



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURA



**CARACTERIZACIÓN DEL AGREGADO LIVIANO ALIVEN® A
TRAVÉS DE LA RESISTENCIA A TRACCIÓN POR FLEXIÓN
SEGÚN LA NORMA COVENIN 343-79.**

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

Tutor: Prof. Edson Martínez

Elaborado por: Aponte, Luis
Duarte, Aileen

Bárbula, Octubre 2012



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURA



**CARACTERIZACIÓN DEL AGREGADO LIVIANO ALIVEN® A
TRAVÉS DE LA RESISTENCIA A TRACCIÓN POR FLEXIÓN
SEGÚN LA NORMA COVENIN 343-79.**

Tutor: Prof. Edson Martínez

Elaborado por: Aponte, Luis
Duarte, Aileen

Bárbula, Octubre 2012



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURA



CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Los abajo firmantes, miembros del jurado designados para evaluar el trabajo de grado titulado **“CARACTERIZACIÓN DEL AGREGADO LIVIANO ALIVEN® A TRAVÉS DE LA RESISTENCIA A TRACCIÓN POR FLEXIÓN SEGÚN LA NORMA COVENIN 343-79”**, realizado por los bachilleres Aponte, Luis C.I. 18.154.731; y Duarte, Aileen C.I. 20.180.117, hacemos constar que hemos revisado y aprobado dicho trabajo.

Presidente del Jurado
Ing. Edson Martínez

Miembro del Jurado

Miembro del Jurado

Bárbula, Octubre 2012

DEDICATORIA

A Dios por llenarme de amor y sabiduría, gracias por ser mi guía e iluminarme a lo largo de toda la vida. A Don Bosco por darme la oportunidad de estar su casa de estudio, brindarme una excelente educación y enseñarme a ser una buena salesiana. A María Auxiliadora por cubrirme con su manto y ayudarme a cumplir todos mis sueños y metas.

A mis padres por darme la vida, gracias por el apoyo y el amor incondicional. Y en especial a mi madre por ser mi inspiración, mi fortaleza, mi vida y mis ganas de seguir triunfando y cosechando éxitos. Todo lo que he logro ha sido gracias a ti. Felicitaciones mamá este título también es tuyo. TE AMO DEMASIADO.

A mi hermano por ser mi ejemplo a seguir, más que un hermano eres como un segundo papá, gracias por todas las enseñanzas, el apoyo y el cariño que me has dado. Te adoro mucho.

A mi cuñada Mónica, que se ha convertido en una hermana, gracias por los consejos y el apoyo incondicional y a mi sobrino hermoso por ser mi mayor alegría.

A mi familia por los consejos, el apoyo, las alegrías que me han aportado.

A mis amigas Sana, Mayer, Ori, Dahuna, Gaby, Eimary y a mi hermana Dane, por el apoyo, la comprensión y el cariño que hemos podido mantener a pasar de los años “Las adoro”.

A la familia Aponte Morillo, por abrirme las puertas de sus hogares y hacerme sentir parte de ustedes. Gracias por los buenos momentos y por el apoyo incondicional que me han dado.

A mi novio Luis Gerardo Aponte, por ser mi compañero de tesis, mi Príncipe Hermoso y el amor de mi vida. Gracias por estar a mi lado en todo momento, por ser mi amor, mi fuerza, mi alegría, mi esperanza, MI TODO..!!

Esta experiencia nos hace crecer como personas y que bonito saber que esto lo logre contigo! Los dos estamos cumpliendo nuestros sueños. Estoy muy orgullosa de ti. Te Amo Mucho mi Prin...

A mis compañeros por aguantarme tanto tiempo, gracias por el gran apoyo que siempre me brindaron. Por fin LO LOGRAMOS.

Aileen Duarte

DEDICATORIA

A Dios gracias por darme la vida y ser pilote fundamental en mi vida, por darme la hermosa familia que tengo y por estar siempre presente en mi día a día. A mi virgencita querida "Mi Chinita" por guiarme por el camino del bien y estar conmigo siempre.

A mis Padres Deisy Morillo y Teolindo Aponte por darme la vida, por ser esos padres ejemplares y luchadores que con su gran esfuerzo, amor, dedicación, paciencia y mucho cariño guiaron mis pasos para ser la persona que soy ahora. LOS AMO son mi razón de ser la luz de mis ojos y las personas que más amo en este mundo; gracias por estar ahí cuando más lo necesitaba por enseñarme lo que es respeto, honestidad, constancia y disciplina.

A mis Hermanas Yeisy y Yerilee por ser las mejores! Y por ser gran apoyo en mi vida las amo!

A mis sobrinos Dieguito, Luis Alfredo, José Antonio, Andrés y mi chiquito Manuel Steven.

A mi abuelita Hilda que desde el cielo me está apoyando siempre y sé que está feliz! Esto es para ti! Te amo viejita.

A todos mis compañeros, amigos, grupo de estudios y ahora colegas que de alguna u otra manera estuvimos siempre en la lucha para lograr nuestros sueños! Lo logramos!!!!

A mi prin Aileen Duarte, gracias por estar a mi lado! No sólo eres mi novia sino mi mejor amiga, mi compañera de tesis, mi complemento! Gracias por tenerme tanta paciencia, amarme y quererme! Gracias por estar a mi lado en esos momentos difíciles ya que fuiste mi aliento cuando decaía. Te amo princesa "Lo eres Todo".

A todas esas personas, profesores y amigos que de alguna u otra manera formaron parte de mi desarrollo personal y profesional.

Luis Gerardo Aponte

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a dios por haber colocado en nuestro camino a todas aquellas personas que de alguna u otra manera nos brindaron generosamente su colaboración para la realización de este trabajo de grado, en especial:

- A nuestro Tutor Académico Ing. Edson Martínez, por guiarnos y brindarnos su apoyo desde primera instancia a lo largo de este trabajo de grado, ayudándonos de esta manera a cumplir nuestra meta.
- Ing. Carlos Prato “Gte. Técnico de Agregados Livianos C.A.”, por brindarnos su gran apoyo y colaboración para la realización de este trabajo de grado.
- A nuestro compañero Carlos Manzanares por ser un gran apoyo y brindarnos su colaboración en todo momento.
- Al Laboratorio de Materiales y Ensayos por permitirnos realizar los ensayos necesarios para el desarrollo de esta tesis.
- Igualmente no podemos dejar de agradecer a todo el personal docente, por brindarnos sus conocimientos para nuestra formación académica, y al personal administrativo y obrero de nuestra Universidad de Carabobo.

Aileen Duarte y Luis Gerardo Aponte

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTOS.....	vii
INDICE GENERAL.....	viii
LISTA DE TABLAS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	x
RESUMEN.....	xii
 INTRODUCCIÓN.....	 1
CAPÍTULO I	
EL PROBLEMA	
Planteamiento del Problema.....	3
Objetivos de la Investigación.....	4
Objetivo General.....	4
Objetivos específicos.....	4
Justificación.....	5
Alcance.....	6
Limitaciones.....	6
CAPÍTULO II	
MARCO TEÓRICO	
Antecedentes de la Investigación.....	8
Bases Teóricas.....	10
Agregados.....	10
Cemento.....	15
Agua para concreto	17
Agregado Liviano.....	18
Aliven.....	19
Usos del Aliven.....	22
Concreto.....	23
Concreto Liviano.....	24
Descripción del Concreto Liviano ALIVEN.....	25
Características del Concreto liviano ALIVEN.....	26
Diseño de Mezcla.....	27
Resistencia a la Compresión.....	27
Resistencia a la Tracción.....	28
Resistencia a la Tracción por Flexión.....	29

Cálculo del Tamaño Muestral.....	32
Definición de términos.....	36
Marco Normativo Legal.....	41
CAPÍTULO III	
MARCO METODOLÓGICO	
Diseño de Investigación.....	43
Tipo de Investigación.....	44
Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	44
Procedimientos para la Ejecución de la Investigación.....	45
Población y Muestra.....	56
Organización de Data y Mediciones.....	62
CAPTÍULO IV	
PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS	
Resultados Ensayos Realizados al Agregado Fino.....	63
Criterios de Análisis para los Resultados de las Resistencias.....	72
Resultados Resistencia a Compresión.....	73
Resultados Resistencia a Tracción por Flexión.....	81
CONCLUSIONES.....	93
RECOMENDACIONES.....	95
BIBLIOGRAFIA.....	96
ANEXOS	

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Tipos de granulometría	22
Tabla 2. Tipos de productos Aliven (por granulometría y densidad)	22
Tabla 3. Desviación estándar de esperar en el concreto según el grado de control	35
Tabla 4. Valores de la t de student para varios niveles de probabilidad y fracciones defectuosas	36
Tabla 5. Concreto Liviano Estructural de Resistencia 250 Kg/cm ²	59
Tabla 6. Composición Granulométrica del Agregado Fino	64
Tabla 7. Resistencia a los 14 días, Mezcla 1, 3 y 4	73
Tabla 8. Resistencia a los 28 días, Mezcla 1, 3 y 4	73
Tabla 9. Resistencia a los 7 días, Mezcla 2, 5 y 6	74
Tabla 10. Resistencia a los 28 días, Mezcla 2, 5 y 6	74

Tabla 11.	Desarrollo de la Resistencia a la Compresión	75
Tabla 12.	Resistencia a los 14 días, Mezcla 2, 5 y 6	77
Tabla 13.	Resistencia a los 14 días	77
Tabla 14.	Resistencia a los 28 días	79
Tabla 15.	Resistencia a los 14 días, Mezcla 1, 3 y 4	81
Tabla 16.	Resistencia a los 28 días, Mezcla 1, 3 y 4	81
Tabla 17.	Resistencia a los 7 días, Mezcla 2, 5 y 6	82
Tabla 18.	Resistencia a los 28 días, Mezcla 2, 5 y 6	82
Tabla 19.	Desarrollo de la resistencia a tracción por flexión	83
Tabla 20.	Resistencia a los 14 días, Mezcla 2, 5 y 6	85
Tabla 21.	Resistencia a tracción por flexión a los 14 días	85
Tabla 22.	Resistencia a tracción por flexión a los 28 días	87

LISTA DE FIGURAS Y GRÁFICOS

		Pág.
Figura 1.	Hornos rotatorios de agregados livianos	20
Figura 2	Estructura de la pella Aliven	20
Figura 3.	Arcilla Natural en el inicio del proceso	21
Figura 4.	Crecimiento de Resistencias	31
Figura 5	Diagrama de un Dispositivo para Ensayar Vigas de Concreto a Flexión con Carga en el Centro del Tramo	53
Gráfico 1.	Curva Granulométrica	64
Gráfico 2	Desarrollo de la Resistencia a la compresión de la Mezcla 2	75
Gráfica 3	Desarrollo de la Resistencia a la compresión de la Mezcla 5	76
Gráfica 4	Desarrollo de la Resistencia a la compresión de la Mezcla 6	76
Gráfica 5	Evaluación de la Resistencia a Compresión a la edad de los 14 días	78
Gráfica 6	Evaluación de la Resistencia a Compresión a la edad de los 14 días	80
Gráfica 7	Desarrollo de la Resistencia a Tracción por Flexión de la Mezcla 2	83
Gráfica 8	Desarrollo de la Resistencia a Tracción por Flexión de la Mezcla 5	84
Gráfica 9	Desarrollo de la Resistencia a Tracción por Flexión de la Mezcla 6	84
Gráfica 10	Evaluación de la Resistencia por Flexión a la edad de	86

	los 14 días	
Gráfica 11	Evaluación de la Resistencia por Flexión a la edad de los 28 días	88
Gráfica 12	Evaluación de la Resistencia a Compresión en función a la edad de los 14 días	90
Gráfica 13	Evaluación de la Resistencia por Flexión en función a la edad de los 28 días	90



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS



CARACTERIZACIÓN DEL AGREGADO LIVIANO ALIVEN® A TRAVÉS DE LA RESISTENCIA A TRACCIÓN POR FLEXIÓN SEGÚN LA NORMA COVENIN 343-79.

Elaborado por: Aponte, Luis

Duarte, Aileen

Tutor: Ing. Edson Martínez.

Fecha: Octubre, 2012

RESUMEN

El uso del agregado liviano Aliven®, se ha venido masificando en el ámbito constructivo, es por ello que la presente investigación tiene como finalidad caracterizar ese agregado a través de la resistencia a tracción por flexión según la Norma COVENIN 343-79. Se basó en un estudio de carácter experimental de tipo descriptivo. Se elaboraron 6 mezclas, cada una de ellas conformada por 3 cilindros y 3 viguetas para cada edad en estudio (14 y 28 días), dando un total de 72 probetas, comprendidas entre 36 viguetas, y 36 cilindros. El diseño de mezcla empleado, fue suministrado por la empresa Aliven®. De los resultados se obtuvo la ecuación que caracteriza el agregado liviano Aliven®. Se concluyó que la aplicación de dicha ecuación será de gran utilidad para la obtención de la resistencia a tracción por flexión del concreto, debido a que los resultados que arrojará serán más confiables.

Descriptores: Agregado liviano, Tracción por flexión, Aliven®

INTRODUCCIÓN

Actualmente en Venezuela, el uso del agregado liviano Aliven® se ha venido masificando en el ámbito constructivo, por ser un agregado que presenta diferentes características como lo es la baja densidad, alta resistencia comparable con los agregados convencionales, aislamiento térmico, aislamiento acústico (amortiguan las vibraciones), durabilidad, entre otros. De este modo, con su aplicación en las estructuras de concreto, se logra reducir la carga muerta, permitiendo construir estructuras menos pesadas y por lo tanto más económicas.

Sin embargo al momento de calcular la resistencia a tracción del concreto empleando este tipo de agregado, mediante el método de tracción por flexión, se ha venido realizando con una ecuación muy generalizada estipulada por la Norma Venezolana FONDONORMA 1753-2006, *“Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural”* (1ra. Revisión), en la cual no toma en cuenta las características de cada tipo de agregado liviano, arrojando resultados que pudieran tener cierta discrepancia con el valor real. Es por ello, que surge la necesidad de determinar una ecuación más precisa, la cual permita obtener resultados con más veracidad, mediante la caracterización del agregado liviano Aliven® a través de la resistencia a tracción por flexión según la Norma COVENIN 343-79, *“Método de Ensayo para Determinar la Resistencia a la Tracción por Flexión del Concreto, en Vigas Simplemente Apoyadas, con Carga en el Centro del Tramo”*.

Este trabajo de investigación está estructurado por (4) capítulos, conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexos.

A continuación se describen los capítulos de la siguiente manera:

- Capítulo I: El Problema (planteamiento, formulación, objetivos, alcance y limitación de la investigación).
- Capítulo II: Marco Teórico (antecedentes de la investigación, bases teóricas, términos básicos)
- Capítulo III: Marco Metodológico (diseño, tipo y nivel de la investigación, población y muestra, descripción, técnicas e instrumentos de recolección de datos, definición de variables. Estudio de los procesos, materiales y equipos utilizados, proceso de elaboración de probetas y descripción de ensayos).
- Capítulo IV: Análisis e interpretación de los resultados obtenidos de los ensayos, presentación de tablas y gráficas para la mejor comprensión e interpretación del mismo. Se definen las conclusiones y recomendaciones de los resultados derivado de este trabajo para fomentar futuras investigaciones referente al tema.

CAPITULO I

EL PROBLEMA

Planteamiento del Problema

En las construcciones civiles actuales, el tipo de agregado grueso representa una gran influencia en la calidad del concreto, existiendo una amplia gama de agregados tanto livianos como pesados, con los que es posible obtener diversas plasticidades, resistencias y apariencias.

El uso de agregado liviano en la elaboración del concreto aportan ventajas, como lo son la baja densidad, aislamiento térmico, aislamiento acústico (amortiguan las vibraciones), al reducir la carga muerta de una estructura de concreto, se disminuye el tamaño de los elementos estructurales como columnas, vigas y zapatas, permitiendo construir estructuras menos pesadas y por lo tanto más económicas. Por otro lado las mezclas con este agregado permiten resistencias similares a las que ofrece el concreto de peso normal y proporciona un coeficiente de resistencia-peso más eficiente en elementos estructurales.

Uno de los métodos de ensayo para determinar la resistencia a la tracción del concreto, es el conocido como tracción por flexión, este método se ha aplicado para diferentes tipos de agregados con una ecuación muy generalizada estipulada por la Norma Venezolana vigente FONDONORMA

1753-2006, “Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural” (1ra. Revisión), arrojando resultados que pudieran tener una cierta discrepancia con el valor real, puesto que no se toma en cuenta las características de cada tipo de agregado liviano.

En este trabajo de investigación se pretende obtener la relación del módulo de rotura con la resistencia a la compresión cilíndrica (f'_c) para el agregado liviano ALIVEN®.

Una vez expuesto lo anterior, cabe preguntarse la siguiente interrogante:

¿Qué beneficios se pueden adquirir con la obtención de la ecuación que caracteriza el módulo de rotura para este tipo de agregado liviano ALIVEN®, que pudiera arrojar resultados más confiables?

Objetivos de la Investigación

Objetivo General

Caracterizar el agregado liviano Aliven® a través de la resistencia a tracción por flexión según la Norma COVENIN 343-79.

Objetivos Específicos

1. Efectuar los ensayos requeridos al agregado fino mediante los procedimientos indicados por las Normas COVENIN y por la ASTM (Sociedad Americana para Ensayos de Materiales).
2. Ensayar las probetas de concreto (viguetas y cilindros) mediante la resistencia a tracción por flexión y compresión respectivamente a las edades de 14 y 28 días.

3. Analizar los resultados obtenidos de los ensayos aplicados a las probetas.
4. Establecer la ecuación que relaciona la resistencia a la compresión cilíndrica con el módulo de rotura.

Justificación

Hoy en día en la construcción se ha masificado el uso del agregado liviano, razón por la cual sus propiedades resultan tan importantes para la calidad de la mezcla, es por esto que sus características deben ser aquellas que benefician el desarrollo del concreto, esto ha conllevado a la realización de diferentes ensayos para caracterizarla de una manera más precisa.

Este trabajo de investigación tiene como justificación principal el hecho de que la determinación de la resistencia a tracción del concreto mediante el método de tracción por flexión, se ha venido aplicando para diferentes tipos de agregados con una ecuación muy generalizada estipulada por la Norma Venezolana vigente FONDONORMA 1753-2006, “Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural” (1ra. Revisión), por lo que se desea obtener la ecuación que caracterice el módulo de rotura para el tipo de agregado liviano Aliven®, que pudiera arrojar resultados más confiables.

Es así como mediante este estudio se lograra cumplir con los requisitos académicos ya que esta investigación abarca varios temas indagados en el pensum de la carrera establecido de la escuela de ingeniería civil, así mismo puede convertirse en un material de apoyo para estudiantes y profesores del área de Concreto y Materiales y Ensayos.

Por otra parte se debe señalar que dicha caracterización contribuyen en los aspectos técnicos puesto que se obtendrá una ecuación del módulo de rotura de manera más específica para el agregado liviano en estudio, arrojando resultados más confiables y aportando a las bases teóricas una nueva ecuación que ayuda a determinar la resistencia a la tracción del concreto mediante el método de tracción por flexión, brindándole a los profesionales de la ingeniería civil así como de la construcción valores de resistencia a tracción que le permitan trabajar de una manera más segura.

Alcance

Esta investigación se basará en la caracterización del agregado liviano Aliven® a través de la resistencia a tracción por flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas, con carga en el centro del tramo según la Norma COVENIN 343-79, adicionalmente se realizarán ensayos a compresión de las probetas cilíndricas según lo indica la Norma COVENIN 338-2002, “Concreto. Método para la Elaboración, Curado y Ensayo a Compresión de Cilindros de Concreto” (2da. Revisión), con la finalidad de obtener la relación del módulo de rotura con la resistencia a la compresión cilíndrica (f'_c) para el agregado liviano ALIVEN®.

Dichos ensayos se analizarán a las edades de 14 y 28 días, donde se elaborarán una cantidad de probetas a ensayar que brindarán una confiabilidad adecuada.

Limitaciones

El número de probetas a ensayar se determinará mediante técnicas estadísticas con la finalidad de obtener una cantidad de muestras moderada,

debido al poco espacio que se encuentra disponible en el Laboratorio de Materiales y Ensayos de la Universidad de Carabobo.

La caracterización obtenida de la ecuación del módulo de rotura en esta investigación es aplicable solo para el agregado liviano Aliven®, mediante el diseño de mezcla indicado en el “Manual de Aplicaciones Generales de Aliven” para una resistencia de diseño de 250 Kg/cm², donde su uso se ve restringida en zonas donde no haya disponibilidad de este tipo de agregado.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

Antecedentes de la Investigación

Martinez J.; Zeichen A. (2.006). **“ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO LIGERO, CON LA ADICIÓN DE ARENA LIVIANA TIPO ALIVEN”**. (Trabajo No Publicado de la Universidad de Carabobo). Este trabajo de investigación trató sobre la determinación del análisis del comportamiento de la resistencia a la compresión del concreto ligero, mediante la adición de arena liviana tipo Aliven, con la realización de estudios experimentales, basados en la comparación de una mezcla patrón vs diferentes mezclas dosificadas, buscando evaluar el cambio de la resistencia y dosificación del concreto ligero. Se llegó a la conclusión que el comportamiento de los diseños de mezclas con la variación de arena Aliven no es aceptable, debido a bajas resistencias que se presentaron en el diseño de mezcla con 100% arena Aliven. Para que la resistencia este dentro de los límites establecidos para fabricación de concreto no estructural se debe disminuir la relación agua/cemento mediante el aumento de la cantidad del cemento, pero debido a la escasez de los materiales presentados hoy en día en el País, precisamente del cemento, resulta más costosa esa alternativa, es por esto que se recomienda no utilizar no más de un 75% de arena Aliven dentro del diseño de mezcla.

El trabajo que precede, analiza el comportamiento de la resistencia a la compresión del concreto ligero con la adición de arena liviana tipo Aliven, aportando de esta manera conocimientos para la mejor compresión del comportamiento del agregado en estudio.

Salinas, H y Cubero, V. (2.006). **“DETERMINAR LA RELACION ENTRE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y LA RESISTENCIA A FLEXIÓN DEL CONCRETO CON EL DISEÑO DE MEZCLAS Y AGREGADOS DE LA PLANTA DE PREMEZCLADO MOROMIX C.A DE RESISTENCIA 210 Y 250 KG/CM² CON LOS AGREGADOS UTILIZADOS EN SU PLANTA”**. (Trabajo No Publicado de la Universidad de Carabobo). Esta investigación se basó en un estudio de tipo correlacional comparativo, donde se determinó la cantidad de ensayos para la obtención de resultados confiables y se establecieron gráficas comparativas entre la resistencia a compresión axial de los cilindros y la resistencia a flexión de viguetas de concreto, con resistencias de diseño 210 y 250 kgf/cm² a 28 días, con un diseño de mezcla empleado por la producción de la planta de premezclado Moromix C.A. Sus conclusiones fueron que el concreto cumple con las resistencias de diseño preestablecidas para el estudio y además de la obtención de un factor de correlación de los ensayos de cilindros a compresión y las viguetas a flexión del concreto con el diseño de mezcla y agregado de la Planta de Premezclado Moromix C.A.

La tesis precedente analiza la relación entre la resistencia a compresión de los cilindros y la resistencia a flexión de viguetas de concreto con un análisis de tipo correlativo para un concreto de agregado pétreo, aportando de esta manera conocimientos para el análisis de regresión que se aplicara en el desarrollo de esta tesis de estudio para poder obtener la caracterización del agregado Aliven® a través de la resistencia a tracción por flexión.

Velasco, L. y Maracara, M. (1.983). **“CONCRETOS LIVIANOS ESTRUCTURALES A BASE DE AGREGADO LIVIANO ESTRUCTURAL DE ARCILLAS EXPANDIDAS”**. (Trabajo No Publicado de la Universidad de Carabobo). El trabajo especial de grado se baso en el estudio sobre el comportamiento del concreto liviano con agregados de arcillas expandidas, obteniendo mezclas con densidades aproximadamente 1850 kg/m³, esto significa una reducción de alrededor de un 25% en comparación con la densidad del concreto con agregados pétreos, alcanzando una considerable disminución en el peso propio de las estructuras, en la cantidad de acero en miembros y fundaciones, en la superficie de fundación y de los costos de los encofrados. Resulta claro que, al igual que el Aliven®, el material del que se habla en la tesis citada se fundamenta en las mismas características del agregado, debido a que proporcionan las mismas ventajas en el concreto liviano tales como la baja densidad del concreto, aislamiento acústico y térmico, altas resistencias, entre otras cosas. Características que sustenta el desarrollo del concreto que se pretende alcanzar en el desarrollo de esta investigación.

Bases Teóricas

Agregados

Los agregados conforman el esqueleto granular del concreto ya que alcanzan a representar entre el 70% y el 85% de su peso, es por esto que sus propiedades resultan tan importantes para la calidad y desarrollo de la mezcla del concreto. Debe señalarse que estos materiales son generalmente inertes, naturales o no, apropiados para la preparación de concretos, siendo producto de la desintegración o abrasión de las rocas.

Es de gran importancia conocer las características de los agregados al ser empleados en un diseño de mezcla, ya que influyen de manera directa en la trabajabilidad, en el contenido de cemento, en la adherencia de la pasta y en el desarrollo de resistencias mecánicas.

Ahora bien, en el suministro de los agregados, se pueden obtener de cualquiera de las siguientes circunstancias:

1. Agregados controlados: Son obtenidos de plantas industriales destinadas para la producción de los mismos, las cuales llevan un control riguroso para garantizar la calidad. Son los ideales para producir concretos, sin embargo, es muy inusual.
2. Agregados conocidos pero no controlados: Provenientes de zonas de saques que ya fueron analizados en algunas ocasiones. Las operaciones de preparación y control a que son sometidos no garantizan su limpieza y su granulometría, es por esto que requieren ser controlados con ensayos cuyas frecuencias avalen calidad.
3. Agregados Nuevos: Aquellos cuya calidad se desconoce por no tener experiencia previa con ellos, requieren de una serie de ensayos normalizados que en conjunto son la única garantía para poder aceptarlos.

Clasificación de los Agregados

Los agregados se clasifican acorde a las normas en:

- *Agregados Finos*: Proviene de la desintegración de roca, conformados por arenas de río (arenas naturales) o provenientes de piedras trituradas denominadas arenas artificiales o manufacturadas. Su granulometría está comprendido entre 4.76 mm y 0.074 mm (pasa cedazo # 4 y queda retenido # 200).
- *Agregados Gruesos*: Puede consistir en Gravas (agregado pétreo proveniente de la desintegración de rocas calizas duras o silíceas),

Granzón (grava mezclada con arena) y Escoria de los Altos Hornos (material no metálico que consiste esencialmente de silicato y aluminio-silicato de calcio, el cual se produce con la obtención de hierro producido en los altos hornos). Su granulometría es mayor a 4.76 mm (material retenido en el cedazo # 4).

Requisitos para los Agregados

a. Buena calidad Granulométrica

Los agregados deben estar formados por partículas de diversos tamaños, de tal manera que los granos más gruesos, sigan otros más pequeños y así sucesivamente hasta que los más finos, se enlacen con las partículas de cemento. Con esto se logra:

- Facilidad de colocación, es decir trabajabilidad de la mezcla.
- Resistencia controlada por reducir el número de vacíos.
- Economía de la mezcla por reducir la cantidad de agua más cemento.

Ensayos a emplear:

- Método de Ensayo para determinar la composición Granulométrica de Agregados Finos y Gruesos (C.C.C.A. Ag. 2 – COVENIN 255-77).
- Método de Ensayo para determinar el Cociente entre la Dimensión Máxima y Mínima en Agregados Gruesos para Concreto. (C.C.C.A. Ag. 11 – COVENIN 264-77).

b. Tamaño máximo controlado

Determinado por el tipo de estructura y/o el refuerzo metálico muy o poco tramado. Este tamaño máximo debe ser:

- 2/3 de la separación mínima entre barras.
- 1/5 de la separación mínima del encofrado.

c. *No contener impurezas*

No deben contener ni arcillas ni limos así como materia orgánica en descomposición ni materia vegetal.

- Los finos (arcillas y limos) evitan contacto de la pasta agua cemento con todas las superficies de todas estas partículas.
- La materia en descomposición degenera las propiedades del concreto.
- Material vegetal aun cuando es inerte, siendo poco resistente y ocupando un volumen en el concreto producen la disminución de su resistencia.

Ensayos a emplear:

- Método de Ensayo para determinar por Lavado el Contenido de materiales más Finos que el cedazo # 200 en Agregados. (C.C.C.A. Ag. 5 – COVENIN 258-77).
- Método de Ensayo para la determinación por Suspensión de Partículas menores a 20 Micras en Agregados Finos. (C.C.C.A. Ag. 6 – COVENIN 259-78).
- Método de Ensayo para la determinación Cualitativa de Impurezas Orgánicas en Arenas para Concreto. (C.C.C.A. Ag. 3 – COVENIN 256-77).

d. *Resistencia a la desintegración mecánica*

Los agregados deben ser resistentes a la abrasión producto del impacto y el paso del tiempo ya que el concreto es un material que va a estar sujeto a esfuerzos.

Ensayos a emplear:

- Método de Ensayo para determinar la Resistencia al Desgaste en Agregado Grueso por medio de la Máquina de los Ángeles. (C.C.C.A. Ag. 13 y Ag. 14 – COVENIN 266-78 y 267-78).

e. *No contener sales perjudiciales*

Las sales perjudiciales se encuentran generalmente en los agregados finos de las siguientes formas:

- Los sulfatos reaccionan con los álcalis y producen productos expansivos que agrietan y rompen las piezas de concreto.
- Los cloruros por su parte oxidan el refuerzo de acero.

Ensayos a emplear:

- Método de Ensayo para determinar Cuantitativamente el contenido de Cloruros y Sulfatos solubles en las Arenas. (C.C.C.A. Ag. 8 – COVENIN 261-77).

f. Tener poca reactividad potencial

En el concreto los agregados deben resistir los efectos de disgregación química, sobre todo en los casos en que estará expuesto a la acción de agentes químicos perjudiciales tales como:

- Aguas de subsuelo ricas en yeso en solución.
- Agua de mar.
- Silos.
- Fábricas o depósitos de productos químicos.

Ensayos a emplear:

- Método de Ensayo para determinar la Reactividad potencial de agregados. (C.C.C.A. Ag. 9 – COVENIN 262-77).
- Método de Ensayo para determinar la Disgregabilidad de los Agregados por medio del Sulfato de Sodio o Sulfato de Magnesio. (C.C.C.A. Ag. 18 – COVENIN 271-78).

g. No contener granos de arcilla cementados ni partículas desmenuzables

Ocurre generalmente en el agregado grueso en forma de partículas cementadas fácilmente desmenuzables, restando resistencia del concreto.

Ensayos a emplear:

- Método de Ensayo para determinar el contenido de terrones de arcilla y partículas desmenuzables en agregados. (C.C.C.A. Ag. 4 – COVENIN 257-78).

h. Tener peso específico elevado

A medida que el agregado tenga un mayor peso de sus agregados, esto puede dar una idea de la compacidad de la roca madre que dio origen al agregado.

Se puede concluir que con un elevado peso específico de los aglomerantes, se podrá obtener entonces concretos de una mayor dureza y menor desgaste.

Los pesos específicos de los agregados deben oscilar entre:

- Pesos específicos para agregados gruesos y finos: Entre 2.6 y 2.7 Kg/cm³.
- Pesos sueltos:
 - Agregado fino: 1.7 Kg/cm³.
 - Agregado grueso: 1,4Kg/cm³.

Ensayos a emplear:

- Método de Ensayo para determinar el peso específico y la absorción del agregado fino. (C.C.C.A. Ag. 15 – COVENIN 268-78).
- Método de Ensayo para determinar el peso específico y la absorción del agregado grueso. (C.C.C.A. Ag. 16 – COVENIN 269-78).

Cemento

El cemento es una masa mineral que une los fragmentos o las arenas de las que se compone algunas rocas. Derivado de las rocas Calizas, es el componente activo del concreto, debido a que actúa como material

aglomerante el cual constituye del 10 a un 20% del peso del concreto que con él se quiere preparar.

Cuando se habla de cemento, se habla de cemento Portland. Este cemento se produce haciendo una combinación entre materiales ácidos (Sílice y Aluminio) y otros básicos (Roca Caliza) lo cual produce una mezcla de materiales minerales.

Clasificación del Cemento

De la mezcla de los materiales ácidos (Sílice y Aluminio) y otros básicos (Roca Caliza) se produce un material primario conocido como Clinker. Este material tiene algunas impurezas tales como: Álcalis + Magnesio.

Según sus componentes, el cemento, se puede clasificar de la siguiente manera:

- Cemento Tipo I (Ferre Aluminato Tetra – Cálculo): Su uso es general, útil para la formación del Clinker original en la fase de producción.
- Cemento Tipo II (Escoria Siderúrgica): Desarrollo lento de resistencias y bajo calor de hidratación, posee gran resistencia a los sulfatos (SO_4).
- Cemento Tipo III (Silicato Tri Cálculo C_3S): Altas resistencias iniciales y alto calor de hidratación.
- Cemento Tipo IV (Silicato Di Cálculo C_2S): Desarrollo lento de resistencias y moderado calor de hidratación.
- Cemento Tipo V (Aluminato Tri Cálculo C_3A): Muy alto calor de hidratación y gran resistencia a los sulfatos (SO_4).

Agua para Concreto

Para que se lleve a cabo el proceso de hidratación del concreto, es necesario que la pasta contenga una adecuada cantidad de agua sin impurezas.

El agua debe ser suave, no debe contener ni Cloruros (CL^-) y Sulfatos (SO_4). Además, el agua de mezclado debe ser limpia, por lo tanto no debe contener aceites, ácidos, álcalis y materias orgánicas.

a. Efectos de las impurezas en el agua

Las impurezas actuarían negativamente a los fines de lograr resistencias y trabajabilidad, así como correcto fraguado y endurecimiento.

- Efectos del agua de mar: Una concentración excesiva de sales puede producir pérdida en la resistencia del concreto, así como un incremento de la corrosión potencial del acero del refuerzo.
- i. Por los Cloruros: Deben ser menor al 5%. (5% implica reducir resistencia 30%)
- ii. Por los Sulfatos: Debe ser menor a 1%. (1% implica reducir resistencia 10%).
- Efectos de los ácidos y álcalis: Se deben evitar aguas para preparar concretos con ácido sulfúrico pues disminuyen su resistencia.
- Efectos de los aceites: Concentraciones superiores al 2% del peso del cemento de la mezcla, disminuye la resistencia en más de un 20%.
- Efectos del azúcar: Concentraciones entre 0.03 y 0.15% del peso del cemento de la mezcla, retardan el tiempo de fraguado, disminuyendo el desarrollo de la resistencia del concreto.

Agregado Liviano

Los agregados livianos usados en la elaboración del concreto, han sido adoptados en consideración a su estructura celular, que ofrece una de las principales ventajas, que es la baja densidad y consecuentemente el aislamiento térmico, a la par de ciertas propiedades acústicas, pues amortiguan las vibraciones.

Generalmente los agregados livianos son arcillas y, menos frecuentemente, otros materiales tales como pizarras y esquistos, donde son sometidos a temperaturas relativamente altas, originando gases que causan expansión en su estructura interior, que no alcanzan a salir, porque la misma temperatura ha llevado la superficie de los granos hasta una condición “piroplástica”; con ello se produce una semifusión casi instantánea, lo que origina una delgada costra exterior en el grano.

Los agregados livianos para el concreto liviano armado deben satisfacer las siguientes condiciones:

- Forma de los granos compacta, redondeada, con la superficie cerrada.
- Invariabilidad de volumen.
- Suficiente resistencia a los fenómenos climatológicos.

Características del agregado liviano

(Porrero J y otros, 2009) Señalan lo siguiente:

- **Peso:** La características más importantes de este nuevo material, es su menor peso comparado con el agregado pétreo usual. Para agregados livianos con base de arcilla expandida, el peso unitario suelto de la fracción gruesa suele estar entre los 550 y los 900 Kg/m³, en contra de los 1350 a 1450 Kg/m³ de los agregados normales. Y en los finos, dependiendo de su origen, entre los 750 y

los 1200 Kgf/m³ para los livianos, comparado con los 1500 a 1600 Kgf/m³ de los normales. El peso de los agregados livianos y otras de sus características están muy ligados a los aspectos de su proceso de preparación.

- Absorción: A pesar de la baja porosidad de su costra superficial, los agregados livianos pueden llegar a absorber altas proporciones de agua, debido a su interior poroso. Esta reserva de agua en su masa tiene que ser tomada en cuenta en el momento de diseño de la mezcla. La misma reserva de agua resulta muy ventajosa como agente de curado interno del concreto.
- Resistencia: No es usual medir la resistencia de los granos, sino indirectamente en concretos preparados con ellos. Los agregados livianos tienen menor resistencia que los normales, a pesar de que concretos hechos con ellos alcanzan resistencias altas, propias de concretos estructurales. A medida que aumenta el diámetro de los granos, disminuye su densidad y resistencia.
- Desgaste: La resistencia al desgaste es limitada, por lo que no es recomendable, en principio, usarlo en elementos tales como aceras, pisos, u otros elementos sometidos a la abrasión. (p. 300)

ALIVEN®

El Aliven®, es un agregado liviano de arcilla expandida producida en grandes hornos rotatorios (ver figura 1), que se presenta en forma de pequeñas esferas o pellas livianas (ver figura 2). Mediante este tratamiento la arcilla se transforma en gránulos esféricos porosos y ligeros, constituidas por una corteza cerámica vitrificada, rígida y resistente, de color pardo, que encierra una estructura alveolar microporosa de color gris.



Figura 1. Hornos rotatorios de Agregados Livianos. Nota. www.aliven.com.ve



Figura 2. Estructura de la pella Aliven®. Nota. www.aliven.com.ve

Los agregados livianos de la marca Aliven® están formados por un material aislante de origen cerámico, producido industrialmente. Se fabrica a partir de arcilla pura extraída de canteras a cielo abierto (ver figura 3). 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.

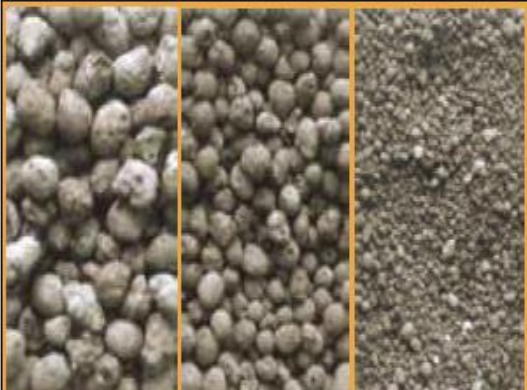
Aglomerado con agua en los platos granuladores, el crudo forma por efecto de la rotación unas esferas de barro de tamaño controlado. Estas pequeñas esferas, con una granulometría de 0 a 4 mm, son el germen de la arcilla expandida. La expansión de la arcilla se produce en hornos rotativos gracias a un choque térmico a 1.200 °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.



Figura 3. **Arcilla natural en el inicio del proceso.** Nota. www.aliven.com.ve

En su producción y a temperaturas a más de 1.150°C se obtiene la expansión de la arcilla, convirtiéndola en pellas de diferentes tamaños, que luego de ser separadas a través de un cribado con mallas de varios diámetros, se obtienen cuatro granulometrías que van desde 0.01 mm a 20 mm (ver tabla 1).

Tabla 1
Tipos de granulometría.

	Aliven	Granulometría (mm)	Densidades aprox. (Kg/m ³)
	Arena	0-4,75	600-700
	Fino	5-9	380-420
	Medio	10-14	340-380
	Grueso	15-20	280-300

Nota. Datos tomados del Manual de Aliven®.

Cada granulometría, presenta una determinada rigidez y resistencia propia, así como una calidad permanente y uniforme, proporcionando un material cuya vida útil se mide en miles de años.

Uso del Aliven®

Aliven® se utiliza suelto, mezclado y/o rociado con cemento y como agregado para la elaboración de concreto liviano (estructural, aislante/relleno, unidades de mampostería, frisos y otras muchas aplicaciones) obteniendo así, desde aplicaciones como sustituto de la base granular o piedra picada previa a la losa de fundación, como para elaboración de concretos de alta, media y baja resistencia, fabricación de elementos de mampostería, prefabricados y otros.

Tabla 2.
Tipos de productos Aliven® (por 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 super livianos, morteros refractarios, unidades de mampostería y cultivos intensivos (hidroponía).

Cont. Tabla 2

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. Datos tomados del Manual de Aliven®.

Características Generales de los Agregados Livianos:

- Liviano: Debido a su estructura alveolar microporosa interna, Aliven® es hasta 70% más liviano que los agregados convencionales.
- Resistente: 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).
- Duradero: El proceso de vitrificación fusiona todos los minerales que contiene el material, formando un sólido estable, cuyas propiedades se mantienen a través del tiempo.
- Resistente al fuego: 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.

Concreto

El concreto se obtiene al mezclar dos conjuntos de elementos: en primer lugar la pasta, la cual está formada por una mezcla entre agua y cemento; en segundo lugar se encuentran los agregados, los cuales están representados

principalmente por la arena y la piedra picada. Al mezclarse estos cuatro elementos dan por resultado un material de gran durabilidad que fragua y endurece, incrementando su resistencia con el paso del tiempo.

Este material es por excelencia el más utilizado en la construcción. Esto se debe a sus propiedades mecánicas que lo hacen capaz de resistir grandes esfuerzos a base de compresión. Es un material muy durable, resistente al fuego y a la intemperie; muy versátil, y puede adoptar cualquier forma. Posee una buena resistencia a la compresión, con valores típicos en el país entre 210 y 350 kgf/cm². Sin embargo, se producen actualmente concretos de «alta resistencia» con valores de resistencia hasta de 1200 kgf/cm².

La ventaja que tiene sobre otros materiales como el acero, es que no se corroe si está expuesto a la intemperie, es posible la construcción de estructuras uniformes, continuas y monolíticas, y su facilidad de construcción ya que es el material creado por el hombre más utilizado en toda la historia.

También tiene desventajas, como su poca resistencia a la tracción, aproximadamente la décima parte de la de compresión y tal vez su peso. Además, sus propiedades mecánicas pueden ser muy variables, ya que dependen de la calidad, la dosificación de los materiales, del proceso de producción, transporte, colocación y curado.

Para obtener un buen concreto no sólo basta contar con materiales de buena calidad mezclados en proporciones correctas. Es necesario también tener en cuenta factores como el proceso de mezclado, transporte, colocación o vaciado y curado.

Concreto Liviano

Porrero J. y otros. (2009) comentan lo siguiente:

Aunque en la tecnología del concreto se preparan diferentes tipos de concreto con menor peso unitario que el concreto normal o convencional, cuando se dice solamente “concreto liviano” se entiende que es el preparado con agregados livianos que pueden ser de origen natural pero que con más frecuencia, se trata de agregados obtenidos artificialmente. Generalmente, los otros concretos son llamados: concretos ligeros o aligerados, y no suelen tener usos estructurales, sino aplicaciones como tabiquería y cerramiento. Los concretos estructurales livianos tienen un peso unitario entre 1500 y 1850 Kg/m³. (p. 299)

El concreto liviano tiene el mismo principio de construcción que el concreto convencional, y ha sido usado cuando la carga muerta es un factor importante y el concreto de peso normal es muy pesado para ser práctico. Debido a que las propiedades físicas de los agregados normales y livianos son diferentes, sus factores de diseño también varían. Sin embargo, los procedimientos de diseño son idénticos.

Por lo general estos concretos ofrecen un mejor aislamiento térmico que los concretos de peso normal o pesado. Las principales ventajas con el empleo de concretos livianos inician desde la cimbra que está sometida a presiones menores que se registran con el concreto de peso normal, así como en la disminución de las dimensiones y por lo tanto el costo de las cimentaciones y de la estructura en general.

Descripción del Concreto Liviano ALIVEN®

Los concretos livianos estructurales son aquellos que tienen una densidad (peso) máxima hasta 1850 Kg/m³ (al menos 600 kg/m³ más liviano que los concretos convencionales), con una resistencia a la compresión (f'_c) superior a los 180 Kg/cm².

El concreto liviano Aliven®, es aquel que se elabora a partir de una mezcla de Aliven®, cemento, arena natural y agua. Debido que la arcilla expandida Aliven® tiene baja densidad y alta resistencia superficial, Aliven® al ser utilizado como agregado en el concreto, genera como consecuencia una considerable disminución en el peso propio del concreto y por consiguiente ahorros en los proyectos estructurales.

Características del concreto liviano Aliven®

- **Peso unitario:** Posee un peso unitario de 1800 kilos/m², un 35% menos que un concreto elaborado con agregados convencionales.
- **Conductividad térmica:** La capacidad de conducción de energía térmica de un material está dada por su peso unitario, mientras más alto es este valor mayor es su conductividad térmica, los concretos livianos estructurales son de baja conductividad térmica, esto implica buen aislamiento del calor.
- **Aislamiento acústico:** Las cavidades internas de los agregados livianos permiten amortiguar las vibraciones, atenuar ruidos aéreos y de impactos.
- **Trabajabilidad:** Por su bajo peso es más fácil manipularlo por cuadrilla de trabajo, aumenta los rendimientos de ejecución de obras.
- **Resistencia al Fuego:** Los concretos livianos estructurales hechos con Aliven®, poseen una gran resistencia al fuego directo y a altas temperaturas.
- **Durabilidad:** Debido a la baja porosidad de la pasta, los agentes atmosféricos no penetran en el concreto liviano estructural Aliven®, permitiendo que las estructuras sean más resistentes a la intemperie.

Diseño de Mezcla

El diseño de mezclas es un proceso que consiste en determinar las cantidades relativas de materiales que se deben emplear en las mismas para obtener un concreto adecuado para un uso determinado

Existen numerosos métodos para diseñar la mezcla, la cual están dirigidos a mejorar calificativamente la resistencia, la calidad y la durabilidad de todos los usos que pueda tener el concreto.

El método más usado está comprendido a través de dos leyes básicas, las cuales son la Relación triangular y Ley de Abrams, respaldados por consideraciones y principios técnicos, el cual está conformado por un grupo de variables tales como el cemento, trabajabilidad, relación agua/cemento y resistencia.

Algunos de estos métodos pueden ser muy complejos como consecuencia a la existencia de múltiples variables de las que dependen los resultados de dichos métodos, aún así, se desconoce el método que ofrezca resultados perfectos, sin embargo, existe la posibilidad de seleccionar alguno según sea la ocasión.

Resistencia a la Compresión

Es uno de los parámetros más importantes en la evaluación del concreto endurecido. Dicha resistencia se determina siguiendo un procedimiento normalizado y su valor es tomado como referencia de calidad.

La resistencia que puede alcanzar una mezcla de concreto de peso normal oscila entre los 210 y los 300 Kg/cm², esta resistencia es media mediante ensayos aplicados a probetas normalizadas con forma cilíndrica a través de la (NORMA COVENIN 338), *“Método para la elaboración, curado y*

ensayo a compresión, de cilindros de concreto”, Es por esto que la resistencia de un concreto se define como la resistencia promedio de dos cilindros los cuales hayan sido tomados de la misma carga y a la misma edad. Cabe destacar que en otros países las probetas a ensayar pueden tener formas cúbicas o prismáticas.

La resistencia de un concreto, normalmente aumenta con la edad. Dicho aumento se produce muy rápidamente durante los primeros días y, a medida que transcurre el tiempo, disminuye la velocidad. La resistencia a compresión de un concreto a los 28 días, determinada de acuerdo con los ensayos normalizados y suponiendo que haya sido curado en forma correcta, se emplea generalmente como índice de calidad del mismo, ya que el desarrollo de la resistencia está adelantado en gran proporción. Sin embargo, otras edades usuales, pueden ser a los 7 y 14 días, donde el concreto ha alcanzado de un 70 a 80% de su resistencia especificada.

El contenido de cemento o de agua en una mezcla de concreto interviene en la resistencia de la misma, ya que en la medida en el que la relación entre el volumen de agua y el volumen de cemento (A/C) sea menor, mayor será la resistencia.

En resumidas cuentas se puede definir como la máxima resistencia medida de un espécimen de concreto o de mortero a carga axial. Generalmente se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado (Kg/cm²) a una edad de 28 días se le designe con el símbolo f'_c .

Resistencia a la Tracción

El concreto se caracteriza por tener una excelente resistencia a la compresión, sin embargo posee una desventaja, como lo es su poca resistencia a la tracción, la cual representa alrededor del 10% de la

capacidad a compresión en concretos de peso y resistencia normal. Esta poca capacidad ayuda a disminuir los agrietamientos que se producen por la influencia de tensiones inducidas por restricciones estructurales, cambios volumétricos u otros fenómenos.

Cabe considerar que la deficiencia en la resistencia a tracción del concreto dificulta su uso como material en vigas o elementos a flexión. Es por esto que es necesario combinarlo con acero que tiene alta resistencia a la tracción, dando origen al concreto reforzado.

Porrero J. y otros. (2009) en el capítulo 11 mencionan:

Los ensayos para medir la resistencia a la tracción dan dispersiones sensiblemente mayores que las pruebas a compresión. Por esta razón, o porque esos ensayos cuentan con menor tradición y difusión que los de compresión, es muy frecuente calcular la magnitud de esta característica como una función de la resistencia a la compresión. Además del ensayo a tracción directa, se utilizan otros ensayos donde se generan tensiones de tracción mediante la aplicación de solicitaciones de flexión o de compresión, denominados: ensayo a la tracción por flexión y ensayo a la tracción indirecta, respectivamente. (p. 252)

Resistencia a la Tracción por Flexión

El método que se llevará a cabo en la realización del ensayo para determinar la resistencia a la tracción por flexión, se realizara mediante la (NORMA COVENIN 343-79, 1979), "*Determinación de la resistencia a la flexión en vigas simplemente apoyadas, carga en el centro del tramo*", donde se encontrara el Módulo de Rotura que no es más que el valor aparente del esfuerzo de tracción de una viga de concreto, debido a una carga que produce la rotura en flexión, suponiendo condiciones de elasticidad y homogeneidad del material.

Relación entre la Resistencia a la Compresión del concreto y su Resistencia a la Tracción

Porrero J. y otros. (2009) en el capítulo 11 mencionan:

No hay una relación precisa, invariable, entre la resistencia a la compresión del concreto y su resistencia a la tracción. Sobre ambas resistencias actúan de manera diferente varias de las características del material, como por ejemplo:

- *Relación agua/cemento*: Cuando menor sea, más altas son ambas resistencias, pero el aumento es más pronunciado en el caso de la compresión; esto es consecuencia de que esta última está relacionada con la tracción, por su raíz cuadrada.
- *Textura superficial del agregado*: La condición de alta rugosidad de los agregados triturados favorecen la adherencia con la pasta e influyen más sensiblemente sobre la tracción que sobre la compresión. Se ha encontrado que partículas planas o alargadas, que perjudiquen la resistencia a la compresión, pueden ayudar a aumentar la resistencia a la tracción.
- *Presencia de ultrafinos*: Aunque no está definitivamente probado, tienden a disminuir la resistencia a la tracción.
- *Desarrollo de la resistencia*: A mayor edad, mejoran todas las resistencias del concreto, pero en el caso de tracción, la velocidad de crecimiento es mucho menor. (p. 253)

De acuerdo con la sección 9.6.2.1 de la Norma Venezolana vigente FONDONORMA 1753-2006, “*Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural*” (1ra. Revisión), la resistencia promedio a la tracción por flexión para concretos de peso normal es igual a $F_r = 2\sqrt{f'c}$ y cuando se trabaje con concretos livianos dosificados con arena el valor de F_r se multiplicará por 0.85.

Desarrollo de la Resistencia

Es de suma importancia saber a qué velocidad el concreto va adquiriendo su resistencia con el pasar del tiempo.

Porrero J. y otros. (2009) señalan lo siguiente:

Para un concreto de materiales y condiciones específicas, una precisión adecuada se puede conseguir, cuando sus características de desarrollo se determinan experimentalmente por medio de

suficientes ensayos y en las edades que se precise. Con toda esta información se puede hasta dibujar la curva de tendencia de crecimiento de las resistencias. (p. 250)

Algunos trabajos de investigación, indican que el desarrollo de la resistencia en los primeros 28 días se adapta a una Ley Logarítmica que se describe a continuación:

$$R_j = m * \log j + b \quad \text{Ec. 2.1}$$

Donde:

R_j : Resistencia alcanzada a la edad j en días.

j : Edad en estudio en días.

m y b : Constantes propias de la mezcla.

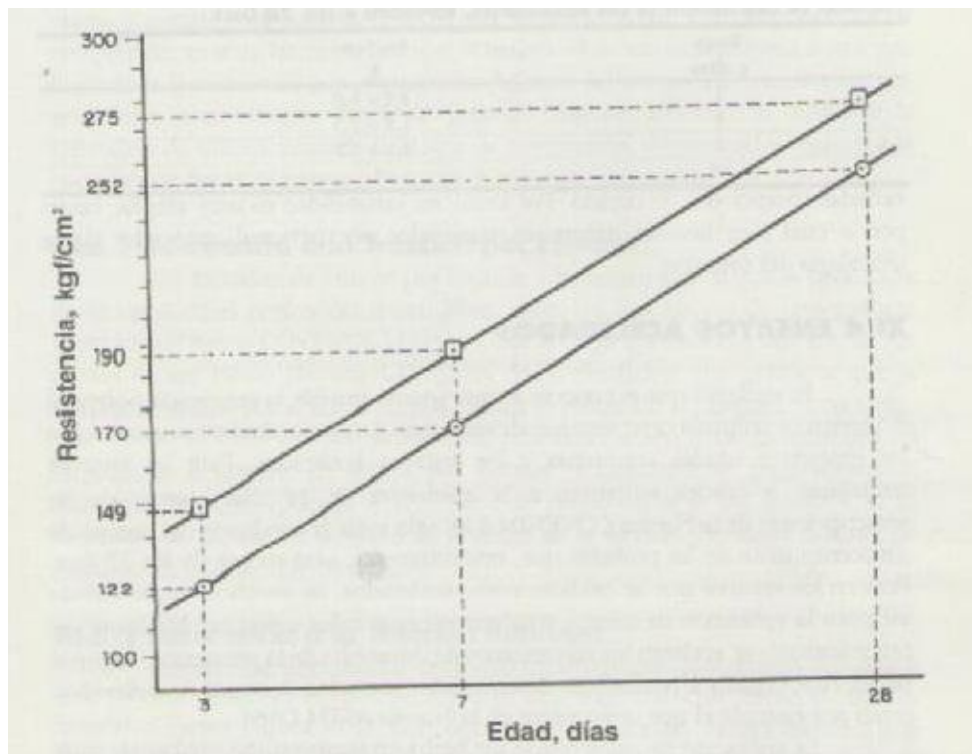


Figura 4. **Crecimiento de Resistencias.** Nota. Fuente, Porrero J. y otros. (2009)

Cálculo del Tamaño Muestral

El concreto es un material que depende de una amplia gama de variables que influyen en sus propiedades, es por esto que su estudio se basa en procedimientos estadísticos determinando el tamaño muestral con la finalidad de estudiar un número de muestras representativas que le den validez a la investigación en estudio.

Las variables que influyen en las propiedades del concreto son las siguientes:

- Calidad de los materiales.
- Diseño de mezcla.
- Operaciones de mezclado.
- Transporte,
- Colocación y compactación
- Curado.

Además de lo antes expuesto, existen otras variables aparentes provenientes de la imprecisión intrínseca de los ensayos (procedimientos, personal, equipos, medio ambiente) que afectan de una u otra manera las propiedades del concreto.

Por consiguiente, si esto se realiza de una forma adecuada, siguiendo paso a paso los lineamientos de sus métodos, las variaciones que se generan serán de una magnitud menor que las producidas por las reales alteraciones del concreto como material. Sin embargo, de no realizar de manera adecuada, se pueden producir variaciones que pudieran ser más significativas e inclusive importantes que las variaciones que se generan por la calidad del material. Los ensayos mal hechos pueden indicar graves deficiencias de calidad y variabilidad del concreto que, en realidad, no existen.

Es ineludible hacer cumplir que haya un buen funcionamiento de todas las cosas antes descritas para así garantizar la calidad y el buen funcionamiento del concreto.

Cálculo Estadístico para Determinar el Número de Muestras

Para que un trabajo de investigación tenga validez, debe contener un número de muestras necesarias que se determinen a través de técnicas estadísticas para garantizar la precisión y confiabilidad de la misma.

De acuerdo a lo que establece la (NORMA COVENIN 3549, 1999) “Tecnología del Concreto. Manual de Elementos de Estadística y Diseño de Experimentos” es suficiente en general obtener tantas series de probetas como edades se desee ensayar y cada serie de probetas debe tener tres unidades y como mínimo dos en el caso de investigaciones de laboratorio. Igualmente establece, que como criterio de economía es necesario extraer de cada mezcla solo las series de probetas que van a ofrecer alguna información de interés, la cual vaya a ser utilizada con un fin determinado.

Para el cálculo del número de mezclas se determinará mediante la distribución de probabilidad t student, debido a que cuando el número de ensayos es relativamente reducido (del orden de los 30 o menos), esta es la distribución de resistencias que mejor se ajusta. Sin embargo se debe de tomar en cuenta varios factores que influyen en el cálculo del número de mezclas como lo son: nivel de confianza, error dado, desviación estándar, entre otros.

Para el cálculo del tamaño muestral se estudiará en base a la siguiente expresión:

$$n = \left(\frac{txS}{E} \right)^2 \quad \text{Ec. 2.2}$$

Donde:

n = Número de elementos en la muestra; tamaño de la muestra.

t = Parámetro de distribución t de student, para “r” grados de libertad, dados por (n-1). Este valor se encuentra tabulado en la Tabla N° 4.

S = Estimado previo de la desviación estándar muestral la cual se sugirió el valor de 40 Kgf/cm², fijado por la Norma 1976-03 “*CONCRETO. EVALUACIÓN Y MÉTODOS DE ENSAYO*”: Tabla N° 3.

E = Error máximo o diferencia entre el promedio estimado de la muestra y el promedio real, resultante de ensayar todos los elementos del universo, la cual se estimó E=15 Kgf/cm².

e = Representa la diferencia entre el promedio muestral y el promedio real en % el cual se estimó en 5%.

v = Coeficiente de variación del proceso, se fijó en 5%.

α = Nivel de confianza, se tomo del 60% con lo cual se está aceptando que un 40% de los resultados estén fuera del intervalo de confianza.

La siguiente tabla nos ofrece la estimación del valor de la desviación estándar, según el grado de control según sea el caso.

Tabla 3

Desviación estándar σ , de esperar en el concreto según el grado de control

	Kgf/cm ²
- Sin ningún control	70
- Control visual de los agregados y rechazos de aquellos que aparentan muy mala calidad o que son muy diferentes de los que se están usando. Control visual de las mezclas por la trabajabilidad aparente.	50
- Como el anterior pero se conocen las granulometrías de los agregados que se están usando, por ensayos que se hicieron una vez, se es riguroso en el rechazo de agregados y se comprueba de vez en cuando el asentamiento de las mezclas en el Cono de Abrams.	40
- A cada lote de agregados se le determina algún índice granulométrico y de calidad y sólo se aceptan los que estén dentro de ciertos límites preestablecidos. Se controla la humedad de los agregados. Se tienen en cuenta la marca y lote de cemento. La dosificación es exclusivamente por peso; los sistemas de pesaje son automáticos y se calibran de vez en cuando. El asentamiento en el cono se mide sistemáticamente y se rechazan las mezclas que no estén dentro de ciertos límites. No se permite la adición de agua posterior al mezclado ni el espesamiento de las mezclas por tiempos de espera.	35
- Al igual que el anterior, pero con márgenes de aceptación muy estrictos. Uso de no menos de tres agregados en el momento de su uso y correcciones por humedad, lote y marca de cemento y aditivo, en base a la modificación del diseño. Revisión y calibración de los equipos de forma periódica sistemática.	25

Nota: NORMA COVENIN 1976 - 2003.

A continuación se presenta la tabla 4, donde se indica los valores de la t de student, para distintos niveles de probabilidad y fracciones defectuosas.

Tabla 4

Valores de la t de student para varios niveles de probabilidad y fracciones defectuosas

Número de muestras menos uno (n - 1)*	Porcentaje de ensayos en el rango X				
	60	80	90	95	98
	Probabilidad de caer por debajo del limite inferior (FD)				
	20%	10%	5%	2.5%	1%
1	1,376	3,078	6,314	12,706	31,821
2	1,061	1,886	2,92	4,303	6,956
3	0,978	1,638	2,353	3,182	4,541
4	0,941	1,533	2,132	2,776	3,747
5	0,92	1,476	2,015	2,571	3,356
6	0,906	1,44	1,943	2,447	3,143
7	0,896	1,415	1,895	2,356	2,998
8	0,889	1,397	1,86	2,306	2,896
9	0,883	1,383	1,833	2,262	2,821
10	0,879	1,372	1,812	2,228	2,764
15	0,866	1,341	1,753	2,131	2,602
20	0,86	1,325	1,725	2,086	2,528
25	0,856	1,316	1,708	2,06	2,485
30	0,854	1,31	1,697	2,042	2,457
∞	0,842	1,282	1,645	1,96	2,326
* Grados de Libertad		(X) Nivel de Probabilidad			
(FD) Fracción Defectuosa					

Nota: George C. Canavos (1988)

Definición de Términos

Absorción: Proceso mediante el cual un líquido penetra y trata de ocupar los vacíos permeables existentes en un sólido poroso.

Aceite para Encofrado: Líquido aceitoso que se aplica a la superficie interior de los encofrados para mejorar y facilitar el desencofrado del concreto.

Agregado: Componentes del concreto, constituidos por partículas de minerales naturales, procedentes de la desintegración natural o de la trituración de rocas, con forma, tamaño y distribución de tamaños apropiados.

Agregado Fino: Consiste en arena natural o triturada que pasa el cedazo o tamiz número 4 y es retenido en el cedazo número 200.

Agregados Livianos: Agregados naturales o artificiales compuestos por partículas con una estructura porosa, cuya masa específica (densidad) es no mayor que unos 1.100 kgf/m³.

Arcillas: Son rocas blandas que se hacen plásticas al contacto con el agua, siendo frágiles en seco, y con gran capacidad de absorción.

Agregado Saturado con Superficie Seca (S.S.S): Agregados cuyas partículas han colmado sus posibilidades de absorber agua y tienen su superficie seca.

Asentamiento: Medida de la consistencia de una mezcla de concreto fresco, realizada con el cono de Abrams. Se mide el descenso de la masa de concreto fresco al quedar libre del cono de Abrams en que fue moldeada, con relación a la altura del cono metálico.

Cemento: Conglomerante hidráulico que contiene Clinker portland como constituyente necesario. Es un material inorgánico finamente dividido que amasado con agua forma un aglomerante que fragua y endurece en virtud de reacciones y procesos de hidratación y que, una vez endurecido, conserva su resistencia y estabilidad incluso bajo el agua.

Cemento Portland: Ligante hidráulico inorgánico, polifásico artificial, que se obtiene a partir de un producto intermedio denominado CLINKER, el cual se produce mediante la cocción a, aproximadamente, 1480 °C, generalmente en hornos rotatorios, de una mezcla en proporciones preestablecidas de carbonato de calcio (CALIZA) y de un aluminosilicatos (ARCILLAS O

MARGAS) u otros materiales de una composición global similar y con la reactividad suficiente, previamente molidos y homogeneizados.

Clinker: Material que sale de los hornos de la producción del cemento constituido por trozos redondos, de mayor o menor tamaño, formado por conglomerados debido a la semidifusión a que estuvo sometido el polvo de las materias primas iniciales.

Compactación: Proceso manual y mecánico con el cual se procede a disminuir el volumen total de vacíos en una masa de mortero fresco.

Compresión: La compresión es una presión que tiende a causar una reducción de volumen, cuando se realiza un ensayo de compresión, se realiza de manera técnica para determinar la resistencia de un material o su deformación ante un esfuerzo de compresión. En la mayoría de los casos se realiza en concreto y metales (sobre todo aceros), aunque puede realizarse sobre cualquier material.

La resistencia en compresión de todos los materiales siempre es mayor o igual que en tracción.

Concreto: El concreto, también denominado hormigón, es un material artificial, creado de materiales comunes: piedra, arena y cemento, de gran resistencia a la compresión, pero muy poca a la tensión. Es el material estructural más usado para la construcción de estructuras de edificios de oficinas y vivienda y puentes.

Concreto Endurecido: Concreto que ha desarrollado suficiente resistencia para poder soportar las cargas especificadas.

Concreto Fresco: Estado fluido del concreto, que mantiene su capacidad de colocación y consolidación, esta denominación se extiende desde el momento del mezclado hasta que se inicia el atiesamiento de la masa por el fraguado.

Concreto Liviano: Concreto de peso unitarios sustancialmente menor ($<2000 \text{ kgf/m}^3$) que el obtenido con los agregados de densidad usual, debido al empleo de agregados livianos (concreto Aligerado o Ligero).

Cono de Abrams: Molde que tiene forma tronco cónica, con su base inferior de un diámetro de 20.3 cm, su base superior de un diámetro de 10.2 cm y una altura total de 30 cm, provisto de dos agarraderas laterales en su parte superior y dos soportes planos en su parte inferior para asegurar su correcto asiento. Las bases superior e inferior deben ser paralelas entre sí y perpendiculares al eje del tronco de cono. Se utiliza para moldear una muestra de concreto fresco para realizar el ensayo de asentamiento.

Contenido de Aire: Volumen de vacíos generados por aire en la masa de la pasta de cemento, mortero u concreto. Excluye el volumen de los poros interiores existentes en las partículas de agregados. El contenido de aire se expresa usualmente como por ciento del volumen total de la pasta, el mortero u el concreto.

Contenido de Humedad: Es la cantidad de agua del material expresado como porcentaje de su peso.

Curado: Proceso de modificar mediante riego, inmersión, suministro de calor o vapor, las condiciones ambientales que rodea la probeta o bien aislarla del exterior mediante recubrimientos que impiden que emigre el agua libre.

Curva Granulométrica: Distribución de los tamaños de partículas de una mezcla de agregados fino y grueso, mediante una representación grafica.

Diseño de Mezcla: Es la dosificación ideal que debe haber entre los componentes del concreto, para llegar a su resistencia y durabilidad deseada.

Dosificación: Proporción en peso o volumen, según la cual se mezclan los componentes del concreto.

Durabilidad: Capacidad del concreto de la estructura para resistir acciones del medio ambiente.

Encofrado: Estructura o molde temporario para contener y soportar el empuje lateral del concreto, hasta tanto el mismo haya fraguado y tenga la resistencia suficiente para auto soportarse.

Ensayo de Compresión: Ensayo realizado sobre una muestra de concreto o mortero para determinar su resistencia.

Flexión: La flexión es una deformación en un elemento estructural alargado en una dirección perpendicular a su eje longitudinal. Se exhibe generalmente en las vigas, las que están diseñadas para trabajar, principalmente, por flexión. Igualmente, el concepto de flexión se extiende a elementos estructurales superficiales como placas o láminas.

Fraguado: Condición que alcanza un aglomerante de cemento, un mortero o un concreto cuando pierden su plasticidad hasta un límite fijado arbitrariamente, el cual se mide en términos de resistencia a la penetración o a la deformación.

Granulometría: Distribución de partículas de acuerdo con su tamaño, que generalmente se expresa como porcentaje en peso retenido sobre cada tamiz de una serie estándar de tamices colocados en tamaño de aberturas decrecientes, y el porcentaje que pasa por el tamiz de menor abertura de toda la serie.

Módulo de Rotura: Es la resistencia ficticia a tracción obtenida por el MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A TRACCIÓN POR FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGA EN EL CENTRO DEL TRAMO (NORMA VENEZOLANA COVENIN 343-1979), admitiendo que se cumple la Ley de Hooke.

Mortero: Es una mezcla de conglomerantes inorgánicos, áridos, agua y posibles aditivos y adiciones. Generalmente se utiliza para obras de albañilería, como material de agarre, revestimiento de paredes, entre otros.

Resistencia a la Tracción por Flexión: Es el valor aparente de la tensión máxima de tracción de una viga de concreto, debido a una carga que produce su rotura en flexión, suponiendo condiciones de homogeneidad y elasticidad del material.

Tamizado: Separación de una muestra de material granular en distintas fracciones de partículas, que pasan por un tamiz de una cierta abertura y son retenidas por otro tamiz de abertura menor.

Trabajabilidad: Mayor o menor facilidad con que el concreto fresco puede ser mezclado, transportado, colocado y terminado con una segregación mínima de sus componentes.

Tracción: La tracción es el esfuerzo a que está sometido un cuerpo de una estructura por la aplicación de dos fuerzas que actúan en sentido opuesto, y tienden a estirarlo.

Lógicamente, se considera que las tensiones que tiene cualquier sección perpendicular a dichas fuerzas son normales a esa sección, y poseen sentidos opuestos a las fuerzas que intentan alargar el cuerpo.

Vaciado: Operación de llenar los moldes o encofrados con concreto.

Marco Normativo Legal

- COVENIN 255-77: Método de ensayo para determinar la composición granulométrica de agregados finos y gruesos.
- COVENIN 256-77: Método de ensayo para la determinación cualitativa de impurezas orgánicas en arenas para concreto. Ensayo colorimétrico.
- COVENIN 257-78: Método de ensayo para determinar el contenido de terrones de arcilla y partículas desmenuzables en agregados.
- COVENIN 258-77: Método de ensayo para la determinación por lavado del contenido de materiales más finos que el cedazo #200 en agregados minerales.
- COVENIN 259-78: Método de ensayo para la determinación por suspensión de partículas menores que 20 micras en agregados finos.
- COVENIN 261-77: Método de ensayo para la determinación cualitativo de la presencia de cloruros y sulfatos en arenas.

- COVENIN 263: Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado.
- COVENIN 268: Método de ensayo para determinar el peso específico y la absorción del agregado fino.
- COVENIN 340-79: Método para la elaboración y curado en el laboratorio de probetas de concreto para ensayos de flexión.
- COVENIN 343-79: Método de Ensayo para Determinar la Resistencia a la Tracción por Flexión del Concreto, en Vigas Simplemente Apoyadas, con Carga en el Centro del Tramo.
- COVENIN 338-2002: Concreto. Método para la elaboración, curado y ensayo a compresión de cilindros de concreto.
- COVENIN 339-2003: Concreto. Método para la medición del asentamiento con el cono de Abrams.
- COVENIN 344-2002: Concreto fresco. Toma de muestras.
- FONDONORMA 1753-2006: Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural.
- COVENIN 340 – 1979: Elaboración y Curado de Probetas en el Laboratorio para Ensayos a Flexión.

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

Diseño de la Investigación

El diseño de la investigación es la estrategia general que adopta el investigador para responder al problema planteado. El diseño empleado para la elaboración de este proyecto de grado se basó en un estudio de campo de tipo experimental, debido a que se deben realizar ensayos para la determinación de la caracterización del agregado liviano Aliven® a través de la resistencia a tracción por flexión, en un laboratorio de materiales y ensayos.

Bernal C. (2006) señala:

Para que en investigación un diseño sea un experimento verdadero, se requiere que exista una manipulación intencional de una o más variables independientes, y que se ejerza un riguroso control sobre las variables objeto de medición. Estas variables son específicas de cada caso. Los diseños experimentales verdaderos tienen el propósito de analizar si una o más variables independientes afectan a una o más variables dependientes y por qué las afectan. (p. 148)

Tipo de Investigación

El nivel de investigación según (Arias, Fidiás, 2006) “se refiere al grado de profundidad con que se aborda un fenómeno u objeto de estudio”.Pag.23

La investigación en estudio, es de Tipo Descriptivo. Este tipo de investigación de campo implica un mayor nivel de profundidad, su uso se fundamenta a partir de hipótesis descriptivas, esto es, proporcionar información en cuanto al qué, cómo, cuándo, dónde, en relación a un objeto de estudio. En un estudio descriptivo se deben clasificar hechos o fenómenos, se da cuenta de la configuración estructural del fenómeno y las relaciones entre sus componentes.

Este trabajo de investigación permite observar y describir las características del agregado liviano Aliven®, mediante el ensayo a tracción por flexión, caracterizándolo para obtener una ecuación más precisa que relacione el módulo de rotura con la resistencia a la compresión cilíndrica de este tipo de agregado liviano en estudio.

Técnicas e Instrumentos de Recopilación de Información y Datos

Arias (2006) asegura que las técnicas de recolección de datos son “el procedimiento o forma particular de obtener datos o información” (p. 67). Y el instrumento “es cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información”. (p. 69)

En el desarrollo de este trabajo de grado, fue de gran importancia y necesidad la recopilación de suficiente documentación existente relacionada con el tema de estudio, a través de las fuentes bibliográficas, trabajos de grado, publicaciones, fichas técnicas empresariales promovidos por Aliven®,

libros referentes al tema de investigación, igualmente se acudió a las Normas Nacionales Vigentes.

Del mismo modo, fue de gran ayuda la herramienta Internet, debido a que de manera rápida y eficiente se logro recopilar información de interés como lo fueron ensayos, publicaciones de diferentes empresas, ingenieros, garantizando de este modo la información necesaria y útil referente al área de estudio.

Ahora bien, la recolección de datos se tomó a través de ensayos realizados en el Laboratorio de Materiales y Ensayos de la Universidad de Carabobo.

Procedimientos para la Ejecución de la Investigación

La ejecución de la investigación se desarrolló un proceso constituido por etapa o fases, descritas a continuación:

- i. Selección del Tema.
- ii. Planteamiento del Problema.
- iii. Formulación de Objetivos.
- iv. Justificación de la Investigación.
- v. Revisión Bibliográfica.
- vi. Identificación de las Variables de Estudio.
- vii. Diseño Experimental.
- viii. Recolección y Organización de Datos.
- ix. Cálculos.
- x. Tratamiento Estadístico a los Datos.
- xi. Presentación de Datos y Resultados en Gráficos.
- xii. Interpretación de Datos y Resultados.
- xiii. Análisis de Datos y Resultados.

- xiv. Análisis de la Factibilidad de ejecución del Proyecto, para convertirse en Trabajo de Grado.
- xv. Conclusiones.
- xvi. Recomendaciones.
- xvii. Bibliografía consultada.

Fases de la Investigación

En la elaboración de este trabajo de investigación, se deben establecer ciertas fases que permitan caracterizar el agregado liviano Aliven® a través de la resistencia a tracción por flexión según la Norma COVENIN 343-79, y así cumplir con el objetivo principal.

A continuación se describen de forma detallada las fases para la ejecución de la investigación:

- *Fase I: Caracterización del Agregado Fino*

En esta etapa se realizaron los siguientes ensayos requeridos para caracterización del agregado fino:

- ✓ Determinación cualitativa de impurezas orgánicas en arenas para concreto “Ensayo Colorimétrico”.
- ✓ Determinación cualitativa de la presencia de cloruros y sulfatos en arenas.
- ✓ Determinación de la composición granulométrica de agregados finos.
- ✓ Determinación por suspensión de partículas menores que 20 micras en agregados finos.
- ✓ Determinación del peso unitario del agregado.
- ✓ Determinación por lavado el contenido de materiales más finos que el cedazo #200 en agregados minerales.
- ✓ Determinación del contenido de terrones de arcilla y partículas desmenuzables en agregados.

- ✓ Determinación del peso específico y la absorción del agregado fino.
- ✓ Determinación de la humedad superficial en el agregado fino, y método de ensayo para determinar los vacíos en agregados para concreto.

Todos los ensayos nombrados anteriormente, se realizarán mediante los procedimientos indicados por las Normas COVENIN y por la ASTM (Sociedad Americana para Ensayos de Materiales).

- *Fase II: Determinación del número de mezclas y probetas a ensayar:*

Se basa en el cálculo del número de mezclas y probetas (viguetas y cilindros), a través de técnicas estadísticas para garantizar la precisión y confiabilidad del tamaño muestral; las cuales serán ensayadas para determinar su resistencia, tanto a tracción por flexión como a compresión, determinadas a las edades de 14 y 28 días.

- *Fase III:* En esta etapa se realizaron ensayos para determinar la resistencia a compresión axial de los cilindros y la resistencia a tracción por flexión de viguetas con Carga en el Centro del Tramo.
- *Fase IV: Determinación de la ecuación que relaciona la resistencia a la compresión cilíndrica con el módulo de rotura, del agregado liviano Aliven®,*
Consiste en determinar la ecuación a través de la Norma Venezolana FONDONORMA 1753-2006, “*Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural*” (1ra. Revisión),

para obtener su caracterización mediante la resistencia a tracción por flexión según la Norma Covenin 343-79; y finalmente establecer las conclusiones y recomendaciones.

Objetivos del Experimento

El objetivo principal de la investigación es la caracterización del agregado liviano Aliven® a través de la resistencia a tracción por flexión según la Norma COVENIN 343-79.

Definición de Variables

Las variables representan a los elementos, factores o términos de un que puedan asumir diferentes valores, cada vez que son examinados, o que reflejan distintas manifestaciones según sea el contexto en el que se presentan.

Las variables de esta investigación quedaran definidas como:

- Resistencia a la compresión.
- Resistencia a la Flexión.

Métodos Empleados

Método Destructivo (Ensayo de Compresión Axial)

La propiedad más comúnmente utilizada para evaluar la calidad de un concreto, es su resistencia en compresión axial. Esta resistencia se determina usualmente mediante el ensayo de compresión axial de probetas cilíndricas con relación altura/diámetro igual a dos (2). Según la Norma COVENIN 338:2002 (CONCRETO. MÉTODO PARA LA ELABORACIÓN, CURADO Y ENSAYO A COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO):

a. El Molde

El molde normal debe tener $152,5 \pm 2,5$ mm de diámetro y $305 \pm 6,0$ mm de altura para el tamaño nominal de agregado grueso no mayor de 50 mm. Se pueden utilizar moldes de otras dimensiones, siempre que el diámetro sea como mínimo tres veces el tamaño nominal del agregado grueso. La relación altura a diámetro se debe mantener 2 a 1 y en ningún caso su diámetro debe ser menor de 50 mm.

Además, preferiblemente metálicos, rígidos, estancos de superficie interior lisa, no absorbente y que no reaccione con el concreto. Deben estar provistos de una base metálica maquinada, en el caso de moldes metálicos; en el caso de otros materiales, la base debe ser el mismo material que el de las paredes del molde o metálicas, con planos lisos y con elementos para sujetarla firmemente al molde con el plano perpendicular al eje del cilindro. De tal manera que se consiga un cierre hermético.

b. Barra Compactadora

De acero, cilíndrica y lisa, de 16 mm de diámetro por 600 mm de longitud, aproximadamente, y punta semiesférica, de 8 mm de radio.

Método de Ensayo

a. Preparación de la muestra

- Las caras de compresión deben ser rematadas de tal forma que se logre el paralelismo entre las caras del cilindro (CAPPING). Las superficies de compresión deben ser visiblemente planas, sin grumos, ralladuras o defectos visibles.
- Para el momento del ensayo el remate debe tener una resistencia superior a la del concreto que se va a ensayar, pudiéndose emplear cualquier material capaz de proporcionar

en el momento de ensayo, la resistencia y la adherencia necesaria. El espesor de la capa de remate debe estar entre 2 y 3% de la dimensión lateral (cara de la probeta).

- Los cilindros se deben ensayar a la edad prevista, con una tolerancia de $\pm t/14$.

$$T = \text{Edad Prevista Para El Ensayo}$$

- La sección del cilindro se determina en su zona central y el diámetro de cálculo es el promedio de los diámetros ortogonales aproximados hasta el milímetro entero más próximo.
- La altura del cilindro se determina después de ser rematadas sus caras. La altura se aproxima al milímetro más cercano.

b. Procedimiento

- Los cilindros se colocan en la máquina de ensayo, se centran cuidadosamente y se comprimen. Tanto las superficies rematadas de los cilindros y los platos de la maquina deben estar exentos de polvo, grasa y de cualquier otro material extraño.
- En el caso de las máquinas de tipo mecánico el desplazamiento del cabezal debe ser aproximadamente de 1,3 mm. por minuto; en las máquinas operadas hidráulicamente se aplicará una presión a una tasa constante dentro del rango de 1,4 Kg/cm²/s. a 3,5 Kg/cm²/s. durante la aplicación de la primera mitad de la presión, se permite incrementar dicha tasa.

c. Expresión de los Resultados

- La resistencia a compresión de cada cilindro se calcula por la siguiente fórmula:

$$R_c = P / A$$

Donde:

R_c = Resistencia a compresión (kgf/cm²)

P = Carga máxima aplicada (kgf.)

A = Área de la sección transversal del cilindro (cm²)

- La resistencia a compresión de cada cilindro es el cociente entre la carga máxima y el área de la sección media del cilindro.
- La desviación estándar máxima en los ensayos de resistencia de una muestra, debe ser 8 kg/cm² para considerar la precisión la dispersión máxima entre dos laboratorios, debe ser de 16 kg/cm², (dos veces la desviación estándar). Esto es la expresión de la exactitud.

Es importante mencionar que velocidades de cargas mayores a las normalizadas, producen resultados de resistencia mayores, por el contrario, los valores del ensayo son menores si la velocidad es más lenta.

Método Destructivo (Ensayo A Flexión En Vigas Simplemente Apoyadas)

Según la Norma COVENIN 349 se especifica lo siguiente:

El molde debe tener una longitud mínima igual a 3 veces su altura más 5 cm. La relación ancho/altura no debe ser mayor a 1,5. La sección transversal debe ser de 5 cm y no menor de tres veces el tamaño máximo del agregado. La dimensión de uso frecuente es de 150x150x600mm.

Para este trabajo de investigación las dimensiones del molde a utilizar son de 80x100x310mm.

Método De Ensayo

a. Preparación de la muestra:

- Las caras laterales de la probeta formaran ángulos rectos con las caras superior e inferior.
- Las caras de las probetas deben ser lisas, libres de marcas, huecos y hendiduras.

b. Procedimiento:

- Si la probeta es curada por humedad se recomienda ensayarla inmediatamente después de sacarla de la cámara, pues al secarse sus caras se reduce la resistencia a flexión.
- La probeta deberá voltearse sobre uno de sus lados con respecto a las placas de apoyo.
- La placa de aplicación de carga se ponen en contacto con la probeta sobre la línea central de la luz libre. Si no se obtiene un contacto completo entre la probeta y la placa de aplicación de la carga o de apoyo, es necesario recubrir, lijar o suplementar con tiras de cuero.
- Se podrán utilizar tiras de cuero solamente cuando la superficie de la probeta en contacto con las placas o soportes difieren de un plano en no más de 0.4 mm.
- La carga deberá aplicarse a una velocidad uniforme y sin impacto.
- Se podrá aplicar rápidamente hasta una carga aproximadamente igual al 50% de la carga de rotura, después de lo cual deberá aplicarse a una velocidad tal que el aumento de esfuerzo en la fibra extrema este comprendida entre 8 kgf/cm² por minuto y 12 kgf/cm² por minuto.
- Se mide la probeta con una aproximación de 1 mm, con el fin de determinar el ancho y la altura promedio de la probeta en la sección de falla. Para cada dimensión se debe medir en los extremos y en el centro tomando la media de tres medidas.

c. Aparatos

- Máquinas de ensayo: La máquina de ensayo tendrá un dispositivo que asegure que las fuerzas aplicadas a la viga, se mantengan verticales y sin excentricidad. En la Fig. 5 se muestra un dispositivo adecuado.

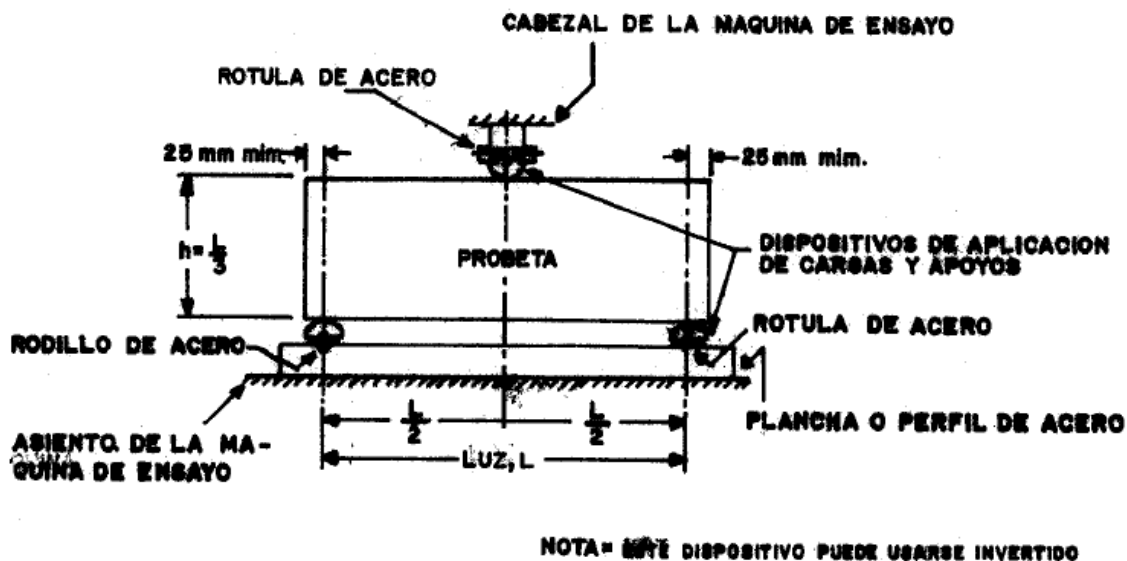


Figura 5. Diagrama de un Dispositivo para Ensayar Vigas de Concreto a Flexión con Carga en el Centro del Tramo. Nota. Figura tomada de la Norma Venezolana COVENIN 343-79.

Nota 2: El equipo para producir la flexión deberá estar diseñado de acuerdo con los siguientes principios:

- El aparato será capaz de mantener la distancia entre apoyos; la distancia entre las placas de carga y las de apoyo deberán mantenerse constantes con aproximación de $\pm 2,0$ mm.
- La carga deberá aplicarse perpendicularmente a la cara superior de la viga de manera tal que se evite la excentricidad.
- La dirección de las reacciones deberá ser paralela a la dirección de la carga aplicada, mientras dure la prueba.
- La carga se incrementará gradualmente y sin impacto.

- La dirección de la reacción sea paralela a la dirección de la carga aplicada, en toda la duración del ensayo.
- Si se usa una máquina de ensayo similar al de la Figura 2 se deben cumplir las siguientes condiciones:
 1. Las placas de carga y de apoyo no deben exceder de 64 mm de alto, medidos desde el centro o eje del pivote, y deben cubrir todo el ancho de la probeta. Cada superficie de apoyo en contacto con la probeta no debe diferir de un plano en más de 0,05 mm, debe tener forma cilíndrica y su eje debe coincidir con el rodillo o con el centro de la rótula esférica, según sea el caso. El ángulo al centro, definido por la superficie curva de cada placa será igual o mayor de 45°.
 2. Las placas de carga y de apoyo deben mantenerse en posición vertical y en contacto con el rodillo o rotula esférica por medio de tornillos o resortes que lo mantengan en contacto.

d. Cálculos

El módulo de rotura se calculará con la siguiente expresión:

$$f_r = \frac{3*P*L}{2*b*h^2} \quad \text{Ec. 3.1}$$

Donde:

f_r = Módulo de rotura, expresado en MPa (Kg./cm²).

P = Carga máxima aplicada, indicada en la máquina de ensayo, expresada en (Kg.).

L = Luz, (cm.).

b = Ancho promedio de la probeta, (cm.).

h = Altura promedio de la probeta, (cm.).

Nota: El peso propio de la viga no está incluida en el cálculo anterior.

Ensayos Realizados Al Agregado Fino

Siguiendo los lineamientos y parámetros establecidos en las Normas COVENIN, se tiene:

- MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA DE AGREGADOS FINOS Y GRUESOS (COVENIN 255/77 – C.C.C.A Ag. 2).
- MÉTODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN CUALITATIVA DE IMPUREZAS ORGÁNICAS EN ARENAS PARA CONCRETO. ENSAYO COLORIMÉTRICO (COVENIN 256/77 – C.C.C.A Ag. 3 – ASTM C40).
- MÉTODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN CUALITATIVA DE LA PRESENCIA DE CLORUROS Y SULFATOS EN ARENAS (COVENIN 261/77 – C.C.C.A Ag. 8 – ENSAYO N° 3 DEL MANUAL DE ENSAYOS EN EL CAMPO DE AGREGADOS PARA CONCRETO).
- MÉTODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN POR SUSPENSIÓN DE PARTÍCULAS MENORES QUE 20 MICRAS EN AGREGADOS FINOS (COVENIN 259/78 – C.C.C.A Ag. 6).
- MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL PESO UNITARIO DEL AGREGADO (COVENIN 263 – ASTM C29 – C.C.C.Ag. 10).
- MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR POR LAVADO EL CONTENIDO DE MATERIALES MÁS FINOS QUE EL CEDAZO #200 EN AGREGADOS MINERALES (COVENIN 258/77 – C.C.C.A Ag. 5).
- MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE TERRONES DE ARCILLA Y COVENIN 257/78 – ASTM C142 – C.C.C.A Ag. 4-68).
- MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL PESO ESPECÍFICO Y LA ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO (COVENIN 268 – ASTM C128 y C.C.C.Ag. 15).

- MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA HÚMEDAD SUPERFICIAL EN EL AGREGADO FINO, Y MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LOS VACÍOS EN AGREGADOS PARA CONCRETO (C.C.C.Ag. 19 y Ag. 21).

Población

La población es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes, para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Esta queda limitada por el problema y por los objetivos del estudio.

Según (Buendía, Colas y Hernández, 1998), la población se define como un conjunto definido, limitado y accesible del universo, del cual se selecciona la muestra sobre la que se desea realizar la investigación. Del mismo modo definen al universo como la entidad que incluye todos los elementos de un cierto tipo.

En esta investigación, la población es todo el universo que contiene la mezcla de concreto elaborada con el agregado liviano Aliven® estructural fino, como sustituto del agregado grueso.

Muestra

Se entiende por muestra al subconjunto representativo y finito de un universo o población, es decir, representa una parte de la población objeto de estudio. De allí es importante asegurarse que los elementos de la muestra sean los suficientemente representativos de la población que permita hacer generalizaciones.

La muestra se clasifican en no probabilísticas y probabilísticas. El muestreo no probabilístico es la técnica que no emplea la toma de muestras al azar, si no que se obtienen atendiendo al criterio del investigador, lo que significa que no todos los miembros de la población tienen igualdad de oportunidad de confrontarla. Entre las muestras no probabilísticas se tienen: intencionales u opinativas, circunstanciales o erráticas y voluntarias. En cambio la probabilística es una técnica que si emplea la toma de muestra al azar donde toda la población tiene la misma opción de conformarla. Entre las muestras probabilísticas se tienen: muestra aleatoria simple o muestras de azar sistemático.

La muestra se calculará de la siguiente manera:

✓ Para $r = (n - 1) = \infty$ y $\alpha = 60 \%$ $\longrightarrow$ $t = 0,842$

$$n = \left(\frac{0,842 * 40}{15} \right)^2 = 5,04 \approx 5 \text{ mezclas}$$

✓ Para $r = (n - 1) = 4$ $\longrightarrow$ $t = 0,941$

$$n = \left(\frac{0,941 * 40}{15} \right)^2 = 6,3 \approx 7 \text{ mezclas}$$

✓ Para $r = (n - 1) = 6$ $\longrightarrow$ $t = 0,906$

$$n = \left(\frac{0,906 * 40}{15} \right)^2 = 5,83 \approx 6 \text{ mezclas}$$

✓ Para $r = (n - 1) = 5$ $\longrightarrow$ $t = 0,920$

$$n = \left(\frac{0,920 * 40}{15} \right)^2 = 6,02 \approx 6 \text{ mezclas}$$

Se considerará un número de 6 mezclas como mínimo, debido a que es un valor repetitivo, lo cual garantiza que sea un valor confiable para realizar el estudio de esta investigación.

Cálculo Estadístico Iterativo Para Determinar El Número De Probetas (Viguetas Y Cilindros) Por Muestra

Para el cálculo del número de probetas se determinarán mediante la siguiente expresión:

$$n = \left(\frac{txv}{e} \right)^2$$

Para una confiabilidad (α)= 60%, el parámetro $t= 0,920$, se obtiene que:

$$n = \left(\frac{0,920 \times 5}{5} \right)^2 = 0,920 \approx 1 \text{ Probeta}$$

En el análisis precedente se obtuvo como resultado (1) Probeta por muestra. En atención a esto la Norma COVENIN 340 – 1979 recomienda tomar un número de 3 viguetas por cada condición de estudio: edad y tipo de mezcla, las cuales especifica que deberán ser tomadas en días diferentes y de mezclas diferentes. Además recomienda realizar los ensayos a flexión para las edades de 14 y 28 días.

Se plantea entonces realizar el mismo número de cilindros que viguetas, para cumplir con las especificaciones de la Norma antes nombrada, y así obtener una cantidad de resultados equivalentes al momento analizar los resultados de los ensayos a compresión de los cilindros y tracción por flexión de las viguetas de concreto, para la caracterización del agregado liviano Aliven® a través de la resistencia a tracción por flexión según la Norma COVENIN 342-79.

En base a estas apreciaciones se obtiene:

1. Un tamaño muestral de 6 mezclas por cada diseño deseado, con un nivel de probabilidad alrededor de un 60%.
2. Con 3 viguetas por cada edad (14 y 28 días), dando un total de 6 viguetas por cada mezcla.

3. Con 3 cilindros por cada edad (14 y 28 días), dando un total de 6 cilindros por cada mezcla.
4. Total de 36 Cilindros.
5. Total de 36 Viguetas.

Diseño de Mezcla

Para conocer la influencia del Agregado Aliven® Fino Estructural proveniente de la planta de Aliven®, en el diseño de mezcla de concreto liviano se recomendó una mezcla patrón con dosificaciones estipuladas por el “Manual de Aplicaciones Generales” de la empresa Aliven® con una resistencia a la compresión cilíndrica de 250 kg/cm², no suministrando información sobre el asentamiento. Luego se realizó la preparación de las 6 mezclas antes descritas. Por último se procedió a realizar el ensayo para obtener la relación entre la resistencia a compresión y flexión del concreto mediante probetas cilíndricas y viguetas.

La dosificación de la mezcla fue suministrada por la empresa Aliven®, mediante el “Manual de Aplicaciones Generales de Aliven”, como se muestra a continuación:

Tabla 5

*Concreto Liviano Estructural de Resistencia 250 kg/cm²
(Densidad 1955 kg. /m³) – Dosificación para 1 m³*

MATERIAL	M3	LITROS	CARRETILLAS	CUÑETES	SACOS
ALIVEN FINO = ESTRUCTURAL	0,50	500 L.	10 carretillas (carretilla de 50 L.)	25 cuñetes (cuñete de 20 L.)	10 sacos (saco de 50 L.)
ARENA LAVADA	0,65	650 L.	13 carretillas (carretilla de 50 L.)	32.5 cuñetes (cuñete de 20 L.)	32.2 sacos (saco de 50 L.)
AGUA	0,20	200 L.		10 cuñetes (cuñete de 20 L.)	

Cont. Tabla 5

CEMENTO					10 sacos (saco de 50 L)
---------	--	--	--	--	----------------------------

Nota. Datos tomados del Manual de Aliven®.

Materiales Empleados

Para la elaboración de las mezclas de Aliven, es necesario la utilización de los siguientes materiales, entendiendo como este el conjunto de elementos básicos que se transforman en productos terminados a través del uso de la mano de obra y siguiendo las pautas establecidas en la NORMA COVENIN 633:2001 “Concreto Premezclado. Requisitos”:

✓ **Aliven Estructural:**

Es un agregado liviano de arcilla expandida producida en grandes hornos rotatorios, sustituto de la piedra para concretos de alta resistencia, que se presenta en forma de pequeñas esferas livianas constituidas por una corteza vitrificada, rígida, resistente y de color pardo, que encierra una estructura alveolar porosa de color gris. Procedente de la Planta Aliven, ubicada en Charallave - Edo. Miranda.

✓ **Agua:**

Proveniente de la red de acueductos de aguas claras del Laboratorio de Materiales y Ensayos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo.

✓ **Agregado Fino:**

Arena Fina Lavada, adquirida en la empresa Materiales Caribú C.A., (San Diego – Edo. Carabobo), el material es procedente de (San Felipe - Edo. Yaracuy).

✓ **Cemento:**

Cemento MAESTRO® Portland Tipo CPCA2 (Para usos generales en concreto). Este producto es fabricado con materias primas de calidad, mediante la molienda conjunta de yeso y Clinker, dispuestos en sacos de 42,5 kg., cumpliendo con los requisitos de la NORMA COVENIN 3134:2004. Distribuido por la Corporación Socialista de Cemento S.A (CSC), conjunto con la Industria Venezolana de Cemento (INVENCEM).

Equipos e Instrumentos a Utilizar para el Desarrollo de la Investigación

- Carretillas.
- Barra compactadora de acero de 5/8" de diámetro, lisa y con punta redonda.
- Bolsas plásticas.
- Recipientes.
- Prensa de ensayo de Compresión.
- Ensayo a Flexión.
- Palas.
- Cuchara de albañil.
- Trompo mezclador.
- Cuchara de muestreo.
- Molde cónico, para la realización del "Método de Abrams", el molde estará constituido de una chapa metálica con un espesor mínimo de 1,5 mm., y su forma será troncocónica. Los dos círculos de las bases serán paralelos entre sí; de 20 cm. de diámetro la base inferior y 10 cm. de diámetro la base superior, formando un ángulo recto con el eje del cono. La altura del molde será de 30 cm. Dicho molde estará provisto de asas y aletas de pie.
- Cilindros graduados.
- Peso digital.

- Molde metálico cilíndrico, de $152,5 \pm 2,5$ mm de diámetro y $305 \pm 6,0$ mm de altura.
- Aparatos y equipos menores.

Curado

- ✓ Las probetas fueron desmoldadas a las 24 horas luego de la elaboración de las mismas.
- ✓ Luego las probetas que estaban en condiciones normalizadas fueron sumergidas en la piscina de curado del Laboratorio de Materiales y Ensayos, Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo.
- ✓ Seguidamente de sacar las probetas de la piscina de curado, estas fueron colocadas en un lugar libre de sufrir algún golpe o accidente, dentro de las instalaciones del laboratorio.

Organización de Data y Mediciones

Los resultados obtenidos a través de ensayos, aparatos u otro tipo de medición, se ordenaron y clasificaron de manera que esta permita una mejor comprensión de la información procesada de una manera sencilla, práctica y rápida. Por esta razón, los datos de esta investigación, bien que se haya recopilado por medio del método de Observación, es necesario procesarlos convenientemente, para lo cual es necesario tabularlos, medirlos y sintetizarlos.

Por consiguiente, se cuenta con la herramienta de trabajo Microsoft Excel, para la elaboración de tablas y gráficas debido a que es una mejor manera al momento de la presentación de los resultados y de este modo se puede facilitar el práctico entendimiento.

CAPÍTULO IV

PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

El presente capítulo muestra la presentación de los resultados obtenidos de cada uno de los ensayos realizados en este Trabajo Especial de Grado, entre ellos están: “Ensayo de Compresión Axial”, “Ensayo a Flexión en Vigas Simplemente Apoyadas” y los ensayos realizados correspondientes al Agregado Fino.

Resultados Ensayos Realizados al Agregado Fino

Método de ensayo para la determinación cualitativa de impurezas orgánicas en arenas para concreto. Ensayo colorimétrico (COVENIN 256/77 – C.C.C.A AG. 3 – ASTM C40).

Con este ensayo se evidenció que el agregado fino posee una cantidad despreciable de materia orgánica.

Método de ensayo para la determinación cualitativa de la presencia de cloruros y sulfatos en arenas (COVENIN 261/77 – C.C.C.A AG. 8).

En el mismo se evidenció que el agregado fino posee una cantidad despreciable de Cloruros de Sodio y Sulfatos de Sodio. Al momento de determinar la presencia de cloruros la muestra se observó una mínima precipitación de color blanco. En la determinación de presencia de Sulfatos no se presentó ninguna reacción.

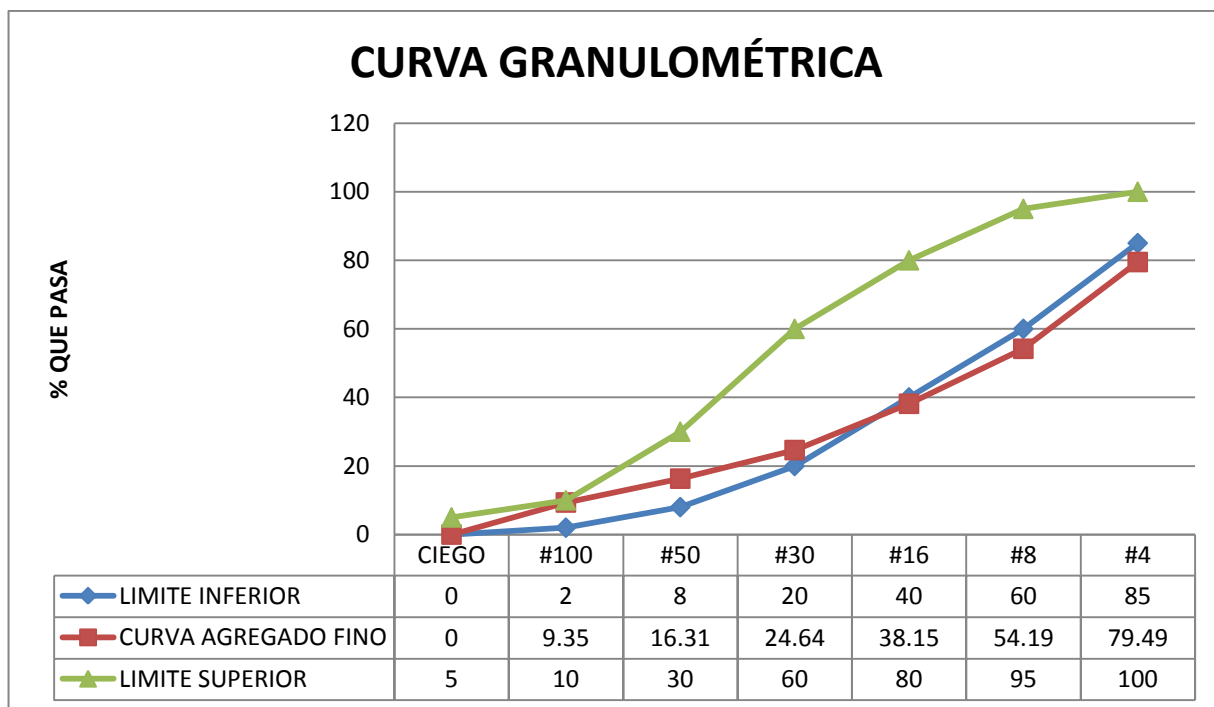
Método de ensayo para determinar la composición granulométrica de agregados finos y gruesos (COVENIN 255/77 – C.C.C.A AG. 2).

Tabla 6

Composición Granulométrica del Agregado Fino

CEDAZO N°	PESO CEDAZO (gramos)	PESO CEDAZO + RETENIDO (gramos)	PESO RETENIDO (gramos)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
#4	562.75	659.04	96.29	20.51	20.51	79.49
#8	686.95	805.73	118.78	25.30	45.81	54.19
#16	501.35	576.70	75.35	16.05	61.85	38.15
#30	375.49	438.93	63.44	13.51	75.36	24.64
#50	488.08	527.16	39.08	8.32	83.69	16.31
#100	466.59	499.29	32.70	6.96	90.65	9.35
CIEGO	423.42	467.31	43.89	9.35	100.00	0.00

Nota. Aponte L y .Duarte A (2012)



Gráfica 1: **Curva Granulométrica.** Nota. Aponte L y .Duarte A (2012)

$$Mf = \frac{\sum \% \text{ Peso retenido acumulado}}{100} \quad \text{Ec. 4.1}$$

$$Mf = \frac{477.87}{100} = 4.78$$

Análisis:

- Se observó que en los tamices #16, #8 y # 4 no cumplen con los límites establecidos en el porcentaje pasante. La tendencia de la curva nos indica que posee mucho material fino, no brindando así una buena granulometría, ya que no está constituida por partículas de todos los tamaños, pudiendo afectar esta de manera directa a la trabajabilidad y resistencia del concreto.
- Al momento de determinar el módulo de finura se obtuvo un resultado de 4.78, indicando que se tiene un agregado que no entra en los límites establecidos que son 2.76 y 3.5; para la producción de concreto con granulometría ideal.
- Como se tiene un agregado con muchas partículas finas, esta promoverá un alto contenido de pasta Agua – Cemento, a fin de poder recubrir todas las partículas de agregados que conforman la mezcla.

Método de ensayo para la determinación por suspensión de partículas menores que 20 micras en agregados finos (COVENIN 259/78 – C.C.C.A AG. 6).

$$S = \frac{Vs * 0.6}{W} * 100 \quad \text{Ec. 4.2}$$

Donde:

S: Porcentaje de partículas en suspensión.

Vs: Volumen de la capa de material en suspensión en cm³.

W: Peso de la muestra en gramos.

$$\% S = \frac{60 * 0.6}{500.6} * 100 = 7.11\%$$

Según la Norma N° 259, la especificación nacional fija, para los resultados de este ensayo, establece que después de 1 hora de sedimentación los finos en suspensión no sobrepasen en peso el 3%.

Análisis:

- Se obtuvo como resultado un 7.11% de partículas en suspensión, estando muy por encima del límite establecido para este ensayo del 3%, lo cual indica una incidencia en la disminución de la resistencia del concreto a tracción, debido a la demanda de agua que posee.

Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado (COVENIN 263 – ASTM C29 – C.C.C.AG. 10).

$$V = \frac{W1}{\rho} \quad \text{Ec. 4.3}$$

Donde:

V: Volumen del recipiente.

P: Peso unitario del agua.

W1: Peso neto del agua.

Cálculo del Peso Unitario del Agua (ρ):

Temperatura (°C)	Kg/m3
23.9	997.32
26.0	X
26.7	996.59

$$X = 996.77 \text{ Kg/m}^3$$

Cálculo del Volumen del Recipiente (V):

$$V = \frac{4865 \text{ gr.}}{996770 \text{ gr./m}^3} = 0.00488 \text{ m}^3$$

- *Peso Unitario Compacto:*

$$\rho_{uc} = \frac{W_{ac}}{V} = \frac{8869 \text{ gr.}}{0.00488 \text{ m}^3} = 1817418.033 \frac{\text{gr.}}{\text{m}^3} = 1817.42 \text{ Kg./m}^3$$

- *Peso Unitario Suelto:*

$$\rho_{as} = \frac{W_{as}}{V} = \frac{8296 \text{ gr.}}{0.0048 \text{ m}^3} = 1700000 \frac{\text{gr.}}{\text{m}^3} = 1700 \text{ Kg./m}^3$$

Método de ensayo para determinar por lavado el contenido de materiales más finos que el cedazo #200 en agregados minerales (COVENIN 258/77 – C.C.C.A AG. 5).

$$F = \frac{W_o - W_1}{W_o} * 100 \quad \text{Ec. 4.4}$$

Donde:

F: Porcentaje de material más fino que el cedazo 200.

Wo: Peso original de la muestra en gramos.

W1: Peso seco de la muestra en gramos, después de lavada.

$$F = \frac{500.01 \text{ gr.} - 445.03 \text{ gr.}}{500.01 \text{ gr.}} * 100 = 11\%$$

Análisis:

- Según lo establece la Norma COVENIN 258-77, indica que el máximo porcentaje en peso de la muestra total para un material más fino que el cedazo #200 es de 3% para concretos expuestos a elevados índices de desgaste o abrasión y 5% para todos los demás concretos, además en el caso de arena manufacturada, si el material más fino que el cedazo #200 se compone de polvo de

fractura esencialmente libre de arcilla o esquisto, estos límites podrán aumentar a 5% y 7% respectivamente. Cabe destacar que el valor arrojado dado como resultado de este ensayo es bastante elevado (11%) afectando de esta manera en el fraguado y la durabilidad del concreto (durabilidad).

Método de ensayo para determinar el contenido de terrones de arcilla y partículas desmenuzables en agregados (COVENIN 257/78 – ASTM C142 – C.C.C.A AG. 4-68).

$$P = \frac{W-W_1}{W} * 100 \quad \text{Ec. 4.5}$$

Donde:

P: Porcentaje de partículas desmenuzables.

W: Peso original de la muestra, seca, utilizada al inicio del ensayo.

W1: Peso del agregado retenido en el cedazo 20, después de seco.

$$P = \frac{42.33 \text{ gr.} - 42.25 \text{ gr.}}{42.33 \text{ gr.}} * 100 = 0.19$$

Análisis:

- Como resultado se obtuvo un total de 0.19% de partículas desmenuzables, estando por debajo del límite máximo permisible referido al peso total de la muestra para agregados finos de 1%. Evitando de esta manera una acción nociva en el concreto endurecido, ya que si hay alta presencia de estos terrones desmenuzables en la mezcla, estos pueden perder su consistencia y al desmoronarse pueden ser extraídos por deslavado y erosión dejando huecos en el lugar que ocuparon.

Método de ensayo para determinar el peso específico y la absorción del agregado fino (COVENIN 268 – ASTM C128 Y C.C.C.AG. 15).

$$Ga = \frac{W_1}{W_2 - W_3 + W_1} \quad \text{Ec. 4.6}$$

$$G = \frac{W_1}{W_2 - W_3 + W_4} \quad \text{Ec. 4.7}$$

$$Gs = \frac{W_4}{W_2 - W_3 + W_4} \quad \text{Ec. 4.8}$$

$$\%A = \frac{W_2 - W_1}{W_1} * 100 = \frac{Va * \gamma_a}{W_1} * 100$$

Donde:

Ga: Peso específico aparente.

G: Peso específico.

%A: Porcentaje de Absorción.

Va: Volumen de agua.

γ_a : Peso unitario del agua.

W1: Peso de la arena (seca).

W2: Peso del picnómetro con agua hasta la marca de enrase.

W3: Peso del picnómetro con arena y agua hasta la marca de enrase.

W4: Peso de la arena saturada con superficie seca.

Siendo:

W1 = 492.72 gr.

W2 = 636.68 gr.

W3 = 940.84 gr.

W4 = 500.3 gr.

Sustituyendo se tiene que:

$$Ga = \frac{492.72 \text{ gr.}}{636.68 \text{ gr.} - 940.84 \text{ gr.} + 492.72 \text{ gr.}} = 2.61$$

$$G = \frac{492.72 \text{ gr.}}{636.68 \text{ gr.} - 940.84 \text{ gr.} + 500.3 \text{ gr.}} = 2.51$$

$$Gs = \frac{500.3 \text{ gr.}}{636.68 \text{ gr.} - 940.84 \text{ gr.} + 500.3 \text{ gr.}} = 2.55$$

$$\%A = \frac{500.3 \text{ gr.} - 492.72 \text{ gr.}}{492.72 \text{ gr.}} * 100 = 1.54 \%$$

Método de ensayo para determinar la humedad superficial en el agregado fino, y método de ensayo para determinar los vacíos en agregados para concreto (C.C.C.AG. 19 Y AG. 21).

- *Peso de la Muestra:*

$$Wa = W2 + W - W1 \quad \text{Ec. 4.9}$$

Donde:

W2: Peso del envase lleno de agua, en gramos.

W: Peso de la muestra, en gramos.

W1: Peso del envase con la muestra y el agua, en gramos.

Wa: Peso de la muestra, en gramos.

Siendo:

W2 = 636.09 gr.

W = 500.05 gr.

W1 = 932.42 gr.

Se tiene que:

$$W_a = 636.09 \text{ gr.} + 500.05 \text{ gr.} - 932.42 \text{ gr.} = 203.71 \text{ gr.}$$

- *Porcentaje de Humedad superficial referido al agregado saturado con superficie seca (Hs):*

$$H_s = \frac{W_a - W_s}{W - W_a} \quad \text{Ec. 4.10}$$

Donde:

$$W_s = \frac{W}{G_s} \quad \text{Ec. 4.11}$$

Siendo:

Gs: Peso Específico del Agregado con Superficie Seca.

Sustituyendo:

$$W_s = \frac{500.05 \text{ gr.}}{2.55} = 196.1 \text{ gr.}$$

$$H_s = \frac{203.72 \text{ gr.} - 196.1 \text{ gr.}}{500.05 \text{ gr.} - 203.71 \text{ gr.}} = 0.0256 = 2.6\%$$

- Vacíos en el Agregado:

$$P = \frac{G * \gamma_a - W_4}{G * \gamma_a} * 100 \quad \text{Ec. 4.12}$$

Siendo:

P: Porcentaje de Vacíos.

G: Peso Específico del Agregado.

γ_a : Peso Unitario del Agua.

W4: Peso Unitario del Agregado Suelto ó Compacto.

$$P = \frac{2.51 * 996.77 - 2451.84}{2.51 * 996.77} * 100 = 2\%$$

Criterios de Análisis para los Resultados de las Resistencias

Para cada una de las mezclas de concreto se elaboraron probetas para tres ensayos a los 14 y 28 días de edad.

Los valores de los ensayos correspondientes a cada mezcla se sometieron al siguiente criterio:

- Sólo se tomaron los valores promedio de resistencia o ensayo que se encontraron dentro del intervalo $[X \pm \sigma]$. Es decir, se descartó cualquier ensayo que se encontró fuera del intervalo $[X \pm \sigma]$.

Resistencia promedio (X)

Se calculó la resistencia promedio para cada una de las mezclas elaboradas.

Desviación estándar (σ)

La desviación estándar es la más importante de las medidas de dispersión. Se define como la raíz cuadrada de la media aritmética del cuadrado de las desviaciones de cada valor de la variable con respecto a la media, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\sigma = \sqrt{\frac{(\bar{X} - x_i)^2}{n-1}} \quad \text{Ec. 4.13}$$

Resultados Resistencia a Compresión

Tabla 7

Resistencia a los 14 días, Mezcla 1, 3 y 4

Resistencia de Diseño 250 Kg/cm ²						
Ensayo a los 14 Días						
Nº de Mezcla	Resistencia a Compresión (Kg/cm ²)	Resistencia a Compresión Promedio " $\bar{X}$ " (Kg/cm ²)	Desviación Estandar " σ "	$\bar{X} + \sigma$	$\bar{X} - \sigma$	F'c
1	142.57	143.06	0.53	143.59	142.52	142.77
	142.98					
	143.62					
3	145.74	149.05	3.88	152.93	145.17	146.92
	153.32					
	148.09					
4	159.10	157.07	2.00	159.07	155.08	156.06
	155.11					
	157.00					

Nota. Aponte L y .Duarte A (2012)

Tabla 8

Resistencia a los 28 días, Mezcla 1, 3 y 4

Resistencia de Diseño 250 Kg/cm ²						
Ensayo a los 28 Días						
Nº de Mezcla	Resistencia a Compresión (Kg/cm ²)	Resistencia a Compresión Promedio " $\bar{X}$ " (Kg/cm ²)	Desviación Estandar " σ "	$\bar{X} + \sigma$	$\bar{X} - \sigma$	F'c
1	170.04	169.39	1.58	170.96	167.81	170.29
	167.58					
	170.53					
3	169.31	171.43	5.01	176.44	166.41	168.56
	177.15					
	167.81					
4	175.48	172.05	4.80	176.85	167.25	174.79
	174.11					
	166.57					

Nota. Aponte L y .Duarte A (2012)

Tabla 9*Resistencia a los 7 días, Mezcla 2, 5 y 6*

Resistencia de Diseño 250 Kg/cm ²						
Ensayo a los 7 Días						
Nº de Mezcla	Resistencia a Compresión (Kg/cm ²)	Resistencia a Compresión Promedio " $\bar{X}$ " (Kg/cm ²)	Desviación Estandar " σ "	$\bar{X} + \sigma$	$\bar{X} - \sigma$	f'c
2	140.78	144.72	3.44	148.17	141.28	146.70
	146.31					
	147.09					
5	141.83	140.60	1.30	141.90	139.29	141.28
	140.73					
	139.23					
6	140.78	141.32	1.08	142.40	140.24	140.70
	140.63					
	142.57					

Nota. Aponte L y .Duarte A (2012)**Tabla 10***Resistencia a los 28 días, Mezcla 2, 5 y 6*

Resistencia de Diseño 250 Kg/cm ²						
Ensayo a los 28 Días						
Nº de Mezcla	Resistencia a Compresión (Kg/cm ²)	Resistencia a Compresión Promedio " $\bar{X}$ " (Kg/cm ²)	Desviación Estandar " σ "	$\bar{X} + \sigma$	$\bar{X} - \sigma$	F'c
2	165.46	166.36	0.79	167.15	165.58	166.81
	166.91					
	166.72					
5	163.06	165.16	1.85	167.01	163.31	166.21
	165.89					
	166.54					
6	176.05	181.00	9.35	190.34	171.65	175.61
	175.17					
	191.78					

Nota. Aponte L y .Duarte A (2012)

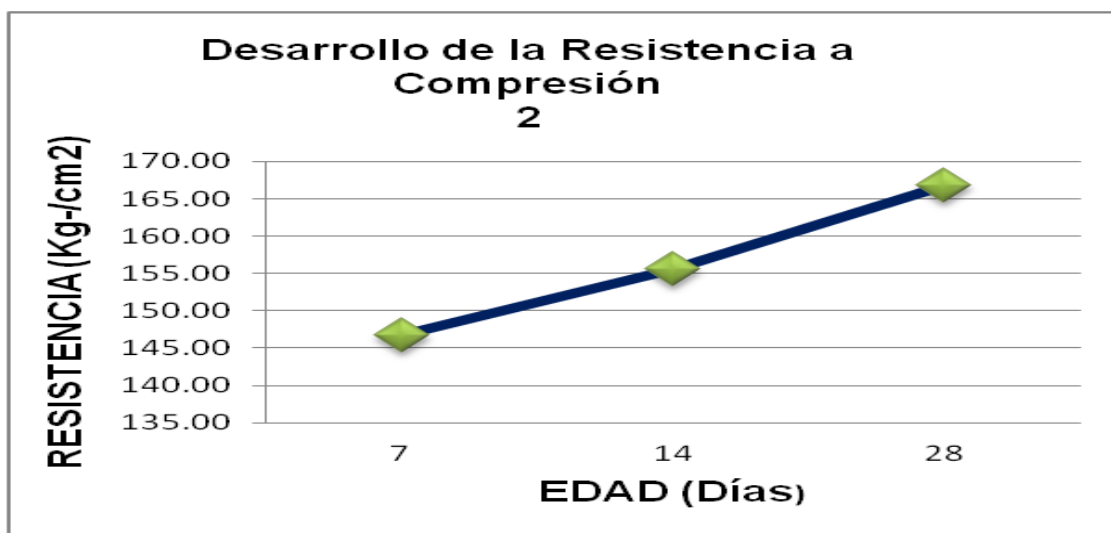
Desarrollo de la Resistencia a Compresión

Tabla 11

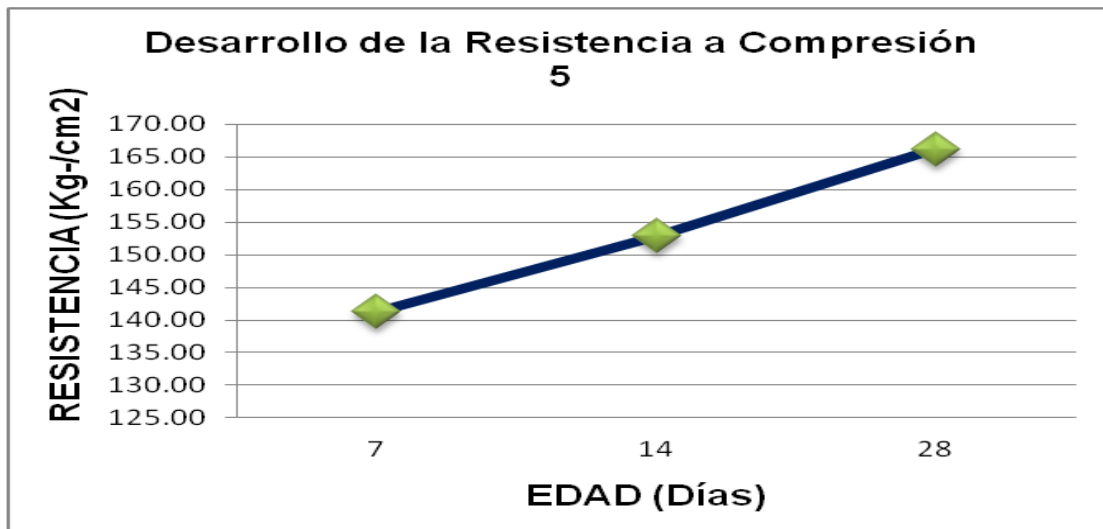
Desarrollo de la resistencia a Compresión

Desarrollo de la Resistencia $Y - Y_0 = m (X - X_0)$				
	m	Y		
2	35.94	155.54	$\log(7)=$	0.85
5	40.80	152.88	$\log(14)=$	1.15
6	65.90	161.16	$\log(28)=$	1.45

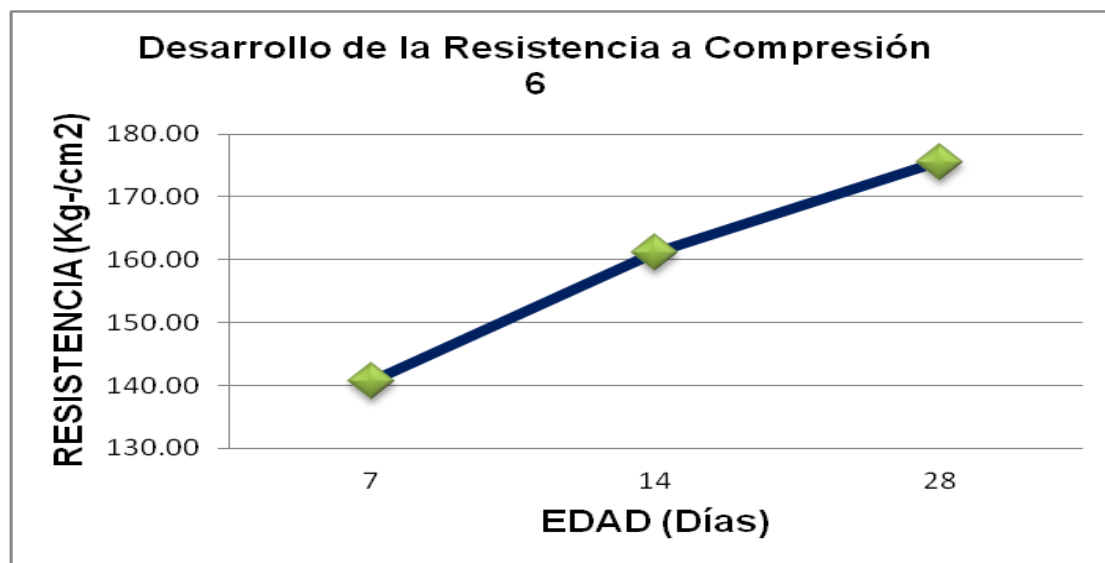
Nota. Aponte L y .Duarte A (2012)



Gráfica 2: **Desarrollo de la Resistencia a Compresión de la Mezcla 2.** Nota. Aponte L y .Duarte A (2012)



Gráfica 3: **Desarrollo de la Resistencia a Compresión de la Mezcla 5.** *Nota.* Aponte L y .Duarte A (2012)



Gráfica 4: **Desarrollo de la Resistencia a Compresión de la Mezcla 6.** *Nota.* Aponte L y .Duarte A (2012)

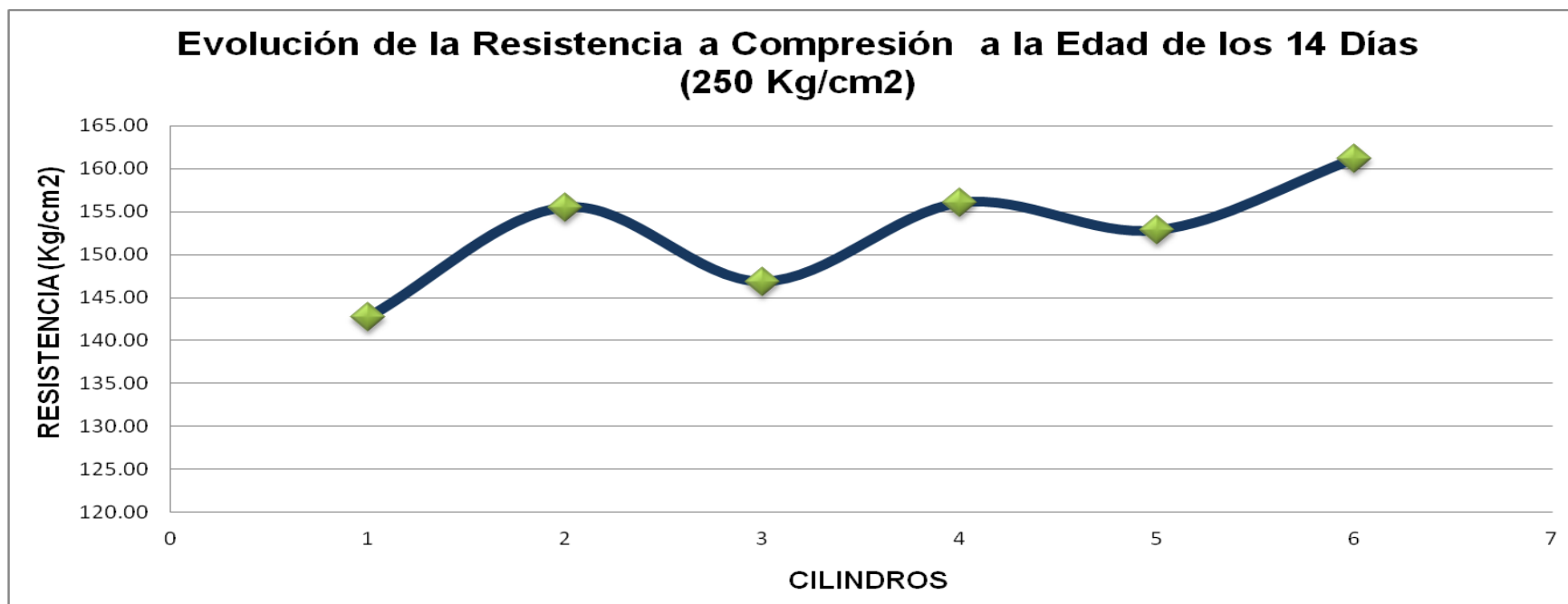
Tabla 12*Resistencia a los 14 días, Mezcla 2, 5 y 6*

Ensayo a los 14 Días	
Resistencia a Compresión (Kgf/cm ²)	
2	155.54
5	152.88
6	161.16

*Nota. Aponte L y .Duarte A (2012)***Tabla 13***Resistencia a Compresión a los 14 días*

Resistencia de Diseño 250 Kgf/cm ²		
Ensayo a los 14 Días		
Nº de Mezcla	Resistencia a Compresión F _c Promedio (Kgf/cm ²)	Asentamiento (cm)
1	142.77	2.54
2	155.54	2.54
3	146.92	2
4	156.06	2.54
5	152.88	1
6	161.16	2.54

Nota. Aponte L y .Duarte A (2012)



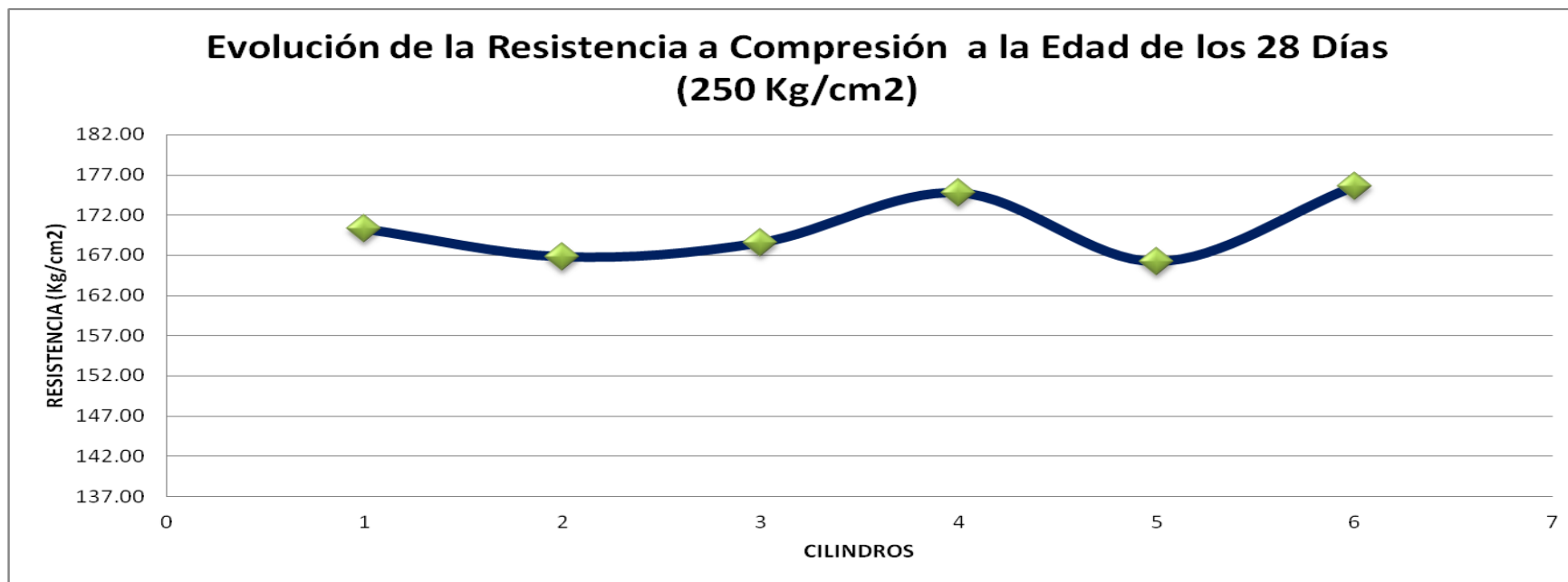
Gráfica 5: **Evaluación de la Resistencia a Compresión a la Edad de los 14 Días.** *Nota.* Aponte L y .Duarte A (2012)

Tabla 14

Resistencia a Compresión a los 28 días

Resistencia de Diseño 250 Kg/cm ²		
Ensayo a los 28 Días		
Nº de Mezcla	Resistencia a Compresión F ^c Promedio (Kg/cm ²)	Asentamiento (cm)
1	170.29	2.54
2	166.81	2.54
3	168.56	2
4	174.79	2.54
5	166.21	1
6	175.61	2.54

Nota. Aponte L y .Duarte A (2012)



Gráfica 6: **Evaluación de la Resistencia a Compresión a la Edad de los 28 Días.** *Nota.* Aponte L y .Duarte A (2012)

Resultados Resistencia a Tracción por Flexión

Tabla 15

Resistencia a los 14 días, Mezcla 1, 3 y 4

Resistencia de Diseño 250 Kg/cm ²						
Ensayo a los 14 Días						
Nº de Mezcla	Resistencia a flexión (Kg/cm ²)	Resistencia a tracción por flexión Promedio " $\bar{X}$ " (Kg/cm ²)	Desviación Estandar " σ "	$\bar{X} + \sigma$	$\bar{X} - \sigma$	Fr
1	24.50	27.30	3.57	30.87	23.74	25.30
	26.10					
	31.32					
3	35.92	33.15	2.48	35.64	30.67	31.77
	31.11					
	32.44					
4	28.17	30.19	1.84	32.03	28.36	31.21
	30.66					
	31.75					

Nota. Aponte L y .Duarte A (2012)

Tabla 16

Resistencia a los 28 días, Mezcla 1, 3 y 4

Resistencia de Diseño 250 Kg/cm ²						
Ensayo a los 28 Días						
Nº de Mezcla	Resistencia a flexión (Kg/cm ²)	Resistencia a tracción por flexión Promedio " $\bar{X}$ " (Kg/cm ²)	Desviación Estandar " σ "	$\bar{X} + \sigma$	$\bar{X} - \sigma$	Fr
1	33.82	32.10	2.85	34.95	29.25	33.74
	33.67					
	28.81					
3	32.35	30.94	3.61	34.54	27.33	32.99
	33.63					
	26.84					
4	34.26	34.77	0.50	35.28	34.27	35.03
	34.78					
	35.27					

Nota. Aponte L y .Duarte A (2012)

Tabla 17*Resistencia a los 7 días, Mezcla 2, 5 y 6*

Resistencia de Diseño 250 Kg/cm ²						
Ensayo a los 7 Días						
Nº de Mezcla	Resistencia a Flexión (Kg/cm ²)	Resistencia a tracción por flexión Promedio " $\bar{X}$ " (Kg/cm ²)	Desviación Estandar " σ "	$\bar{X} + \sigma$	$\bar{X} - \sigma$	Fr
2	31.29	29.53	1.59	31.13	27.94	29.74
	28.19					
	29.12					
5	31.89	28.93	2.57	31.49	26.36	27.45
	27.34					
	27.55					
6	32.43	31.32	2.15	33.47	29.17	32.56
	32.69					
	28.84					

*Nota. Aponte L y .Duarte A (2012)***Tabla 18***Resistencia a los 28 días, Mezcla 2, 5 y 6*

Resistencia de Diseño 250 Kg/cm ²						
Ensayo a los 28 Días						
Nº de Mezcla	Resistencia a flexión (Kg/cm ²)	Resistencia a tracción por flexión Promedio " $\bar{X}$ " (Kg/cm ²)	Desviación Estandar " σ "	$\bar{X} + \sigma$	$\bar{X} - \sigma$	Fr
2	33.48	31.97	2.22	34.20	29.75	33.25
	33.02					
	29.42					
5	31.04	32.63	1.48	34.11	31.15	31.97
	32.91					
	33.95					
6	36.07	34.28	1.75	36.03	32.53	33.39
	34.21					
	32.57					

Nota. Aponte L y .Duarte A (2012)

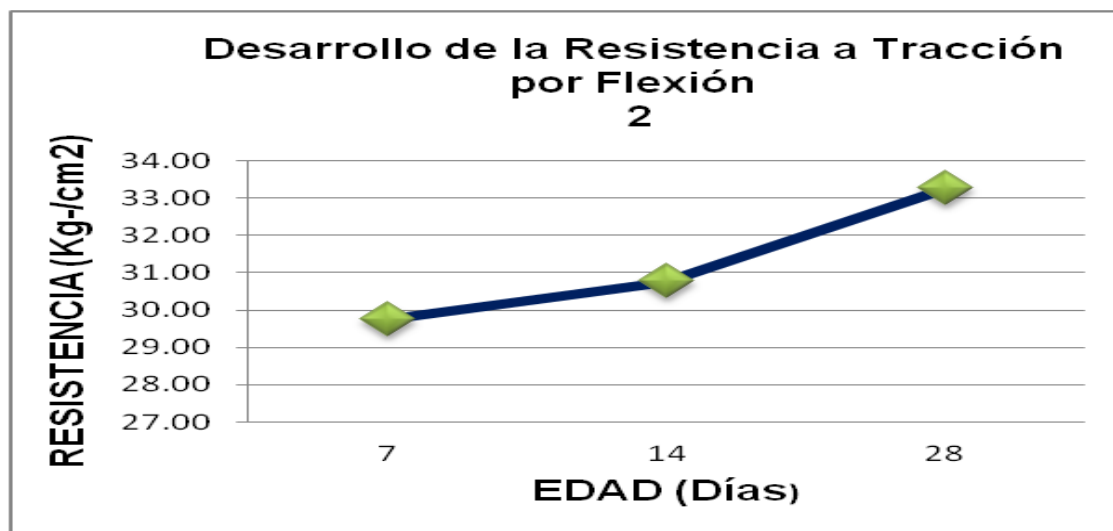
Desarrollo de la Resistencia a Tracción por Flexión

Tabla 19

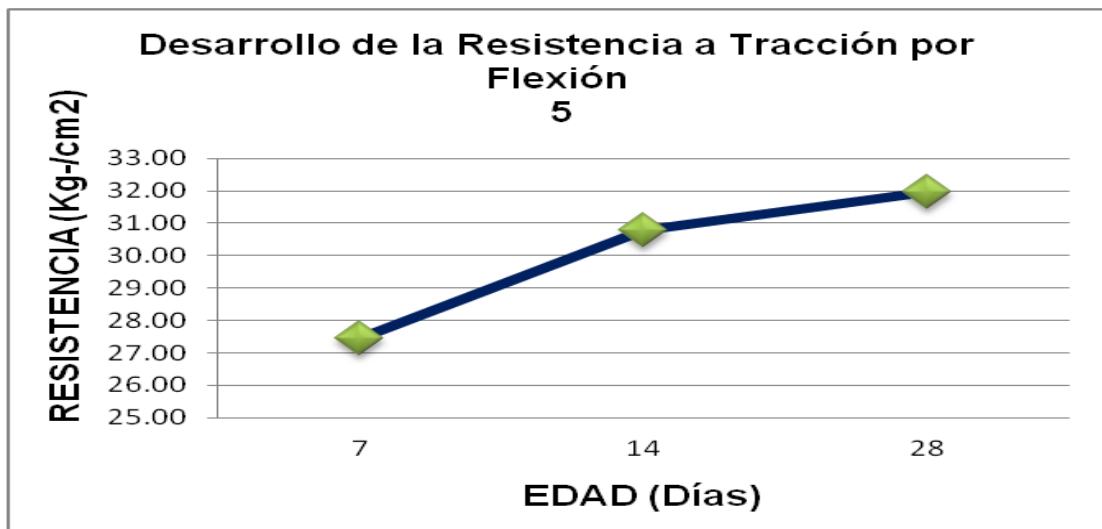
Desarrollo de la resistencia a Tracción por Flexión

Desarrollo de la Resistencia $Y - Y_0 = m (X - X_0)$				
	m	Y		
2	4.05	30.75	$\log(7)=$	0.85
5	6.15	30.78	$\log(14)=$	1.15
6	4.92	32.80	$\log(28)=$	1.45

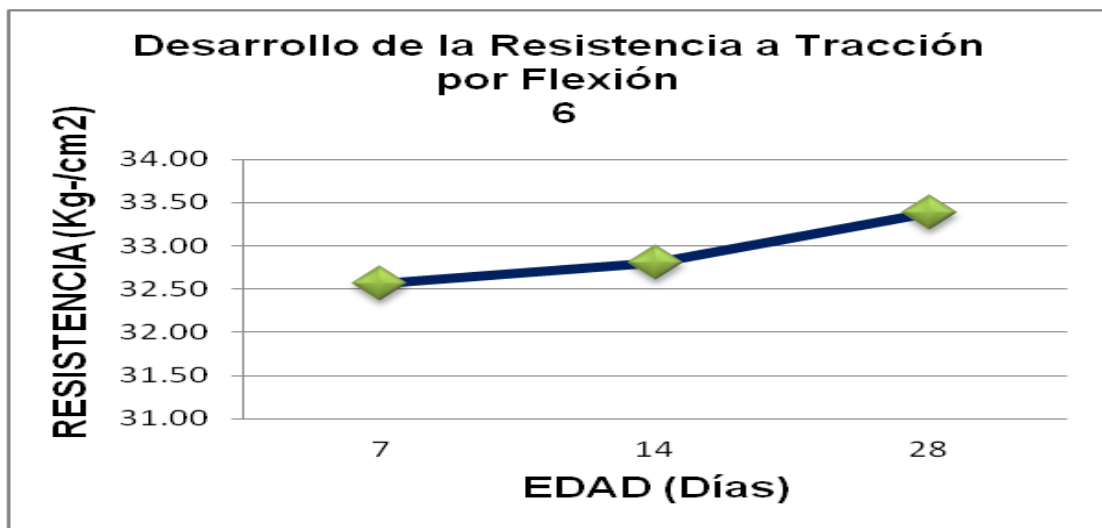
Nota. Aponte L y .Duarte A (2012)



Gráfica 7: Desarrollo de la Resistencia a Tracción por Flexión de la Mezcla 2. Nota. Aponte L y .Duarte A (2012)



Gráfica 8: **Desarrollo de la Resistencia a Tracción por Flexión de la Mezcla 5.** Nota. Aponte L y .Duarte A (2012)



Gráfica 9: **Desarrollo de la Resistencia a Tracción por Flexión de la Mezcla 6.** Nota. Aponte L y .Duarte A (2012)

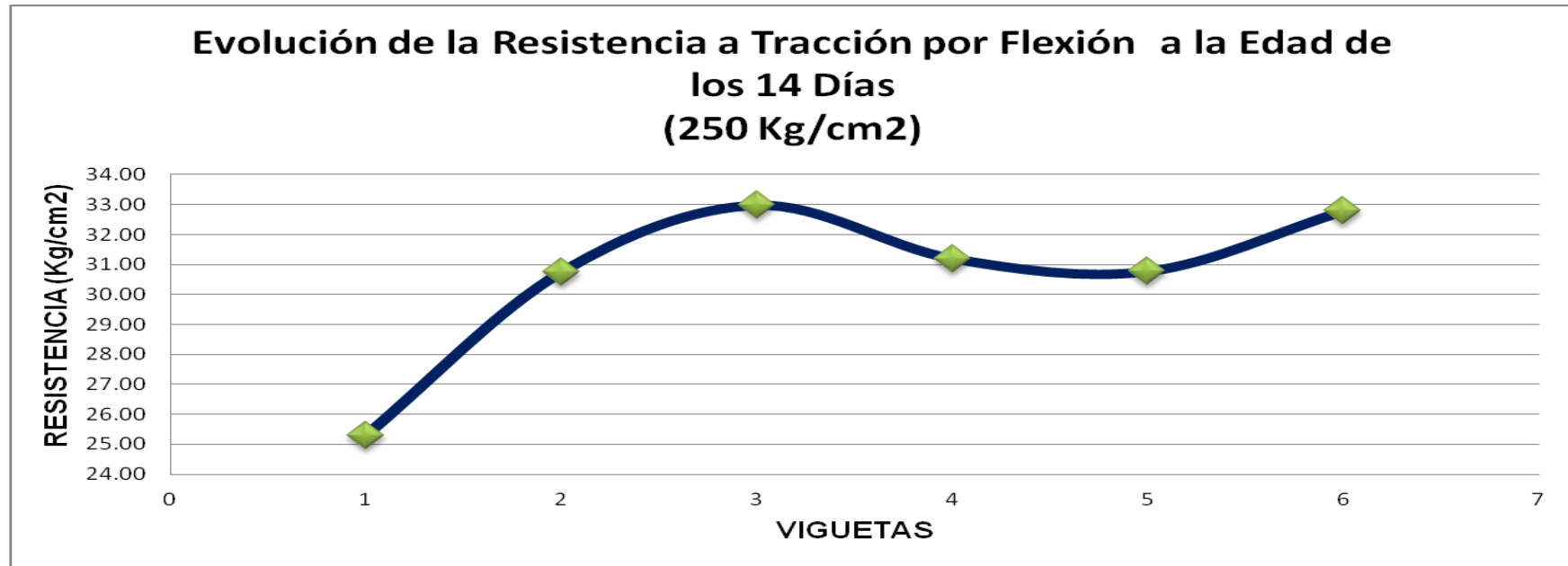
Tabla 20*Resistencia a los 14 días, Mezcla 2, 5 y 6*

Ensayo a los 14 Días	
Resistencia a Tracción por Flexión (Kgf/cm ²)	
2	30.75
5	30.78
6	32.80

*Nota. Aponte L y .Duarte A (2012)***Tabla 21***Resistencia a Tracción por Flexión a los 14 días*

Resistencia de Diseño 250 Kgf/cm ²		
Ensayo a los 14 Días		
Nº de Mezcla	Resistencia a Tracción por Flexión Fr Prom. (Kgf/cm ²)	Asentamiento (cm)
1	25.30	2.54
2	30.75	2.54
3	31.77	2
4	31.21	2.54
5	30.78	1
6	32.80	2.54

Nota. Aponte L y .Duarte A (2012)

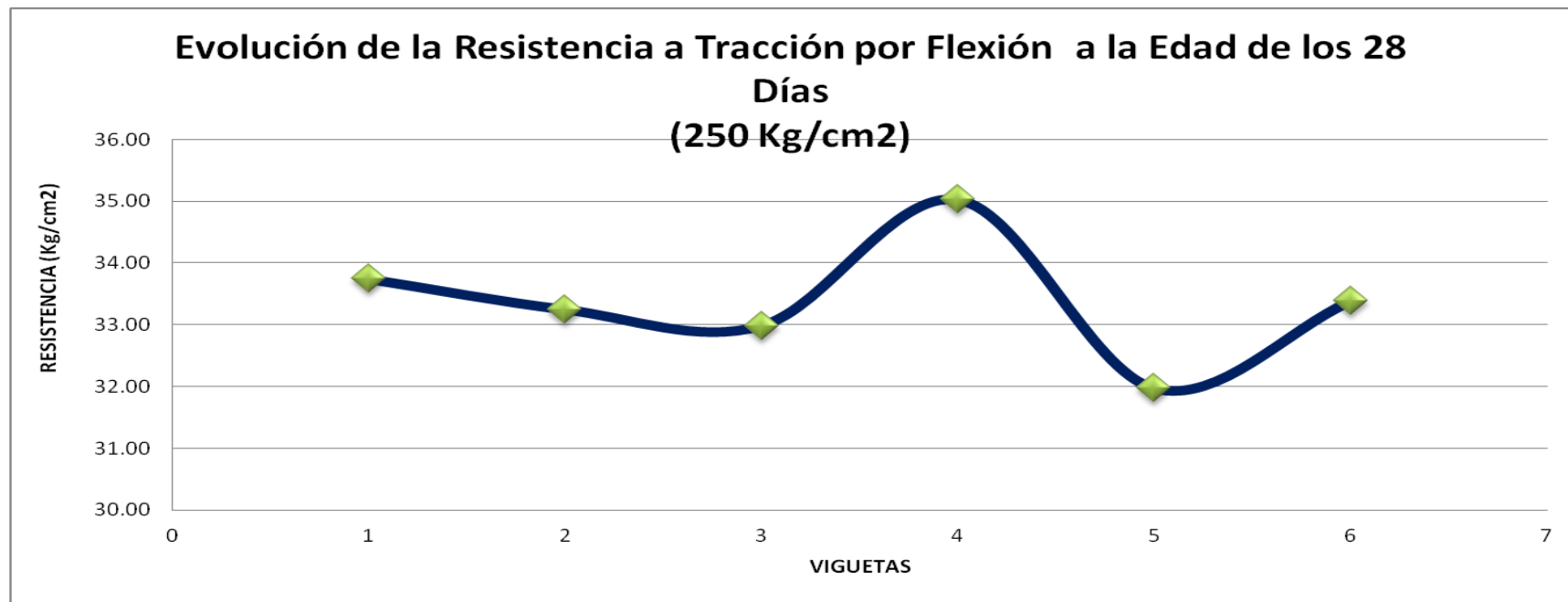


Gráfica 10: Evaluación de la Resistencia a Tracción por Flexión a la Edad de los 14 Días. *Nota.* Aponte L y .Duarte A (2012)

Tabla 22*Resistencia a Tracción por Flexión a los 28 días*

Resistencia de Diseño 250 Kg/cm ²		
Ensayo a los 28 Días		
Nº de Mezcla	Resistencia a Tracción por Flexión Fr Prom. (Kg/cm ²)	Asentamiento (cm)
1	33.74	2.54
2	33.25	2.54
3	32.99	2
4	35.03	2.54
5	31.97	1
6	33.39	2.54

Nota. Aponte L y .Duarte A (2012)



Gráfica 11: Evaluación o de la Resistencia a Tracción por Flexión a la Edad de los 28 Días. Nota. Aponte L y .Duarte A (2012)

Análisis De Los Resultados

Regresión Lineal de la Resistencia

Para la interpretación de los resultados se aplicó un tipo de tendencia o regresión lineal, para encontrar un valor representativo de la media de las distribuciones condicionales.

La regresión lineal analiza una variable causal o independiente “X” y una variable causada o dependiente “Y”, en la cual para cada distribución de X existe una distribución en Y, es decir, un conjunto de poblaciones (Y/X) con distribuciones normales y varianza constante para todo valor de X.

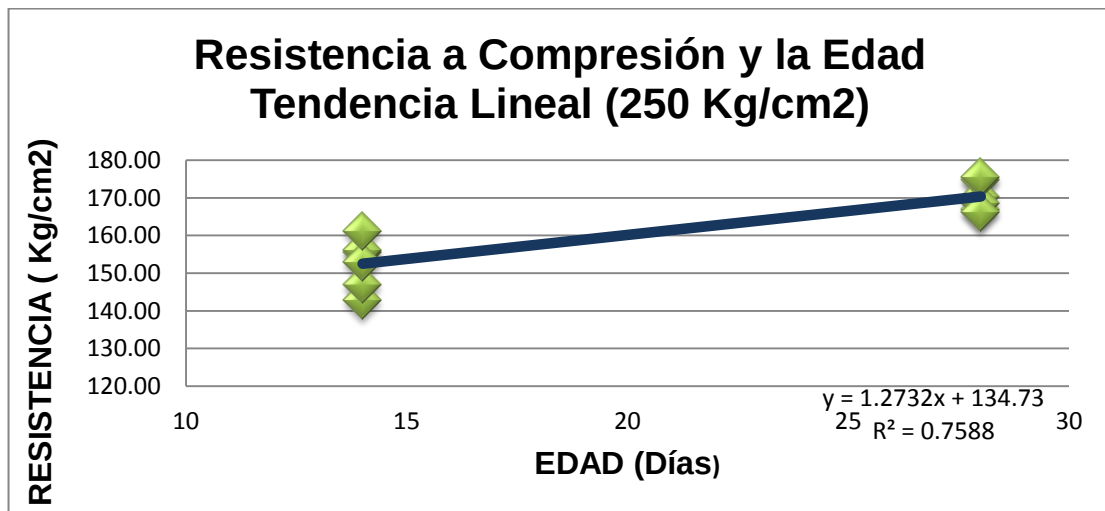
Visto de esta forma, la línea recta es el modelo teórico que representa esta tendencia lineal de la siguiente manera:

$$y = a + bx$$

Es conveniente aclarar que la variable X, no tiene carácter aleatorio, mientras que Y, si lo tiene. Esto se debe fundamentalmente, a que los valores de X son fijos o arbitrarios, mientras que los valores de Y forman distribuciones condicionales a los valores de X.

La regresión será analizado a los 28 días para la compresión y la tracción, debido a que a esta edad, ya el desarrollo de resistencia esta adelantado en gran proporción.

Tendencia Lineal “Resistencia a Compresión”

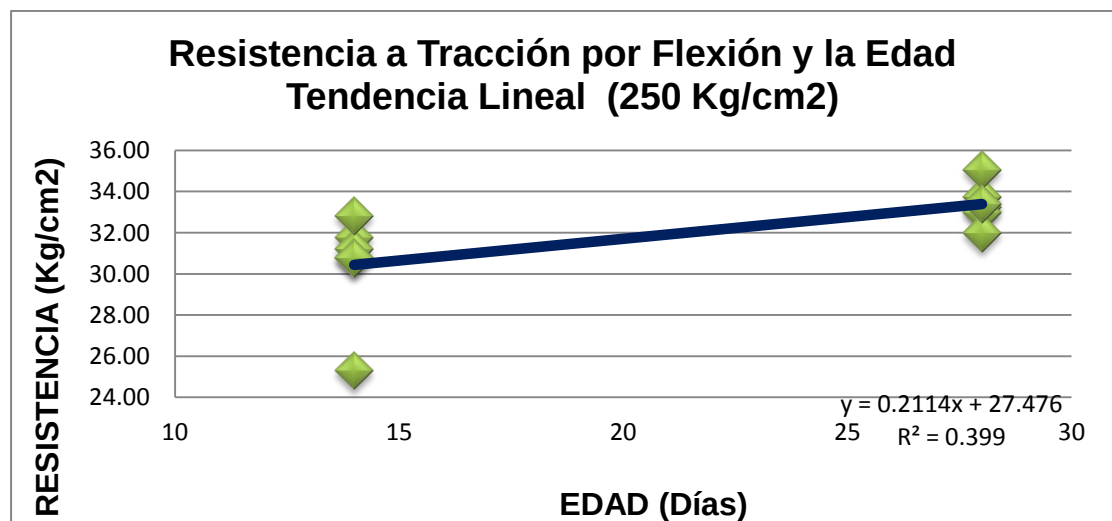


Gráfica 12: Evaluación de la Resistencia a Compresión en función a la Edad de los 28 Días. *Nota.* Aponte L y .Duarte A (2012)

Evaluando en la ecuación a la edad de 28 días, se obtiene:

$$F^c = 166.84 \text{ Kg/cm}^2$$

Tendencia Lineal “Resistencia a Tracción por Flexión”



Gráfica 13: Evaluación o de la Resistencia a Tracción por Flexión en función a la Edad de los 28 Días. *Nota.* Aponte L y .Duarte A (2012)

Evaluando en la ecuación a la edad de 28 días, se obtiene:

$$Fr = 33.85 \text{ Kg/cm}^2$$

Relación entre la resistencia a tracción por flexión y la compresión del concreto

Según la Norma Venezolana FONDONORMA 1753-2006, “*Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural*” (1ra. Revisión), la relación entre la resistencia a tracción por flexión y a compresión del concreto de peso normal, es de la siguiente manera:

$$Fr = 2 * \sqrt{F'c}$$

Y cuando se trabaje con concretos livianos dosificados con arena el valor de Fr se multiplicará por un factor $K = 0.85$.

$$Fr = 2 * \sqrt{F'c} * 0.85$$

Relación entre fr y $f'c$ para el agregado liviano Aliven®

A continuación se presenta el cálculo de la constante “k”.

$$K = \frac{Fr}{2 * \sqrt{F'c}}$$

$$K = \frac{33.85}{2 * \sqrt{166.84}}$$

$$K = 1.31$$

Sustituyendo el valor de K en $Fr = 2 * \sqrt{F'}c * \mathbf{k}$, se obtiene:

$$fr = 2.62 * \sqrt{f'}c$$

CONCLUSIONES

A través de la realización de este trabajo de investigación se pudo efectuar un minucioso análisis de los resultados obtenidos por medio del cumplimiento de los diferentes objetivos planteados, fortaleciendo así los conocimientos sobre el tema en estudio, obteniendo las siguientes conclusiones expuestas de la siguiente manera:

- De los resultados obtenidos en la caracterización del agregado fino, se evidenció que este agregado posee un alto contenido de partículas finas. Sin embargo, se decidió utilizar este agregado fino, debido a que es uno de los materiales que se encuentra en el mercado de la construcción, además brindar esta información de interés a las personas que hacen de su uso.
- En la evaluación de la resistencia a la compresión del diseño de mezcla patrón suministrada por la empresa Aliven®, se observó que los resultados obtenidos al ensayar las probetas se encontraron por debajo de lo establecido en el diseño de mezcla, evidenciándose de esta manera que no cumple con lo requerido.
- En cuanto a la relación entre la resistencia a tracción por flexión y la compresión del concreto, se determinó un factor “ $k = 1.31$ ”, derivado de la ecuación $f_r = 2 * \sqrt{f'_c} * k$ para concretos livianos dosificados con arena, en el articulado 9.6.2.1., establecida en la Norma Venezolana FONDONORMA 1753-2006, “*Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural*” (1ra. Revisión), resultando como ecuación final $f_r = 2.62 * \sqrt{f'_c}$, obteniendo así la caracterización del agregado liviano Aliven® a través de la resistencia a tracción por

flexión según la Norma COVENIN 343-79, cumpliendo de esta manera con el objetivo principal planteado en este trabajo de investigación.

RECOMENDACIONES

Basado en las conclusiones y en la experiencia adquirida a lo largo del presente estudio, se presenta las siguientes recomendaciones:

- Emplear en el diseño de mezcla patrón de la empresa Aliven®, indicado en su Manual de Aplicaciones Generales, un agregado fino de calidad, para analizar la resistencia que ofrece y observar si cumple con resistencia establecida en dicho manual.
- En la elaboración de la mezcla de concreto con el agregado Aliven®, se recomienda que el material sea saturado previamente antes de su utilización con agua al menos durante un periodo de 20 min.
- Llevar a cabo otro tipo de ensayos para calcular el módulo de rotura, como el ensayo brasileiro, y comparar con los resultados obtenidos en esta investigación.
- Estudiar y determinar cuál sería el tiempo óptimo que se deben extraer los cilindros de la piscina de curado, antes de ser ensayados, de tal manera que adopte la humedad adecuada, para así analizar como incide en el comportamiento de la resistencia final.
- Finalmente, este trabajo de investigación puede servir de base para la realización de futuras investigaciones relacionadas con temas de concretos livianos con el uso de Aliven®, como por ejemplo el cálculo real del Módulo de Elasticidad para este tipo de mezclas.

BIBLIOGRAFÍA

- Agregados Livianos C.A., ALIVEN® (2000). Productos para la Construcción en base a la Arcilla Expandida Aliven®. Consultado en <http://www.aliven.com.ve>.
- Arias, Fidias. (1997). “El Proyecto de la Investigación”. Editorial Episteme. Venezuela, Caracas.
- Buendía, Colas y Hernández. (1998). *Población y Muestra* .
- Domingo, J. (1961). “Regresión y Correlación Análisis Muestral”. Venezuela, Valencia.
- FONDONORMA 1753. (2006). Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural (1ra Revisión) .
- Font, J. (2007). Materiales y Ensayos. Guía de Laboratorio. Universidad de Carabobo. Venezuela, Valencia.
- Gómez, A. (2010). “Metodología del Trabajo Especial de Grado en la Escuela de Ingeniería Civil”. Venezuela, Valencia.
- Martínez, J.; Zeichen A. (Mayo 2.006). “ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO LIGERO, CON LA ADICIÓN DE ARENA LIVIANA TIPO ALIVEN”. (Trabajo No Publicado de la Universidad de Carabobo).
- NORMA COVENIN 338. (s.f.). Método para la Elaboración, curado y ensayo a compresión de cilindros de concreto .
- NORMA COVENIN 343-79. (1979). Determinación de la resistencia a la flexión en vigas simplemente apoyadas, carga en el centro del tramo .
- NORMA COVENIN 3549. (1999). Tecnología del Concreto Manual de Elementos de Estadística y Diseño de Experimentos .
- Porrero Joaquín; Ramos R. Carlos; Grases G. José.; Velazco, Gilberto J. (Abril de 2009). Manual del Concreto Estructural, conforme con la Norma COVENIN 1753:03. Sidetur. Tercera edición. Venezuela, Caracas

Salinas, H y Cubero, V. (Noviembre, 2.006). “DETERMINAR LA RELACION ENTRE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y LA RESISTENCIA A FLEXIÓN DEL CONCRETO CON EL DISEÑO DE MEZCLAS Y AGREGADOS DE LA PLANTA DE PREMEZCLADO MOROMIX C.A DE RESISTENCIA 210 Y 250 KG/CM² CON LOS AGREGADOS UTILIZADOS EN SU PLANTA”. (Trabajo No Publicado de la Universidad de Carabobo).

Soto Francisco, Coli Juan (1985). Diseño de Mezcla Utilizando Agregado de la Región Central. Tesis de Trabajo de Grado para obtener el Título de Ingeniero Civil., Universidad de Carabobo).

Velasco, L. y Maracara, M. (Octubre, 1.983). “CONCRETOS LIVIANOS ESTRUCTURALES A BASE DE AGREGADO LIVIANO ESTRUCTURAL DE ARCILLAS EXPANDIDAS”. (Trabajo No Publicado de la Universidad de Carabobo).

ANEXOS



MATERIAL UTILIZADO EN LA MEZCLA



EQUIPO PARA EL MEZCLADO



EQUIPO PARA ENSAYO A COMPRESIÓN



EQUIPO PARA ENSAYO A FLEXIÓN



CUARTEO DEL AGREGADO FINO



PESADO MATERIAL ALIVEN®



PESADO DEL CEMENTO



SATURACIÓN DEL MATERIAL ALIVEN®



MATERIALES LISTO PARA SU USO



MEZCLADO



MEDICIÓN DE ASENTAMIENTO



CILINDROS

PREPARACIÓN DE VIGUETAS Y



VACIADO Y COMPACTACIÓN

ENRASADO



CURADO DE LAS PROBETAS



EXTRACCIÓN DE CILINDROS Y VIGUETAS



MEDICIÓN



PROBETAS LISTAS PARA EL PESADO Y SU



VIGUETAS Y CILINDROS ANTES DE SER ENSAYADOS
(COMPRESIÓN)



CILÍNDRO ANTES DEL ENSAYO

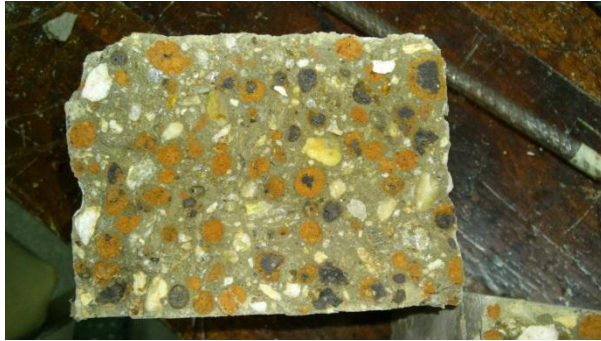


FALLA DEL CILINDRO

VIGUETA ANTES DEL ENSAYO (FLEXIÓN)



FALLA DE LA VIGUETA



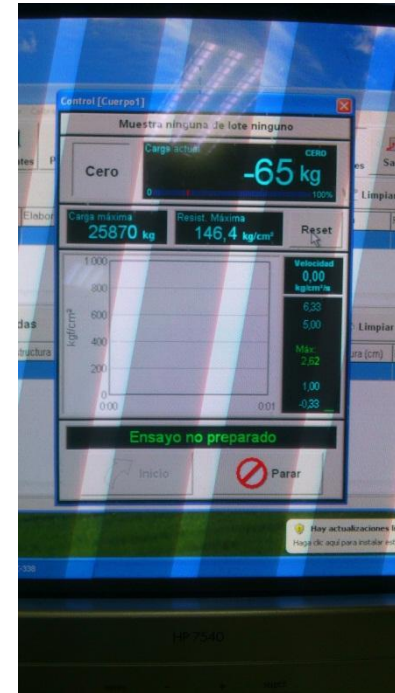
SECCIÓN INTERNA DE LA VIGUETA



FALLA CILINDROS



LECTURA DE CARGA MÁXIMA A FLEXIÓN



LECTURA DE CARGA MÁXIMA A COMPRESIÓN