

FALCUTAD DE INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERA CIVIL

CARACTERIZAR LAS PROPIEDADES REOLOGICAS DEL CONCRETO FLUIDO DE RESISTENCIA CONTROLADA CON PIEDRA PICADA Y ARENA NATURAL LAVADA.

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Presentado ante la

UNIVERSIDAD CATOLICA ANDRES BELLO

Como parte de los requisitos para optar al título de INGENIERO CIVIL

REALIZADO POR

CARDENAS ANTHONY

PROFESOR GUIA

ING. GUILLERMO BONILLA

E OHA

4 DE NOVIEMBRE DE 2016



FALCUTAD DE INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERA CIVIL

CARACTERIZAR LAS PROPIEDADES REOLOGICAS DEL CONCRETO FLUTDO DE RESISTENCIA CONTROLADA CON PIEDRA PICADA Y ARENA NATURAL LAVADA.

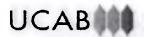
Este jurado, una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su

	do:	
URAI	Nombre: Gaedlav Bak	OR Firma: Jum July Nombre: Javier Ronguer

REALIZADO POR CARDENAS ANTHONY

ING. GUILLERMO BONILLA

4 DE NOVIEMBRE DE 2016



SINOPSIS

El tema de este proyecto se enfoca en el estudio de las propiedades reológicas y mecanicas de un Concreto Fluido o autocompactante, especialmente diseñado con una alta fluidez para facilitar su colocación en elementos que lo requieran.

Sin duda el desarrollo de este tipo de concreto es de suma importancia hoy día, de la mance tecnológico que se ha centrado en la elaboración de los mismo, aspirando incentra al máximo la libertad de diseño, tomando en cuenta que existen muchas excepciones con respecto a la trabajabilidad, homogeneidad y consolidación del concreto en obra dentro de estructuras muy intrincadas y densamente reforzadas.

En otro contexto la diferencia entre concreto fluido a un concreto convencional, es el comportamiento reológico que se genera gracias a la relación beta(β)con un tamaño máximo de agregado grueso menor a ¾ de pulgada y el uso de aditivos superfludificante, los cuales influenciarán en sus propiedades de reológicas y mecánicas.

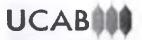
Al comparar esta información se logra un diseño experimental para el manejo de las variables dependientes, partiendo de cuatro (4) dosis diferentes de cemento, con aditivo dependiente del peso del cemento (1% del peso del cemento), en cuanto a los agregados procesos sus dosis se mantuvieron constantes. En síntesis se presentara el control de las variables dependientes las cuales se dividieron en dos etapas. Una primera etapa se destado fresco del concreto la cual se ejecutó mediante equipos no del concreto la cual se ejecutó mediante equipos no la cuales del flujo. En la segunda etapa del estado endurecido del concreto se resistante en distintas edades.

Ya conocidas las dosificaciones y los resultados obtenidos de los ensayos, se logra conseguir una serie de curvas o parámetros necesarios para un control de calidad y guía para la obtención de un concreto autocompactable (CAC).



INDICE GENERAL

I) CAPITULO I:	1
LI) Phateaniento del Problema	1
L2) Antecedentes	2
L3) Alcances y Limitaciones	3
L4) Objetivos:	4
I.4.1) Objetivo General:	4
I.4.2) Objetivos Específicos:	4
1.4.2) Justificación:	5
II) CAPÍTULO II: Marco Teórico	6
II.1) Reseña Histórica	6
II.2) Concreto Autocompactante	. 7
II.2.1) Capacidad de paso	8
II.2.2) Capacidad de paso	8
II.2.3) Resistencia a la segregación	8
II.3) Comportamiento Reológico	. 8
II.4) Componentes del Concreto autocompactante	9
II.4.1) Propiedades del Concreto Autocompactante	9
IL4.2) Concreto en estado Fresco	10
∏ 4 ? 1) Trabajabilidad	1.0



II.4.2.2) Consistencia	10
II.4.2.3.) Homogeneidad	10
IL4.2.4.) Densidad	10
IL5.) Ensayos para el estudio del comportamiento reológico del concreto	
Antocom pactante	11
II.5.1.) Extensibilidad del flujo	11
IL5.2). Anillo japonés	11
II.5.3.) K-Slump	12
IL6.) Concreto en estado Endurecido	12
II.6.1.) Las Características Físicas Del Concreto Endurecido	12
H.6.1.1) Densidad	12
II.6.1.2.)Compacidad	13
II.6.1.3.) Permeabilidad	13
II.6.1.4) Resistencia al desgaste (Durabilidad)	13
IL*.) Propiedades mecánicas del concreto endurecido	13
IL7.1) Las propiedades mecánicas del concreto endurecido	13
IL7.1.1) Resistencia a la compresión	13
IL7.1.2.) Módulo de elasticidad	14
IL7.1) Ductilidad	14
IL8) Ensayos para el estudio del comportamiento mecánico del concreto flu	ido14
ILS.1.) Ventajas del Concreto Autocompactante	14
IL9.) Aplicaciones del Concreto Autocompactante	15



П.10)	Materiales	Empleados	Para	Fabricar	Concreto	Autocompactado
(CAC).	•••••	••••••	• • • • • • • • • • • • • • • • • • • •	• • • • • • • • • • • • • • • • • • • •	••••••	16
11	II.10.1.) Ceme	ento	• • • • • • • • • • • • • • • • • • • •	•••••	••••••	16
	II.10.2).Agreg	gados	********		********	16
		II.10.3.) Agreg	gado Fin	0	••••••	16
		II.10.4.) Agreg	gado Gri	1eso	••••••	17
		11.10.5.) Agua.		•••••		17
		II.10.6.) Adicio	ones	••••••	••••••	17
		II.10.7.) Gran	ulometrí	a	********	18
		II.10.7.1.) Tan	naño Má	iximo	•••••	18
		II.10.7.2.) Tan	naño Má	iximo Nomii	ıal	18
		II.10.7.3.) Mód	dulo de l	Finura		18
		II.10.7.4.) Peso	o Unitar	io	•••••	19
		II.10.7.5) Peso	Específ	īco		19
		II.10.7.6.) Por	centajes	de Vacíos		19
		II.10.7.7.) Por	osidad		• • • • • • • • • • • • • • • • • • • •	20
		II.10.7.8.) Abs	or c ión	************	• • • • • • • • • • • • • • • • • • • •	20
		II. 10.7.9.) Hu	medad	••••••	*************	20
	IL11. 1.) Dise	ño de Mezcla			***************************************	20
	IL11. 2.) Rela	ıción B eta (β)	• • • • • • • • • • • • • • • • • • • •	•••••••	•••••	21
	ELIL3.) Rela	ción Agua Cen	nento (a)			21
	IIIL 4. Con	rección por Hu	ımedad.	••••••		21



III) CAPITULO: Marco
Metodológico
III.1.) Naturaleza de la investigación
Muestreo
Recolección de Datos
III.4.) Equipos de aplicación de carga
III.5.) Equipos sin aplicación de carga
III.6.) Accesorios empleados:
III.7.) Elementos a Mantener Constantes
III.8.) Variables de los Ensayos
III.8.1.) Variable independiente24
III.8. 2. Variables dependientes
III.9.) Materiales utilizado características y ensayos
III.9. 1.) Concreto:
III.9. 2.) Diseño Experimental
III.10.) Fases de Ejecución
III.11.) Fases de Documentación y Planificación
III.12.) Ubicación y Preparación del Material para la mezcla
III.13.) Verificación y adecuación del encofrado
III.14.) Elaboración de Equipos
III. [4.].) Extensión del Fluio



III.14.1.) Anillo Japonés
III.15.) Mezcla, Ejecución de Ensayo en estado fresco del concreto y Generación de Probetas Cilíndricas
III.16.) Descripción del procedimiento de los ensayos en estado fresco de concreto
III.16. 1.) K-Slump
III.16. 2.) Extensibilidad del Flujo
III.16. 2) Anillo Japonés3:
III.17.) Desencofrado y adecuación del mismo
III.18.) Ejecución de ensayos en estado endurecido
III.19.) Tratamiento de resultados, Análisis y Redacción del reporte final33
III.20.) Graficas y resultados obtenidas de ensayos de los agregados
IV) CAPITULO: Resultados y Análisis
VI.1.1.) Resultados del Ensayo de Extensión del Flujo 45
VI.1.2.) Resultados del Ensayo de Anillo Japonés
VI.1.3.) Resultados del Ensayo del K-SLUMP
V) CAPITULO: Conclusiones
VI) CAPITULO: Recomendaciones
VII) CAPITULO: Bibliografía 60



Índice de Figuras.

Figura III-1) Dosificación	25
Figura III.2). Mezcla.	26
Figura III-3.) Fases de Ejecución.	27
Figura III-4.) Elaboración de equipos.	29
Figura III-5.) Componentes del Anillo Japonés	31
Figura III-6.) Ciclo de Ensayo en estado fresco.	32
Figura III-7.) Ejecución de ensayo extensión del Flujo	34
Figura III-8) Ejecución de ensayo Anillo Japonés.	35
Figura III-9.) Ejecución de Ensayo compresión de cilindros.	38
Tabla III-1.) Composición Granulométrica.	39
Gráfico III-1.) Porcentaje de pasante versus tamaño de tamiz	39
Figura III-10.) Ejecución de ensayo Granulométrico.	40
Grafica III-2.) Curva Granulométrica agregado fino.	41
Tabla III-2.) Composición Granulométrica de agregado grueso	43
Gráfico III-3.) Porcentaje de pasante versus tamaño de tamiz agregado grueso.	42
Grafica III-4.) Curva Granulométrica agregado grueso	43
Tabla III-3.) Peso Específico y Absorción de agregado grueso.	44
Tabla III-4.) Peso Específico y Absorción de agregado fino.	45
Confice IV-5). Diámetro de Torta vs Tiempo.	46
Config IV-51 Diámetro de Torta vs. a	17



Grafica IV-6.) Tiempo de Torta vs α	48
Grafica IV-7.) Diámetro de Anillo vs Tiempo.	. 49
Grafica IV-8.) Diámetro de Anillo vs α	50
Grafica IV-9.)Tiempo de Anillo vs α	51
Grafica IV-10.) Delta h de anillo vs α	52
Grafica IV-11.) Delta h vs Tiempo	53
Grafica IV-12.) Asentamiento vs α	54
Grafica IV-13.) Inverso de la Trabajabilidad vs α	. 55



INTRODUCCIÓN

El concreto ha sido el material de construcción más ampliamente utilizado en el ámbito mundial, debido a su extraordinaria versatilidad para moldearse, sus propiedades físicas y mecánicas, es usado como elemento estructural y aparte resulta ser un material económico y accesible, razones que lo hacen muy competente frente a construcciones de madera, mampostería, asfalto y acero. Mientras que la calidad del concreto como producto terminado depende en gran medida de los procesos de compactación que se apliquen a la mezcla en su estado fresco, el tema de la compactación se ha vuelto de gran interés para la ingeniería civil, dada la importancia que tiene este proceso para alcanzar los parámetros establecidos en el diseño de mezcla, además de buscar mejores rendimientos en la mano de obra y reducir el tiempo de colocación.

Lo anterior ha motivado el estudio de nuevas técnicas de compactación y mejora de la trabajabilidad debido a la necesidad de llegar a espacios de difícil acceso, rellenar elementos densamente armados, estructuras de complejidad arquitectónica, llenado de grietas, reforzamiento de miembros, entre otras aplicaciones. En Venezuela existen pocos estudios sobre este tema, es por eso que surge la necesidad de esta investigación.

Si bien es cierto, el Concreto Autocompactante (CAC) es un tipo de concreto especial, definido así por su singular comportamiento reológico y no tradicional, con particularidades necesarias para cumplir con la teoría de autocompactabilidad.

En los próximo capítulos, se detalla la base de la investigación teórico-experimental sobre el concreto fluido o autocompactante, donde se exponen los antecedentes más importantes, con el propósito de conocer su evolución, desarrollo e influencia en el desempeño de los procesos constructivos, de igual forma se describe el planteamiento del problema, los objetivos, alcances y limitaciones para definir el enfoque de la investigación y finalmente la justificación con el propósito de enfatizar la necesidad de la realización del estudio.



CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO

L1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el mundo de la construcción, el concreto juega un papel sumamente importante, ya que la mayoría de las obras que nos rodean han sido hechas con éste. Una de las características que todo trabajador de la construcción busca darle a su concreto fresco es la trabajabilidad, tanto para el mezclado como para el vaciado, lográndolo muchas veces agregando agua a la mezcla, variando así la relación agua/cemento con la cual ha sido diseñada, por lo que afecta notoriamente la calidad del concreto, disminuyendo de forma considerable la resistencia del mismo.

El concreto y sus materiales constituyentes para poder ser utilizados en la construcción de edificaciones deben pasar por una serie de ensayos que permitan determinar su resistencia, establecer una durabilidad deseable y evaluar su capacidad para comportarse satisfactoriamente frente a las acciones físicas y agresivas a lo largo de la vida útil de la estructura.

En el caso de construcciones donde existan estructuras muy esbeltas y con mayor densidad de acero, así como reparaciones de edificaciones con agrietamientos donde sea necesario generar recubrimientos con espesores muy pequeños y que no son posibles ejercer vibración, debido a lo poco manejable del concreto convencional. Surge la necesidad de desarrollar, reformar y modificar la composición química del concreto convencional para obtener un concreto con mayor fluidez sin vibración externa.

Ahora bien, dentro de los componentes del concreto, los agregados finos causan un efecto mayor en las proporciones de cemento en la mezcla, que el agregado grueso por contar con mayor superficie específica y de esta forma ejercen en el concreto una acción sobre su resistencia, porosidad, elasticidad, dureza, tamaño, textura, composición, constitución y las impurezas que pueda contener.



Dentro de este contexto, y específicamente para estudios de la reología del concreto autocompactante solicitado al laboratorio de Tecnología del Concreto de la Universidad Católica Andrés Bello, se llevó a cabo estudios sistemáticos que permitirán producir un óptimo diseño de mezcla con agregados nacionales, y accesibles con el fin de lograr un concreto innovador.

Por consiguiente es preciso responder a las siguientes interrogantes:

¿Cuáles deben ser las dosificaciones adecuadas de agregados y aditivos para obtener concreto autocompactante?

¿Qué dosis de cemento es la más óptima para el diseño de mezcla del concreto fluido?

¿Qué fluidez es necesaria para generar una resistencia adecuada en el concreto fluido?

¿Qué cantidad de agregada fino es necesario para generar la fluidez del concreto autocompactable?

I.2ANTECEDENTES DE INVESTIGACION

 Sanabria E., Carlos E.; Wright O., John A.2006. Diseño y evaluación de mezclas de concreto autocompactantes con agregados de la zona Capital y aditivos fisicoquímicos. Trabajo especial de grado. Universidad Central de Venezuela.

Este trabajo tuvo como finalidad la elaboración y estudio de distintas dosificaciones de aditivos con agregados de zona Capital, desarrollando tendencias características del comportamiento del Concreto autocompactante en estado fresco y endurecido.

 MARTÍN VELÁSQUEZ JOFRE. 2011. EVOLUCIÓN DE LA INDUSTRIA DEL CONCRETO EN GUATEMALA. Trabajo especial de Grado. Universidad de San Carlos de Guatemala.



En el presente trabajo muestra lo relacionado a la producción y la utilización del cemento y del concreto en Guatemala desde sus inicios hasta su establecimiento como una de las más importantes industrias a nivel nacional.

ADRIAN ALVAREZ REYES. 2007. DESEMPEÑO DEL CONCRETO
 AUTOCOMPACTABLE Tesis Universidad Nacional Autónoma De México.

El presente estudio brinda recomendaciones sobre las características requeridas para los materiales componentes del concreto autocompactable así como sobre el diseño de mezclas de este tipo de concreto.

JOSÉ SALVADOR, ALEXANDER WILFREDO Y ALEZ ANDEVERDE.2003.
 APLICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL ACI (AMERICAN CONCRETE INSTITUTE), EN MEZCLAS DE RELLENOS FLUIDOS DE RESISTENCIA CONTROLADA (LODOCRETO), VARIANDO PORCENTAJES Y TIPOS DE CEMENTOS. Trabajo especial de grado. Universidad del Salvador.

En el presente trabajo de investigación se elaboraron especímenes en diferentes proporciones (1:10, 1:20, 1:30), a base de Relleno Fluido de Resistencia Controlada (RFRC) o simplemente Relleno Fluido (RF), a los cuales se les realizaron algunas pruebas tales como: análisis granulométricos y límites de consistencia (límites de Attermberg), para ser clasificados bajo los dos sistemas más utilizados para la clasificación de suelos (SUCS Y AASHTO). Estos bancos seleccionados se utilizaran para la elaboración de los diseños de mezcla de RFRC que servirán para cumplir con la finalidad de la investigación.

L3 ALCANCE Y LIMITACIONES

- Concreto Fluido de Resistencia promedio igual a 180 kgf/cm².
- Ensayo del Anillo Japonés.
- Ensayo de Extensión del Flujo.
- Ensayo del K-Slump.



I.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION

Objetivo General

Caracterizar las propiedades reológicas de concreto fluido de resistencia controlada con piedra picada y arena natural lavada.

Objetivos Específicos

- Analizar el comportamiento mecánico de concreto autocompactable desarrollado con base a piedra picada y arena natural lavada.
- Evaluar las propiedades de fluidez de concreto autocompactable desarrollado con base a piedra picada y arena natural lavada, medido por el método de anillo Japonés.
- Analizar el comportamiento de flujo de concreto autocompactable desarrollado con base a piedra picada y arena natural lavada, evaluado por el método del radio de torta.
- Analizar el comportamiento de flujo de concreto autocompactable desarrollado con base a piedra picada y arena natural lavada, evaluado por el método del K-Slump.



I.5. JUSTIFICACIÓN

Es de gran importancia que profesionales de la ingeniería civil, arquitectura y construcción, se enfoquen en impulsar y desarrollar investigaciones de nuevas técnicas de construcción que ayuden a optimizar los recursos necesarios al construir una estructura, como lo es el Concreto Fluido.

Al dar a conocer las propiedades y ventajas de este tipo de Concreto, se reflexiona sobre la importancia de realizar la presente investigación de modo que se cree una nueva tendencia en los métodos constructivos, que ayuden al Ingeniero Civil a mejorar los procesos y dejar de emplear las técnicas extemporáneas practicantes.



CAPITULO II. MARCO TEORICO

II.1.Reseña Histórica

El concreto nace en el siglo XVIII, con la necesidad de sustituir la piedra, generando una piedra artificial para construcción más económica y eficiente de estructuras de mayor amplitud y calidad.

En Estados Unidos se introdujo el "concreto fluido" a principios de la década de 1980, justo después de la entrada en el mercado de los aditivos superplastificante originarios de Japón. El concreto autocompactante evolucionó a partir de las tecnologías utilizadas en la colocación de concreto bajo agua en 1988, en la Universidad de Tokio.

Hasta el año 2003 se estima que solo el 10% de la industria del concreto había experimentado con el concreto autocompactante, cifra que creció vertiginosamente hasta el año 2006, cuando cerca del 40% de las obras lo utilizaban, más allá de las variables que influyen en su producción, los retos de capacitación y de mercadeo.

En apenas 50 años, la industria de fabricación de concreto ha experimentado notables avances, siendo el concreto autocompactado el último hito en la tecnología de dicha industria.

Inicialmente se logró disminuir el vibrado en la colocación del concreto, creando el concreto hiperfluido, y con el avance de los aditivos químicos fluidificantes convencionales, se ha podido eliminar por completo el uso del vibrador. En los años treinta se desarrollaron los primeros aditivos plastificantes, que fueron elaborados a base de lignosulfonatos. Más tarde, en los años setenta se desarrollan los aditivos súper plastificantes a base de melaminas y naftalenos. Luego en los años ochenta, se inicia el desarrollo del concreto autocompactado en la Universidad de Tokio, Japón, en colaboración con avanzados constructores de concreto, creando cada empresa privada sus propias mezclas para concreto autocompactado. así como los ensayos a practicarle, por lo mismo se vieron en la necesidad de registrar sus mezclas cada uno bajo su propio nombre:

✓ NVC Non-vibrated concrete (concreto sin vibración), de la Compañía Kajima.



- ✓ AQC Superquality concrete (concreto de excelente calidad), de la Compañía Maeda.
- ✓ Biocrete (biocreto) de la compañía Taisel.

Las primeras aplicaciones se hicieron en complejos y delgados marcos de edificios con gran cantidad de refuerzo. Más recientemente, se han usado volúmenes mucho mayores de concreto autocompactado en las grandes estructuras de ingeniería civil en Japón, tales como un masivo tanque de almacenamiento, y enormes anclas para el puente suspendido Akashi-Kaikyo, con una luz de dos kilómetros. A principios del año 2000, se crea una gama de aditivos a base de policarboxilatos, con lo cual se completan los aditivos necesarios para la adecuada elaboración de un concreto de elevada fluidez, y alta resistencia a la compresión, es decir, el concreto autocompactado, "CAC".

Esta una mezcla de dos componentes estos se dividen en pasta moldeable y agregados, la pasta está constituida por cemento y agua que al reaccionar químicamente se forma una producto pastoso, esto corresponde entre el 10 a 20 % del volumen total del concreto, además el agua da fluidez a la mezcla. Los agregados constituyen entre el 80 al 90 % del volumen esto se debe a los altos costos del cemento, dichos materiales quedan englobados por la pasta, la cual tiene la propiedad de endurecer con el tiempo formando un elemento rígido y sólido. (Okamura, H. 1996)

II.2Concreto Autocompactante (CAC):

El concreto autocompactado, se puede definir, como aquel que tiene las propiedades de fluir y compactarse bajo su propio peso sin necesidad de vibrado, aún en elementos estrechos y densamente armados. Este concreto pertenece a la familia de los concretos de alto desempeño y tiene la propiedad de fluir sin segregación consolidándose por sí solo, asegurando así la continuidad del concreto endurecido. (Okamura, H. 1996)

El CAC se incluye entre los concretos especiales de altas prestaciones pensados y fabricados para cumplir determinados objetivos que están más allá de la capacidad del concreto convencional.



Sus principales características se presentan en el estado fresco, y se dividen en tres bloques descritos a continuación:

II.2.1. Capacidad de paso

Se define como la capacidad que el CAC de pasar por sitios estrechos sin que el contacto entre los áridos cause el bloqueo de la mezcla. La obtención de esta propiedad se da incrementando la fluidez de la pasta con la utilización de superplastificante, reduciendo el volumen de árido grueso de la mezcla y ajustando el diámetro máximo del árido en función de los espacios por donde el concreto debe pasar. Así, la geometría de la pieza y la distribución de las armaduras son los principales factores a tenerse en cuenta. (Okamura, H. 1996)

II.2.2. Capacidad de llenado

Es la capacidad que el concreto autocompactante debe tener a la hora de fluir dentro del encofrado rellenando todas las superficies. Por un lado esta propiedad garantiza la calidad del acabado, de manera que este presentará una superficie lisa, con color homogéneo y libre de coqueras. Por otra parte, las armaduras deben estar perfectamente recubiertas evitando la ocurrencia de bolsas de aire en la parte inferior de las mismas. (Okamura, H. 1996)

II.2.3. Resistencia a la segregación:

Esta propiedad está relacionada con la estabilidad del concreto autocompactante. En un CAC la mezcla debe permanecer homogénea durante el proceso de vaciado sin que ocurra separación de los áridos o exudación. Este factor influye directamente sobre las dos propiedades citadas anteriormente afectando la calidad final de la estructura. (Okamura, H. 1996)

II.3. Comportamiento Reológico

"La reológia es la disciplina que estudia la deformación y flujo de materiales. La resistencia que un fluido opone ser modelada analizando el movimiento paralelo de dos planos, donde uno de ellos se mueve en la dirección de su propio plano y el otro está fijo. Se considera que el flujo es unidimensional y que la velocidad varía de forma directamente proporcional a la distancia perpendicular entre los planos." (Velásquez 2002).



El concepto reológico del esfuerzo de corte inicial que el material necesita para empezar a fluir (τ0) está íntimamente relacionado con el concepto de la tixotropía, pero también con el de la consistencia, entendida como la resistencia del concreto a fluir. Por ello la mayoría de los autores están de acuerdo en que el objetivo a la hora de conseguir un buen CAC es buscar un concreto que presente l menor tensión de corte posible. Conseguir al mismo tiempo componentes con baja viscosidad con la finalidad de lograr que, además de ser autocompactantes, tengan un flujo rápido. Aunque el concreto autocompactable tiene características reológicas significativamente diferentes a las de los concretos convencionales, ambos no difieren mucho en términos de su comportamiento en otros aspectos del estado fresco o en el estado endurecido. Sin embargo, se ha observado que en un concreto autocompactable, la micro estructura y la interface agregado-pasta son más densas que en un concreto convencional con la misma relación agua/cemento, la permeabilidad a los gases y cloruros es menor, y la adherencia entre el concreto y el acero de refuerzo es mejor.

II.4.Componentes del Concreto autocompactante

"El concreto autocompactante contiene como materiales necesarios para su mezcla los siguientes: alta cantidad de áridos finos y gruesos, cemento, agua, superfludificante y dependiendo del diseño, un agente de viscosidad." (Ramirez Ordoñez & Salazar Narváez, 2008).

II.4.1Propiedades del Concreto Autocompactante

El CAC se puede definir en dos estados (Fresco y Endurecido), estos cumplirán con las características que garantizaran un concreto de mejor viscosidad, fluidez y calidad para ser ejecutados en obras de construcción.



II.4.2Concreto en estado Fresco

Es el periodo durante la cual la mezcla de agregados con un aglomerante (cemento), se comporta como líquido que va desde que se añade agua a la mezcla hasta que esta empieza a perder plasticidad y ganar resistencia. (Ramirez Ordoñez & Salazar Narváez, 2008).

El CAC en estado fresco posee propiedades distintas a las de un concreto tradicional. Estas características requieren métodos de ensayos distintos a los tradicionales, que no sirven para evaluar las propiedades de este nuevo tipo de CAC. Los factores que influyen en el manejo del concreto fresco son:

II.4.2.1Trabajabilidad

"Es la facilidad que tiene un concreto para ser amasado, manipulado y puesto en obra, con los medios de compactación que se disponga, depende de: Cantidad de agua de amasado, contenido de árido fino, áridos redondeados, contenido y finura del cemento y empleo de superplastificante." (Medina R, 2013).

II.4.2.2Consistencia

"Es la mayor o menor facilidad que tiene el concreto fresco para deformarse o adaptarse a una forma específica. Varía con multitud de factores: cantidad de agua de amasado, tamaño máximo, granulometría, forma de áridos, etc." (Medina R, 2013).

II.4.2.3. Homogeneidad

"Es la cualidad por la cual los diferentes componentes del concreto parecen regularmente distribuidos en toda la masa de manera tal que dos muestras tomadas en distintos lugares de la misma resulten prácticamente iguales. La homogeneidad se consigue con un buen amasado y para mantenerse requiere un transporte cuidadoso y una colocación adecuada." (Medina R, 2013).

IL4.2.4. Densidad

"Es la cantidad de peso por unidad de volumen (densidad = peso/volumen). Variará con la clase de áridos y con la forma de colocación en obra." (Medina R, 2013)



En la actualidad, existen una serie amplia de métodos de ensayo muy extendidos que nos permite caracterizar el CAC en estado fresco.

II.5. Ensayos para el estudio del comportamiento reológico del concreto Autocompactante.

II.5.1. Extensibilidad del flujo

Esta propiedad se puede cuantificar por la magnitud del diámetro de deslizamiento final, dependiendo principalmente del esfuerzo de fluencia del material y por la velocidad de deformación que tenga la viscosidad. Esta característica es practicada bajo un tipo de ensayo experimental el cual consiste en llenar el Cono de Abraham de Concreto, sin ningún tipo de compactación, sobre una placa de superficie lisa y perfectamente plana que presente una marca circular con diámetro de 500mm. El ensayo se puede realizar con el cono en posición invertida o en posición normal. Tras levantar el cono y dejar fluir el hormigón, se mide el tiempo que tarda la masa de Concreto en alcanzar un diámetro de 500mm (T500) y posteriormente el diámetro (Dmax) final alcanzado por la mezcla de Concreto.(UNE 83361:2007).

II.5.2. Anillo japonés

Inicialmente desarrollado por la Universidad de Paisley (EFNARC 2002) este ensayo evalúa la fluidez y la capacidad de paso del CAC a través de las barras de acero. El aparato consiste en un anillo compuesto de barras de acero y puede ser adaptado los ensayos de Escurrimiento u Orimet. En ambos casos el ensayo se desarrolla liberando una determinada masa de concreto en el centro del anillo. El concreto debe fluir a través de las barras de acero sin que el árido grueso se quede bloqueado entre las mismas. El concreto fresco debe ser adecuado para la obra particular a la que se destine, en especial su docilidad que debe permitir recibirlo, transportarlo, colocarlo en los encofrados y terminarlo con los medios disponibles. De este modo el concreto llenará totalmente los encofrados, sin dejar cangrejeras o espacios vacíos y recubrirá totalmente las armaduras de refuerzo, mejorando así la resistencia estructural. (UNE 83361:2007).



II.5.3. K-Slump

Este método permite una rápida evaluación de la fluidez y consistencia de mezclas de concreto fresco, también proporciona información en el cambio de fluidez y consistencia con el tiempo de concreto conteniendo aditivos plastificantes o superplastificante. El K-Slump consiste en un tubo externo hueco parcialmente perforado y un vástago flotador interior calibrado que es introducido dentro de una mezcla de concreto fresco, hasta un nivel determinado y sostenido en el lugar por un collar flotante. A continuación se muestran en detalle cada una de las partes del K-SLUMP. (UNE 83361:2007).

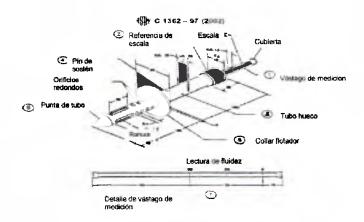


Figura-1 Componentes del K-SLUMP

II.6. Concreto en estado Endurecido

Estado físico del concreto donde se caracteriza por su dureza y rigidez, y que se produce cuando termina el fraguado, a partir de la cual, el conjunto de materiales granulares, cemento y agua, se han convertido en una verdadera piedra artificial. (Ramirez Ordoñez & Salazar Narváez, 2008).

H.6.1. Las Características Físicas Del Concreto Endurecido

II.6.1.1. Densidad

"La densidad del concreto se define como el peso por unidad de volumen" (Medina R, 2013).



II.6.1.2.Compacidad

"La compacidad, íntimamente ligada a la densidad, depende de los mismos factores que ésta, sobre todo del método de consolidación empleado. Estos métodos de consolidación tienen por objeto introducir, en un volumen determinado, la mayor cantidad posible de áridos y, al mismo tiempo, que los huecos dejados por éstos se rellenen con la pasta de cemento, eliminando por completo las burbujas de aire." (Medina R, 2013).

II.6.1.3. Permeabilidad

"La permeabilidad de un CAC es la facilidad que presenta este a ser atravesado por un fluido, bien sea líquido o gaseoso y es consecuencia de la porosidad que poseen la pasta hidratada y los áridos, de una falta de compactación adecuada e incluso de la exudación, debiendo ser la mínima posible." (Medina R, 2013).

II.6.1.4. Resistencia al desgaste (Durabilidad)

Es la capacidad del concreto de resistir el paso del tiempo sin perder sus otras propiedades. La durabilidad del CAC depende de los agentes que puedan agredir el material, ya sean: mecánicos, físicos o químicos. (Medina R, 2013).

II.7. Propiedades mecánicas del concreto endurecido

Son las distintas formas de comportarse el concreto endurecido cuando está sometido a una fuerza externa. El concreto responde a las fuerzas que se les aplica, con fuerzas de sentido contrario. (Ramirez Ordoñez & Salazar Narváez, 2008).

II.7.1 Las propiedades mecánicas del concreto endurecido

II.7.1.1 Resistencia a la compresión

"La resistencia a la compresión del concreto se determina en muestras cilíndricas estandarizadas de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura, llevadas hasta la rotura mediante cargas incrementales relativamente rápidas, que duran unos pocos minutos. Esta resistencia



se la mide luego de 28 días de fraguado bajo condiciones controladas de humedad." (Romo Proaño).

II.7.1.2. Módulo de elasticidad

Se denomina módulo de elasticidad a la pendiente del rango de comportamiento lineal de la curva esfuerzo deformación de las muestras de concreto sometidas a compresión y recibe la denominación de Módulo de Elasticidad del material o Módulo de Young, que se simboliza "Ec". (Romo Proaño).

II.7.1 Ductilidad

"Se define como ductilidad de un material a la capacidad que tiene para continuar deformándose no linealmente a pesar de que los incrementos de carga sean mínimos, nulos e inclusive si existe una disminución de la carga." (Romo Proaño).

II.8 Ensayos para el estudio del comportamiento mecánico del concreto fluido

II.8.1. Ventajas del Concreto Autocompactante

El concepto de concreto autocompactante fue introducido por el profesor Okamura de la Universidad de Tokio (Japón) en 1986 para promover la construcción más durable y fiable de estructuras.

Otros investigadores han seguido esta iniciativa, llegando a desarrollar una clase de concreto capaz de ser colocado sin vibración interna u otro modo de compactación. La experiencia japonesa durante los siguientes años ha posibilitado la identificación de una serie de ventajas importantes en el uso del concreto autocompactante:

- ✓ Menor dependencia de la formación y experiencia de los operarios para obtener estructuras durables.
- ✓ Se pueden evitar problemas ocasionados por una compactación inadecuada provocada por la falta de comunicación entre los proyectistas y los ingenieros en la obra.



- ✓ Se puede reducir considerablemente el plazo de ejecución de la construcción, especialmente en estructuras monolíticas.
- ✓ Facilita el diseño de elementos más complejos que serían difíciles o poco viables de construir mediante vibración convencional.
- ✓ Reduce el ruido debido a la eliminación de la vibración, especialmente en plantas de prefabricación y obras en entornos urbanos.
- ✓ Beneficio para el ambiente de trabajo y la salud laboral.

A partir de entonces se ha llevado a cabo una intensa investigación en diversas instituciones y empresas en todo el mundo que han permitido, desde hace varios años, la aplicación práctica en las obras de esta nueva tecnología que pretende convertirse en el futuro en un concreto estándar más que un concreto especial.

A su vez tiene diversas ventajas, tanto para el productor de concreto, como para el contratista, entre las que se destacan:

- ✓ Para el productor de concreto ofrecer mezclas de alta calidad y con valor agregado, ahorrar tiempo y dinero a sus clientes (contratistas), mayor rapidez en la operación de sus camiones y uso más eficiente de la flota de entrega, entre otros.
- ✓ Por su parte, los contratistas encuentran ventajas en este tipo de mezclas, entre las que se resaltan el incremento de su capacidad para colocar el concreto en lugares de difícil acceso y con altos niveles de acero de refuerzo, incremento de la productividad de los empleados, reducción de la necesidad de reparaciones y nuevos trabajos, eliminación de la vibración mecánica de los elementos, reducción de errores en la colocación del concreto por parte de los operarios, disminución del ruido en el trabajo, uso más eficiente de los recursos de mano de obra, incremento de la seguridad, buen acabado del concreto cuando se requiera, entre otros.

II.9. Aplicaciones del Concreto Autocompactante

Hasta la fecha, se han realizado un gran número de aplicaciones para una gran diversidad de estructuras y elementos de concreto, incluyendo: pisos y losas armadas, elementos modulares de sólo algunos centímetros de espesor, vigas y otros elementos



pretensados, muros densamente armados en viviendas, edificios y estanques, revestimiento de túneles, puentes, rellenos de difícil acceso y especialidades arquitectónicas con superficies complejas. El concreto autocompactable es ideal para formas complejas y donde es difícil obtener la fluidez y adecuada compactación del concreto, permitiendo hacer aquello que en el pasado parecía imposible.

II.10 Materiales Empleados Para Fabricar Concreto Autocompactado (CAC)

II.10.1. Cemento

No existen requerimientos especiales en cuanto al tipo de cemento, incluso se pueden usar cementos compuestos. En algunos documentos se recomienda emplear cementos con bajo calor de hidratación para minimizar los problemas de retracción que una masa con tanta cantidad de finos puede generar. En general, los requerimientos básicos en cuanto al tipo de cemento los marcará el tipo de aplicación. Por ello, en el presente estudio se usa el cemento tipo CPCA2 o Tipo Maestro. (Medina R, 2013).

II.10.2.Agregados

Los agregados ocupan típicamente las tres cuartas partes del volumen en el concreto, deben estar libres de suciedad, ser durables y no deben tener sustancias que reaccionen químicamente con el cemento. Se clasifican en agregado grueso (gravas) y agregado fino (arena de río, de mina o triturada). Las principales características de los agregados que afectan la calidad del concreto son: forma geométrica, granulometría, propiedades mecánicas e interacción química con la pasta. (Medina R, 2013).

II.10.3. Agregado Fino

Sobre su distribución de tamaños, es necesario emplear arenas continuas, sin cortes en su granulometría, y preferiblemente sin formas de lajas (típico de las arenas silíceas machacadas). Su cantidad deberá estar en consonancia con la cantidad de grava.

Generalmente el contenido de la arena puede representar el 60% o el 50% de la cantidad de árido total, en función de la naturaleza y cantidad de la adición empleada de cemento y de las características de la grava. Es preferible que un cierto porcentaje de finos



pase por el tamiz 100 (por parte de las arenas) ya que esto puede reducir la demanda de adición de cemento para corregir. (Medina R, 2013).

II.10.4. Agregado Grueso

Las mayores exigencias en cuanto a materiales para la elaboración del concreto autocompactado están en la grava. A pesar de que no existe limitación en cuanto a su naturaleza, si existen limitaciones con el tamaño máximo y el coeficiente de forma. El tamaño máximo del árido se limita a 25.4 mm. (1"), aunque es preferible limitarlo a 20 mm. (3/4"). Evidentemente, el tamaño máximo del árido deberá guardar relación con la distancia entre armaduras, pero dado el caso que fuere posible trabajar con tamaños superiores a 25.4 mm, no deberá excederse de éste, ya que implica un elevado riesgo de bloqueo y segregación de la masa. (Medina R, 2013).

II.10.5. Agua

La cantidad de agua total empleada debe guardar relación con el volumen de finos empleados a razón de una relación 0.9-1.05. Las relaciones volumétricas agua/finos (A/F) inferiores a 0.9 generan concretos demasiado cohesivos, que necesitan mucho volumen para autocompactarse. Contrariamente, (A/F) superiores a 1.05 implican un elevado riesgo de exudación. Si se emplea aditivo modulador de viscosidad, la relación del contenido de agua con el volumen de finos es más flexible en el aspecto que es posible incrementar el contenido de agua (A/F superiores a 1.05) ya que dicho modulador, gracias a su efecto cohesionante, actúa como elemento corrector. (Medina R, 2013).

II.10.6. Adiciones

"Los superplastificante o reductores de alta actividad son aditivos cuyo fin es reducir el agua permitiendo una elevada trabajabilidad con una baja relación agua/cemento. El empleo de este tipo de aditivos es imprescindible en el hormigón autocompactante, especialmente de los superplastificante de nueva generación, basados en policarboxilatos, que son capaces de reducir el agua hasta en un 40%." (Bermejo Nuñez, 2009).



II.10.7. Granulometría

Se entiende por granulometría a la composición del material en cuanto a la distribución del tamaño de los granos que lo integran. Esta característica decide, de forma significativa, la calidad del material para su uso como componente del concreto. (Porrero, Ramos, Grases, y Velazco, 2012).

El tamaño de los agregados se mide de forma indirecta mediante cedazos de diferentes aberturas calibradas, los cuales son colocados en cascada, de manera descendiente, con la mayor abertura en la parte superior. Al tamizar el material, mediante la agitación, se distribuyen según su tamaño.

A continuación se presentan otros factores que se derivan del análisis granulométrico:

II.10.7.1. Tamaño Máximo

Se refiere al tamaño de sus partículas más gruesas medidas como abertura del cedazo de menor tamaño que permita el paso del 95% o más del material. Desde el punto de vista técnico su relación con las características de la mezcla es decisiva para la calidad y economía de esta. (Porrero, Ramos, Grases, y Velazco, 2012).

II.10.7.2. Tamaño Máximo Nominal

Se define como la abertura del tamiz inmediatamente superior a aquel cuyo porcentaje retenido acumulado sea del 15% o más. En la práctica, indica el tamaño promedio de partículas más grandes que dentro de la masa de agregado. (Porrero, Ramos, Grases, y Velazco, 2012).

II.10.7.3. Módulo de Finura

Se define como la suma de los porcentajes acumulados retenidos en las mallas de las series estandarizadas, dividido entre cien (100). Dado que la influencia del agregado fino en la plasticidad del concreto es más significativa que el agregado grueso. Su utilidad radica en la detección de variaciones ligeras en un agregado de la misma fuente, que podrían afectar la manejabilidad del concreto fresco. (Porrero, Ramos, Grases, y Velazco, 2012).



II.10.7.4. Peso Unitario

Es el peso del agregado que se requiere para llenar un recipiente con un volumen unitario especificado, por lo tanto depende del tamaño, forma y arreglo de las partículas. (Porrero, Ramos, Grases, y Velazco, 2012).

De acuerdo a que tan denso se coloque el material, el peso unitario puede ser suelto o compacto. Se considera suelto cuando el material se deja caer dentro del recipiente desde una cierta altura y compacto cuando el material es consolidado haciendo uso de una barra normalizada.

El peso unitario compacto es importante, ya que con él se determina los volúmenes absolutos de agregados en el diseño de las mezclas por cuanto las partículas de los mismos quedan confinadas dentro de la masa de concreto.

El valor del peso unitario es de vital importancia para el manejo del material de los agregados.

II.10.7.5 Peso Específico

Es la relación que existe entre el peso del material y el volumen ocupado (Volumen de las partículas sólidas) por este, sin considerar el volumen de vacíos. (Porrero, Ramos, Grases, y Velazco, 2012).

II.10.7.6. Porcentajes de Vacíos

Esla medida del volumen de espacios vacíos entre partícula y partículas del total del volumen ocupado por el agregado. (Porrero, Ramos, Grases, y Velazco, 2012).

II.10.7.7. Porosidad

Es la cantidad de espacios vacíos dentro de las partículas individuales del agregado, está íntimamente relacionada con la absorción. (Medina R, 2013).



II.10.7.8. Absorción

Es la capacidad que tienen los agregados de llenar los poros y microporos. Esto se debe a la capilaridad y quedando siempre aire atrapado. (Porrero, Ramos, Grases, y Velazco, 2012).

II.11. Humedad

Es la diferencia que existe entre la masa del material húmedo y el mismo secado al horno. Se representa en porcentaje referido al material seco. (Porrero, Ramos, Grases, y Velazco, 2012).

Dicha humedad suele encontrarse de formas distintas: una es rellenando los poros y microporos internos de los granos la cual no pasa al concreto como agua de mezclado sino que pueden absorber parte del agua de mezcla. Y la otra es como una película de agua que envuelve a la partícula esta si pasa a ser parte del agua de mezcla alterando las condiciones de diseño.

En los laboratorios se logra obtener un punto de equilibrio el cual es llamado agregado saturado con superficie seca (Asss). En el agregado grueso el efecto de la humedad es poco perceptible, cambio del agregado fino debido que tiene una mayor superficie específica.

II.11. 1. Diseño de Mezcla

Se conoce como diseño de mezcla el procedimiento mediante el cual se calculan las cantidades que deben existir de cada uno de los componentes que intervienen en una mezcla de concreto (en peso o en volumen), para obtener de ese material el comportamiento deseado tanto en un estado plastico como en un estado endurecido.

Los requisitos que una dosisficación adecuada debe cumplir son:

- Economía y manejabilidad en estado fresco.
- Resistencia, aspecto y durabilidad en estado endurecido.

Existen muchos métodos para diseñar mezclas, que pueden asemejarse o diferir entre sí profundamente, de acuerdo con las variables que manejen y las relaciones que se establezcan; esto indica que ninguno de ellos es perfecto. De acuerdo con las condiciones



reales de los materiales y de la tecnología del concreto, pueden ser preferidos unos u otros. (Porrero, Ramos, Grases, y Velazco. 2012).

II.11. 2. Relación Beta (β)

Es la relación que existe entre el peso del agregado fino y el peso de agregado total:

 $\beta = 100 \times A / (A+G) (\%)$

Dónde:

A: agregado fino.

G: agregado grueso.

Un (β) alto genera menor segregación pero a su vez mayor dosis de cemento lo cual lo hace costoso. Por el contrario, valores bajos de (β) dan concretos más económicos pero con posibilidad de segregarse. La proporción de (β) óptimo es la que genera la menor cantidad de vacíos en la mezcla, es decir, la que garantice mayor densificación en la misma. (Porrero, Ramos, Grases, y Velazco, 2012).

II.11.3. Relación Agua Cemento (α)

Es la relación que existe entre el peso del agua y el peso del cemento que por lo general se representa con la letra alfa (α). A mayor relación alfa se disminuye la Resistencia del Concreto. (Porrero, Ramos, Grases, y Velazco, 2012)

También existen límites de alfa por durabilidad y para distintas condiciones de servicio, factores de corrección por tamaño de agregado, tipos de agregados los cuales te dan un valor más real de la relación agua cemento.

II.11. 4. Corrección por Humedad

En las diferentes etapas de un diseño de mezcla se asume la condición de que el agregado se encuentra saturado con superficie seca, donde el material no da ni recibe agua de mezcla. ((Porrero, Ramos, Grases, y Velazco, 2012).

En la práctica esta condición no se cumple, por ello la necesidad de corregir los valores obtenidos del agua de la mezcla. Tomando en cuenta las variaciones de humedad



presente en los agregados y la capacidad de absorción. Con la masa del agregado húmedo podemos hallar la condición de saturado con superficie seca:

$$Gsss = Gw. (100 + Abs) / (100 + w)$$

Donde:

Gsss = peso del agregado saturado con superficie seca.

Gw = peso del material húmedo.

W = humedad del agregado.

Abs = Absorción del agregado.

Ahora la cantidad de agua a añadir a la mezcla será: $a_M = a_D + Asss - Aw + Gsss-Gw$

Donde:

a_M = cantidad de agua a usar en la mezcla.

a_D = dosis de agua calculada en el diseño de mezcla.

Asss, Gsss = dosis de agregados (arena y grueso) supuesto saturados con superficie seca.

Aw, Gw = pesos de los agregados en cualquier condición de humedad.



CAPITULO III. MARCO METODOLÓGICO

III.1. Naturaleza de la investigación

La metodología de esta investigación es de tipo experimental, la cual se realiza con cuatro dosis diferentes de cemento para optimizar la mezcla y lograr la consistencia y características propias del CAC.

III.2. Muestreo

La población estaba constituida por un volumen de 0.13 m³ de concreto fluido, de los cuales se realizaron 4 dosis para los ensayos, aumentando progresivamente en un 25% la dosis de cemento y aditivo inicial.

III.3. Recolección de Datos

Estado plástico del Concreto Fluido.

Para los ensayos realizados en estado fresco del concreto, los datos fueron recolectados de manera manual.

Estado Endurecido del Concreto Fluido.

Para los ensayos realizados en estado endurecido se recolectaron los datos de manera digital mediante potenciómetros atreves del software ANDISOFT.

III.4. Equipos de aplicación de carga.

Máquina de Ensayo Universal marca Baldwin Capacidad 100 t, del Laboratorio de Materiales UCAB.

III.5. Equipos sin aplicación de carga.

Anillo japonés, fabricado.

Mesa de Extensión del flujo, fabricado.

K-SLUMP con capacidad de máxima de lectura de 10 y mínima de cero 0, del Laboratorio de Materiales UCAB.

III.6. Accesorios empleados:

Potenciómetro lineal, marca REO Transducers.

Cronometro.

III.7. Elementos a Mantener Constantes.

Velocidad de aplicación de carga (Kgf/seg).

Dosis de agregado grueso y agregado fino (Kgf/m³).

III.8. Variables de los Ensayos.

III.8.1. Variable independiente.

Dosis de Cemento (Kgf/m³).

Dosis de Aditivo (L/m³)

III.8. 2. Variables dependientes.

f'c (Kgf/cm²).

Deformación. (adimesional)

Diámetro de Torta (Dt; cm).

Tiempo de Flujo de Torta (Tt; seg).

Diámetro de Anillo Japonés (Da; cm).

Tiempo de Anillo Japonés (Ta; seg).

K-SLUMP (K y W; escala del equipo).



III.9. Materiales utilizado características y ensayos.

III.9. 1. Concreto:

Dosificaciones en Kilogramos por metro cubico:

dos

Dosis	Arena	Piedra	Cemento	Aditivo	Agua
1	1352	541	342	2,88	514
2	1352	541	473	3,78	376
3	1352	541	531	4,48	316
4	1352	541	662	5,59	340

Figura III-1. Dosificación.

El cemento utilizado es CPCA2 o llamado cemento tipo Maestro de la marca Industria Venezolana de Cemento (INVECEM).

El aditivo utilizado es el DARACEM 100 un aditivo reductor de agua de alta eficiencia y que permite obtener una elevada capacidad fluidificante que se puede aprovechar para la obtención de Concretos de consistencias muy fluida y cumple con las especificaciones químicas de la ASTM C 494:2010 Tipo F y G y ASTM C 1017 como tipo A.

III.9. 2.Diseño Experimental.

Fueron realizados diseños experimentales que permitieran obtener correlaciones entre el comportamiento reológico y mecánico del concreto fluido ,mediante ensayos en estado fresco y el ensayo de resistencia a la compresión axial de probetas cilíndricas en estado endurecido.

Esto se logra partiendo de una dosificación inicial y aumentando progresivamente la dosis de cemento y aditivo en un 25%, 50% y 75% respectivamente.

Durante la mezclas para generar un concreto fluido se realizan ensayos en estado fresco del concreto con equipos fabricados como el Anillo Japonés y Extensión del flujo. También se realizan pruebas con el K-Slump.



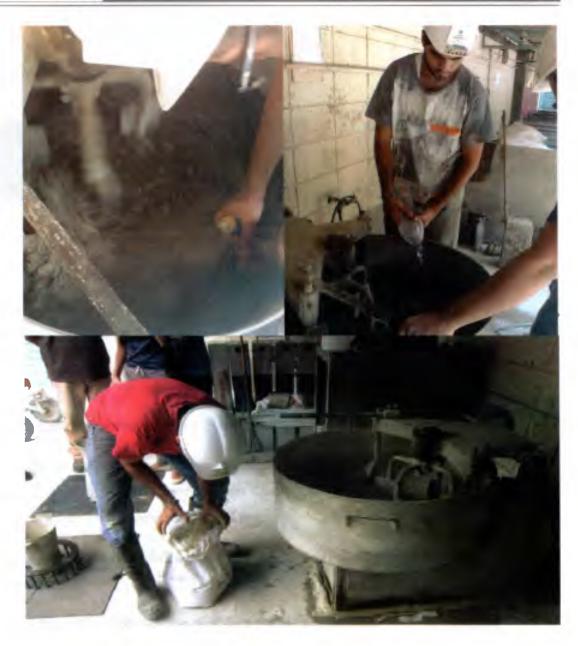


Figura III.2. Mezcla.

Luego se vacían probetas cilíndricas obteniendo un total de doce 12 a las cuales se les realiza ensayos de Resistencia a la compresión llevados hasta la ruptura con diferentes f'c.

III.10. Fases de Ejecución.



Figura III-3. Fases de Ejecución.

III.11. Fases de Documentación y Planificación.

En la presente investigación se identifica el problema a raíz, se plantean los objetivos, alcances y limitaciones. Luego de una exhaustiva exploración bibliográfica se redacta el marco teórico coherente con el tema.

En cuanto a la planificación y ejecución de la investigación se contemplaron los siguientes ítems:

III.12. Ubicación y Preparación del Material para la mezcla.

Los componentes principales de la mezcla son el cemento, agregado y aditivo. El cemento es de Tipo CPCA2 o también llamado tipo maestro de marca Industria Venezolana de Cemento (INVECEM). Los agregados son piedra picada y arena natural lavada proveniente de cantera. El aditivo es tipo F Y G llamado DARACEM 100 un superfludificante reductor de agua de alto rango el cual fue donado por "Premezclado Ávila, C.A". Luego de esto se procede a lavar los agregados y secados al horno procurando mantener sus propiedades. Además la realización de los ensayos como lo son: granulometría, peso especifico, absorción, peso unitario.



III.13. Verificación y adecuación del encofrado.

Para el vaciado de las muestras se utiliza un encofrado de acero de forma cilíndrica estandarizado por la NORMA COVENIN 338:2002;

Posteriormente se coloca en el lugar destinado para vaciar, verificando los niveles y las medidas en cada sección de vaciado.

III.14. Elaboración de Equipos.

III.14.1. Extensión del Flujo.

Fue elaborada una plancha plana de superficie lisa con espesor de 5mm y dimensiones de 70x70 cm de sección cuadrada.

Materiales Utilizados:

- ✓ Lamina de Acero de Espesor de 5mm.
- ✓ Cabilla de 6 mm de diámetro.
- ✓ Liga.
- ✓ Electrodos de alta resistencias.

Herramientas Utilizadas.

- ✓ Cinta Métrica.
- ✓ Cortado de Acero a Gas.
- ✓ Soldadora Eléctrica.
- ✓ Tronzadora.

Se proceden a marcar las dimensiones en la lámina para generar la plancha, luego se realizaun corte generando la sección deseada, se liga la plancha para generar una superficie lisa y sin rebordes. Por último se corta y se dobla una barra de acero de 6 mm para lograr una agarradera.

Finalmente para la utilización de la plancha se realiza un proceso de curado con aceite reciclado, así asegurando el 100 % de superficie lisa.



Figura III-4. Elaboración de equipos.

III.14.1. Anillo Japonés.

Fue elaborada una plancha plana de superficie lisa con espesor de 5mm y dimensiones de 70x70 cm de sección cuadrada, con un anillo perpendicularmente soldado a la plancha con barras de acero de 6 mm de diámetro y 10 mm de altura y un aro de 20 mm de espesor y 300 mm de diámetro.

Materiales Utilizados:

- ✓ Lamina de Acero con espesor de 5mm.
- ✓ Cabilla de 6 mm de diámetro.
- ✓ Liga.
- ✓ Barra de Acero de 10 mm de diámetro.
- ✓ Lamina de Acero con espesor de 20 mm.



✓ Electrodos de alta resistencias.

Herramientas Utilizadas.

- ✓ Cinta Métrica.
- ✓ Cortado de Acero a Gas.
- ✓ Soldadora Eléctrica.
- ✓ Tronzadora.
- ✓ Nivel.
- ✓ Compas.
- ✓ Esmeril.

Se realizan marcas en la lámina de acero de 20 mm de espesor para generar dos cortes de círculos concéntricos de diámetros igual a 300mm± 1 mm, este corte se realiza con la cortadora a gas.Posteriormente se procede al ligado de la superficie eliminando bordes rugosos, luego se marcanen la barra de acero de 10 mm de espesor, cada 10 mm para sacar 20 barras de acero, se realiza el corte con la tronzadora, también se diseñan marcas al aro para soldar las barras de 10 mm de altura, se utiliza el nivel para asegurar la perpendicularidad de la soldadura.

Se procede a marcar las dimensiones en la lámina de acero de 5 mm de espesor para generar la plancha, luego se realiza un corte generando la sección deseada, se liga la plancha para generar una superficie lisa y sin rebordes. Después se marca un círculo concéntrico en la plancha de 300mm para ser soldado el anillo anteriormente fabricado. Por último se corta y dobla una barra de acero de 6 mm el cual fue soldado a la plancha para generar una agarradera. A continuación se muestra un croquis del sistema generado:



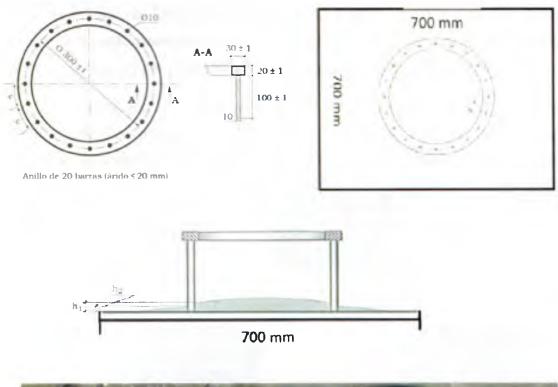




Figura III-5. Componentes del Anillo Japonés

III.15. Mezcla, Ejecución de Ensayo en estado fresco del concreto y Generación de Probetas Cilíndricas.

Se calculan las cantidades de los distintos componentes para los diferentes diseños de mezcla mediante las dosificaciones antes expresadas, tomando en cuenta la variación de la cantidad de cemento, así lograr una organización del material.

Se mantiene un orden adecuado asegurando de esta manera mantener las condiciones similares para cada vaciado, logrando garantizar el manejo de las variables y



evitar dispersiones de los datos obtenidos. Dicho control se realiza mediante planillas referidas al acondicionamiento del material y el espacio de trabajo, así como también una referida a la mezcla y por ultimo otra donde se reflejen las herramientas a utilizar.

A continuación se muestra un ciclo de ejecución de vaciado partiendo de que siempre se agrega primero el material, luego cemento y posteriormente el agua aumentando las cantidades progresivamente hasta llegar a un asentamiento preestablecido:



Figura III-6. Ciclo de Ensayo en estado fresco.

III.16. Descripción del procedimiento de los ensayos en estado fresco del concreto

III.16. 1. K-Slump:

- a. Humedecer el aparato con agua y sacudir el exceso.
- b. Levantar el vástago de medición, inclinar ligeramente y hacer que éste descanse en el pin localizado en el interior del probador.



- c. Nivelar la superficie del concreto e insertar el aparato verticalmente hacia abajo, hasta que el disco flotador repose sobre la superficie de concreto. No rotar el aparato mientras se esté insertando o removiendo éste del concreto.
- d. Después de 60 segundos, bajar el vástago de medición lentamente hasta que éste repose en la superficie de concreto que ha ingresado al tubo y leer directamente en la escala del vástago de medición del K-Slump.
- e. Levantar el vástago de medición otra vez y hacer que éste descanse en su pin.
- f. Remover el probador del concreto verticalmente hacia arriba y otra vez bajar el vástago de medición lentamente hasta que éste toque la superficie del concreto retenido en el tubo y lea la trabajabilidad "W" directamente en la escala del vástago del medición.
- g. Lavar bien el K-Slump con agua.

III.16. 2. Extensibilidad del Flujo:

- a. Comprobar que la superficie plana o base está firme y perfectamente horizontal.
- b. Humedecerla con un paño húmedo, teniendo especial cuidado en no dejar agua libre.
- c. Humedecer de igual manera el interior del cono y el embudo, y colocar el cono sobre el círculo de diámetro de 200 mm.
- d. Sujetar firmemente el molde (mediante los soportes de la base) y rellenar el cono vertiendo el Concreto, con ayuda del embudo, de forma continua y sin ningún tipo de compactación.
- e. Nivelar el hormigón de la superficie con el borde superior del cono.
- f. Antes de que transcurra 1 minuto se levanta verticalmente el cono, de forma cuidadosa y continua (2 a 3 segundos), dejando que el hormigón se extienda sobre la base.





Figura III-7. Ejecución de ensayo extensión del Flujo.





III.16. 2 Anillo Japonés:

- a. Se debe asegurar previamente que la superficie plana o base se disponga horizontalmente y se debe humedecer con un paño húmedo, cuidando de no dejar agua libre.
- b. Se humedece de igual manera el interior del cono y del embudo; se coloca el cono sobre el círculo de diámetro de 200 mm.
- c. Se coloca el anillo de forma concéntrica al cono sobre el círculo con diámetro de 300 mm.
- d. Se vierte el hormigón rellenando el cono de forma continua y sin compactación alguna.
- e. Se enrasa el hormigón con el borde superior del cono y, antes de que pase 1 minuto, se levanta el cono en dirección vertical, de forma cuidadosa y continua (2 a 3 segundos), dejando que el hormigón fluya extendiéndose sobre la base y atravesando el anillo.

Ahora bien este proceso se repite cuatro veces debido a que se diluye el aditivo en Agua y se va vertiendo. Finalmente se procede a vaciar las probetas cilíndricas el los moldes previamente nivelados.





Figura III-8. Ejecución de ensayo Anillo Japonés.





III.17. Desencofrado y adecuación del mismo.

En el momento del desencofrado, se procede de acuerdo al protocolo recomendado, se extraen las muestras y luego de su correcta identificación se colocan en cámaras de curado con agua. Seguidamente se continúa con la limpieza y ensambladodel encofrado, verificando parámetros de rigidez, verticalidad, perpendicularidad y tamaño de sección de cilíndricas.

III.18. Ejecución de ensayos en estado endurecido.

En esta etapa fueron evaluadas las muestras cilíndricas para conocer la resistencia a la ruptura. Mediante un ensayo a compresión axial normalizado con distintas dosificaciones de cemento.

Debido a que las muestras cilíndricas fueron sometidas a un ensayo de compresión axial, fue necesario garantizar la perfecta verticalidad y perpendicularidad de las caras de aplicación de la carga. Es por esto que todos y cada uno de los elementos cilíndricos a estudiar se les aplica una capa de CAPPING un material lo suficientemente resistente que se adhiere y genera caras completamente planas.

Luego se procede a ensayar las probetas cilíndricas mediante un ensayo de compresión axial a velocidad constante. Donde se puede observar el comportamiento Tensión-Deformación de Concreto Autocompactable para luego ser analizado.



Figura



Figura III-9. Ejecución de Ensayo compresión de cilindros.

III.19. Tratamiento de resultados, Análisis y Redacción del reporte final.

Para la interpretación y el análisis de resultados, fue necesario pasar por un proceso de filtrado, que consiste en establecer correlación entre las variables en estudio, para posteriormente con el apoyo de un experto, determinar los valores atípicos no necesarios para el estudio; de esta forma fueron establecidas tendencias suavizadas.

Finalmente se procede a redactar el reporte escrito final, derivado de este trabajo de investigación, el cual resume todas las conclusiones alcanzadas en el desarrollo de este trabajo.



III.20. Gráficas y resultados obtenidas de ensayos de los agregados.

ENSAYO GRANULOMÉTRICO

(AGREGADO FINO)

COMPOSICION GRANULOMÉTRICA

ABERTURA TAMIZ		MASA	RETENIDO	RETENIDO	PASANTE	
mm	pulg	RETENIDA	TAMIZ	ACUM.	ACUM.	
	pulg	(gramos)	(%)	(%)	(%)	
12,7	1/2"	44,8	7,5	7,5	92,5	
9,53	3/8 "	7,1	1,2	8,7	91,3	
6,35	1/4"	44,9	7,5	16,2	83,8	
4,76	# 4	36,1	6,0	22,2	77,8	
2,38	#8	101,1	16,9	39,1	60,9	
1.19	# 16	85,6	14,3	53,4	46,6	
0.595	# 30	144,0	24,1	77,5	22,5	
0.297	# 50	88,4	14,8	92,3	7,7	
0,149	# 100	32,0	5,3	97,6	2,4	
0,074	# 200	9,7	1,6	99,2	0,8	
pasa 0,074	pasa # 200	4,6	0,8	100,0	0,0	

Masa					
Masa total	598,3	gr	MF	=	3,8

Tabla III-1. Composición Granulométrica.

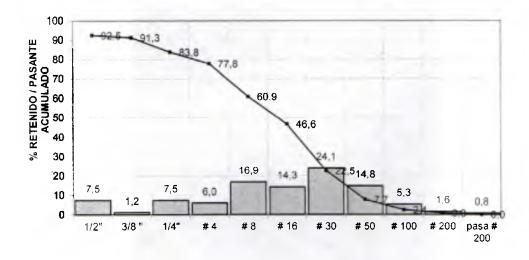


Grafico III-1. Porcentaje de pasante versus tamaño de tamiz.



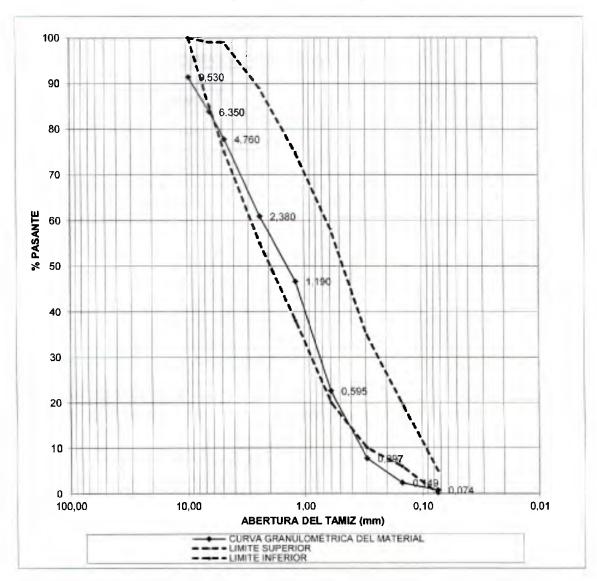
Figura III-10. Ejecución de ensayo Granulométrico.



CURVA GRANULOMÉTRICA



(AGREGADO FINO)



Grafica III-2. Curva Granulométrica agregado fino.



ENSAYO GRANULOMÉTRICO

(AGREGADO GRUESO)

COMPOSICION GRANULOMÉTRICA

ABERTURA	ABERTURA TAMIZ		RETENIDO	RETENIDO	PASANTE	
2.72	n. da	RETENIDO	TAMIZ	ACUM.	ACUM.	
mm	pulg	(gramos)	(%)	(%)	(%)	
38,1	2 1/2"	0,0	0,0	0,0	100,0	
50,8	2"	0,0	0,0	0,0	100,0	
38,1	1 1/2"	0,0	0,0	0,0	100,0	
25,4	1"	0,0	0,0	0,0	100,0	
19, 0 5	3/4"	659,0	3,3	3,3	96,7	
12,7	1/2"	11.589,0	57,9	61,2	38,8	
9,525	3/8"	5.684,0	28,4	89,6	10,4	
6,35	1/4"	1.651,0	8,2	97,8	2,2	
4,76	#4	205,0	1,0	98,8	1,2	
PASA 2,38	PASA #4	221,0	1,1	99,9	0,1	

Masa total	20.020,0	g	TM	19,05	mm	MG	3,51	

Tabla III-2.) Composición Granulométrica de agregado grueso

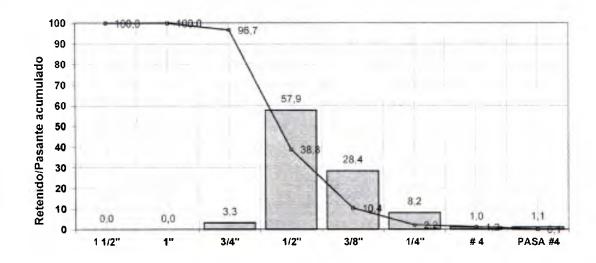
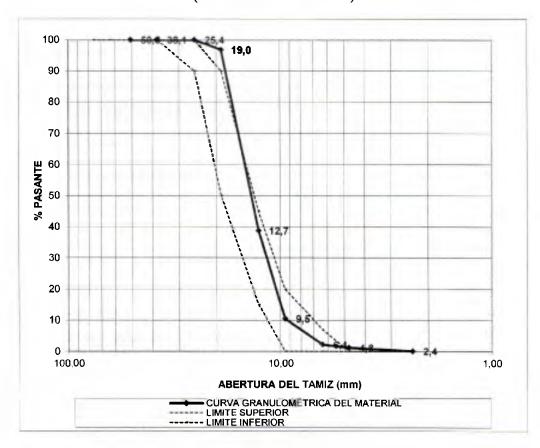


Gráfico III-3.) Porcentaje de pasante versus tamaño de tamiz agregado grueso.



CURVA GRANULOMÉTRICA

(AGREGADO GRUESO)



Grafica III-4.) Curva Granulométrica agregado grueso.



PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN

(Agregado Grueso)

1.- DATOS

1.1 PESO PIEDRA SATURADA CON SUPERFIC	CIE	
SECA + PESO TARA	4058	_ grs
1.2 PESO PIEDRA SUMERGIDA	2445	_ grs
1.3 PESO PIEDRA SECA + TARA	4009	_ grs
1.4 PESO TARA	151	grs

2.- CALCULOS

2.1 PESO PIEDRA (Saturada con Superficie Seca)	3907	grs
2.2 PESO PIEDRA SECA	3858	grs
2.3 PESO ESPECÍFICO	2,64	
2.4 PESO ESPECÍFICO (Saturado con Superficie Seca)	2,67	
2.5 PESO ESPECÍFICO APARENTE	2,73	
2.6 ABSORCIÓN	1,25%	

Tabla III-3.) Peso Específico y Absorción de agregado grueso.



PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN

(Agregado Fino)

2.- CALCULOS

2.1 PESO ARENA (Saturada con Superficie Seca)	108,77	grs	68,81
2.2 PESO A RENA SECA	107,13	grs	67,51
2.3 PESO ESPECIFICO	2,68		2,55
2.4 PESO ESPECIFICO (Saturado con Superficie Seca)	2,72		2,60
2.5 PESO ESPECIFICO APARENTE	2,80		2,68
2.6 ABSORCIÓN	1,53%		1,93%

1.- DATOS

1.1 PESO DEL PICNOMETRO VACIO	155,46	grs	66,70
1.2 PESO DEL PICNOMETRO + PESO ARENA	264,23	grs	135,51
1.3 PESO DEL PICNOMETRO + ARENA + AGUA	720,61	grs	208,86
1.4 PESO ARENA SECA + PESO TARA	264,23	grs	117,46
1.5 PESO DEL PICNOMETRO + AGUA	651,77	grs	166,50
1.6 PESO TARA	157,10	grs	49,95

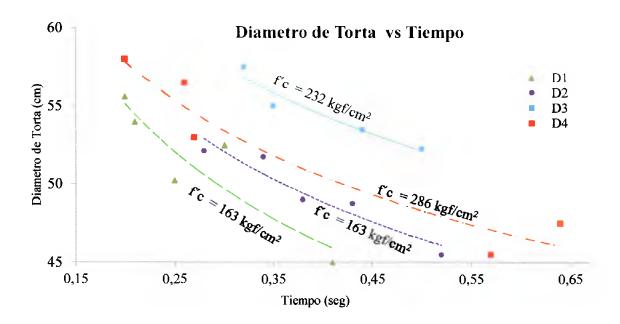
Tabla III-4.) Peso Específico y Absorción de agregado fino.



CAPITULO IV

VI.1. GRAFICA OBTENIDAS DE ENSAYOS EN ESTADO FRESCO DEL CONCRETO FLUIDO

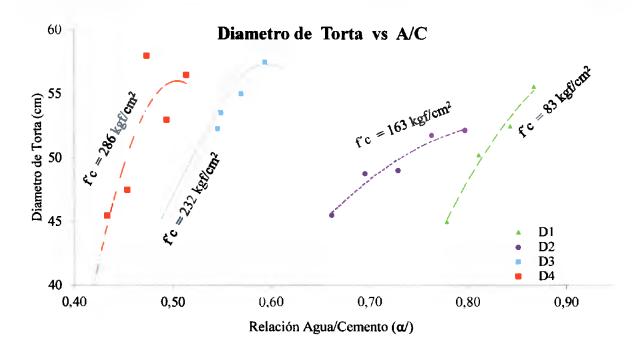
VI.1.1. Resultados del Ensayo de Extensión del Flujo.



Grafica IV-5. Diámetro de Torta vs Tiempo.

Podemos observar un comportamiento potencial donde el tiempo del flujo disminuye a medida que se incrementa el diámetro de la torta. Esto nos indica que la mezcla es más fluida a mayor diámetro, también que la mezcla es más trabajable a menor tiempo de expansión del flujo.

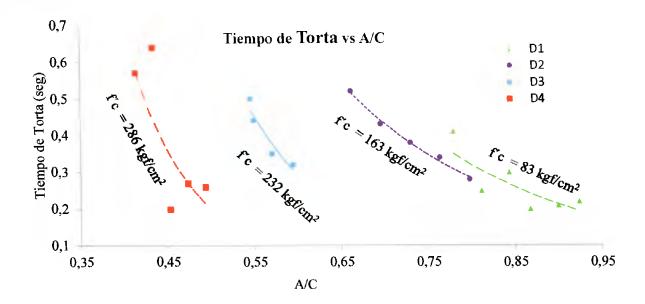




Grafica IV-6. Diámetro de Torta vs α.

Logramos observar un comportamiento polinómico que aumenta el diámetro, cuando se incrementa la relación agua cemento. El manual de Porreo nos indica que a mayor relación agua cemento se disminuye la resistencia. El pico nos indica que ha comenzado el tiempo de fraguado del concreto fluido, debido a las acciones del viento y temperatura.



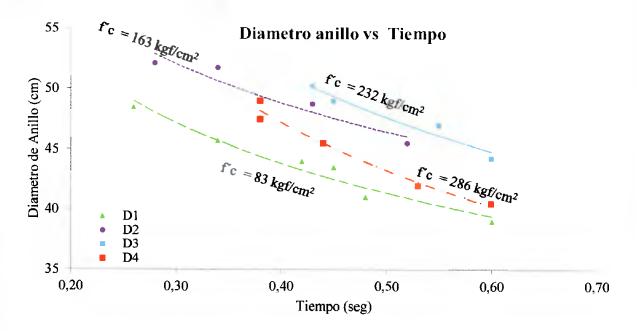


Grafica IV-6. Tiempo de Torta vs α .

Se analiza un comportamiento potencial decreciente, que nos indica que a mayor relación agua cemento menor tiempo de extensión del flujo, esto se debe a la alta fluidez de la mezcla a consecuencia de una alta relación agua cemento que disminuye la resistencia del concreto.



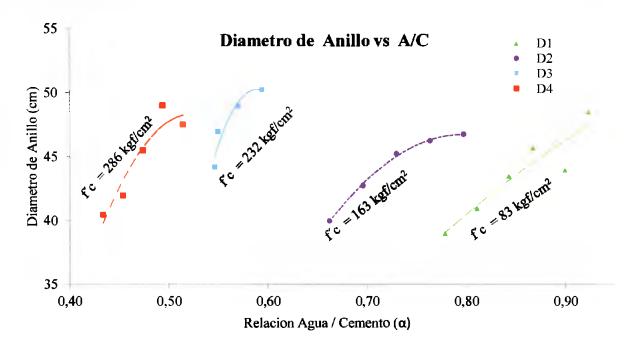
VI.1.2. Resultados del Ensayo de Anillo Japonés.



Grafica IV-7. Diámetro de Anillo vs Tiempo.

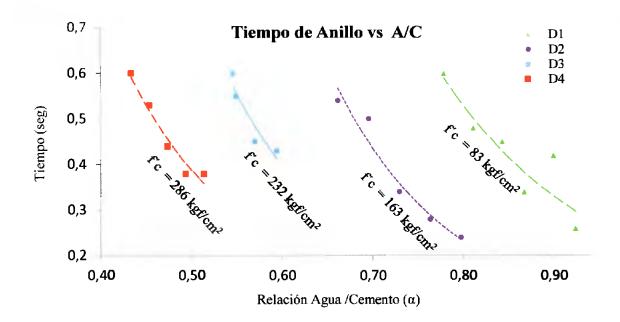
Un comportamiento potencial decreciente, el cual disminuye el diámetro a medida que se aumenta el tiempo. En comparación con el Dt se obtienen diámetros más pequeño esto se debe a la obstaculización de las barras de acero, dándonos un indicativo de la capacidad de paso del concreto fluido, además un aumentando en el tiempo de expansión del flujo.





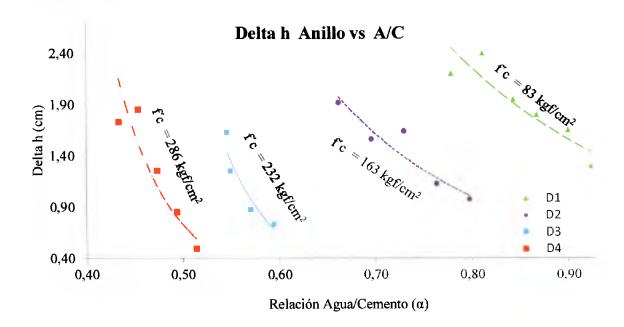
Grafica IV-8. Diámetro de Anillo vs a.

Curvas Polinómicas que revela un incremento del "Da" cuando se aumenta la relación gua cemento. En comparación con los "Dt" obtenidos es menor debido a la obstaculización de las barras de acero, generando un comportamiento característico. El punto de equilibrio indica el inicio del fraguado del concreto fluido.



Grafica IV-9. Tiempo de Anillo vs α.

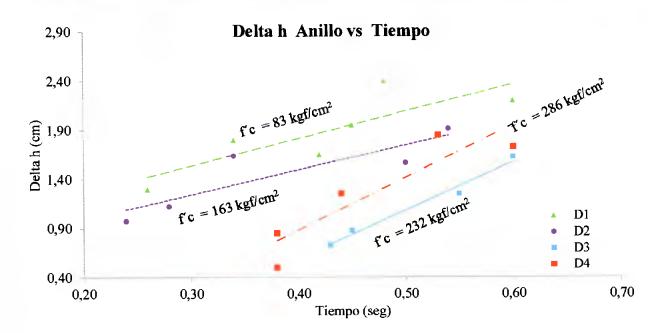
Se caracteriza por una tendencia potencial decreciente en función de la relación agua cemento, indicando que a mayor relación agua cemento menor es el tiempo del flujo. Entonces aumenta su fluidez a menor "Ta" y a su vez tiene un incremento en comparación con el "Tt".



Grafica IV-10. Delta h vs a.

Es una tendencia potencial descendiente en función a la relación agua cemento, es decir, a mayor relación agua cemento mayor es la capacidad de paso. La misma se logra un comportamiento paralelo entre curvas donde nos dice que a mayor cantidad de dosis de cemento menor es la relación agua cemento lo cual aumenta la resistencia del concreto fluido.



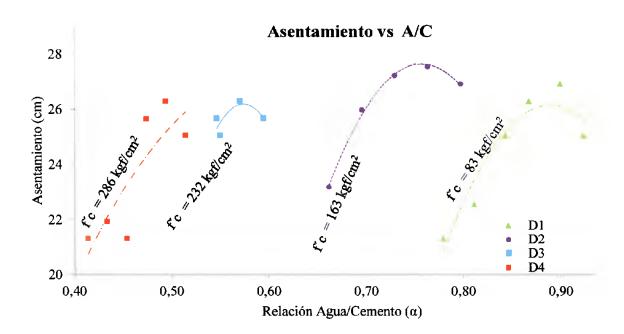


Grafica IV-11. Delta h de anillo vs tiempo.

Comportamiento potencial que nos indica menor tiempo a menor diferencia de altura entre la altura externa y la altura interna del Anillo Japonés. Una mejor capacidad de paso y un concreto más fluido. Entonces en función de a menor tiempo menor capacidad de paso logramos obtener una mezcla optima "D4".g

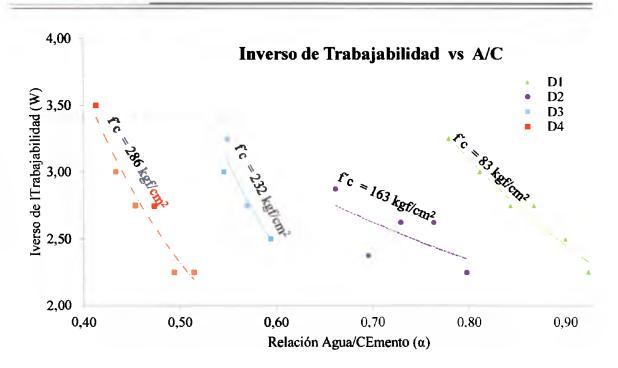


VI.1.3. Resultados del Ensayo del K-SLUMP.



Grafica IV-12. Asentamiento vs a

Tendencia polinómica decreciente donde se observa que a mayor relación agua cemento ocurre mayor asentamiento, pero existe un pico que muestra que a partir de ese punto el concreto inicia su tiempo de fraguado. Entonces la mezcla óptima es la que tenga mayor asentamiento con menor "α".



Grafica IV-13. Inverso de la Trabajabilidad vs a

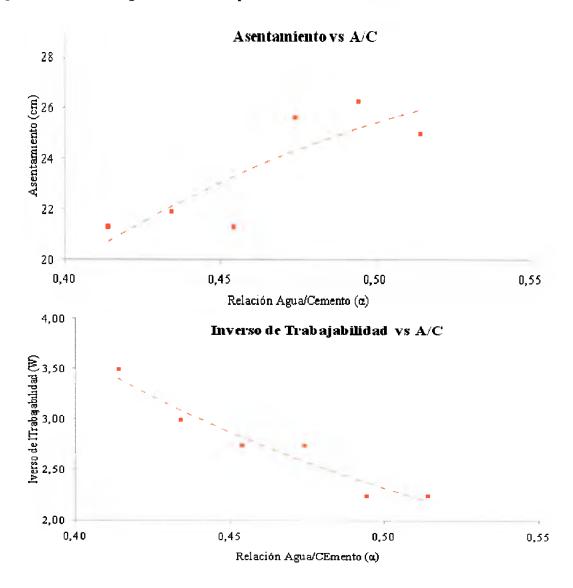
Tendencia potencial decreciente que muestra mayor fluidez cuando menor es la trabajabilidad a razón de que se aumenta la relación agua cemento. Entonces menor dificultad del manejo de la disposición del concreto autocompactante. En consecuencia la mezcla óptima es aquella que tenga menor valor de "W", menor "α" y mayor "f'c", el mismo es la "D4".



CAPITULO V

CONCLUSIONES

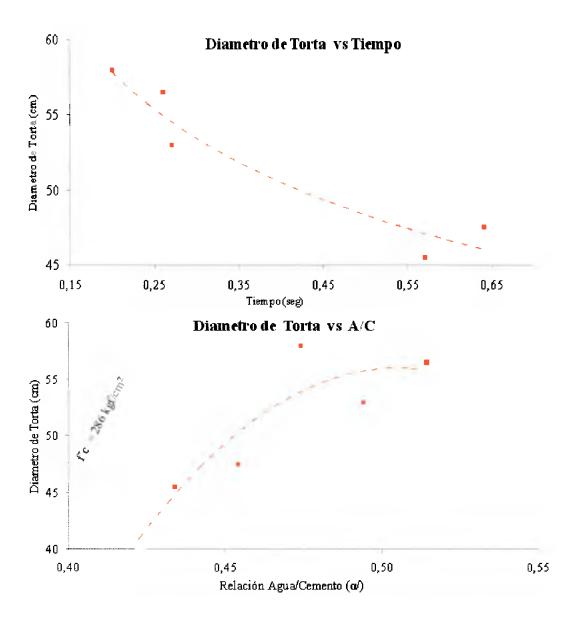
Comportamiento Reológico del K-Slump



Se observa un comportamiento curvo en ambas mediciones, las cual nos indica que a mayor relación agua cemento mayor es el asentamiento y mayor es la trabajabilidad pero menor es la resistencia.

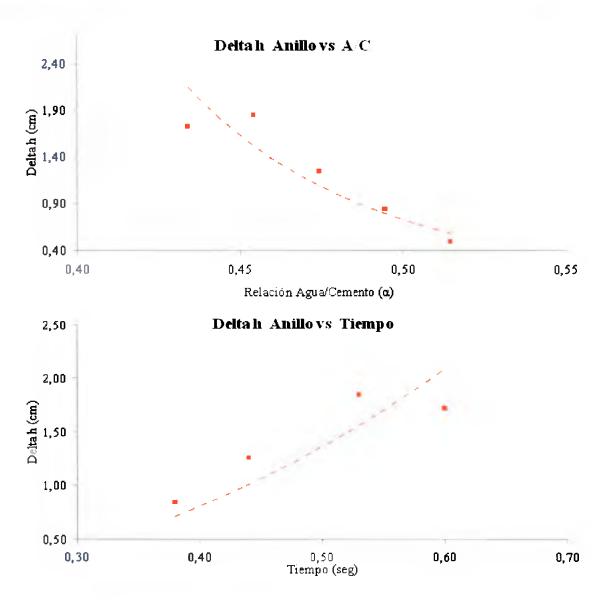


Comportamiento Reológico de Extensión del flujo y Anillo Japonés.



Se observa un comportamiento curvo en ambas graficas, el cual nos indica que a moyor relación agua cemento mayor es el diámetro y a mayor diámetro menor es el tiempo que tarda el flujo en llegar al repos, este mismo se observa en el ensayo del anillo japonés pero con diámetros menores.





Podemos decir que a mayor relación agua cemento menor es la diferencia de altura es decir una mayor capacidad de paso del concreto, además menor tiempo del flujo en llegar al reposo.



CAPITULO VI

RECOMENDACIÓN

- Se recomienda el uso de agregado finos tipo Sílice, que logra mejorar el comportamiento de la pasta.
- Se recomienda un tamaño máximo de agregado grueso menor a ¾".
- Se recomienda realizar otros ensayos como lo son la caja en L, embudo en V, orimet, orimet con anillo, entre otros, para la realización de un estudio más profundo.



BIBLIOGRAFIA

- FONDONORMA 277:2007.CONCRETO.AGREGADOS.
- FONDONORMA 269:2006. AGREGADO GRUESO. DETERMINACION DE LA DENSIDAD Y LA ABSORCION.
- FONDONORMA 254:2006. TAMICES DE ENSAYO.
- NVF 344:2002, CONCRETO FRESCO. TOMA DE MUESTRAS.
- COVENIN 263-1978. "METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL PESO UNITARIO DEL AGREGADO".
- COVENIN 255:1998. AGREGADOS. DETERMINACIONDE LA COMPOSICION GRANULOMETRICA.
- COVENIN 3548:1998. AGREGADO FINO. DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS GEOMETRICAS.
- COVENIN 256:1977. METODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACION CUANTITATIVA DE IMPUREZAS ORGANICAS EN ARENAS PARA CONCRETO
- COVENIN 260:1978. METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE PARTICULAS LIVIANAS EN AGREGADOS.
- BALESTRINI, M."COMO SE ELABORA EL PROYECTO DE INVESTIGACION". BL Consultores Asociados-Servicio Editorial. CARACAS 2001.
- CHUTÁN, R., "CONCRETO AUTOCOMPACTADO EXPERIMENTACIÓN EN GUATEMALA". Tesis de Grado para obtener el título de Ingeniero Civil. Guatemala 2004.

- DE LA PEÑA B. -HORNIGON AUTOCOMPACTANTE", REVISTA BIT,
- INSTITUTO MENICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO, "PRÁCTICA
 PARA DOSIFICAR CONCRETO NORMAL, CONCRETO PESADO Y
 CONCRETO MASIVO". IMCYC, MEXICO 1986.
- MENDOZA C., -CONCRETOS FABRICADOS CON ARENAS Y GRAVASCALIZAS DISPONIBLES EN EL D.F., INSTITUTO DE INGENIERIA, UNAM, MÉXICO 1995.
- NEVILLE A. "TECNOLOGIA DEL CONCRETO". Editorial Trillas. Mexico 1998.
- OKAMURA. H., "CONCRETO AUTOCOMPACTANTE DE ALTOCOMPORTAMIENTO", ACI MATERIALS JOURNAL, 1996.
- PORRERO. J- GRASES, C.. "MANUAL DEL CONCRETO ESTRUCTURAL". Editado Por Sidetur. CARACAS 2004.
- SANCHEZ, D., "TECNOLOGIA DEL CONCRETO Y DEL MORTERO".
 Pontificia Universidad Javeriana- Facultad de Ingeniería. Bogotá 1987.
 UNE 83361: 2007. "HORMIGON AUTOCOMPACTANTE.
 CARACTERIZACION DE LA FLUIDEZ. SEGUIDO ENSAYO DEL ESCURRIMIENTO". AENN/CTN 83- HORMIGON.