

**EFFECTO EN LA DISMINUCIÓN DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO PREPARADO CON  
DIFERENTES MARCAS DE CEMENTO Y AGUA DEL RÍO MAGDALENA – CASO: MUNICIPIO  
DE CALAMAR (BOLÍVAR)**



**EFFECTO EN LA DISMINUCIÓN DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO  
PREPARADO CON DIFERENTES MARCAS DE CEMENTO Y AGUA DEL RÍO  
MAGDALENA – CASO: MUNICIPIO DE CALAMAR (BOLÍVAR)**



**OSCAR IGNACIO ABAD SUAREZ  
JORGE ANTONIO TOUSHERNÁNDEZ**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

**UNIVERSIDAD DE CARTAGENA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
CARTAGENA DE INDIAS**

**2013**

**EFFECTO EN LA DISMINUCIÓN DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO PREPARADO CON  
DIFERENTES MARCAS DE CEMENTO Y AGUA DEL RÍO MAGDALENA – CASO: MUNICIPIO  
DE CALAMAR (BOLÍVAR)**



**EFFECTO EN LA DISMINUCIÓN DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO  
PREPARADO CON DIFERENTES MARCAS DE CEMENTO Y AGUA DEL RÍO  
MAGDALENA – CASO: MUNICIPIO DE CALAMAR (BOLÍVAR)**



**OSCAR IGNACIO ABAD SUAREZ  
JORGE ANTONIO TOUSHERNÁNDEZ**

**GRUPO DE INVESTIGACIÓN: GEOMAT  
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN  
DIRECTOR: ING. MODESTO BARRIOS FONTALVO**

**UNIVERSIDAD DE CARTAGENA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
CARTAGENA DE INDIAS**

**2013**

**EFFECTO EN LA DISMINUCIÓN DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO PREPARADO CON  
DIFERENTES MARCAS DE CEMENTO Y AGUA DEL RÍO MAGDALENA – CASO: MUNICIPIO  
DE CALAMAR (BOLÍVAR)**



**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Firma del director**  
**MODESTO BARRIOS FONTALVO**

---

**Firma del jurado**  
**WALBERTO RIVERA MARTINEZ**

---

**Firma del jurado**  
**ALVAROCOVO TORRES**



## **DEDICATORIA**

*Principalmente quiero darle gracias a DIOS por haberme guiado en este camino tan largo y difícil pero a la vez satisfactorio que fue mi carrera universitaria, también quiero agradecerle a mi madre por haberme apoyado en esta etapa de mi vida, brindándome su comprensión y cariño, además a mi padre que está en el cielo iluminándome, a mis hermanos, a mi novia y a mi familia, que en todo momento me apoyaron para que cumpliera esta meta en mi vida.*

**JORGE ANTONIO TOUS HERNÁNDEZ**

*Este logro que he alcanzando en este momento quisiera dedicárselo en primera instancia a DIOS por sus bendiciones derramadas, a mis padres que son las personas que más admiro en el mundo, que sin importar los problemas pudieron apoyarme hasta llegar a lo que soy hoy en día, a mis tíos que me acogieron en su hogar como un hijo mas, a todos mis familiares y amigos que siempre me han apoyado y no me dejaron desfallecer en ningún momento, sin ninguno de ellos nada de esto fuera posible.*

**OSCAR IGNACIO ABAD SUAREZ**



## **TABLA DE CONTENIDO**

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>15</b>
<b>2. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>18</b>
<b>2.1. CONCRETO .....</b>	<b>18</b>
<b>2.2. COMPONENTES DEL CONCRETO .....</b>	<b>18</b>
2.2.1. Cemento Portland .....	19
2.2.2. El Agua .....	23
2.2.3. Agregados .....	28
<b>2.3. PROPIEDADES DEL CONCRETO.....</b>	<b>34</b>
2.3.1. Concreto En Estado Fresco .....	34
2.3.2. Concreto En Estado Endurecido .....	35
2.3.3. Factores Que Inciden En La Resistencia .....	37
<b>2.4. ESTUDIOS PREVIOS.....</b>	<b>38</b>
<b>3. OBJETIVOS.....</b>	<b>47</b>
<b>3.1. OBJETIVO GENERAL .....</b>	<b>47</b>
<b>3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....</b>	<b>47</b>
<b>4. METODOLOGÍA .....</b>	<b>48</b>
<b>4.1. RECOLECCION DE LOS MATERIALES .....</b>	<b>49</b>
<b>4.2. RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN SECUNDARIA .....</b>	<b>50</b>
<b>4.3. ENSAYOS DE LABORATORIO AL CEMENTO.....</b>	<b>50</b>
4.3.1. Peso Específico.....	50
4.3.2. Consistencia Normal.....	51
4.3.3. Tiempo de Fraguado .....	52
4.3.4. Finura.....	53
<b>4.4. ENSAYOS DE LABORATORIO A LOS AGREGADOS .....</b>	<b>53</b>
4.4.1. Granulometría .....	54
4.4.2. Peso Unitario .....	54
4.4.3. Peso Específico.....	55
<b>4.5. ENSAYOS DE LABORATORIO AL AGUA.....</b>	<b>57</b>
4.5.1. Sulfatos .....	57

**EFFECTO EN LA DISMINUCIÓN DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO PREPARADO CON  
DIFERENTES MARCAS DE CEMENTO Y AGUA DEL RÍO MAGDALENA – CASO: MUNICIPIO  
DE CALAMAR (BOLÍVAR)**



4.5.2. Ph.....	58
4.5.3. Turbidez.....	58
4.5.4. Cloruros .....	58
4.5.5. Solidos Suspendidos .....	59
4.5.6. Alcalinidad.....	60
<b>4.6. DISEÑO DE MEZCLA .....</b>	<b>61</b>
<b>4.7. ENSAYO DE MANEJABILIDAD (ASENTAMIENTO NTC 396- ASTM C125).....</b>	<b>61</b>
<b>4.8. ELABORACIÓN DE LOS CILINDROS .....</b>	<b>63</b>
<b>4.9. ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO (ASTM C 31-ASTM C 39) .....</b>	<b>64</b>
<b>5. RESULTADOS .....</b>	<b>66</b>
<b>5.1. RESULTADOS SOBRE EL CEMENTO .....</b>	<b>66</b>
5.1.1. Finura.....	66
5.1.2. Peso Específico.....	67
5.1.3. Consistencia Normal.....	68
5.1.4. Tiempo de Fraguado .....	69
<b>5.2. RESULTADOS DE LAS PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS DEL AGUA.....</b>	<b>70</b>
5.2.1. Comparación Con Los Estudios Previos.....	70
<b>5.3. RESULTADOS SOBRE LOS AGREGADOS .....</b>	<b>71</b>
5.3.1. Granulometría.....	71
5.3.2. Peso Unitario .....	73
5.3.3. Peso Específico.....	75
<b>5.4. RESULTADO DEL DISEÑO DE MEZCLA .....</b>	<b>76</b>
5.4.1. Diseño Para 3000 PSI.....	76
5.4.2. Diseño Para 4000 PSI.....	78
<b>5.5. RESULTADOS DEL ASENTAMIENTO .....</b>	<b>79</b>
<b>5.6. RESULTADOS DEL ENSAYO A LOS CILINDROS .....</b>	<b>80</b>
5.6.1. Comparación Con Estudios Previos.....	83
<b>6. ANÁLISIS DE RESULTADOS .....</b>	<b>85</b>
<b>6.1. CARACTERIZACIÓN DEL AGUA .....</b>	<b>85</b>
<b>6.2. CARACTERIZACIÓN AL CEMENTO .....</b>	<b>85</b>



<b>6.3. CARACTERIZACIÓN A LOS AGREGADOS.....</b>	<b>86</b>
<b>6.4. CONCRETO .....</b>	<b>86</b>
6.4.1. RESULTADOS DEL ENSAYO DE MANEJABILIDAD (ASENTAMIENTO) .....	86
6.4.2. RESULTADOS DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN.....	87
<b>7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>88</b>
<b>8. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>92</b>



## **ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1. Componentes químicos del cemento. ....	20
Tabla 2. Fases químicas del cemento. ....	20
Tabla 3. Valores recomendados para impurezas en el agua de mezclado para el concreto. ....	25
Tabla 4. Efectos en el concreto causados por impurezas en el agua de mezclado. ....	26
Tabla 5. Clasificación de los agregados según su tamaño. ....	28
Tabla 6. Clasificación de los agregados según su densidad. ....	30
Tabla 7. Finura del cemento (ARGOS). ....	66
Tabla 8. Finura del cemento (CEMEX). ....	66
Tabla 9. Finura del cemento (HOLCIM). ....	67
Tabla 10. Peso específico del cemento dependiendo de su marca. ....	68
Tabla 11. Consistencia normal del cemento (ARGOS). ....	68
Tabla 12. Consistencia normal del cemento (CEMEX). ....	68
Tabla 13. Consistencia normal del cemento (HOLCIM). ....	69
Tabla 14. Tiempo de fraguado del cemento. ....	69
Tabla 15. Propiedades fisico-químicas de las muestras de agua. ....	70
Tabla 16. Comparación de resultados del agua del Rio Magdalena con anteriores trabajos de grado. ....	71
Tabla 17. Análisis granulométrico del agregado grueso. ....	72
Tabla 18. Análisis granulométrico del agregado fino. ....	73
Tabla 19. Pesos unitarios del agregado fino. ....	74
Tabla 20. Pesos unitarios del agregado grueso. ....	74
Tabla 21. Asentamiento de las mezclas de concreto. ....	79
Tabla 22. Resistencia para cilindros de 3000 PSI. ....	80
Tabla 23. Resistencia para cilindros de 4000 PSI. ....	81





## **ÍNDICE DE ILUSTRACIONES**

Ilustración 1. Estructura de los componentes del concreto. ....	18
Ilustración 2. Matraz de le chatelier. ....	21
Ilustración 3. Aparato de vicat. ....	22
Ilustración 4. Vista del municipio de Calamar- Bolívar. ....	48
Ilustración 5. Recolección y almacenamiento de las muestras. ....	49
Ilustración 6. Cementos utilizados. ....	50
Ilustración 7. Agregados fino y grueso utilizados. ....	53
Ilustración 8. Agua utilizada. ....	57
Ilustración 9. Asentamiento a la mezcla y procedimiento del ensayo. ....	62
Ilustración 10. Elaboración y curado de los cilindros. ....	64
Ilustración 11. Ensayo de compresión a los cilindros. ....	65



## **ÍNDICE DE GRAFICAS**

Grafica 1. Curva granulométrica del agregado grueso.....	72
Grafica 2. Curva granulométrica agregado fino.....	73
Grafica 3. Curvas de resistencia obtenidas de los cilindros de concreto de 3000 PSI.....	81
Grafica 4. Curvas de resistencia obtenidas de los cilindros de concreto de 4000 PS .....	82
Grafica 5. Comparación de resistencia para 3000 PSI obtenida VS Resistencias requeridas en 7,14 y 28 días. ....	82
Grafica 6. Comparación de resistencia para 4000 PSI obtenida VS Resistencias requeridas en 7,14 y 28 días. ....	83
Grafica 7. Comparación de resultados para concretos de 3000 PSI. ....	84
Grafica 8. Comparación de resultados para concretos de 4000 PSI. ....	84



## **RESUMEN**

Después de una serie de trabajos de investigación que se han venido realizando para analizar el comportamiento del agua en las mezclas de concreto, se han llevado a cabo varios proyectos de investigación que buscan con sus experimentos, pruebas y demás conseguir posibles mejoras en todo lo que concierne al tema del agua de mezclado. Teniendo en cuenta todas las investigaciones que se han realizado con respecto a este tema y las mejoras que se quieren alcanzar, en el presente proyecto de investigación, se trabajó en la comparación de las resistencias a compresión de mezclas de concreto de 3000 y 4000 psi, fabricados con las diferentes marcas de cemento comercializadas en la región (ARGOS, CEMEX Y HOLCIM) y utilizando el agua del Río Magdalena, para determinar su comportamiento mecánico. Para llevar a cabo este proyecto se elaboraron y ensayaron cilindros de concretos a edades de 7, 14 y 28 días con el fin de analizar los distintos resultados y así poder compararlos con los límites que permite la norma. Antes de esto se realizaron ensayos de laboratorio al cemento (diferentes marcas) para verificar sus propiedades físico-mecánicas con el fin de identificar si el cemento que se estaba manejando era óptimo para la realización de la mezcla. Al agua se le hicieron estudios físico-químicos para determinar qué tipo de sustancias o agentes contaminantes se encontraban en ella para tener una idea de los efectos que produciría en la resistencia de los cilindros, los agregados se caracterizaron y se determinaron sus propiedades físicas. Seguido a esto se hizo el ensayo de manejabilidad (asentamiento) para medir la consistencia del concreto no endurecido, se fabricaron los cilindros de concreto variando la marca de cemento de acuerdo a unos diseños de mezcla para 3000 y 4000 psi y por último se realizaron los ensayos de resistencia a la compresión para corroborar si los cilindros llegaban a las resistencias esperadas. Por último en el análisis de resultados que se realizó de la resistencia a la compresión, muestra que la resistencia que se alcanzó de los concretos realizados con el agua del Río Magdalena y diferentes marcas de cemento, están en el rango de 84.01, 81.45 y 81,15% para concretos de 3000 psi y para los de 4000 psi están en el

**EFFECTO EN LA DISMINUCIÓN DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO PREPARADO CON  
DIFERENTES MARCAS DE CEMENTO Y AGUA DEL RÍO MAGDALENA – CASO: MUNICIPIO  
DE CALAMAR (BOLÍVAR)**



rango de 78.81, 76.33 y 75.58%, con lo anterior se concluye que definitivamente no es prudente el uso del agua del Río Magdalena para elaborar mezclas concreto, debido a que estos valores se encuentran muy por debajo de los límites que permite la norma y además nos permite comprender que los cementos utilizados en las mezclas de concreto muestran unas características físicas muy similar, recomendar que se utilice el cemento marca ARGOS, que fue el que menor disminución porcentual en la resistencia alcanzo no sería pertinente, ya que la diferencia entre las 3 resistencias es mínima y una diferencia tan pequeña no hace que utilizar una marca u otra de cemento sea lo produzca un cambio relevante en la resistencia.



## **ABSTRACT**

After a series of research working that have been performed in order to analyze the water behavior in concrete mixtures, it has been carried out several investigation projects that are looking with its experiments, tests and rests, to obtain possible improvements in all that concerns mixing water. Given all researches that have been realized on this topic and the improvements to be achieved, in this investigation project, it worked in the compressive resistances comparisons of 3000 and 4000 psi concrete mixtures, manufactured with different concrete brands sold in the region (ARGOS, CEMEX AND HOLCIM) and using Magdalena River water to determinate its mechanical behavior. To perform this project concrete cylinders were made and tested at ages of 7, 14 and 28 days with the purpose of analyze different results and this way contrast them with limits that norm allows. Before doing this, laboratory testing to concrete (different brands) were made in order to verify its physic-mechanics properties with the purpose of identify if the used concrete was optimum for mixture production. It was made physical-mechanical studies to water to determinate what kind of substances or pollutant agents were in it to have an idea about the effects that cylinders resistance might produce, aggregates were characterized and its physical properties were determinated. Following this the manageability (settlement) test was made to measure the uncured concrete consistency, concrete cylinders were produced varying the concrete Brand according to some mix designs for 3000 and 4000 psi and finally compressive resistance test were made to corroborate if the cylinders reached the expected resistances.

At last in the result analysis that were made of the compressive resistance, shows that reached resistance of concretes produced with Magdalena river water and different concrete brands, are in a range of 84.01, 81.45 and 81.15% for 3000 psi concretes and for 4000 psi are in a range of 78.81, 76.33 y 75.58%, with the above it is concluded that definitely is not recommended the use of Magdalena River water to make concrete mixtures, because this values are well below of the limits than the norm allows and also it lets us understand that

**EFFECTO EN LA DISMINUCIÓN DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO PREPARADO CON  
DIFERENTES MARCAS DE CEMENTO Y AGUA DEL RÍO MAGDALENA – CASO: MUNICIPIO  
DE CALAMAR (BOLÍVAR)**



concrete used in concrete mixtures shows some similar physical characteristics, recommending the use of ARGOS concrete, because it obtained the lower percentage decrease would not be pertinent, since the difference between the 3 resistances is minimum and a difference that small does not lead the use of one Brand or another is the main cause of a significant change in resistance.



## **INTRODUCCIÓN**

Si bien ya se ha reiterado en muchas ocasiones la importancia del agua en la elaboración del concreto, este estudio se basa en otro elemento esencial a la hora de realizar la mezcla de concreto que es el CEMENTO. Estudios realizados anteriormente nos hablan de cómo puede influir el agua que no esté tratada correctamente en la resistencia del concreto, tales estudios fueron los siguientes, la evaluación y comparación de la resistencia en concretos para mezclas de 3000 y 4000 psi elaboradas con agua del río Magdalena y del acueducto municipal de Zambrano, el cual fue trabajo de grado realizado por Juan David Méndez Duran y William Felipe Ortiz Giraldo en el año 2012, el cual consistió en la realización de un estudio analítico sobre la resistencia del concreto como material para la construcción y a su vez determino si la utilización del agua del Río Magdalena y del acueducto del municipio de Zambrano-Bolívar eran aptas como agua de mezclado en la fabricación de concreto, verificando si se comprometía la resistencia de éste haciendo inaceptable e inútil su utilización en la construcción. Otro estudio fue el análisis de la influencia del agua del río Magdalena sobre la resistencia de mezclas de concreto de 3000 psi y 4000 psi en el municipio de Calamar, realizado por Luis Miguel Padilla Wong y Jonathan Vásquez Coneo en el año 2012. Este estudio se realizó con el fin de determinar la influencia y los comportamientos que proporciona el agua del Río Magdalena en las propiedades físico-químicas del hormigón, permitiendo así establecer si dicha agua es apta para la elaboración de mezclas de concreto de 3000 y 4000 psi, este aporte se realizó a través de la evaluación de los efectos causados sobre las propiedades de manejabilidad y resistencia mecánica de mezclas de concreto hidráulico. Todos estos estudios están enfocados en la manera como el agua puede influir en la resistencia del concreto, pero ahora sí, en estas poblaciones; más específicamente en el municipio de Calamar donde no existen otros recursos para conseguir agua en mejores condiciones para la realización de la mezcla del hormigón, como podemos saber cuál es la marca de cemento que puede reducir en menor proporción su resistencia mecánica ante el agua de esta zona.

**EFFECTO EN LA DISMINUCIÓN DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO PREPARADO CON DIFERENTES MARCAS DE CEMENTO Y AGUA DEL RÍO MAGDALENA – CASO: MUNICIPIO DE CALAMAR (BOLÍVAR)**



El éxito de una buena obra de construcción se basa en los elementos que la conforman, para el ingeniero y los obreros que la realizan es sumamente importante contar con los materiales adecuados para hacer de la construcción en la cual están trabajando la mejor posible. Por esa razón es fundamental para nuestro campo este tipo de estudios, que evalúan la resistencia, durabilidad y muestran las características principales de los materiales de construcción en situaciones adversas, debido a que al momento de llevar a cabo una construcción le damos la oportunidad al ingeniero o maestro de obra a que elija los materiales o marcas que puedan darle mejor rendimiento según el caso en el cual este se encuentre.

Este estudio se llevó a cabo en el municipio de Calamar, departamento de Bolívar, una población que se encuentra a orillas del río Magdalena, donde se realizan diferentes tipos de construcciones, siendo la construcción una de las fuentes de trabajo importantes de dicha población, por esta razón y viendo que estudios anteriores se enfocan en el agua, nació la inquietud de estudiar las diferentes marcas de cemento de la región que se utilizan para la elaboración del concreto, de esta manera surgió nuestra pregunta de investigación: ¿En qué grado afecta cada marca de cemento la resistencia a la compresión del concreto fabricado con el agua del Río Magdalena en El Municipio de Calamar?; Por tal motivo se evaluará cómo se comportan las distintas marcas de cemento portland tipo 1 de la región al preparar mezclas de concreto con agua del Río Magdalena a la altura de esta población. El cemento que aunque tiene la misma materia prima, debido a su proceso de fabricación pueden tener características un poco diferentes dependiendo la marca, podemos observar esto a la hora de analizar el comportamiento a la resistencia. El objetivo de este estudio es comparar la resistencia a compresión obtenidas en el laboratorio de muestras de hormigón de 3000 y 4000 psi, fabricadas con las diferentes marcas de cemento de la región (ARGOS, CEMEX Y HOLCIM) y utilizando el agua del Río Magdalena a la altura del municipio de Calamar (Bolívar), con el fin de observar cual tiene mejor comportamiento mecánico frente este agua.



**EFFECTO EN LA DISMINUCIÓN DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO PREPARADO CON DIFERENTES MARCAS DE CEMENTO Y AGUA DEL RÍO MAGDALENA – CASO: MUNICIPIO DE CALAMAR (BOLÍVAR)**



La realización de este estudio llega a causa de la necesidad que se presentan en poblaciones como Calamar donde a pesar de ser la construcción a pequeña y gran escala una de las fuentes de progreso más importantes, no se cuentan con los recursos básicos para hacer de ella un práctica óptima. Para tener una conformación ideal del concreto se requiere no solo que lo elementos que lo conforman sean los más mejores si no que la interacción entre ellos sea adecuada, sabiendo por estudios anteriores que el agua del rio no cumple los estándares necesarios para la elaboración de mezclas de hormigón, nuestra prioridad en este momento es determinar cuál sería la mejor elección a la hora de seleccionar un cemento de los disponibles en dicha región, que pueda dar una mejor consistencia a la mezcla y posterior a esto nos brinde más resistencia a la largo del tiempo. Esta es la novedad de este estudio, no solo estudia el agua del rio Magdalena si no también que tipo de marca cementera nos brinda mejores características al interactuar con esta agua.



## 2. MARCO TEÓRICO

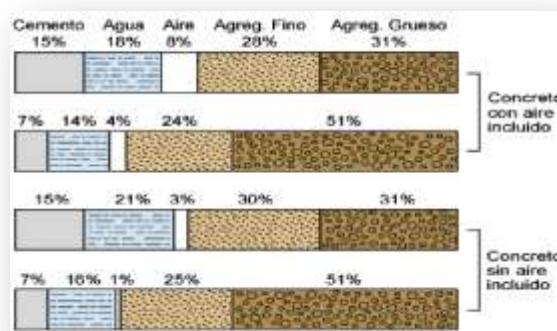
### 2.1. CONCRETO

El concreto es el producto resultante de la mezcla de un aglomerante (generalmente cemento, arena, grava o piedra triturada y agua) que al fraguar y endurecer adquiere una resistencia similar a la de las mejores piedras naturales. En el concreto, la grava y la arena constituyen el esqueleto, mientras que la pasta que se forma con el cemento, que fragua primero y endurece después, rellena los huecos uniendo y consolidando los granos de los áridos. Al concreto se le puede añadir aditivos para mejorar algunas de sus propiedades.

### 2.2. COMPONENTES DEL CONCRETO<sup>1</sup>

Como se indicó inicialmente el concreto está compuesto por varios materiales cemento, agregados y agua. Estos componentes al mezclarse forman un todo que con el pasar del tiempo proporcionan diversas características en la mezcla de hormigón, de modo que, al estudiar cada uno de los materiales que conforman el concreto se lograra conocer su influencia en las propiedades del concreto.

**Ilustración 1. Estructura de los componentes del concreto.**



Fuente:<http://notasdeconcretos.blogspot.com/> Fundamentos del concreto

<sup>1</sup>SÁNCHEZ DE GUZMAN, Diego. Tecnología del Concreto y del Mortero. BHANDAR EDITORES. 2001.



### **2.2.1. Cemento Portland**

El cemento hidráulico está definido por la norma ASTM C-219, como un cemento que fragua y endurece por interacción química con el agua y que es capaz de hacerlo bajo agua. Para la Ingeniería<sup>2</sup> el cemento portland es una mezcla de calizas y arcillas pulverizadas a altas temperaturas, con adición de yeso que al entrar en contacto con el agua, desarrolla la capacidad de unir fragmentos de grava y arena, para formar un sólido único o piedra artificial, conocida con el nombre hormigón.

#### **2.2.1.1. Tipos de Cemento**

Los tipos de cemento pueden variar dependiendo del porcentaje de dosificación que se aplique de cada materia prima. En Colombia los cementos normalizados por la NTC 30 son<sup>3</sup>:

- Cemento Portland Tipo I: Es el normal y se utiliza para la construcción ordinaria.
- Cemento Portland Tipo II: Es el modificado y tiene poca liberación de calor al hidratarse.
- Cemento Portland Tipo III: Es el que desarrolla altas resistencias iniciales.
- Cemento Portland Tipo IV: Provoca bajo calor y produce poco calor al hidratarse es propio de estructuras masivas como las presas.
- Cemento Portland Tipo V. Resistente a los sulfatos y utilizado en las alcantarillas.

#### **2.2.1.2. Propiedades Químicas del Cemento**

Todos los tipos de cementos están compuestos de 4 elementos esenciales, cuyas variaciones relativas determinan los diferentes tipos de cemento portland.

---

<sup>2</sup>FARFAL, M. A, Reparación de Muros de Albañilería de Ladrillos Cerámicos con Estuco Armado con Malla de Fibra de Vidrio. Trabajo de grado, Universidad Austral de Chile. 2005.

<sup>3</sup> INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. CEMENTO PORTLAND CLASIFICACIÓN Y NOMENCLATURA. Bogotá: ICONTEC, (NTC 30)



**Tabla 1. Componentes químicos del cemento.**

Nombre del Compuesto	Composición del Óxido	Abreviatura	%
Silicatotricálcico	$3CaOSiO_2$	$C_3S$	48
Silicato dicálcico	$2CaOSiO_2$	$C_2S$	27
Aluminio tricálcico	$3CaOAl_2O_3$	$C_3A$	12
Ferroatuminatotretrocálcico	$4CaOFe_2O_3Al_2O_3$	$C_4AF$	8

**Fuente: Libro Tecnología del Concreto y del Mortero, 2001**

La anterior composición es también conocida como *compuestos de Bogue*. De acuerdo a las fases, en el cemento se pueden observar:

**Tabla 2. Fases químicas del cemento.**

Fases	Base de la Fase	Porcentaje en el Cemento
Alita	$C_3S$	75%
Ferrita	$C_4AF$	20%
Fases menores		5%

**Fuente: Libro Tecnología del Concreto y del Mortero, 2001**

La Fase  $C_3S$  se hidrata más rápidamente que la  $C_2S$ , lo que ayuda al tiempo de fraguado y de su resistencia inicial. La acción endurecedora de la fase  $C_3S$  es de 24 horas a siete días, mientras que la de la fase  $C_2S$  es de 7 a 28 días. La fase  $C_4AF$  cumple con una función catalizadora y aporta poca resistencia al concreto.

#### 2.2.1.3. Propiedades Físicas y Mecánicas del Cemento<sup>4</sup>

Las principales propiedades físicas del cemento son las siguientes:

**Finura del Cemento.** La finura se define como la medida o tamaño de la partículas que componen el cemento; se expresa en  $cm^2/g$  lo cual llamamos superficie de contactos o superficies específicas; esto se refleja en el proceso de hidratación del cemento ya que la

<sup>4</sup>FARFAL, M. A, Reparación de Muros de Albañilería de Ladrillos Cerámicos con Estuco Armado con Malla de Fibra de Vidrio. Trabajo de grado, Universidad Austral de Chile. 2005.



mayor superficie de contacto mejor y más rápida es el tiempo de fraguado. Es la cantidad de área expuesta al contacto con el agua en una determinada masa de cemento. Entre más fino sea el cemento más rápido es el contacto con el agua. Entre mayor sea la superficie de contacto mayor es la finura del cemento. El método para determinar la finura del cemento en este trabajo de grado fue el **Tamiz # 200**.

**Peso Específico o Densidad Aparente del Cemento.** El peso específico expresa la relación entre la muestra de cemento y el volumen absoluto.

$$peso.especifico = \frac{peso}{volumen}$$

El peso específico del cemento debe estar entre 3.10 a 3.15 g/cm<sup>3</sup>. El valor del peso específico no indica la calidad de un tipo de cemento, sino que su valor es usado para el diseño de la mezcla. Un bajo valor de densidad absoluta nos indica poca presencia del clinker y alta de yeso. El procedimiento para determinar el peso específico fue el Método de Le Chatelier.

**Ilustración 2. Matraz de le chatelier.**



**Fuente:** <http://www.tecnotest.it/Productos>



**Consistencia Normal:** La consistencia normal es un estado de fluidez alcanzado por la pasta del cemento que tiene una propiedad óptima de hidratación. Se expresa como un porcentaje en peso o volumen de agua con relación al peso seco del cemento.

$$\% \text{Consistencia} \cdot \text{Normal} = \frac{\text{peso.del.agua}}{\text{peso.del.cemento}}$$

Los valores normales de esta se encuentran entre el 24% y el 32%. La consistencia Normal no es un parámetro para medir la calidad del cemento pero si para medir el tiempo de fraguado y la resistencia mecánica. Para obtener la consistencia normal se utilizó el aparato de Vicat.

### **Ilustración 3. Aparato de vicat.**



**Fuente:** <http://www.topoequipos.com/Productos>

**Fraguado:** Es una transición de un estado fluido al estado rígido. Al mezclar el cemento con el agua se crea una pasta suave, ésta se rigidiza gradualmente hasta conformar una masa sólida, este proceso va acompañado de cambios de temperatura en la pasta del cemento: un rápido aumento en la temperatura corresponde al fraguado inicial transcurrido desde la adición del agua hasta alcanzar el estado plástico (pasta semidura), presentando



deformación por la acción de pequeñas cargas, el máximo de temperatura corresponde al fraguado Final que va desde el fraguado inicial hasta que el cemento alcanza condición de dureza (Comienza a adquirir resistencia mecánica), en este lapso se produce la unión con los agregados.

**Haciendo referencia a la definición de concreto y composición de este anteriormente escritas, es nuestro proyecto de grado se elaboraron varias mezclas de concreto las cuales estaban compuestas por cemento portland tipo1 (ARGOS, HOLCIM Y CEMEX), agregados finos y gruesos estos provenientes de canteras situadas a los alrededores del municipio de Calamar-Bolívar y agua del Rio Magdalena, con estas mezclas de concreto se quiso obtener resistencias de 3000 y 4000 psi. Cabe resaltar que a cada marca de cemento se le verificaron sus propiedades físicas y mecánicas con el fin de tener un cemento óptimo para la realización de un buen concreto, las propiedades que se corroboraron fueron la finura la cual estuvo dentro del rango admisible, peso específico el cual cumplió con lo que pide la norma, consistencia normal en donde se obtuvo una relación agua-cemento adecuada y por último el tiempo de fraguado.**

### **2.2.2. El Agua<sup>5</sup>**

El agua debe tener una apariencia limpia, libre de cualquier tipo de contaminantes como aceites, ácidos, sales, materiales orgánicos y otras sustancias que puedan ser perjudiciales para el concreto o el refuerzo. Si se encuentra alguna sustancia u objeto en el agua que dé lugar a duda de la calidad del líquido, esta no se debe usar a menos que existan registros de concretos elaborados con ésta, o información que indique que no perjudica la calidad del concreto.

---

<sup>5</sup>INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. AGUA PARA LA ELABORACIÓN DE CONCRETO. Bogotá: ICONTEC, (NTC 3459)



El agua para elaborar el concreto puede tomarse de fuentes naturales y por lo tanto puede contener elementos orgánicos indeseables o contenidos inaceptables de sales inorgánicas, las aguas superficiales, en particular, a menudo contienen materia en suspensión, como aceite, arcilla, sedimentos, hojas y otros desechos vegetales, y puede ser inadecuado emplearlas sin tratamiento físico preliminar, como filtración o sedimentación para que dicha materia en suspensión se elimine.

#### 2.2.2.1. Agua de Amasado

Es aquella que se añade junto con los demás componentes a la mezcla, con la función de hidratar los componentes activos del cemento, actuar como lubricante haciendo posible que la masa fresca sea trabajable y creadora de espacio en la pasta para los productos resultantes de la hidratación del cemento.

El agua de amasado se le puede dividir en dos fases:

**Agua de Hidratación:** Es la que reacciona químicamente con el cemento formando lo que se denomina el gel o pasta hidratada. Recibe el nombre de no evaporable porque a una temperatura de 110°C no se produce evaporación.

**Agua Evaporable:** Es la parte de agua de mezclado que es capaz de ebullición a 110°C, se divide en tres fases: Agua de Absorción (Es una capa molecular de agua que es atraída por el gel del cemento), Agua Capilar (Es la que ocupa los poros entre los granos del cemento), Agua Libre (Es la que realmente evapora, o sea la que se pierde dentro del agua de mezclado en Condiciones de Secado).

En la siguiente tabla se muestran los valores límites recomendados para las impurezas en el agua de mezclado.





**Tabla 3. Valores recomendados para impurezas en el agua de mezclado para el concreto.**

<b>Impurezas</b>	<b>Máximo Tolerado (ppm)</b>
Carbonato de Sodio y Potasio	1.000
Cloruro de sodio	20.000
Sulfato de sodio	10.000
Sulfato , como SO <sub>4</sub>	3.000
Carbonatos de calcio y magnesio, como ión bicarbonato	400
Cloruro de magnesio	40.000
Sulfato de magnesio	25.000
Cloruro de calcio (por peso de cemento en el concreto)	2%
Sales de hierro	40.000
Yodato, fosfato, arsenato y borato de sodio	500
Sulfito de sodio	100
Ácido sulfúrico y ácido clorhídrico	10.000
PH	6,0 a 8,0
Hidróxido de sodio (por peso de cemento en el concreto)	0.5%
Hidróxido de potasio (por peso de cemento en el concreto)	1.2%
Azúcar	500
Partículas en suspensión	2.000
Aceite mineral (por peso de cemento en el concreto)	2%
Agua con algas	0
Materia orgánica	20
Agua de mar	35.000

**Fuente: Libro Tecnología del Concreto y del Mortero.**

A continuación se detalla los efectos de ciertas impurezas en el agua de mezclado en la calidad del concreto.



**Tabla 4. Efectos en el concreto causados por impurezas en el agua de mezclado.**

Tipo de Impureza	Efectos en el Concreto
Carbonatos y bicarbonatos alcalinos	<p>El bicarbonato de sodio puede tanto acelerar como retardar el fraguado y en altas concentraciones (mayores de 1.000 ppm) puede afectar la resistencia del concreto.</p> <p>Los carbonatos (calcio, magnesio, estaño, cobre, zinc los yodatos, fosfatos, arsenatos y boratos) pueden retardar mucho el fraguado y la adquisición de su resistencia.</p>
Sales de hierro	Las sales de hierro en concentraciones hasta de 40.000 ppm usualmente no presentan efectos adversos en la resistencia de un concreto o un mortero.
Aguas Acidas o básicas	Las aguas ácidas con valores de pH por debajo de 3 pueden crear problemas de manejo y deben ser evitadas en lo posible. Aguas de concentración de hidróxido de sodio del 0,5% por peso del cemento no afectan las resistencias o los fraguados. Sin embargo más altas concentraciones pueden reducir la resistencia del concreto.
Azúcar	<p>Pequeñas cantidades retarda el fraguado del cemento y disminuyen la resistencia inicial pero la aumentan a los 28 días.</p> <p>Cantidades <math>\geq 0,25\%</math> puede causar un fraguado rápido y una sustancial reducción de resistencia a los 28 días.</p>
Partículas en suspensión	Concentraciones altas (mayores de 2.000 ppm) de partículas de arcilla o limos pueden no afectar la resistencia pero si influir en otras propiedades de algunas mezclas de concreto.
Aceite	El aceite mineral por si solo tiene menos efectos sobre el desarrollo de la resistencia del concreto que los aceites animales o vegetales. Pero el aceite derivado del petróleo en concentraciones superiores al 2%, puede reducir la resistencia del concreto en un 20% o más.
Aguas Negras	En cantidades superiores a 200 ppm preferiblemente no debe usarse. Si después de ser tratada se reduce la concentración a 20 ppm o menos no



	afecta considerablemente la resistencia del concreto.
Agua de mar	El agua de mar por su alto contenido de cloruro produce una alta resistencia a temprana edad pero posteriormente su efecto es adverso a reducir la resistencia a un 15%, además corroe el refuerzo y mancha la superficie exterior del concreto.
Sólidos en suspensión	Concentraciones altas (mayores de 2.000 ppm) afectan la resistencia e influyen en otras propiedades de algunas mezclas de concreto como el tiempo de fraguado.
Material orgánico	Concentraciones altas (mayores de 2.000 ppm) de partículas afectan el tiempo de fraguado del concreto.

**Fuente: Carmona, Puerta 2011.**

#### 2.2.2.2 Agua de Curado

Es el agua que necesita el concreto para hidratar eficientemente el cemento, es decir, que el cemento siga reaccionando con el agua y de esta manera el concreto endurezca para desarrollar resistencia.

**El agua utilizada para la elaboración del concreto en esta investigación fue extraída de una fuente natural como lo es el Río Magdalena, hay que mencionar que al momento de tomar el agua esta no presentaba las condiciones óptimas antes descritas en nuestro marco teórico que debe tener un agua que se utilice como agua de mezclado para la fabricación del concreto, tales condiciones eran, el agua no presentaba una apariencia limpia (Muy turbia), a simple vista se podía apreciar que tenía algunos agentes contaminantes como aceites y gasolina provenientes de los motores de las embarcaciones que transitan en el Río, materiales orgánicos procedentes de vertimientos urbanos y actividades ganaderas que se realizan a lo largo de este afluente y otras sustancias las cuales perjudican al concreto, principalmente en su resistencia.**



**2.2.3. Agregados**

Los agregados constituyen entre el 60 y el 80 por ciento del volumen total del concreto y estos deben cumplir ciertas propiedades como lo son: ser partículas durables, limpias, duras, resistentes y libres de productos químicos absorbidos, recubrimientos de arcilla y otras sustancias que afectan el buen funcionamiento y adherencia con la pasta de cemento. Dentro de los agregados encontramos dos clasificaciones, los agregados gruesos o gravas y los agregados finos o arenas.

**2.2.3.1. Clasificación de los Agregados.**

Los agregados se clasifican según su tamaño, modo de fragmentación y peso específico.

**Clasificación por Tamaño de Partícula.** Es necesario realizar esta división de los materiales debido a la condición mínima del concreto normal de dividir a los agregados en dos grupos, cuya frontera nominal es 4.75 mm (malla No. 4 ASTM). Agregados finos son aquellos cuya partícula tiene un diámetro inferior a 4.76 mm y no menor de 0.074 mm y se conoce como arena. Aquellas partículas con diámetro superior a 4.76 mm es la que normalmente se denomina agregado grueso. En la siguiente tabla se muestra una clasificación, los nombres más usuales y su aptitud como agregado para concreto según su tamaño.

**Tabla 5. Clasificación de los agregados según su tamaño.**

<b>Tamaño de las Partículas en mm (pulg)</b>	<b>Denominación más Corriente</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Clasificación como Agregado para Concreto</b>
Inferior a 0.002 Entre 0.002 - 0.074 (No.200)	Arcilla Limo	Fracción muy fina	No recomendable

**EFFECTO EN LA DISMINUCIÓN DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO PREPARADO CON DIFERENTES MARCAS DE CEMENTO Y AGUA DEL RÍO MAGDALENA – CASO: MUNICIPIO DE CALAMAR (BOLÍVAR)**



Entre 0.074 - 4.76 (No.200)-(No.4)	Arena	Agregado fino	Material apto
Entre 4.76 - 19.1 (No.4)-(3/4") Entre 19.1 - 50.8 (3/4")-(2") Entre 50.8 - 152.4 (2")-(6") Superior a 152.4 (6")	Gravilla  Grava  Piedra  Rajón, piedra bola	Agregado grueso	Material apto para producir concreto

**Fuente:** Libro Tecnología del Motero y del Concreto.

**Clasificación por Modo de Fragmentación.** Por la forma en que ocurre el proceso de fragmentación de la grava y la arena, ya sea a base de trituración, por la explotación de una mina, o bien por el dragado y cribado del lecho de un río, los materiales se clasifican en:

**Natural:** el proceso de fragmentación ocurre en procesos naturales como la erosión.

**Manufacturado:** es cuando en la fragmentación del material intervienen procesos artificiales como la trituración o por medio de quebradoras.

**Mixto:** Cuando intervienen ambos procesos, el natural y el manufacturado.

**Clasificación por Peso Específico.** El peso específico de un agregado es la relación de su peso al peso de un volumen igual de agua. Esto nos sirve porque se usa en algunos cálculos para el control de la mezcla, sin ser una medida de la calidad del agregado. La clasificación que resulta de esto la mostramos a continuación:



**Tabla 6. Clasificación de los agregados según su densidad.**

Tipo de Concreto	Peso Unitario aprox. del Concreto Kg/m <sup>3</sup>	Peso Unitario del Agregado kg/m <sup>3</sup>	Ejemplo de Utilización	Ejemplo de Agregado
Ligero	400-800	60-480	Concreto para aislamiento	Piedra pómez perlita
	950-1350	480-1040	Concreto para relleno y mampostería no estructural	
	1450-2000		Concreto estructural	
Normal	2000-2500	1300-1600	Concreto estructural y no estructural	Canto rodado agregado de río
Pesado	2500-5600	3400-7500	Concreto para protección contra radiación gamma o x, y contrapesas	Piedra barita y magnetita

**Fuente: Libro Tecnología del Mortero y del Concreto.**

#### 2.2.3.2. Propiedades Químicas<sup>6</sup>

Los controles realizados a las propiedades químicas de los agregados son para evitar su reacción en la masa del concreto. Son las de evitar sustancias presentes agresivas y componentes geológicos o mineralógicas agresivos, entre los cuales el más frecuente parece ser la sílice activa.

**La Epitaxia.** La única reacción química favorable de los agregados, conocida hasta el momento, da mejor adherencia entre ciertos agregados calizos y la pasta de cemento, a medida que transcurre el tiempo.

<sup>6</sup>SANCHEZ DE GUZMAN, Diego. Tecnología del Concreto y del Mortero. BHANDAR EDITORES. 2001



**Reacción Álcali- Agregado.** La sílice activa, presente en algunos agregados, reacciona con los álcalis del cemento produciendo expansiones, destrucción de la masa y pérdida de características resistentes. Las rocas que por lo general la contienen son las silíceas.

#### 2.2.3.3. Propiedades Físicas

Las propiedades físicas que tienen mayor importancia en el comportamiento mecánico de las mezclas de concreto son:

##### **Granulometría.**

Es la composición en porcentaje de los diversos tamaños de agregado en una muestra, esta proporción se suele indicar de mayor a menor tamaño por una cifra que representa en peso, el porcentaje parcial de cada tamaño que pasó o quedó retenido en los diferentes tamices que se usan obligatoriamente para tal medición.

Para obtener un buen concreto, es necesario que la mezcla de la arena y de la piedra logre una granulometría que proporcione masa unitaria máxima, puesto que con esta condición el volumen de los espacios entre partículas es mínimo, lo cual dará lugar a una mezcla de mejores condiciones técnicas y además, económicas.

Para el agregado grueso el tamaño máximo, se define como la abertura del menor tamiz de la serie que permite el paso del 100% de la muestra ensayada. Este valor indica el tamaño de la partícula más grande que hay dentro de la masa de agregado y es de interés conocerla ya que el tamaño del agregado debe ser compatible con las divisiones de la estructura y el tamaño máximo nominal, definido como la abertura del tamiz inmediatamente superior a aquel cuyo porcentaje retenido acumulado sea mayor o igual al 15%. El tamaño máximo nominal muestra más claramente el tamaño de las partículas más grande de la masa de agregados en su fracción gruesa.

Para el agregado fino el módulo de finura, describe que tan fino o grueso es el material que se está empleando. El módulo de finura se calcula sumando los porcentajes retenidos acumulados desde el tamiz 3/8" hasta el #100 dividido entre el 100%. El módulo de finura



no es un indicador de la granulometría, ya que un número infinito de tamizados dará el mismo valor, pero da una idea del grosos o la finura el material. Los valores para el módulo de finura deben estar entre 2.3 y 3.1.

### **Forma de las Partículas.**

La forma del agregado depende mucho del tipo de roca que lo origino, la forma del agregado influye directa o indirectamente en el comportamiento del concreto, ya que se relaciona con la trabajabilidad, la resistencia y otras propiedades del concreto en estado fresco y endurecido.

Las partículas planas y alargadas aumentan la cantidad de agua necesaria para la mezcla. La forma más adecuada son las redondeadas (para piedras de ríos) y cubicas (para triturados) ya que permiten obtener un concreto más manejable y por lo tanto requieren menos agua.

### **Textura.**

Influye en la adherencia entre los agregados ya las pasta de cemento fraguado, así como también, por su efecto sobre las propiedades del concreto endurecido, tales como, densidad, resistencia a la compresión y a la flexión, cantidad requerida de agua, etc.

Es deseable que las partículas tengan superficie áspera para que haya buena adherencia con la pasta de cemento, especialmente en los concretos de resistencia superior a los 280 kg/cm<sup>2</sup>.

### **Densidad.**

Está definida como la relación entre el peso del agregado y el volumen que este ocupa dentro de la mezcla de concreto. La importancia de medir esta propiedad radica en que los agregados se dosifican por peso (en kilogramos).

### **Porosidad y Absorción.**

La absorción está relacionada a la porosidad del agregado y corresponde a la capacidad de absorber el agua. Esta propiedad es usada en el control de calidad del concreto para corregir por humedad los diseños de mezcla. Cuanto más poroso es el agregado, menos resistencia





mecánica tiene, por lo tanto, cuanto menor sea la absorción, es más compacto y de mejor calidad. La capacidad de absorción del agregado se puede cuantificar por diferencias de pesos, entre saturado y superficialmente, expresándose de la siguiente forma:

$$\% \text{absorción} = \frac{P_{ss} - P_s}{P_s} \times 100$$

Dónde:

$P_{ss}$  = peso de la muestra saturada y superficialmente seca y

$P_s$  = peso seco de la muestra

### **Masa Unitaria.**

Esto no es más que la relación entre el peso de un grupo de granos de agregado y el volumen que ocupan en estado suelto o compacto. El agregado puesto en un recipiente por simple efecto de la gravedad se le denomina masa unitaria. Si la colocación se ha compactado se le nombra masa unitaria compacta.

#### 2.2.3.4. Propiedades Mecánicas

Dentro de las propiedades mecánicas de los agregados se encuentran la resistencia de las partículas del agregado, la tenacidad, adherencia y la dureza.

### **Dureza.**

La dureza del agregado es una propiedad decisiva para la selección de los materiales. Frecuentemente se usa como un índice de la calidad del agregado, pues muestra la resistencia a la erosión abrasión o en general al desgaste del mismo.

### **Resistencia.**

El agregado grueso está mayormente relacionado con la resistencia del concreto, por su aporte en tamaños de grano dentro de la masa de la mezcla. Los ensayos de resistencia a la trituración sobre las muestras de roca y valores de trituración de los agregados dan una idea acerca del comportamiento de los agregados en el concreto.



### **Tenacidad.**

La tenacidad o resistencia a la falla por impacto es una propiedad que depende de la roca de origen y se debe tener en cuenta ya que tiene mucho que ver con el manejo de los agregados, ya que si estos son débiles se puede disminuir la calidad del concreto que con ellos se elabore.

### **Adherencia.**

Es la interacción que existe entre la zona de contacto agregado-pasta, la cual es producida por fuerzas de origen físico-químico. Entre mayor sea la adherencia, mayor será la resistencia del concreto.

**Los agregados (Fino y Grueso) conforman el esqueleto granular del concreto, siendo este el elemento mayoritario de la mezcla, de ahí que son responsables de gran parte de las características del mismo. Hay que decir que los agregados que se manejaron en la investigación son provenientes del gradado o cribado que se realizan en los Ríos, producto de esto se dice que es un agregado natural según la clasificación por modo de fragmentación. El agregado grueso que se empleó para elaborar las mezclas tuvo un tamaño constante y el agregado fino nos dio un módulo de finura dentro de lo que establece la norma, siendo estos agregados los perfectos para lograr una mezcla trabajable a la hora de hacer los cilindros de concreto.**

## **2.3. PROPIEDADES DEL CONCRETO**

El concreto se puede encontrar en estado fresco o en estado endurecido y en cada uno de estos presenta diferentes propiedades que determinan su rendimiento o desempeño.

### **2.3.1. Concreto En Estado Fresco**

Las propiedades del concreto en estado fresco deben permitir que se llenen adecuadamente las formaleas y los espacios alrededor del acero de refuerzo, así como también obtener una



masa homogénea sin grandes burbujas de aire y agua atrapada. Las propiedades del concreto en estado fresco, que pueden ser determinadas mediante métodos de ensayo, son:

**Trabajabilidad Manejabilidad:** Es la capacidad que tiene el concreto de ser colocado y compactado apropiadamente sin que se produzca segregación. La trabajabilidad está representada por el grado de compacidad, cohesividad, plasticidad y la consistencia.

La manejabilidad se puede ver afectada por el contenido de agua de mezclado, contenido de aire, las propiedades de los agregados, relación pasta/agregados y las condiciones climáticas.

**Segregación:** Es la tendencia de la separación de las partículas gruesas de la fase mortero del concreto. Las principales causas de segregación que se presentan son: la diferencia de densidades entre sus componentes, el tamaño y la forma de las partículas y la distribución granulométrica.

La segregación se produce en dos formas: Las partículas gruesas tienden a separarse de las otras por acción de la gravedad, esto ocurre generalmente con mezclas secas y poco plásticas, la otra forma es la separación de la pasta (cemento y agua) lo que ocurre con mezclas muy fluidas.

**Exudación:** La exudación sucede cuando parte del agua de mezclado tiende a elevarse a la superficie de una mezcla de concreto recién colocado. Un poco de exudación es útil para el control de la fisuración por contracción plástica, pero si ésta es excesiva aumenta la relación agua- cemento en la superficie de la estructura, haciendo que esta zona sea más débil que el resto.

### **2.3.2. Concreto En Estado Endurecido**

Para el caso del concreto endurecido se consideraron solo dos aspectos o propiedades importantes. Las que tienen que ver con el proceso de curado de la mezcla y las que tienen que ver con la resistencia obtenida después de fraguado.



**Resistencia Mecánica:** La resistencia mecánica, como principal propiedad del concreto hidráulico, se dividen en tres tipos de resistencia: Resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, resistencia a la tracción.

**Resistencia a la Compresión ( $f'_c$ ):** la resistencia a la compresión 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 ( $\text{Kg}/\text{cm}^2$ ) a una edad de 28 días se le designe con el símbolo  $f'_c$ .

Con esta se mide o cuantifica la calidad del cemento y varía según las especificaciones de la obra, se equilibra en conjunto con la economía para el control de calidad del concreto, es decir, armonía seguridad – economía. Se mide a través de Cilindros Normalizados Diámetro = 6"; Altura = 12", Se llena el molde en tres capas y se compacta con una varilla lisa y de punta redondeada. Se espera 24 horas para desencofrarlas y posteriormente someterlas ha curado, referenciando cada una con fecha y elemento.

Según la resistencia a la compresión, el concreto se clasifica en:

Normal	14 – 42 MPa
Resistente	42 – 100 MPa
Ultra resistente	> 100 MPa

**Resistencia a la Tensión:** El valor de la resistencia a la tensión del concreto es aproximadamente de 8% a 12% de su resistencia a compresión y a menudo se estima como 1.33 a 1.99 veces la raíz cuadrada de la resistencia a compresión

**Resistencia a la Flexión:** Se realiza a través de viguetas normalizadas. El ensayo es igual al de la Compresión por medio de los cilindros. Las propiedades del concreto endurecido parten del concreto fresco y de la fabricación, colocación y curado.



### **2.3.3. Factores Que Inciden En La Resistencia**

La resistencia del concreto en estado endurecido, independientemente de la calidad y tipo de materiales que lo constituyen, para unas propiedades dadas de sus componentes en una mezcla trabajable y bien colocada se destacan las siguientes:

**Contenido de Cemento:** Es importante el contenido del cemento dentro de una mezcla, porque para determinado tipo de cemento, a medida que aumenta el contenido del cemento aumenta la resistencia del concreto.

**Relación Agua-Cemento y Contenido de Aire:** este factor es el más importante en la resistencia del concreto, es necesario establecer si el concreto va llevar aire incluido, porque a mayor cantidad de aire, la relación de agua – cemento es menor.

**Influencia de los Agregados:** las propiedades de los agregados que influyen en la resistencia del concreto son: La granulometría que al ser continua permite la máxima compacidad del concreto en estado fresco y por lo tanto la máxima densidad en estado endurecido con la consecuente máxima resistencia. La forma y textura de los agregados influyen, dependiendo de la forma y superficie que tengan la adherencia de la pasta con los mismos será mejor y por lo tanto aumentará la resistencia. La resistencia y la rigidez de los agregados inciden en la resistencia del concreto, dependiendo si es un agregado de baja densidad y poroso, o si es un agregado de baja porosidad y muy denso.

**Tamaño Máximo del Agregado Grueso:** incide en la resistencia del concreto ya que la cantidad de cemento requerida para producir una resistencia a la compresión máxima, a una edad dada, varía según el tamaño máximo del agregado grueso de la mezcla.

**Fraguado del Concreto:** es un factor importante en la resistencia del concreto, ya que es necesario determinar el tiempo del fraguado para saber si es necesario utilizar aditivos que controlen la velocidad del fraguado con el fin de regular los tiempos de mezclado y transporte.



**Edad del Concreto:** este factor externo está ligado a la relación que hay entre la relación agua cemento y la resistencia del concreto, ya que la misma se da únicamente con un tipo de cemento y a una sola edad.

**Curado del Concreto:** este factor aumenta o disminuye la resistencia del concreto de acuerdo a la intensidad del secamiento con que se efectúe el proceso de fraguado.

**Temperatura:** la temperatura de curado del concreto afecta su resistencia, porque si se aumenta la temperatura durante este proceso, acelerará las reacciones químicas de la hidratación y esto aumentará la resistencia temprana del concreto, sin efectos contrarios en la resistencia posterior.

#### **2.4. ESTUDIOS PREVIOS**

A lo largo del tiempo se han realizado diversas investigaciones para analizar y poder mejorar las características del concreto; utilizando como objeto de estudio el agua de mezclado debido a que este es un componente que incide en las propiedades del concreto, sobre todo en el desarrollo de su resistencia a compresión en función de la edad. A continuación se muestran algunos estudios realizados sobre la utilización y los efectos provocados por distintos tipos de agua.

- **PROPIEDADES EN ESTADO ENDURECIDO DE CONCRETO PREPARADO CON AGUA CONTAMINADA CON CLORUROS.**

*Investigación realizada entre Julio y diciembre de 2007 por Omar Guzmán González, Herwing Z. López Calvo, Víctor G. Jiménez Quero y Pedro Montes García.*

En esta investigación se analizan las propiedades del concreto ordinario y de alto desempeño en estado endurecido contaminado con cloruros, evaluando la resistencia a la compresión y módulo de elasticidad a los 28 días de edad.

Con los resultados observados se concluye, que aunque la adición de cloruros en las mezclas de concreto estudiadas no afecta directamente su resistencia a la compresión y el



módulo de elasticidad, lo hace indirectamente al ocasionar pérdida de trabajabilidad especialmente en el concreto de alto desempeño.

Lo anterior se puede presentar debido a una posible incompatibilidad de algunos componentes de la mezcla, por ejemplo: aditivo súper-plastificante y cloruros adicionados intencionalmente. Los resultados también indican que es más adecuado obtener el módulo de elasticidad del concreto de datos experimentales, ya que al utilizar expresiones teóricas se sobreestiman dichos parámetros.

- **EFFECTO DEL AGUA DE LODOS DE LAS PLANTAS DE HORMIGÓN PREMEZCLADO EN LAS PROPIEDADES Y DURABILIDAD DEL CONCRETO.**

*Investigación realizada por B. Chatveera, P. Lertwattanakul y N. Makul. El estudio fue recibido el 10 de marzo del 2005 y aceptado el 9 de diciembre del 2005.*

Este artículo tuvo como objeto investigar el efecto que produce el agua de lodos en las propiedades mecánicas y la durabilidad del concreto, incluyendo la contracción por secado y la pérdida de peso debido a los ataques sulfúricos y ácido clorhídrico. El estudio fue realizado en una planta de concreto premezclado en Tailandia. Las propiedades básicas de agua de lodo fueron analizadas y comparadas con las especificaciones de las normas ASTM.

En esta investigación se determinaron las propiedades del concreto fresco como: peso específico, aumento de la temperatura y consistencia; las propiedades mecánicas del hormigón como son: la resistencia a la compresión y el módulo de elasticidad y junto a esto los aspectos de durabilidad: la contracción por secado y la pérdida de peso como causa al ataque de ácidos. Para los anteriores análisis se utilizó como referencia el agua potable.

Al realizar los estudios correspondientes se determinó que los lodos tenían por características un alto contenido de sólidos y una alta alcalinidad en donde estos fueron superiores a lo establecido en la norma ASTM C94, contribuyendo a mezclas más porosas y débiles.



A través de esta investigación se puede observar que los resultados señalan que al generarse un aumento en la cantidad de agua de lodos en el agua de mezcla; la resistencia a la compresión y resistencia a la flexión y módulo de elasticidad del hormigón tienden a disminuir, de la misma forma que el fraguado disminuye perdiendo peso por el ataque de los ácidos. Cabe resaltar que el peso específico y la temperatura del concreto fresco no se vieron afectadas por la utilización de las aguas de lodos.

### **ÁMBITO NACIONAL:**

A nivel local y dentro de la Universidad de Cartagena, el grupo de investigación GEOMAT ha desarrollado estudios en diferentes zonas ribereñas al Río Magdalena, sobre la afectación provocada en la resistencia del concreto elaborado con agua de dicho río, todo esto enmarcado en la línea de investigación de materiales. Los estudios adelantados sobre esto son los siguientes:

- ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL AGUA DEL RÍO MAGDALENA COMO AGUA DE MEZCLADO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO DE 3000 Y 4000 PSI.

*Trabajo de grado realizado por José Félix Caballero y Jennifer Urda Martínez en el año 2010.*

En esta tesis se analiza la influencia que tiene el agua del Río Magdalena y sus afluentes en los municipios de Mompo, Talaigua Nuevo, Cicuco y Magangué, en las propiedades físico-mecánicas del concreto, más exactamente la resistencia, manejabilidad, y tiempo de fraguado de concreto de 3000 y 4000 psi.

Como objeto de la investigación se concluye, que el agua del Río Magdalena no sirve para la fabricación de elementos estructurales, ya que los resultados dieron por debajo de los límites permitidos y aceptados por la norma, se dan además una serie de recomendaciones que brindan un mejor uso del agua en el futuro para estos municipios como ejemplo; puede ser el aumento de la relación agua- cemento, la potabilización del agua de mezclado para





poder retirar las diferentes impurezas que en ella se presenten y la utilización de aditivos para aumentar la resistencia del concreto.

Al este ser un proyecto realizado por estudiantes de la Universidad de Cartagena, el desplazamiento a la zona de estudio y el transporte de los materiales se han convertido en los problemas más frecuentes para esta investigación, debido a que el lugar de estudio se encuentra retirado de la ciudad.

- ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA DISMINUCIÓN DE PARTÍCULAS EN SUSPENSIÓN DEL AGUA DEL RÍO MAGDALENA, SOBRE LA RESISTENCIA DE MEZCLAS DE CONCRETO DE 3000 Y 4000 PSI, EN EL MUNICIPIO DE MOMPOX.

*Trabajo de grado realizado por Carlos Andrés Carmona Sanjuán y Ana Elida Puerta Vergara en el año 2011.*

En este trabajo de grado se estudió la influencia de los sólidos suspendidos presentes en el agua del Río Magdalena utilizada como agua de mezclado en el municipio de MompoX, en la resistencia de concretos de 3000 y 4000 psi. Se realizaron ensayos de cilindros de concreto fabricados con agua del río, agua potable, cemento y agua del río adicionada con alumbre. Logrando con esto realizar una comparación económica del valor por metro cúbico de concreto fabricado con adiciones de alumbre y del mismo fabricado con adiciones de cemento.

Se concluye que tanto la primera alternativa de aumentar la cantidad de cemento a la mezcla preparada con agua del río y la segunda de adicionarle alumbre a la mezcla, son técnicamente viables, ya que se consiguió un aumento considerable en la resistencia del concreto. Aunque no se consiguió que la resistencia estuviese por encima del 95%, se recomienda que el porcentaje de cemento sea incrementado en un 25% para la primera alternativa y para la segunda se recomienda que en el proceso de la preparación de agua a utilizar en la mezcla, se aumente el tiempo de la sedimentación de los sólidos con el fin de que se minimicen las impurezas presentes en el agua.



Con la realización de esta investigación, se amplía el espectro que se tiene en cuanto a los estudios que se han adelantado en la Universidad de Cartagena en los municipios ribereños al Río Magdalena, en este proyecto se realizó un análisis acerca de la influencia del agua en la resistencia del concreto donde una de las muestras, específicamente la del Río Magdalena no cumple con los parámetros aceptables para la elaboración de mezclas de hormigón, además se analizaron los agregados de la zona de influencia, siendo este estudio la secuencia de una serie de investigaciones que se ha venido realizando a lo largo de la cuenca del río, la investigación sirve como complemento al compendio de estudios realizados y a los que se vienen desarrollando para la caracterización e influencia del agua del Río Magdalena en la resistencia del concreto, siendo una investigación con un enfoque académico se realizó la comparación de la resistencia entre una mezcla preparada con agua del acueducto municipal y otra con agua del Río Magdalena, para mostrar con ello qué tanto se podría ver afectada la resistencia del concreto si no se utiliza agua de calidad en las mezclas de hormigón.

**OTRAS:**

- **EVALUACIÓN Y COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA EN CONCRETOS PARA MEZCLAS DE 3000 Y 4000 PSI ELABORADAS CON AGUA DEL RÍO MAGDALENA Y DEL ACUEDUCTO MUNICIPAL DE ZAMBRANO.**

*Trabajo de grado realizado por Juan David Mendez Duran y Willian Felipe Ortiz Giraldo en el año 2012.*

Esta investigación consistió en realizar un estudio analítico sobre la resistencia del concreto como material para la construcción y a su vez determinar si al utilizar el agua del Río Magdalena y del acueducto del municipio de Zambrano-Bolívar como agua de mezclado en la fabricación de concreto, se compromete su resistencia haciendo inaceptable e inútil su utilización en la construcción. Para verificar y fundamentar así esta labor, se efectuaron una serie de ensayos como estudios físico-químicos del agua; entre ellos el PH, color, turbidez,



conductividad, sustancias disueltas, sulfatos e hidratos de carbono. Además, se realizaron ensayos de caracterización de los agregados como: el de granulometría, peso específico, peso unitario, todo esto tanto para agregados grueso como finos. Los resultados obtenidos a través de los ensayos de resistencia a la compresión, se analizaron para establecer así la viabilidad de estos para cada una de las alternativas planteadas.

Así pues, este proyecto se desarrolló mediante un análisis descriptivo, que en un principio demuestra los niveles de resistencia, plasticidad y solidez del concreto. Se pretendió valorar y establecer una relación comparativa entre las mezclas constituidas por aguas del río y aguas de un acueducto por medio de ensayos mecánicos de compresión, para determinar sus diferencias, características, consistencia, durabilidad y aplicación. De igual forma se buscó precisar sus niveles de soporte y firmeza, ante las condiciones climáticas, el deterioro en el lapso de tiempo para el que ha sido proyectado su servicio.

Gracias a los ensayos y a la comparación de los datos que se obtuvieron se concluyó, que esta agua del Río Magdalena no es apta para el uso de la fabricación de mezclas de concreto para elementos estructurales, debido a que se encuentran por debajo de los límites permitidos por la norma, sin embargo se pueden establecer unas recomendaciones para adquirir más resistencia y así poder ayudar a que mejoren las especificaciones de los concretos para el municipio de Zambrano.

En consecuencia a lo expuesto y solo en el caso en que sea inevitable la utilización del agua del Río Magdalena en la elaboración de mezclas de concreto, se aconseja tener en cuenta algunas recomendaciones, por ejemplo: si se utiliza china fracturada esta ofrecerá mejores resultados en la resistencia del concreto porque presenta mayor adherencia con la pasta de cemento que la adherencia que pueda ofrecer la china lisa. El uso de algún tipo de aditivo que aumente la resistencia del concreto brindará mayor confianza y arrojará resultados favorables al momento de evaluar la resistencia de este. También se recomienda disminuir la relación agua-cemento y las impurezas en el agua, estas son alternativas analizadas en anteriores trabajos de grado que mejoraron la firmeza de los concretos elaborados con agua



del río y es aquí donde el factor económico entraría a jugar un papel importante ya que para obtener mayor resistencia se incrementa los costos de elaboración del hormigón.

Se esperaba que en los concretos elaborados con el agua del acueducto se obtuviera al 100% la resistencia deseada, pero esto no se dio y se piensa que la posible causa de este inesperado resultado puede radicar en la elaboración de las mezclas, puesto que por diversos factores se cometieron errores. El diseño de mezcla fue contemplado con un asentamiento de 7.5 cm, pero el asentamiento real fue mucho mayor lo cual indica que no se tuvo suficiente cuidado con las medidas del agua en la mezcla, ocasionando un aumento de la relación agua- cemento, relación que al incrementarse va en contra de la resistencia del concreto.

- ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL AGUA DEL RÍO MAGDALENA SOBRE LA RESISTENCIA DE MEZCLAS DE CONCRETO DE 3000 PSI Y 4000 PSI EN EL MUNICIPIO DE CALAMAR.

*Trabajo de grado realizado por Luis Miguel Padilla Wong y Jonathan Vasquez Coneo en el año 2012.*

Este proyecto de investigación se realizó con el fin de determinar la influencia y los comportamientos que proporciona el agua del Río Magdalena en las propiedades físico-químicas del hormigón, permitiendo establecer si dicha agua es apta para la elaboración de mezclas de concreto de 3000 y 4000 psi. Este aporte se realiza a través de la evaluación de los efectos causados sobre las propiedades de manejabilidad y resistencia mecánica de mezclas de concreto hidráulico.

Para obtener lo anterior, se realizó un análisis químico al agua extraída del Río Magdalena en inmediaciones del municipio de Calamar Bolívar, para determinar qué sustancias o impurezas se encontraban presentes en el agua, con el fin de determinar los efectos finales en las propiedades de resistencia y manejo del concreto. Del mismo modo se llevó a cabo un análisis físico-químico a los agregados provenientes de canteras locales, procediendo después a realizar los diseños de mezclas y elaboración de cilindros de concreto a edades



de 7, 14, y 28 días; utilizando dos tipos de agua (agua patrón y agua de río), haciendo los diferentes ensayos establecidos para las propiedades descritas y comparando los resultados por medio de la norma NSR 10.

Los resultados mostraron que al momento de utilizar agua potable o patrón, las diferentes propiedades estaban cerca del 95% al 96% de las establecidas en las diferentes normas utilizadas, en cambio que al utilizar el agua proveniente del río las propiedades se encontraban entre un 64% al 67%, las cuales se encuentran por debajo de los límites tolerables en las normas. Lo anterior lleva a concluir que no es conveniente la utilización del agua del río para la fabricación de elementos estructurales porque provoca fallas estructurales tempranas y deterioro en las construcciones.

- ESTUDIO COMPARATIVO DE MANEJABILIDAD, DURABILIDAD, RESISTENCIA Y COSTOS DE MEZCLAS DE CONCRETO IN SITU, ADICIONADAS CON MICRO-SÍLICE.

*Trabajo de grado realizado por José Mauricio Quiñones Castillo y Hernán Alonso CausilBuelvasen el año 2012.*

Esta investigación tuvo como objetivo comparar los efectos causados sobre las propiedades de manejabilidad, durabilidad y resistencia de mezclas de concreto hidráulico de cemento portland tipo I, adicionadas con micro-sílice a través de ensayos normalizados con el fin de mejorar la calidad del concreto u hormigón producido en obras en las zonas rurales.

Para este estudio se utilizó canto rodado (no fracturado) y arena extraída artesanalmente del Río Magdalena en la zona de influencia del municipio de Calamar (Bolívar), efectuándose una caracterización físico-química de los materiales empleados en los diseños de mezclas, y la elaboración de diez tipos de mezclas con contenidos de micro-sílice de 1, 3, 6 y 9% , relación agua/cemento constante ( $A/C = 0,45$ ) y condiciones de manipulación alterada (dosificación, mezclado, colocación y transporte), para simular condiciones reales de obras en aquellos lugares, las cuales se confrontaron con tres mezclas de control o patrón. Los resultados mostraron que los complejos de silicatos de calcio, producto de la reacción entre



el dióxido de silicio (micro-sílice) y el hidróxido de calcio subproducto del proceso de hidratación del cemento, aumentan significativamente la resistencia mecánica (flexión, compresión...), y su durabilidad, debido a que generan mezclas con mayor grado de auto-compactibilidad.

Es importante señalar que bajo las consideraciones evaluadas se obtuvo un hormigón de alta resistencia ( $f'_{c28} = 6095$  psi). Para un contenido de micro-sílice de 9% (con relación al peso del cemento) se puede decir que, sí se reduce la relación agua/cemento y se mejora la calidad de los agregados, se obtendrían resistencias superiores a las registradas en esta investigación. Por otro lado, también se demostró que las dosificaciones preestablecidas 1:2:3 y 1:2:2 (con  $A/C = 0,45$ ) no dan las resistencias estimadas de 3000 y 4000 psi respectivamente con estos materiales, sugiriendo por consiguiente el empleo de micro-sílice en el rango (1 a 3%) para alcanzar estas resistencias, y si se requieren valores mayores se deben utilizar contenidos superiores a 3%. Debido al sustancial incremento de resistencia que causa esta adición en las mezclas de hormigón, se puede reducir las secciones de los elementos estructurales dando como resultado estructuras arquitectónicamente más atractivas.

Con la realización de este trabajo de investigación se aportara una información complementaria a los resultados obtenidos en investigaciones pasadas por la Universidad de Cartagena, donde han estudiado la influencia del agua del río Magdalena en la resistencia del concreto, siendo el agua captada en diferentes municipios ribereños a esta fuente hídrica. Esta investigación se diferencia de las anteriormente realizadas por la universidad, en que como ya se conoce como influye el agua del río Magdalena en la mezcla de concreto, en esta estudiamos el comportamiento y las reacciones que tienen los cementos más comerciales en Colombia (Argos, Cemex y Holcim) con esta agua y analizar cual tiene mejor comportamiento mecánico, esto con el fin de obtener cuales deben ser los elementos a utilizar a la hora de realizar una mezcla de concreto en el municipio de Calamar y sus alrededores.



### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. OBJETIVO GENERAL**

Comparar las resistencias a compresión obtenidas en el laboratorio de muestras de hormigón de 3000 y 4000 psi, fabricadas con las diferentes marcas de cemento comercializadas en la región (ARGOS, CEMEX Y HOLCIM) y utilizando el agua del Río Magdalena a la altura del municipio de Calamar (Bolívar), con el fin de determinar su comportamiento mecánico.

#### **3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Actualizar los datos obtenidos en otras tesis sobre las propiedades físico-químicas del agua del Río Magdalena.
- Caracterizar las propiedades físicas de los cementos Portland tipo I.
- Ampliar la caracterización de las propiedades físicas de los concretos con resistencias de 3000 y 4000 psi basados en la norma ICONTEC NTC-673.
- Elaborar un análisis comparativo de las resistencias obtenidas y plantear recomendaciones para ajustar el diseño de las mezclas
- Plantear recomendaciones de ajuste de los diseños de acuerdo a cada marca.



#### **4. METODOLOGÍA**

Este trabajo de grado está definido como una investigación de tipo mixta porque contiene una previa documentación del tema e incluye estudios experimentales que se realizaron para el desarrollo de está. Para llevar a cabo los principales estudios se realizaron diferentes ensayos de tipo físico-químico en las muestras de agua y de tipo mecánico en los cilindros de hormigón, estos ensayos se hicieron de acuerdo a las NORMAS TÉCNICAS COLOMBIANAS, con el fin de ver el efecto en la disminución de la resistencia del concreto preparado con diferentes marcas de cemento y agua del Rio Magdalena.

El estudio se realizó en el Municipio de Calamar, localizado al noreste del Departamento de Bolívar, el cual hace parte de la subregión geográfica denominada Canal del Dique. Ya que se hicieron toma de muestras, mediciones y diferentes tipos de ensayos el diseño utilizado es de tipo experimental.

**Ilustración 4. Vista del municipio de Calamar- Bolívar.**



**Fuente: Google Earth.**

Los ensayos requeridos a lo largo de la investigación se efectuaron en los laboratorios de la Universidad de Cartagena, las muestras de agua fueron analizadas en los laboratorios de la





facultad de Ciencias Farmacéuticas en la sede de Zaragocilla, los demás materiales fueron ensayados en el laboratorio de suelos del programa de Ingeniería Civil en la sede de Piedra de Bolívar.

#### **4.1. RECOLECCION DE LOS MATERIALES**

Los materiales se recolectaron en visitas realizadas al municipio de Calamar, las muestras de agua que se utilizaron para la elaboración de las mezclas y los ensayos de laboratorio se tomaron del Río Magdalena el cual pasa a un costado del pueblo. Los agregados fueron traídos también de la zona de estudio, siendo el agregado grueso (canto rodado comúnmente conocido en la región como “China”) procedente de canteras cercanas al municipio y el agregado fino (arena) proveniente del gradado que se realiza a lo largo del Río Magdalena. Se utilizó cemento tipo I, variando la marca de este (ARGOS, HOLCIM Y CEMEX) para la elaboración de la mezcla con que se realizaron los cilindros de concreto y los ensayos de laboratorio.

El recolectar las muestras fue un proceso sencillo que consistió, en seleccionar un lugar de fácil acceso en la zona de estudio, para luego proseguir a la recolección con la ayuda de herramientas comunes y recipientes aptos para el almacenamiento de las muestras. Después del proceso de obtención de las muestras, fueron transportadas al laboratorio de Suelo de la Universidad de Cartagena, para continuar con los ensayos correspondientes.

**Ilustración 5.Recolección y almacenamiento de las muestras.**



**Fuente: Abad, Tous 2013.**



## **4.2. RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN SECUNDARIA**

En esta parte se hizo una selección de toda la información relacionada con el tema de investigación, apoyándonos en los antecedentes, principalmente en los estudios que ha venido desarrollando el grupo GEOMAT de la Universidad de Cartagena en algunas zonas ribereñas al Río Magdalena, además de otras fuentes bibliográficas.

## **4.3. ENSAYOS DE LABORATORIO AL CEMENTO**

Estos ensayos de laboratorio se realizaron con la ayuda de las Norma Técnica Colombiana del Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC).

### **Ilustración 6. Cementos utilizados.**



**Fuente: Abad, Tous 2013.**

### **4.3.1. Peso Específico**

**MATERIAL UTILIZADO:**

Frasco de Le Chatelier

Kerosene libre de agua



Vasija con agua

Termómetro

Muestra de cemento 64 g(ARGOS, HOLCIM, CEMEX)

Balanza de sensibilidad

**PROCEDIMIENTO:**

Se llenó el frasco con Kerosene hasta un punto entre 0 y 1 ml asegurando de que quedara seco en el interior por encima de este nivel, esta lectura sería ( $L_0$ ) ósea nuestra lectura Inicial. Se agregó luego 64 gr de Cemento Portland tipo I en pequeñas cantidades, teniendo cuidado de no derramar el líquido ni untar las paredes por encima del nivel. Colocamos el tapón del frasco y lo giramos haciendo círculos concéntricos hasta que ya no salgan burbujas, colocamos el frasco en baño de María y luego tomamos la lectura final ( $L_f$ ).

**4.3.2. Consistencia Normal**

**MATERIAL UTILIZADO:**

500g de cemento (ARGOS, HOLCIM, CEMEX)

Agua

Guantes

Aparato Vicat con su cono truncado y base de vidrio

Balanza

**PROCEDIMIENTO:**

Se tomó 500 gr de cemento fresco y seco, se le añadió una cantidad de agua conocida, con las manos se amasó la mezcla hasta que se obtuvo la pasta, después la pasta fue colocada en un molde troncocónico y este a su vez se colocó en el aparato de Vicat, seguido la aguja se puso en contacto con la superficie superior de la pasta y se soltó.

Por la acción de su propio peso la aguja penetró la pasta, después de 30 segundos se tomó la lectura de la penetración, buscando una lectura de  $10mm \pm 1mm$  según la norma, el procedimiento se repitió 3 veces.



### **4.3.3. Tiempo de Fraguado**

#### **MATERIAL UTILIZADO:**

Cemento Pórtland tipo I (ARGOS, HOLCIM, CEMEX)

Aparato de Vicat

Base de vidrio

Balanza

Probetas graduadas de vidrio

Guantes

Cámara húmeda

#### **PROCEDIMIENTO:**

Sobre una superficie no absorbente, se colocaron 500 gr de cemento en forma de cono, haciendo un orificio en su interior sobre el cual se hecho la cantidad de agua necesaria para obtener la consistencia normal y mediante un palustre llenamos el orificio con el cemento seco que lo rodea empleando en esta operación 30 segundos.

Después de esto la pasta se mezcló con las manos durante 90 segundos, luego se le dio darle a la pasta una forma esférica y pasándola 6 veces de mano a mano. Al finalizar se llenó el molde por la parte inferior colocando sobre esta base la placa de vidrio, volteando todo el conjunto de tal manera que se niveló con el palustre la pasta en la base menor. El conjunto constituido por la placa, la pasta y el molde se llevó al aparato de Vicat, centrándolo bajo la aguja de 1 mm, la cual se hizo descender hasta que toca la superficie de la pasta y se fija en esta posición, luego se llevó la escala al cero superior y finalmente esta se dejó caer durante 30 segundos.

La muestra usada para determinar el tiempo de fraguado se mantiene en la cámara húmeda durante 30 minutos después del moldeo sin que sufra ninguna deformación. Luego se determina la penetración de la aguja en ese instante y repitiendo cada 15 minutos el proceso anterior hasta que se obtenga una penetración de 25 o menos.



#### **4.3.4. Finura**

MATERIAL UTILIZADO:

Tamiz #200

Muestra de cemento: 50 g (ARGOS, HOLCIM, CEMEX)

Balanza de sensibilidad 0.01 g

Brocha

PROCEDIMIENTO:

Se tomó una muestra inicial de 50g luego se hizo el tamizado de aproximadamente unos 7 minutos con el tamiz #200(0.074mm), ya que no todas las partículas pasan con solo agitar el tamiz se utilizó una pequeña brocha para quitar en lo más posible las fracciones que quedaban adheridas. Para revisar que el proceso ya había finalizado se colocó una hoja en blanco debajo del tamiz, cuando se observó que no caía material sobre esta, indicaba que ya el material fino había pasado a través del tamiz y que solo quedaba el material grueso.

#### **4.4. ENSAYOS DE LABORATORIO A LOS AGREGADOS**

Estos ensayos de laboratorio se realizaron con el apoyo de las de la NTC, estipulando así las propiedades físicas del agregado fino como del agregado grueso, luego de esto se utilizaron estos agregados para la elaboración de la muestra.

**Ilustración 7. Agregados fino y grueso utilizados.**



**Fuente: Abad, Tous 2013.**



#### **4.4.1. Granulometría**

**MATERIALES:**

Balanza

Tamices serie gruesa: 1 1/2" – 1" – 3/4" – 1/2" – 3/8" - N°4

Tamices serie fina: N°4 - N°8 - N°16 - N°30 - N°50 - N°100 - N° 200

Recipientes

Agua limpia

Muestra de agregado grueso

Muestra de agregado fino

Pala

Palustre

Estufa eléctrica u horno eléctrico

**PROCEDIMIENTO:**

Se tomó una muestra de 3500 gr para el agregado grueso y 1200 gr para el agregado fino se trituraron las muestras, inicialmente se tomó el peso seco de la muestra, posteriormente se sometió al proceso de tamizado por medio de una serie de tamices elegidos y haciendo movimientos de zigzag para que el agregado grueso o fino se acomode en sus respectivos tamices y finalmente se midieron las masas en cada tamiz.

#### **4.4.2. Peso Unitario**

**MATERIALES:**

Balanza de sensibilidad 1g y 0.1 g

Recipiente cilíndrico de 1/2 pie<sup>3</sup> = 0.014 m<sup>3</sup> para agregado grueso

Recipiente cilíndrico de 1/10 pie<sup>3</sup> = 0.0028 m<sup>3</sup> para agregado fino

Palustre

Pala

Varilla



**PROCEDIMIENTO:**

Peso Unitario del Agregado Compactado:

Se colocó el agregado en el recipiente en tres capas de aproximadamente igual volumen, hasta llenarlo totalmente, cada una de las capas se emparejan con la mano y se compacto con 25 golpes por medio de una varilla, estos distribuidos uniformemente en cada capa. Ya lleno el recipiente se eliminan los excesos en la superficie con la varilla usándola como regla y determino la masa del recipiente lleno, en kg.

Peso unitario del agregado suelto:

Se llenó el recipiente con una pala de modo que el agregado era descargado de una altura no mayor de 5 cm por encima del borde hasta llenarlo, esto se hizo teniendo cuidado de que no se agregaran las partículas de las cuales se componía la muestra. Una vez lleno el recipiente se eliminó los excesos de su superficie con la varilla y se determina la masa en kg del recipiente lleno.

**4.4.3. PesoEspecífico**

**MATERIALES:**

Canasta de alambre

Recipiente para la inmersión de la canasta

Balanza de sensibilidad 0.01 gr

Estufa eléctrica

Vasijas

Panola seca

Agua

Picnómetro

Corriente de aire seco (ventilador)

Molde cónico

Probeta



**PROCEDIMIENTO:**

**AGREGADO GRUESO:** Primero se trituro la muestra de agregado grueso, luego se lavó el agregado para eliminar el polvo o material adherido a sus superficies y por último se sumergió en agua un tiempo de 24 horas.

Luego se secaron los fragmentos de agregado para eliminar el agua visible en la superficie, y así se determinó el peso saturado y el seco superficialmente y por último se tamizo por la maya #4. Luego se tomó la muestra, y con una balanza electrónica se pesó colocándola en una canasta de alambre y sumergida en el agua, con esto se halló el volumen de agua desplazada y por último se secó la muestra en la estufa y se determinó su peso seco en el aire.

**AGREGADO FINO:** Se sumergió totalmente la muestra de agregado grueso en un recipiente de agua durante 2 horas, se extendió la muestra sobre una superficie no absorbente y se expuso a una corriente suave de aire caliente y se agito con frecuencia para conseguir un secado uniforme. La operación se dio por terminada hasta que se observó que las partículas de agregado fino estuvieran sueltas, y además se tomó el peso superficialmente seco de la muestra de agregado fino. Luego se tomó 500 gramos de la muestra y se introdujo en el picnómetro y se llenó el mismo hasta sus 2/3 partes con agua, para así poder eliminar las burbujas del aire. Por último se tomó el peso del picnómetro más el agua y el material, se secó la muestra en la estufa y se determinó el peso seco en el aire.





#### **4.5. ENSAYOS DE LABORATORIO AL AGUA**

Estos ensayos se realizaron en los laboratorios de la Universidad de Cartagena, haciendo uso de los equipos, personal calificado e instalaciones con los que cuenta la universidad.

##### **Ilustración 8. Agua utilizada.**



**Fuente: Abad, Tous 2013.**

##### **4.5.1. Sulfatos**

**EQUIPOS, REACTIVOS Y MATERIALES:**

Turbi-dímetro TURBIQUANT de Merck

Cloruro de Bario en polvo ( $BaCl_2$ )

Ácido Clorhídrico (HCl)

Vaso de precipitados de 100 ml, embudo y papel de filtro

Probeta con tapa esmerilada de 100 ml de capacidad

Muestras de agua con diferentes concentraciones de alumbre (P. Jarra)

Muestra de agua cruda (Rio Magdalena)

**PROCEDIMIENTO:**

Se tomaron 50 ml de muestra filtrada en la probeta de 100 ml, se le adicionaron 10 ml de ácido clorhídrico para acidificar, luego se agregaron unos mg de Cloruro de Bario, después



se agito y se dejó en reposo hasta estabilizar y por último se leyó en el turbi-dímetro los sulfatos presentes.

#### **4.5.2. Ph**

##### **MATERIALES:**

PeachimetroShott o Metrohm

Muestra de agua (Rio Magdalena)

##### **PROCEDIMIENTO:**

Para le pH se hizo necesario estandarizar el equipo con una sustancia llamada Buffer que se puede adquirir con diferentes pH, se calibro el equipo con dos de ellas cuidando de limpiar con agua destilada y secar el electrodo, para evitar errores en las lecturas. Una vez estuvo listo se colocó la muestra en un vaso y se procedió a su determinación introduciendo el electrodo. Al final se leyó la escala determinando el pH.

#### **4.5.3. Turbidez**

##### **MATERIALES Y EQUIPOS:**

Turbi-dímetroTURBIQUANT

Muestra de agua (Rio Magdalena)

##### **PROCEDIMIENTO:**

Para la turbidez, se llenó la celda del equipo TURBIQUANT con la muestra después de haberla mezclado bien, se colocó en el equipo que funciona bajo el efecto Tyndall, se puso en funcionamiento el equipo hasta que la lectura era estable. Cuando la lectura comenzó a bajar se empezó a sedimentar el sólido en la muestra y se tomó la lectura más alta registrando la cantidad en unidades nefelo-métricas de turbidez.

#### **4.5.4. Cloruros**

##### **REACTIVOS Y MATERIALES:**

Titulante: Nitrato Mercúrico 0,0141N



Indicador: Solución de DifenilCarbazona

Solución de Ácido Nítrico 1:1000 (Para mantener un pH ácido en las muestras)

Bureta de 25 ml y vaso de precipitados de 100 ml

Erlenmeyer de 250 ml

Soporte y llave para bureta

Pipeta aforada de 25 ml

Pipeta graduada de 10 ml

Muestra de agua cruda (Rio Magdalena)

**PROCEDIMIENTO:**

Se tomaron 25 ml de muestra en un Erlenmeyer, luego se agregaron 5 gotas de DifenilCarbazona a la muestra (tomando color violeta). Se adicionó Ácido Nítrico 1:1000 hasta que tomara color amarillo y se tituló con Nitrato Mercúrico 0,0141N hasta un punto final cogiendo un color violeta. Se anotó los ml de Nitrato Mercúrico gastados en la titulación y por último se calcularon los CLORUROS con la siguiente fórmula:

$$\text{Mg/L (Cl)} = \frac{\text{ml Hg (NO}_3)_2 \times \text{N Hg (NO}_3)_2 \text{ eq/L} \times 35,45 \text{ g/eq} \times 1000 \text{ mg/g}}{\text{ml MUESTRA}}$$

#### **4.5.5. Solidos Suspendidos**

**MATERIALES:**

Horno con temperatura de 103 y 105 °C

Desecador

Balanza analítica

Unidad de filtración al vacío

Crisole gooch de 25 ml o 50 ml

Muestra de agua (Rio Magdalena)



**PROCEDIMIENTO:**

Con la muestra de agua se procedió a insertar los filtros en el aparato de filtración con el lado rugoso hacia arriba, aplicando vacío y lavando el filtro con tres porciones sucesivas de 20 ml de agua destilada, se continuó la succión hasta remover todas las trazas y descartar el filtrado. Luego se removió el filtro y se transfirió a un disco para tomar su peso con el cuidado necesario para prevenir que el filtro seco se adhiera al disco, el material que se adhiera al disco se agregó al filtro para evitar errores.

**4.5.6. Alcalinidad**

**MATERIALES Y REACTIVOS:**

Erlenmeyer de 125 ml

Pipetas graduadas de 25 y 50 ml

Bureta

Pinzas para bureta

Soporte universal

Potenciómetro

Ácido Sulfúrico ( $H_2SO_4$ )

Muestra de agua (Rio Magdalena)

**PROCEDIMIENTO:**

Se tomaron 50 ml de la muestra con una pipeta graduada teniendo cuidado de no agitar la muestra, transfiriendo este volumen a un Erlenmeyer, se empezó la titulación adicionando el ácido sulfúrico a intervalos de 0.5 ml, asegurándonos de mezclar muy bien entre cada aplicación del ácido y midiendo el pH, se continuo la titulación con el ácido hasta alcanzar un pH de 8,3 y registrando el volumen consumido de ácido (F), se continuo la titulación hasta alcanzar un pH de 3,7 y se registró el volumen (M). Por último se calculó las diferentes formas de alcalinidad contenidas en la muestra en mg/L de carbonato de calcio ( $CaCO_3$ ).

Alcalinidad mg/L  $CaCO_3 = (Vb \times N \times 50000) / (Vm)$



Dónde:

$V_a$  = Volumen del ácido gastado en ml

$N$  = Normalidad del ácido sulfúrico en eq/L

$V_m$  = Volumen de la muestra

50000 = Factor de conversión cuya unidad es mg  $\text{CaCO}_3$ /eq

#### **4.6. DISEÑO DE MEZCLA**

Se realizaron dos diseños de mezcla uno para concreto de 3000 PSI y otra para 4000 PSI, teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

Resistencia de Diseño

Peso específico cemento Portland Tipo I

Asentamiento de Diseño

Relación Agua Cemento

Contenido de Aire Atrapado

Cantidad de Agua por  $\text{m}^3$  de Concreto

#### **4.7. ENSAYO DE MANEJABILIDAD (ASENTAMIENTO NTC 396- ASTM C125)**

MATERIALES:

Balanza

Moldes (cono de Abrams)

Varilla Compacta

Agregado fino

Agregado grueso

Cemento (ARGOS, HOLCIM. CEMEX)

Agua

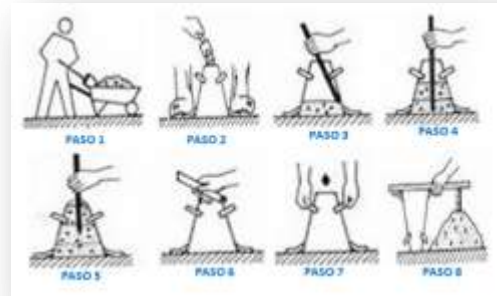


**PROCEDIMIENTO:**

Se colocó el cono sobre un área que era mayor a la base de este, se humedeció el interior del cono, se hecho el concreto y se mantuvo fijamente la posición mediante las aletas inferiores. Se llenó el cono hasta 1/3 de su capacidad y compactó con la varilla dando 25 golpes repartidos uniformemente por toda la superficie y se repitió este procedimiento en el segundo tercio y en el tercio final. Luego se retiró el exceso con el palustre de forma que el cono quede perfectamente lleno y enrasado.

Luego se sacó el molde levantándolo con cuidado en dirección vertical lo más rápidamente posible, sin mover el concreto por ninguna razón. Inmediatamente se midió el asentamiento, determinando la diferencia entre la altura del molde y la altura medida sobre el centro original de la base superior de la muestra.

**Ilustración 9. Asentamiento a la mezcla y procedimiento del ensayo.**



**Fuente: Abad, Tous 2013 y Guía de laboratorios de hormigón.**



#### **4.8.ELABORACIÓN DE LOS CILINDROS**

Los cilindros de concreto fueron realizados de acuerdo a la NTC 550 en donde se indica el procedimiento a seguir para la elaboración de los cilindros que posteriormente fueron utilizados para los ensayos de compresión.

##### **EQUIPOS Y MATERIALES:**

Balanza

Moldes

Varilla Compacta

Recipiente de mezclado

Agregado fino

Agregado grueso

Cemento (ARGOS, HOLCIM, CEMEX)

Agua (Rio Magdalena)

##### **PROCEDIMIENTO:**

Luego de fabricar la mezcla se llenaron los moldes en tres capas, durante el vaciado la mezcla se colocó de tal manera que se garantizara la correcta distribución de está y se redujera al mínimo la separación del material dentro del molde. Los moldes se compactaron mediante apisonado y estos se llenaron en tres capas apisonando cada capa con la varilla dando 25 golpes.

Todos los moldes se llenaron igualmente, es decir, llenado del molde, compactación de la primera capa, después la segunda y por último la tercera capa con la cual se llena el molde en su totalidad. Después de la compactación se procedió a retirar el concreto sobrante alisándose su superficie y manipulándose lo menos posible para dejar la cara lisa de tal forma que tuviera un buen acabado, los moldes se dejaron quietos, sin tocarlos hasta que estos estuvieran endurecidos lo suficiente para resistir el manejo, después de 24 horas de



su elaboración se quitaron los moldes y se colocaron en ambiente de saturación (sumergidas en agua).

**Ilustración 10. Elaboración y curado de los cilindros.**



**Fuente: Abad, Tous 2013.**

**4.9. ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO (ASTM C 31-ASTM C 39)**

Los ensayos de compresión a los cilindros de concreto de 3000 y 4000 psi se realizaron a las edades de 7, 14 y 28 días por medio de una máquina de compresión en las instalaciones del laboratorio del Ing. Modesto Barrios, apoyándonos en la NTC 673.

**EQUIPO Y MATERIALES:**

Máquina de ensayos

Especímenes cilíndricos de concreto

**PROCEDIMIENTO:**

Se empezó el ensayo tan pronto como el cilindro de concreto ha sido sacado de la cámara o pozo de curado conservando sus condiciones de humedad, se limpiaron las superficies de los soportes (bandas de neopreno) de la máquina, tanto el inferior como el superior





asegurando de que no haya ningún tipo de sucio que impida el pleno contacto entre las bandas y el cilindro. Se colocó el espécimen en la maquina alineándolo y verificando que esté estuviera centrado, se verifico que el indicador de carga estuviera en cero, seguido de esto se puso la maquina en movimiento de una manera lenta hasta que el bloque tenga contacto con el plato de compresión de la prensa, aplicando una carga de manera continua (sin choque) manteniendo una velocidad constante durante el ensayo, la carga sobre el bloque se aplicó hasta que este falló por completo, luego se registró la máxima carga soportada por el cilindro. Por último la resistencia a la compresión del espécimen se calculó dividiendo la máxima carga alcanzada durante el ensayo entre el área de la sección transversal del espécimen.

**Ilustración 11. Ensayo de compresión a los cilindros.**



**Fuente: Abad, Tous 2013.**



## 5. RESULTADOS

### 5.1. RESULTADOS SOBRE EL CEMENTO

#### 5.1.1. Finura

La siguiente formula es la utilizada para la obtención de la finura del cemento:

$$F = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100$$

En dónde; F: finura

$W_1$ : Peso inicial del cemento (50 gr)

$W_2$ : Peso del residuo

A continuación, las tablas 7, 8 y 9 se muestran los resultados arrojados en los ensayos de finura realizados a cada uno de los 3 cementos ensayados.

**Tabla 7. Finura del cemento (ARGOS).**

Ensayo	W1 (gr)	W2 (gr)	F (%)
1	50	0,4	99,2
2	50	0,55	98,9
3	50	0,44	99,12
<b>Promedio</b>			<b>99,07</b>

**Fuente: Autores.**

**Tabla 8. Finura del cemento (CEMEX).**

Ensayo	W1 (gr)	W2 (gr)	F (%)
1	50	0,43	99,14
2	50	0,5	99
3	50	0,52	98,96
<b>Promedio</b>			<b>99,03</b>

**Fuente: Autores.**



**Tabla 9. Finura del cemento (HOLCIM).**

Ensayo	W1 (gr)	W2 (gr)	F (%)
1	50	0,6	98,8
2	50	0,49	99,02
3	50	0,58	98,84
<b>Promedio</b>			<b>98,88</b>

**Fuente: Autores.**

La finura es uno de los principales índices de la calidad del cemento. Al entrar en contacto con el agua, los granos de cemento son hidratados solo en una profundidad de 0,01 mm, por lo que si dichos granos fuesen muy gruesos, su rendimiento sería muy bajo al quedar en su interior un núcleo prácticamente inerte. Si el cemento posee una finura muy alta su retracción y calor de hidratación también lo serán.

Al realizar los ensayos de finura a las 3 muestras de cada cemento y comparándolas con los valores admisibles para la preparación de concreto que se encuentra en el rango de 85% a 95%, se concluye que las muestras se encuentran en buenas condiciones y son aptas para la elaboración de mezclas de concreto.

### **5.1.2. PesoEspecífico**

El peso específico del cemento no es una medida de la calidad, pero a partir de él se pueden deducir otras características cuando se analiza en conjunto con otras propiedades. Para el cálculo del peso específico de cada cemento se medirá la diferencia entre las lecturas final ( $V_f$ ) e inicial ( $V_o$ ) del líquido introducido al matraz de le chatelier(kerosene). Esta diferencia representa el volumen del líquido desplazado por la masa del cemento usado en el laboratorio, lo cual se relaciona mediante la siguiente expresión:

$$P_e = \frac{m}{V_f - V_o}$$



**Tabla 10. Peso específico del cemento dependiendo de su marca.**

Muestra	Lectura Inicial ( $V_o$ ) (ml)	Lectura Final ( $V_f$ ) (ml)	Peso Específico ( $g/cm^3$ )
ARGOS	0.6	21,2	3.11
CEMEX	0.4	21.4	3,06
HOLCIM	0.8	21.8	3.04

**Fuente: Autores.**

Los ensayos realizados a las muestras de cemento para hallar el peso específico de cada marca de cemento arrojaron valores entre 2,9 y 3,15  $gr/cm^3$  esto indica que los resultados obtenidos cumplen con la norma NTC 221.

### 5.1.3. Consistencia Normal

Los resultados obtenidos en la muestra de cemento para este ensayo se presentan a continuación en las tablas 11, 12 y 13.

**Tabla 11. Consistencia normal del cemento (ARGOS).**

Ensayo	% de Agua	Volumen de Agua (ml)	Lectura de Consistencia (mm)
1	24	120	6
2	26	130	9
3	28	140	11

**Fuente: Autores.**

**Tabla 12. Consistencia normal del cemento (CEMEX).**

Ensayo	% de Agua	Volumen de Agua (ml)	Lectura de Consistencia (mm)
1	24	120	6
2	26	130	8
3	28	140	13

**Fuente: Autores.**



**Tabla 13. Consistencia normal del cemento (HOLCIM).**

Ensayo	% de Agua	Volumen de Agua (ml)	Lectura de Consistencia (mm)
1	24	120	4
2	27	135	7
3	28	145	15

**Fuente: Autores.**

En los ensayos de consistencia normal del cemento, la aguja del aparato de vicat debe penetrar  $\pm 10$ mm, cuando esto sucede se considera que el cemento tiene consistencia normal. En los ensayos realizados a los cementos ARGOS, CEMEX, HOLCIM, obtuvimos que la relación agua-cemento adecuada para encontrar una buena consistencia, deba estar entre 27 y 28% de agua. Con esto garantizaremos así, que tenga una buena plasticidad y fluidez.

#### 5.1.4. Tiempo de Fraguado

Los resultados del tiempo de fraguado en la pasta de cemento se muestran en la tabla 14.

**Tabla 14. Tiempo de fraguado del cemento.**

Tiempo de Fraguado (min)	Penetración (mm)		
	ARGOS	CEMEX	HOLCIM
15	40	42	41
30	39	40	40
45	38	38	39
60	37	36	39
75	37	36	38
90	36	36	37
105	35	33	34
120	31	29	31
135	26	26	29
150	24	25	23

**Fuente: Autores.**



**5.2. RESULTADOS DE LAS PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS DEL AGUA**

Durante los ensayos a las muestras de agua, se obtuvieron resultados que serán mostrados en la tabla 15, estos ensayos se realizaron al agua sustraída del Rio Magdalena, a la altura del municipio de Calamar. En esta tabla se muestran cada uno de los parámetros analizados, para obtener una buena perspectiva de las características del agua del Rio Magdalena se comparara estos resultados con los ya obtenidos en investigaciones anteriormente realizadas..

**Tabla 15. Propiedades fisico-quimicas de las muestras de agua.**

<b>Parámetros</b>	<b>Muestra de Agua</b>	<b>Norma según Resolución 2115 de 2007 para Agua Potable</b>
<b>pH, unidades</b>	7,9	6,5 a 9
<b>Turbidez, UNT</b>	20,65	2
<b>Alcalinidad total, mg/L como CaCO3</b>	160	200
<b>Cloruros, mg/L</b>	10	250
<b>Sólidos suspendidos, mg/L</b>	89	No tiene
<b>Sulfatos, mg/L</b>	12,98	250

**Fuente: Autores.**

**5.2.1. Comparación Con Los Estudios Previos**

A continuación se comparan los resultados obtenidos de la muestra de agua del Rio Magdalena en el municipio de Calamar con muestras de agua del mismo Rio analizadas en anteriores trabajos de grado en diferentes municipios.



**Tabla 16. Comparación de resultados del agua del Rio Magdalena con anteriores trabajos de grado.**

Parámetros	Calamar (2013)*	Calamar (2012)	Zambrano (2012)	Mompos (2011)	Mompos (2010)	Talaigua (2010)	Cicuco (2010)	Magangué (2010)
pH, unidades	7,9	6,78	7,70	7,29	6,60	6,65	6,56	6,48
Turbidez, UNT	20,65	----	14,46	12,56	----	----	----	----
Alcalinidad total, mg/L como CaCO <sub>3</sub>	160	----	144,00	----	----	----	----	----
Cloruros, mg/L	10	10	10,00	----	37,94	39,41	39,37	40,06
Sólidos suspendidos, mg/L	89	73	65,0	----	79,00	81,35	81,40	82,50
Sulfatos, mg/L	12,98	7,74	13,21	----	21,33	11,17	11,28	22,33

**Fuente: Autores.**

### 5.3. RESULTADOS SOBRE LOS AGREGADOS

#### 5.3.1. Granulometría

La clasificación y caracterización granulométrica de los agregados gruesos y finos se presentara a continuación en las tablas 17 y 18. Las gráficas 1 y 2 muestran la distribución porcentual de los agregados según el diámetro del tamiz.

Para el agregado grueso se obtuvieron los siguientes datos:

P1 (g): 3500

P2 (g)=3482.72



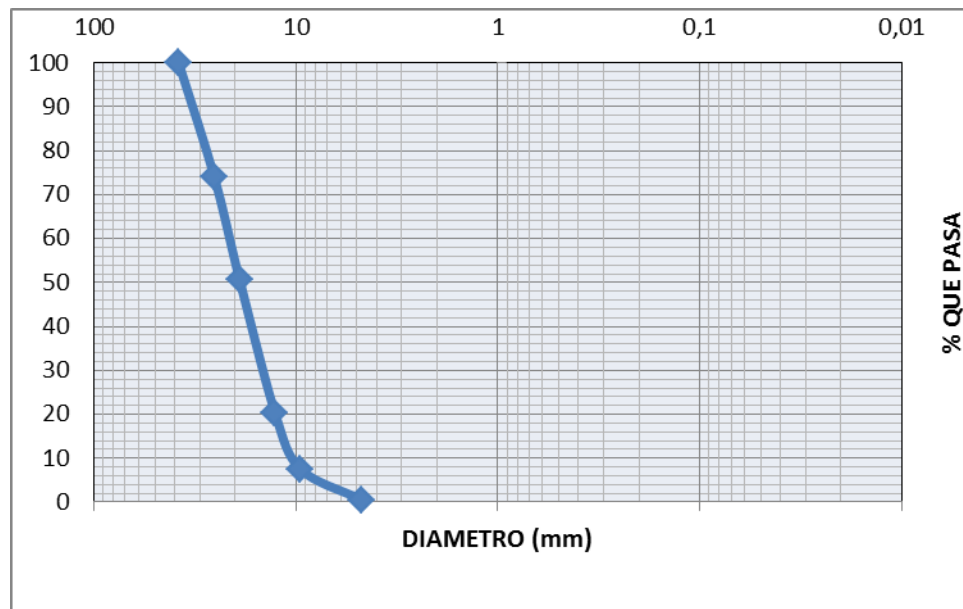
**Tabla 17. Análisis granulométrico del agregado grueso.**

Tamiz	W (g) Retenido	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa	Norma
1 1/2"	0	0	0	100	95-100
1"	906,32	25,89	25,89	74,11	35-70
3/4"	815,05	23,29	49,18	50,82	20-50
1/2"	1068,9	30,54	79,72	20,28	10-30
3/8"	444,35	12,70	92,42	7,58	5-20
# 4	248,1	7,09	99,51	0,49	0-5

Fuente: Autores.

En la gráfica 1 se muestra la distribución del agregado en la curva granulométrica.

**Gráfica 1. Curva granulométrica del agregado grueso.**



En el agregado fino se obtuvieron los siguientes datos:

P1 (g): 1200

P2 (g)=1192,53



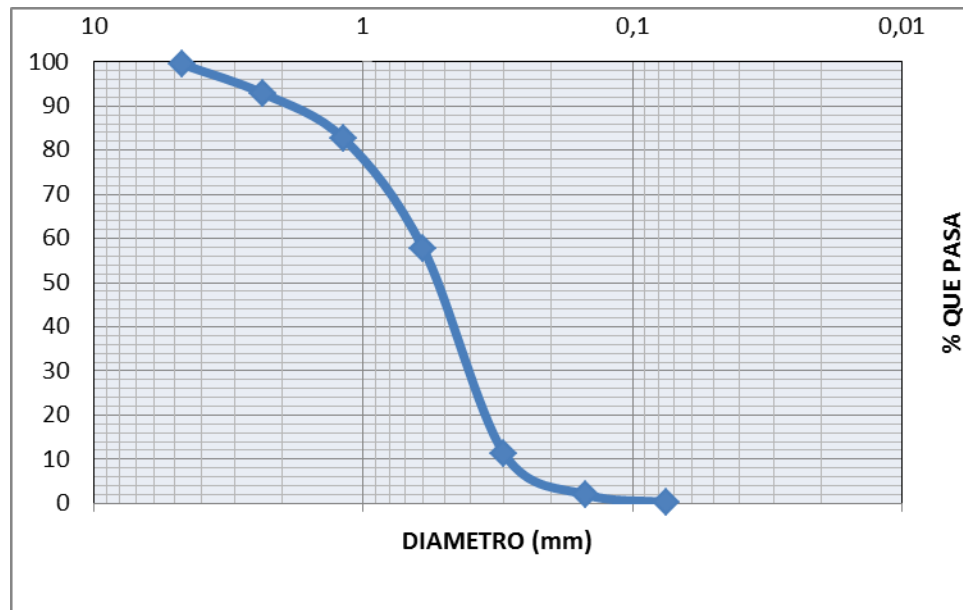


**Tabla 18. Análisis granulométrico del agregado fino.**

Tamiz	W (g) Retenido	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa	Norma
# 4	7,73	0,64	0,64	99,46	95-100
# 8	110,35	9,20	9,84	92,88	80-100
# 16	95,3	7,94	17,78	82,56	50-85
# 30	314,85	26,24	44,02	57,77	25-60
# 50	503,8	41,98	86,00	11,28	10-30
# 100	132,5	11,04	97,04	2,03	2-10
# 200	28	2,33	99,38	0,26	1,5

Fuente: Autores.

**Grafica 2. Curva granulométrica agregado fino.**



### 5.3.2. Peso Unitario

Este procedimiento se siguió tanto para los agregados finos como para los gruesos. Los datos obtenidos se tabularon en las siguientes tablas con los respectivos resultados hallados mediante la fórmula siguiente:

**EFFECTO EN LA DISMINUCIÓN DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO PREPARADO CON DIFERENTES MARCAS DE CEMENTO Y AGUA DEL RÍO MAGDALENA – CASO: MUNICIPIO DE CALAMAR (BOLÍVAR)**



$$\text{Peso Unitario} = \frac{\text{Peso del Agregado}}{\text{Peso del Recipiente}}$$

Para el cálculo del peso unitario se debió realizar tanto a las muestras sueltas como compactada, ya que los resultados dependen en gran medida del tamaño, la granulometría, la forma y la textura del agregado. A continuación se muestran los resultados de peso unitario de los agregados (fino y grueso).

**Tabla 19. Pesos unitarios del agregado fino.**

Ensayo	Estado	Peso cilindro	Peso Agregado+Cilindro	Peso agregado	Volumen del recipiente	Peso unitario
1	Suelto	2.5675	6.748	4.1805	0.0029	1441.55
	Compacto	2.5675	7.159	4.5915	0.0029	1583.28
2	Suelto	2.5675	6.61	4.0425	0.0029	1393.97
	Compacto	2.5675	7.162	4.5945	0.0029	1584.31
3	Suelto	2.5675	6.609	4.0415	0.0029	1393.62
	Compacto	2.5675	7.145	4.5775	0.0029	1578.45
4	Suelto	2.5675	6.641	4.0735	0.0029	1404.66
	Compacto	2.5675	7.14	4.5725	0.0029	1576.72
5	Suelto	2.5675	6.628	4.0605	0.0029	1400.17
	Compacto	2.5675	7.159	4.5915	0.0029	1583.28

Fuente: Autores.

**Tabla 20. Pesos unitarios del agregado grueso.**

Ensayo	Estado	Peso cilindro	Peso Agregado+Cilindro	Peso agregado	Volumen del recipiente	Peso unitario
1	Suelto	2.5675	6.74	4.17	0.0029	1438.79
	Compacto	2.5675	6.99	4.42	0.0029	1525.00
2	Suelto	2.5675	6.894	4.33	0.0029	1491.90
	Compacto	2.5675	7.19	4.62	0.0029	1593.97
3	Suelto	2.5675	6.828	4.26	0.0029	1469.14
	Compacto	2.5675	7.21	4.64	0.0029	1600.86

**EFFECTO EN LA DISMINUCIÓN DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO PREPARADO CON DIFERENTES MARCAS DE CEMENTO Y AGUA DEL RÍO MAGDALENA – CASO: MUNICIPIO DE CALAMAR (BOLÍVAR)**



4	Suelto	2.5675	6.79	4.22	0.0029	1456.03
	Compacto	2.5675	7.13	4.56	0.0029	1573.28
5	Suelto	2.5675	6.905	4.34	0.0029	1495.69
	Compacto	2.5675	7.15	4.58	0.0029	1580.17

**Fuente: Autores.**

### 5.3.3. PesoEspecífico

La densidad de los agregados se encuentra directamente relacionada con la resistencia del concreto por eso es importante su determinación. Cuando el agregado es denso el concreto elaborado también será denso lo que permite que la resistencia sea mayor.

#### **Agregado grueso:**

A. Peso en el aire = 2128 gr

B. Peso S.S.S = 2150.2 gr

C. Peso en el agua = 1301.1 gr

$$\text{Gravedad específica de Bulk} = \frac{A}{B-C}$$

$$\text{Gravedad específica de Bulk S. S. S} = \frac{B}{B-C}$$

$$\text{Gravedad específica aparente} = \frac{A}{A-C}$$

$$\% \text{ Absorción} = \frac{B-A}{A} \times 100$$

Con los datos anteriores se obtuvieron los siguientes resultados:

Gravedad específica de Bulk = 2.50 gr/cm<sup>3</sup>

Gravedad específica de BulkS.S.S = 2.53 gr/cm<sup>3</sup>

Gravedad específica aparente = 2.57 gr/cm<sup>3</sup>

% Absorción = 1.04 %

#### **Agregado fino:**

A. Peso en el aire = 485 gr

B. Peso S.S = 506 gr



C. Volumen del agua adicionada = 300 cm<sup>3</sup>

D. Volumen del frasco = 500 cm<sup>3</sup>

E. Peso del picnómetro + agua = 694.3 gr

F. Peso del picnómetro + agua + material = 999.7 gr

$$\text{Gravedad específica de Bulk} = \frac{A}{D-C}$$

$$\text{Gravedad específica de Bulk S. S. S} = \frac{B}{D-C}$$

$$\text{Gravedad específica aparente} = \frac{A}{D-C-(B-A)}$$

$$\% \text{ Absorción} = \frac{B-A}{A} \times 100$$

Con los datos anteriores se obtuvieron los siguientes resultados:

Gravedad específica de Bulk = 2.42 gr/cm<sup>3</sup>

Gravedad específica de Bulk S.S.S = 2.53 gr/cm<sup>3</sup>

Gravedad específica aparente = 2.7 gr/cm<sup>3</sup>

% Absorción = 4.32 %

Los valores de los pesos específicos según la norma se deben encontrar entre el rango de 2.3 a 2.8 gr/cm<sup>3</sup>, lo que quiere decir que nuestros agregados son útiles para el diseño de mezcla.

## **5.4. RESULTADO DEL DISEÑO DE MEZCLA**

### **5.4.1. Diseño Para 3000 PSI**

#### **Parámetros Mezcla:**

Resistencia de Diseño: 3.000 psi

Peso específico cemento Portland Tipo I: 3,15 kg/cm

Asentamiento de Diseño: 75 mm

Relación Agua Cemento: 0.40

Contenido de Aire Atrapado: 2,5%

Cantidad de Agua por m<sup>3</sup> de Concreto: 160 Lts.



**Cálculos:**

Peso del Cemento = Peso del Agua / 0,40 = 160 / 0,40 = 400 kg.  $\cong$  8 bolsas

Cantidad de Cemento: 400 kg.

Volumen del Cemento: 400 kg / 3,150 kg/cm<sup>3</sup> = 0,127 m<sup>3</sup>

Volumen de Agua = 0,160 m<sup>3</sup>

**Volumen de la pasta = 0,287 m<sup>3</sup>**

Entonces se tiene que:

Volumen de Agregados = 0,713 m<sup>3</sup>

**Combinación de Agregados:**

50% Agregado Grueso + 50% Agregado Fino.

Peso específico promedio: 0.50\*2.68+0.50\*2.65 = 2.667 grs / cm<sup>3</sup> = 2,665 kgs / m<sup>3</sup>

Peso de Agregados: 0,713 m<sup>3</sup> x 2,667 kg. / m<sup>3</sup> = 1902 kg.

Luego se tiene que:

Peso de arena = 1,902 kg \* 0.50 = 951 kg

Peso del Triturado = 1,902\*0.50 = 951 kg

**Proporciones en Peso: 1: 2.38: 2.38**

**Proporciones en Volumen:**

Volumen Suelto del Cemento: 400 kg / 1,250 kg/m<sup>3</sup> = 0.32 m<sup>3</sup>

Volumen Suelto de Arena: 951 kg / 1,524 kg/m<sup>3</sup> = 0.624 m<sup>3</sup>

Volumen Suelto de Triturado: 951 kg / 1,452 kg/m<sup>3</sup> = 0.655 m<sup>3</sup>

**Proporciones en Volumen: 1: 1.95: 2.04**

**Proporciones Aproximadas en Volumen:**

1.0	2.0	2.0
-----	-----	-----



#### 5.4.2. Diseño Para 4000 PSI

##### Parámetros Mezcla:

Resistencia de Diseño: 4.000 psi

Peso específico cemento Portland Tipo I: 3,15 kg/cm<sup>3</sup>

Asentamiento de Diseño: 75 mm

Relación Agua Cemento: 0.5

Contenido de Aire Atrapado: 2,5%

Tomar: Agua = 160 Lt/m<sup>3</sup>.

##### Cálculos:

Peso del Cemento = Peso del Agua / 0,32 = 160 / 0,32 = 500 kg.  $\cong$  10 bolsas

Cantidad de Cemento: 500 kg.

Volumen del Cemento: 500 kg / 3,150 kg/cm<sup>3</sup> = 0,158 m<sup>3</sup>

Volumen de Agua = 0,160 m<sup>3</sup>

**Volumen de la pasta = 0,318 m<sup>3</sup>**

Entonces se tiene que:

Volumen de Agregados = 0,682 m<sup>3</sup>

##### Combinación de Agregados:

50% Agregado Grueso + 50% Agregado Fino.

Peso específico promedio: 0.50\*2.68+0.50\*2.65 = 2.667 grs / cm<sup>3</sup> = 2,665 kgs / m<sup>3</sup>

Peso de Agregados: 0,682 m<sup>3</sup> x 2,667 kg. / m<sup>3</sup> = 1.818 kg.

Luego se tiene que:

Peso de arena = 1,818 kg \* 0.50 = 909 kg

Peso del Triturado = 1,818\*0.50 = 909 kg

Proporciones en Peso: 1: 1.82: 1.82

##### Proporciones en Volumen:

Volumen Suelto del Cemento: 500 kg / 1,250 kg/m<sup>3</sup> = 0.40 m<sup>3</sup>



Volumen Suelto de Arena:  $909 \text{ kg} / 1,524 \text{ kg/m}^3 = 0.596 \text{ m}^3$

Volumen Suelto de Triturado:  $909 \text{ kg} / 1,452 \text{ kg/m}^3 = 0.626 \text{ m}^3$

**Proporciones en Volumen: 1: 1.49: 1.5**

**Proporciones Aproximadas en Volumen:**

1.0	1.5	1.5
-----	-----	-----

### **5.5. RESULTADOS DEL ASENTAMIENTO**

Los ensayos de asentamiento sirven para determinar principalmente que tan fluida se encontraba la mezcla de concreto, además de verificar si las proporciones de agua y de los otros materiales se hizo de la manera adecuada.

**Tabla 21. Asentamiento de las mezclas de concreto.**

<b>Muestra</b>	<b>Resistencia (PSI)</b>	<b>Asentamiento (cm)</b>
<b>ARGOS</b>	3000	7,6
	4000	8,0
<b>CEMEX</b>	3000	7,3
	4000	7,5
<b>HOLCIM</b>	3000	7,8
	4000	8,5

**Fuente: Autores**



### 5.6. RESULTADOS DEL ENSAYO A LOS CILINDROS

Los ensayos de concreto preparados con las marcas; ARGOS, CEMEX Y HOLCIM, fueron realizados a las edades de 7,14 y 28 días, después de esto pudimos obtener los resultados que se muestran en las siguientes tablas (22 y 23).

En la tabla 22 mostramos los resultados obtenidos después de realizar los ensayos a compresión en los cilindros de concreto de 3000 Psi.

**Tabla 22. Resistencia para cilindros de 3000 PSI.**

Edad(días)	Muestra	Resistencia Requerida (PSI)	Resistencia Obtenida (PSI)			Promedio (PSI)
			Cilindro # 1	Cilindro # 2	Cilindro # 3	
7	ARGOS	1800	1213,35	1350,93	1353,37	1305,88
7	CEMEX	1800	1345,09	1231,99	1374,07	1317,05
7	HOLCIM	1800	1229,89	1390,60	1185,82	1268,77
14	ARGOS	2400	1844,22	1842,86	1707,69	1798,26
14	CEMEX	2400	1743,58	1851,14	1616,00	1736,91
14	HOLCIM	2400	1736,05	1893,91	1740,16	1790,04
28	ARGOS	3000	2450,22	2541,36	2569,24	2520,27
28	CEMEX	3000	2429,61	2589,94	2310,65	2443,40
28	HOLCIM	3000	2382,35	2519,00	2402,09	2434,48

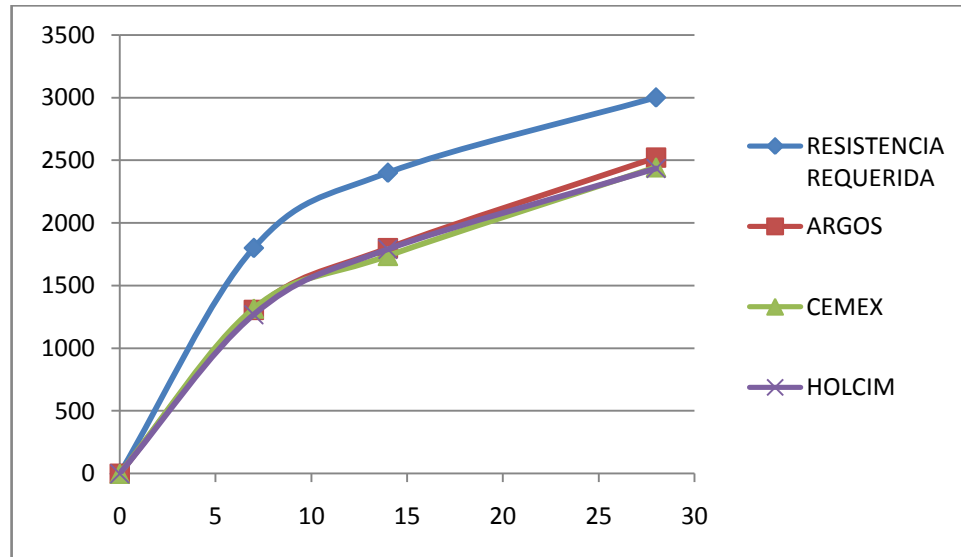
**Fuente: Autores.**

A continuación se muestra la gráfica 3 donde se presentan las curvas de resistencia obtenidas de los cilindros de concreto de 3000 PSI de ARGOS, CEMEX Y HOLCIM, elaborados con el agua del Rio Magdalena. A la altura del municipio de Calamar.





**Grafica 3. Curvas de resistencia obtenidas de los cilindros de concreto de 3000 PSI.**



En la tabla 23 tenemos los resultados de los ensayos de compresión a cilindros de concreto de 4000 PSI.

**Tabla 23. Resistencia para cilindros de 4000 PSI.**

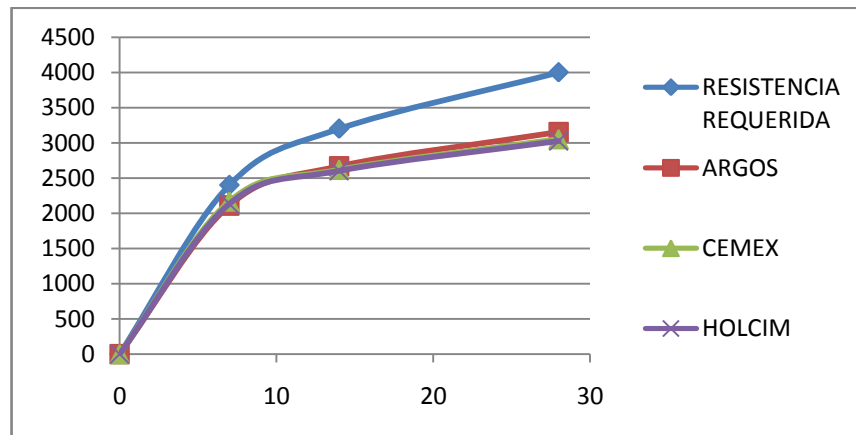
Edad (días)	Muestra	Resistencia Requerida (PSI)	Resistencia Obtenida (PSI)			Promedio (PSI)
			Cilindro # 1	Cilindro # 2	Cilindro # 3	
7	ARGOS	2400	2120,7753	2018,7069	2190,43837	2109,97
7	CEMEX	2400	2131,1174	2168,3491	2202,84893	2167,44
7	HOLCIM	2400	2175,2699	2065,6172	2153,92217	2131,60
14	ARGOS	3200	2581,9825	2718,5508	2698,55596	2666,36
14	CEMEX	3200	2750,9561	2515,1034	2589,59278	2618,55
14	HOLCIM	3200	2583,3615	2673,7609	2544,08738	2600,40
28	ARGOS	4000	3.082,0847	3181,0849	3194,18493	3152,45
28	CEMEX	4000	3018,3426	3089,3638	3051,46346	3053,06
28	HOLCIM	4000	3011,453	2960,4266	3097,8268	3023,24

**Fuente: Autores.**



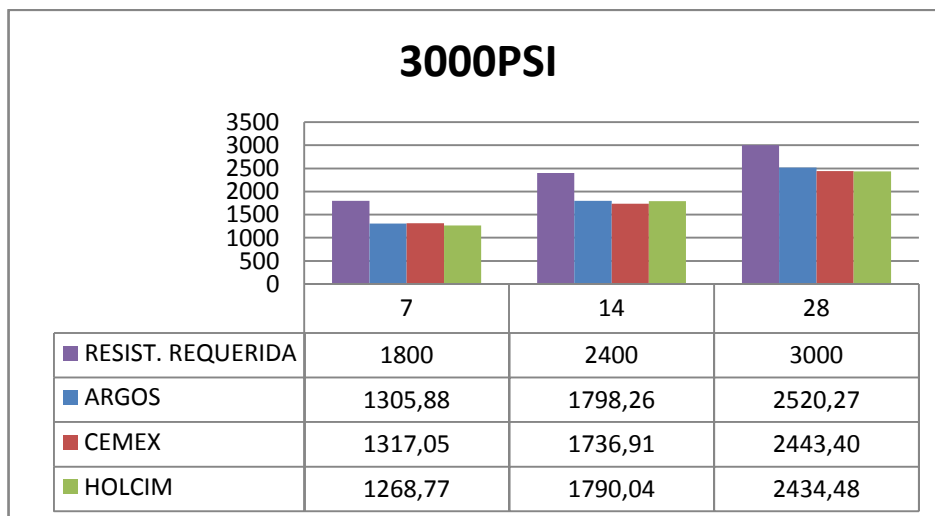
A continuación se muestra la gráfica donde se presentan las curvas de resistencia obtenidas de los cilindros de concreto de 4000 PSI de ARGOS, CEMEX Y HOLCIM, elaborados con el agua del Rio Magdalena. A la altura del municipio de Calamar.

**Grafica 4. Curvas de resistencia obtenidas de los cilindros de concreto de 4000 PS**



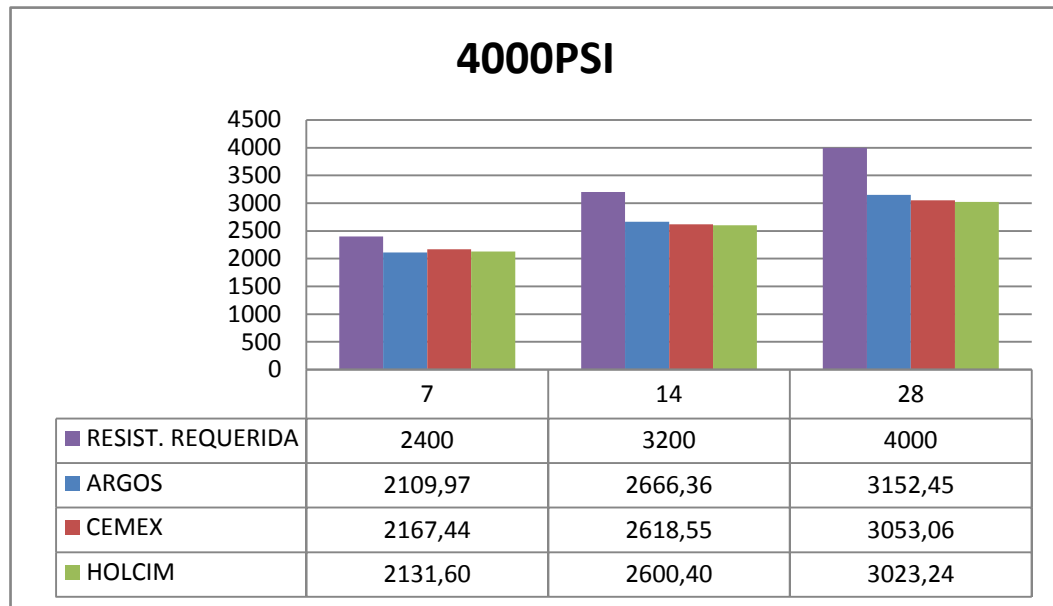
A continuación en las gráficas 5 y 6 se comparan las resistencias obtenidas de los cilindros de concreto con las resistencias requeridas, tanto para las mezclas de 3000 y 4000 PSI respectivamente.

**Grafica 5. Comparación de resistencia para 3000 PSI obtenida VS Resistencias requeridas en 7,14 y 28 días.**





**Grafica 6. Comparación de resistencia para 4000 PSI obtenida VS Resistencias requeridas en 7,14 y 28 días.**

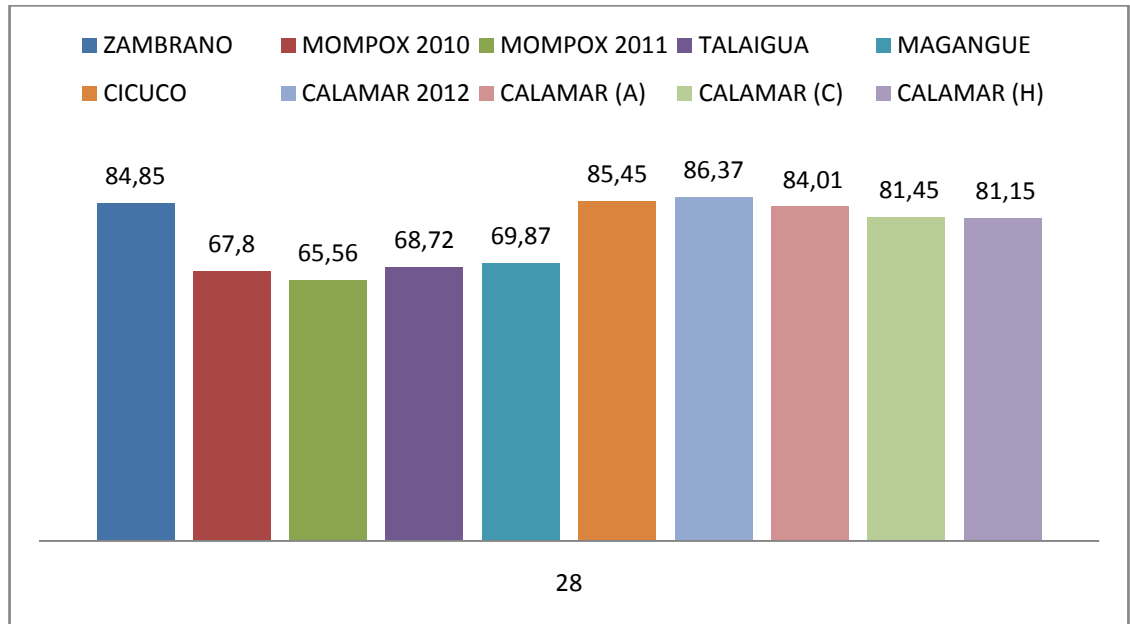


### 5.6.1. Comparación Con Estudios Previos

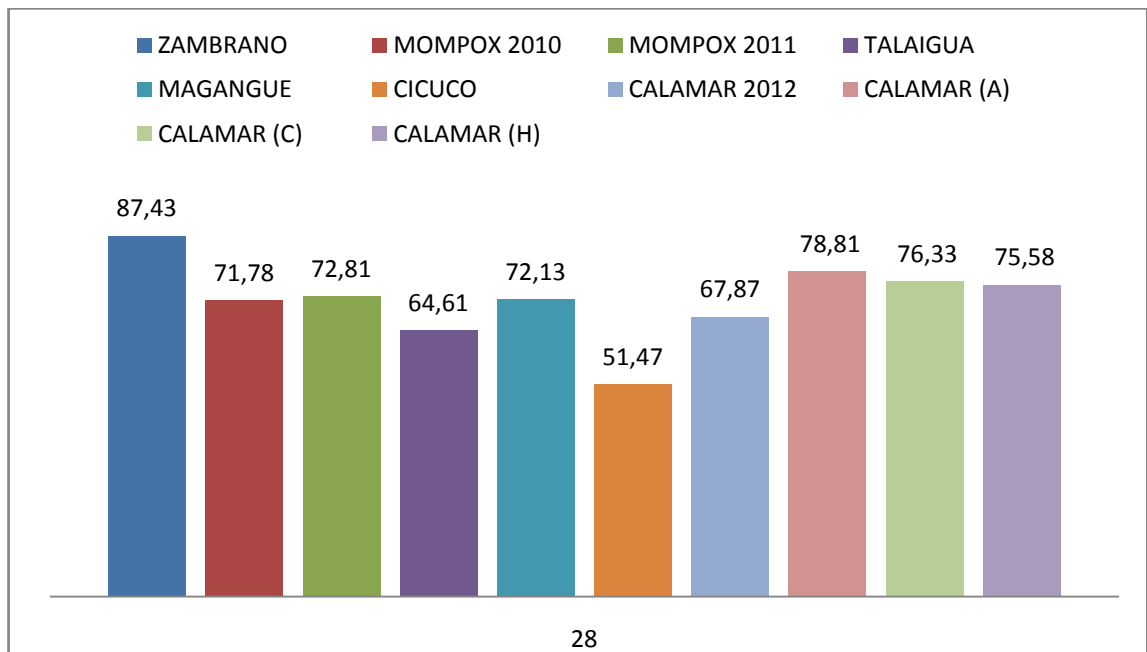
Para tener una mejor perspectiva del efecto que tiene el agua del Rio Magdalena en la mezcla de concreto como agua de mezclado, en la reducción de la resistencia del concreto. Los resultados de la resistencia a la compresión a los 28 días de los concretos preparados con cada marca, obtenidos en esta investigación son comparados con los obtenidos en anteriores trabajos de grado. Los resultados de esta comparación se plasman en las gráficas 7 y 8.



**Grafica 7. Comparación de resultados para concretos de 3000 PSI.**



**Grafica 8. Comparación de resultados para concretos de 4000 PSI.**





## **6. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

### **6.1. CARACTERIZACIÓN DEL AGUA**

Según la NTC 3459 el agua utilizada para la preparación de la mezcla de concreto debe ser agua potable, ya que aquellas aguas con olores desagradables y colores café o verde deben ser inspeccionadas para ver si cumplen los parámetros mínimos necesarios para su utilización. En la TABLA14 donde mostramos los resultados obtenidos en los ensayos al agua y parámetros mínimos y máximos de estos ensayos, podemos comprobar que el agua del río Magdalena a la altura del municipio de Calamar, es un agua con una gran turbidez y sólidos suspendidos. Aunque a simple vista observamos lo turbia que era el agua, con estos resultados lo pudimos corroborar y mostrar un indicio de que esta agua, no tiene unas condiciones óptimas para la utilización en la mezcla de concreto. Esto no solo se da en el agua tomada del río en el municipio de Calamar, sino que al compararlo con resultados de anteriores trabajos de investigación (TABLA 15) donde se estudiaron también las propiedades del agua del río Magdalena, extraída en diferentes municipios se obtuvieron condiciones muy similares. Esto nos permite inferir que esta agua desde ningún punto de vista debería ser utilizada para la construcción, sin un tratamiento previo.

### **6.2. CARACTERIZACIÓN AL CEMENTO**

En los ensayos realizados en los cementos ARGOS, CEMEX, HOLCIM tipo 1 se pudo comprobar que estos cumplen con todas los requerimientos expuestos en la Norma Técnica Colombiana (NTC 121). El ensayo de finura que se le realizó a los cementos arrojó los siguientes resultados, 99.07% para ARGOS, 99.03% para CEMEX y 98.88% para HOLCIM, todos estos valores están por encima del 95% exigido por la norma NTC 33, con esto se concluye que el cemento utilizado en la elaboración de las mezclas en cuanto a la finura cumple y es apto para la elaboración del hormigón. De los demás ensayos realizados (peso específico, consistencia normal y tiempo de fraguado) obtuvimos los resultados



esperados es decir que son cementos que cumplen con los requisitos necesarios para utilizarse en la mezcla de concreto.

### **6.3. CARACTERIZACIÓN A LOS AGREGADOS**

Los ensayos de granulometría al agregado grueso muestran que este cumple con los tamaños máximos, nominales y las distribuciones porcentuales, como se muestra en la TABLA 17 donde vemos que el tamaño de partícula máximo es de 1 ” (38.1 mm), y las distribuciones entre los tamices cumple con los estipulados en la NORMA 174. Esto nos demuestra que es un materia bien gradado y que puede ser utilizado para la mezcla de concreto. Para la granulometría del agregado fino que se utilizó, se obtuvo que también tuviera una buena distribución porcentual entre sus tamices, el módulo de finura que depende del porcentaje acumulado retenido fue de 2.55 y este debe estar entre 2.3 y 3.1, de acuerdo con esto podemos decir que nuestro agregado también cumple con este parámetro requerido por la NORMA 174.

De los ensayos de masa unitaria, peso unitario, peso específico realizado a los agregados grueso y fino, se logró determinar que los agregados cumplen con la norma, dándonos así la plena seguridad que estos agregados son de alta calidad y que cuentan con las características mecánicas que cumplirían con un buen desempeño dentro de la mezcla de concreto.

### **6.4. CONCRETO**

#### **6.4.1. RESULTADOS DEL ENSAYO DE MANEJABILIDAD(ASENTAMIENTO)**

Los asentamientos obtenidos a las mezclas de concreto preparadas con cemento ARGOS, CEMEX Y HOLCIM. Dieron resultados de los 7.6, 7.3 y 7.8 cm, para concretos de 3000 psi y de 8, 7.5 y 8.5 cm para concretos de 4000 psi. De estos resultados podemos concluir que nuestras mezclas de concreto eran de consistencia normal y de buena manejabilidad,



obteniendo resultados de asentamiento muy cercanos al asentamiento de diseño (7.5 cm), lo que quiere decir que la mezcla tiene una cantidad de agua óptima.

#### **6.4.2. RESULTADOS DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN**

De los ensayos de compresión de los cilindros de concreto, se pudo observar que ninguna de las mezclas de concreto alcanzó la resistencia requerida; analizando los resultados mostrados en las gráficas 3 y 4 podemos deducir que la mezcla de concreto que tuvo mejor resistencia tanto para concretos de 3000 psi como para los de 4000psi fue la preparada con cemento ARGOS, seguida de la preparada con CEMEX, por último fue la preparada con cemento HOLCIM.

No obstante, la diferencia observada entre los resultados de resistencia de los concretos no es lo suficientemente significativa como para mostrar al cemento ARGOS, como el que marca la diferencia a la hora de preparar concretos con agua del río Magdalena, extraída en el municipio de Calamar, Bolívar, ya que la resistencia que alcanza el concreto preparado con este cemento (ARGOS) fue menor del 85% de la resistencia requerida, siendo solo un poco superior a la obtenida por las marcas CEMEX y HOLCIM las cuales fueron de alrededor del 82%.

Al comparar estos resultados con los obtenidos en diferentes trabajos de investigación realizados por la universidad de Cartagena en pueblos ribereños al río Magdalena confirma que no es recomendable preparar concretos con agua del río Magdalena sin un tratamiento previo.



## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Después de realizar los ensayos propuestos en nuestro trabajo de investigación, como lo fueron los ensayos físicos al cemento, en el cual se basó principalmente nuestra investigación, así como también la caracterización de los agregados, los estudios físico-química del agua y primordialmente analizando los ensayos de resistencia a la compresión de nuestras muestras de concreto, podemos concluir:

- Para la actualización de las características físico-químicas del agua del río Magdalena extraída en el municipio de Calamar, se compararon los resultados obtenidos, con resultados de investigaciones anteriores. De esta comparación podemos concluir que las características físico-químicas del agua, en la mayoría de los parámetros no han variado considerablemente, siendo la turbidez y los sólidos suspendidos los que han sufrido un incremento en comparación con los anteriores trabajos de grados.

Parámetros	Calamar (2013)*	Calamar (2012)	Zambrano (2012)	Mompos (2011)	Mompos (2010)	Talaigua (2010)	Cicuco (2010)	Magangué (2010)
pH, unidades	7,9	6,78	7,70	7,29	6,60	6,65	6,56	6,48
Turbidez, UNT	20,65	----	14,46	12,56	----	----	----	----
Alcalinidad total, mg/L como CaCO <sub>3</sub>	160	----	144,00	----	----	----	----	----
Cloruros, mg/L	10	10	10,00	----	37,94	39,41	39,37	40,06
Sólidos suspendidos, mg/L	89	73	65,0	----	79,00	81,35	81,40	82,50
Sulfatos, mg/L	12,98	7,74	13,21	----	21,33	11,17	11,28	22,33





- Además también podemos concluir que el agua del río Magdalena, extraída en el municipio de Calamar no es óptima para su utilización en la mezcla de concreto, ya que tiene características químicas que sobrepasan los límites permitidos por la norma (NTC 3459).

<b>Parámetros</b>	<b>Muestra de Agua</b>	<b>Norma según Resolución 2115 de 2007 para Agua Potable</b>
<b>pH, unidades</b>	7,9	6,5 a 9
<b>Turbidez, UNT</b>	20,65	2
<b>Alcalinidad total, mg/L como CaCO<sub>3</sub></b>	160	200
<b>Cloruros, mg/L</b>	10	250
<b>Sólidos suspendidos, mg/L</b>	89	No tiene
<b>Sulfatos, mg/L</b>	12,98	250

- Los ensayos y la caracterización de los agregados fino y grueso, demuestran que estos elementos tienen muy buena distribución granular y características físicas que cumplen con la norma (NTC 77, 176, 92), por lo tanto son elementos en óptimas condiciones para su utilización en la mezcla de concreto. Teniendo tamaños máximos de 1” y mínimos 0.2” para el agregado de grueso.
- Los ensayos realizados a las 3 marcas de cemento, dieron como resultados que las muestras cumplen con las condiciones físicas necesarias solicitadas por la norma (NTC 226, 221, 110 y C118) para su utilización en la mezcla de concreto. También se pudo concluir que entre las 3 marcas de cemento todas tienen propiedades físicas similares.
- Elaborar este estudio amplía los conocimientos sobre las propiedades físicas de los concretos preparados con agua del río Magdalena, ya que este es el último de una

**EFFECTO EN LA DISMINUCIÓN DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO PREPARADO CON DIFERENTES MARCAS DE CEMENTO Y AGUA DEL RÍO MAGDALENA – CASO: MUNICIPIO DE CALAMAR (BOLÍVAR)**



serie de varios estudios realizados por el grupo de investigación GEOMAT, donde se obtuvieron datos que dejaban al descubierto la baja calidad de estos concretos por su utilización al preparar concreto en la zona. Por ende la mayoría de las construcciones de los pueblos ribereños no cumplen con las especificaciones técnicas necesarias para ser utilizadas como viviendas, establecimientos comerciales, establecimientos gubernamentales, debido a la baja resistencia.

LAS RESISTENCIAS OBTENIDAS PARA CADA MARCA DE CEMENTO A LOS 28 DÍAS FUERON:

**Para 3000 PSI.**

<b>MARCA DE CEMENTO</b>	<b>RESISTENCIA REQUERIDA (PSI)</b>	<b>RESISTENCIA OBTENIDA (PSI)</b>	<b>% DE RESISTENCIA ALCANZADA</b>
<b>ARGOS</b>	<b>3000</b>	2520.27	84.01
<b>CEMEX</b>	<b>3000</b>	2443.40	81.45
<b>HOLCIM</b>	<b>3000</b>	2434.48	81.15

**Para 4000 PSI.**

<b>MARCA DE CEMENTO</b>	<b>RESISTENCIA REQUERIDA (PSI)</b>	<b>RESISTENCIA OBTENIDA (PSI)</b>	<b>% DE RESISTENCIA ALCANZADA</b>
<b>ARGOS</b>	<b>4000</b>	3152.45	78.81
<b>CEMEX</b>	<b>4000</b>	3053.06	76.33
<b>HOLCIM</b>	<b>4000</b>	3023.24	75.58

- Elaborar un análisis comparativo de las resistencias obtenidas de las diferentes mezclas de concreto, nos dio como resultado que la mezcla de concreto que mayor resistencia obtuvo fue la preparada con cemento ARGOS, obteniendo un % de resistencia a los 28 días de 84.01 % para 3000 psi y 78.81 % para 4000 psi. Recomendar que se utilice el cemento marca ARGOS, que fue el que menor disminución porcentual en la resistencia alcanzo no sería pertinente, ya que la diferencia entre las 3 resistencias es mínima y una diferencia tan pequeña no hace



que utilizar una marca u otra de cemento sea lo que produzca un cambio relevante en la resistencia.

### **RECOMENDACIONES**

- Ya que el municipio de Calamar no cuenta con un acueducto en óptimas condiciones, se hace prácticamente obligatorio utilizar el agua del Rio Magdalena para preparar las mezclas de concreto, es recomendable adicionar al diseño teórico un porcentaje adicional de cemento para aumentar su resistencia.
- Realizar la inclusión de algún tipo de aditivos (Plastificante o Acelerante) que mejore las condiciones mecánicas del concreto.
- Hacer un pequeño tratamiento al agua del Rio que se va a utilizar en la mezcla para mejorar sus propiedades.
- Sería pertinente efectuar una recopilación de todas las conclusiones obtenidas en los diferentes trabajos de investigación realizados por el grupo de investigación GEOMAT sobre la utilización del agua del rio magdalena en la mezcla de concreto.
- Realizar ensayos para validar los diseños estructurales y comprobar los estados actuales de las construcciones cuyos concretos han sido fabricados con agua del Rio Magdalena.

Después de realizar este trabajo de investigación, se recomienda que trabajos como en esté, el cual se hizo en el municipio de Calamar se realicen en otros municipios, ya que proveen a la población de una información contundente donde se demuestra con resultados de laboratorio, la carencia de calidad de las mezclas de concreto preparadas con agua del rio magdalena. Esto ayuda a concientizar a la ciudadanía e incitarlas a la implementación de recursos que ayuden al mejoramiento de las especificaciones de diseño de las mezclas de concreto, para tratar de solucionar o por lo menos disminuir en algo la problemática sobre las bajas resistencias de las mezclas de concreto.



## **8. BIBLIOGRAFÍA**

- FARFAL, M. A, Reparación de Muros de Albañilería de Ladrillos Cerámicos con Estuco Armado con Malla de Fibra de Vidrio. Trabajo de grado, Universidad Austral de Chile. 2005.
- GUÍAS DE LABORATORIO SANEAMIENTO AMBIENTAL (Q.F. ROSARIO MUÑOZ MARTÍNEZ). Facultad de Ciencias Farmacéuticas.
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Ingeniería Civil y Arquitectura. Ensayo a la resistencia a la compresión de cilindros normales de concreto de cilindros normales de concreto. (NTC 673). 2000.
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Ingeniería Civil y Arquitectura. Método de ensayo para determinar el asentamiento del concreto (NTC 396). 2000.
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. CONCRETO. Especificación de los agregados para concretos (NTC 174). 2000.
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. AGUA PARA LA ELABORACIÓN DE CONCRETO. Bogotá: ICONTEC, (NTC 3459)
- PADILLA, Luis Miguel y VASQUEZ, Jonatan. Análisis de la influencia del agua del Río Magdalena sobre la resistencia de mezclas de concreto de 3000 psi y 4000 psi en el municipio de calamar. Trabajo de grado, Universidad de Cartagena, Colombia 2012.
- SANCHEZ DE GUZMÁN, Diego. Tecnología del Concreto y del Mortero. Biblioteca de la Construcción. Santa Fe de Bogotá D.C. Bhandar Editores. 2001.

**EFFECTO EN LA DISMINUCIÓN DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO PREPARADO CON DIFERENTES MARCAS DE CEMENTO Y AGUA DEL RÍO MAGDALENA – CASO: MUNICIPIO DE CALAMAR (BOLÍVAR)**



- NORMA TÉCNICA COLOMBIANA. CONCRETO. Método de ensayo para determinar la consistencia normal del cemento (NTC 110).
- MENDEZ, Juan David y ORTIZ, Willian Felipe. Evaluación y comparación de la resistencia en concretos para mezclas de 3000 y 4000 psi elaboradas con agua del Río Magdalena y el acueducto municipal de Zambrano. Trabajo de grado, Universidad de Cartagena, Colombia 2012.
- <http://quimiambientalutp.files.wordpress.com/2013/02/acidezalcalinidad-y-dureza.pdf>