

UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL



DEPARTAMENTO: INGENIERIA ESTRUCTURAL

**CARACTERISTICAS DEL CONCRETO CON SUSTITUCION DE
AGREGADOS TRADICIONALES, POR ALIVEN® FINO Y ALIVEN®
MOLIDO.**

Trabajo Especial de Grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero
Civil

Elaborado por:

Ramírez Quiroga, Rafael Eduardo C.I 19230055

Santana Hlushko, Erika Tatiana C.I 19513320

Tutor: Ing. Edson Martínez Oberto.

Valencia, Octubre de 2012



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL



DEPARTAMENTO: INGENIERIA ESTRUCTURAL

**CARACTERISTICAS DEL CONCRETO CON SUSTITUCION DE
AGREGADOS TRADICIONALES, POR ALIVEN® FINO Y ALIVEN®
MOLIDO.**

Trabajo Especial de Grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero
Civil

Elaborado por:

Ramírez Quiroga, Rafael Eduardo C.I 19230055

Santana Hlushko, Erika Tatiana C.I 19513320

Tutor: Ing. Edson Martínez Oberto.

Valencia, Octubre de 2012

DEDICATORIA

A Dios, la fuerza necesaria que me permite servir y cumplir con las metas propuestas.

A mi Madre, por su apoyo incondicional en los buenos y malos momentos.

A mi Padre, ejemplo de vida y guía en todo momento.

A mis Hermanos, inspiración de cada día.

A mis profesores, maestros y guías.

A mis amigos y compañeros.

Rafael.

A Dios y la Virgen razón por la cual estamos respirando cada día.

A mis padres, por sus valores y apoyo a lo largo de toda mi vida.

A mi hermana por su apoyo incondicional.

A mis amigos, por acompañarme cada día.

A mis profesores, maestros y guías.

Erika.

AGRADECIMIENTOS

A la Insigne Alma Mater Universidad de Carabobo, que ha contribuido notablemente con nuestra formación profesional, académica de valores y ética; gracias por la oportunidad otorgada.

Al Prof. Ing. Edson Martínez Oberto, por haber aceptado la tutoría, guiarnos durante toda la investigación, por la paciencia, dedicación y valiosa asesoría.

A la Empresa Agregados Livianos C.A, por su colaboración y guía durante todo el trabajo de investigación.

A Carlos Manzanares, por su valiosa colaboración en el Laboratorio de Materiales y Ensayos, por su dedicación y esmero.

A nuestros padres por el apoyo durante todo este camino, por la inagotable atención, dedicación y amor.

A nuestros amigos, por la colaboración, compañía, muchos días de estudio y alegría, a ustedes.

Y todas aquellas personas que de una u otra forma, colaboraron o participaron en la realización del presente trabajo de grado, mil gracias.

UNIVERSIDAD DE CARABOBO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

DEPARTAMENTO: INGENIERIA ESTRUCTURAL

**CARACTERISTICAS DEL CONCRETO CON SUSTITUCION DE
AGREGADOS TRADICIONALES, POR ALIVEN FINO Y ALIVEN
MOLIDO.**

Trabajo Especial de Grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero
Civil

Elaborado por:

Ramírez Quiroga, Rafael Eduardo C.I 19230055

Santana Hlushko, Erika Tatiana C.I 19513320

Tutor: Ing. Edson Martínez Oberto.

Valencia, Octubre de 2012

RESUMEN

En el presente trabajo se obtuvieron algunas de las características del concreto con sustitución de los agregados tradicionales, por ALIVEN® FINO y ALIVEN® MOLIDO. Se realizaron diferentes mezclas de concreto con el propósito de producir un concreto liviano para así observar el comportamiento, sus propiedades y comparar algunas de sus características. Se evaluó que tan eficiente y seguro pueda a llegar a ser el material si se varían las proporciones de ALIVEN®, limitándose únicamente a variar la cantidad de ALIVEN® FINO de la mezcla en estudio. Esto se logró realizando los ensayos en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo. La investigación se basó en un diseño no experimental, con un nivel de investigación de campo, exploratorio y descriptivo de modalidad especial. La población en estudio estuvo constituida por el concreto que se realice con ALIVEN® FINO y ALIVEN® MOLIDO como agregados, y la muestra son las mezclas de concreto de acuerdo a las permutas establecidas, obteniendo valores de resistencias adecuados según el diseño proporcionado por la empresa Agregados Livianos, C.A.

Descriptor: ALIVEN®, Agregados livianos, concreto, mezclas.

INDICE

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS	v
RESUMEN	vi
INDICE	vii
INDICE DE FIGURAS	x
INDICE DE TABLAS	xii
INTRODUCCION	1
CAPITULO I	3
EL PROBLEMA	3
Planteamiento del problema	3
Formulación del problema	5
Objetivos de la Investigación	5
Objetivo General	5
Objetivos Específicos.....	5
Justificación de la Investigación	6
Alcance y delimitación del problema.....	7
CAPITULO II	9
MARCO TEORICO	9
Antecedentes de la Investigación	9
Bases Teóricas.....	11
Concreto, Definición.	11
Composición del Concreto Tradicional	12
El cemento.....	12
El Cemento Portland	12
El Agua de mezclado	14
Los Agregados	14
Agregado Fino.....	15
Agregado Grueso	16
Agregados Livianos.	17
Tipos de Agregados Livianos.....	18

Arcilla Expandida.....	18
Cascores de Ladrillo.....	21
Escoria Expandida.....	22
Polietileno Pre expandido.	22
ALIVEN®.....	23
Proceso de Fabricación del ALIVEN®.....	25
Características del ALIVEN®.	27
Peso unitario de los agregados.	27
Resistencia propia del agregado.....	28
Aislante.	28
Durabilidad.....	28
Resistencia al calor.....	28
Influencia de los Agregados Livianos en la resistencia del Concreto.....	30
Mezclado del Concreto Liviano.....	30
Propiedades del concreto Liviano.....	31
Concreto Fresco.....	32
Compactibilidad.....	32
Trabajabilidad.	33
Retracción.	34
Concreto Endurecido.....	35
Resistencia a la compresión.	35
Relación esfuerzo-deformación.	36
Durabilidad.....	37
Curado.	38
Peso Unitario.....	39
Aplicación de los principios estadísticos al control de calidad del concreto.	40
Definición de términos.....	42
Marco Normativo Legal.....	44
Sistema de Hipótesis y Variables.....	44
<i>CAPITULO III</i>	46
<i>MARCO METODOLÓGICO</i>	46
Población y Muestra.....	47
Descripción de la Metodología.....	48
Fase I.....	48
Fase II.....	48
Fase III.....	49

Fase IV	49
Fase V	49
Fase VI	49
Tipo de Muestreo	49
Técnicas de Recolección de Datos	50
Análisis de Resultados	50
<i>CAPITULO IV</i>	51
<i>RESULTADOS DE LA INVESTIGACION</i>	51
Especificación de las permutas de la mezcla patrón proporcionada por la empresa Agregados Livianos C.A. que se realizaran para cada uno de los agregados (ALIVEN® FINO Y ALIVEN® MOLIDO), estableciendo las mezclas experimentales a ensayar.....	51
Ejecutar las mezclas establecidas, midiendo las características más relevantes.	54
Realizar los ensayos normativos para cada una de las mezclas.	58
Comparar las características de las mezclas experimentales ejecutadas con las características de la mezcla patrón realizada.	60
<i>CAPITULO V</i>	69
<i>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</i>	69
Conclusiones de la investigación.	69
Recomendaciones.....	76
<i>BIBLIOGRAFIA</i>	78
<i>ANEXOS</i>	81
Resultados de las probetas cilíndricas ensayo a compresión	81
Fotografías de las mezclas realizadas.	101

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Arcilla Expandida. Nota. Imagen tomada WEIGLER-KARL (1993).....	19
Figura 2. Pizarra Expandida. Nota. Tomada de WEIGLER-KARL (1993).	20
Figura 3.Obtención de Arcilla Expandida, por el procedimiento del horno tubular rotativo. Nota. Tomado de WEIGLER-KARL (1993).....	21
Figura 4. Pella de ALIVEN®. Nota. Fuente Agregados Livianos C.A (2011).	23
Figura 5. Hornos Rotatorios. Nota. Fuente Agregados Livianos C.A.	26
Figura 6. Arcilla natural al inicio del proceso. Nota. Agregados Livianos C.A.	26
Figura 7. Proceso de Fabricación Aliven. Nota. Tomado de Agregados Livianos C.A. (2011).....	27
Figura 8. Ventajas Producto Aliven. Nota. Tomado de Agregados Livianos C.A. (2011).....	29
Figura 9. Cono de Abrams. Nota. Tomada PORRERO Y OTROS (2003).	34
Figura 10. Ejemplo de distribución de las resistencias normativas de un concreto y su ajuste a la distribución normal. Nota. Tomado de la Norma COVENIN 1976-03 (2003).....	41
Figura 11. Preparación de las Probetas. Nota. Fuente: Propia.....	56
Figura 12. Preparación de la Mezcla Patrón. Nota. Fuente: Propia.....	57
Figura 13. Ensayo de la Probeta. Nota. Fuente: Propia.	59
Figura 14. Monitor de resultados de la maquina para ensayo a compresión. Nota. Fuente: Propia.....	60
Figura 15. Representación gráfica de los valores obtenidos para la mezcla patrón del ensayo de los cilindros a compresión. Nota. Datos obtenidos de la investigación.	64
Figura 16. Representación gráfica de los valores obtenidos para la mezcla 1.1 del ensayo de los cilindros a compresión. Nota. Datos obtenidos de la investigación.	65
Figura 17. Representación gráfica de los valores obtenidos para la mezcla 1.2 del ensayo de los cilindros a compresión. Nota. Datos obtenidos de la investigación.	65
Figura 18. Representación gráfica de los valores obtenidos para la mezcla 1.3 del ensayo de los cilindros a compresión. Nota. Datos obtenidos de la investigación.	66

Figura 19. Representación gráfica de los valores obtenidos para la mezcla 1.4 del ensayo de los cilindros a compresión. Nota. Datos obtenidos de la investigación.	66
Figura 20. Representación gráfica de la variabilidad de la resistencia cilíndrica a compresión según el contenido de ALIVEN® FINO. Nota. Datos obtenidos de la investigación.	67
Figura 21. Representación gráfica de la variabilidad de la trabajabilidad según el contenido de ALIVEN® FINO. Nota. Datos obtenidos de la investigación.	67
Figura 22. Representación gráfica de la variabilidad del peso unitario según el contenido de ALIVEN® FINO. Nota. Datos obtenidos de la investigación.	68
Figura 23. Mezcla realizada con ALIVEN® FINO sin saturación adecuada. Nota. Fuente Propia.	70
Figura 24. Medición de la trabajabilidad con el cono de Abrams. Nota. Fuente Propia.	71
Figura 25. Cilindros húmedos al momento de la Rotura. Nota. Fuente Propia.	72
Figura 26. Cilindro fracturado con presencia de humedad del núcleo. Nota. Fuente Propia.	72
Figura 27. Cilindro fracturado luego de haberse secado, como debería haber estado luego de la rotura. Nota. Fuente Propia.....	73
Figura 28. Falla del cilindro luego de haber aplicado la carga. Nota. Fuente Propia.	74
Figura 29. Mezcla Patrón 2 Nota. Fuente Propia.	101
Figura 30. Mezcla 1.1 Nota. Fuente Propia.	102
Figura 31. Mezcla 1.2. Nota. Fuente Propia	102
Figura 32. Mezcla 1.3. Nota. Fuente Propia	103
Figura 33. Mezcla 1.4. Nota. Fuente Propia	103
Figura 34. Determinación del Peso Específico. Nota. Fuente Propia	104
Figura 35. Medición de la Trabajabilidad. Nota. Fuente Propia.....	104

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de cemento portland.....	13
Tabla 2. Composición de la Escoria Expandida.....	22
Tabla 3. Tipos de productos Aliven por su Granulometría y Densidad.....	24
Tabla 4. Composición Química del ALIVEN®.....	25
Tabla 5. Comparación del concreto estructural condiciones tradicionales y concreto con agregados livianos.	39
Tabla 6. Diseño de mezcla Patrón proporcionado por la empresa.....	52
Tabla 7. Diseño de mezclas 1.1 (Variación 50 litros por encima de la mezcla patrón)	53
Tabla 8. Diseño de mezclas 1.2 (Variación 100 litros por encima de la mezcla patrón)	53
Tabla 9. Diseño de mezclas 1.3 (Variación 50 litros por debajo de la mezcla patrón)	53
Tabla 10. Diseño de mezclas 1.4 (Variación 100 litros por debajo de la mezcla patrón)	54
Tabla 11. Resultados de los ensayos a Compresión Mezcla Patrón:	61
Tabla 12. Resultados de los ensayos a Compresión Mezcla 1.1:.....	61
Tabla 13. Resultados de los ensayos a Compresión Mezcla 1.2:.....	62
Tabla 14. Resultados de los ensayos a Compresión Mezcla 1.3:.....	62
Tabla 15. Resultados de los ensayos a Compresión Mezcla 1.4:.....	63
Tabla 16. Cuadro comparativo de las mezclas experimentales con la mezcla patrón	64
Tabla 17. Resultados de los ensayos a Compresión Mezcla Patrón 1:	81
Tabla 18. Resultados Estadísticos del ensayo a compresión mezcla Patrón 1	82
Tabla 19. Resultados de los ensayos a Compresión Mezcla Patrón 2:	82
Tabla 20. Resultados Estadísticos del ensayo a compresión Mezcla Patrón 2	83
Tabla 21. Resultados de los ensayos a Compresión Mezcla Patrón 3	83
Tabla 22. Resultados Estadísticos del ensayo a compresión Mezcla Patrón 3	84
Tabla 23. Resultados de los ensayos a Compresión Mezcla Patrón 4	84

Tabla 24. Resultados Estadísticos del ensayo a compresión Mezcla Patrón 4	85
Tabla 25. Resultados de los ensayos a Compresión Mezcla 1.1, 1	85
Tabla 26. Resultados Estadísticos del ensayo a compresión Mezcla 1.1, 1	86
Tabla 27. Resultados de los ensayos a Compresión Mezcla 1.1, 2	86
Tabla 28. Resultados Estadísticos del ensayo a compresión Mezcla 1.1, 2	87
Tabla 29. Resultados de los ensayos a Compresión Mezcla 1.1, 3	87
Tabla 30. Resultados Estadísticos del ensayo a compresión Mezcla 1.1, 3	88
Tabla 31. Resultados de los ensayos a Compresión Mezcla 1.1, 4	88
Tabla 32. Resultados Estadísticos del ensayo a compresión Mezcla 1.1, 4	89
Tabla 33. Resultados de los ensayos a Compresión Mezcla 1.2, 1	89
Tabla 34. Resultados Estadísticos del ensayo a compresión Mezcla 1.2, 1	90
Tabla 35. Resultados de los ensayos a Compresión Mezcla 1.2, 2	90
Tabla 36. Resultados Estadísticos del ensayo a compresión 1.2, 2	91
Tabla 37. Resultados de los ensayos a Compresión Mezcla 1.2, 3	91
Tabla 38. Resultados Estadísticos del ensayo a compresión Mezcla 1.2, 3	92
Tabla 39. Resultados de los ensayos a Compresión Mezcla 1.2, 4	92
Tabla 40. Resultados Estadísticos del ensayo a compresión Mezcla 1.2, 4	93
Tabla 41. Resultados de los ensayos a Compresión Mezcla 1.3, 1	93
Tabla 42. Resultados Estadísticos del ensayo a compresión Mezcla 1.3, 1	94
Tabla 43. Resultados de los ensayos a Compresión Mezcla 1.3, 2	94
Tabla 44. Resultados Estadísticos del ensayo a compresión Mezcla 1.3, 2	95
Tabla 45. Resultados de los ensayos a Compresión Mezcla 1.3, 3	95
Tabla 46. Resultados Estadísticos del ensayo a compresión Mezcla 1.3, 3	96
Tabla 47. Resultados de los ensayos a Compresión Mezcla 1.3, 4	96
Tabla 48. Resultados Estadísticos del ensayo a compresión Mezcla 1.3, 4	97
Tabla 49. Resultados de los ensayos a Compresión Mezcla 1.4, 1	97
Tabla 50. Resultados Estadísticos del ensayo a compresión.....	98
Tabla 51. Resultados de los ensayos a Compresión Mezcla 1.4, 2	98
Tabla 52. Resultados Estadísticos del ensayo a compresión Mezcla 1.4, 2	99
Tabla 53. Resultados de los ensayos a Compresión Mezcla 1.4, 3	99

Tabla 54. Resultados Estadísticos del ensayo a compresión Mezcla 1.4, 3.....	100
Tabla 55. Resultados de los ensayos a Compresión Mezcla 1.4, 4.....	100
Tabla 56. Resultados Estadísticos del ensayo a compresión Mezcla 1.4, 4.....	101

INTRODUCCION

El concreto es un material que se utiliza con mucha regularidad en la construcción, este presenta una amplia gama de posibilidades, bien sea por su uso o como este constituido el mismo. Tradicionalmente conformado por cemento, agua, y los agregados que son la piedra picada y la arena lavada.

Ahora bien, durante algunos años se ha venido realizando concretos con la sustitución de los Agregados tradicionales por Agregados Livianos, específicamente sustituir la piedra picada por materiales constituidos por arcilla expandida.

La presente investigación contempla esa sustitución de los Agregados tradicionales, por agregados livianos. Lo novedoso del tema es que muy poco se conoce que se sustituyan ambos agregados y se utilicen distintos tipos de ALIVEN® como total agregado del concreto, por lo cual se estudiará el comportamiento de este concreto, obteniendo así algunas de las características del mismo.

Por consiguiente, la investigación sigue un orden y se presentará de acuerdo al contenido que se vaya describiendo durante el proceso investigativo, según los capítulos en donde se nombran cada una de las actividades realizadas, el sustento teórico y la metodología planteada para el tipo de investigación que se llevara a cabo, lo cual se explicará detalladamente a continuación:

El capítulo I, se denomina planteamiento del problema, es allí donde se da a entender al lector cual es el problema que esta sucediendo hoy en día por el cual se toma la decisión de realizar dicha investigación; los objetivos tanto general como específicos, en los que se basará de allí en adelante toda la investigación, también se presentan en este capítulo la justificación y formulación del problema, para luego dejar plasmado el alcance y la limitación.

El Capítulo II, consiste en la presentación del marco teórico, este es de suma importancia porque dejará reflejado el sustento teórico de la investigación, y en donde también se señalan los trabajos que anteceden a la investigación que se esta presentando para el momento.

Igualmente el Capítulo III, esta conformado por el marco metodológico, es decir la metodología con el cual se estará desarrollando la investigación, incluyendo el tipo de investigación, diseño, la población y la muestra con que se trabajará, y la modalidad.

El Capítulo IV, es de suma importancia debido a que es allí donde se reflejaran los resultados de la investigación, es denominado el capítulo de análisis e interpretación de los resultados.

Para complementar dicha investigación, se presenta el Capítulo V, donde se reflejan las conclusiones y recomendaciones producto de la investigación, gracias a un planteamiento inicial del problema objetivos de la investigación, sustentado por unos fundamentos teóricos y con la metodología adecuada, se logrará plasmar los resultados acordes, para así lograr unas conclusiones y recomendaciones que puedan servir para trabajos posteriores y lograr enriquecer el conocimiento de las investigaciones del área en estudio.

CAPITULO I

EL PROBLEMA

Según SANTA PALELLA Y FILIBERTO (2006) un problema, es una necesidad que debe ser satisfecha, por lo cual será el punto de partida de una investigación cualquiera, deberá estar debidamente definido para así poder comprender todas las relaciones de efectos que puedan existir en cualquier situación problemática.

Planteamiento del problema

Gómez, Arnoldo (2010) afirma:

“El planteamiento del problema es la etapa que se identifica como la definición del problema de investigación, permite realizar la descripción de los hechos y/o situaciones que pueden llegar a construirse, por lo cual se puede identificar la situación actual.” (p. 38).

Basándose en la afirmación anterior, se debe plantear la situación problemática que se tratará en la presente investigación, considerando que se deben identificar y describir los síntomas que se observan y son relevantes de la situación, relacionándolos con las causas que la producen.

La situación que se plantea tiene que ver con uno de los materiales actualmente más utilizados en la construcción, como lo constituye el concreto. Este material depende de 4 componentes ya conocidos, (cemento, agregado fino, agregado grueso y agua de mezclado) los cuales combinados en proporciones adecuadas proporcionarán las características que tendrá el concreto tanto en estado fresco, como una vez ya endurecido.

Hoy en día los agregados que se utilizan comúnmente en la elaboración del concreto son la arena natural como agregado fino y la piedra picada como agregado grueso, provenientes de canteras en donde se realiza la extracción desde su estado natural. Constituyendo la piedra y la arena recursos naturales no renovables, al ser explotadas de manera no controlada, unido al aumento de la demanda de dichos materiales debido al crecimiento en el área de la construcción, puede ocasionar que a largo plazo la disponibilidad de estos recursos disminuya, siendo este un problema ya que son considerados hoy en día como componente principal del concreto.

Por otra parte, los agregados anteriormente mencionados, constituyen un 80% del peso del concreto por lo cual si estos son muy pesados, el concreto se hace proporcionalmente mas pesado, lo cual induce a que los elementos estructurales en las edificaciones demanden de mayores dimensiones para soportar tanto las solicitaciones que puedan presentarse en las estructuras, así como también el peso de ellos mismos.

Dados los problemas anteriormente descritos, se impone la necesidad de buscar la sustitución alternativa de los agregados naturales por algún tipo de material con propiedades equivalentes que puedan brindar el mismo grado de resistencia con un menor peso. La empresa Agregados Livianos C.A. propone la utilización de distintos tipos ALIVEN® como agregados del concreto en cantidades específicas para obtener resistencias cilíndricas a los 28 días según las mismas. Esta plantea no sustituir indefinidamente los agregados tradicionales sino como una alternativa de trabajo al momento de construir cualquier tipo de edificaciones. Al utilizar

ALIVEN® en el concreto en vez de piedra y/o arena, se esta asegurando que se utiliza un agregado que tiene características garantizadas, por lo cual el constructor disminuye su preocupación a la hora de realizar el control de los agregados que utilizara; además al ser un producto constituido por arcilla expandida a altas temperaturas, conlleva a que su peso sea mucho menor al de los agregados tradicionales, por lo que se considera un agregado liviano, lo cual originará que cualquier concreto en el que sea utilizado ALIVEN® sea un concreto mucho mas liviano.

Formulación del problema

En base al planteamiento del problema antes descrito y la problemática a que nos enfrentamos surgió la siguiente interrogante:

¿Será posible que la utilización de agregados ALIVEN® proporcione una nueva mezcla de concreto que pueda cumplir con la resistencia cilíndrica a los 28 días para la cual esta diseñada?, ¿Qué ocurrirá con la resistencia del concreto que contenga agregados livianos ALIVEN® al variar las cantidades que propone la empresa?

Objetivos de la Investigación

Objetivo General

Determinar algunas de las características del concreto con sustitución de agregados tradicionales por ALIVEN® FINO y ALIVEN® MOLIDO.

Objetivos Específicos

1. Especificar las permutas de la mezcla patrón proporcionada por la empresa Agregados Livianos C.A. que se realizaran para cada uno de los agregados

(ALIVEN® FINO Y ALIVEN® MOLIDO), estableciendo las mezclas experimentales a ensayar.

2. Ejecutar las mezclas establecidas, midiendo las características más relevantes.
3. Realizar los ensayos normativos para cada una de las mezclas.
4. Comparar las características de las mezclas experimentales ejecutadas con las características de la mezcla patrón realizada.

Justificación de la Investigación

La utilización de ALIVEN® como agregado del concreto no es novedad en Venezuela, ya que desde hace algunos años atrás se ha utilizado dicho material en sustitución del agregado grueso, pero muy poco se conoce que se sustituyan ambos agregados y se utilicen distintos tipos de ALIVEN® como total agregado del concreto, por lo cual se hace necesario realizar estudios que permitan conocer todas las propiedades y características de este concreto con agregados ALIVEN® y que estas cumplan tanto con la resistencia cilíndrica a los 28 días para la cual fue diseñada, como con las especificaciones normativas requeridas, para que este concreto pueda ser utilizado con seguridad en elementos estructurales y que estos sean capaces de resistir cualquier tipo de solicitud sin problema alguno.

Se deberá evaluar que ocurre con las características de las mezclas de concreto en las cuales se utilicen distintos tipos de ALIVEN® como agregados, cuando se varían las cantidades especificadas por el fabricante, ya que al momento de la realización del mismo, tanto en obra como en alguna planta de premezclado, por un motivo u otro, las cantidades que realmente se proporciona a la mezcla, pueden variar y con esto varían intrínsecamente las propiedades de la mezcla que se medirán en la presente investigación que las dos mas comunes como lo son trabajabilidad y

resistencia cilíndrica, y otra que caracteriza a los concretos livianos como lo es el peso unitario. Esto origina la necesidad de realizar pruebas permutando cada uno de los agregados que no sean tradicionales que se utilicen en la mezcla, para poder determinar las consecuencias de dichas variaciones en las características del concreto y así evaluar que tan eficiente y seguro puede llegar a ser el material, y si podrá ser utilizado en la realización de concreto estructural.

Al realizar dicho trabajo de investigación, se estaría sustentando los conocimientos adquiridos durante la carrera de ingeniería civil impartida durante todos estos años, debido a que esta investigación se encuentra estrechamente relacionada con la cátedra de materiales y ensayos, y académicamente se estaría cumpliendo con los requisitos curriculares, además de poder servir como material de consulta tanto para estudiantes como profesionales en el área.

Técnicamente, el resultado de la investigación contribuirá a la solución del problema planteado anteriormente, y será muy fructuoso para investigaciones posteriores, debido a que esta es una de las primeras investigaciones que se estarían realizando de este tema de Agregados Livianos con sustitución total de los agregados tradicionales.

Alcance y delimitación del problema

Cuando se estudian las características de una mezcla de concreto, en la cual se sustituyen una de las componentes tradicionales por otra que influirá en las características del mismo, se dice que se modifica una variable; en este caso para la presente investigación se tiene un concreto con dos variables (ALIVEN® FINO y ALIVEN® MOLIDO). Como parte de la investigación se realizarán ciertas permutas a partir de una mezcla patrón proporcionada por la empresa Agregados Livianos C.A., dejando fija una de las variables y variando la otra, y viceversa para observar el comportamiento de las características de esta nueva mezcla de concreto en mayor

detalle. En el mismo orden de ideas, las permutas a realizar representarían cuatro mezclas por cada una, ya que se variaría el material partiendo de la dosificación de la mezcla patrón, se variaría la cantidad de una de las variables de 50 en 50 litros hasta dos veces por encima y dos veces por debajo dejando fija la otra variable, y luego se realizaría el mismo procedimiento para la variable que se dejó fija en el proceso anterior; esto representaría una muestra de estudio de 9 mezclas las cuales se deberían repetir tantas veces como indique la confiabilidad estadística. Al tener dicha cantidad de mezcla, se requeriría una cantidad de material que resultaría costosa para un solo trabajo de investigación, y además requeriría un periodo muy extenso del uso del laboratorio de Materiales y Ensayos de la facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo, lugar donde se lleva a cabo la investigación.

Habiendo realizado el planteamiento anterior, se conocen que para este trabajo de investigación, se tiene como limitación el tiempo que se tiene disponible, el sitio donde se lleva a cabo los ensayos y el costo de los materiales. Es por ello que en el presente trabajo solo se realiza la permuta de la variable del concreto ALIVEN® FINO, dejando la permuta de la variable de ALIVEN® MOLIDO para otro trabajo de investigación. Además como características del concreto se denotaran dos de las más importantes para el concreto tradicional como lo son la resistencia cilíndrica a compresión y la trabajabilidad, y también se estudiará una propiedad característica de los concretos livianos como lo es el peso unitario fresco.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

Según Hurtado y Toro (1999), indica que el marco teórico va a ser el conjunto de ideas generalmente ya conocidas en una disciplina que permite organizar los datos de la realidad para lograr que de ella puedan desprenderse nuevos conocimientos.

Antecedentes de la Investigación

En la medida que se fue ejecutando el presente proyecto, se tomó en cuenta una serie de antecedentes que proporcionaron información valiosa con respecto a diversos aspectos relacionados con los fundamentos teóricos. Todos ellos sirvieron de base en la presente investigación, tales como tesis, libros, folletos e investigaciones previas realizadas acerca de temas relacionados con el tema en estudio. A continuación se presenta una breve reseña de algunos trabajos relacionados con el tema:

Prato C. (2008), **“APLICACIONES DEL AGREGADO LIVIANO ALIVEN Y LA OPTIMIZACIÓN DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS**

MEDIANTE SU UTILIZACIÓN”. (III Congreso Iberoamericano de Ingeniería Civil, Mérida)

Esta investigación fue realizada por el mencionado ingeniero junto con el personal técnico de la empresa ALIVEN®, quienes con la utilización de los ensayos contemplados en las normas venezolanas e internacionales determinaron las propiedades físicas y mecánicas de sus diferentes productos y su aplicación en los diferentes campos que ofertan; dicho trabajo incluye los procedimientos para su utilización y manejo así como diferentes recomendaciones que exhortan a considerar a la hora de utilizar los productos. Este trabajo proporciona un valioso número de herramientas al proyecto, que van desde una referencia teórica, procedimientos de elaboración de ensayos, e inclusive una matriz técnica de los diferentes productos y sus características suministrada por la empresa Agregados Livianos C.A., lo que lo vuelve una referencia obligatoria y una guía en la realización de la presente investigación.

Lujan Rosa, Rivas Maylen, y Sandoval Rubert. (Febrero 1994), **“USO DE AGREGADOS LIVIANOS PARA ELEMENTOS PREFABRICADOS DE GRAN TAMAÑO”**. (Trabajo Especial de grado presentado ante la ilustre Universidad de Carabobo para optar al título de ingeniero civil).

La investigación se basó en el uso de los agregados livianos para la fabricación del concreto destinado a la elaboración de elementos prefabricados, sustituyendo el agregado grueso por arcilla expandida producida por Agregados Livianos C.A., y el aditivo superplastificante RHEOBUILD 1000. Se logró realizar los ensayos y estudiar el comportamiento de las propiedades del concreto con dichos elementos. La contribución principal a esta investigación consiste en la evidencia

sustentada en ese trabajo con respecto a ver como influye la sustitución del agregado grueso por la arcilla expandida ALIVEN® en el comportamiento del concreto.

Castillo M, y Schenone A. (Mayo 1985), “**CONCRETO LIVIANO PREMEZCLADO**”. (Trabajo Especial de grado presentado ante la ilustre Universidad de Carabobo para optar al título de ingeniero civil). El objetivo principal del trabajo fue estudiar el comportamiento del concreto liviano con agregados de arcillas expandidas en una planta de concreto premezclado. Se logró realizar las pruebas y verificar los resultados de los diseños de mezcla. El aporte consistió en observar que resultados obtuvieron luego de ensayar el concreto de acuerdo a sus propiedades.

Bases Teóricas

Concreto, Definición.

FRATELLI M (1999), indica que el concreto es un material pétreo artificial, que se obtiene al mezclar en determinadas proporciones cemento, agregados gruesos y finos, con agua. El cemento y el agua forman una pasta que rodea a los agregados, dando por resultado un material de gran durabilidad que fragua y endurece, incrementando su resistencia con el paso del tiempo.

PORRERO Y OTROS (2009) afirman,

Aproximadamente un 80% del concreto u hormigón, esta compuesto por partículas de origen pétreo, de diferentes tamaños, material denominado

usualmente como agregados, áridos o inertes. Por esta razón las características de esos materiales son decisivas para la calidad de la mezcla de concreto.

Es por ello que es de suma importancia que los agregados presenten propiedades adecuadas y además de que tengan un debido control para que el concreto tenga las características para el cual fue diseñado.

Composición del Concreto Tradicional

El cemento

PORRERO Y OTROS (2009), afirman que el cemento es el material aglomerante que luego de pasar por un proceso de hidratación, se adherirá a los agregados y formará lo que se conoce como morteros y concretos. Al ser el componente activo de dichos materiales, influirá de manera importante en las características del mismo, aunque solo constituye de un 10 a un 20% del peso del concreto, siendo el 80 a 90% de material restante el que condiciona la posibilidad de que se desarrollen las propiedades del cemento.

Es apreciable el papel que juega el Cemento en las mezclas en las cuales es utilizado, ya que, a pesar de no tener un peso considerable en la totalidad de las mismas, es quien define el comportamiento plástico de este y también muchas de las propiedades que este adquirirá al momento de endurecerse, ya que son los elementos que lo forman quienes en combinación con el aire y el agua reaccionan químicamente para que este fenómeno se produzca.

El Cemento Portland

Según la norma COVENIN 28-93, en su capítulo 4 se menciona que los tipos de Cemento Portland se encuentran comprendidos en 5 tipos, de los cuales las propiedades dependerán principalmente de la composición química de cada uno de

ellos. Esto hará que cada tipo de cemento reaccione de manera diferente a la hora de la reacción con la hidratación. En Venezuela el cemento utilizado es el cemento portland, y se puede encontrar de V tipos diferentes. De igual manera, describen cada uno de ellos:

Tabla 1.

Tipos de cemento portland

Tipo	Descripción
TIPO I	Para usarse en las construcciones de concreto en general, cuando no se requieran las propiedades especiales correspondientes a los otros tipos. El cemento portland blanco entra en esta clasificación
TIPO II	Para usarse en obras expuestas a la acción moderada de los sulfatos, o donde se requiera un calor de hidratación moderado.
TIPO III	Para usarse en construcciones que requieran altas resistencias iniciales.
TIPO IV	Para usarse en obras donde sea necesario muy bajo calor de hidratación.
TIPO V	Para usarse en construcciones que requieran alta resistencia a los sulfatos.

Nota. Tomado de COVENIN. Convención Venezolana de Normas Industriales 28-93 (1993)

El Agua de mezclado

Según la norma COVENIN 2385-2000, es el componente del concreto que se encargara del proceso de hidratación del cemento. Para esto, dicho elemento deberá ser en una adecuada cantidad y de una calidad aceptable. Ocupa cerca del 15% al 20% de la mezcla y junto con el cemento, forma una pasta, la cual lubrica y envuelve a los agregados de diferentes tamaños simultáneamente, haciendo de esta forma que la mezcla sea trabajable y moldeable en las formas que se desean.

El agua al ser utilizada como componente hidratante del cemento en el concreto, debe ser limpia y suave, no debe contener cloruros y sulfatos en cantidades perjudiciales. Tampoco debe contener grandes porcentajes de aceites, ácidos, álcalis, materias orgánicas y otras sustancias que puedan afectar negativamente la resistencia y la durabilidad del concreto. Cuando las impurezas presentes, se encuentran en cantidades suficientes, suelen reducir en forma sensible la resistencia del concreto y pueden producir cambios en el fraguado y endurecimiento, otros compuestos pueden causar le las superficies del concreto eflorescencia (movimiento de sales a la superficie), y corrosión del refuerzo metálico.

Los Agregados

Según el American Concrete Institute (A.C.I.), definen los agregados del concreto como el material granular así como la arena, la grava, la piedra picada, escoria de alto horno y agregados livianos, que normalmente ocupan aproximadamente un 60 a un 70% del volumen del concreto. La trabajabilidad, plasticidad y durabilidad del concreto se verán afectadas por las propiedades de los agregados, por ende es de suma importancia que los agregados que se vayan a utilizar, tengan optimas condiciones para así obtener la mezcla diseñada sin alteraciones. Los agregados pueden clasificarse en dos tipos, los agregados naturales, que serán aquellos que provienen de procesos geológicos naturales (arenas naturales, arenas provenientes de trituración, gravas y piedras triturada), y los agregados

artificiales, que son aquellos que provienen de un proceso industrializado (escoria de alto horno, arcillas expandidas, entre otros).

Según PORRERO Y OTROS (2009), el término “concreto”, cuando se usa sin adjetivo modificador, de ordinario indica el producto formado por una mezcla de cemento Portland, agregados, y agua. En cambio si al concreto se le añade algún adjetivo como por ejemplo de alta resistencia, de rápido fraguado, liviano etcétera significa inmediatamente que la proporción de los agregados convencionales ha sido alterada, con la aplicación de algún aditivo o con la sustitución parcial o completa de los agregados áridos, y en consecuencia, ha adquirido ciertas propiedades que se ajustan a ciertas condiciones u objetivos que el ingeniero proyectista ha planteado o bien como una respuesta a algún imprevisto natural que pueda intervenir en la programación que se tenía para llevar a cabo la obra.

Agregado Fino

“Esa porción de un agregado pasante del cedazo de 4.75mm (No. 4) y predominantemente retenido en el cedazo de 75 μ m (No. 200) es llamado agregado fino o arena”. (American Concrete Institute. 2007. p. E1-3”)

En el mismo orden de ideas según la norma venezolana COVENIN 277, el agregado fino deberá estar constituido por arena de río, de mina, excluyendo a las arenas micáceas, o provenientes de piedra triturada; de otra fuente o de arena de mar siempre y cuando cumpla con los requisitos que establece la normativa venezolana. Debe cumplir con una Granulometría especificada a menos que se requieran utilizar por motivos técnicos, materiales con desgastes distintos que no estén dentro de los límites establecidos. Deben establecerse entre las partes o según las normas establecidas, manteniéndose estable, con variaciones en el módulo de finura de $\pm 0,2$. Estos casos pudieran ser para combinar adecuadamente un agregado fino con otros agregados, para concretos con muy alto contenido de cemento y para concretos pobres.

Además el agregado fino que se use en concretos sujetos a humedecimientos frecuentes, exposiciones largas a una atmósfera húmeda o en contacto con suelo húmedo, no debe contener materiales que produzcan reacciones perjudiciales con los álcalis del cemento, en una proporción tal que sean causa de expansiones excesivas del mortero o concreto. Se exceptúa el caso en que si las materias se encuentran en cantidades nocivas, el agregado fino se puede utilizar con un cemento que contenga menos del 0,6% de álcalis, calculados como óxido de sodio o con la adición de un material aprobado que evite una expansión dañina, debido a la reacción álcali-agregado. La reactividad potencial, se determina según las Normas Venezolanas COVENIN 262 y COVENIN 276.

En cuanto a la disgregabilidad según la Norma venezolana COVENIN 277-2000 (2000), un agregado fino sometido a cinco (5) ensayos de dicha propiedad, debe tener una pérdida no mayor del 10% cuando se use sulfato de sodio ó 15% si se usa sulfato de magnesio.

Agregado Grueso

Según la norma venezolana COVENIN 277-2000 (2000), el agregado grueso debe estar constituido por piedra triturada, canto rodado, escoria siderúrgica enfriada por aire o una combinación de ellos, o de otras fuentes, siempre que cumplan con los requisitos especificados en esta norma a la cual se hace referencia. La escoria siderúrgica que se utilice para el concreto, debe tener un peso compacto no menor de 1.100 kg/m^3 determinado según la norma venezolana COVENIN 263.

En el mismo orden de ideas, la norma COVENIN 255-98 (1998), habla de que la granulometría del agregado grueso tiene unos límites específicos que se deben cumplir. Además según la norma COVENIN 264-77 (1977) el agregado grueso no debe presentar mas del 25% en peso en granos, con formas tales que el cociente entre la dimensión máxima y la dimensión mínima sea mayor que tres (3).

Dentro de este marco, la norma COVENIN 277-2000 (2000) hace referencia acerca de las sustancias nocivas y las impurezas orgánicas que no deben estar

contenidas en una cantidad máxima en el agregado grueso, además el agregado grueso que se usa en concretos sujetos a frecuentes humedecimientos, exposiciones largas en una atmósfera húmeda o en contacto con suelo húmedo, no debe contener materiales que produzcan reacciones perjudiciales con los álcalis del cemento en una proporción tal que sea causa de expansiones excesivas del mortero o concreto. Se exceptúa el caso en que si las materias se encuentran en cantidades nocivas, el agregado grueso se puede utilizar con un cemento que contenga menos de 0,6% de álcalis, calculados como óxido de sodio o con la adición de un material aprobado que evite una expansión dañina debida a la reacción álcali-agregado. La reactividad potencial se determina según la Norma Venezolana COVENIN 262 y 276.

La disgregabilidad según la norma COVENIN 271-78 (1978), para agregados gruesos, no debe tener una pérdida mayor del 12% cuando se usa sulfato de sodio o 18% cuando se usa sulfato de magnesio. Las muestras de agregado grueso deberán ser sometidas a cinco (5) ciclos de ensayo de disgregabilidad.

Agregados Livianos.

De acuerdo a WEIGLER-KARL (1993), “En muchos casos la rigidez y la resistencia propia de los granos no son suficientes para la producción de hormigones con la resistencia exigida a elementos constructivos que deben ser capaces de soportar cargas”. (p.5)

Los agregados livianos usados en la elaboración de concreto, han sido adoptados en consideración a la estructura celular, que ofrece una de las principales ventajas, como lo es la baja densidad y el aislamiento térmico, a la par de ciertas propiedades acústicas, pues amortiguan las vibraciones. La estructura interior, se produce generalmente con altas temperaturas, originando gases que causan expansión. La capacidad de absorción de agua y el grado de aislamiento térmico no

vienen fijados solamente por el porcentaje de burbujas, sino también por la naturaleza de estas y por su cantidad, tamaño y distribución.

La utilización de agregados livianos es recomendable en casi todas las mezclas donde se involucren elementos estructurales, aunque se debe tener en cuenta ciertos factores como en los concretos estructurales de media y alta resistencia y tener los cuidados necesarios para un buen manejo de la mezcla con estos agregados livianos.

Este tipo de agregados, por ende aportan grandes beneficios para las edificaciones, ya que sin lugar a dudas el deterioro y la escasez de los agregados convencionales , conlleva a que en algún momento se tendrá que contar totalmente con agregados de esta índole sin menoscabo de la calidad ni resistencia, siendo también de fácil transporte, almacenaje y durabilidad.

Las propiedades de los Agregados Livianos que se pueden señalar son las siguientes: la forma de los granos compactos, redondeados, con la superficie bien cerrada; ningún elemento nocivo para la pasta de cemento ni para el encofrado, invariabilidad en el volumen, suficiencia y resistencia a los fenómenos climatológicos.

Tipos de Agregados Livianos

Arcilla Expandida.

Según ARAMAYO Y OTROS (2003), “La Arcilla Expandida, se fabrica a partir de arcilla pura extraída de canteras a cielo abierto. Tras un primer proceso de desbaste, esta arcilla pura se almacena en naves cerradas para su homogeneización y secado. Una vez seca la arcilla se muele hasta obtener un polvo impalpable denominado crudo”.

WEIGLER-KARL (1993). “Entre los Agregados livianos uno de los más conocidos y utilizados a lo largo de la historia de la construcción es la arcilla expandida”. (p.9).

Las arcillas expandidas, son extraídas de pizarras expandidas en las cuales presentan dos tipos de preparación en donde se deben presentar una superficie cerrada y muy impermeable, deben tener también el tamaño deseado para que no exista la trituration posterior, estos dos tipos de preparaciones que se conocen comúnmente se encuentran la de vía seca y la de vía húmeda.



Figura 1. **Arcilla Expandida.** Nota. Imagen tomada WEIGLER-KARL (1993).

En la figura 1, se puede evidenciar tres tipos de Arcilla expandida, en la primera imagen de lado izquierdo se observa la arcilla expandida de tipo LIAPOR 8 que se realiza en hornos rotativos, la del medio es de tipo DETOON de tamaño más regulado y por último el de tipo BERWILIT que se denominan pizarras expandidas.

La preparación por vía seca se lleva a cabo mediante la obtención de la pizarra expandida el mineral se tritura hasta el punto preciso para que los granos después de la inclusión de aire alcancen el tamaño deseado. Existen molinos adecuados que pueden moler la arcilla con un contenido de humedad hasta 15% de masa. Cuando el material es demasiado húmedo y esta en estado plástico tiene que secarse previamente. El tamaño de los granos puede determinarse a voluntad, variando la velocidad de giro y la inclinación del eje del plato.

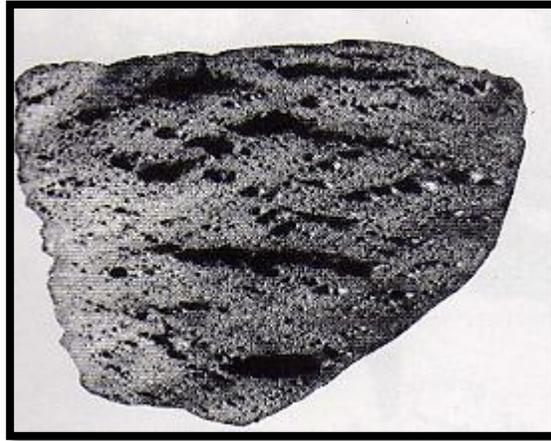


Figura 2. **Pizarra Expandida**. *Nota*. Tomada de WEIGLER-KARL (1993).

Para evitar que los granos se peguen entre sí durante el proceso de inclusión de aire, puede empolvorarse el granulado con polvo mineral.

La preparación por vía húmeda se tritura el material en varias etapas, se homogeneiza y se hace una masa plástica moldeable. Cuando ya se tiene esta masa es de allí de donde se obtiene las piezas moldeables cilíndricas, luego esto pasa a un tambor de secado para luego en el horno, se trituran por unas piezas internas formándose granos redondeados mediante movimientos rotatorios del tambor.

La preparación de la arcilla expandida mediante los hornos rotativos de acuerdo a ARAMAYO Y OTROS (2003), “la expansión de la arcilla se produce en hornos rotativos gracias a un choque térmico a 1200°C. A esta temperatura, la arcilla comienza a fundir al tiempo que se produce la combustión de la materia orgánica en el interior de la arcilla. Los gases de combustión expanden la bola de barro hasta alcanzar 5 veces su tamaño original”.

Con esta preparación de los agregados livianos es muy importante la homogeneidad del material inicial para lograr una resistencia final adecuada del concreto armado.

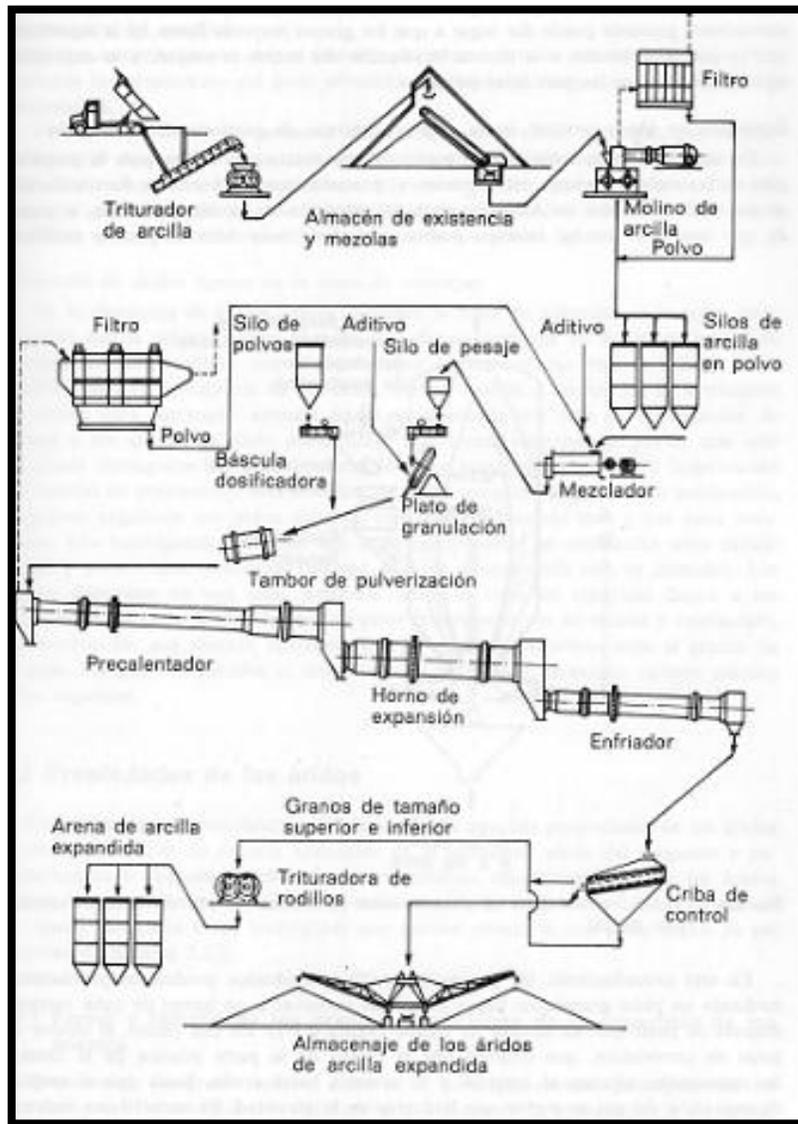


Figura 3. **Obtención de Arcilla Expandida, por el procedimiento del horno tubular rotativo.** Nota. Tomado de WEIGLER-KARL (1993).

Cascotes de Ladrillo.

ARAMAYO Y OTROS (2003), “Como su nombre lo indica es, ladrillo triturado”, Este está conformado por un 80% de arcilla, con el agregado del material ligante, como estiércol, cascarillas de cereales entre otros, más impurezas. Químicamente la arcilla está compuesta por: 45% a 70% de sílice, 10% a 40% de

alúmina y 10% a 20% de agua; proviene de los hornos de ladrillos, residuos de la fabricación de baldosas o recuperación de escombros, que previa limpieza de impurezas, trituración y cribado pueden ser usados como agregados.

Escoria Expandida.

La escoria se forma por la fusión de la ganga del mineral, los fundentes y las cenizas de carbón, responde a diferentes nombres entre los que pueden mencionarse: escoria espumosa, escoria esponjosa, pómez artificial o pómez siderúrgica.

Tabla 2.

Composición de la Escoria Expandida.

<i>Compuesto</i>	<i>Porcentaje</i>
Sílice (SiO ₂)	33 a 42
Alúmina (Al ₂ O ₃)	10 a 16
Cal (Oca)	36 a 45
Magnesita (MgO)	3 a 12
Azufre (S)	1 a 3
Oxido de hierro (OFe)	0,3 a 2
Oxido de Manganeso (OMn)	0,2 a 1,5

Nota. Tomada de ARAMAYO Y OTROS (2003).

Polietileno Pre expandido.

ARAMAYO Y OTROS (2003), indican que: “El Polietileno Pre Expandido es un polímero. La base del poliestireno es el estireno, un liquido cuyas moléculas se polimerizan, dando origen a las macromoléculas de poliestireno, que luego podrá ser expandido conformando las distintas formas comerciales”.

También se puede obtener otro tipo de poliestireno expansible denominado “difícilmente inflamable” o “auto extinguable”. Su origen es artificial, ya que al no encontrarse poliestireno expansible en la naturaleza, debemos recurrir a una serie de procesos a fin de producirlo. El poliestireno expansible, se pre-expande en grandes “ollas” (90°C a 105°C) aumentando su volumen hasta 50 veces gracias a la acción del agente de expansión, dando lugar así a la famosa “perlita” de poliestireno. Luego se dejan un tiempo en reposo a fin de que el aire penetre en las partículas y las seque, estabilizando así su volumen.

ALIVEN®

De acuerdo a Agregados Livianos C.A. (2011), “Es un agregado liviano a base de arcilla liviana expandida en forma de pequeñas esferas o pellas livianas.” (p. 6)

Consiste en una corteza cerámica vitrificada, rígida y resistente, que encierra una estructura alveolar micro porosa de color pardo, y una estructura alveolar micro porosa de color gris. Sus distintos tamaños o granulometrías presentan una determinada rigidez y resistencia propia, así como calidad permanente y uniforme, proporcionando un material cuya vida útil se mide en miles de años.

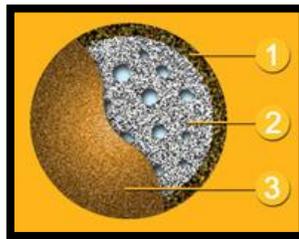


Figura 4. **Pella de ALIVEN®.** Nota. Fuente Agregados Livianos C.A (2011).

El Aliven se utiliza de distintas maneras, entre ellas se pueden nombrar el estado suelto, mezclado y/o rociado con cemento, y como agregado para la

elaboración del concreto liviano (estructural, aislante/relleno, unidades de mampostería), obteniéndose un concreto de bajo peso e igual de rango de resistencia que los concretos tradicionales, y en total cumplimiento de las normas venezolanas COVENIN 1896-82, 1897-82 y 1975-83.

Tabla 3.

Tipos de productos Aliven por su Granulometría y Densidad

Producto	Granulometría	Densidad	Aplicaciones
Aliven molido	0-3 mm	700±50 kg/m ³	Frisos cortafuegos y elementos prefabricados
Aliven arena	0-5 mm	600±50 kg/m ³	Concretos superlivianos, morteros refractarios, unidades de mampostería y cultivos intensivos (hidroponía)
Aliven fino Estructural	5-10 mm	450±50 kg/m ³	Bloques livianos aislantes y concreto liviano estructural
Aliven medio	10-15 mm	350±50 kg/m ³	Sobrepisos, sobretechos, concreto liviano de relleno y/o aislante.
Aliven grueso	15-20 mm	300±50 kg/m ³	Aplicaciones geotécnicas, aislamiento de techos, concreto de relleno, rellenos livianos, jardinería y cultivos intensivos (horticultura), Camada para asiento losa de fundación.

Nota. Tomado de Agregados Livianos C.A. (2011)

Tabla 4.

Composición Química del ALIVEN®

Composición química			
Símbolo Químico	Elemento químico	%	PPM
SiO ₂	Dióxido de Silicio	71.92	
Al ₂ O ₃	Óxido de Aluminio	8.42	
Fe ₂ O ₃	Óxido de Hierro	4.96	
Na ₂ O	Óxido de Sodio	1.09	
K ₂ O	Óxido de Potasio	1.63	
CaO	Óxido de Calcio	1.71	
MgO	Óxido de Magnesio	1.66	
PF	Pérdida al Fuego	7.79	
	Cloruros	90	ppm
	Sulfatos	430	ppm

Nota. Tomado de Agregados Livianos C.A. (2011).

Proceso de Fabricación del ALIVEN®.

Según Agregados Livianos C.A. (2011) para el proceso de fabricación del ALIVEN® se requiere la utilización de hornos rotatorios, los cuales hace algunos años eran utilizados inicialmente para la producción de cemento, y luego fueron utilizados por la empresa. Para la producción de agregados livianos; hasta el día de hoy, la producción de ALIVEN® se hace en este tipo de horno. Estos hornos presentan una longitud de 59 mts y unos 3.9 mts de diámetro.



Figura 5. **Hornos Rotatorios.** *Nota.* Fuente Agregados Livianos C.A.

A continuación se muestra una figura en donde se evidencia la arcilla antes de realizar el proceso y otra en donde se muestra la preparación detallada por la Empresa Agregados Livianos C.A.



Figura 6. **Arcilla natural al inicio del proceso.** *Nota.* Agregados Livianos C.A.

La empresa Agregados Livianos C.A. (2011), indica que las arcillas utilizadas para la fabricación del ALIVEN®, son arcillas especiales con capacidad de expansión luego de ser tratadas y procesadas en los hornos rotatorios. Durante su estadía en el horno y por el choque térmico, a temperaturas que llegan a más de 1.150°C, dan como resultado la arcilla expandida conocida como ALIVEN®, en donde al salir de los hornos, contiene todas las granulometrías juntas (molido, fino, medio y grueso) llamado tout venant, mejor conocido como todas las granulometrías.

Después de su producción es llevado a grandes tamices, que separan a través de mallas, con aberturas de tamaño correspondiente al tamiz, distintas granulometrías las cuales a su vez son almacenadas en silos específicos para cada tamaño.



Figura 7. **Proceso de Fabricación Aliven.** Nota. Tomado de Agregados Livianos C.A. (2011).

Características del ALIVEN®.

Las características de acuerdo a la empresa Agregados Livianos C.A. (2011) son:

Peso unitario de los agregados.

Debido a su estructura alveolar micro porosa interna, ALIVEN® es hasta 70% más liviano que los agregados convencionales.

Los concretos livianos estructurales fabricados con agregado liviano tipo ALIVEN®, poseen un peso unitario de aproximadamente 1800 kilos/m³, un 35% menos que un concreto elaborado con agregados convencionales.

Resistencia propia del agregado.

Debido a su corteza cerámica vitrificada, ALIVEN® posee resistencia comparable a la de agregados convencionales.

Aislante.

La menor conductividad térmica de la arcilla expandida, derivada de la porosidad de la estructura celular interna y de la menor densidad de las pellas, hace al material más liviano y le aporta propiedades aislantes (térmicas y acústicas).

Durabilidad.

El proceso de vitrificación fusiona todos los minerales que contiene el material, formando un sólido estable, cuyas propiedades se mantienen a través del tiempo.

Resistencia al calor.

El material es capaz de soportar elevadas temperaturas e incluso fuego, sin desprendimiento de gases tóxicos; debido especialmente a que durante su proceso de producción, es sometido a temperaturas mayores de 1200 °C.

Es importante señalar que una de las ventajas que presenta este producto para la ecología es que, el ALIVEN® esta basado en un proceso en donde la utilización del mismo hace que se reduzcan las emisiones de dióxido de carbono y demás gases de efecto invernadero, promoviendo el uso de las llamadas tecnologías verdes, el cual el ALIVEN® es un producto neutral (netamente libre de carbono)”.
.”

Este producto es de origen inorgánico, compatible con el medio ambiente, además de que cuenta con características que reducen significativamente el consumo de los hidrocarburos y otros recursos no renovables.

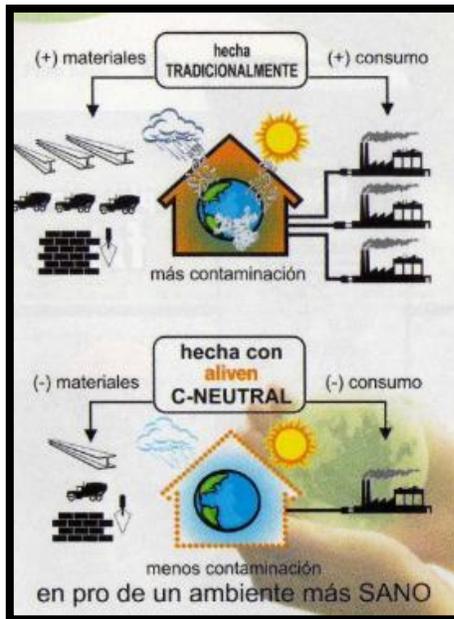


Figura 8. Ventajas Producto Aliven. *Nota.* Tomado de Agregados Livianos C.A. (2011)

El ALIVEN® tiene baja densidad y alta resistencia superficial, al ser utilizado como agregado en el concreto, trae como consecuencia una considerable disminución en el peso propio del concreto. El concreto liviano que utiliza ALIVEN® puede utilizarse para fabricar cualquier elemento de concreto pretensado o pos tensado, tanto hecho en sitio como prefabricado, y en general para cualquier estructura que pueda realizarse con los concretos convencionales. El concreto liviano estructural está recomendado especialmente en los casos en que el peso propio de la estructura (carga muerta) supere la carga variable de la estructura.

Influencia de los Agregados Livianos en la resistencia del Concreto

WEIGLER-KARL (1993), comentan que el modulo de elasticidad y la resistencia propia de los agregados afectaran directamente la resistencia del concreto. Entre otros puntos que pueden mencionar, cabe destacar que los agregados livianos tendrán una resistencia limite que en muy pocos casos coincide con la resistencia del mortero (agua y cemento), es por ello que los agregados no participan de igual forma en la absorción de cargas. Por lo general en los concretos livianos la distribución de fuerzas debe realizarse siempre a través de las capas de mortero intercaladas.

En el mismo orden de ideas estos autores también indican que para los concretos livianos no se tiene exactamente el mismo comportamiento que para concretos normales, en cuanto a la cantidad de cemento y del aumento de la resistencia. También comentan que existe menor aumento en la resistencia de un concreto liviano cuando se aumenta la cantidad de cemento de la mezcla, ya que depende en su mayor parte de la resistencia propia de los agregados.

Mezclado del Concreto Liviano.

Cuando se trabajan con agregados livianos ARAMAYO y OTROS (2003), indican que el grado de humedad de los agregados livianos al momento de elaborar el concreto influye notablemente en las propiedades de la mezcla antes o después de fraguar. Es por esto que dependiendo del tipo de agregado liviano que se esté utilizando el mismo debe ser tratado antes de ser utilizado en la mezcla de concreto. Según Agregados Livianos C.A. (2011), cuando se trabaja con ALIVEN FINO, el mismo debe ser saturado al menos 15 minutos antes de que vaya a ser colocado en la mezcla , ya que los agregados livianos ceden solo parcialmente y en largos periodos de tiempo el agua que previamente han absorbido.

WEIGLER-KARL (1993), plantean que el mezclado del concreto ligero puede realizarse en mezcladoras cerradas como comúnmente se hace con el concreto normal, ya que estas garantizan una mezcla uniforme, aprovechando toda la efectividad del aglomerante empleado.

Así mismo comentan que “el peligro de la formación de grumos es particularmente elevado en mezclas pobres en agua y con mucho cemento, como se precisan a menudo para obtener buenas calidades de hormigón”. (p. 69). Problemas normalmente comunes en este tipo de concretos se presentan debido a que el frotamiento de las paredes del trompo con los agregados livianos no es suficiente para eliminar la capa de recubrimiento que allí se origina tanto de agregado como de cemento, aparte de los grumos que puedan aparecer en la mezcla. Es por ello que recomiendan de ser posible añadir desde el principio toda el agua de la mezcla para así evitar problemas.

Sin embargo según la empresa Agregados Livianos C.A. (2011) se debe seguir el mismo procedimiento de mezclado que se indican en las normas venezolanas, es decir primero se coloca en el trompo el sustituto del agregado grueso, junto con una parte del agua de mezclado, luego el agregado fino y el cemento y luego el resto del agua, para dejar que se mezcle por un tiempo de 3 minutos o mas. También comentan que una larga duración del mezclado es ventajosa la mayoría de las veces, puesto que influye beneficiosamente en la docilidad del concreto fresco.

Propiedades del concreto Liviano

De acuerdo a PORRERO Y OTROS (2003), indica que “son muchas de las características del concreto que interesan, sin embargo desde un punto de vista general, son dos las características o propiedades principales de mayor consideración.”. (p.36).

Podemos señalar como se nombran en el manual de concreto estructural, que la primera es la relativa a la consistencia o grado de fluidez del material en estado fresco, la cual se conoce también como manejabilidad, trabajabilidad o asentamiento, la segunda propiedad más importante o tal vez más relevante es el grado de endurecimiento o resistencia que es capaz de adquirir el concreto, estas propiedades son las mas relevantes para cualquier tipo de concreto, pero cuando se trata de concretos livianos, surge la necesidad del estudio de una tercera propiedad que es el peso unitario debido a que es la que ayudara a diferenciar si el concreto puede ser caracterizado como liviano o no.

Concreto Fresco

PORRERO Y OTROS (2003), comentan que el concreto fresco es el material que permanece en estado fluido, en este estado el concreto es transportado, colocado en moldes o encofrados y luego compactado manualmente o por vibración. Ese estado de plasticidad tiene una duración diferente entre unas y otras localidades, y entre una y otra época del año, ya que las condiciones del clima tienen gran influencia.

WEIGLER-KARL (1993), comentan que los procesos de ensayo utilizados en el concreto normal para la determinación de las propiedades del concreto en este estado, sirven en general para el concreto liviano.

Compactibilidad.

Esta característica es la que permite la adaptación al molde o al encofrado donde se esté vaciando el concreto.

Según PORRERO Y OTROS (2003) “Cuando la mezcla es vibrada se hace mas fluida y puede así distribirse mas uniformemente, envolviendo bien las armaduras y ocupando todas las sinuosidades del encofrado.”

Según WEIGLER-KARL (1993), el concreto liviano se debe compactar casi exclusivamente por vibrado, ya que el menor peso del concreto no ayuda al compactado, y los agregados livianos porosos amortiguan fuertemente las vibraciones, lo cual ocasiona que se reduzca el radio de acción del vibrador. También indican que “para aprovechar de manera optima la fluidificación del hormigón fresco originada por las vibraciones, los vibradores deberían funcionar sin interrupción durante toda la operación del vertido” (p. 83), esto a causa de que en los periodos en los que no haya vibración, los agregados livianos con poder absorbente, hacen que el concreto adquiera rápidamente cierta rigidez. Es por ello que además recomiendan que en un vaciado de concreto liviano se coloquen la mayor cantidad posible de vibradores.

Trabajabilidad.

Según la norma COVENIN 339-78 (1978), “Es la mayor o menor facilidad que presenta un concreto o mortero para mezclarse, transportarse y colocarse.” (p. 6)

El cono de Abrams de acuerdo a la norma COVENIN 339-78 (1978), “mide las propiedades plásticas de la mezcla, brinda información útil en términos comparativos”.

El método del cono de Abrams presenta limitaciones ya que es útil únicamente para concretos con agregados pétreos, tamaños máximos menores a 5 centímetros y con relativa plasticidad, caracterizada con asentamientos entre unos 2 y 17 centímetros.

Para concretos constituidos con agregados livianos, la norma COVENIN 339-03 (2003), indica que no hay un método de uso general, sino que a veces se emplea un cono modificado de gran altura con lo cual se compensa la diferencia que tiene en el peso estos concretos normales.

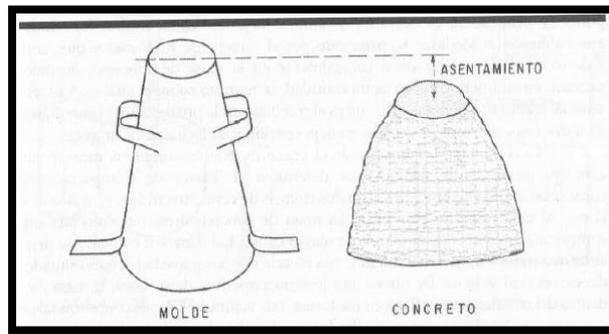


Figura 9. **Cono de Abrams**. Nota. Tomada PORRERO Y OTROS (2003).

Retracción.

Otra de las propiedades que se debe tomar en consideración es la retracción, sobre el cual según PORRERO Y OTROS (2003), es el fenómeno de encogimiento o disminución del volumen que sufre el material con el tiempo, debido a la pérdida parcial del agua en las primeras horas y que puede llegar a producir grietas en el material.

Esta propiedad depende de numerosos factores descritos también por PORRERO y OTROS, (2003) “tales como la geometría de las piezas, las condiciones atmosféricas de velocidad y viento, humedad y temperatura, y la proporción de los componentes de la mezcla”. (p.52).

Esta propiedad puede surgir en dos etapas distintas de la vida del concreto como lo es, en los momentos iniciales del fraguado, debido a la pérdida del agua de la mezcla conocida como retracción de fraguado, y la otra a menor escala cuando el concreto se encuentra en su estado endurecido generalmente al cabo de semanas o de meses conocida como retracción hidráulica.

WEIGLER-KARL (1993), “la retracción de un hormigón tiene por causa los cambios de volumen de la masa de cemento, debido principalmente a variaciones del contenido de agua.” (p.112).

El proceso de retracción de un hormigón ligero depende a lo largo del tiempo en gran medida de la porosidad de los agregados y de la absorción del agua, solo una parte de la humedad absorbida por los granos al fabricar el hormigón se cede de nuevo directamente a la atmósfera durante los procesos de fraguado y secado.

Concreto Endurecido

Resistencia a la compresión.

La resistencia a la compresión y la densidad aparente de acuerdo a WEIGLER-KARL (1993), indica que estos son los dos valores característicos más importantes en el concreto tanto con agregados tradicionales como en el concreto liviano, debiéndose por ello comprobar antes de comenzar una obra.

Puesto que el concreto liviano contiene aproximadamente 70% de volumen de agregados, su densidad depende primordialmente de los granos de los agregados, además del tipo de agregados y al contrario de los concretos tradicionales también debemos tomar en cuenta la composición granulométrica, puesto que las densidades de los granos de distintos tamaños presentan grandes distinciones entre sí.

WEIGLER-KARL (1993), “la sustitución de los agregados ligeros finos por arena natural, más pesada, aumenta también la densidad del concreto” (p.89).

El concreto será más resistente entre más densa sea su masa, el tipo y calidad del cemento empleado influye en la resistencia final y especialmente en el grado de dureza del producto, un alto contenido de agua reduce la resistencia y hace aumentar la retracción. La consolidación y homogenización del fluido se realiza preferiblemente mediante vibrado mecánico, aumentando la densidad y facilidad de distribución.

La resistencia que puede tener una mezcla de concreto de peso normal oscila entre los 210 y los 300 Kg/cm², esta resistencia es medida por medio de una prueba estándar a un cilindro con dimensiones establecidas según la norma COVENIN 338-

03 (2003). La resistencia de un concreto se define como la resistencia promedio de dos o más cilindros los cuales hayan sido tomados de la misma carga y a la misma edad.

Según las Normas COVENIN, la fecha más común para la evaluación de la resistencia final del concreto es a los 28 días de haber sido formado, pero también puede considerarse tiempos menores como de: 1, 3, 7, 14 90 y 360 días.

Relación esfuerzo-deformación.

Como es sabido existe una relación que es directamente proporcional entre la deformación unitaria sufrida por un material (E) y la fuerza aplicada sobre éste (F), a esta relación se le conoce comúnmente como la ley de Hooke. El concreto sin embargo, según PORRERO Y OTROS (2003) indican que al igual que otros materiales, no es linealmente elástico; en cuanto a la representación del comportamiento del concreto en este sentido la gráfica resultante de la interpretación de los datos obtenidos por los ensayos que en este sentido les son aplicados al concreto endurecido, describen más bien una trayectoria curva. Del análisis de estas curvas de esfuerzo deformación se pueden inferir propiedades como su módulo de elasticidad.

Inmediatamente luego del concreto recibir la aplicación de una carga, este reacciona por medio de su deformación elástica, si persiste la aplicación de dicha carga por un tiempo y además esta aumenta, sigue ocurriendo este escurrimiento elástico por un tiempo indefinido.

Según MERRITT F. y OTROS (2005)

Luego de esto avanza con una velocidad decreciente y se acerca a cierto valor que puede ser de una a tres veces el de la deformación elástica inicial. Aun cuando se han registrado mediciones de deformación por fluencia, en lapsos de hasta 10 años, la mayor parte de la fluencia total (un poco más de la mitad) tiene lugar durante los primeros tres meses después de aplicar la carga. Al retirar la carga, tiene lugar una recuperación elástica inmediata, seguida a su

vez por una recuperación plástica de menor grado que la deformación por flujo ocurrida cuando se aplicó la carga por primera vez. (p. 5.18).

Durabilidad.

PORRERO Y OTROS (2003), indican:

La durabilidad del concreto se puede definir como la habilidad del concreto en resistir a la acción del ambiente, al ataque químico y a la abrasión, manteniendo sus propiedades de ingeniería. Los diferentes tipos de concreto necesitan de diferentes durabilidades, dependiendo de la exposición del ambiente y de las propiedades deseables. Los componentes del concreto, la proporción de éstos, la interacción entre los mismos y los métodos de colocación y curado determinan la durabilidad final y la vida útil del concreto. (p.289).

Entre los factores que más influyen la durabilidad es: calidad de los agregados, contenido de sales, condiciones ambientales, resistencia a la compresión, por los cuales se deben tener en cuenta las fallas que afectan la durabilidad de los frisos como lo son: agrietamiento y eflorescencia de frisos.

En el mismo orden de ideas WEIGLER-KARL (1993) comentan que para garantizar la durabilidad del concreto y la protección de las armaduras frente a la corrosión es importante realizar un concreto con una permeabilidad reducida, realizando una mezcla con una relación agua/cemento baja, una compactación idónea, un peso en cemento adecuado y la hidratación suficiente de éste añadiendo agua de curado para completarlo. De esta forma se consigue que haya los menos poros posibles y una red capilar interna poco comunicada y así se reducen los ataques al concreto.

En los casos de existencia de sulfatos en el terreno o de agua de mar se deben emplear cementos especiales. Para prevenir la corrosión de armaduras hay que cuidar el recubrimiento mínimo de las mismas.

Curado.

PORRERO Y OTROS (2003), comentan que el curado es el proceso por el cual se busca mantener saturado el concreto hasta que los espacios de cemento fresco, originalmente llenos de agua sean remplazados por los productos de la hidratación del cemento. El curado pretende controlar el movimiento de temperatura y humedad hacia dentro y hacia afuera del concreto. Busca también, evitar la contracción de fragua hasta que el concreto alcance una resistencia mínima que le permita soportar los esfuerzos inducidos por ésta. La falta de curado del concreto reduce drásticamente su resistencia.

Según la norma COVENIN 338-02 (2002), existen diversos métodos de curado: curado con agua, con materiales sellantes y curado al vapor. El primero puede ser de cuatro tipos: por inmersión, haciendo uso de rociadores, utilizando coberturas húmedas como yute y utilizando tierra, arena o aserrín sobre el concreto recién vaciado.

El curado al vapor tiene la gran ventaja que permite ganar resistencia rápidamente. Se utiliza tanto para estructuras vaciadas en obra como para las prefabricadas, siendo más utilizado en las últimas. El procedimiento consiste en someter al concreto a vapor a presiones normales o superiores, calor, humedad, etc. El concreto curado al vapor, deberá tener una resistencia similar o superior a la de un concreto curado convencionalmente.

WEIGLER-KARL (1993) comentan que el curado de concreto liviano es aun más importante que el concreto convencional, debido a que presenta menor resistencia a la difusión del vapor de agua, esto hace que cuente con un secado más rápido. Se hacen presentes muy rápido las grietas de retracción. También indican que un tratamiento de siete días es suficiente, en general, con temperaturas superiores a + 10°C.

Peso Unitario.

PORRERO Y OTROS (2003) según estudios realizados analizados por ellos, el concreto convencional, tiene un peso unitario dentro del rango de 2,240 y 2,400 kg por metro cúbico (kg/m³). El peso unitario (densidad) del concreto varia, dependiendo de la cantidad y de la densidad relativa del agregado, de la cantidad del aire atrapado o intencionalmente incluido, y de los contenidos de agua y de cemento, mismos que a su vez se ven influenciados por el tamaño máximo del agregado. Para el diseño de estructuras de concreto, comúnmente se supone que la combinación del concreto convencional y de las barras de refuerzo pesa 2400 kg/m³.

También un poco de agua permanece retenida herméticamente en poros y capilares y no se evapora bajo condiciones normales. La cantidad de agua que se evapora al aire a una humedad relativa del 50% es de aproximadamente 2% a 3% del peso del concreto, dependiendo del contenido inicial de agua del concreto, de las características de absorción de los agregados, y del tamaño de la estructura.

Tabla 5.

Comparación del concreto estructural condiciones tradicionales y concreto con agregados livianos.

Propiedad o Característica	Concretos Normales	Concretos Livianos
Peso/unidad de volumen, W (kgf/m ³)		1.840 < W < 1.930 ⁽¹⁾
• Concreto	~2.300	1.550 < W < 1.620 ⁽²⁾
• Agregados gruesos	1.350-1.450	550-900
• Agregados Finos	1.500-1.600	750-1200
Resistencia Especificada Fc (kgf/cm ²) vs W (kgf/m ³)	-	2,04 W- 3.556 ⁽¹⁾ 1,61 W-2.281 ⁽²⁾
Modulo de elasticidad Ec (kgf/cm ²)		
• General	0,137 W ^{1.5} √Fc	0,137 W ^{1.5} √Fc
• Para W = 2.300 kgf/m ³	15.100 √Fc	
Resistencia a la tracción (kgf/cm ²)		
• Por flexión: Ft	0,74 Fc ^{0.7}	
• Por tracción indirecta: Fct	0,46 Fc ^{0.7}	0,10 a 0,12 ⁽³⁾

⁽¹⁾ Agregado grueso liviano y arena natura.

⁽²⁾ Agregado grueso y fino, liviano.

⁽³⁾ Valores solo de orientación; elevada variabilidad.

Nota. Tomada de PORRERO y otros, Manual concreto Estructural. (2003)

Aplicación de los principios estadísticos al control de calidad del concreto.

Según la norma Venezolana COVENIN 1976-03 (2003), indica que:

La estadística es la ciencia de tomar decisiones en presencia de la incertidumbre, ya que en la trayectoria de la investigación científica, constantemente existe un enfrentamiento con la incertidumbre, y aunque esta no da solución a todas las situaciones que impliquen inseguridad, se han ido desarrollando nuevos métodos que proporcionan el fundamento para el análisis de estas situaciones con base científica, de una forma lógica y sistemática. (p.9).

De acuerdo a Soto F. y Coli J. (1985), comentan que el concreto es un material de condición netamente heterogénea, de él dependen una cantidad numerosa de variables que lo representan, considerando que estos son poco precisos, es lógico pensar que sería imposible lograr dos mezclas exactas, en donde cabe la posibilidad de que las mezclas cumplan una serie de requisitos y se mantengan en los rangos de variabilidad adecuados.

La Norma COVENIN 1976-03 (2003), indica que, al colocar en un gráfico valores que representan un fenómeno, en muchas ocasiones la distribución muestra valores acampanados; así sucede con los resultados de los ensayos de resistencia del concreto y con otras propiedades de éste y de otros materiales.

Según lo antes expuesto, se suele tomar en estadística como un modelo de distribución normal, cuya representación aparece en la figura que se muestra a continuación:

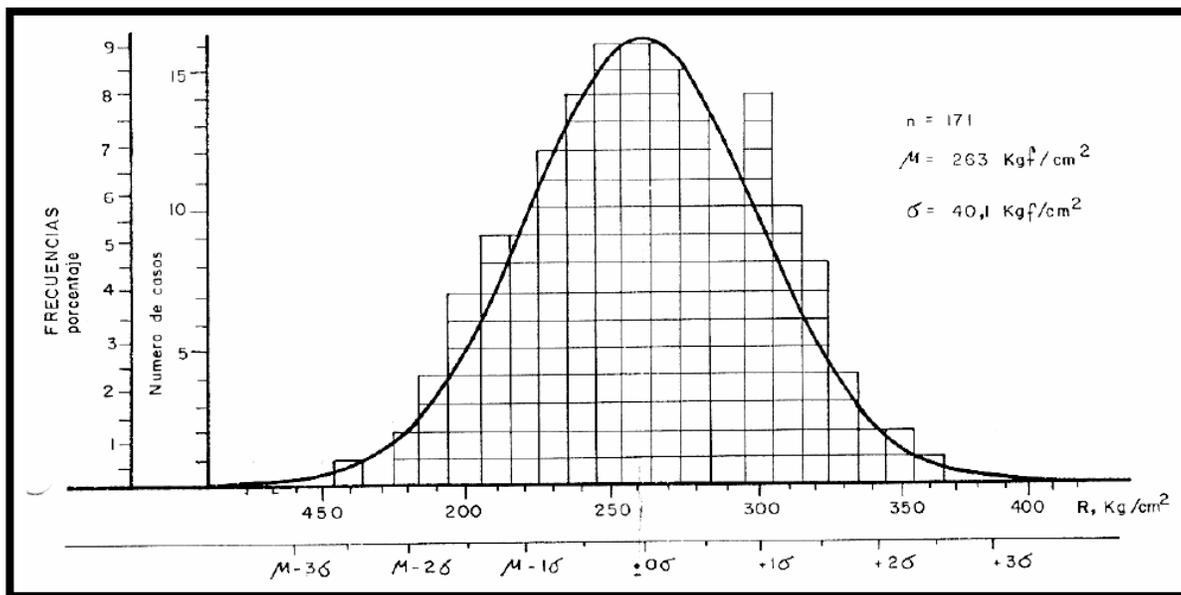


Figura 10. Ejemplo de distribución de las resistencias normativas de un concreto y su ajuste a la distribución normal. Nota. Tomado de la Norma COVENIN 1976-03 (2003).

Según la norma Venezolana COVENIN 1976-03 (2003), indica que:

Si de una mezcla de concreto se hacen suficientes números de pruebas, se podrá con ellas detectar para esa mezcla, la dispersión propia del ensayo. Por ende para que se alcancen niveles de confiabilidad aceptables debe ser obtenida con no menos de treinta (30) resultados de pruebas procedentes de no menos de diez (10) mezclas diferentes. (p.16).

Según la norma COVENIN 1976-03 (2003), donde comentan acerca de los aspectos de control del concreto, indican que:

Las probetas por ensayo entre las diferentes mezclas para un mismo tipo de concreto se le deben hacer como mínimo dos (2) pruebas idénticas, las cuales a estos efectos, constituirán en su conjunto un ensayo cuyo resultado vendrá dado por el valor promedio de las dos (2) o más pruebas efectuadas. Así cada ensayo a compresión se hará con dos (2) o más probetas normativas tomadas de la misma muestra y ensayadas a la misma edad siendo el valor del ensayo la media aritmética de los resultados de esas dos (2) o más pruebas. La razón de utilizar para cada ensayo, dos o más probetas en vez de una, es la de minimizar el efecto que la dispersión del ensayo que se pueda tener sobre la dispersión entre mezclas. (p.16).

Definición de términos

Agregados: Son los constituidos por partículas inertes, naturales o artificiales, apropiadas para la elaboración de morteros y concretas. (COVENIN 273:1998).

Agregado liviano: Agregado con un peso seco suelto de 1100 Kg/m³, o menor (COVENIN 1753:1987).

Aliven: agregado liviano a base de arcilla liviana expandida en forma de pequeñas esferas o pellas livianas. (Manual de Aplicaciones Generales ALIVEN®).

Asentamiento: Medida de la consistencia del concreto fresco, evaluada mediante el ensayo con el Cono de Abrams. (Manual del Concreto Estructural).

Cemento Portland: Es el producto obtenido por la pulverización de Clinker Portland, en cual consiste esencialmente de silicatos de calcio hidráulico con la adición de agua y sulfato de calcio. (COVENIN 28-93).

Concreto Armado: Concreto que contiene el refuerzo metálico adecuado, diseñado bajo la hipótesis que los dos componentes actuarán conjuntamente para resistir las solicitaciones a las cuales está sometido. (COVENIN 2004:1998).

Concreto Estructural: Concreto armado que cumple con los requisitos de calidad del Capítulo 4 de las Normas COVENIN-MINDUR 1753 "Estructuras de Concreto Armado para Edificaciones. Análisis y Diseño". (COVENIN 2004:1998).

Concreto Estructural Liviano: Concreto que contiene agregado liviano cuyo peso unitario secado al aire determinado según lo especificado en la Norma COVENIN 1975 "Método de Ensayo para determinar el Peso Unitario de Concreto Estructural liviano", no exceda de 1800 kgf/m³. En las Normas de Concreto, un concreto liviano sin arena natural se denomina "concreto totalmente liviano" y un concreto liviano cuyos agregados finos sean arenas de peso normal se denomina "concreto liviano con arena". (COVENIN 2004:1998).

Concreto Fresco: Es el estado previo al comienzo del fraguado. (COVENIN 221:2001).

Curado: Es el proceso que consiste en controlar las condiciones ambientales del fraguado y/o endurecimiento del concreto. (COVENIN 221:2001).

Densidad: Magnitud que expresa la relación entre la masa y el volumen de un cuerpo. Su unidad en el Sistema Internacional es el kilogramo por metro cúbico (kg/m³). (DRAE).

Ensayar: Probar, reconocer algo antes de usarlo. (DRAE).

Estructura: Conjunto de miembros y elementos cuya función es resistir y transmitir las acciones al suelo a través de las fundaciones. (COVENIN 2002:1988).

Finos: Agregados que pasan en su totalidad el tamiz de 3/8" \leq de abertura. (Manual del Concreto Estructural).

Fraguado: Es fundamentalmente un proceso de hidratación de los distintos componentes de un aglomerante hidráulico por el cual éste adquiere una mayor consistencia puesta en evidencia por ensayos tipificados. (COVENIN 221:2001).

Granulometría: Es la técnica que tiene por objeto la medida y determinación de la forma y tamaño de un agregado. (COVENIN 221:2001).

Pellas: Masa que se une y aprieta, regularmente en forma redonda. (DRAE)

Permutas: Indica la variación de la disposición de algún orden u elemento. (DRAE)

Pétreo: De piedra, roca o peñasco. (DRAE).

Porosidad: Es el cociente entre el volumen de los poros y el volumen aparente del cuerpo. (COVENIN 221:2001).

Retracción: Disminución de volumen que sufre el concreto con el tiempo, debido principalmente a la pérdida de agua. (Manual del Concreto Estructural).

Marco Normativo Legal

Para el desarrollo y evaluaciones de mezclas de concreto, e incluso cuando este se encuentre formado por agregados livianos, existe un conjunto de normas venezolanas que sirven de guía al ingeniero en la ejecución de su labor, entre las cuales se nombran:

- COVENIN 1976:2003. Concreto. Evaluación y Métodos de Ensayo.
Artículo 7.5.1. p.15. La razón de utilizar para cada ensayo, dos o más probetas en vez de una, es la de minimizar el efecto que la dispersión del ensayo puede tener sobre la dispersión entre mezclas. Además del procedimiento tiene la ventaja de que se pueden obtener a la vez estimados de ambos tipos de dispersión. Así, si se utilizan dos probetas por ensayo, que es lo más habitual, cuando se tengan los resultados de 15 ensayos (30 probetas), se cumplirán los requisitos indicados en el punto 7.4.1 para conocer la desviación estándar del ensayo con un grado de confiabilidad aceptable.
- COVENIN 338:2002. Concreto. Método para la Elaboración, Curado y Ensayo a Compresión de cilindros de Concreto.
Artículo 5.3.1.3 p.4 Los cilindros se deben ensayar a la edad prevista, con una tolerancia de $+ t/14$.

Sistema de Hipótesis y Variables

Hipótesis de Trabajo: La mezcla de concreto proporcionada por la empresa Agregados Livianos C.A. cumple con la resistencia a los 28 días para la cual fue diseñada.

Hipótesis Nula: La mezcla de concreto proporcionada por la empresa Agregados Livianos C.A. no cumple con la resistencia a los 28 días para la cual fue diseñada.

Variable independiente: Variación de la cantidad de Agregados livianos ALIVEN® como sustitutos de los agregados tradicionales.

Variable dependiente: características del concreto a ensayar compuesto por agregados livianos ALIVEN®.

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

Según Gómez, Arnoldo (2010), el Marco Metodológico se define como el conjunto de acciones en donde se describe la estrategia planteada o plan general, esto a través de procedimientos específicos que incluyen las técnicas de observación y recolección de datos.

En este capítulo se presenta la metodología que se desarrollará en el presente Trabajo Especial de Grado. Se muestran aspectos como el tipo de investigación, las técnicas y procedimientos que fueron utilizados para llevar a cabo dicha investigación.

En el caso de la investigación planteada se tiene como objeto obtener las características de un concreto con sustitución de los Agregados tradicionales, por ALIVEN® FINO y ALIVEN® MOLIDO.

El trabajo que se está desarrollando se ve orientado a las actividades requeridas para responder las preguntas de la investigación, el diseño de la investigación se refiere al grado de profundidad con que se aborda el objeto. En este trabajo especial de grado, de acuerdo a los objetivos planteados, el diseño es no experimental, ya que se observarán los hechos tal como se observa en la realidad, en un lapso de tiempo determinado, donde se evidenciarán los resultados luego de realizar los ensayos en un período de tiempo estipulado como lo es a los siete (7) días y a los veintiocho (28) días; a su vez el tipo es de campo; este consiste en la

recolección de datos directamente de la realidad que en este caso será en el laboratorio de materiales de la Universidad de Carabobo de la Facultad de Ingeniería Civil que es donde se realizarán los ensayos.

El Nivel de Investigación de campo para este caso será de tipo exploratorio y descriptivo, exploratorio ya que se efectúa sobre un tema u objeto poco conocido o estudiado y se buscará explorar de acuerdo al tema teniendo así una visión aproximada de lo que se quiere obtener y descriptiva ya que se quiere llegar luego de realizar los ensayos y observar el comportamiento caracterizando el resultado en este caso de los diseños de ese nuevo concreto mediante la descripción.

La modalidad de la tesis de grado es de proyecto especial, ya que si el concreto con la sustitución de los Agregados tradicionales por ALIVEN® funciona adecuadamente puede ser una propuesta viable, la cual resolverá la necesidad de utilizar no solo los agregados convencionales para la construcción sino abriéndole la posibilidad de utilizar otros agregados que funcionen siendo más ligeros y económicos. Será un valor innovador y aporte significativo a la construcción.

Población y Muestra

Una vez que se tuvo definida cual es la unidad de análisis, se procedió a delimitar la población y muestra sobre la cual se enfocan los resultados.

Rivas F. (1996) define que "Población son todas las unidades de investigación que seleccionamos de acuerdo con la naturaleza de un problema, para generalizar hasta ella los datos recolectados."

La población en estudio está constituida por el concreto que se realice con ALIVEN® FINO y ALIVEN MOLIDO como agregados.

La muestra se define como el subconjunto de la población para este caso, se estará constituido por las mezclas de concreto de acuerdo a las permutas establecidas, en este caso son cinco (5) mezclas distintas, de las cuales de acuerdo a las limitaciones se repetirán cuatro (4) veces, de las cuales cada muestra estará formada por cuatro (4) cilindros de concreto de treinta centímetros de altura, quince centímetros de diámetro, que serán ensayados a los siete (7) días y a los veintiocho (28) días.

Descripción de la Metodología

Se explicará de forma sistemática y secuencial como se van a lograr los objetivos planteados.

Fase I

Recopilación de Información bibliográfica: es la fase exploratoria, en donde se tiene como actividades investigar antecedentes que sirvan de guía para la realización y búsqueda de fundamentos teóricos para la investigación, tales como Trabajos de grado, investigaciones, libros de texto, páginas web, así como fichas técnicas y catálogos de los fabricantes.

Fase II

Selección de los tipos de mezclas a utilizar: En esta fase se obtendrá de manera estadística la cantidad de mezclas que se deben elaborar, a fin de lograr el objetivo principal de la investigación, tomando en cuenta las variaciones en las proporciones de ALIVEN® FINO Y ALIVEN® MOLIDO.

Fase III

Diseño de Mezclas: Corresponde a la etapa de definición de cantidades componentes de las mezclas a ser estudiadas, basándose en la proporción originalmente establecida por el fabricante.

Fase IV

Elaboración de probetas de ensayo: Una vez determinadas las cantidades de mezclas, se procede a elaborar las probetas cilíndricas normativas, con las proporciones establecidas en la fase anterior y para poder realizar los ensayos correspondientes a las edades normativas.

Fase V

Elaboración de ensayos: En esta fase se llevan a cabo los ensayos normativos requeridos para poder caracterizar la mezcla en estudio, llevándose a cabo a edades de 7 y 28 días

Fase VI

Realización de una matriz de comparación donde se destacarán las ventajas y desventajas de cada uno de los concretos a estudiar.

Tipo de Muestreo

El tipo de muestreo dentro de la investigación en este caso es de tipo probabilístico y se define como el proceso en donde se conoce la probabilidad que tiene cada elemento de integrar la muestra. Este a su vez se clasifica en: Aleatorio Sistemático.

Técnicas de Recolección de Datos

Arias (1997), "define las técnicas de recolección de datos como, las distintas formas o maneras de obtener la información".

La técnica de recolección de datos en la tesis de grado planteada es la observación de laboratorio, ya que es el recurso principal en los estudios descriptivos. Así mismo la observación de diferentes fuentes bibliográficas que sustenten la investigación, tales como normas y manuales

Análisis de Resultados

En este punto se describen las distintas operaciones a las que serán sometidos los datos que se obtengan: clasificación, registro, tabulación y codificación si fuere el caso.

En el análisis de resultados se considera que es de tipo cuantitativo ya que se necesitará de procedimientos estadísticos para llegar a los resultados y realizar las conclusiones pertinentes.

CAPITULO IV

RESULTADOS DE LA INVESTIGACION

Gómez. A (2012), indica que el análisis de resultados es el último aspecto de la investigación, el cual es de capital importancia, para la generación de nuevos conocimientos.

Dicho esto, de acuerdo a la metodología planteada y los objetivos que se describieron al principio de la investigación, se llevaron a cabo cada uno de ellos para lograr obtener los resultados que se presentan a continuación.

Especificación de las permutas de la mezcla patrón proporcionada por la empresa Agregados Livianos C.A. que se realizaran para cada uno de los agregados (ALIVEN® FINO Y ALIVEN® MOLIDO), estableciendo las mezclas experimentales a ensayar.

A partir de las variables que se presentan en el diseño de mezcla, es decir las proporciones de ALIVEN® FINO y ALIVEN® MOLIDO, se realizaran las permutas de la mezcla patrón. Para ello, a partir de la mezcla fijada por el fabricante la cual se denomino mezcla patrón, diseñada para una $R_{cc} 28 \text{ días} = 180 \text{ Kg/cm}^2$ se variaron en proporciones de 50 litros por encima y por debajo de la cantidad requerida en la mezcla patrón para cada agregado, recordando que solo se llevara

acabo en la presente investigación las mezclas donde se varió el ALIVEN FINO; esto con la finalidad de determinar cual de las variable puede generar un comportamiento no deseado de la mezcla de concreto al momento de evaluar la resistencia cilíndrica. A continuación se mostrara el diseño de mezcla proporcionado:

Tabla 6.

Diseño de mezcla Patrón proporcionado por la empresa.

Insumos para 1 m ³ de mezcla	Cantidad	Unidad	Peso unitario suelto	Densidad del Concreto	Volúmenes Absolutos
CEMENTO	10	SACOS	1600	425	0.13
ALIVEN MOLIDO	0.7	m ³	900	630	0.39
ALIVEN FINO	0.5	m ³	450	225	0.25
AGUA	0.26	m ³	1000	260	0.26
			Kg/m³	1480	1.03

Nota. Tomado de Agregados Livianos C.A.

Se puede observar que para 1 m³ de concreto se necesitan 0.70 m³ de ALIVEN® MOLIDO y 0.50 m³ de ALIVEN® FINO y será a partir de estas cantidades que se aumentara y disminuirá dos veces para cada caso, y para cada variable en 0.05 m³. Para el caso en donde solo se varia el ALIVEN® FINO se le denominara permuta #1 y para el caso en donde se varia solo el ALIVEN® MOLIDO se llamara permuta #2. Cabe destacar que solo se trabajaran con las mezclas de la permuta #1 y la mezcla patrón las cuales se detallan en el siguiente punto.

Cabe mencionar que para realizar mezclas de concreto por más que se trabaje con las mismas dosificaciones, los métodos de transporte, colocación y curado, además que en algunas ocasiones determinar las propiedades del concreto se hacen poco precisas, se puede decir que nunca las mezclas serán exactamente iguales entre sí, llegando a tocar el termino de que las mezclas presentan variabilidad.

Por ende, al presentar variabilidad en las mezclas se debe tener en cuenta conceptos estadísticos para determinar el número de mezclas y de cilindros para llegar a un nivel de confiabilidad adecuado.

A continuación se muestran las permutas experimentales que se llevaran a cabo:

Tabla 7.

Diseño de mezclas 1.1 (Variación 50 litros por encima de la mezcla patrón)

Insumos para 1m³ de Mezcla	Cantidad	Unidad
CEMENTO	10	SACOS
ALIVEN MOLIDO	0.7	m ³
ALIVEN FINO	0.55	m ³
AGUA	0.26	m ³

Nota: Fuente Propia.

Tabla 8.

Diseño de mezclas 1.2 (Variación 100 litros por encima de la mezcla patrón)

Insumos para 1m³ de Mezcla	Cantidad	Unidad
CEMENTO	10	SACOS
ALIVEN MOLIDO	0.7	m ³
ALIVEN FINO	0.60	m ³
AGUA	0.26	m ³

Nota: Fuente Propia.

Tabla 9.

Diseño de mezclas 1.3 (Variación 50 litros por debajo de la mezcla patrón)

Insumos para 1m³ de Mezcla	Cantidad	Unidad
CEMENTO	10	SACOS
ALIVEN MOLIDO	0.7	m ³
ALIVEN FINO	0.45	m ³
AGUA	0.26	m ³

Nota: Fuente Propia.

Tabla 10.

Diseño de mezclas 1.4 (Variación 100 litros por debajo de la mezcla patrón)

Insumos para 1m³ de Mezcla	Cantidad	Unidad
CEMENTO	10	SACOS
ALIVEN MOLIDO	0.7	m ³
ALIVEN FINO	0.40	m ³
AGUA	0.26	m ³

Nota: Fuente Propia.

Luego de tener presente las permutas experimentales, se puede afirmar que de acuerdo a los conceptos estadísticos el número de mezclas a analizar es de cinco (5), contando con una (1) mezcla patrón y cuatro (4) experimentales, repitiendo cada mezcla cuatro (4) veces, cabe destacar que se trabajará con dos (2) edades como se ha dicho anteriormente de siete (7) días y veintiocho (28) días, cada una de ellas constará de dos cilindros (2) respectivamente, obteniendo un total por mezcla de cuatro (4) cilindros; esto último afianzado por la norma venezolana COVENIN 1976-2003.

Ejecutar las mezclas establecidas, midiendo las características más relevantes.

Para que los resultados de las pruebas realizadas de las mezclas puedan ser considerados como confiables, es importante que la preparación, la compactación y el curado de los cilindros se lleven a cabo de manera adecuada, y que además cumplan con todos los requerimientos normativos referidos en las normativas correspondientes; así como también la manera en la que se realiza el mezclado son de suma importancia en las características que pueda tener la mezcla tanto en estado fresco, como en su estado endurecido.

Las herramientas y equipos que se utilizaron para la realización de las mezclas son los siguientes:

- Cuchara de Albañil
- Palas
- Mezcladora de concreto cerrada (trompo)
- Carretilla
- Lamina de hierro
- Molde metálico de forma tronco cónica (cono de Abrams)
- Barra compactadora de acero de 5/8" de diámetro, lisa y con punta redondeada (punta de bala)
- Moldes cilíndricos de 30 cms de altura por 15 cms de diámetro
- Molde cilíndrico para peso unitario del concreto
- Balanza de gramo de apreciación
- Metro
- Termómetro
- Bolsas de escombros
- Tirrapas
- Aceite para motos dos tiempos
- Brocha

En primera instancia se debía preparar debidamente todos los equipos para que justo después de la ejecución de la mezcla se realizaran los ensayos necesarios (trabajabilidad y peso unitario), para luego hacer las probetas cilíndricas. Para ello el primer paso a cumplir fue la calibración del tobo de peso unitario para conocer con exactitud el volumen del mismo y poder determinar el peso específico de las mezclas en estado fresco. Esta calibración se realizó obteniendo el peso del molde cilíndrico vacío, luego se llena de agua a toda su capacidad y se obtiene el peso de este nuevamente, se mide la temperatura del agua para determinar el peso específico del agua según la temperatura y con esto el volumen del recipiente.

También en la preparación de los equipos y herramientas, estos debían ser previamente humedecidos para que no afectaran el desempeño del mezclado, mas aun

la mezcladora de concreto, la cual si no se humedece momentos antes de realizar la mezcla, parte del agua de amasado será absorbida por las paredes y afectando la trabajabilidad del concreto.

Cabe destacar que para la optimización del tiempo de realización de las mezclas, previamente a los días en los que se realizaría el vaciado de las mezclas, se procedió a pesar y embolsar todos los materiales que serian utilizados en las mezclas, según las cantidades de cada mezcla previamente mostradas, y debidamente selladas para protegerlos de la humedad.

Una vez hecho esto para cada día de vaciado, se preparaban los moldes cilíndricos, limpiando de forma rigurosa toda la superficie que estará en contacto con la mezcla de concreto y aceitándola para que el cilindro pueda ser desencofrado con mucha mas facilidad; esto se realizaría antes de elaborar la mezcla de concreto ya que para el momento de que sea mezclado el concreto debe ser inmediatamente vaciado en los cilindros para que comience su proceso de fraguado en los moldes.



Figura 11. **Preparación de las Probetas.** *Nota.* Fuente: Propia

Otro punto importante antes de la realización de las mezclas cuando se trabaja con ALIVEN® FINO, es la debida saturación de las pellas antes de ser utilizadas en

las mezclas, es decir, este material como se menciona anteriormente en el trabajo para que trabaje correctamente en la mezcla, se debe dejar sumergido en agua un tiempo mínimo, para que este logre la condición ideal de trabajo, que es saturado con superficie seca. Para lograr dicha saturación, en las bolsas de escombros donde se colocaba la cantidad exacta de ALIVEN® FINO que era necesaria para la mezcla, se llenaba de agua y se sellaba dejando las pellas del material sumergidas por el tiempo recomendado mínimo de 15 min.

Como se mencionó en los fundamentos teóricos de la investigación, la empresa Agregados Livianos, C.A. recomendó un procedimiento de mezclado que es comúnmente conocido para trabajar mezclas de concreto, el cual aunque hable del agregado grueso y el agregado fino se llevó a cabo de la misma forma para los sustitutos de cada uno de ellos. Primero era colocado el ALIVEN® FINO con 2/3 del agua, se encendía la mezcladora, y se procedía a introducir el ALIVEN® MOLIDO, luego el cemento junto con el resto del agua. Luego de que todos los materiales necesarios se encontraban en la mezcladora se dejó encendida por un tiempo mínimo de 3 minutos, luego se dejaba reposando 2 minutos y luego se mezclaba por 1 o 2 minutos mas.



Figura 12. Preparación de la Mezcla Patrón. *Nota.* Fuente: Propia

Para medir el asentamiento de la mezcla, se vaciaba toda la mezcla en la carretilla, se colocaba la lámina de hierro en el suelo y se seguía el procedimiento estipulado que se tiene para medir la trabajabilidad. Este procedimiento se tornaba a

veces engorroso y presentaba mucha variabilidad entre las mismas mezclas ya que se esta trabajó con concreto liviano.

Instantes después de medir la trabajabilidad se procedía a llenar el molde de peso unitario, siguiendo paso por paso el procedimiento establecido para que los resultados de este ensayo fueran lo mas exactos posibles. Cabe destacar que aunque se sabia que la mezcla utilizada para medir el peso unitario no debía ser utilizada en la conformación de los cilindros, en ocasiones se hacia necesario debido a que las perdidas eran mayores de lo planeado.

Realizar los ensayos normativos para cada una de las mezclas.

Luego de realizar todos los pasos anteriores de preparación de las probetas, mezclado del concreto, fraguado, curado, se procede a realizar los ensayos correspondientes, a continuación se explica como se realizó ese procedimiento:

Por recomendación del fabricante las probetas cilíndricas se retiraran del agua cuarenta y ocho (48) horas antes de ser ensayados.

Siguiente a eso, se procede a la determinación del diámetro superior y el diámetro inferior del cilindro, cada uno de ellos se obtendrá por el promedio de dos (2) diámetros ortogonales y el diámetro total del cilindro será el promedio del diámetro tanto superior con del inferior.

Luego se mide la altura de la probeta y su peso; al tener esos valores se calcula cada una de las áreas del cilindro a ensayar por la fórmula $\frac{\pi D^2}{4}$.

Una vez obtenido todos los valores especificados anteriormente se procede a preparar la máquina universal de compresión propiedad del laboratorio de materiales y ensayos de la Universidad de Carabobo Facultad de Ingeniería, la cual se encuentra conectada a una computadora que posee un software especial para procesar la

información que se vaya obteniendo. Esta solo se maneja mediante unos controles que regulan la velocidad de la carga para que este se encuentre dentro de la velocidad normativa.

Dicho software especial denominado SAEC-338, va mostrando en el monitor la resistencia a compresión que va desarrollando el cilindro al aplicar la carga, hasta conseguir la resistencia a la rotura. De acuerdo a la edad a la que se esta ensayando si es a los siete días (7) deberá alcanzar una resistencia de 70% y a los veintiocho (28) días se estaría hablando de un 100% de la resistencia estipulada. En la figura 16 se puede observar la colocación del cilindro en la prensa.



Figura 13. Ensayo de la Probeta. *Nota.* Fuente: Propia.



Figura 14. Monitor de resultados de la maquina para ensayo a compresión. Nota. Fuente: Propia

Comparar las características de las mezclas experimentales ejecutadas con las características de la mezcla patrón realizada.

Los ensayos previamente establecidos para cada una de las mezclas, se realizaron de manera tal que la variabilidad de los resultados no se presentara por un control inadecuado al momento de la realización de los mismos. Se mostrarán los resultados obtenidos para cada mezcla, tanto de la mezcla patrón como de las mezclas experimentales, mostrando la resistencia a compresión, trabajabilidad y peso del concreto fresco.

A continuación se muestran los resultados de las mezclas luego de ser ensayados.

Tabla 11.*Resultados de los ensayos a Compresión Mezcla Patrón:*

Mezcla	1	2	3	4
Fecha de realización de la mezcla	<i>23-08-2012</i>	<i>31-08-2012</i>	<i>11-09-2012</i>	<i>11-09-2012</i>
\bar{R}	<i>181.19</i>	<i>175.00</i>	<i>185.20</i>	<i>111.90</i>
Trabajabilidad	<i>1''</i>	<i>1.75''</i>	<i>1.75''</i>	<i>2''</i>
Densidad Concreto Fresco (kg/m³)	<i>1643</i>	<i>1539.78</i>	<i>1583.45</i>	<i>1610.25</i>
Densidad Concreto Seco (kg/m³)	<i>1660</i>	<i>1550</i>	<i>1523</i>	<i>1507</i>

*Nota. Fuente Propia***Tabla 12.***Resultados de los ensayos a Compresión Mezcla 1.1:*

Mezcla	1	2	3	4
Fecha de realización de la mezcla	<i>31-08-2012</i>	<i>05-09-2012</i>	<i>05-09-2012</i>	<i>11-09-2012</i>
\bar{R}	<i>139.30</i>	<i>127.26</i>	<i>136.70</i>	<i>149.70</i>
Trabajabilidad	<i>2.5''</i>	<i>0.5''</i>	<i>1.75''</i>	<i>1.75''</i>
Densidad Concreto Fresco (kg/m³)	<i>1497.48</i>	<i>1471.31</i>	<i>1483.45</i>	<i>1491.32</i>
Densidad Concreto Seco (kg/m³)	<i>1478</i>	<i>1463</i>	<i>1493</i>	<i>1545</i>

Nota. Fuente Propia

Tabla 13.*Resultados de los ensayos a Compresión Mezcla 1.2:*

Mezcla	1	2	3	4
Fecha de realización de la mezcla	<i>31-08-2012</i>	<i>05-09-2012</i>	<i>05-09-2012</i>	<i>12-09-2012</i>
\bar{R}	<i>120.23</i>	<i>122.79</i>	<i>124.95</i>	<i>96.65</i>
Trabajabilidad	<i>1''</i>	<i>1''</i>	<i>0.75''</i>	<i>1.5''</i>
Densidad Concreto Fresco (kg/m³)	<i>1421.63</i>	<i>1465.03</i>	<i>1453.28</i>	<i>1440.81</i>
Densidad Concreto Seco (kg/m³)	<i>1431</i>	<i>1456</i>	<i>1474</i>	<i>1489</i>

*Nota. Fuente Propia***Tabla 14.***Resultados de los ensayos a Compresión Mezcla 1.3:*

Mezcla	1	2	3	4
Fecha de realización de la mezcla	<i>31-08-2012</i>	<i>06-09-2012</i>	<i>06-09-2012</i>	<i>12-09-2012</i>
\bar{R}	<i>154.50</i>	<i>150.55</i>	<i>146.66</i>	<i>90.30</i>
Trabajabilidad	<i>1''</i>	<i>3''</i>	<i>2''</i>	<i>2''</i>
Densidad Concreto Fresco (kg/m³)	<i>1594.35</i>	<i>1562.39</i>	<i>1565.78</i>	<i>1531.12</i>
Densidad Concreto Seco (kg/m³)	<i>1502</i>	<i>1510</i>	<i>1506</i>	<i>1438</i>

Nota. Fuente Propia

Tabla 15.*Resultados de los ensayos a Compresión Mezcla 1.4:*

Mezcla	1	2	3	4
Fecha de realización de la mezcla	<i>31-08-2012</i>	<i>06-09-2012</i>	<i>06-09-2012</i>	<i>12-09-2012</i>
\bar{R}	<i>135.45</i>	<i>170.19</i>	<i>153.75</i>	<i>154.00</i>
Trabajabilidad	<i>2"</i>	<i>2"</i>	<i>2"</i>	<i>2"</i>
Densidad Concreto Fresco (kg/m³)	<i>1530.88</i>	<i>1604.27</i>	<i>1555.34</i>	<i>1564.61</i>
Densidad Concreto Seco (kg/m³)	<i>1490</i>	<i>1568</i>	<i>1510</i>	<i>1538</i>

Nota. Fuente Propia

Luego de haber observado de manera detallada cada uno de las tablas en donde se presentaron los resultados de las pruebas realizadas, se puede establecer una comparación entre cada una de las mezclas experimentales, con la mezcla patrón demostrándolo en un cuadro comparativo donde se coloquen las medias de cada mezcla obtenida. Cabe destacar que en algunas de las mezclas se observaron valores muy alejados de la media, los cuales fueron etiquetados como fracción defectuosa de cada mezcla y no fueron tomados en cuenta al momento de conocer los parámetros estadísticos de cada una de las pruebas realizadas.

Tabla 16.

Cuadro comparativo de las mezclas experimentales con la mezcla patrón

Mezcla	Patrón	1.1	1.2	1.3	1.4
\bar{R}	180.46	138.24	122.66	150.57	153.3475
Trabajabilidad	1.50''	1.625''	0.92''	2.00''	2.00''
Densidad Concreto Fresco (kg/m ³)	1588.74	1485.89	1446.65	1512.71	1567.9975
Densidad Concreto Seco (kg/m ³)	1577.67	1494.75	1453.67	1506.00	1526.50

Nota. Fuente propia.

Luego de observar la comparación realizada en las tablas anteriormente mostradas, se representara gráficamente para cada ensayo realizado. Para las graficas de resistencias cilíndricas de cada mezcla, primero se mostraran todos los puntos por separado (Figuras 18, 19, 20, 21 y 22). También se muestra gráficamente como varia la resistencia según el contenido de ALIVEN® FINO (Figura 23).

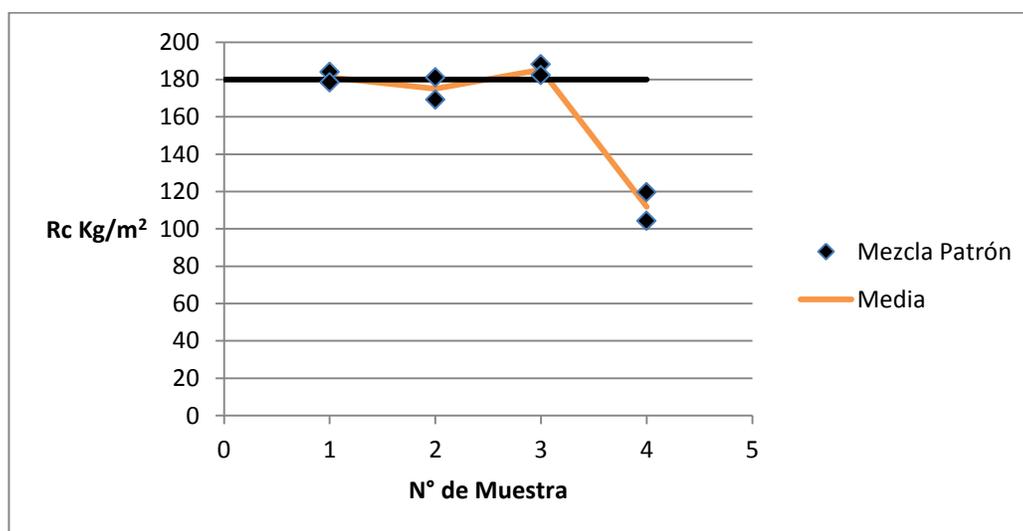


Figura 15. Representación gráfica de los valores obtenidos para la mezcla patrón del ensayo de los cilindros a compresión. *Nota.* Datos obtenidos de la investigación.

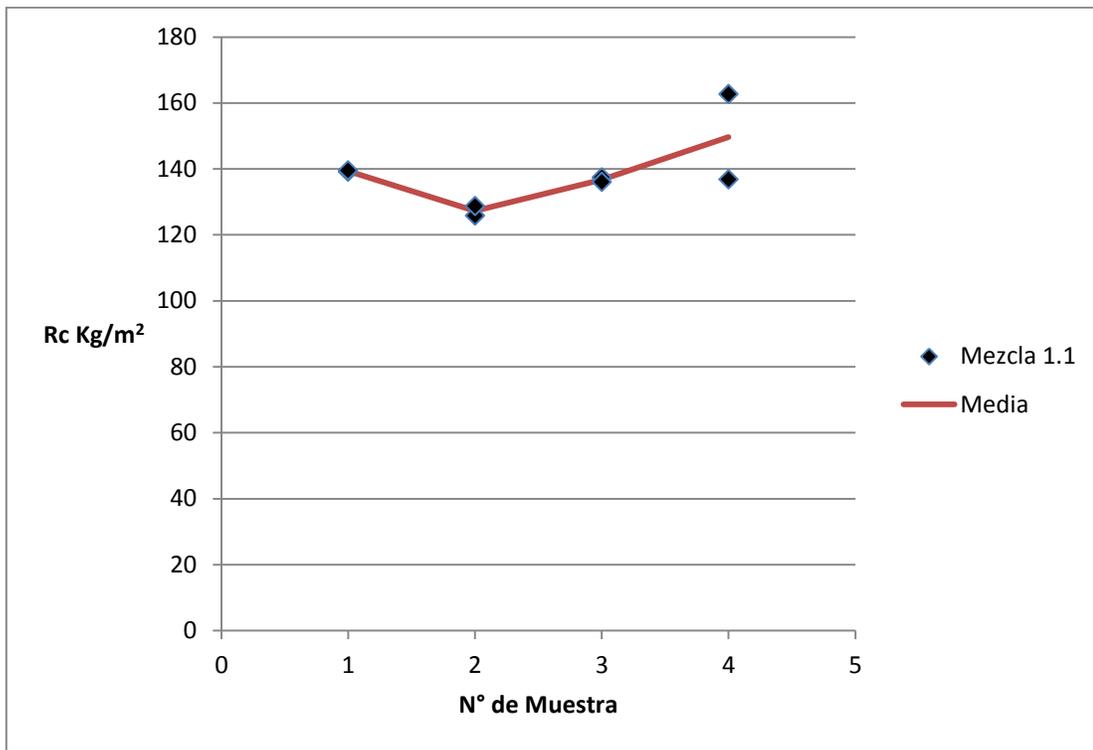


Figura 16. Representación gráfica de los valores obtenidos para la mezcla 1.1 del ensayo de los cilindros a compresión. Nota. Datos obtenidos de la investigación.

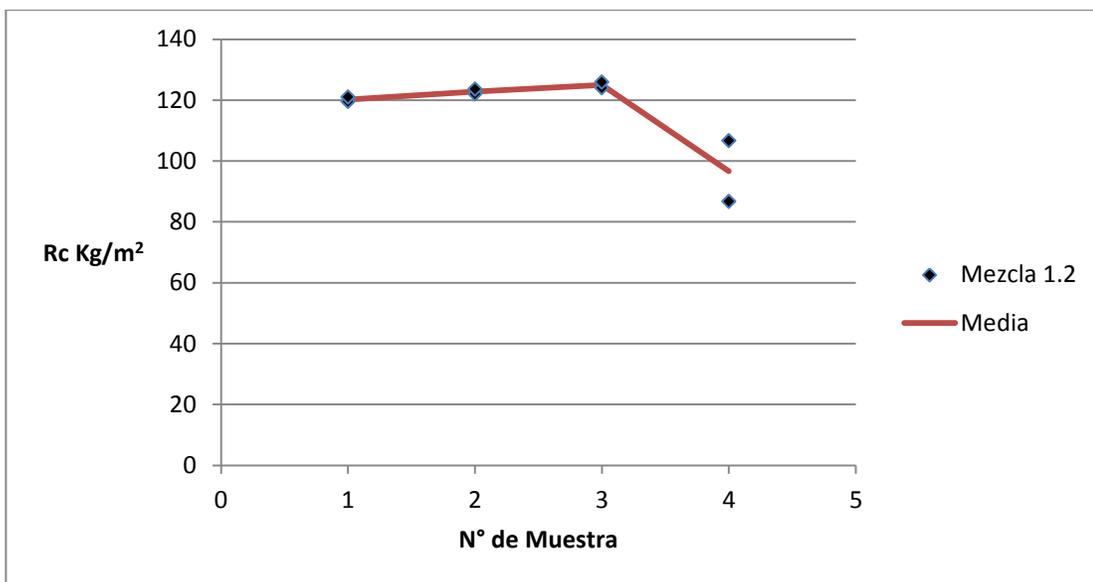


Figura 17. Representación gráfica de los valores obtenidos para la mezcla 1.2 del ensayo de los cilindros a compresión. Nota. Datos obtenidos de la investigación.

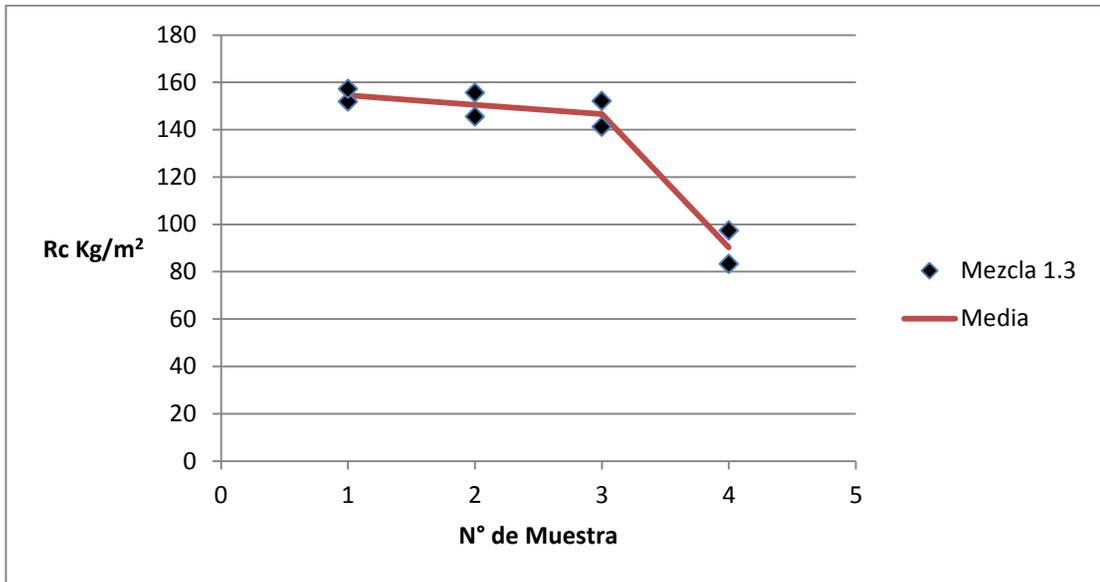


Figura 18. Representación gráfica de los valores obtenidos para la mezcla 1.3 del ensayo de los cilindros a compresión. *Nota.* Datos obtenidos de la investigación.

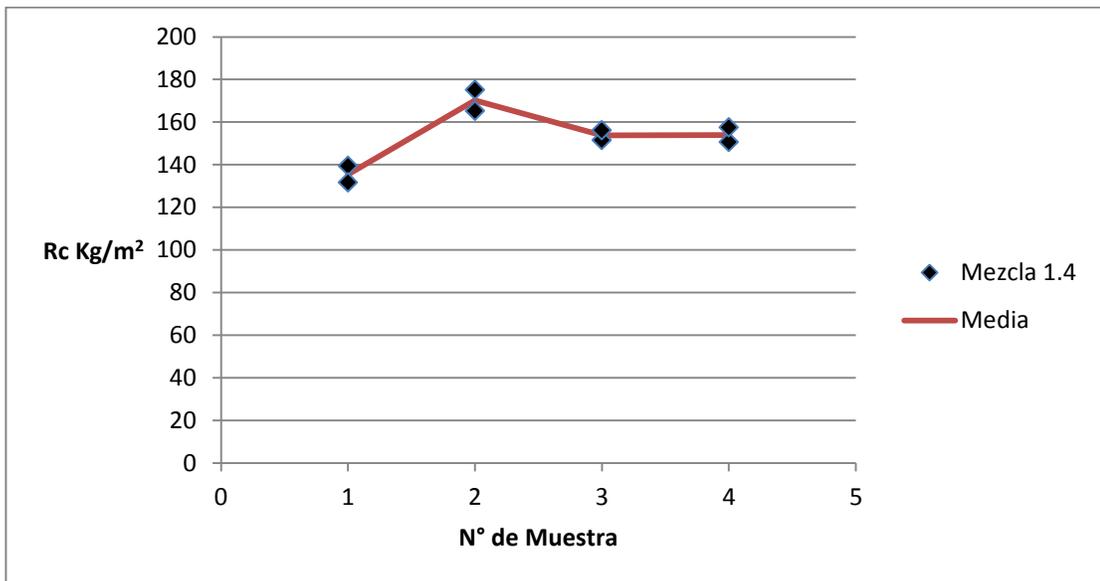


Figura 19. Representación gráfica de los valores obtenidos para la mezcla 1.4 del ensayo de los cilindros a compresión. *Nota.* Datos obtenidos de la investigación.

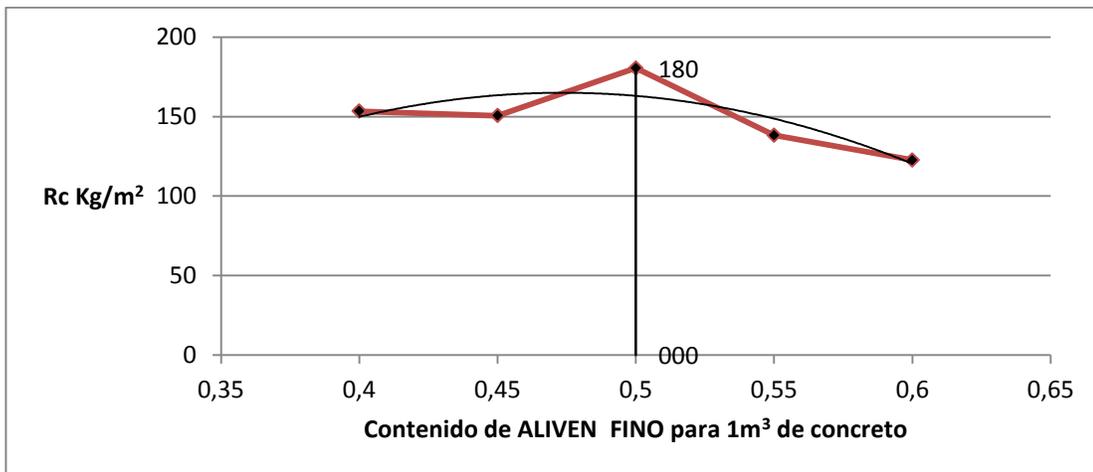


Figura 20. Representación gráfica de la variabilidad de la resistencia cilíndrica a compresión según el contenido de ALIVEN® FINO. Nota. Datos obtenidos de la investigación.

También se pudo conocer además de la variabilidad de la resistencia según el contenido de ALIVEN FINO, como varía tanto el peso unitario así como la trabajabilidad del concreto (Figura 24 y 25 respectivamente).

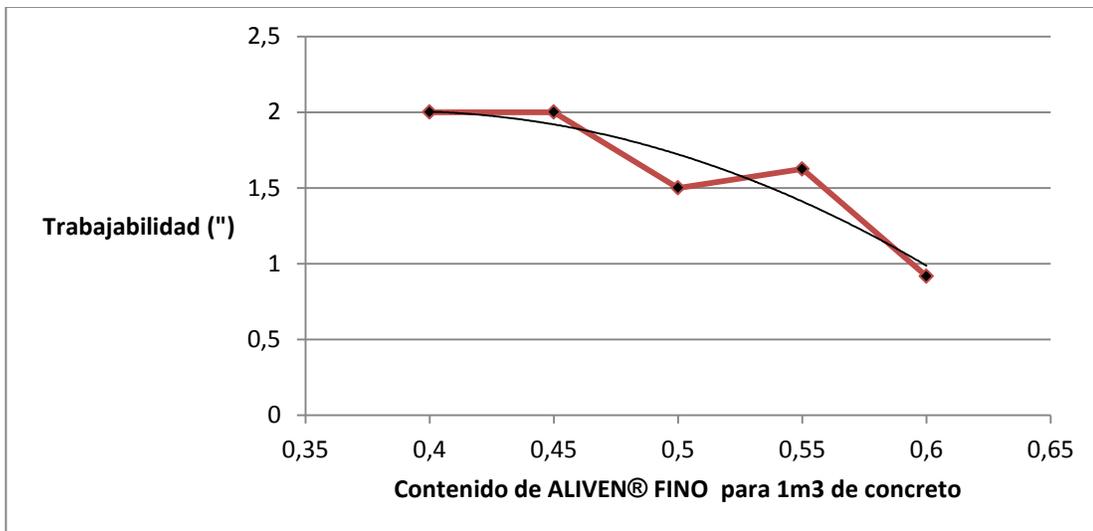


Figura 21. Representación gráfica de la variabilidad de la trabajabilidad según el contenido de ALIVEN® FINO. Nota. Datos obtenidos de la investigación.

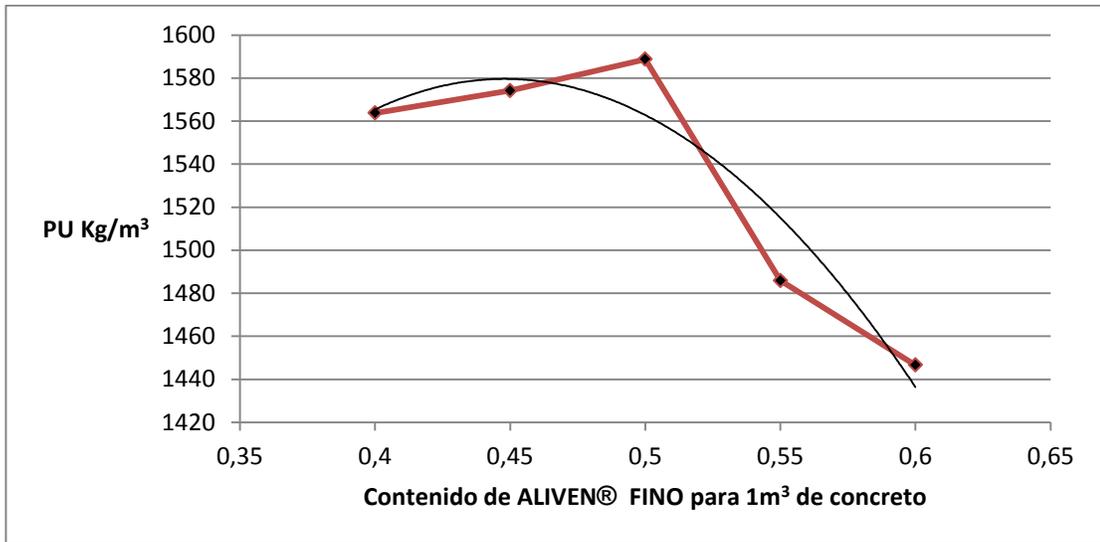


Figura 22. Representación gráfica de la variabilidad del peso unitario según el contenido de ALIVEN® FINO. Nota. Datos obtenidos de la investigación.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones de la investigación.

Luego de revisar exhaustivamente cada uno de los resultados de las mezclas previamente ensayadas, y además basándose en los fundamentos teóricos de acuerdo a los cuales fue llevada a cabo la investigación, se puede concluir que:

El material tanto de ALIVEN® FINO como de ALIVEN® MOLIDO, presentaba variabilidad en sus propiedades físicas en los distintos sacos con los que se trabajaron, es decir, para el ALIVEN® FINO, se trabajo con 10 sacos diferentes de los cuales se observó que tanto el peso específico que tenían, la humedad y la granulometría que presenta el material de cada saco era variable, al igual que el ALIVEN® MOLIDO. Esto afecta directamente en las proporciones de la mezcla, y por lo cual si se utiliza el mismo diseño de mezcla sin hacer revisión de dichas propiedades del material, traerá consecuencias en las propiedades del concreto, como se pudo observar en las últimas muestras de cada una de las mezclas, en las cuales se observo mayor variabilidad del material y por ende las resistencias disminuían notoriamente.

Se pudo determinar que en la mayoría de los casos cuando se saturaba el ALIVEN® FINO el tiempo recomendado por el fabricante para ser trabajado en la mezcla, no llegaba al estado requerido para que pudiera ser satisfactoriamente

utilizado en una mezcla de concreto, saturado con superficie seca. Además cuando se utilizaba sin la debida saturación afectaba directamente en la trabajabilidad del concreto, ya que las pellas absorbían tanto el agua que necesitaban así como también las partículas de cemento, resultando una muestra muy seca, poco trabajable y las pellas se pueden observar como flotan en la mezcla de concreto (Figura 26).



Figura 23. Mezcla realizada con ALIVEN® FINO sin saturación adecuada.
Nota. Fuente Propia.

En concordancia con algunos autores mencionados en la presente investigación, para los concretos livianos resulta dificultoso medir la trabajabilidad con el cono de Abrams, por lo cual se pudo observar mucha variabilidad en los resultados obtenidos para conseguir esta propiedad, confirmándose así la idea de que cuando se trabaja con concreto liviano no debe usarse el cono de Abrams para medir la trabajabilidad (Figura 27).



Figura 24. **Medición de la trabajabilidad con el cono de Abrams.** *Nota.* Fuente Propia.

Para el curado de los cilindros, se trabajó con la recomendación del fabricante, lo cual indicaba que los cilindros fueran extraídos en vez de 24 horas antes de la rotura de los mismos, 48 horas. Al realizar esto, al momento de la rotura se observó que los cilindros poseían mucha humedad, y luego de la rotura, el núcleo también se encontraba muy húmedo, lo que disminuye notablemente la resistencia cilíndrica del concreto. En las figuras siguientes se puede observar los cilindros húmedos al momento de la rotura (Figura 28), el núcleo húmedo de los cilindros justo después de la rotura (Figura 29), y como debería presentarse el núcleo sin ninguna humedad (Figura 30).



Figura 25. **Cilindros húmedos al momento de la Rotura.** *Nota.* Fuente Propia.



Figura 26. **Cilindro fracturado con presencia de humedad del núcleo.** *Nota.* Fuente Propia.



Figura 27. Cilindro fracturado luego de haberse secado, como debería haber estado luego de la rotura. Nota. Fuente Propia.

En todas las pruebas, los cilindros luego de ensayados, presentaron fracturas frágiles (Figura 31), lo cual es un comportamiento que se puede observar en concretos livianos y por ello las normas venezolanas establecen que los concretos livianos no deberán ser de resistencias mayores a 300 kg/cm². Esta fragilidad de este tipo de concreto debe ser tomada en cuenta al momento de ser utilizado en cualquier tipo de edificaciones.



Figura 28. **Falla del cilindro luego de haber aplicado la carga.** *Nota.* Fuente Propia.

La resistencia de la mezcla patrón se encuentra alrededor de la resistencia de diseño presentada por la empresa que era de $R_{cc} 28 \text{ días} = 180 \text{ kg/cm}^2$ como se muestra en la figura 18, lo cual indica que si el diseño fue realizado para dicha resistencia y no para una resistencia mayor según la desviación estándar del mismo, muestra un comportamiento el cual es característico de la resistencia del concreto, y se puede decir que cumple con la resistencia para la cual fue diseñado.

Cuando se varían las proporciones de ALIVEN® FINO en el diseño de mezcla proporcionado por la empresa, ya sea disminuyendo como aumentando las proporciones, trae como consecuencia que la resistencia cilíndrica disminuye con respecto a la resistencia de la mezcla patrón como se pudo observar en la figura 23 anteriormente mostrada, así como también cambia la trabajabilidad de la mezcla haciéndola en algunos casos muy difícil de manejar. Esto hace que cuando se tenga que trabajar con este tipo de mezcla, se debe controlar que las cantidades de

ALIVEN® FINO que se estén proporcionando a la mezcla, sean las mismas que en el diseño. La única propiedad que se ve menos afectada en cuanto a variación con respecto a la mezcla patrón es el peso unitario, ya que aunque este varía sigue estando por debajo del peso del concreto normal.

En la figura 25 se muestra como varia el peso unitario según la cantidad de ALIVEN® FINO que contenía la mezcla, se pudo observar que cuando se aumentaba la cantidad el peso disminuía, cosa que era un comportamiento totalmente diferente al esperado (que el peso unitario fuera mayor). Se concluyó que esto se debe a que cuando tiene más agregado del necesario, los espacios de vacíos se consiguen en mucha más cantidad que en las mezclas que tiene menor cantidad de agregado.

Recomendaciones.

Se recomienda a la empresa Agregados Livianos C.A. que realice un mayor control de ambos agregados, con la finalidad de disminuir la variabilidad de las propiedades de los mismos, y así poder estandarizar de manera más amplia los diseños de mezcla que los mismos plantean y optimizar los resultados que se puedan obtener.

Para el tiempo de saturación de las pellas del ALIVEN® FINO, de acuerdo a lo que se observó durante la investigación, se recomendara que se utilice un tiempo como mínimo de treinta (30) minutos para que las pellas puedan presentar la adecuada saturación. Es importante que todo el material tenga la misma saturación al momento de la mezcla para que no se presenten diferencias en la consistencia de las mezclas.

Para medir la trabajabilidad del concreto con Agregados Livianos, no hay un método de uso general, más sin embargo para casos como el de la presente investigación se recomienda utilizar un cono de Abrams modificado, este es de mayor altura, con lo cual se ve compensado la diferencia que tienen en el peso estos concretos con los concretos de agregados tradicionales.

Debido a la humedad que se presentaba al momento del ensayo de los cilindros, se recomienda que las próximas pruebas que se hagan para este tipo de concreto las probetas cilíndricas sean curadas a la intemperie, es decir que al ser desencofrados sean dejados al aire libre; y comparar las resistencias obtenidas con un curado normal como lo indica la norma y este tipo de curado.

Este tipo de mezcla presenta un cambio volumétrico importante, lo cual debe ser tomado en cuenta al momento de vaciar en cualquier elemento, aun mas al momento de vaciar las probetas cilíndricas para ser ensayadas, ya que cuando se dan los últimos 25 golpes, si no se coloca suficiente mezcla, los cilindros pueden no

quedar enrasados lo cual trae graves consecuencias al momento de que estos sean ensayados.

Se recomienda que se continúe con la investigación, y se determine que ocurre con la resistencia al momento de variar las cantidades de ALIVEN® MOLIDO, para así poder determinar con seguridad, si el material es lo suficientemente seguro y para ser utilizado en edificaciones y en elementos tanto estructurales o no.

Se recomienda continuar determinando el resto de las características de esta mezcla de concreto y verificando que la misma cumpla con los requerimientos normativos necesarios, para que este tipo de concreto pueda ser una alternativa de uso al momento de construir.

BIBLIOGRAFIA

Agregados Livianos C.A. (2011). *Manual de Aplicaciones Generales ALIVEN*. Charallave.

Aramayo Cruz, G., Bucunga, V., Cahuapé Casaux, M., Forgione, F., & Navarrete, A. (2003). *Hormigones Con Agregados Livianos*. Argentina: Trabajo No Publicado. Universidad Nacional de Rosario.

Castillo, M. y. (1985). *Concreto Liviano Premezclado*. Valencia: Trabajo no publicado. Universidad de Carabobo.

COVENIN. Convención Venezolana de Normas Industriales. (1977). *Norma 264-1977. Método de Ensayo para Determinar el Cociente Entre la Dimensión Máxima y Dimensión Mínima en Agregados Gruesos para Concreto*. Caracas: Ministerio de Fomentos.

COVENIN. Convención Venezolana de Normas Industriales. (1978). *Norma 271-1978. Metodo de Ensayo para Determinar la Desgregabilidad de Agregados por Medio del Sulfato de Sodio o Sulfato de Magnesio*. Caracas: Ministerio de Fomentos.

COVENIN. Convención Venezolana de Normas Industriales. (1978). *Norma 337-78. Definiciones y Terminologías Relativas al Concreto*. Caracas: Ministerio de Fomentos.

COVENIN. Convención Venezolana de Normas Industriales. (1988). *Norma 2002-88. Criterios y Acciones Mínimas para el Proyecto de Edificaciones*. Caracas : Ministerio de Fomentos.

COVENIN. Convención Venezolana de Normas Industriales. (1992). *Norma 433-92. Cemento y sus Constituyentes. Definiciones*. Caracas: Ministerio de Fomentos.

COVENIN. Convención Venezolana de Normas Industriales. (1993). *Norma 028-1993. Cemento Portland. Especificaciones. (5ta. Revisión)*. Caracas: Ministerio de Fomentos.

- COVENIN. Convención Venezolana de Normas Industriales. (1998). *Norma 2004-98. Terminología de las normas COVENIN-MINDUR de Edificaciones*. Caracas: Ministerio de Fomentos.
- COVENIN. Convención Venezolana de Normas Industriales. (1998). *Norma 255-1998. Determinación de la Composición Granulométrica*. Caracas: Ministerio de Fomentos.
- COVENIN. Convención Venezolana de Normas Industriales. (1998). *Norma 273-1998. Concreto, Mortero y Componentes. Terminología (1ra Revisión)*. Caracas: Ministerio de Fomentos.
- COVENIN. Convención Venezolana de Normas Industriales. (2000). *Norma 2385-2000. Concreto y Mortero. Agua de Mezclado. Requisitos (1ra Revisión)*. Caracas: Ministerio de Fomentos.
- COVENIN. Convención Venezolana de Normas Industriales. (2000). *Norma 277-2000. Concreto. Agregados. Requisitos (3ra Revisión)*. Caracas: Ministerio de Fomentos.
- COVENIN. Convención Venezolana de Normas Industriales. (2001). *Norma 221-01. Materiales de Construcción, Terminología y Definiciones (1ra Revisión)*. Caracas: Ministerio de Fomentos.
- COVENIN. Convención Venezolana de Normas Industriales. (2003). *Norma 1976-03. Concreto. Evaluación y Métodos de Ensayo*. Caracas: Ministerio de Fomentos.
- COVENIN. Convención Venezolana de Normas Industriales. (2003). *Norma 339-03. Concreto. Método para la Medición del Asentamiento con el Cono de Abrams*. Caracas: Ministerio de Fomentos.
- Fratelli, M. (1999). *Diseño Estructural en Concreto Armado*. Caracas: Copyright.
- Gómez, A. (2010). *Metodología del Trabajo Especial de Grado en la Escuela de Ingeniería Civil*. Valencia: Trabajo no Publicado, Universidad de Carabobo.
- Helmut, W., & Sieghart, K. (1993). *Hormigones Ligeros Armados* (2da Edición ed.). Barcelona: Editorial Gustavo Gil, S.A.
- Hurtado Leon, I. y Toro Garrido, J. (1999). *Paradigmas y Métodos de Investigación en Tiempos de cambio* (Tercera Edición ed.). Caracas: Editorial Episteme.

- Institute, A. A. (2007). *Educational Bulletin EI-07. Aggregates for Concrete*. United States of America.
- Lujan Rosa, R. M., & Sandoval, R. (1994). *Uso de Agregados Livianos para Elementos Prefabricados de Gran Tamaño*. Valencia: Trabajo no Publicado. Universidad de Carabobo.
- Merritt , F., Loftin , M., & Ricketts , J. (2005). *Manual del Ingeniero Civil* ((4ta Edición ed.). México: The MacGraw-Hill Companies.
- Porrero S., J., Ramos R., C., Grases G., J., & Velazco, G. J. (2009). *Manual del Concreto Estructural* (3ra. Edición ed.). Caracas: SIDETUR.
- Prato, C. (2008). *Aplicaciones del Agregado Liviano ALIVEN y la optimizacion de sistemas constructivos mediante su utilizacion*. Merida: Trabajo no Publicado.
- Real Academia Española. (2010). *Diccionario de la Real Academia Española* . España: Espasa Calpe, S.A.
- Stracuzzi, Santa Paella y Martins Pestana, Filiberto. (2006). *Metodología de la Investigación Cuantitativa*. Caracas: FEDEUPEL.

ANEXOS

Resultados de las probetas cilíndricas ensayo a compresión

A continuación se muestra los resultados de cada una de las mezclas en detalle, las fechas en el cual fueron tomados, la fecha de ruptura bien sea para siete o veintiocho días. Especificando así, el peso de cada cilindro, altura, diámetro, área, carga de ruptura y la resistencia a la compresión que cada uno presentó.

También, se muestra un segundo cuadro por cada mezcla mostrando su resultado estadístico.

Tabla 17.

Resultados de los ensayos a Compresión Mezcla Patrón 1:

Fecha de mezclado:		<i>23/08/2012</i>		Fecha ruptura 7 días		<i>30/08/2012</i>	
Mezcla:		<i>Patrón 1</i>		Fecha ruptura 28 días		<i>20/09/2012</i>	
N° Cilind.	Peso (Kg)	Alt. (cm)	Diamet. (cm)	Área (cm²)	Carga de Ruptura (Kg)	Edad de Ensayo (Días)	Esfuerzo a compresión (Kg/cm²)
1	<i>9.04</i>	<i>30.1</i>	<i>15</i>	<i>176.71</i>	<i>24065</i>	<i>7</i>	<i>136.18</i>
2	<i>8.86</i>	<i>30</i>	<i>14.95</i>	<i>175.54</i>	<i>19825</i>	<i>7</i>	<i>112.94</i>
3	<i>8.144</i>	<i>29.8</i>	<i>14.7</i>	<i>169.71</i>	<i>31230</i>	<i>28</i>	<i>184.02</i>
4	<i>8.93</i>	<i>30</i>	<i>15.15</i>	<i>180.26</i>	<i>32150</i>	<i>28</i>	<i>178.35</i>

Nota. Fuente Propia

Tabla 18.*Resultados Estadísticos del ensayo a compresión mezcla Patrón 1*

Edad (Días)	\bar{R} (kg/cm²)	Desviación Estándar (Kg/cm²)	Variación (%)
7	<i>124.56</i>	<i>16.43</i>	<i>13.19</i>
28	<i>181.19</i>	<i>4.01</i>	<i>2.21</i>

*Nota. Fuente Propia***Tabla 19.***Resultados de los ensayos a Compresión Mezcla Patrón 2:*

Fecha de mezclado:	<i>31-08-2012</i>		Fecha ruptura 7 días		<i>07-09-2012</i>		
Mezcla:	<i>Patrón 2</i>		Fecha ruptura 28 días		<i>28-09-2012</i>		
N° Cilind.	Peso (Kg)	Alt. (cm)	Diamet. (cm)	Área (cm²)	Carga de Ruptura (Kg)	Edad de Ensayo (Días)	Esfuerzo a compresión (Kg/cm²)
<i>1</i>	<i>8.318</i>	<i>30.3</i>	<i>14.95</i>	<i>175.54</i>	<i>21360</i>	<i>7</i>	<i>121.68</i>
<i>2</i>	<i>8.026</i>	<i>29.8</i>	<i>15.05</i>	<i>177.89</i>	<i>22005</i>	<i>7</i>	<i>123.70</i>
<i>3</i>	<i>8.340</i>	<i>30.4</i>	<i>14.95</i>	<i>175.53</i>	<i>29675</i>	<i>28</i>	<i>169.1</i>
<i>4</i>	<i>8.515</i>	<i>30.5</i>	<i>15.1</i>	<i>179.07</i>	<i>32425</i>	<i>28</i>	<i>181.1</i>

Nota. Fuente Propia

Tabla 20.*Resultados Estadísticos del ensayo a compresión Mezcla Patrón 2*

Edad (Días)	\bar{R} (kg/cm²)	Desviación Estándar (Kg/cm²)	Variación (%)
7	122.69	1.43	1.16
28	175.10	8.49	4.85

*Nota. Fuente Propia***Tabla 21.***Resultados de los ensayos a Compresión Mezcla Patrón 3*

Fecha de mezclado:	11-09-2012		Fecha ruptura 7 días		18-09-2012		
Mezcla:	Patrón 3		Fecha ruptura 28 días		09-10-2012		
N° Cilind.	Peso (Kg)	Alt. (cm)	Diamet. (cm)	Área (cm²)	Carga de Ruptura (Kg)	Edad de Ensayo (Días)	Esfuerzo a compresión (Kg/cm²)
1	8.029	30.1	15.1	179.07	21321	7	119.07
2	8.124	29.9	14.95	175.53	22452	7	127.91
3	7.960	29.85	14.95	175.54	33020	28	188.11
4	8.240	30.2	15.05	177.89	32427	28	182.29

Nota. Fuente Propia

Tabla 22.*Resultados Estadísticos del ensayo a compresión Mezcla Patrón 3*

Edad (Días)	\bar{R}(kg/cm²)	Desviación Estándar (Kg/cm²)	Variación (%)
7	<i>123.49</i>	<i>6.25</i>	<i>5.06</i>
28	<i>185.20</i>	<i>4.12</i>	<i>2.22</i>

*Nota. Fuente Propia***Tabla 23***Resultados de los ensayos a Compresión Mezcla Patrón 4*

Fecha de mezclado:	<i>11-09-2012</i>		Fecha ruptura 7 días		<i>18-09-2012</i>		
Mezcla:	<i>Patrón 3</i>		Fecha ruptura 28 días		<i>09-10-2012</i>		
N° Cilind.	Peso (Kg)	Alt. (cm)	Diamet. (cm)	Área (cm²)	Carga de Ruptura (Kg)	Edad de Ensayo (Días)	Esfuerzo a compresión (Kg/cm²)
<i>1</i>	<i>7.710</i>	<i>29.90</i>	<i>14.90</i>	<i>174.36</i>	<i>15975</i>	<i>7</i>	<i>91.62</i>
<i>2</i>	<i>7.850</i>	<i>30.25</i>	<i>14.90</i>	<i>174.36</i>	<i>16365</i>	<i>7</i>	<i>93.86</i>
<i>3</i>	<i>8.050</i>	<i>30.3</i>	<i>14.85</i>	<i>173.19</i>	<i>20710</i>	<i>28</i>	<i>119.6</i>
<i>4</i>	<i>8.050</i>	<i>30.1</i>	<i>14.93</i>	<i>175.07</i>	<i>18225</i>	<i>28</i>	<i>104.2</i>

Nota. Fuente Propia

Tabla 24.*Resultados Estadísticos del ensayo a compresión Mezcla Patrón 4*

Edad (Días)	$\bar{R}(\text{kg/cm}^2)$	Desviación Estándar (Kg/cm2)	Variación (%)
7	92.74	1.58	1.71
28	111.90	10.89	9.73

*Nota. Fuente Propia***Tabla 25.***Resultados de los ensayos a Compresión Mezcla 1.1, 1*

Fecha de mezclado:	31-08-2012		Fecha ruptura 7 días		07-09-2012		
Mezcla:	1.1		Fecha ruptura 28 días		28-09-2012		
N° Cilind.	Peso (Kg)	Alt. (cm)	Diamet. (cm)	Área (cm²)	Carga de Ruptura (Kg)	Edad de Ensayo (Días)	Esfuerzo a compresión (Kg/cm²)
1	7.780	30.2	15	176.71	18085	7	102.34
2	8.000	30.2	15.1	179.07	18690	7	104.37
3	8.115	30.5	15.08	178.48	24830	28	139.1
4	8.050	30.3	15.05	177.89	24810	28	139.5

Nota. Fuente Propia

Tabla 26.*Resultados Estadísticos del ensayo a compresión Mezcla 1.1, 1*

Edad (Días)	\bar{R}(kg/cm²)	Desviación Estándar (Kg/cm²)	Variación (%)
7	<i>103.36</i>	<i>1.44</i>	<i>1.39</i>
28	<i>139.30</i>	<i>0.28</i>	<i>0.20</i>

*Nota. Fuente Propia***Tabla 27.***Resultados de los ensayos a Compresión Mezcla 1.1, 2*

Fecha de mezclado:	<i>05-09-2012</i>		Fecha ruptura 7 días		<i>12-09-2012</i>		
Mezcla:	<i>1.1</i>		Fecha ruptura 28 días		<i>03-10-2012</i>		
N° Cilind.	Peso (Kg)	Alt. (cm)	Diamet. (cm)	Área (cm²)	Carga de Ruptura (Kg)	Edad de Ensayo (Días)	Esfuerzo a compresión (Kg/cm²)
<i>1</i>	<i>7.700</i>	<i>30.3</i>	<i>15</i>	<i>176.71</i>	<i>16234</i>	<i>7</i>	<i>91.86</i>
<i>2</i>	<i>7.685</i>	<i>30.3</i>	<i>14.95</i>	<i>175.53</i>	<i>15685</i>	<i>7</i>	<i>89.36</i>
<i>3</i>	<i>7.245</i>	<i>29.6</i>	<i>14.53</i>	<i>179.08</i>	<i>22530</i>	<i>28</i>	<i>125.81</i>
<i>4</i>	<i>8.045</i>	<i>30.3</i>	<i>15.1</i>	<i>165.81</i>	<i>23045</i>	<i>28</i>	<i>128.7</i>

Nota. Fuente Propia

Tabla 28.*Resultados Estadísticos del ensayo a compresión Mezcla 1.1, 2*

Edad (Días)	\bar{R}(kg/cm²)	Desviación Estándar (Kg/cm2)	Variación (%)
7	<i>90.61</i>	<i>1.77</i>	<i>1.95</i>
28	<i>127.26</i>	<i>2.04</i>	<i>1.61</i>

*Nota. Fuente Propia***Tabla 29.***Resultados de los ensayos a Compresión Mezcla 1.1, 3*

Fecha de mezclado:	<i>05-09-2012</i>		Fecha ruptura 7 días		<i>12-09-2012</i>		
Mezcla:	<i>1.1</i>		Fecha ruptura 28 días		<i>03-10-2012</i>		
N° Cilind.	Peso (Kg)	Alt. (cm)	Diamet. (cm)	Área (cm²)	Carga de Ruptura (Kg)	Edad de Ensayo (Días)	Esfuerzo a compresión (Kg/cm²)
<i>1</i>	<i>7.810</i>	<i>30.2</i>	<i>15.1</i>	<i>179.08</i>	<i>16748</i>	<i>7</i>	<i>93.97</i>
<i>2</i>	<i>7.950</i>	<i>30.1</i>	<i>14.90</i>	<i>174.37</i>	<i>16208</i>	<i>7</i>	<i>92.95</i>
<i>3</i>	<i>7.450</i>	<i>29.4</i>	<i>14.65</i>	<i>168.56</i>	<i>23155</i>	<i>28</i>	<i>137.36</i>
<i>4</i>	<i>8.055</i>	<i>30.2</i>	<i>15</i>	<i>176.71</i>	<i>24040</i>	<i>28</i>	<i>136.04</i>

Nota. Fuente Propia

Tabla 30.*Resultados Estadísticos del ensayo a compresión Mezcla 1.1, 3*

Edad (Días)	\bar{R} (kg/cm ²)	Desviación Estándar (Kg/cm2)	Variación (%)
7	93.46	0.72	0.77
28	136.70	0.93	0.68

*Nota. Fuente Propia***Tabla 31.***Resultados de los ensayos a Compresión Mezcla 1.1, 4*

Fecha de mezclado:	11-09-2012		Fecha ruptura 7 días		18-09-2012		
Mezcla:	1.1		Fecha ruptura 28 días		09-10-2012		
N° Cilind.	Peso (Kg)	Alt. (cm)	Diamet. (cm)	Área (cm²)	Carga de Ruptura (Kg)	Edad de Ensayo (Días)	Esfuerzo a compresión (Kg/cm²)
1	8.020	30	14.85	173.19	16975	7	98.01
2	8.060	30	15	176.71	19510	7	110.4
3	8.150	30	14.98	176.24	24100	28	136.8
4	8.370	30.1	15	176.71	28735	28	162.6

Nota. Fuente Propia

Tabla 32.*Resultados Estadísticos del ensayo a compresión Mezcla 1.1, 4*

Edad (Días)	\bar{R}(kg/cm²)	Desviación Estándar (Kg/cm2)	Variación (%)
7	<i>104.21</i>	<i>8.76</i>	<i>8.41</i>
28	<i>149.70</i>	<i>18.24</i>	<i>12.19</i>

*Nota. Fuente Propia***Tabla 33.***Resultados de los ensayos a Compresión Mezcla 1.2, 1*

Fecha de mezclado:	<i>31-08-2012</i>		Fecha ruptura 7 días		<i>07-09-2012</i>		
Mezcla:	<i>1.2</i>		Fecha ruptura 28 días		<i>28-09-2012</i>		
N° Cilind.	Peso (Kg)	Alt. (cm)	Diamet. (cm)	Área (cm²)	Carga de Ruptura (Kg)	Edad de Ensayo (Días)	Esfuerzo a compresión (Kg/cm²)
<i>1</i>	<i>7.670</i>	<i>30.1</i>	<i>14.98</i>	<i>176.12</i>	<i>16880</i>	<i>7</i>	<i>95.84</i>
<i>2</i>	<i>7.365</i>	<i>30.3</i>	<i>14.85</i>	<i>173.19</i>	<i>15150</i>	<i>7</i>	<i>87.47</i>
<i>3</i>	<i>7.050</i>	<i>29.8</i>	<i>14.7</i>	<i>166.84</i>	<i>19930</i>	<i>28</i>	<i>119.46</i>
<i>4</i>	<i>7.775</i>	<i>30.3</i>	<i>15</i>	<i>176.12</i>	<i>21320</i>	<i>28</i>	<i>121.0</i>

Nota. Fuente Propia

Tabla 34.*Resultados Estadísticos del ensayo a compresión Mezcla 1.2, 1*

Edad (Días)	\bar{R}(kg/cm²)	Desviación Estándar (Kg/cm²)	Variación (%)
7	91.66	5.92	6.46
28	120.23	1.09	0.91

*Nota. Fuente Propia***Tabla 35.***Resultados de los ensayos a Compresión Mezcla 1.2, 2*

Fecha de mezclado:	05-09-2012		Fecha ruptura 7 días		12-09-2012		
Mezcla:	1.2		Fecha ruptura 28 días		03-10-2012		
N° Cilind.	Peso (Kg)	Alt. (cm)	Diamet. (cm)	Área (cm²)	Carga de Ruptura (Kg)	Edad de Ensayo (Días)	Esfuerzo a compresión (Kg/cm²)
1	7.845	30.2	15.15	180.26	15661	7	86.88
2	7.995	30.3	15.13	179.67	15215	7	84.56
3	7.910	30.4	15.05	177.89	21705	28	122
4	7.930	30.4	15.13	179.67	22205	28	123.58

Nota. Fuente Propia

Tabla 36.*Resultados Estadísticos del ensayo a compresión 1.2, 2*

Edad (Días)	\bar{R} (kg/cm ²)	Desviación Estándar (Kg/cm2)	Variación (%)
7	85.72	1.64	1.91
28	122.79	1.12	0.91

*Nota. Fuente Propia***Tabla 37.***Resultados de los ensayos a Compresión Mezcla 1.2, 3*

Fecha de mezclado:	05-09-2012		Fecha ruptura 7 días		12-09-2012		
Mezcla:	1.2		Fecha ruptura 28 días		03-10-2012		
N° Cilind.	Peso (Kg)	Alt. (cm)	Diamet. (cm)	Área (cm²)	Carga de Ruptura (Kg)	Edad de Ensayo (Días)	Esfuerzo a compresión (Kg/cm²)
1	7.990	30.1	15.10	179.08	16125	7	90.04
2	7.845	30.2	15.10	179.08	15925	7	88.93
3	7.820	30.2	15	176.71	21905	28	123.96
4	7.970	30.3	14.95	175.54	22105	28	125.93

Nota. Fuente Propia

Tabla 38.*Resultados Estadísticos del ensayo a compresión Mezcla 1.2, 3*

Edad (Días)	\bar{R} (kg/cm²)	Desviación Estándar (Kg/cm²)	Variación (%)
7	89.49	0.78	0.88
28	124.95	1.39	1.11

*Nota. Fuente Propia***Tabla 39.***Resultados de los ensayos a Compresión Mezcla 1.2, 4*

Fecha de mezclado:	12-09-2012		Fecha ruptura 7 días		19-09-2012		
Mezcla:	1.2		Fecha ruptura 28 días		10-10-2012		
N° Cilind.	Peso (Kg)	Alt. (cm)	Diamet. (cm)	Área (cm²)	Carga de Ruptura (Kg)	Edad de Ensayo (Días)	Esfuerzo a compresión (Kg/cm²)
1	7.870	30	15.05	177.89	14460	7	81.3
2	7.855	30.2	14.98	176.12	14730	7	83.1
3	8.000	30	14.98	176.24	18770	28	106.6
4	7.950	30	15.05	177.89	15820	28	86.7

Nota. Fuente Propia

Tabla 40.*Resultados Estadísticos del ensayo a compresión Mezcla 1.2, 4*

Edad (Días)	\bar{R}(kg/cm²)	Desviación Estándar (Kg/cm²)	Variación (%)
7	82.20	1.27	1.55
28	96.65	14.07	14.56

*Nota. Fuente Propia***Tabla 41.***Resultados de los ensayos a Compresión Mezcla 1.3, 1*

Fecha de mezclado:	31-08-2012		Fecha ruptura 7 días		07--09-2012		
Mezcla:	1.3		Fecha ruptura 28 días		28-09-2012		
N° Cilind.	Peso (Kg)	Alt. (cm)	Diamet. (cm)	Área (cm²)	Carga de Ruptura (Kg)	Edad de Ensayo (Días)	Esfuerzo a compresión (Kg/cm²)
1	7.750	30.1	14.9	174.36	20000	7	114.71
2	7.931	29.9	14.85	173.20	20805	7	120.12
3	7.880	30.3	14.83	172.62	26200	28	151.8
4	8.510	30.5	15.43	186.87	29375	28	157.2

Nota. Fuente Propia

Tabla 42.*Resultados Estadísticos del ensayo a compresión Mezcla 1.3, 1*

Edad (Días)	\bar{R}(kg/cm²)	Desviación Estándar (Kg/cm²)	Variación (%)
7	<i>117.42</i>	<i>3.83</i>	<i>3.26</i>
28	<i>154.50</i>	<i>3.82</i>	<i>2.47</i>

*Nota. Fuente Propia***Tabla 43.***Resultados de los ensayos a Compresión Mezcla 1.3, 2*

Fecha de mezclado:	<i>06-09-2012</i>		Fecha ruptura 7 días		<i>13--09-2012</i>		
Mezcla:	<i>1.3</i>		Fecha ruptura 28 días		<i>04-10-2012</i>		
N° Cilind.	Peso (Kg)	Alt. (cm)	Diamet. (cm)	Área (cm²)	Carga de Ruptura (Kg)	Edad de Ensayo (Días)	Esfuerzo a compresión (Kg/cm²)
<i>1</i>	<i>8.210</i>	<i>30.25</i>	<i>15.425</i>	<i>186.87</i>	<i>22330</i>	<i>7</i>	<i>119.5</i>
<i>2</i>	<i>8.315</i>	<i>30.2</i>	<i>15.125</i>	<i>179.67</i>	<i>21090</i>	<i>7</i>	<i>117.4</i>
<i>3</i>	<i>8.360</i>	<i>30</i>	<i>15.33</i>	<i>184.57</i>	<i>26840</i>	<i>28</i>	<i>145.5</i>
<i>4</i>	<i>8.340</i>	<i>30.35</i>	<i>15.05</i>	<i>177.89</i>	<i>27680</i>	<i>28</i>	<i>155.60</i>

Nota. Fuente Propia

Tabla 44.*Resultados Estadísticos del ensayo a compresión Mezcla 1.3, 2*

Edad (Días)	\bar{R} (kg/cm ²)	Desviación Estándar (Kg/cm2)	Variación (%)
7	118.45	1.48	1.25
28	150.55	7.14	4.74

*Nota. Fuente Propia***Tabla 45.***Resultados de los ensayos a Compresión Mezcla 1.3, 3*

Fecha de mezclado:	06-09-2012		Fecha ruptura 7 días		13--09-2012		
Mezcla:	1.3		Fecha ruptura 28 días		04-10-2012		
N° Cilind.	Peso (Kg)	Alt. (cm)	Diamet. (cm)	Área (cm²)	Carga de Ruptura (Kg)	Edad de Ensayo (Días)	Esfuerzo a compresión (Kg/cm²)
1	8.200	30.10	15.30	183.85	21560	7	117.27
2	8.150	30.15	15.10	179.08	21360	7	119.27
3	8.340	29.90	15.30	183.85	25960	28	141.20
4	8.120	30.30	15	176.71	26880	28	152.11

Nota. Fuente Propia

Tabla 46.*Resultados Estadísticos del ensayo a compresión Mezcla 1.3, 3*

Edad (Días)	\bar{R}(kg/cm²)	Desviación Estándar (Kg/cm²)	Variación (%)
7	<i>118.27</i>	<i>1.41</i>	<i>1.20</i>
28	<i>146.66</i>	<i>7.71</i>	<i>5.26</i>

*Nota. Fuente Propia***Tabla 47.***Resultados de los ensayos a Compresión Mezcla 1.3, 4*

Fecha de mezclado:	<i>12-09-2012</i>		Fecha ruptura 7 días		<i>19-09-2012</i>		
Mezcla:	<i>1.3</i>		Fecha ruptura 28 días		<i>10-10-2012</i>		
N° Cilind.	Peso (Kg)	Alt. (cm)	Diamet. (cm)	Área (cm²)	Carga de Ruptura (Kg)	Edad de Ensayo (Días)	Esfuerzo a compresión (Kg/cm²)
<i>1</i>	<i>7.910</i>	<i>30.3</i>	<i>15.05</i>	<i>177.89</i>	<i>14920</i>	<i>7</i>	<i>83.9</i>
<i>2</i>	<i>7.860</i>	<i>30.2</i>	<i>15.15</i>	<i>180.26</i>	<i>14550</i>	<i>7</i>	<i>80.7</i>
<i>3</i>	<i>7.700</i>	<i>30</i>	<i>15.33</i>	<i>184.58</i>	<i>15340</i>	<i>28</i>	<i>83.2</i>
<i>4</i>	<i>7.800</i>	<i>30.2</i>	<i>15.05</i>	<i>177.89</i>	<i>17330</i>	<i>28</i>	<i>97.4</i>

Nota. Fuente Propia

Tabla 48.*Resultados Estadísticos del ensayo a compresión Mezcla 1.3, 4*

Edad (Días)	\bar{R}(kg/cm²)	Desviación Estándar (Kg/cm²)	Variación (%)
7	82.30	2.26	2.75
28	90.30	10.04	11.12

*Nota. Fuente Propia***Tabla 49.***Resultados de los ensayos a Compresión Mezcla 1.4, 1*

Fecha de mezclado:	31-08-2012		Fecha ruptura 7 días		07-09-2012		
Mezcla:	1.4		Fecha ruptura 28 días		28-09-2012		
N° Cilind.	Peso (Kg)	Alt. (cm)	Diamet. (cm)	Área (cm²)	Carga de Ruptura (Kg)	Edad de Ensayo (Días)	Esfuerzo a compresión (Kg/cm²)
1	7.874	30.3	14.85	173.19	19380	7	111.90
2	7.854	30.3	15.05	177.89	19505	7	109.64
3	7.915	30.4	14.9	174.36	24290	28	139.3
4	7.910	30.2	14.88	173.78	22870	28	131.6

Nota. Fuente Propia

Tabla 50.*Resultados Estadísticos del ensayo a compresión*

Edad (Días)	\bar{R}(kg/cm²)	Desviación Estándar (Kg/cm2)	Variación (%)
7	<i>110.77</i>	<i>1.60</i>	<i>1.44</i>
28	<i>135.45</i>	<i>5.44</i>	<i>4.02</i>

*Nota. Fuente Propia***Tabla 51.***Resultados de los ensayos a Compresión Mezcla 1.4, 2*

Fecha de mezclado:	<i>06-09-2012</i>		Fecha ruptura 7 días		<i>13-09-2012</i>		
Mezcla:	<i>1.4</i>		Fecha ruptura 28 días		<i>04-10-2012</i>		
N° Cilind.	Peso (Kg)	Alt. (cm)	Diamet. (cm)	Área (cm²)	Carga de Ruptura (Kg)	Edad de Ensayo (Días)	Esfuerzo a compresión (Kg/cm²)
<i>1</i>	<i>8.660</i>	<i>30.5</i>	<i>15.2</i>	<i>181.45</i>	<i>21371</i>	<i>7</i>	<i>117.78</i>
<i>2</i>	<i>7.790</i>	<i>29.8</i>	<i>14.63</i>	<i>167.98</i>	<i>19850</i>	<i>7</i>	<i>118.17</i>
<i>3</i>	<i>8.360</i>	<i>30.2</i>	<i>15</i>	<i>176.71</i>	<i>29105</i>	<i>28</i>	<i>165.27</i>
<i>4</i>	<i>8.375</i>	<i>30.3</i>	<i>14.9</i>	<i>174.36</i>	<i>30530</i>	<i>28</i>	<i>175.1</i>

Nota. Fuente Propia

Tabla 52.*Resultados Estadísticos del ensayo a compresión Mezcla 1.4, 2*

Edad (Días)	$\bar{R}(\text{kg/cm}^2)$	Desviación Estándar (Kg/cm2)	Variación (%)
7	117.98	0.28	0.23
28	170.19	6.95	4.08

*Nota. Fuente Propia***Tabla 53.***Resultados de los ensayos a Compresión Mezcla 1.4, 3*

Fecha de mezclado:	06-09-2012		Fecha ruptura 7 días		13-09-2012		
Mezcla:	1.4		Fecha ruptura 28 días		04-10-2012		
N° Cilind.	Peso (Kg)	Alt. (cm)	Diamet. (cm)	Área (cm²)	Carga de Ruptura (Kg)	Edad de Ensayo (Días)	Esfuerzo a compresión (Kg/cm²)
1	7.960	30.2	15.25	182.65	20480	7	112.13
2	7840	29.7	14.98	176.24	20135	7	114.25
3	8.120	30.1	15.10	179.08	27113	28	151.40
4	8.470	30.1	15	176.71	27584	28	156.10

Nota. Fuente Propia

Tabla 54.*Resultados Estadísticos del ensayo a compresión Mezcla 1.4, 3*

Edad (Días)	$\bar{R}(\text{kg/cm}^2)$	Desviación Estándar (Kg/cm2)	Variación (%)
7	<i>113.19</i>	<i>1.50</i>	<i>1.32</i>
28	<i>153.75</i>	<i>3.32</i>	<i>2.16</i>

*Nota. Fuente Propia***Tabla 55.***Resultados de los ensayos a Compresión Mezcla 1.4, 4*

Fecha de mezclado:	<i>12-09-2012</i>		Fecha ruptura 7 días		<i>19-09-2012</i>		
Mezcla:	<i>1.4</i>		Fecha ruptura 28 días		<i>10-10-2012</i>		
N° Cilind.	Peso (Kg)	Alt. (cm)	Diamet. (cm)	Área (cm²)	Carga de Ruptura (Kg)	Edad de Ensayo (Días)	Esfuerzo a compresión (Kg/cm²)
<i>1</i>	<i>8.065</i>	<i>30.3</i>	<i>14.9</i>	<i>174.36</i>	<i>19850</i>	<i>7</i>	<i>113.8</i>
<i>2</i>	<i>8.385</i>	<i>30.35</i>	<i>15.1</i>	<i>179.08</i>	<i>21230</i>	<i>7</i>	<i>118.6</i>
<i>3</i>	<i>8.500</i>	<i>30.4</i>	<i>15.15</i>	<i>180.26</i>	<i>27130</i>	<i>28</i>	<i>150.5</i>
<i>4</i>	<i>8.500</i>	<i>30.4</i>	<i>15.25</i>	<i>182.65</i>	<i>28875</i>	<i>28</i>	<i>157.5</i>

Nota. Fuente Propia

Tabla 56.

Resultados Estadísticos del ensayo a compresión Mezcla 1.4, 4

Edad (Días)	\bar{R} (kg/cm²)	Desviación Estándar (Kg/cm2)	Variación (%)
7	<i>116.20</i>	<i>3.39</i>	<i>2.92</i>
28	<i>154.00</i>	<i>4.95</i>	<i>3.21</i>

Nota. Fuente Propia

Fotografías de las mezclas realizadas.



Figura 29. Mezcla Patrón 2 *Nota. Fuente Propia.*



Figura 30. **Mezcla 1.1** Nota. Fuente Propia.



Figura 31. **Mezcla 1.2**. Nota. Fuente Propia



Figura 32. **Mezcla 1.3.** *Nota.* Fuente Propia



Figura 33. **Mezcla 1.4.** *Nota.* Fuente Propia



Figura 34. **Determinación del Peso Específico.** *Nota.* Fuente Propia



Figura 35. **Medición de la Trabajabilidad.** *Nota.* Fuente Propia