

**DESCRIPCION DEL USO DE CONCRETOS ESPECIALES EN COLOMBIA
DESDE EL 2000 HASTA EL 2010**

MILDRET SÚAREZ DURÁN

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL
BUCARAMANGA
ESCUELA DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2012**

**DESCRIPCION DEL USO DE CONCRETOS ESPECIALES EN COLOMBIA
DESDE EL 2000 HASTA EL 2010**

MILDRET SUÁREZ DURÁN

**Proyecto de grado como requisito para optar por el título de
Especialista en Gerencia e Interventoría de Obras Civiles**

Directora:

**MARIA FERNANDA SERRANO GUZMAN
PhD. Ingeniera Civil**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL
BUCARAMANGA
ESCUELA DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2012**

Nota de aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Bucaramanga, Julio de 2012

DEDICATORIAS

A **Dios** por sus infinitas bendiciones.

A mis **PADRES y Hermano** por su apoyo incondicional.

A todas las personas que siempre me
motivaron a crecer personal
y profesionalmente.

A **Ti** por todo tu apoyo.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Pontificia Bolivariana y el grupo de trabajo de la Especialización Gerencia e Interventoría de Obras Civiles, por la bienvenida brindada y el continuo apoyo para todos sus estudiantes.

Sincero agradecimiento a la Doctora María Fernanda Serrano Guzmán, directora asignada para la monografía, por todo su apoyo, atención, compromiso y colaboración durante el desarrollo de la monografía, gracias a su amplio conocimiento sus aportes fueron de gran ayuda para poder llevar a cabo este trabajo.

A mis compañeros de la VI Cohorte, en especial el grupo de trabajo que desde un comienzo compartimos conocimientos y experiencias.

A Dios, mi familia y amigos que siempre estuvieron a mi lado dándome su apoyo hasta el final.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	7
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	8
1.2 ALCANCE	8
1.3 JUSTIFICACIÓN	8
1.4 OBJETIVOS	9
1.4.1 OBJETIVO GENERAL	9
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
1.5 METODOLOGÍA EMPLEADA	10
1.6 RELEVANCIA DEL TRABAJO	10
2. MARCO TEÓRICO	11
2.1 DEFINICIÓN CONCRETO	11
2.2 COMPONENTES DEL CONCRETO	11
2.3 PROPIEDADES DEL CONCRETO	13
2.4 CLASIFICACIÓN DE CONCRETOS ESPECIALES	14
2.4.1 CONCRETO LIGERO	14
2.4.2 CONCRETO DE PESO PESADO	15
2.4.3 CONCRETO EXPANSIVO	17
2.4.4 CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA	17
2.4.5 CONCRETOS LIVIANOS CON POLIESTIRENO EXPANDIDO	18
2.4.6 CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS (CRF)	19
2.4.7 CONCRETO LANZADO	29
2.4.8 CONCRETO AUTOCOMPACTADO (SCC)	32
2.4.9 CONCRETO MASIVO	33
2.4.10 CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO (CCR)	35
2.4.11 CONCRETO POSTENSADO	36
2.4.12 CONCRETO BLANCO	39
3. CONCRETOS ESPECIALES APLICADOS EN OBRAS CIVILES	42
3.1 CASOS DE CONCRETO LIVIANO CON POLIESTIRENO EXPANDIDO	42
3.2 CASOS DE CONCRETO LANZADO	43

3.3 CASOS DE CONCRETO BLANCO	51
4. DISCUSIÓN	53
5. CONCLUSIONES	57
6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	59

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Consumo y proporción de los componentes de los concretos	21
Tabla 2. Resistencia a compresión de los concretos con y sin fibras.	22
Tabla 3. Propiedades elásticas de los concretos con fibras	23
Tabla4. Resistencia a tensión por flexión	24
Tabla 5 Resistencia a tensión por compresión diametral	25
Tabla 6. Resistencia al impacto de los concretos con y sin fibras.	26

RESUMEN GENERAL DEL TRABAJO DE GRADO

TÍTULO: DESCRIPCION DEL USO DE CONCRETOS ESPECIALES EN COLOMBIA DESDE EL 2000 HASTA EL 2010.
AUTOR(ES): MILDRET SUAREZ DURAN
FACULTAD: FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
DIRECTOR(A): MARIA FERNANDA SERRANO GUZMAN

RESUMEN

Los concretos especiales son utilizados en los grandes proyectos debido a su alta resistencia de acuerdo al tipo de obra y al medio donde se esté realizando los trabajos. Este trabajo presenta describe el uso de concretos especiales en Colombia entre los años 2000 y 2010, identificando las propiedades que los componen y los proyectos donde han sido aplicados. Adicionalmente, se identificó la maquinaria requerida para su colocación, teniendo en cuenta el proyecto que se va a ejecutar y su entorno

Aunque en la última década no se encuentra abiertamente información disponible relacionada con concretos especiales utilizados en obras en Colombia se lograron identificar algunos proyectos sobresalientes. Por ejemplo, en el uso del concreto liviano con poliestireno expandido el Centro Comercial la Gran Estación y el conjunto residencial el Labrador, cada uno con características arquitectónicas particulares. En el uso del concreto lanzado el túnel de la Hidroeléctrica Amoyá ubicada en Chaparral – Tolima (2003), los túneles del Batallón – Manizales, Túnel piloto del Túnel de la línea (2008) y túneles cortos de acceso ha dicho túnel (2007-2009), el Túnel Dosquebradas Armenia – Manizales (2009), el Túnel de Daza (2009), localizado en Pasto y el Túnel de Sumapaz vía Buga – Buenaventura (2010). Otras aplicaciones, ya no de concretos especiales sino de acabados arquitectónicos, que han sido objeto de publicaciones en revistas de reconocido prestigio se evidenciaron en la Escuela de Ingeniería de Antioquia, Sede de Pregrados. Por lo tanto, de este trabajo se concluye que es viable el uso de concretos especiales, lo cual debería ser una práctica común a nivel de

ingeniería y especialmente en un medio como el de Colombia, en donde la academia puede aportar con estudios que ratifiquen las iniciativas de los consultores.

PALABRA CLAVES: Concreto, resistencia, túneles, hidroeléctricas, construcción, concreto masivo, concreto blanco, maquinaria .

ABSTRACT

Special concretes are used in large projects because of its high strength according with the type of work and the environment where said work is being performed. This paper describes the use of special concretes in Colombia between 2000 and 2010, identifying the properties that make them up, the projects where they have been implemented and its type. Besides of that the machinery required for placement was identified, taking into account the project to be executed and its environment.

Although on the last decade there is no easily available data about projects using special concretes on Colombia was possible to identify some outstanding projects. As an example the use of light concrete with expanded polystyrene on the Shopping Mall “La Gran Estación” and on the residential complex “El Labrador”, each one with its particular architectonic features. On the use of shotcrete on the tunnel of the Hydroelectric “Amoyá” located on Chaparral – Tolima (2003), the battalion Manizales tunnels, the pilot tunnel of the main “La Línea” tunnel (2008) and short access tunnels for said tunnel (2007-2009), the Dosquebradas Armenia – Manizales tunnel (2009), the Daza tunnel (2009), located on Pasto and the Sumapaz for the way of Buga – Buenaventura tunnel (2010). Other applications, not of special concretes but of architectonic finishing which has been object of publications on known prestigious magazines where evident on the Antioquia’s School of Engineering, undergraduates building.

Those reasons support this assignment conclusion of the viability of using special concretes which should be a common practice on engineering and specifically on an environment like the Colombia’s one, where the academy can offer studies which support the consultant’s initiatives.

KEY WORDS: Concrete, strength, tunnels, hydroelectric, construction, massive concrete, white concrete, shotcrete, machinery

1. INTRODUCCIÓN

El concreto ha sido definido como un material compuesto que consiste en un medio de enlace dentro del cual se embeben partículas o fragmentos de agregado (Serrano-Guzmán y Pérez-Ruiz, 2011). El concreto es uno de los materiales de construcción básico, obtenido de la mezcla de arena, triturado, agua y cemento, y, que a través del tiempo, se ha venido modificando aplicándole nuevos componentes para obtener mayor resistencia; además su versatilidad le permite ser aplicado en diferentes tipos de proyectos. En los últimos años, los materiales de construcción destinados a obtener el concreto han experimentado grandes cambios, tanto en los materiales como en los métodos de fabricación. (Nilson, 1999)

En la actualidad se desarrollan proyectos de gran envergadura, superando en muchos casos a los desarrollos de años anteriores y logrando a través de la tecnología implementada en nuevos materiales y métodos de ejecución, logrando materializar estructuras que van más allá de lo que anteriormente se podía imaginar o diseñar.

El desarrollo de estos proyectos de mayor alcance, motivan la intención de este trabajo de lograr identificar los tipos de concretos especiales implementados en diferentes construcciones ejecutadas en Colombia en el período comprendido entre el año 2000 y el 2010, se encontró sin embargo que este tipo de tecnología de materiales no tuvo un uso realmente amplio llevando a que este trabajo pretenda crear interés en los futuros profesionales proporcionándoles ideas sobre el tema y generando inquietudes que permitan llegar a un mayor conocimiento sobre dicho tema.

En el pasado, el terreno y sus condiciones imponían la mayor parte de las restricciones al desarrollo de proyectos, hoy en día nuevas tecnologías y materiales ofrecen alternativas para superar muchas de estas restricciones facilitando el desarrollo de actividades de construcción. El uso de materiales que proporcionan mayor resistencia y se adaptan mejor al entorno es una de las tecnologías mencionadas que han permitido superar restricciones y problemas antes insalvables.

Se espera que éste trabajo sea una herramienta de estudio que genere en profesionales y técnicos la necesidad de ampliar los conocimientos acerca del uso de los concretos especiales, sus ventajas, posibilidades y los nuevos proyectos donde se puedan aplicar así como el estudio de la maquinaria y nuevas tecnologías que se necesitan para dicha aplicación.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Para los futuros profesionales de Ingeniería Civil no existen herramientas que les permitan seleccionar de una manera más fácil el tipo de concreto a utilizar en sus obras. Por ello, éste trabajo presenta alternativas de concretos especiales utilizados en distintos proyectos y ofrece criterios técnicos para determinar el tipo de concreto especial a utilizar teniendo en cuenta el tipo de estructura que se va a ejecutar.

1.2 ALCANCE

En la última década se han desarrollado diferentes estudios relacionados con concretos especiales. Sin embargo, no se encuentra abiertamente informaciones disponibles relacionadas con el uso de este tipo de concretos en obras en Colombia. Por lo tanto, en este trabajo se presentan las evidencias encontradas en el uso de estos concretos especiales, el tipo de maquinaria necesaria para la aplicación de los mismos y además se propone una tipología para el uso de los mismos de acuerdo a la obra que se esté ejecutando.

1.3 JUSTIFICACIÓN

La formación profesional del Ingeniero Civil provee, en la mayoría de los casos, las bases temáticas para afrontar situaciones típicas de este profesional. Sin embargo, en algunas ocasiones, los programas se quedan cortos en muchos temas de actualidad, lo

que hace importante tener pautas para abordar ciertos temas de interés que ayudan a ampliar los conocimientos en cuanto a tecnologías y métodos favorables para la construcción.

En la actualidad se cuenta con la experiencia del uso de concretos especiales en proyectos ya ejecutados en Colombia, permitiendo la identificación de las características necesarias para el tipo de concreto. Hoy día, se están desarrollando macro proyectos en Colombia, en los cuales los calculistas han determinado que es requerido el uso de concretos tipo ligero, peso pesado, expansivo, alta resistencia, livianos con poliestireno expansivo, reforzado con fibras, lanzado, autocompactado y compactado con rodillo, entre otros. El presente proyecto de monografía surge de la necesidad de ampliar el conocimiento respecto a los concretos especiales y su aplicación en Colombia para orientación en futuras propuestas que aborden éste tema.

1.4 OBJETIVOS

Para el desarrollo de la presente monografía se presentan los siguientes objetivos.

1.4.1 OBJETIVO GENERAL.

- Identificar proyectos en Colombia en donde se han utilizado concretos especiales.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Describir las propiedades de concretos especiales utilizados en Colombia entre el 2000 y el 2010
- Identificar el tipo de maquinaria requerida para la colocación de concretos especiales
- Proponer una tipología de concreto especial según el tipo de obra a realizar.

1.5 METODOLOGÍA EMPLEADA

Se realizó una revisión bibliográfica sobre los tipos de concretos especiales disponibles. Posteriormente, se consultaron las bases de datos para la identificación de aquellos proyectos documentados en publicaciones científicas. La fuente bibliográfica que mas información apporto fue la Revista Noticreto. Sin embargo, algunas imágenes han sido tomadas de las páginas de divulgación de los proyectos, disponibles en internet. Posteriormente, el material fue clasificado según la cantidad de información que se encontró.

1.6 RELEVANCIA DEL TRABAJO

Este trabajo busca ampliar el campo del conocimiento con relación al uso de concretos especiales. Se espera que la lectura de este documento facilite información a los estudiantes de ingeniería civil y particularmente de la Especialización en Gerencia e Interventoría de Obras civiles, sobre este tema, pretendiendo que se reconozcan alternativas de concretos diferentes a los convencionales.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 DEFINICIÓN CONCRETO

El concreto es el material más utilizado en la construcción por sus propiedades mecánicas a largo plazo y por los acabados que se pueden lograr cuando las prácticas de colocación son eficientes (Serrano-Guzmán y Pérez- Ruiz, 2011). El concreto es un material semejante a la piedra que se obtiene mediante una mezcla cuidadosamente proporcionada de cemento, arena y grava u otro agregado, y agua; después, ésta mezcla se endurece en formaletas con la forma y dimensiones deseadas. Cada uno de los componentes del concreto cumple una función importante en el fortalecimiento de la resistencia mecánica de este producto. El cuerpo del material consiste en agregado fino y grueso. El cemento y el agua interactúan químicamente para unir las partículas de agregado y conformar una masa sólida. Es necesario agregar agua, además de aquella que se requiere para la reacción química, con el fin de darle refuerzo embebido, antes de que inicie el endurecimiento. (Nilson, 1999)

2.2 COMPONENTES DEL CONCRETO

El concreto está constituido por una mezcla, en proporciones definidas de:

Cemento: proviene del latín “caementum”, que significa piedra sin escuadrar y es el conglomerante formado a partir de una mezcla de caliza y arcilla calcinadas y posteriormente molidas, que tiene la propiedad de endurecer al contacto con el agua. Un material cementante es aquel que tiene las propiedades de adhesión y cohesión necesarias para unir agregados inertes y conformar una masa sólida de resistencia y durabilidad adecuadas. (Nilson, 1999)

El cemento hidráulico utilizado en la producción de concretos y morteros, debe ser cemento Portland clasificado según las normas NTC 30, NTC 31 y NTC 4027 y debe

cumplir con las especificaciones físicas y mecánicas descritas en la norma NTC 121 (Sánchez, 1998)

Agua: El agua debe ser clara y de apariencia limpia, libre de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, sales, materiales orgánicos y otras sustancias que puedan ser dañinas para el concreto o el refuerzo. Si contiene sustancias que le produzcan color, olor o sabor inusuales, objetables o que causen sospecha, el agua 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. (NTC 3459, 2001)

Áridos: Los áridos lo forman arenas, gravas generalmente no mayores de 5 cm. 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. Se recomienda la selección de agregado pétreo natural de alta densidad y baja absorción, granulometría cerrada, partículas de forma cúbica o redondeada y textura rugosa o de cara fracturada. También es importante que esté libre de partículas inferiores a 0.074 mm de diámetro (arcilla), limpio de materia vegetal (materia orgánica) y libre de partículas blandas y deleznable como mica, carbón o lignito. Al concreto se le puede añadir aditivos para mejorar algunas de sus propiedades. (Sánchez, 1998)

Aditivos: Se utilizan como ingredientes del concreto y, se añaden a la mezcla inmediatamente antes o durante su mezclado, con el objeto de modificar sus propiedades para que sea más adecuada a las condiciones de trabajo o para reducir los costos de producción. (Gómezlurado, 1997)

Adicionalmente, el concreto también contiene alguna cantidad de aire atrapado, entre el 1% y 3% del volumen de la mezcla y puede contener aire incluido intencionalmente entre el 1% y 7% del volumen de la mezcla con el uso de aditivos o con cementos que tengan agentes inclusores de aire. (Univo, 2012)

2.3 PROPIEDADES DEL CONCRETO

Las propiedades del concreto son sus características o cualidades básicas. Las cuatro propiedades principales del concreto son: TRABAJABILIDAD, COHESIVIDAD, RESISTENCIA Y DURABILIDAD. (IMCYC, 2004) Cada una de estas características puede ser evaluada con diferentes especificaciones de calidad según se trate de normas colombianas o internacionales.

Trabajabilidad: Es una propiedad importante para muchas aplicaciones del concreto. En esencia, es la facilidad con la cual pueden mezclarse los ingredientes y la mezcla resultante puede manejarse, transportarse y colocarse con poca pérdida de la homogeneidad. (Merrit, 1992).

Durabilidad: El concreto debe ser capaz de resistir la intemperie, acción de productos químicos y desgastes, a los cuales estará sometido en el servicio. (Merrit, 1992).

Impermeabilidad: Es una importante propiedad del concreto que puede mejorarse, con frecuencia, reduciendo la cantidad de agua en la mezcla. (Merrit, 1992).

Resistencia: Es una propiedad del concreto que, casi siempre, es motivo de preocupación. Por lo general se determina por la resistencia final de una probeta en compresión. Como el concreto suele aumentar su resistencia en un periodo largo, la resistencia a la compresión a los 28 días es la medida más común de esta propiedad. (Merrit, 1992). También se tiene la resistencia a la flexión, tensión, torsión, al cortante y de elasticidad, las cuales se ven afectadas por la relación agua-cemento y la edad o el grado que haya progresado la hidratación, así como la adherencia del concreto con el acero.

2.4 CLASIFICACIÓN DE CONCRETOS ESPECIALES

Gracias a la investigación y los avances tecnológicos que día a día se presentan, a la fecha se cuenta con la aplicación de concretos especiales para ciertas obras teniendo en cuenta la complejidad de las mismas. Se tienen los siguientes concretos especiales:

2.4.1 CONCRETO LIGERO

Se presentan inconvenientes con la elevada densidad de los concretos normales, que repercute en los pesos propios de la estructura. Por ésta razón, se ha venido buscando la forma de hacerlo más ligero utilizando agregados ligeros, naturales o artificiales. Obteniendo así los siguientes tipos de concreto ligero:

CONCRETO LIGERO A BASE DE AGREGADO LIGERO: La característica esencial del agregado ligero es su alta porosidad, que provoca un bajo peso específico aparente. Estos agregados pueden ser orgánicos e inorgánicos, naturales o artificiales, y de granulometría continua o discontinua (Sánchez, 1998)

CONCRETO LIGERO AIREADO, CELULAR, ESPUMOSO O GASEOSO: Se puede definir como una mezcla de estructura homogénea de silicatos, de granos finos, que contienen pequeñas celdas de aire no comunicadas entre sí. En éste tipo de concreto ligero, se distinguen dos clases: concreto aireado con gas mediante aireación química y concreto aireado con aditivos espumantes. (Sánchez, 1998).

Las características de la maquinaria varían entre una y otra según el fabricante. Para generar el concreto ligero se cuenta con dos secciones, una sección de generación de espuma y una sección de homogenización de materiales, su base consiste en un chasis metálico, posee llantas para su transporte y anclaje para camión, su cajón metálico lo protege de caída de materiales en obra, éste equipo es de capacidad de 5 lts/sg en

espuma y genera 2 mts³/hora de concreto celular. (<http://www.buiny.com.mx/index.phpmodulocontenido26&tempId125>, 2008)

El generador de concreto celular es una planta móvil, transportable, con neumáticos, requiere de dos operarios, es fácil de operar y su diseño es versátil. Cuenta con controles digitales de funciones, horómetros, reguladores manuales, temporizador digital para producción exacta. Es de funcionamiento eléctrico con energía trifásica 220 V, ó un motor de combustión interna; diesel o gasolina. (<http://www.buiny.com.mx/index.phpmodulocontenido&id26&tempId125>, 2008)

CONCRETO LIGERO SIN FINOS: Es un concreto constituido por cemento, agua y agregado grueso cuyo tamaño máximo está entre 1,0 y 2,0 cms. De esta manera, los vacíos que deberían ser llenados por la arena quedan uniformemente distribuidos aligerando el material. Su resistencia es media y la contracción por secado es baja. (Sánchez, 1998)

La aplicación de concreto ligero en puentes, logra alargar las distancias, consiguiendo alcanzar la longitud adicional en las luces y satisfacer los criterios de la estructura de vías de supervivencia. La elaboración de segmentos fundidos en sitio lo más ligeros posible ayudará a que las pilas soporten un empuje mucho menor en caso de la ocurrencia de un movimiento sísmico. La densidad en el concreto ligero es alrededor de 15% menor que el concreto estructural. (Silva y Cárdenas, 2010)

2.4.2 CONCRETO DE PESO PESADO

Conocido también como concreto de gran peso o concreto de densidad elevada, se elabora remplazando parte, o todo el agregado normal por un material de densidad relativa mucho mayor, para conseguir un peso unitario hasta de aproximadamente 6.400 Kg/m³. (Sánchez, 1998)

Para lograr una apropiada manejabilidad y una alta densidad sin segregación durante la colocación, las partículas del agregado deben ser de forma s aproximadamente cúbicas

o redondeadas y libres de partículas planas o alargadas. (Sánchez, 1998). A excepción de la densidad, las propiedades físicas y mecánicas del concreto de peso pesado son similares a las de un concreto de peso normal. Los métodos de producción, mezclado y colocación son los mismos de un concreto convencional. Sin embargo, la dosificación de las fachadas y la capacidad de carga de los camiones se reducen hasta un 50%, a fin de evitar sobrepesos en los equipos. (Sánchez, 1998). Comúnmente utilizado como contrapeso en puentes levadizos, sin embargo hoy día es utilizado como protección biológica frente a rayos x, rayos gamma y de la radiación de neutrones. (Sánchez, 1998)

Básicamente existen dos métodos de construcción que pueden ser utilizados en el concreto de peso pesado, uno es el método convencional y el otro el del agregado pre-vaciado. En el método Convencional se puede utilizar los requisitos del mezclado, transporte y vaciado de peso normal, pero siempre se debe considerar la densidad mayor y su efecto sobre el equipo. Las capacidades de mezcladoras industriales de concreto están diseñadas para mezclar volumétricamente un volumen particular de concreto que tenga una densidad de alrededor de 150 psi como consecuencia, no se debe mezclar concreto de peso pesado que tenga una densidad de 3000 psi con el uso de la capacidad volumétrica real de la mezcladora. En éste caso se debe reducir el volumen que se está mezclando en por lo menos el 50%. El concreto pesado convencional siempre debe consolidarse por vibración. Estas precauciones en el equipo de manejo también se aplican a los soportes de los canalones para concreto, la capacidad de las grúas, el tamaño de los cucharones transportadores de concreto, las bandas transportadoras y a la resistencia de las cimbras. (www.concretos.galeon.com/c4.htm, 2012)

Se debe considerar el método de construcción del agregado pre-vaciado para el concreto de peso pesado. Su aplicación casi siempre conduce a un concreto que tiene la densidad máxima. La aplicación de éste método permite que los agregados gruesos pesados de manejen por medio de equipo más robusto. En éste método, el agregado grueso se distribuye dentro de las cimbras y el concreto se bombea en la base y se

fuerza hacia arriba alrededor de las partículas de agregado grueso. (www.concretos.galeon.com/c4.htm, 2012)

En el concreto de peso pesado con agregado pre-vaciado, es importante que las partículas de agregado grueso se laven bien y no contengan partículas de tamaño menor que el especificado, antes del colado en las cimbras, para garantizar un flujo sin restricciones. (www.concretos.galeon.com/c4.htm, 2012)

2.4.3 CONCRETO EXPANSIVO

El concreto expansivo o concreto compensador de contracción, en el cual se usan cementos expansivos o aditivos expansores, se expande después del fraguado y durante el proceso de endurecimiento hasta en una cantidad igual o ligeramente superior que la cantidad de contracción por secado esperada en una mezcla de concreto convencional. (Sánchez, 1998).

Este tipo de concreto es usado en losas de concreto, pavimentos, y particularmente en trabajos de reparación de estructuras para minimizar la aparición de grietas por contracción de secado. (Sánchez, 1998)

2.4.4 CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA

Son los concretos con una resistencia a la compresión mayor a 400 Kg/cm² (5.000 psi) los cuales pueden ser bombeados.

El concreto de alta resistencia es sometido a fuerzas más altas logrando así un aumento en su calidad lo que genera resultados más económicos.

Las pruebas continuas de materiales cementantes (cemento, ceniza volante y microsílíce), aditivos retardantes y reductores de agua de alto rango, agregados muy

bien seleccionados y gradados, y un claro entendimiento de la Tecnología del Concreto, han permitido el desarrollo de mezclas óptimas, diseñadas para obtener propiedades específicas, que se han denominado “Concreto de comportamiento diseñado”. A ellas, pertenece el concreto de alta resistencia” (Sánchez, 1998)

Las precauciones que se deben tener con el concreto de alta resistencia son las siguientes:

- Las condiciones de curado deben ser las mejores.
- La calidad del concreto se afecta cuando el diseño es alterado debido al adicionamiento de agua, cemento o aditivo en obra.
- No se debe mezclar ni vibrar el concreto que haya iniciado su fraguado cuando se presenta demoras en la obra.
- Cumplir todas las normas referentes a manejo, protección y control del concreto.

El cemento más recomendable para éste tipo de concreto, pero no indispensable, es el Cemento Portland tipo III.

2.4.5 CONCRETOS LIVIANOS CON POLIESTIRENO EXPANDIDO

Son concretos que se obtienen con la mezcla de cemento, arena, agua y perlitas de poliestireno pre-expandidas o poliestireno expandido molido, cuya densidad superficialmente seca no es mayor a 1.840 Kg/m³ (Vélez, 2007)

El poliestireno expandido es un agregado sintético, con granulometría establecida, hidrófobo y auto extingible, que al ser sometido a procesos adicionales de expansión y recubierto con un aditivo especial, logra una distribución homogénea dentro de la mezcla, evitando problemas de segregación y flotación, siendo éstos dos problemas la principal dificultad al realizar concretos con un icopor convencional. (Vélez, 2007)

Las partículas de poliestireno expandido ofrece propiedades tales como peso específico aparentemente muy bajo, excelente aislamiento térmico, escasa absorción de humedad y buena resistencia mecánica. (Vélez, 2007)

2.4.6 CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS (CRF)

El concreto reforzado con fibras es obtenido al adicionar, en el concreto convencional, fibras discontinuas de diferentes formas y tamaños de vidrio (resistentes a los álcalis), plástico, acero, carbono y fibras naturales con una rigidez mayor que la matriz de concreto a la que se va a reforzar. Estas diferencias hacen que se clasifiquen en dos tipos, según el uso específico el cual va en función del trabajo a realizar dentro de la mezcla de concreto y sus características físicas, como son las Microfibras y las Macrofibras. (Vélez, 2007)

Las Microfibras son las fibras de plástico, polipropileno, polietileno o nylon, las cuales ayudan a reducir la segregación de la mezcla de concreto y a su vez previenen la formación de fisuras durante las primeras horas de su colocación o mientras la mezcla permanece en estado plástico. (Vélez, 2007).

Las Macrofibras son las que corresponden al acero, vidrio, materiales sintéticos o naturales, las cuales son utilizadas como refuerzo que se distribuye en todo el espesor del elemento orientado en cualquier dirección. (Vélez, 2007)

Con el concreto reforzado con fibras se incrementa la resistencia al impacto, se controla las grietas por cuestiones de fallas durante la vida útil del elemento y brindan mayor resistencia a la fatiga. (Vélez, 2007)

Las fibras utilizadas para reforzar los concretos pueden ser sintéticas orgánicas como el polipropileno y el carbón, sintéticas inorgánicas como el acero y el vidrio o naturales como la lechuguilla, cortezas, etc.

Fibras sintéticas orgánicas: Entre éstas, se tienen las fabricadas de polipropileno, poliéster, polietileno acrílico, aramida, carbón y nylon.

Las investigaciones han comprobado que, las fibras sintéticas, diseñadas debidamente, pueden utilizarse como alternativa tradicional de la malla electrosoldada, asegurando una tenacidad acorde con las necesidades de diseños estructural. (ICONTEC, 2007). Se presentan dos ventajas en éste tipo de fibra, la primera es que en estado endurecido incrementa la tenacidad y la resistencia al impacto mientras que en el estado fresco ayuda en el control de la contracción plástica; la segunda es que controla la aparición de fisuras durante la vida útil de la estructura brindando mayor resistencia a la fatiga. La desventaja de las fibras sintéticas en el concreto es que el costo es elevado. (Barajas y Oquendo, 2011).

El polipropileno y el nylon son materiales empleados como microfibras destinadas a prevenir la fisuración del concreto en estado fresco o durante edades tempranas debido a la retracción plástica. Se utilizan bajas dosificaciones en masa, de alrededor de 1 Kg/m³. (ICONTEC, 2007)

Los polímeros son utilizados para elementos prefabricados, elementos relacionados con estructuras para tránsito y transporte y también para reparar superficies deteriorados de pavimentos en vías, puentes, pisos y presas. (Barajas y Oquendo, 2011).

Los resultados de un estudio experimental realizado en el Laboratorio de Materiales del Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, evalúa el comportamiento del concreto por la adición de fibras de polipropileno. Este estudio comprende la fabricación de mezclas de concreto con dos tamaños de agregado grueso (9.5 y 19.0 mm), y cuatro contenidos de fibras de polipropileno (0, 1, 3 y 5 kg/m³), en mezclas con revenimiento promedio de 100 mm y una resistencia nominal a compresión de 300 kg/cm². Se evalúan las propiedades, en estado plástico, de revenimiento, masa unitaria, aire atrapado y agrietamiento por contracción plástica, así como las propiedades mecánicas de resistencia a compresión, a tensión por compresión

diametral, a flexión, al impacto, módulo elástico, contracción por secado y tenacidad. (Mendoza, Aire y Dávila, 2011).

Para la etapa de mezclado de los materiales se recomienda añadir las fibras al concreto durante la operación de mezclado. Usualmente se empacan de manera suelta en bolsas degradables que se agregan a la mezcla en la planta de dosificación y mezclado, o se vierten al camión mezclador en el lugar de la obra. Es preferible la primera opción porque permite tener mejor control en su consumo y un mezclado eficiente que garantice la uniformidad de su distribución en la masa de concreto. (Mendoza, Aire y Dávila, 2011).

Se muestra el consumo y la proporción de los componentes de los concretos en la Tabla 1.

Material	Consumos de material en kg/m ³	
	Grava de 19.0 mm	Grava de 9.5 mm
Cemento	362	426
Agua	177	214
Arena	742	772
Grava	936	836
Aditivo (solo en M4), ml	1373	-
Relación agua/cemento	0.49	0.50
Proporción arena-grava	0.44-0.56	0.48-0.52

Tabla 1. Consumo y proporción de los componentes de los concretos.

Fuente: Mendoza, Aire y Dávila, 2011

Para la colocación del concreto reforzado con fibras sintéticas, se puede utilizar el mismo equipo convencional de colocación tal como canaletas de camión, cubos con descarga inferior, bandas transportadoras y bombas. El equipo debe estar limpio y en buenas condiciones para asegurar que el concreto fluya fácilmente. La compactación se debe lograr mediante un vibrado externo para garantizar una distribución uniforme de las fibras, distribución que se altera con un vibrado por inmersión. (Mendoza, Aire y Dávila, 2011).

En la tabla 2 se muestra la resistencia a compresión de los concretos ensayados a edades de 7 y 28 días, para las mezclas hechas con agregados gruesos de 9.5 y 19.0 mm de tamaño máximo y arena sin lavar y lavada, respectivamente.

Mezclas con gravas de 19.0 mm y arena sin lavar			
	Resistencia a compresión, f_c, kg/cm²		f_c 7 días/f_c 28 días
	7 días	28 días	
M1 (0 kg de fibra/m ³)	238	366	0.65
M2 (1 kg de fibra/m ³)	241	346	0.70
M3 (3 kg de fibra/m ³)	230	334	0.69
M4 (5 kg de fibra/m ³)	252	365	0.69
Mezclas con gravas de 9.5 mm y arena lavada			
M5 (0 kg de fibra/m ³)	251	350	0.72
M6 (1 kg de fibra/m ³)	264	352	0.75
M7 (3 kg de fibra/m ³)	243	336	0.72
M8 (5 kg de fibra/m ³)	247	334	0.73

Tabla 2. Resistencia a compresión de los concretos con y sin fibras.
Fuente: Mendoza, Aire y Dávila, 2011

En los resultados se puede observar que no existe modificación en la resistencia en la incorporación de las fibras; aunque hay una tendencia a la disminución de la resistencia con el consumo de fibra, esta reducción se debe a que se reduce la consistencia y, por tanto, la compactación que se puede lograr. Al modificar por la incorporación de un aditivo superfluidificante (mezcla 4) se incrementa la consistencia, igualando la resistencia a la alcanzada en los concretos sin fibra. A la mezcla 8 no se le incorporó el aditivo superfluidificante para restaurar el revenimiento y, por tanto, no mejoró la compactación la resistencia a compresión. (Mendoza, Aire y Dávila, 2011).

En la Tabla 3 se presentan la resistencia a compresión, el módulo de elasticidad, la relación de Poisson, la deformación unitaria máxima y la relación $E/\sqrt{f_c}$, obtenida del ensayo de las diferentes mezclas.

Identificación	Resistencia a compresión, f_c , kg/cm ²	Módulo de elasticidad, E, kg/cm ²	Relación de Poisson, μ	Deformación unitaria máxima. ϵ_c	$E_c / \sqrt{f_c}$
Mezclas con gravas de 19.0 mm y arena sin lavar					
M1	366	241 986	0.26	0.0026	12 649
M2	346	233 255	0.22	0.0027	12 540
M3	334	248 975	0.21	0.0023	13 623
M4	365	247 108	0.24	0.0027	12 934
Mezclas con gravas de 9.5 mm y arena lavada					
M5	350	235 247	0.20	0.0029	12 435
M6	352	227 437	0.21	0.0030	11 918
M7	336	236 212	0.26	0.0025	12 615
M8	334	218 428	0.23	0.0033	11 827

Tabla 3. Propiedades elásticas de los concretos con fibras.

Fuente: Mendoza, Aire y Dávila, 2011

De acuerdo con los resultados de los ensayos, no se observan cambios en la rigidez del concreto por la incorporación de la fibra, conservando valores similares los concretos con o sin fibras sintéticas de polipropileno. La deformación unitaria máxima resultó la prácticamente la misma para ambos concretos. (Mendoza, Aire y Dávila, 2011).

El tamaño del agregado grueso origina un ligero cambio en la rigidez del concreto. Las mezclas de concreto con gravas más pequeñas requieren mayor cantidad de mortero y , por tanto, son más deformables. (Mendoza, Aire y Dávila, 2011).

En la Tabla 4 se presentan los resultados del ensayo a flexión de vigas de concreto reforzado con diferentes porcentajes de fibras, tanto para los concretos con gravas de 19.0 mm de tamaño máximo y arena sin lavar, como para los concretos con gravas de 9.5 mm de tamaño máximo y arena lavada.

Identificación	Resistencia a compresión, f_c , kg/cm ²	Resistencia a flexión, f_f , kg/cm ²	f_f/f_c , %	$f_f/\sqrt{f_c}$
Mezclas con gravas de 19.0 mm y arena sin lavar				
M1 (0 kg de fibra/m ³)	366	35	9.6	1.83
M2 (1 kg de fibra/m ³)	346	39	11.3	2.10
M3 (3 kg de fibra/m ³)	334	39	11.7	2.13
M4 (5 kg de fibra/m ³)	365	40	11.0	2.10
Mezclas con gravas de 9.5 mm y arena lavada				
M5 (0 kg de fibra/m ³)	350	48	13.7	2.56
M6 (1 kg de fibra/m ³)	352	35	9.9	1.89
M7 (3 kg de fibra/m ³)	336	41	12.2	2.22
M8 (5 kg de fibra/m ³)	334	43	12.9	2.34

Tabla 4. Resistencia a tensión por flexión.
Fuente: Mendoza, Aire y Dávila, 2011

Los resultados de ensayo demuestran que no se puede generalizar el efecto de la incorporación de la fibras en la resistencia a tensión, ya que en algunas mezclas las fibras incrementan la resistencia y en otras la reduce. Las relaciones entre las resistencias a tensión y compresión encontradas en el estudio son las usuales para los concretos sin fibras. (Mendoza, Aire y Dávila, 2011).

En la Tabla 5 se muestran los resultados de los ensayos a tensión por compresión diametral, siendo clara la influencia de las fibras en la ductilidad del concreto a la falla.

Identificación	Resistencia a compresión, f_c , kg/cm ²	Resistencia a tensión, f_t , kg/cm ²	f_t/f_c , %	$f_t/\sqrt{f_c}$
Mezclas con gravas de 19.0 mm y arena sin lavar				
M1 (0 kg de fibra/m ³)	366	29	7.9	1.52
M2 (1 kg de fibra/m ³)	346	30	8.7	1.61
M3 (3 kg de fibra/m ³)	334	29	8.7	1.59
M4 (5 kg de fibra/m ³)	365	32	8.8	1.67
Mezclas con gravas de 9.5 mm y arena lavada				
M5 (0 kg de fibra/m ³)	350	34	9.6	1.80
M6 (1 kg de fibra/m ³)	352	31	8.7	1.63
M7 (3 kg de fibra/m ³)	336	30	9.1	1.66
M8 (5 kg de fibra/m ³)	334	33	9.9	1.80

Tabla 5. Resistencia a tensión por compresión diametral.
Fuente: Mendoza, Aire y Dávila, 2011

Las relaciones entre las resistencias a tensión y compresión son las usuales para estos ensayos y como se observa no hay diferencia significativa entre los valores determinados para los concretos sin fibras y los que sí las incluyen. (Mendoza, Aire y Dávila, 2011).

En la Tabla 6 se presentan los resultados del ensayo de resistencia al impacto, en términos del número de impactos requeridos para producir el agrietamiento inicial y total de las muestras de concreto con o sin fibras.

Identificación	Resistencia al impacto. Número de impactos	
	Primera grieta (C. con fibra/C. sin fibra)	Grieta última (C. con fibra/C. sin fibra)
Mezclas con grava de 19.0 mm y arena sin lavar		
M1 (0 kg de fibra /m ³)	347 (1.00)	350 (1.00)
M2 (1 kg de fibra /m ³)	225 (0.65)	255 (0.73)
M3 (3 kg de fibra /m ³)	446 (1.28)	490 (1.40)
M4 (5 kg de fibra /m ³)	693 (2.00)	764 (2.18)
Mezclas con grava de 9.5 mm y arena lavada		
M5 (0 kg de fibra /m ³)	553 (1.00)	555 (1.00)
M6 (1 kg de fibra /m ³)	639 (1.15)	667 (1.20)
M7 (3 kg de fibra /m ³)	706 (1.28)	776 (1.40)
M8 (5 kg de fibra /m ³)	815 (1.47)	969 (1.75)

Tabla 6. Resistencia al impacto de los concretos con y sin fibras.

Fuente: Mendoza, Aire y Dávila, 2011

La Tenacidad de los concretos se mide como el área bajo la curva esfuerzo-deformación obtenida del ensayo en flexión de vigas realizado con cargas aplicadas a los tercios de claro y con control de la velocidad de desplazamiento al centro del claro. (Mendoza, Aire y Dávila, 2011).

Entre las acciones que originan el agrietamiento del concreto se encuentra la contracción del concreto por pérdida de humedad, cuando los elementos estructurales están restringidos para contraerse libremente. La rapidez con que se presenta la pérdida de humedad está asociada a la temperatura y humedad relativa ambiente, la velocidad del viento, el área expuesta del elemento y otros factores intrínsecos del concreto, como la capacidad de sus materiales componentes para retener humedad en su interior. (Mendoza, Aire y Dávila, 2011).

El empleo de fibras de polipropileno en las mezclas de concreto modifica su consistencia cuando los consumos de fibra son elevados (del orden de 5 kg/m³ o superiores). La masa unitaria y el contenido de aire atrapado se modifican ligeramente. Por su parte, los

consumos de fibras de polipropileno igual o mayor a 3 kg/m^3 de concreto, reduce en forma importante el agrietamiento por contracción plástica. (Mendoza, Aire y Dávila, 2011).

La resistencia a compresión, el módulo de elasticidad, la relación de Poisson y la deformación unitaria a la falla por compresión no se modifican en forma significativa por la inclusión de fibras hasta para consumos de 5 kg/m^3 . La resistencia a tensión por flexión se modifica, aunque la tendencia no queda definida totalmente ya que en algunos casos la incrementa y en otros la reduce. La resistencia a tensión determina en forma indirecta se modifica en menor cuantía, pero también sin tendencia definida.

La resistencia del concreto al impacto se incrementa en forma significativa con el consumo de fibras de polipropileno, siendo en algunos casos, mayor al doble para consumos de fibra de 5 kg/m^3 de concreto.

La tenacidad del concreto al impacto se incrementa en forma importante con el consumo de fibra, sobre todo en las mezclas con agregados de 9.5 mm y arena lavada. LA contracción por secado se reduce en forma importante con el consumo de fibras, sobre todo en las mezclas con agregado grueso de 9.5 mm y arena lavada. (Mendoza, Aire y Dávila, 2011).

Fibras sintéticas inorgánicas: Dentro de éste grupo se encuentra el vidrio y el acero. El vidrio molido se ha implementado para mejorar el desarrollo de tensión y flexión de las mezclas de concreto. (Barajas y Oquendo, 2011). La forma de las fibras de acero es variable, recta, ondulada o con aplastamientos. Normalmente tienen deformaciones a lo largo de la fibra o en sus extremos. Esta última modalidad es más eficaz para aumentar la adherencia en el concreto. (ICONTEC, 2007).

El acero es el material que más se emplea en las fibras, los reducidos porcentajes en volumen de fibras (inferior al 1 %) se emplean para reducir la formación de fisuras por contracción. Las más comunes son las fibras de acero redondas que se producen a través del corte de alambres y generalmente tienen diámetros que varían entre los 0.25 y 1 mm. Los volúmenes medios (entre el 1 y el 2%) mejoran la resistencia a tensión,

flexión y torsión, la tenacidad contra rotura y la resistencia al impacto, mejorando la resistencia hasta tres veces la del concreto simple. (Perrie, 2008).

Para comparar una fibra con otra se utilizan tres conceptos: relación de esbeltez, anclaje y resistencia a la tracción del alambre. Las dosificaciones de fibras de acero oscilan normalmente entre 15 y 25 Kg/m³ para pisos convencionales. En pisos sin juntas, normalmente se emplean dosificaciones mayores de 30 Kg/m³ y para concretos lanzados es de 40 Kg/m³. (ICONTEC, 2007).

Fibras naturales: Este tipo de fibra se encuentra disponible en grandes cantidades y su costo es bastante bajo, esto hace que sus ventajas sean competitividad en calidad. La desventaja son las deficiencia respecto a su durabilidad, por lo tanto, la clave se encuentra en la protección que tenga la fibra y de sus características de impermeabilidad factores que definen su durabilidad. (Barajas y Oquendo, 2011).

El ensayo adecuado para medir la fluidez en éste tipo de concreto es por medio del cono invertido, en el cual se utiliza una vibración interna.

En ensayos de flexión sobre vigas o placas se registran la carga y la deflexión, que ayudan a determinar la tenacidad en éste tipo de concreto.

La propiedad de resistencia al impacto normalmente se obtiene de un ensayo que incluye una tableta, simplemente apoyada en su perímetro, el centro de la cual se deja caer varias veces una esfera desde una altura estándar. (ICONTEC, 2007)

2.4.7 CONCRETO LANZADO

Este nombre se le da al concreto transportado por una manguera y proyectado neumáticamente a alta velocidad contra una superficie. La fuerza que se utiliza para lanzar el chorro, compacta el material con la superficie de manera que no se resbale ni se caiga con un plano vertical o en un techo. (Reyes, 2012)

De acuerdo con la ACI, Cemex y Lanzacreto, éstos son actualmente los usos y aplicaciones más comunes del concreto lanzado (Reyes, 2012):

- Estabilidad de taludes y muros de contención
- Cisternas y tanques de agua
- Albercas y lagos artificiales
- Rocas artificiales (rockscaping)
- Canales y drenaje
- Rehabilitación y refuerzo estructural
- Recubrimiento sobre panel de poliestireno
- Túneles y minas
- Muelles, diques y represas
- Parabolooides, domos geodésicos y cascarones
- Concreto refractario para chimeneas, hornos y torres

Para la determinación de la dosificación del concreto, es necesario realizar diferentes mezclas para ensayarlas. Dentro de las mezclas, se debe realizar una sin acelerante, la cual debe alcanzar una resistencia superior a la especificada. (Rey, 2007)

SISTEMA DE MEZCLA SECA: Este sistema consta de varias fases y requiere equipos especializados. Es un procedimiento mediante el cual todos los componentes del concreto se mezclan previamente, excepto el agua, que se añade a la boquilla antes de lanzarse la mezcla, la cual se transporta en seco, neumáticamente y a través de mangueras, hasta la boquilla. (Rey, 2007)

SISTEMA DE MEZCLA HUMEDA: Posee propiedades específicas que se manifiestan a través de la naturaleza del método de colocación. La mezcla húmeda obtiene concretos de propiedades equivalentes a la mezcla seca con técnicas de dosificación y aditivos, pero con resultados de disminución importante de la dispersión de resultados, causa y preocupación del control de aplicación. (Rey, 2007)

SISTEMA DE MEZCLA SEMI-HUMEDA: Este sistema, idéntico en sus primeras fases al de la mezcla seca, difiere de éste porque adiciona el agua a unos 5 m de la boquilla. Una de las ventajas de éste sistema es que evita el polvo resultante del lanzado. (Rey, 2007)

Respecto al equipo necesario para la aplicación del concreto lanzado, Salvador Uribe Aldana, director de Lanzacreto (empresa especializada en la aplicación del concreto lanzado desde 1978) menciona el siguiente (Reyes, 2012):

- Compresor de aire de 300 a 900 CFM (ft³/mín.) 100 psi (lb/in²), mangueras y conexiones (ft³ = pies cúbicos) (in² = pulgadas cuadradas)
- Lanzadora de concreto vía seca o bomba de concreto vía húmeda y mangueras y conexiones
- Revolvedora de un saco o sacos premezclados para vía seca o trompos de concreto premezclado para vía húmeda
- Bomba de agua de alta presión y mangueras y conexiones para vía seca
- Andamios y/o plataforma de elevación
- Equipo de seguridad: casco, lentes, botas, mascarilla, guantes, arnés, protección auditiva
- Accesorios y herramientas: acero de refuerzo como varilla o malla electrosoldada, anclajes, reglas para emparejar y cortar, alambre, llanas, planas, cucharas y otro.

En las figuras 01 y 02 se muestra equipo en obra para la aplicación de este tipo de concreto.



Figura 01

<http://www.imcyc.com/cyt/abril02/conclanzado.htm>

Marzo 15 de 2012



Figura 02

<http://es.scribd.com/doc/58132781/Tecnologia-Concreto-y-Mortero-Rivera-Unicauca>

Marzo 15 de 2012

Para poder asegurar la calidad de un trabajo de concreto lanzado, se deben considerar los siguientes puntos:

- Diseño adecuado de la mezcla: especificar resistencia a la compresión, proporción de cemento, agregados, agua, aditivos, fibras, etc.
- Preparación de la superficie sobre la que se va a lanzar: debe estar libre de polvo, aceite, agua y materiales extraños sueltos.
- Mezclado de materiales de acuerdo con el diseño.
- Aplicación por parte de un boquillero con experiencia para reducir al mínimo el rebote y las oquedades detrás del acero de refuerzo.
- Curado como cualquier concreto.

2.4.8 CONCRETO AUTOCOMPACTADO (SCC)

Es definido como aquel concreto que tiene la propiedad de consolidarse bajo su propio peso sin necesidad de vibrado, sin tener en cuenta si son elementos estrechos y densamente armados.

El concreto auto-compactado hace parte de la familia de los concretos de alto desempeño y que son capaces de obtener fluidez sin segregación, auto-compactándose por sí solo logrando asegurar la continuidad del concreto endurecido. (Martínez, 2000)

Comparado con el material convencional, el SCC tiene beneficios, como son:

- Reducción en las labores de colocación.
- Menores tiempos de fundida.
- Mejores acabados superficiales.
- Reducción de los niveles de ruido.

El concreto autocompactado tiene la habilidad de fluir, de pasar de zonas con alta concentración de refuerzo, y la capacidad de llenar los espacios para no dejar vacíos y evitar la segregación. (GODDIER, 2008).

Un ensayo más práctico para ser aplicado en el sitio es el ensayo de Flujo T50. Este utiliza el actual cono para determinar el asentamiento, pero en lugar de medirse la altura del cono, se mide el diámetro de dispersión. (GODDIER, 2008)

El tiempo para que el flujo alcance un diámetro de 50 cm se conoce como el tiempo "T50", cuya medición es importante. Otra variante consiste en rodear el cono de asentamiento con un anillo de acero de 300 mm y se conoce como Anillo "J". (GODDIER, 2008)

Para la autocompactación se requiere de un diámetro de flujo de por lo menos 650 mm, con un tiempo "T50" de 2 a 7 s. Se debe observar cuidadosamente el esparcimiento del concreto en los bordes. (GODDIER, 2008)

El ensayo de índice visual de estabilidad (IVE) se realiza después de efectuado el ensayo de extensión de flujo y es un valor cuantitativo/cualitativo de mucha utilidad y que califica el grado de retención de la mezcla en la exudación de la pasta y lechada. (GODDIER, 2008).

2.4.9 CONCRETO MASIVO

Las estructuras masivas de concreto aparecen en las grandes obras con alguna periodicidad. Sin embargo pueden presentarse en cualquier tipo de construcción donde se manejen dimensiones de elementos con espesores superiores a los 60 cm. Es aquí donde el técnico generalmente no identifica los problemas que enfrenta hasta cuando aparecen las fisuras. (Arcila, 2002)

La norma del Instituto Americano del Concreto ACI 116-R define un concreto masivo como “una masa de concreto cuyas dimensiones son lo suficientemente grandes para que obliguen a poner especial atención a la generación de calor debida a la hidratación del cemento y a controlar los cambios volumétricos de la estructura, con el objetivo de minimizar los agrietamientos”. (Arcila, 2002)

Los inicios del concreto masivo datan del año 1900 y para el año de 1945 la introducción de aditivos comienza con los incorporadores de aire a la mezcla para construir estructuras que iban a ser objeto de un fuerte intemperismo. Para los 50 se reconoce la importante y benéfica ayuda de los reductores de agua, para reducir cemento y de paso el calor de hidratación, y de los retardadores, para el aumento del tiempo de manejabilidad y disminución del pico de temperatura. Este tipo de concreto es bastante antiguo, y hoy día ha sufrido pocos cambios, exceptuando la técnica de colocación por vibrocompactación conocida como Concreto Compactado con Rodillo (CCR). (Arcila, 2002)

Para el diseño de estructuras masivas, es clave la durabilidad, la economía y la generación de calor, además de tener en cuenta la selección y combinación de los antes mencionados con la manejabilidad, estabilidad dimensional, ausencia de agrietamiento, resistencia adecuada y baja permeabilidad, ésta última en caso de estructuras hidráulicas. La resistencia mecánica es lograda sin inconvenientes lo que hace que sea pasada a un segundo plano. Entre las estructuras masivas se tienen las presas de gravedad y grandes macizos de cimentaciones, las cuales soportan la carga en virtud de sus dimensiones y su masa; como factor secundario se tiene la resistencia a compresión. Gracias a los datos proporcionado por el experto en materiales, el calculista define los requerimientos de refuerzo para controlar retracciones y asumir las tensiones debidas a los cambios volumétricos. (Arcila, 2002)

Los materiales para elaborar el concreto masivo con los mismos que se utilizan para cualquier tipo de concreto, cemento, arena, grava, aditivos, y en algunas ocasiones con adiciones puzolánicas. Su importancia radica en su comportamiento térmico. La práctica

de enfriar los componentes de la mezcla para conseguir una baja temperatura del concreto arranca en la década de los 40. Se empezó a implementar el control de la temperatura del concreto masivo enfriando con hielo el agua de amasado o también el uso de escarchada de hielo. También los agregados comenzaron a ser enfriados mediante la aplicación de agua helada. (Arcila, 2002)

2.4.10 CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO (CCR)

Este concreto consiste en una mezcla homogénea de cemento o materiales cementantes, agregados y poca agua, que exige para su colocación una energía de compactación alta (por su consistencia seca), obtenida por medio de vibración externa que se logra con el uso de equipos de rodillo vibratorio. Más que un nuevo material es un nuevo método de construcción con el cual se busca obtener beneficios específicos. (Sánchez, 1998)

El desarrollo que ha tenido el CCR en la última década es debido a los menores costos de construcción, al desarrollo de equipos de mezclado, transporte, compactación, y al uso de conglomerantes de bajo calor de hidratación que han permitido un avance significativo de la técnica, resolviendo en gran medida los problemas que presentaban las construcciones de presas en concreto convencional o en materiales sueltos. (Santaella, 1999).

Las propiedades más importantes de un concreto compactado con rodillo, cuando es utilizado en la construcción de presas son: la permeabilidad, la resistencia a la cizalladura (cohesión y ángulo de fricción) y la resistencia a los esfuerzos de tensión. En el caso de los pavimento, además de las anteriores ventajas, la distancia entre juntas de contracción es mayor, debido a que por el bajo contenido de agua, la retracción hidráulica y el desprendimiento del calor de hidratación son menores. (Riviera, 2011).

Las desventajas más importantes de la presas de materiales sueltos son: la probabilidad del material ante la ocurrencia de una creciente que sobrepasa la cresta de la presa ya

terminada o en proceso de construcción, la construcción independiente del aliviadero, tomas y desagües de fondo, el volumen de material necesario para la construcción debido a su sección trapezoidal. Las desventajas de las presas en concreto convencional son: limitación en el uso de equipos pesados, construcción por monolitos independientes con refrigeración artificial interna y separados por juntas transversales que luego se rellenan o inyectan mayor cantidad de cemento a lo que se añade el costo de las formaletas. (Santaella, 1999)

El concreto compactado con rodillo se compacta en una sola capa, utilizando así, los mismos equipos que se utilizan para la compactación del concreto asfáltico, como son:

Rodillo liso vibrante: con carga estática igual o mayor a 30 kg/cm de generatriz, con tracción en el rodillo vibrante. Es el que provee la compactación a éste tipo de concreto, que permitirá una pronta capacidad portante al tránsito, junto a una excelente resistencia mecánica a la tracción en la fase de endurecimiento. (Alonso, 2002)

Rodillo neumático: con una carga de 3000 kg por rueda y presión de inflado mayor o igual a 8 kg/cm². Provee el “amasado y terminación superficial” que el rodillo liso vibratorio no puede lograr. (Alonso, 2002)

2.4.11 CONCRETO POSTENSADO

El preesfuerzo o Postensado se define como un estado especial de esfuerzos y deformaciones que es inducido para mejorar el comportamiento estructural de un elemento. Por medio del preesfuerzo se aumenta la capacidad de carga y se disminuye la sección del elemento. Se inducen fuerzas opuestas a las que producen las cargas de trabajo mediante cable de acero de alta resistencia al ser tensado contra sus anclas. La aplicación de estas fuerzas se realiza después del fraguado, utilizando cables de acero enductados para evitar su adherencia con el concreto. Se colocan, en los moldes de la vida, conductos huecos que contienen a los tendones no esforzados, y que siguen el perfil deseado, antes de vaciar el concreto. (Cabrera, Hernández y Torres, 2008)

Cuando se habla de la Técnica de construcción en concreto Postensado, se refiere al uso de elementos de concreto, de un conjunto de alambrones, torones, cables o tendones de preesfuerzo de alta resistencia, de esfuerzo último $f_{pu} = 1.890 \text{ Mpa}$ (270.000 psi), instalados según curvaturas o trayectorias predefinidas, que se tensionan al 80% de su resistencia una vez el concreto ha adquirido la resistencia inicial de diseño. Debidamente soportados en los extremos con piezas metálicas de anclaje y cuñas de acero de gran resistencia, introducen en la estructura fuerzas reactivas, que alivian los efectos generados por las cargas de gravedad, a la vez que inducen fuerzas de compresión en la pieza estructural, con mejora de su capacidad y resistencia. (Otero, 2009)

El uso de esta tecnología postensada en las edificaciones es de vieja aplicación en países desarrollados, utilizado desde hace más de 60 años. En Colombia fue utilizada a partir de la década de los años sesenta, con la técnica del postensado adherente aplicada en estructuras de edificios de gran importancia en Bogotá y otras ciudades, para luego casi desaparecer del espectro de soluciones constructivas, salvo contados casos, donde se utilizó la tecnología de multitirón adherente, desarrollada básicamente para puentes postensados. A mediados de los años 90, entre 1994 y 1995, fue posible traer la tecnología de monotorón no adherente para todo tipo de regiones.

El desarrollo de la tecnología no adherente ha pasado de los hilos (alambrones de alta resistencia) envueltos con papel y fibras antiadherentes, a la solución que se conoce hoy, en la que los torones de postensado, constituidos por 7 hilos de alambre, están recubiertos por grasa y todo el conjunto de polietileno de alta densidad. Un ejemplo de éste último se observa en la figura 03. (Otero, 2009)



Figura 03
Noticreto 96
Septiembre-Octubre 2009

Entre las ventajas del concreto postensado se encuentran las siguientes (Cabrera, Hernández y Torres, 2008):

- Eficiencia en la utilización del concreto
- Reducción de secciones hasta un 30%
- Reducción de acero de refuerzo a cantidades mínimas
- Aligeramiento de la estructura
- Menos peso de la estructura
- Menor peso de cimientos
- Disminución de los efectos de sismo
- Precisión en diseño utilizando el “Método de Elemento Finito”, que permite: Dimensionar las fuerzas reactivas del preesfuerzo gran precisión y Controlar las deflexiones de los elementos estructurales dentro de límites aceptables.

En los países suramericanos, el uso de este tipo de concreto es en escala muy reducida, debido a desconocimiento de los constructores del bajo costo del sistema, evaluadas de forma integral en la cadena productiva de la construcción. En el mercado colombiano el ahorro puede oscilar entre el 10 y el 17% del costo directo de la

estructura, además de los ahorros inherentes a otros ítems del presupuesto, tales como el menor valor de acabados asociados a los cambios en la estructura y a los costos indirectos, derivados de un menor plazo y presupuesto de construcción. (Otero, 2009)

2.4.12 CONCRETO BLANCO

Este tipo de concreto puede obtenerse de varias maneras, lo importante está en controlar la uniformidad del color durante todo el proyecto. Por tal razón se recomienda conservar un solo proveedor de materiales. (Silva, 2009)

Existen diferentes ventajas del uso de concreto blanco en obras, entre ellas se tienen las siguientes:

- Disminución del consumo de energía en iluminación por su reflectancia.
- Disminución de tiempos de obra al no requerir capas de pintura ni complicados procesos de acabado.
- Reducción de cargas de calefacción y refrigeración
- Destaca el inmueble del entorno.
- Aumenta las opciones de acabado.
- Disminuye los costos de mantenimiento posteriores.

Componentes de la mezcla

El cemento blanco exige mayor esfuerzo de la industria, puesto que debe seleccionar componentes que no contengan hierro, manganeso, ni cromo, entre otros elementos químicos que cambian de color en su proceso. Al igual que el cemento tradicional, está compuesto por materiales calcáreos, yeso y caolines con bajo contenido de las sustancias antes mencionadas pero con alto porcentaje de alúmina; éstos son factores fundamentales para determinar el grado de blancura y el aspecto general, y tal condición

ayuda a controlar desde la mezcla la reacción álcali-agregado, por su bajo contenido de álcali en el cemento.

La ASTM ha estandarizado procesos para la correcta fabricación de este cemento, de igual forma las Normas Técnicas Colombianas establecen requisitos de este material en la norma NTC 1362 Cemento Portland Blanco. (Silva, 2009)

Al igual que en el cemento, la selección de los agregados debe ser la adecuada, porque por más fina que sea la partícula de impureza puede colorear las pasta. Por tanto los agregados deben ser muy bien lavados ya que la petrografía de ellos y sus impurezas influyen en el concreto blanco.

Para mantener la uniformidad en la apariencia, los agregados deben tener una coloración similar, preferiblemente clara, para evitar cierta transparencia en la mezcla y que los agregados parezcan expuestos. En éste tipo de concreto es común el uso de aditivos que aumenten la trabajabilidad como superplastificantes, inclusores de aire y retardantes sin modificar la relación agua/cemento, sin afectar en ningún evento la resistencia de diseño. Dada la baja concentración de éstos elementos, no permite que incidan en el color. (Silva, 2009)

Para el aumento de la resistencia se han utilizado elementos puzolánicos blancos, aplicándose bajo aquellas condiciones en que la estructura tiene amplia sollicitación y debe responder a cargas grandes; de igual forma, es posible disminuir químicamente la permeabilidad, controlando el paso del agua y sustancia que afecten la estabilidad del acero de refuerzo empleado, logrando así, mejorar la durabilidad de la estructura. En las proporciones de la mezcla puede existir un aumento del porcentaje de cemento, para una misma resistencia comparando con el cemento gris. (Silva, 2009)

Colocación

El buen manejo de los encofrados y las herramientas, es fundamental para tener un buen acabado con éste concreto; las formaletas de madera no son recomendables puesto que el material vegetal puede cambiar el color de la mezcla por su capacidad de absorber agua, cabe recordar que el agua absorbida por la formaleta es agua que se resta a la mezcla, y esta particularidad oscurece el color final. Del mismo modo, las formaletas metálicas también pueden afectar el color, si no son cuidadosamente limpiadas y protegidas porque los óxidos de hierro que pueden tener, tienden a colorear superficialmente el concreto. (Silva, 2009)

Al igual que cualquier concreto, el curado del concreto blanco, requiere cuidado y protección especiales, pues en éste proceso pueden producirse manchas o variaciones de color. Se debe considerar un mantenimiento periódico para tener un proyecto perdurable en el tiempo. (Silva, 2009)

3. CONCRETOS ESPECIALES APLICADOS EN OBRAS CIVILES

Las aplicaciones reportadas en la literatura de obras civiles realizadas con concretos especiales, no es amplia. Sin embargo, se realizó consulta en diferentes fuentes, entre estas, la publicación de Noticreto, revista del instituto colombiano de productores de cemento, de los cuales se tuvo en cuenta los que estén dentro del periodo del año 2000 al 2010.

3.1 Casos de Concreto Liviano con poliestireno expandido

3.1.1 Centro Comercial GRAN ESTACION de Bogotá: Aplicación en muros divisorios de 5,1 m de altura, 11 m de largo y 0,12 m de espesor, como se muestra en la figura 04. (Vélez, 2007)



Figura 04

(<http://www.argos.co/site/DesktopModules/Bringmind/DMX/Download.aspxCommandCoreDownloadEntryId24PortalIdTabId64>)

Marzo 15 de 2012

Este tipo de concreto también fue aplicado en la zona de cubiertas.

Como datos de la construcción en general se tiene que el área construída fue de 126.000 m², se empleó 50.000 m³ de concreto, y 2.717 Ton de cemento. Fue inaugurado en el

año 2006. También fue aplicado en la zona de cubiertas.
(www.es.wikipedia.org/wiki/GranEstacion)

3.1.2 Conjunto residencial Labrador: Aplicado en muros de mampostería, nivelación de pisos, rellenos y zonas de terrazas. (Vélez, 2007)

3.2 Casos de Concreto lanzado

3.2.1 Túneles del Batallón – Manizales: Dos túneles con longitudes de 80 y 63 mts., primeros túneles urbanos en suelo. La construcción de estos túneles corresponde al año 2000. (<http://www.asocreto.org.co/rc2010/pdf/PresentacionespreeventosRC2010/Consideraciones/ConcretoenpresasJorgeCamiloDiaz.pdf>, 2010)

En la figura 05 se muestra la construcción y revestimiento en la parte externa de uno de los túneles y en la figura 06 se observa la obra terminada y en normal funcionamiento.



Figura 05

(<http://www.asocreto.org.co/rc2010/pdf/PresentacionespreeventosRC2010/Consideraciones/ConcretoenpresasJorgeCamiloDiaz.pdf>)
Marzo 15 de 2012



Figura06

(<http://www.asocreto.org.co/rc2010/pdf/PresentacionespreeventosRC2010/Consideraciones/ConcretoenpresasJorgeCamiloDiaz.pdf>)

Marzo 15 de 2012

3.2.2 Túnel piloto del Túnel de la línea (2008) y túneles cortos de acceso ha dicho túnel (2007-2009): Se tienen tres túneles cortos de acceso, Túnel la Estrella, Robles y Los Chorros de 326, 882 y 611 mts. de longitud respectivamente.

El Túnel Piloto tiene un diámetro aproximado de 4.4 m., con una longitud de 8.580 m y un tiempo de ejecución de 18 a 24 meses.

(<http://www.asocreto.org.co/rc2010/pdf/PresentacionespreeventosRC2010/Consideraciones/ConcretoenpresasJorgeCamiloDiaz.pdf>, 2010)

En la figura 07 se puede apreciar la construcción desde el interior del Túnel Piloto del Túnel de la línea

Túnel Piloto del Túnel de la Línea:



Figura07

([http://www.asocreto.org.co/rc2010/pdf/PresentacionespreeventosRC2010/Consideraciones/Conc
retoenpresasJorgeCamiloDiaz.pdf](http://www.asocreto.org.co/rc2010/pdf/PresentacionespreeventosRC2010/Consideraciones/Conc
retoenpresasJorgeCamiloDiaz.pdf))

Marzo 15 de 2012

En la figura 08 se observa excavación en el interior de los túneles cortos de acceso al Túnel Piloto del Túnel de la Línea.

Túneles cortos de acceso:



Figura08

([http://www.asocreto.org.co/rc2010/pdf/PresentacionespreeventosRC2010/Consideraciones/Conc
retoenpresasJorgeCamiloDiaz.pdf](http://www.asocreto.org.co/rc2010/pdf/PresentacionespreeventosRC2010/Consideraciones/Conc
retoenpresasJorgeCamiloDiaz.pdf))

Marzo 15 de 2012

3.2.3 Túnel Dosquebradas Armenia – Manizales (2009): Túnel es espiral de 126 mts. de longitud.

(<http://www.asocreto.org.co/rc2010/pdf/PresentacionesfinalesRC2010/tuneles/DesarrollodetunelesvialesenColombiaJorgeArdila.pdf>, 2010)

Se hace un comparativo visual, en la figura 09 y 10, entre el revestimiento en concreto convencional en el túnel Boquerón y el revestimiento en concreto lanzado en el Túnel Dosquebradas.



Túnel del Boquerón - 1998
Revestimiento en concreto convencional



Túnel de Dos quebradas – 2009
Revestimiento en concreto lanzado

Figura09

<http://www.asocreto.org.co/rc2010/pdf/PresentacionespreeventosRC2010/Consideraciones/ConcretoenpresasJorgeCamiloDiaz.pdf>

Marzo 15 de 2012

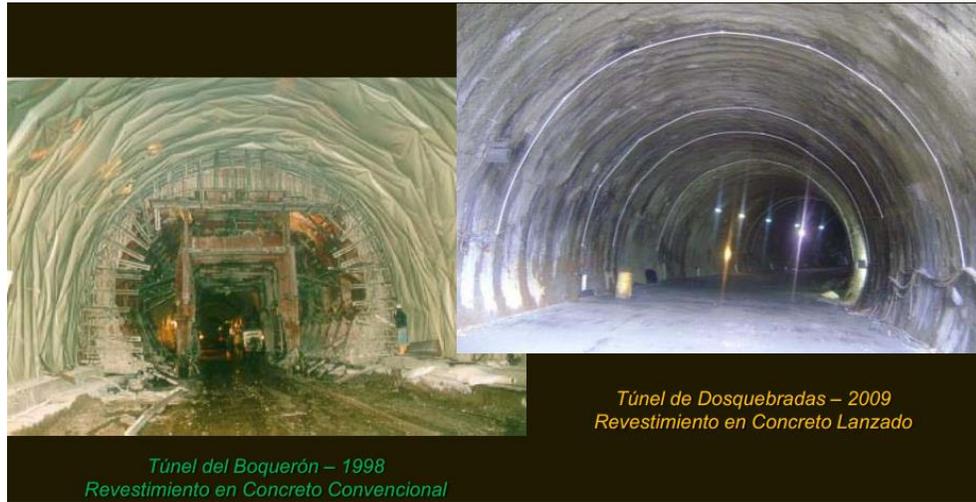


Figura10

<http://www.asocreto.org.co/rc2010/pdf/PresentacionespreeventosRC2010/Consideraciones/ConcretoenpresasJorgeCamiloDiaz.pdf>
Marzo 15 de 2012

3.2.4 Túnel de Sumapaz vía Buga – Buenaventura (2010): este túnel es de 4180 mts. de longitud.

(<http://www.asocreto.org.co/rc2010/pdf/PresentacionesfinalesRC2010/tuneles/DesarrollodetunelesvialesenColombiaJorgeArdila.pdf>, 2010)

En la figura 11 se puede observar actividad de excavación del túnel y en la figura 12 de detalla la obra terminada.



Figura 11

<http://www.asocreto.org.co/rc2010/pdf/PresentacionespreeventosRC2010/Consideraciones/ConcretoenpresasJorgeCamiloDiaz.pdf>



Figura 12

<http://www.asocreto.org.co/rc2010/pdf/PresentacionespreeventosRC2010/Consideraciones/ConcretoenpresasJorgeCamiloDiaz.pdf>

Marzo 15 de 2012

3.2.5 Túnel de Daza (2009): Localizado en Pasto, Nariño, de 1710 mts. de longitud, con una altura máxima de 7.50 mts contando con una calzada bidireccional conformada 2 carriles. Se inicia en Daza y terminará en el parque Janacatú, del sector de Aranda. (<http://www.asocreto.org.co/rc2010/pdf/PresentacionesfinalesRC2010/tuneles/Desarrollod etunelesvialesenColombiaJorgeArdila.pdf>, 2010)

Las obras de construcción de éste Túnel iniciaron por el portal norte en Noviembre de 2009 y se programó para tres años de construcción a partir de esa fecha.

Para que la obra sea eficiente y cumpla con los cronogramas establecidos, DEVINAR S.A, quien es la empresa encargada del dicha construcción, cuenta con dos frentes de obra que trabajan turnos de 12 horas en el día y en la noche, como se observa en la figura 13 y la figura 14, con permanencias para los trabajos de sondeo que se realizan cada 15 días. (Oficina de Comunicaciones y Prensa INCO, 2010)



Figura13
<http://www.inco.gov.co/CMS/news>
Marzo 15 de 2012



Figura14

http://www.pasto.gov.co/index.php?option=com_content&view=article&id=3446eltuneldedazaesunagranrealidadenpastoltemid260
Marzo 15 de 2012

3.2.6 Hidroeléctrica Amoyá ubicada en Chaparral – Tolima (2003): Se descarga en un minimixer para poder ingresar al túnel donde se ubique la bomba de concreto neumático. Sin embargo en casa de máquinas el mixer convencional entra directamente. Para los agregados se toman las recomendaciones del ACI506 y especificaciones de ISAGEN. En el control del concreto lanzado se funden artesas y se procede a extraer núcleos según NTC 3658 (ASTM C42) para ser curados y ensayados a compresión a la edad especificada. También se realiza control de la profundidad de la capa de lanzado sobre el terreno. Se aplica una capa de 10 cm en cualquiera de los tipos de protección. (<http://www.asocreto.org.co/rc2010/pdf/PresentacionespreeventosRC2010/Consideraciones/ConcretoenpresasJorgeCamiloDiaz.pdf>, 2010)

En la figura 15 se detalla el uso de concreto lanzado sin fibra metálica sobre arcos de acero acanalados cada 1.0 mt.



Figura15

(<http://www.asocreto.org.co/rc2010/pdf/PresentacionespreeventosRC2010/Consideraciones/ConcretoenpresasJorgeCamiloDiaz.pdf>)
Marzo 15 de 2012

3.3 Casos de Concreto Blanco

3.3.1 Escuela de Ingeniería de Antioquia, Sede de Pregrados: Esta Escuela constituye la primera etapa de un proyecto ambicioso destinado a las carreras de ingeniería del prestigioso plantel, y fue diseñado en unión temporal por los arquitectos Oscar Mesa, Marco Montes y Javier Vera. El área cubierta es de 30.560 m², y el área descubierta es de 2.883 m². El complejo planeado para recibir 340 vehículos y un kilómetro de senderos peatonales.

Para desarrollar el concepto se buscaron materiales nobles representativos del oficio, que fueron de gran estabilidad y que en sí mismos constituyeran el acabado. Además, que sean de fácil mantenimiento y estén disponibles, por todo lo cual se escogieron el

concreto arquitectónico de color blanco con agregados grises y el bloque de concreto blanco, como se muestra en la figura 16. (Silva, 2009)



Figura16

[.http://www.eia.edu.co/site/Estudiantes/GalerDadelMgenes/tabid/126/Default.aspx](http://www.eia.edu.co/site/Estudiantes/GalerDadelMgenes/tabid/126/Default.aspx)
Julio 26 de 2012

Esta obra arquitectónica exigió una impecable ejecución y trabajo en equipo para obtener un concreto de excelente calidad, cuyo terminado no necesitó de revoques, enchapes ni revestimientos posteriores. Como dato adicional, en esta obra se usó el sistema estructural combinado y fue finalizada en el año 2008. (Silva, 2009)

En las figuras 17 y 18 se observan detalles estructurales de entresijos y muros.



Figura17
Noticreto 94
Mayo-Junio 2009



Figura 18
Noticreto 94
Mayo-Junio 2009

4. DISCUSIÓN

Estudios afirman que, el concreto, al igual que el agua, es la sustancia más utilizada en el mundo, esto considerando su numerosa posibilidad de uso en la construcción, además de la disponibilidad de sus componentes, lo cual permite su adaptación al medio y sus necesidades, logrando así, la evolución de la tecnología del mismo. Por lo tanto, son variadas las posibilidades de concretos modificados y ajustados a las necesidades del medio en donde se utiliza. Por ejemplo, obras en cuyo interior se requiere el manejo de rayos x, gamma y de radiación de neutrones es conveniente el uso de concreto pesado, el cual también es recomendable en sitios en donde la protección biológica es una exigencia.

El concreto expansivo por su parte, es utilizado en losas de concreto, en pavimentos y reparación de estructuras para lograr minimizar la aparición de grietas por contracción de secado, y aunque no se encuentran registros documentados del uso de este tipo de concreto a nivel de Colombia, si representan una alternativa en este tipo de obras por la durabilidad que proveen.

Megaproyectos como el Viaducto de la Novena en Bucaramanga, requieren un tipo de concreto especial, de alta resistencia, para cuyo diseño fue necesario la contratación de recurso humano extranjero, desconociendo el capital de la región santandereana. Al respecto, el grupo de Investigación DeCoR está adelantando una investigación relacionada con el tema, en donde se utilizarán residuos de aplicaciones industriales y viscocrete.

El concreto reforzado con fibras incrementa la resistencia al impacto, además controla las grietas por cuestiones de fallas durante la vida útil del elemento y brinda mayor resistencia a la fatiga. Este tipo de concreto si se ha utilizado en Colombia en proyectos de vivienda en donde los muros divisorios y cubiertas se construyeron en concreto liviano con poliestireno, obteniéndose una mezcla de mejor calidad, por cuanto la misma al estar sometida a procesos de expansión, logró una distribución uniforme dentro de la

mezcla evitando inconvenientes de segregación y flotación, los cuales son los que se presentan con el uso de icopor convencional. Además el poliestireno ofreció un excelente aislamiento térmico. Se destacan las obras de el Centro Comercial la Gran Estación y el conjunto residencial el Labrador en Bogotá.

El crecimiento de la población ha llevado a realizar numerosas construcciones y mejoramientos para satisfacer las necesidades del ser humano. Por lo tanto, es importante llevar a cabo proyectos con tecnología de punta y sobre todo con calidad, ya que las complicaciones en cuanto a los cambios climáticos y emergencias que se viven día a día, lleva a los ingenieros a utilizar lo mejor para que sus obras sean excelentes y cumplan a cabalidad con la normas de calidad y seguridad que se requieren.

Los desplazamientos de un lugar a otro se están viendo amenazados por los estragos de la naturaleza, las carreteras están sufriendo graves daños y el hombre se está viendo afectado con los deslizamientos que las lluvias están provocando. Además, Colombia está compuesta por un sistema montañoso bastante amplio, lo cual obliga a que las nuevas carreteras, que son el reemplazo de las ya averiadas, sean ubicadas en medio o dentro del mismo, lo cual implica obras de mayor magnitud, las cuales requieren que el concreto obtenga una resistencia a la compresión de 3.000 hasta 6.000 psi. Inicialmente el concreto lanzado fue desarrollado precisamente para aumentar la resistencia a la compresión. Por todo esto, es recomendable el uso de concretos especiales para construcción de túneles viales y sus obras adicionales.

Por los diferentes proyectos que se han venido realizando en Colombia y los logros obtenidos en ellos, es factible, que en la construcción de túneles, la opción más favorable sea la utilización del concreto lanzado. Este tipo de concreto logra la optimización de tiempos y recursos el cual benefician el desarrollo de los proyectos. Los proyectos sobresalientes, en donde el concreto lanzado fue utilizado fueron: túnel de la Hidroeléctrica Amoyá, los túneles del Batallón – Manizales, Túnel piloto del Túnel de la línea y túneles cortos de acceso ha dicho túnel, el Túnel Dosquebradas Armenia –

Manizales, el Túnel de Daza, localizado en Pasto y el Túnel de Sumapaz vía Buga – Buenaventura.

El concreto autocompactado es práctico, facilita el llenado de secciones restringidas y áreas de difícil acceso, también presenta mejor adherencia con el refuerzo. Además ahorra costos de colocación y mano de obra. En la creación de estructuras arquitectónicas es factible utilizarlo puesto que el concreto convencional no lo lograría.

En la construcción de presas, el uso de concreto compactado con rodillo, obtiene mayor permeabilidad, aumenta la resistencia a la cohesión y ángulo de fricción al igual que la resistencia a los esfuerzos de tensión. Estas propiedades también se presentan cuando se utiliza éste tipo de concreto en los pavimentos, pero también hace que la distancia entre juntas de contracción sea mayor. Los equipos de compactación son similares a los usados en el concreto asfáltico. El concreto masivo es de gran utilidad para las grandes estructuras las como son las presas y grandes macizos de cimentación, donde es de gran importancia controlar la temperatura del concreto para minimizar los agrietamientos.

El uso del concreto postensado en Suramérica no es muy común, debido al desconocimiento de sus ventajas y beneficios como son el bajo costo del sistema. Sin embargo, es de gran utilidad para construcciones de edificios y puentes de grandes dimensiones.

Existen proyectos que, adicionalmente, buscan proporcionar a sus usuarios la apreciación de los acabados de las estructuras, que observen la armonía que presentan. Para esto se encuentra la aplicación de concretos arquitectónicos, como lo es el uso del concreto blanco, el cual una de sus ventajas es destacar el inmueble del entorno, también disminuye el consumo de energía y los tiempos de obra al no necesitar de capas de pintura, y, además, los costos de mantenimiento posterior de igual manera disminuyen. Se destaca en este tipo, la sede de Pregrados de la Escuela de Ingeniería de Antioquia.

Con los grandes y rápidos avances tecnológicos, se encuentra la aplicación de la nanotecnología en procesos constructivos de la ingeniería civil. Un campo de investigación es el cemento nanoestructurado, el cual facilitaría su aplicación y con la capacidad de reaccionar y autorrepararse ante las agresiones químicas de agentes externos. La aplicación de ésta nueva tecnología permitirá a los futuros ingenieros tener una tecnología que le ayude a contrarrestar los posibles riesgos y fallas que se presentan en las estructuras debido a los diferentes factores del medio ambiente.

Dentro de los avances disponibles o en etapa de investigación del concreto, se tienen los concretos dúctiles y autorreparables, de ultra-alto desempeño, antiterroristas, de resistencia a temprana edad, de expansión/retracción controlada, autocurables, con manejabilidad controlada, aislantes, arquitectónicos, descontaminantes y concretos para el espacio. Se espera que ésta tecnología pueda generar soluciones para los futuros proyectos.

5. CONCLUSIONES

La literatura cita diferentes tipos de concretos especiales, que reciben su nombre tanto por los materiales que lo constituyen como por el sistema de transporte y colocación. Los más mencionados son el concreto ligero, de peso pesado, expansivo, de alta resistencia, livianos con poliestireno expandido, reforzado con fibras, lanzado, autocompactado, masivo, compactado con rodillo, postensado y concreto blanco.

En Colombia, en el periodo comprendido entre el año 2000 y 2010, se encontraron dos casos de concreto liviano con poliestireno expandido lanzado, varios casos de utilización de concreto lanzado en la construcción de diferentes túneles viales del país y en una hidroeléctrica y un caso de utilización de concreto blanco en la construcción de la Escuela de Ingeniería de Antioquia. Aunque no se mencionan equipos especiales, se reconoce que es conveniente contar con minimixer para el tipo de obra primero mencionadas.

En el caso de los proyectos de construcción de túneles viales lo más utilizado es el concreto lanzado, el cual se prepara en la mayoría de las veces en planta para ser transportado al sitio de colocación. El concreto lanzado es transportado neumáticamente, desde un mixer, a través de mangueras hacia la boquilla la cual va dirigida hacia el área a fundir. Así mismo, para Colombia, se encontró que este tipo de concreto fue utilizado en la construcción de la hidroeléctrica Amoyá localizada en Chaparral – Tolima.

Para las proyectos de gran dimensión, el uso de concretos masivos en presas es de gran utilidad, teniendo en cuenta el control de la temperatura para evitar el agrietamiento.

Los estudios realizados en los países desarrollados, muestran que, para la construcción de grandes puentes, el uso del concreto postensado, tiene ventajas favorables en los

números del presupuesto, factor desconocido por los países subdesarrollados lo que hace que éste tipo de concreto sea poco usado en sus construcciones.

La aplicación del concreto blanco, busca dar armonía a las nuevas construcciones proporcionando calidad y seguridad, como se pudo observar en la construcción de la Escuela de Ingenierías en Antioquia.

En cada tipo de obra civil puede utilizarse concretos con propiedades especiales, teniendo en cuenta las diferentes características de cada región donde se va a realizar el proyecto y el clima que maneja el área de trabajo, además de las propiedades de los materiales que allí manejan o de donde se deban trasladar y en qué condiciones se debe hacer.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ALONSO, Melén M, Bangerter Matías, Biagini Juan, Cavacini Miguel. <http://www.fceia.unr.edu.ar/materialescivil/Monografias/02.02.03HormigonCompactadocoinRodillo.PDF>.

ARCILA, Carlos López. Concretos Masivos. Revista Noticreto, No. 63, pp. 44-49

BARAJAS, Carlos y Oquendo Diana. Estado del arte sobre la elaboración de mezclas de concreto con agregados no convencionales en América para el periodo 2000-2010. Proyecto de grado, 2011

CABRERA, Héctor Colín, Hernández, José Adrián Alva, Torres, María Guadalupe Martínez. <http://www.google.com.co/urlsarctjqconcretopostensadodefinicionsourcewebcdvedCFQQFjAAurlhttpAFfaumateriales.files.wordpress.comF2008FFconcretopostensado.pptx&eiUSUPWtHIKQTLloCoBAusgAFQjCNGiptPWuQdXOBoIHuRSJgITg>

GOMEZLURADO, Jaime. Tecnología y Propiedades, Instituto del Concreto ASOCRETO, 1ra. Edición 1997. pp. 13-14.

GOODIER, Chris I. Desarrollo del concreto autocompactado Parte 2. Revista Noticreto, No. 88, 2008. pp. 54-60

ICONTEC, Subcomité de fibras. Explorando el Concreto reforzado con fibras-CRF. Revista Noticreto, No. 84, 2007. pp. 43-50

MARTINEZ, Luis Arguello. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C. (IMCYC). Revista Construcción y Tecnología, Diciembre 2000

MENDOZA, Carlos Javier, AIRE, Carlos y DAVILA, Paula. Concreto y Cemento, Investigación y Desarrollo. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto IMCYC, A. C. Volumen 2, Número 2. Enero-Junio, 2011. pp. 35-47.

MERRIT, Frederick S. Manual del ingeniero civil, McGraw- Hill, Tercera edición 1992, pp. 8-2, 8-3.

NILSON, Arthur H. Diseño de Estructuras de Concreto. Duodécima Edición 1999, McGraw-Hill Interamericana, S.A.

Norma Técnica Colombiana NTC 3459 Concretos. Agua para la elaboración de concretos, 2001

OTERO, Adriano A. Pinedo. Edificaciones en concreto postensado: "competitividad en costos". Revista Noticreto No. 96. pp. 26-34. Septiembre-October 2009

PERRIE, Bryan D. Propiedades y Características de Concretos Especiales. <http://www.mitecnologico.com/ic/Main/PropiedadesYCaracteristicasDeConcretosEspeciales>, 2008

REY, Alberto. Concreto Lanzado: Dosificación, fabricación y puesta en obra. Revista Noticreto, No. 85, 2007. pp. 31-32

REYES, Adriana. Concreto Lanzado. <http://www.imcyc.com/cyt/abril02/conclanzado.htm>, 2012

RIVERA, Gerardo A. Concreto Simple, 2011. pp. 264. Disponible en <http://www.es.scribd.com/doc/58132781/Tecnologia-Concreto-y-Mortero-Rivera-Unicauca>.

SANCHEZ DE GUZMAN, Diego. Concretos y Morteros. Segunda Edición 1998, cuarta impresión 2001, Asociación Colombiana de Productores de Concreto – ASOCRETO. pp. 11-44

SANTAELLA, Luis Elena Valencia. Revista de la Facultad de Ingeniería, Universidad Militar Nueva Granada 1999. pp. 9

SERRANO-Guzmán M.F. y D.D. Pérez-Ruiz, Calidad del concreto, Revista de Ingeniería, Vol. 5, No. 2, pp. 38-52, 2010

SERRANO-Guzmán M.F. y D.D. Pérez-Ruiz, Concreto Preparado con Residuos Industriales: Resultado de Alianza Empresa Universidad, Volumen 6 No. 11, Junio 10 de 2011, Revista educacion en Ingeniería, Acofi.

SILVA, Johana Caicedo. Blanco como símbolo de elegancia, sencillez y limpieza. Revista Noticreto, No. 94, 2009. pp. 8-10 y pp.17-19.

SILVA, Omar Javier y Cárdenas Darío Alejandro. Cuando ligero es mejor. Revista Noticreto, No. 99, 2010. pp. 52

VELEZ, Juan Ernesto. Confort y aligeramiento de las estructuras. Revista Noticreto, No. 83, 2007. p 38-42.

<http://www.argos.co/site/DesktopModules/Bring2mind/DMX/Download.aspx?CommandCoreDownload&EntryId24&PortalId0&TabId64>), 2012, Consultado el 15 marzo de 2012

<http://www.asocreto.org.co/rc2010/pdf/PresentacionespreeventosRC2010/Consideraciones/ConcretoenpresasJorgeCamiloDiaz.pdf>, 2010, Consultado el 15 marzo de 2012

<http://www.buiny.com.mx/index.phpmodulocontenido26templd125>, 2008, Consultado el 06 de junio de 2012

<http://www.concretos.galeon.com/c4.html>, Consultado el 06 de junio de 2012

<http://www.inco.gov.co/CMS/.news>, Consultado el 15 de marzo de 2012

UNIVO, Universidad de Oriente San Miguel de Salvador,
<http://www.univo.edu.sv:8081/tesis/019815/019815Cap2.pdf>, consultado el 28 de julio de 2012.