mortero estructural.Resane de cangrejeras y reparación de fallas en sistemas estructurales de concreto.Elaboración de concreto sin contracción para rellenos estructurales. <p>Como mortero de reparación sin contracción en:</p> <ul style="list-style-type: none">Elaboración de sobrepisos de alta resistencia.Ejecución de trabajos de emergencia.
	Ventajas	<ul style="list-style-type: none">Fáciles de usar. Solo basta adicionar el agua requerida y amasar hasta obtener una mezcla homogénea.Alta fluidez.No hay segregación del material.Excelentes resistencias mecánicas a todas las edades.Rápida puesta en funcionamiento de maquinarias.Controla el cambio de volumen del cemento al hidratarse, lo que garantiza la estabilidad del relleno y una adecuada y uniforme transmisión de esfuerzos a la base.No contienen agregados metálicos susceptibles a oxidarse.Protegen al acero de la corrosión.No contienen cloruros.

Datos Técnicos

Presentación	Sacos plásticos de 25 Kg		
Color	Gris cemento.		
Almacenamiento	9 meses en los envases originales cerrados en sitio seco y fresco.		
Densidad	Aprox. 2.3 Kg/L.		
Rango de Uso Recomendado		SikaGrout ES-101 De 1.0 a 5.0 cm	SikaGrout GR-104 De 2.0 a 10.0 cm
Resistencia a Compresión	COVENIN 2825 ASTM C 942	Edad	Resistencia a Compresión (kg/cm ²)
		1 día	≥350
		3 días	≥450
		7 días	≥600
		28 días	≥700
			Relación agua / polvo (peso)= 12%
			Relación agua / polvo (peso)= 11,3%
Mecanismo de Control de Retracción		En estado fresco y endurecido	En estado fresco
Tipo	COVENIN 2830 ASTM C 1107	C	A
% de Cambio de Altura en estado fresco	COVENIN 2827 ASTM C 827	4% Máximo	4% Máximo
% de Cambio de Altura en estado endurecido	COVENIN 2826 ASTM C 1090	0.3% Máximo	NA
Tiempo de Fraguado	COVENIN 2824 ASTM C 403	10 horas Máximo	10 horas Máximo
Rendimiento		Aprox. 12.0 L Por saco	Aprox. 12.0 L Por saco

Nota 1: Para los valores de resistencia a la compresión, los cuales se basan en pruebas de laboratorio, se pueden esperar variaciones de los valores nominales indicados en esta tabla que están sujetos a variaciones que dependen de la edad del material, las condiciones de almacenamiento, las propiedades del cemento y las condiciones de uso y/o ensayos.

Nota 2: Las pruebas de laboratorio y de campo deben controlarse sobre la base de la consistencia de colocación del Sikagrout, no en el contenido de agua, de acuerdo a la ASTM C-1107 y ASTM C-827.

Modo de Empleo

Preparación de Superficie

La superficie de concreto debe adecuarse para la colocación del grout sobre ella. Debe hacerse rugosa por medios mecánicos, logrando la fractura del agregado y la pasta de cemento. Para garantizar la adherencia, debe estar limpia, sana y limpia de partes sueltas o mal adheridas. La lechada superficial del concreto debe ser retirada junto con residuos de membranas curadoras, pinturas, grasas, contaminantes o cualquier otro material extraño que impida la adherencia. Es de vital importancia saturar (evitando empozamientos) la superficie de concreto sobre la cual va a reposar el grout para evitar desecaciones que conduzcan a la contracción del material de relleno. EL sustrato debe permanecer húmedo (saturado) por 24 horas antes del vaciado. Las perforacio-

	<p>nes para pernos deben estar rugosas (no lisas) y libres de agua antes de rellenar. Cuando se coloque SikaGrout en contacto con superficies metálicas, debe garantizarse que éstas estén libres de polvo, partes sueltas, grasa, óxido, aceite, pinturas defectuosas, u otro material extraño.</p>
Encofrados	<p>Para vaciar el SikaGrout debe confeccionarse un encofrado con material no absorbente y libre de fugas. En el sitio de vaciado del SikaGrout, el encofrado debe estar separado entre 7 y 10 cm. del elemento a nivelar; en los demás sitios el encofrado debe estar separado mínimo a una distancia igual al espesor del relleno pero no menor de 2.5 cm. La altura del encofrado en los sitios de vaciado, debe ser mayor para suministrar una cabeza de presión que asegure el flujo del SikaGrout bajo la platina o equipo a nivelar. Se debe considerar la utilización de un embudo de vaciado móvil para colocar el SikaGrout desde diferentes sitios. Este embudo debe proporcionar por lo menos 15 cm. de altura de grout sobre el nivel final de éste, para garantizar adecuada presión. Cuando el ancho del relleno sea muy grande (mayor de 100 cm.) se debe considerar la posibilidad de utilizar un embudo con manguera para darle mayor cabeza, la manguera se mantendrá llena durante el vaciado, para garantizar que haya suficiente presión y que el material fluya continuamente.</p>
Mezclado	<p>El SikaGrout debe mezclarse con agua en las proporciones adecuadas para la consistencia requerida, de acuerdo con la tabla de dosificación. La cantidad exacta de agua debe determinarse previamente haciendo ensayos en las condiciones de la obra. Use solo agua potable.</p> <p>Al momento de la mezcla, los equipos, materiales, agregados (sin son necesarios) y la base no deberán tener más de 25°C. Se recomienda acondicionar a una temperatura fresca los materiales y el sustrato para evitar agrietamientos por secado.</p> <p>Vierta en la mezcladora la totalidad del agua de amasado prevista y agregue paulatinamente el SikaGrout, mezcle hasta obtener una masa homogénea libre de grumos. Utilice mezcladoras mecánicas o ayúdese de un taladro de bajas revoluciones dotado de paleta mezcladora. Cuide de no introducir un exceso de aire durante el mezclado del producto. Para los trabajos de Grouting de precisión el mezclado debe hacerse mecánicamente y no manualmente.</p>
Aplicación	<p>Inmediatamente después del Mezclado, vierta la mezcla SikaGrout en forma continua por los sitios de vaciado, hasta que el producto aparezca en el lado opuesto. Puede hacerse uso de cintas metálicas, cadenas o cables de acero para ayudarlo a dar movilidad. No vibre grout con alta fluidez, ya que puede segregarlo.</p> <p>La mezcla debe colocarse continuamente y en el menor tiempo posible después del mezclado, ya que de acuerdo con las condiciones climáticas puede haber pérdida de fluidez si hay demoras en la colocación. Asegúrese de contar con la suficiente cantidad de mezcla que demande la aplicación. El grout debe ser colocado mínimo 6 mm por encima de la superficie inferior de la platina o elemento a rellenar, garantizando un completo llenado. Las perforaciones para el anclaje de pernos deben rellenarse previamente a la colocación del resto del grout de nivelación del elemento.</p>
Curado	<p>Inmediatamente se haya completado el relleno, cubra las áreas expuestas para evitar la evaporación del agua de amasado, empoce con agua durante 7 días como mínimo y/o cure con Antisol o SikaCure C/E.</p>
Concreto con SikaGrout®	<p>Cuando el espesor de los rellenos está entre 10 y 15 cm., o entre 5 y 10 cm. y no hay disponibilidad de SikaGrout GR-104, se recomienda agregar gravilla limpia, sana y saturada con superficie seca, en una porción de 10-12 litros por cada saco de SikaGrout ES 101. Dicha gravilla debe tener un tamaño entre 8 y 12 mm. Los agregados deberán ser condicionados previamente a las temperaturas requeridas para el mezclado del SikaGrout.</p> <p>La cantidad de agua a usar dependerá de la cantidad, naturaleza, forma, granulometría e higroscopia de la gravilla por lo que dicho valor debe determinarse in situ a través de vaciados de prueba.</p>
Limitaciones	<p>El espesor mínimo para SikaGrout ES-101 es de 1 cm. Para SikaGrout GR-104 es de 2 cm. El espesor máximo para SikaGrout ES-101 es de 5 cm. Para espesores mayores a 5 cm. y menores de 10 cm., usar el SikaGrout GR-104.</p> <p>El espesor máximo para SikaGrout GR-104 es de 10 cm. Para espesores mayores a 10 cm. considere fabricar Concreto con SikaGrout.</p>

En máquinas o equipos que producen vibraciones muy fuertes, se recomienda para el relleno y nivelación el Sistema Sikadur para Anclajes y Rellenos bajo placas de asiento, según los requerimientos.

La base de concreto debe tener una edad mínima de 28 días, una resistencia a la compresión de por lo menos 250 kg/cm² y una resistencia a la adherencia de 15 kg/cm².

No proporciona resistencia química. Usar el componente del Sistema Sikadur adecuado.

Precauciones

Para mayor información, Consulte el folleto "Sistema SikaGrout. Guía para Instalación".

Evite el trabajo a pleno sol. Provea sombra (mínimo 24 horas antes) o considere trabajo nocturno.

Tome las medidas necesarias para reducir al máximo el transporte y acarreo del SikaGrout, una vez preparado.

Protaja al SikaGrout recién aplicado de la lluvia.

En climas cálidos es recomendable usar agua fría o agua con hielo picado o granizado (temperatura de 8-10°C) para preparar la mezcla, así como el almacenamiento de SikaGrout a la sombra, la saturación de la base con agua fría y la protección de la aplicación contra la desecación prematura.

Un sustrato de concreto seco, al igual que encofrados absorbentes pueden causar contracción del grout por absorción del agua de amasado.

Los sobrecanchos o superficies libres (shoulders) deben minimizarse al máximo o evitarse. Si son requeridos por diseño, deben diseñarse para evitar agrietamientos.

Se recomienda imprimir con Sikadur 32 Primer la superficie de concreto en los sobrecanchos perimetrales del grout no confinado y bajo los extremos de la platina metálica.

Es necesario tomar en cuenta el empleo de un puente de adherencia entre el concreto viejo y le material de nivelación o reparación. Para ello se recomienda el uso de adhesivos acrílicos (SikaLatex, SikaTop-80) o epóxicos (Sikadur 32 Primer). El criterio para la selección dependerá de los requerimientos mecánicos a los que estará expuesto el elemento sometido a reparación.

Al preparar el producto, utilice la mínima cantidad de agua necesaria posible que le garantice una buena colación, no exceder la recomendada.

El grout debe ser colocado en forma continua para evitar atrapar aire bajo la platina a nivelar.

En rellenos de gran extensión debe ser considerada la inducción de juntas para disminuir el riesgo de fisuración. Consultar al Departamento Técnico de Sika Venezuela, S.A.

Algunos diseños de placas de bases requieren de perforaciones de ventilación en la placa para eliminar bolsas de aire y controlar el desarrollo de la aplicación.

Toda maquinaria vibratoria adyacente al área de aplicación del SikaGrout debe ser puesta fuera de servicio por lo menos hasta 18 horas de colocado el SikaGrout ya que puede provocar fisuramiento del material.

Si se usa en áreas extensas, no confinadas y descubiertas, puede presentarse un agrietamiento prematuro de la superficie. Se recomienda el uso de Antisol o SikaCure C/E.

Cuando las áreas o los volúmenes de SikaGrout a colocar sean muy grandes y cuando las condiciones de aplicación sean especiales debe consultarse al Departamento Técnico de Sika Venezuela S.A.

No reemplazar el producto con más agua.

Los sacos abiertos deben ser usados de inmediato.

No use grout que haya perdido su fluidez.

La proporción de SikaGrout: Agregados, dependerá de las condiciones de los mismos: naturaleza, forma, tamaño, higroscopia, etc.

Se debe tener certeza de las condiciones del sustrato y de las sollicitaciones presentes durante el vaciado y después de este efectuando la evaluación correspondiente. Consultar al departamento Técnico de Sika.

Es responsabilidad del cliente cualquier condición anómala que se presente en el soporte y/o debajo / detrás de éste que afecte la correcta aplicación y performance del sistema.

Las herramientas usadas para la preparación y aplicación del producto deben limpiarse con agua mientras el producto esté fresco. Una vez endurecido solo puede ser removido mecánicamente.

Medidas de Seguridad

Contiene Cemento y Arena Silice. Evitar el contacto con la piel y la inhalación del polvo durante la aplicación y el curado. El contacto prolongado sensibiliza a la persona y puede causar reacciones alérgicas. Usar guantes de caucho, máscaras antipolvo y gafas de protección adecuadas para su manipulación, aplicar en lugares ventilados y cambiarse ropas contaminadas. Si accidentalmente el producto entra en contacto con ojos, lave con abundante agua, busque atención médica inmediata. En contacto con nariz, boca o garganta, lave la zona afectada con agua limpia, tibia y jabón y busque atención médica sin demora. Consultar Hoja de Seguridad del producto para más detalles.

Códigos R/S

R: 38
S: 8/13/20/22/24/25/29/37/39/46

Advertencia

La información y, en específico, las recomendaciones relacionadas con la aplicación y el uso final de los productos Sika, son proporcionadas de buena fe con base en los conocimientos actuales y la experiencia de Sika con los productos, siempre y cuando los mismos sean debidamente almacenados, manejados y aplicados en condiciones normales, de conformidad con las recomendaciones de Sika. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones reales de la obra son tales que no puede inferirse garantía alguna con respecto a la comerciabilidad o adecuación para un objeto específico, ni responsabilidad alguna derivada de relación jurídica alguna, o bien de esta información, o bien de recomendaciones escritas, o bien de cualquier otra asesoría suministrada, salvo con respecto a algún defecto o vicio oculto del producto. El usuario del producto deberá probar la adecuación del producto a la aplicación y objeto propuestos para que la garantía dada por Sika pueda ser opuesta a nosotros. Sika se reserva el derecho de cambiar las propiedades de sus productos. Los derechos propios de terceros deberán ser observados. Todos los pedidos se encuentran sujetos a nuestras condiciones actuales de venta y entrega, las cuales manifiesta usted conocer. Los usuarios deberán en todo momento referirse a la edición más reciente de la Hoja de Datos del Producto en lo que se refiere al respectivo producto, de las cuales serán suministradas copias previa solicitud o requerimiento del cliente.



Sika Venezuela S.A.
Valencia: Av. Imbarren Borges, parcela N° 6-1, Zona Industrial Sur, Tel: 0241/8324660 – Fax 0241/8333364.
Caracas: Zona 1, Sector Sur Manzana B-6, Calle 9 Parcela B-11, La Urbina, Tel./Fax: 0212/2437777 -2435774,
Puerto La Cruz: Av. Principal de Tierra Adentro N°15, Tel: 0281/4187490-4187491.
Pto. Ordaz: Av. Norte Sur, Unare 2 Redoma la Píña galpón # 08, Tel./Fax: 0286/9531026 – 9525049.
Maracaibo: Av. 2: "El Milagro" entre Av. 77 y Av. 78, Teléfonos: (0261) 7921775 Fax: (0261) 7922467.
Punto Fijo: Av. Intercomunal Al Primera, c/c California, Tel./Fax 0269/2461632.
WEB: www.sika.com.ve

ANEXO 7
Fotos materiales

MATERIALES	
Arena 3/8	
Piedra 3/4	
Cemento	
SikaGrout® GR-104	

ANEXO 8
Fotos equipos

EQUIPOS			
Trompo		Vernier	
Balanza		Cono de Abrams	
Prensa		Prensa	

EQUIPOS

<p>Formaletas cilíndricas 15x30 cm</p>		<p>Formaletas rectangulares 15x15x70 cm</p>	
<p>Formaletas cilíndricas 10x20 cm</p>		<p>Formaletas rectangulares metálicas 25x25x50 cm</p>	
<p>Formaletas cúbicas</p>		<p>formaletas rectangulares de madera 25x25x50 cm</p>	

ANEXO 9
Fotos Elementos tipo A y tipo B



ELEMENTOS TIPO "A" DE 25x25x50 cm



ELEMENTOS TIPO "B" DE 15x15x30 cm

ANEXO 10
Fotos Método de reparación

METODO DE REPARACION	
PROCESO INICIAL DE CINCELADO EN SUPERFICIE	PROCESO CULMINADO DE CINCELADO EN SUPERFICIE
 A photograph showing the initial stage of surface chiseling. A metal chisel is being used to create a circular hole in a light-colored concrete or masonry surface. The hole is shallow and the edges are rough and uneven.	 A photograph showing the final stage of surface chiseling. The hole is now deeper and has a smooth, circular edge. The bottom of the hole is dark and appears to be filled with a dark material, possibly a repair compound or a rebar.

REPARACION CON MORTERO	REPARACION CON GROUT
	
	
	

ANEXO 11
Fotos Método de trabajo en laboratorio

PROCEDIMIENTO DE TRABAJO EN LABORATORIO			
Mezclado		Fraguado	
Prueba de asentamiento		Desencofrado	
Vaciado		Curado	

ANEXO 12

Diseño de mezcla concreto $R_t=180 \text{ Kgf/cm}^2$

TAMAÑO MAXIMO (TM): 3/4 pulgadas

ASENTAMIENTO (T): 8 cm

$f'_c=$ 180 Kgf/cm^2

Control de calidad: 40 Kgf/cm^2

CORRECCIONES PARA CÁLCULO:

Para relación agua – cemento

Tamaño máximo	Tipo agregado
$K_r=1,05$	$K_a=0,97$

Para concreto

Tamaño máximo	Tipo agregado
$C_1=1,05$	$C_2=0,93$

1. Resistencia media del concreto

Desviación estándar a usar (σ): 40 Kgf/cm^2

Valor adoptado de Z: -1,34

Resistencia Media del Concreto: $F_{cr}= f'_c - Z \cdot \sigma$

$F_{cr}=234 \text{ Kgf/cm}^2$

2. Resistencia promedio requerida

$F_{cr}=180 \text{ Kgf/cm}^2$

3. Relación agua- cemento

$\alpha=3.147 - 1.065 \cdot \log R_{28}(\text{Kgf/cm}^2)$

$\alpha=0,75 \text{ Kgf/cm}^2$

4. **Aplicando corrección a la relación agua- cemento**

$$\alpha_c = \alpha \cdot K_r \cdot K_a$$

$$\alpha_c = 0,759 \text{ Kgf/cm}^2$$

5. **Cálculo de la dosis de cemento**

$$C = 117,2 \cdot T^{0.16} \cdot \alpha_c^{-1.3}$$

$$C = 234 \text{ Kgf/m}^3$$

6. **Aplicando corrección al concreto**

$$C_c = C \cdot C_1 \cdot C_2$$

$$C_c = 228 \text{ Kgf/m}^3$$

7. **Cantidad de agua en mezcla**

$$a_{\text{diseño}} = \alpha_c \cdot C_c$$

$$a_{\text{diseño}} = 173 \text{ Kgf/m}^3$$

$$a_{\text{diseño}} = 173 \text{ Lt/m}^3$$

8. **Combinación de agregados (β)**

$$\beta = \frac{P_f}{P_f + P_g} \times 100$$

$$0.40 < \frac{P_f}{P_f + P_g} < 0.6$$

9. **Calculo de volúmenes**

$$\beta = 0.5$$

$$P_f = \frac{0,5}{0,6} \times P_g$$

$$P_f = 0,8 \times P_g$$

Volumen Total: 1000 cm^3

$$V_{\text{total}} = V_{\text{agua}} + V_{\text{fino}} + V_{\text{grueso}} + V_{\text{aire}} + V_{\text{cemento}}$$

f/D: 0,3

TM: 3/4 pulgadas

Cc: 228 Kg/m^3

PU-grueso: $2,6 \text{ Kg/cm}^3$

PU-fino: $2,60 \text{ Kg/cm}^3$

Volumen de Agua: 1000 cm^3

Volumen de Fino: $P_f / 2.60$

Volumen de Grueso: $P_g / 2.67$

Volumen de Aire: C_c / TM

Volumen de Cemento: $C_c \cdot f/D$

$$1000 = 173 + 0,32 P_g + 0,385 P_g + 12,0 + 68,5$$

Peso GSSS =	1058	Kg	}	Dosificación para 1m^3 de Concreto
Peso FSSS =	882	Kg		
Peso Cemento =	228	Kg		
Peso Agua =	173	Kg		

10. Corrección por humedad (Agua añadida a la mezcla).

$$a_m = a_D + A_{ss} - A_w + G_{ss} - G_w$$

Donde G_w o $F_w = G_{ss}(100+w)/(100+ Ab)$

ANEXO 13

Diseño de mezcla concreto $R_t=230 \text{ Kgf/cm}^2$

TAMAÑO MAXIMO (TM): 3/4 pulgadas

ASENTAMIENTO (T): 8 cm

$f'_c=$ 230 Kgf/cm^2

Control de calidad: 40 Kgf/cm^2

CORRECCIONES PARA CÁLCULO:

Para relación agua – cemento

Tamaño máximo	Tipo agregado
$K_r=1,05$	$K_a=0,97$

Para concreto

Tamaño máximo	Tipo agregado
$C_1=1,05$	$C_2=0,93$

1. Resistencia media del concreto

Desviación estándar a usar (σ): 40 Kgf/cm^2

Valor adoptado de Z: -1,34

Resistencia Media del Concreto: $F_{cr}= f'_c - Z \cdot \sigma$

$F_{cr}=284 \text{ Kgf/cm}^2$

2. Resistencia promedio requerida

$F_{cr}=230 \text{ Kgf/cm}^2$

3. Relación agua- cemento

$\alpha=3.147 - 1.065 \cdot \log R_{28}(\text{Kgf/cm}^2)$

$\alpha=0,60 \text{ Kgf/cm}^2$

4. **Aplicando corrección a la relación agua- cemento**

$$\alpha_c = \alpha \cdot K_r \cdot K_a$$

$$\alpha_c = 0,697 \text{ Kgf/cm}^2$$

5. **Cálculo de la dosis de cemento**

$$C = 117,2 \cdot T^{0.16} \cdot \alpha_c^{-1.3}$$

$$C = 262 \text{ Kgf/m}^3$$

6. **Aplicando corrección al concreto**

$$C_c = C \cdot C_1 \cdot C_2$$

$$C_c = 264 \text{ Kgf/m}^3$$

7. **Cantidad de agua en mezcla**

$$a_{\text{diseño}} = \alpha_c \cdot C_c$$

$$a_{\text{diseño}} = 184 \text{ Kgf/m}^3$$

$$a_{\text{diseño}} = 184 \text{ Lt/m}^3$$

8. **Combinación de agregados (β)**

$$\beta = \frac{P_f}{P_f + P_g} \times 100$$

$$0.40 < \frac{P_f}{P_f + P_g} < 0.6$$

9. **Calculo de volúmenes**

$$\beta = 0.5$$

$$P_f = \frac{0,5}{0,6} \times P_g$$

$$P_f = 0,8 \times P_g$$

Volumen Total: 1000 cm^3

$$V_{\text{total}} = V_{\text{agua}} + V_{\text{fino}} + V_{\text{grueso}} + V_{\text{aire}} + V_{\text{cemento}}$$

f/D: 0,3

TM: 3/4 pulgadas

Cc: 264 Kg/m^3

PU-grueso: $2,6 \text{ Kg/cm}^3$

PU-fino: $2,60 \text{ Kg/cm}^3$

Volumen de Agua: 1000 cm^3

Volumen de Fino: $P_f / 2.60$

Volumen de Grueso: $P_g / 2.67$

Volumen de Aire: C_c / TM

Volumen de Cemento: $C_c \cdot f/D$

$$1000 = 184 + 0,308 P_g + 0,385 P_g + 13,8 + 79,1$$

Peso GSSS =	1026	Kg	}	Dosificación para 1m^3 de Concreto
Peso FSSS =	855	Kg		
Peso Cemento=	264	Kg		
Peso Agua=	184	Kg		

10. Corrección por humedad (Agua añadida a la mezcla).

$$a_m = a_D + A_{ss} - A_w + G_{ss} - G_w$$

Donde G_w o $F_w = G_{ss}(100+w)/(100+ Ab)$

ANEXO 14

Diseño de mezcla concreto $R_t=280 \text{ Kgf/cm}^2$

TAMAÑO MAXIMO (TM): 3/4 pulgadas

ASENTAMIENTO (T): 8 cm

$f'_c=$ 280 Kgf/cm^2

Control de calidad: 40 Kgf/cm^2

CORRECCIONES PARA CÁLCULO:

Para relación agua – cemento

Tamaño máximo	Tipo agregado
$K_r=1,05$	$K_a=0,97$

Para concreto

Tamaño máximo	Tipo agregado
$C_1=1,05$	$C_2=0,93$

1. Resistencia media del concreto

Desviación estándar a usar (σ): 40 Kgf/cm^2

Valor adoptado de Z: -1,34

Resistencia Media del Concreto: $F_{cr}= f'_c - Z \cdot \sigma$

$F_{cr}=334 \text{ Kgf/cm}^2$

2. Resistencia promedio requerida

$F_{cr}=280 \text{ Kgf/cm}^2$

3. Relación agua- cemento

$\alpha=3.147 - 1.065 \cdot \log R_{28}(\text{Kgf/cm}^2)$

$\alpha=0,54 \text{ Kgf/cm}^2$

4. **Aplicando corrección a la relación agua- cemento**

$$\alpha_c = \alpha \cdot K_r \cdot K_a$$

$$\alpha_c = 0,528 \text{ Kgf/cm}^2$$

5. **Cálculo de la dosis de cemento**

$$C = 117,2 \cdot T^{0,16} \cdot \alpha_c^{-1,3}$$

$$C = 375 \text{ Kgf/m}^3$$

6. **Aplicando corrección al concreto**

$$C_c = C \cdot C_1 \cdot C_2$$

$$C_c = 378 \text{ Kgf/m}^3$$

7. **Cantidad de agua en mezcla**

$$a_{\text{diseño}} = \alpha_c \cdot C_c$$

$$a_{\text{diseño}} = 200 \text{ Kgf/m}^3$$

$$a_{\text{diseño}} = 200 \text{ Lt/m}^3$$

8. **Combinación de agregados (β)**

$$\beta = \frac{P_f}{P_f + P_g} \times 100$$

$$0,40 < \frac{P_f}{P_f + P_g} < 0,6$$

9. **Calculo de volúmenes**

$$\beta = 0,5$$

$$P_f = \frac{0,5}{0,6} \times P_g$$

$$P_f = 0,8 \times P_g$$

Volumen Total: 1000 cm^3

$$V_{\text{total}} = V_{\text{agua}} + V_{\text{fino}} + V_{\text{grueso}} + V_{\text{aire}} + V_{\text{cemento}}$$

f/D: 0,3

TM: 3/4 pulgadas

Cc: 378 Kg/m^3

PU-grueso: $2,6 \text{ Kg/cm}^3$

PU-fino: $2,60 \text{ Kg/cm}^3$

Volumen de Agua: 1000 cm^3

Volumen de Fino: $P_f / 2.60$

Volumen de Grueso: $P_g / 2.67$

Volumen de Aire: C_c / TM

Volumen de Cemento: $C_c \cdot f/D$

$$1000 = 200 + 0,321 P_g + 0,385 P_g + 19,8 + 113,4$$

Peso GSSS =	946	Kg	}	Dosificación para 1m^3 de Concreto
Peso FSSS =	789	Kg		
Peso Cemento=	378	Kg		
Peso Agua=	200	Kg		

10. Corrección por humedad (Agua añadida a la mezcla).

$$a_m = a_D + A_{ss} - A_w + G_{ss} - G_w$$

Donde G_w o $F_w = G_{ss}(100+w)/(100+ A_b)$

ANEXO 15

Resultados ensayo de probetas cilíndricas de $R_t = 180 \text{ Kg/cm}^2$

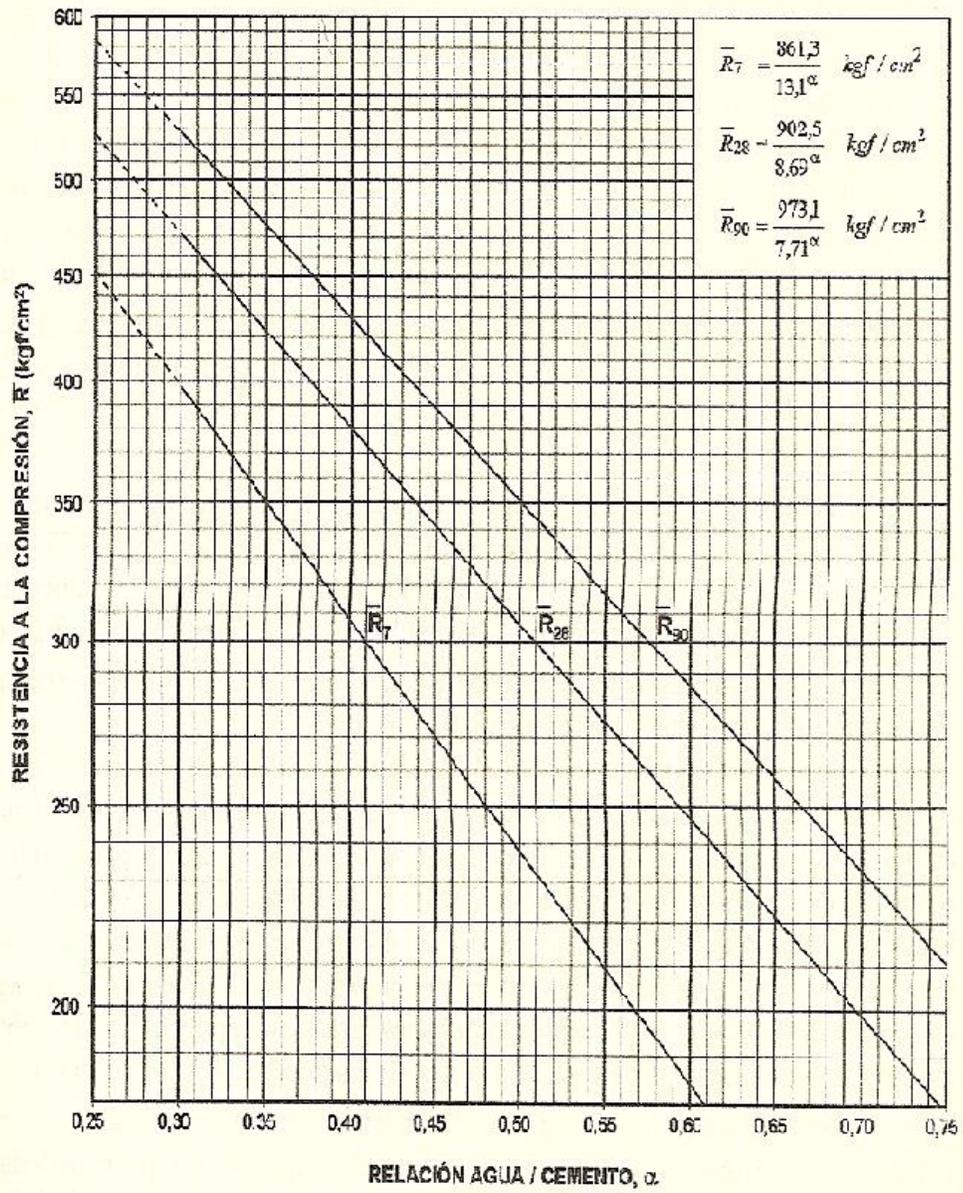
3 días	Cilindro	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (Kg)	A (cm ²)	Q (Ton)	Carga (Kgf/cm ²)
	1	31	15,1	12,61	178,3	15,345	86,1
		31	15	12,61			
		31	15,1	12,61			
	Promedio	31	15	13			
	Cilindro	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (Kg)	A (cm ²)	Q (Ton)	Carga (Kgf/cm ²)
	2	31	15	12,88	176,7	14,94	84,5
		31	15	12,88			
		31	15	12,88			
	Promedio	31	15	13			
RESULTADO							
Promedio	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (Kg)	A (cm ²)	Q (Ton)	Carga (Kgf/cm ²)	
1 y 2	31	15	13	178	15	85	

7 días	Cilindro	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (Kg)	A (cm ²)	Q (Ton)	Carga (Kgf/cm ²)
	1	30,5	15,1	12,713	180,3	23,84	132,2
		30,5	15,15	12,715			
		30,5	15,2	12,714			
	Promedio	31	15,15	13			
	Cilindro	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (Kg)	A (cm ²)	Q (Ton)	Carga (Kgf/cm ²)
	2	31	15	12,775	175,9	23,94	136,1
		31	15	12,785			
		31	14,9	12,783			
	Promedio	31	15	13			
RESULTADO							
Promedio	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (Kg)	A (cm ²)	Q (Ton)	Carga (Kgf/cm ²)	
1 y 2	31	15	13	178	24	134	

28 días	Cilindro	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (Kg)	A (cm ²)	Q (Ton)	Carga (Kgf/cm ²)
	1	31	15	12,36	175,1	29,45	168,2
		31	14,9	12,361			
		31	14,9	12,361			
	Promedio	31	15	12			
	Cilindro	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (Kg)	A (cm ²)	Q (Ton)	Carga (Kgf/cm ²)
	2	30,6	14,9	12,367	176,7	29,61	167,6
		30,6	15	12,367			
		30,6	15,1	12,367			
	Promedio	31	15	12			
RESULTADO							
Promedio	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (Kg)	A (cm ²)	Q (Ton)	Carga (Kgf/cm ²)	
1 y 2	31	15	12	176	30	168	

ANEXO 16

Gráfica Ley de Abrams



ANEXO 17

Resultados ensayo de probetas cilíndricas de $R_t = 230 \text{ Kg/cm}^2$

3 días	Cilindro	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (Kg)	A (cm ²)	Q (Ton)	Carga (Kg/cm ²)
	1	30.2	14.9	12.514	175.1	18.569	106
		30.2	15	12.514			
		30.2	14.9	12.514			
	Promedio	30	15	13			
	Cilindro	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (Kg)	A (cm ²)	Q (Ton)	Carga (Kg/cm ²)
	2	30	15	12.513	176.7	17.04	96.4
		30	15	12.513			
		30	15	12.513			
	Promedio	30	15	13			
RESULTADO							
Promedio	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (Kg)	A (cm ²)	Q (Ton)	Carga (Kg/cm ²)	
1 y 2	30	15	13	176	18	101	

7 días	Cilindro	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (Kg)	A (cm ²)	Q (Ton)	Carga (Kg/cm ²)
	1	30.4	15	12.459	176.7	24.16	136.7
		30.4	15	12.459			
		30.4	15	12.459			
	Promedio	30	15	12			
	Cilindro	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (Kg)	A (cm ²)	Q (Ton)	Carga (Kg/cm ²)
	2	30.3	14.9	12.618	174.4	29.41	168.7
		30.3	14.9	12.618			
		30.3	14.9	12.618			
	Promedio	30	15	13			
RESULTADO							
Promedio	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (Kg)	A (cm ²)	Q (Ton)	Carga (Kg/cm ²)	
1 y 2	30	15	13	176	27	153	

28 días	Cilindro	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (Kg)	A (cm ²)	Q (Ton)	Carga (Kg/cm ²)
	1	30.3	14.95	12.4865	175.9	32.22	183.1
		30.3	15	12.4865			
		30.3	14.95	12.4865			
	Promedio	30	15	12			
	Cilindro	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (Kg)	A (cm ²)	Q (Ton)	Carga (Kg/cm ²)
	2	30.15	14.95	12.5655	175.5	39.22	223.4
		30.15	14.95	12.5655			
		30.15	14.95	12.5655			
	Promedio	30	15	13			
RESULTADO							
Promedio	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (Kg)	A (cm ²)	Q (Ton)	Carga (Kg/cm ²)	
1 y 2	30	15	13	176	36	203	

ANEXO 18

Resultados ensayo de probetas cilíndricas de $R_t = 280 \text{ Kg/cm}^2$

3 días	Cilindro	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (Kg)	A (cm ²)	Q (Ton)	Carga (Kgf/cm ²)
	1	30.2	15	12.497	176.7	28.22	169.7
		30.2	15	12.497			
		30.2	15	12.497			
	Promedio	30	15	12			
	Cilindro	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (Kg)	A (cm ²)	Q (Ton)	Carga (Kgf/cm ²)
	2	30.1	15.1	12.469	179.1	28.16	146.1
		30.1	15.1	12.469			
		30.1	15.1	12.469			
	Promedio	30	15	12			
RESULTADO							
Promedio	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (Kg)	A (cm ²)	Q (Ton)	Carga (Kgf/cm ²)	
1 y 2	30	15	12	178	27	153	

7 días	Cilindro	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (Kg)	A (cm ²)	Q (Ton)	Carga (Kgf/cm ²)
	1	30.8	14.9	12.774	174.4	33.36	191.4
		30.8	14.9	12.774			
		30.8	14.9	12.774			
	Promedio	31	15	13			
	Cilindro	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (Kg)	A (cm ²)	Q (Ton)	Carga (Kgf/cm ²)
	2	30.6	15	12.765	176.7	29.05	164.4
		30.6	15	12.765			
		30.6	15	12.765			
	Promedio	31	15	13			
RESULTADO							
Promedio	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (Kg)	A (cm ²)	Q (Ton)	Carga (Kgf/cm ²)	
1 y 2	31	15	13	176	31	178	

28 días	Cilindro	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (Kg)	A (cm ²)	Q (Ton)	Carga (Kgf/cm ²)
	1	30.5	14.95	12.6355	175.5	44.488	253.4
		30.5	14.95	12.6355			
		30.5	14.95	12.6355			
	Promedio	31	15	13			
	Cilindro	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (Kg)	A (cm ²)	Q (Ton)	Carga (Kgf/cm ²)
	2	30.35	15.05	12.617	177.9	38.736	217.7
		30.35	15.05	12.617			
		30.35	15.05	12.617			
	Promedio	30	15	13			
RESULTADO							
Promedio	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (Kg)	A (cm ²)	Q (Ton)	Carga (Kgf/cm ²)	
1 y 2	30	15	13	177	42	236	

ANEXO 19

Resultados ensayo de probetas cilíndricas Mortero M3 $R_t = 181 \text{ Kgf/cm}^2$

3 días	Cilindro	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (Kg)	A (cm ³)	Q (Ton)	Carga (Kgf/cm ²)
	1	21.2	10	3.469	78.5	7.521	95.8
		21.2	10	3.469			
		21.2	10	3.469			
	Promedio	21	10	3			
	Cilindro	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (Kg)	A (cm ³)	Q (Ton)	Carga (Kgf/cm ²)
	2	21.5	10	3.53	78.5	7.58	96.5
		21.5	10	3.53			
		21.5	10	3.53			
	Promedio	22	10	4			
RESULTADO							
Promedio	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (Kg)	A (cm ³)	Q (Ton)	Carga (Kgf/cm ²)	
1 y 2	21	10	3	79	8	96	

7 días	Cilindro	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (Kg)	A (cm ³)	Q (Ton)	Carga (Kgf/cm ²)
	1	20.4	10	3.474	78.5	10.868	138.4
		20.4	10	3.474			
		20.4	10	3.474			
	Promedio	20	10	3			
	Cilindro	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (Kg)	A (cm ³)	Q (Ton)	Carga (Kgf/cm ²)
	2	20.4	10	3.539	78.5	10.816	137.7
		20.4	10	3.539			
		20.4	10	3.539			
	Promedio	20	10	4			
RESULTADO							
Promedio	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (Kg)	A (cm ³)	Q (Ton)	Carga (Kgf/cm ²)	
1 y 2	20	10	4	79	11	138	

28 días	Cilindro	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (Kg)	A (cm ³)	Q (Ton)	Carga (Kgf/cm ²)
	1	20.5	10	3.516	78.5	12.807	163.1
		20.5	10	3.516			
		20.5	10	3.516			
	Promedio	21	10	4			
	Cilindro	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (Kg)	A (cm ³)	Q (Ton)	Carga (Kgf/cm ²)
	2	20.6	10	3.517	78.5	12.686	161.5
		20.6	10	3.517			
		20.6	10	3.517			
	Promedio	21	10	4			
RESULTADO							
Promedio	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (Kg)	A (cm ³)	Q (Ton)	Carga (Kgf/cm ²)	
1 y 2	21	10	4	79	13	162	

ANEXO 20

Resultados ensayo de probetas cilíndricas Mortero M2 $R_t = 248 \text{ Kg/cm}^2$

3 días	Cilindro	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (Kg)	A (cm ³)	Q (Ton)	Carga (Kg/cm ²)
	1	21.3	10	3.598	78.5	10.678	136
		21.3	10	3.598			
		21.3	10	3.598			
	Promedio	21	10	4			
	Cilindro	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (Kg)	A (cm ³)	Q (Ton)	Carga (Kg/cm ²)
	2	21.2	10	3.577	78.5	10.527	134
		21.2	10	3.577			
		21.2	10	3.577			
	Promedio	21	10	4			
RESULTADO							
Promedio	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (Kg)	A (cm ³)	Q (Ton)	Carga (Kg/cm ²)	
1 y 2	21	10	4	79	11	135	

7 días	Cilindro	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (Kg)	A (cm ³)	Q (Ton)	Carga (Kg/cm ²)
	1	21.4	10	3.647	78.5	13.105	166.9
		21.4	10	3.647			
		21.4	10	3.647			
	Promedio	21	10	4			
	Cilindro	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (Kg)	A (cm ³)	Q (Ton)	Carga (Kg/cm ²)
	2	21	10	3.588	78.5	13.105	166.9
		21	10	3.588			
		21	10	3.588			
	Promedio	21	10	4			
RESULTADO							
Promedio	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (Kg)	A (cm ³)	Q (Ton)	Carga (Kg/cm ²)	
1 y 2	21	10	4	79	13	167	

28 días	Cilindro	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (Kg)	A (cm ³)	Q (Ton)	Carga (Kg/cm ²)
	1	22.9	10	3.598	78.5	18.749	238.7
		22.9	10	3.598			
		22.9	10	3.598			
	Promedio	23	10	4			
	Cilindro	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (Kg)	A (cm ³)	Q (Ton)	Carga (Kg/cm ²)
	2	20.3	10	3.586	78.5	18.749	238.7
		20.3	10	3.586			
		20.3	10	3.586			
	Promedio	20	10	4			
RESULTADO							
Promedio	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (Kg)	A (cm ³)	Q (Ton)	Carga (Kg/cm ²)	
1 y 2	22	10	4	79	19	239	

ANEXO 21

Resultados ensayo de probetas cilíndricas Mortero M3 $R_t = 284 \text{ Kg/cm}^2$

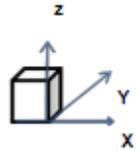
3 días	Cilindro	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (Kg)	A (cm ²)	Q (Ton)	Carga (Kg/cm ²)
	1	20.1	9.9	3.57	79.1	12.386	156.7
		20	10	3.57			
		20	10.2	3.57			
	Promedio	20	10	4			
	Cilindro	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (Kg)	A (cm ²)	Q (Ton)	Carga (Kg/cm ²)
	2	20	10	3.496	78	12.844	164.6
		20	9.9	3.496			
		20	10	3.496			
	Promedio	20	10	3			
RESULTADO							
Promedio	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (Kg)	A (cm ²)	Q (Ton)	Carga (Kg/cm ²)	
1 y 2	20	10	4	79	13	161	

7 días	Cilindro	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (Kg)	A (cm ²)	Q (Ton)	Carga (Kg/cm ²)
	1	20.3	10	3.633	78	18.681	239.4
		20.3	9.9	3.633			
		20.3	10	3.633			
	Promedio	20	10	4			
	Cilindro	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (Kg)	A (cm ²)	Q (Ton)	Carga (Kg/cm ²)
	2	20.5	10	3.648	78.5	18.594	236.7
		20.5	10	3.648			
		20.5	10	3.648			
	Promedio	21	10	4			
RESULTADO							
Promedio	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (Kg)	A (cm ²)	Q (Ton)	Carga (Kg/cm ²)	
1 y 2	20	10	4	78	19	238	

28 días	Cilindro	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (Kg)	A (cm ²)	Q (Ton)	Carga (Kg/cm ²)
	1	20.8	10.1	3.624	80.1	24.329	303.7
		20.8	10.1	3.624			
		20.8	10.1	3.624			
	Promedio	21	10	4			
	Cilindro	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (Kg)	A (cm ²)	Q (Ton)	Carga (Kg/cm ²)
	2	20.8	10.1	3.693	80.1	19.178	239.4
		20.8	10.1	3.693			
		20.8	10.1	3.693			
	Promedio	21	10	4			
RESULTADO							
Promedio	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Peso (Kg)	A (cm ²)	Q (Ton)	Carga (Kg/cm ²)	
1 y 2	21	10	4	80	22	272	

ANEXO 22

Resultados ensayo de probetas cúbicas de 50,8 mm de lado de mortero SikaGrout® GR-104



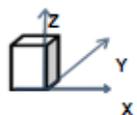
		ELEMENTOS DE 50x50x50 mm															
		FECHA DE ENSAYO						FECHA DE ENSAYO									
		D	M	A	D	M	A	D	M	A							
		0	0	0	0	0	0	0	0	0							
		MEDIDAS									ÁREA PROMEDIO	PESO		CARGA (F)		ESFUERZO PROMEDIO (f)=F/A	
		LADO 1 cm			LADO 2 cm			ALTURA cm									
MORTERO GROUT. 3 días	Probeta 1	5.2			5.2			5.17			26.8 cm ²	296	294.8 g	7.475	8.15	Ton	304 Kgt/cm ²
		5.2	5.2		5.2	5.2		5.17	5.2								
		5.2			5.2			5.19									
	Probeta 2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.19	5.2	5.2		296	294.8 g	8.3	8.15	Ton	
		5.2			5.2			5.19									
		5.2			5.2			5.19									
	Probeta 3	5.18			5.2			5.12				293	294.8 g	8	8.15	Ton	
		5.18	5.2		5.2	5.2		5.12	5.1								
		5.18			5.2			5.12									
MORTERO GROUT. 7 días	Probeta 1	5.3			5.11			5.12			27.2 cm ²	303	303 g	8.726	8.75	Ton	321 Kgt/cm ²
		5.3	5.3		5.11	5.1		5.12	5.1								
		5.3			5.11			5.12									
	Probeta 2	5.3	5.3	5.2	5.13	5.1	5.2	5.18	5.2	5.1		305	303 g	8.726	8.75	Ton	
		5.3			5.13			5.18									
		5.3			5.13			5.18									
	Probeta 3	5.13			5.36			5.13				304	303 g	3.126	8.75	Ton	
		5.13	5.3		5.36	5.4		5.13	5.1								
		5.13			5.36			5.13									
MORTERO GROUT. 28 días	Probeta 1	5.4			5.2			5.1			28.4 cm ²	315	315.0 g	11.03	11.4	Ton	406 Kgt/cm ²
		5.4	5.4		5.2	5.2		5.1	5.1								
		5.4			5.2			5.1									
	Probeta 2	5.5	5.5	5.4	5.1	5.1	5.2	5.2	5.2	5.2		316	315.0 g	11.33	11.4	Ton	
		5.5			5.1			5.2									
		5.5			5.1			5.2									
	Probeta 3	5.4			5.2			5.2				353	315.0 g	11.8	11.4	Ton	
		5.4	5.4		5.2	5.2		5.2	5.2								
		5.4			5.2			5.2									

Nota:

El valor de 3126 no aplica para la obtención de la carga total por no ser consistente

ANEXO 23

Resultados ensayo de modelos A Rt= 280 Kg/cm²



FECHA DE ENSAYO		
D	M	A
9	9	10

ELEMENTOS DE 25x25x50 cm.

FECHA DE ENSAYO		
D	M	A
9	9	10

R E S I S T E N C I A

		MEDIDAS						ÁREA PROMEDIO	PESO		Densidad (Kg/dm ³)	CARGA (F)		ESFUERZO PROMEDIO (f)•F/A	
		X cm		Y cm		Z cm									
280 Kg/cm ²	A1(I)	24.7		25.1		51.3									
		25	24.9	25.2	25.2	51.3		76				147			
		25		25.3		51.3									
	A1(II)	24.8	24.8	24.9	24.9	51.7	51.6	619 cm ²	73.2	74.4 Kg	2.33	148	153 Ton	247 Kg/cm ²	
		24.7		24.8		51.7									
		24.7		25		51.7									
	A1(III)	24.7	24.7	24.9	24.8	51.7	51.6	619 cm ²	74				153		
		24.7		24.5		51.7									
		24.8		25.2		51.2									
	A2(I)	25	24.9	25.3	25.2	51.2	51.2	623 cm ²	74				126		
		24.9		25.2		51.2									
		24.8	24.8	25	24.9	51.5	51.5	623 cm ²	74.2	73.1 Kg	2.31	107	126 Ton	202 Kg/cm ²	
A2(II)	24.8	24.9	24.8	24.9	51.5	51.5	623 cm ²	74.2	73.1 Kg	2.31	107	126 Ton	202 Kg/cm ²		
	25.2		25		51.5										
A2(III)	24.9	25.0	24.8	24.9	50	50.0	619 cm ²	71.2				107			
	25		25		50										
	25		25		50										
A3(I)	24.5	24.8	25	24.9	51.1	51.1	619 cm ²	73.5				122			
	25		24.7		51.1										
	25		25		51										
A3(II)	24.7	24.6	25.2	25.1	51	51.0	619 cm ²	77	75.1 Kg	3.37	128	125 Ton	202 Kg/cm ²		
	24.8		25.1		51										
	24.4		25.5		51.5										
A3(III)	24.4	24.4	25.5	25.5	51.5	51.5	619 cm ²	74.8				104			
	24.4		25.4		51.5										
A4(I)	24.8	24.9	25.7	25.8	51.5	51.5	635 cm ²	71.3				64.6			
	24.9		25.8		51.5										
	24.6		25.7		52.4										
A4(II)	24.8	24.5	25.7	25.7	52.4	52.4	635 cm ²	70.9	70.7 Kg	2.16	99.6	93.8 Ton	148 Kg/cm ²		
	24.5		25.6		52.4										
	25.1		25.2		50.8										
A4(III)	25.2	25.1	25.3	25.2	50.8	50.8	635 cm ²	70				88			
	25		25.2		50.8										

Nota:

En 38.6T se produjo la primera grieta para el A3 (I).

En 74T se produjo la primera grieta para el A3 (II).

En 56.4T se produjo la primera grieta para el A3 (III)

125T se produjo la primera grieta para el A2 (I)

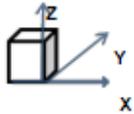
En 89.4T se produjo la primera grieta para el A2(II)

En 97.8T se produjo la primera grieta para el A3 (III)

Para la obtención del esfuerzo promedio en los elementos A3, no se tomo en cuenta el valor de A3 (III) por no se consistente con los A3 (I) y A2 (II).

ANEXO 24

Resultados ensayo de modelos A Rt= 230 Kg/cm²



FECHA DE ENSAYO		
D	M	A
9	9	10

ELEMENTOS DE 25x25x50 cm

FECHA DE ENSAYO		
D	M	A
9	9	10

R E S I S T E N C I A

		MEDIDAS						ÁREA PROMEDIO	PESO	Densidad (Kg/dm ³)	CARGA	ESFUERZO PROMEDIO (f) = F/A								
		X cm		Y cm		Z cm														
230 Kg/cm ²	A1(I)	25 24.5 24.6	24.7	25.2 25.2 25.1	25.2	53.7 53.7 53.7	646 cm ²	73.5	75.8 Kg	2.23	48.8	110 Ton	170 Kg/cm ²							
	A1(II)	25.7 26.3 25.4 25.2	25.8	25.2 26 26 25.6	26.0	52.5 52.5 51.3 51.3								622 cm ²	74.1	73.7 Kg	2.30	65.2	87.6 Ton	141 Kg/cm ²
	A1(III)	25.3 25.2	25.2	25.6 25.7 25.6	25.6	51.3 51.3														
	A2(I)	24 24.5 24.8	24.4	25 24.9 25.4	25.1	51.5 51.5	642 cm ²	75.6	73.9 Kg	2.22	64.4	63.3 Ton	98.7 Kg/cm ²							
	A2(II)	24.5 24.7 24.8 25	24.7	25 25.5 25.2 25	25.2	51.4 51.4 51.4 51.8								642 cm ²	74.1	73.7 Kg	2.30	65.2	87.6 Ton	141 Kg/cm ²
	A2(III)	25 24.9	25.0	25.5 25.2	25.2	51.8 51.8														
	A3(I)	25 25 25	25.0	26 26 26	26.0	51.5 51.5 51.5	649 cm ²	75.7	72.7 Kg	2.15	83.8	78.5 Ton	121 Kg/cm ²							
	A3(II)	24.6 24.7 24.7 25.6	24.7	25.7 25.8 25.5 25.7	25.9	52.2 52.2 52.2 52.9								642 cm ²	75.6	73.9 Kg	2.22	64.4	63.3 Ton	98.7 Kg/cm ²
	A3(III)	25.5 25.5 25.7	25.6	25.9 25.1 25.9	25.9	52.9 52.9 52.9														
	A4(I)	25.5 25.4 25.3	25.4	25.4 25.4 25.4	25.4	52.1 52.1 52.1	642 cm ²	75.6	73.9 Kg	2.22	64.4	63.3 Ton	98.7 Kg/cm ²							
	A4(II)	25 25.1 25.1 25.3	25.1	25.4 25.3 24.9 25.5	25.2	52 52 52 51.8								642 cm ²	75.6	73.9 Kg	2.22	64.4	63.3 Ton	98.7 Kg/cm ²
	A4(III)	25.2 25.2 25.3	25.3	25.5 25.5 25.9	25.6	51.8 51.8 51.8														

Nota:

Los valores de 48.8T, 26.4T, 65.2T y 68.2 no aplican para la obtención de la carga total por no ser consistente. En estos elementos se observó fuerte cangrejeras o espacios vacíos.

Al elemento A4 (I) se le extrajo el core drill.

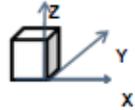
En 70.2T se produjo la primera grieta para A4 (I)

50T se produjo la primera grieta para A4 (II)

En 68T se produjo la primera grieta para A4 (III)

ANEXO 25

Resultados ensayo de modelos A Rt= 180 Kg/cm²



FECHA DE ENSAYO		
D	M	A
9	9	10

ELEMENTOS DE 25x25x50 cm

FECHA DE ENSAYO		
D	M	A
9	9	10

R E S I S T E N C I A

		MEDIDAS						ÁREA PROMEDIO	PESO		Densidad (Kg/dm ³)	CARGA		ESFUERZO PROMEDIO (f)=F/A
		X cm		Y cm		Z cm								
180 Kg/cm ²	A1(I)	28		25.4		51.4		649 cm ²	77.4	76.1 Kg	2.27	52.2	73.8 Ton	114 Kg/cm ²
		25	25.0	25.4	25.4	51.4	51.4							
		28		25.3		52								
	A1(II)	28.3		25.9	26.0	52	52.0	649 cm ²	76.4	76.1 Kg	2.27	68.8	73.8 Ton	114 Kg/cm ²
		25.5	25.3	25.9	25.6	52	51.5							
		25.5		25.9		52								
	A1(III)	25.6		25.5		51.5	51.5	649 cm ²	74.6	76.1 Kg	2.27	73.8	73.8 Ton	114 Kg/cm ²
		25.7	25.6	25.4	25.5	51.5	51.5							
		25.8		25.5		51.5								
	A2(I)	25.4		25.8		51.5		630 cm ²	75	73.0 Kg	2.23	61	62.2 Ton	98.6 Kg/cm ²
		25	25.1	25.8	25.7	51.5	51.5							
		24.5		25.5		52								
	A2(II)	24.8	24.7	24.9	25.0	52	52.0	630 cm ²	72.3	73.0 Kg	2.23	67.7	62.2 Ton	98.6 Kg/cm ²
		24.8		25		52								
		24.8		25		52								
	A2(III)	24.8	24.8		25.3	52	52.0	630 cm ²	71.6	73.0 Kg	2.23	57.8	62.2 Ton	98.6 Kg/cm ²
		24.7		25.8	25.3	52	52.0							
		24.7		25.2		52								
	A3(I)	25.5		25.4		52		648 cm ²	80.5	75.8 Kg	2.24	62.8	62.8 Ton	96.9 Kg/cm ²
		25.4	25.5	25.1	25.2	52	52.0							
		25.6		25.1		52								
	A3(II)	24.5	24.5	25.2	25.9	51.7	51.7	648 cm ²	80.5	75.8 Kg	2.24	62.8	62.8 Ton	96.9 Kg/cm ²
		24.6		26.2	25.7	51.7	51.7							
		24.6		25.8		51.7								
A3(III)	25.6		26.3		52.7		648 cm ²	71.8	75.8 Kg	2.24	53.4	62.8 Ton	96.9 Kg/cm ²	
	25.6	25.6	25.7	26.0	52.7	52.7								
	25.6		26		52.7									
A4(I)	25.3		25.8		52.3		645 cm ²	74.4	72.1 Kg	2.14	63	59.3 Ton	91.9 Kg/cm ²	
	25.3	25.3	25.8	25.8	52.3	52.3								
	24.8		25.9		52.3									
A4(II)	24.7	24.8	25.1	25.6	52	52.0	645 cm ²	71	72.1 Kg	2.14	62.2	59.3 Ton	91.9 Kg/cm ²	
	24.8		25.8	25.7	52	52.0								
	24.8		25.5		52									
A4(III)	25.5		25.7		52.2		645 cm ²	70.9	72.1 Kg	2.14	52.8	59.3 Ton	91.9 Kg/cm ²	
	25.2	25.4	25.5	25.6	52.2	52.2								
	25.4		25.5		52.2									

Nota:

Al elemento A4 (I) se le extrajo el core drill.

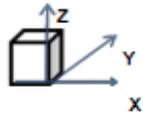
En 60T se produjo la primera grieta para A4 (I)

59T se produjo la primera grieta para A4 (II)

En 52.4T se produjo la primera grieta para A4 (III)

ANEXO 26

Resultados ensayo de modelos B Rt= 280 Kg/cm²



FECHA DE ENSAYO		
D	M	A
0	0	0

ELEMENTOS DE 15x15x30 cm.

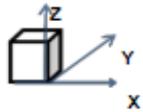
FECHA DE ENSAYO		
D	M	A
0	0	0

RESISTENCIA

		MEDIDAS									ÁREA PROMEDIO	PESO		Densidad (Kg/dm ³)	CARGA		ESFUERZO PROMEDIO (f)=F/A
		X cm			Y cm			Z cm									
280 Kg/cm ²	B1 (I)	15.4			16.4			31.6			252 cm ²	18.5	18.6 Kg	2.32	N.A	57.2 Ton	227 Kg/cm ²
		15.4	15.4		16.4	16.4		31.6	31.6								
		15.5			16.5			31.6									
	B1 (II)	15.4	15.4	15.4	16.3	16.2	16.3	34	34.0	31.9	252 cm ²	19.9	18.6 Kg	2.32	56.2	57.2 Ton	227 Kg/cm ²
		15.4			16.1			34									
		15.4			16.4			30									
	B1 (III)	15.4	15.4		16.3	16.3		30	30.0		252 cm ²	17.6			58.2		
		15.4			16.3			30									
		15.4			16.3			30									
	B2 (I)	15.6			16.6			32.7			261 cm ²	19.6	19.2 Kg	2.25	37	52.7 Ton	202 Kg/cm ²
		15.6	15.6		16.6	16.7		32.7	32.7								
		15.6			16.8			32.7									
	B2 (II)	15.8	15.8	15.6	17	17.0	16.7	32.7	32.7	32.7	261 cm ²	19.4	19.2 Kg	2.25	46.6	52.7 Ton	202 Kg/cm ²
		15.8			17			32.7									
		15.8			16.3			32.8									
	B2 (III)	15.6	15.5		16.4	16.3		32.8	32.8		261 cm ²	18.6			58.8		
		15.4			16.3			32.8									
		15.4			16.3			32.8									
	B3 (I)	15.7	15.6		16.6	16.7		32.5	32.5		262 cm ²	18.7	18.2 Kg	2.19	52	47.9 Ton	183 Kg/cm ²
		15.5			16.8			32.5									
		15.5	15.9	15.7	16.9	16.8	16.7	31.4	31.4	31.7							
	B3 (II)	15.5	15.9	15.7	16.8	16.8	16.7	31.4	31.4	31.7	262 cm ²	18.2	18.2 Kg	2.19	49	47.9 Ton	183 Kg/cm ²
		15.5			16.7			31.4									
		15.4			16.5			31.2									
B3 (III)	15.9	15.6		16.6	16.6		31.2	31.2		262 cm ²	17.7			42.6			
	15.6			16.7			31.2										
	15.5			16.2			32.2										
B4 (I)	15.7	15.6		16.5	16.4		32.2	32.2		253 cm ²	17.8	17.7 Kg	2.14	30.8	32.3 Ton	128 Kg/cm ²	
	15.6			16.5			32.2										
	15.7			16.4			31.9										
B4 (II)	15.9	15.8	15.7	16.6	16.5	16.1	31.9	31.9	32.5	253 cm ²	17.9	17.7 Kg	2.14	39.2	32.3 Ton	128 Kg/cm ²	
	15.9			16.5			31.9										
	15.6			15.4			33.4										
B4 (III)	15.6	15.7		15.6	15.5		33.4	33.4		253 cm ²	17.2			27			
	15.70			15.6			33.4										
	15.7			15.5			33.4										

ANEXO 27

Resultados ensayo de modelos B Rt= 230 Kg/cm²



FECHA DE ENSAYO		
D	M	A
0	0	0

ELEMENTOS DE 15x15x30 cm.

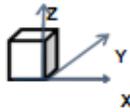
FECHA DE ENSAYO		
D	M	A
0	0	0

RESISTENCIA

		MEDIDAS									ÁREA PROMEDIO	PESO		Densidad (Kg/dm ³)	CARGA		ESFUERZO PROMEDIO (f) = F/A
		X cm			Y cm			Z cm									
230 Kg/cm ²	B1 (I)	15.9	15.9	15.8	15.7	16.0	16.0	32.2	32.2	32.2	252 cm ²	17.7	17.9 Kg	2.20	24.6	30.6 Ton	121 Kg/cm ²
		15.9			15.5			32.2									
		15.6			16.4			32.5									
	B1 (II)	15.6	15.6	15.8	16.3	16.0	16.0	32.5	32.5	32.3	252 cm ²	18.3	17.9 Kg	2.20	23.8	30.6 Ton	121 Kg/cm ²
		15.6			16.3			32.5									
		15.6			16.3			32.5									
	B1 (III)	15.9	15.9	15.8	15.6	16.0	16.0	32.1	32.1	32.1	252 cm ²	17.7	17.9 Kg	2.20	30.6	30.6 Ton	121 Kg/cm ²
		15.9			15.9			32.1									
		15.9			16.6			32.1									
	B2 (I)	15.7	15.7	15.6	16.7	16.0	16.0	30.9	30.9	30.9	250 cm ²	17.7	17.5 Kg	2.19	23	25.5 Ton	102 Kg/cm ²
		15.7			16.8			30.9									
		15.4			15.5			32.1									
B2 (II)	15.5	15.5	15.6	16	16.0	16.0	32.1	32.1	32.0	250 cm ²	17.5	17.5 Kg	2.19	25.8	25.5 Ton	102 Kg/cm ²	
	15.5			15.5			32.1										
	15.5			15.5			32.1										
B2 (III)	15.6	15.5	15.6	15.6	16.0	16.0	32.9	32.9	32.9	250 cm ²	17.4	17.5 Kg	2.19	27.8	25.5 Ton	102 Kg/cm ²	
	15.4			16			32.9										
	15.6			15.5			32.9										
B3 (I)	15.4	15.4	15.5	16.6	16.4	16.4	31.5	31.5	31.5	255 cm ²	18.1	18.1 Kg	2.22	38.8	31.7 Ton	124 Kg/cm ²	
	15.4			16.6			31.5										
	15.5			16.6			31.7										
B3 (II)	15.5	15.5	15.5	16.6	16.4	16.4	31.7	31.7	31.9	255 cm ²	18.3	18.1 Kg	2.22	31.6	31.7 Ton	124 Kg/cm ²	
	15.5			16.6			31.7										
	15.5			16.6			31.7										
B3 (III)	15.6	15.6	15.5	16	16.4	16.4	32.5	32.5	31.9	255 cm ²	17.8	18.1 Kg	2.22	24.6	31.7 Ton	124 Kg/cm ²	
	15.6			16.2			32.5										
	15.6			16.2			32.5										
B4 (I)	15.98	15.9	15.7	16.42	15.8	15.8	31.9	31.9	31.9	249 cm ²	17.1	17.5 Kg	2.17	14.2	13.7 Ton	55.2 Kg/cm ²	
	15.89			16.7			31.9										
	15.92			16.3			31.9										
B4 (II)	15.9	15.6	15.7	14.4	15.8	15.8	32.9	32.9	32.3	249 cm ²	17.9	17.5 Kg	2.17	13.8	13.7 Ton	55.2 Kg/cm ²	
	15.3			14.4			32.9										
	15.5			14.5			32.9										
B4 (III)	15.7	15.6	15.6	16.6	15.8	15.8	32.2	32.2	32.2	249 cm ²	17.4	17.5 Kg	2.17	13.2	13.7 Ton	55.2 Kg/cm ²	
	15.6			16.6			32.2										
	15.6			16.6			32.2										

ANEXO 28

Resultados ensayo de modelos B Rt= 180 Kg/cm²



FECHA DE ENSAYO		
D	M	A
25	8	10

ELEMENTOS DE 15x15x30 cm.

FECHA DE ENSAYO		
D	M	A
25	8	10

R E S I S T E N C I A

		MEDIDAS								ÁREA PROMEDIO	PESO		Densidad (Kg/dm ³)	CARGA		ESFUERZO PROMEDIO (f)=F/A
		X cm			Y cm			Z cm								
180 Kg/cm ²	B1 (I)	15.9	15.8	15.6	16.4	16.4	16.4	32.1	32.2	256 cm ²	18.2	17.8 Kg	2.16	18.4	19.2 Ton	75 Kg/cm ²
		15.7			16.4			32.1								
		15.8			16.8			32.3								
	B1 (II)	15.8	15.6	15.6	16.4	16.4	16.4	31.3	31.3	256 cm ²	17.2	17.8 Kg	2.16	19.2	19.2 Ton	75 Kg/cm ²
		15.4			16.4			31.3								
		15.3			16.7			33								
	B1 (III)	15.4	15.4	15.4	16.4	16.5	16.5	33	33.0	256 cm ²	18	17.8 Kg	2.16	15.8	19.2 Ton	75 Kg/cm ²
		15.4			16.5			33								
		15.4			16.5			33								
	B2 (I)	15.6	15.8	15.8	16.3	16.4	16.4	32.5	32.5	260 cm ²	18.1	18.1 Kg	2.18	22.4	21.4 Ton	82.4 Kg/cm ²
		15.7			16.4			32.5								
		16.1			15.7			32.5								
B2 (II)		15.6	15.8	15.8	16.6	16.6	16.5	31.7	31.7	260 cm ²	17.9	18.1 Kg	2.18	19.4	21.4 Ton	82.4 Kg/cm ²
		15.9			16.6			31.7								
		15.8			16.5			31.7								
B2 (III)	15.7	15.7	15.7	16.6	16.5	16.5	31.3	31.3	260 cm ²	18.2	18.1 Kg	2.18	22.4	21.4 Ton	82.4 Kg/cm ²	
	15.77			16.7			31.3									
	15.7			16.3			31.3									
B3 (I)	15.6	15.6	15.6	16.7	16.7	16.6	31.8	31.8	258 cm ²	16.7	16.9 Kg	2.06	22.6	19.2 Ton	74.4 Kg/cm ²	
	15.6			16.8			31.8									
	15.7			16.6			31.8									
	B3 (II)	15.5	15.5	15.6	16.4	16.7	16.6	30.8	30.8	258 cm ²	16.7	16.9 Kg	2.06	19	19.2 Ton	74.4 Kg/cm ²
		15.4			16.8			30.8								
		15.5			16.8			30.8								
B3 (III)	15.6	15.6	15.6	16.3	16.4	16.4	32.6	32.6	258 cm ²	17.3	16.9 Kg	2.06	16	19.2 Ton	74.4 Kg/cm ²	
	15.6			16.6			32.6									
	15.6			16.3			32.6									
B4 (I)	15.6	15.6	15.5	16.7	15.9	16.2	32.2	32.2	251 cm ²	16.6	17.2 Kg	2.15	10	13.5 Ton	53.9 Kg/cm ²	
	15.6			16			32.2									
	15.5			16			32.2									
B4 (II)	15.6	15.6	15.5	16.7	15.8	16.2	31.4	31.4	251 cm ²	17.3	17.2 Kg	2.15	19.8	13.5 Ton	53.9 Kg/cm ²	
	15.6			16			31.4									
	15.4			16.9			32									
B4 (III)	15.3	15.4	15.4	16.9	16.9	16.9	32	32.0	251 cm ²	17.7	17.2 Kg	2.15	10.8	13.5 Ton	53.9 Kg/cm ²	
	15.4			16.8			32									

ANEXO 29

Fotos falla modelos A $R_t=280 \text{ Kg/cm}^2$

ELEMENTO 25 X 25 X 50 cm TIPO "A" RESISTENCIA = 280 Kg/cm²			
MACIZO	REPARADO CON GROUT	REPARADO CON MORTERO	SIN REPARAR
FALLA TIPO 6	FALLA TIPO 3	FALLA TIPO 4	FALLA TIPO 1
			

ANEXO 30

Fotos falla modelos A $R_t=230 \text{ Kg/cm}^2$

ELEMENTO 25 X 25 X 50 cm TIPO "A" RESISTENCIA = 230 Kg/cm²			
MACIZO	REPARADO CON GROUT	REPARADO CON MORTERO	SIN REPARAR
FALLA TIPO 6	FALLA TIPO 4	FALLA TIPO 5	FALLA TIPO 2
			

ANEXO 31
Fotos falla modelos A $R_t=180 \text{ Kg/cm}^2$

ELEMENTO 25 X 25 X 50 cm TIPO "A" RESISTENCIA = 180 Kg/cm²			
MACIZO	REPARADO CON GROUT	REPARADO CON MORTERO	SIN REPARAR
FALLA TIPO 6	FALLA TIPO 4	FALLA TIPO 5	FALLA TIPO 1
			

ANEXO 32
Fotos falla modelos B $R_t=280 \text{ Kg/cm}^2$

ELEMENTO 15 X 15 X 30 cm TIPO "B" RESISTENCIA = 280 Kg/cm²			
MACIZO	REPARADO CON GROUT	REPARADO CON MORTERO	SIN REPARAR
FALLA TIPO 6	FALLA TIPO 4	FALLA TIPO 4	FALLA TIPO 1
			

ANEXO 33
Fotos falla modelos B $R_t=230 \text{ Kg/cm}^2$

ELEMENTO 15 X 15 X 30 cm TIPO "B" RESISTENCIA = 230 Kg/cm²			
MACIZO	REPARADO CON GROUT	REPARADO CON MORTERO	SIN REPARAR
FALLA TIPO 6	FALLA TIPO 3	FALLA TIPO 1	FALLA TIPO 3
			

ANEXO 34

Fotos falla modelos B $R_t=180 \text{ Kg/cm}^2$

ELEMENTO 15 X 15 X 30 cm TIPO "B RESISTENCIA = 180 Kg/cm^2			
MACIZO	REPARADO CON GROUT	REPARADO CON MORTERO	SIN REPARAR
FALLA TIPO 6	FALLA TIPO 5	FALLA TIPO 2	FALLA TIPO 2
			

ANEXO 35

Fotos adherencia reparación y concreto modelos A $R_t=280 \text{ Kg/cm}^2$

ADHERENCIA DE LOS MATERIALES CON EL ELEMENTOS TIPO "A" $R = 280 \text{ Kg/cm}^2$	
CONCRETO CON GROUT	CONCRETOO CON MORTERO
	

ANEXO 36

Fotos adherencia reparación y concreto modelos A $R_t=230 \text{ Kg/cm}^2$

ADHERENCIA DE LOS MATERIALES CON EL EMENTOS TIPO "A" $R = 230 \text{ Kg/cm}^2$	
CONCRETO CON GROUT	CONCRETO CON MORTERO
	

ANEXO 37

Fotos adherencia reparación y concreto modelos A $R_t=180 \text{ Kg/cm}^2$

ADHERENCIA DE LOS MATERIALES CON EL EMENTOS TIPO "A" $R = 180 \text{ Kg/cm}^2$	
CONCRETO CON GROUT	CONCRETO CON MORTERO
	

ANEXO 38

Fotos adherencia reparación y concreto modelos B $R_t=280 \text{ Kg/cm}^2$

ADHERENCIA DE LOS MATERIALES CON EL ELEMENTOS TIPO "B" $R = 280 \text{ Kg/cm}^2$	
CONCRETO CON GROUT	CONCRETO CON MORTERO
	

ANEXO 39

Fotos adherencia reparación y concreto modelos B $R_t=230 \text{ Kg/cm}^2$

ADHERENCIA DE LOS MATERIALES CON EL ELEMENTOS TIPO "B" $R = 230 \text{ Kg/cm}^2$	
CONCRETO CON GROUT	CONCRETO CON MORTERO
	

ANEXO 40

Fotos adherencia reparación y concreto modelos B $R_t=230 \text{ Kg/cm}^2$

ADHERENCIA DE LOS MATERIALES CON EL EMENTOS TIPO "B" $R = 180 \text{ Kg/cm}^2$	
CONCRETO CON GROUT	CONCRETO CON MORTERO
	