

ESTUDIO DEL MERCADO DE LOS PREFABRICADOS EN COLOMBIA FRENTE  
A EL MERCADO MUNDIAL



ING. JUAN PABLO LÓPEZ MONTOYA

PROYECTO DE GRADO

Director

Ing. PEDRO NEL QUIROGA, PH.D.

ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN ESTRUCTURAS  
BOGOTÁ D.C.  
2013

---

ESTUDIO DEL MERCADO DE LOS PREFABRICADOS EN COLOMBIA FRENTE  
A EL MERCADO MUNDIAL



Presentado por:

ING. JUAN PABLO LÓPEZ MONTOYA

PROYECTO DE GRADO

Director:

Ing. PEDRO NEL QUIROGA, PH.D.

ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN ESTRUCTURAS  
BOGOTÁ D.C.  
2013

---

Bogotá, Junio de 4 de 2013

Señor:  
Ing. PEDRO NEL QUIROGA, PH.D.  
Director programa de Especialización de Estructuras  
Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito  
La Ciudad

Ref.: Proyecto de Grado

Apreciado ingeniero:

Por medio del presente documento, me permito presentar el informe final del proyecto de grado del aspirante a título de especialista en estructuras, Juan Pablo López Montoya, identificado con c.c. 16.930.051 de Cali, denominado “Estudio Del Mercado De Los Prefabricados En Colombia Frente A El Mercado Mundial”, que fue dirigido por el Ing. Pedro Nel Quiroga, PH.D.

Atentamente,

---

Ing. Juan Pablo López M.

---

## NOTA DE ACEPTACIÓN

El Proyecto de Grado denominado “Estudio Del Mercado De Los Prefabricados En Colombia Frente El Mercado Mundial”, presentado para optar al Título de Especialista en Estructuras otorgado por la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, cumple con los requisitos establecidos y recibe nota aprobatoria.

---

Ing. Pedro Nel Quiroga, PH.D.  
Director Del Programa  
Especialización en Estructuras

---

Ing. Pedro Nel Quiroga, PH.D.  
Director De Proyecto de Grado

Bogotá, Junio 4 de 2013

---

## **Dedicatoria**

A mi esposa Heidy, por ser mi compañera y apoyo constante.

A mis padres, hermano y familia, por haberme impreso los valores que han hecho de mí la persona que soy.

A mis compañeros y amigos, por haberle dado alegría a esta época de sacrificios.

A mis maestros, por haber sabido transmitir sus conocimientos profesionales y humanos.

A Dios, por haberme dado salud y fortaleza en todo momento.

Juan Pablo

---

## **AGRADECIMIENTOS**

A los ingenieros Jaime Garzón, Carlos Palomino y Jorge Segura quienes demostraron el amor que le tienen a su oficio como maestros, transmitiéndonos en cada momento, no solo todos sus conocimientos profesionales, si no también, todos sus valores como personas.

Al Ingeniero Pedro Nel, que fue mi director de proyecto y guía.

Al Ingeniero Jairo Uribe, por haber inculcado en nosotros los valores de esfuerzo y persistencia.

A todo el personal de la Escuela.

A mi esposa, familia, compañeros y amigos.

---

## Índice De Figuras y Tablas

<i>Figura 1. Etapas para la construcción de elementos prefabricados de concreto.</i>	2
<i>Figura 2. Elementos que componen un pozo prefabricado en concreto.</i>	5
<i>Figura 3. Edificio de Máquinas de la Planta de cemento Argos, en el Valle del Cauca.</i>	7
<i>Figura 4. Tipos diferentes de bloques o ladrillos de concreto prefabricado.</i>	9
<i>Figura 5. Muros en losa alveolar, con alveolos alineados en forma vertical.</i>	10
<i>Figura 6. Muro doble en concreto prefabricado.</i>	11
<i>Figura 7. Hincado de pilotes prefabricados en concreto.</i>	12
<i>Figura 8. Zapata con cáliz para empotramiento de columna prefabricada</i>	13
<i>Figura 9. Cubierta en Tejas de concreto prefabricado.</i>	14
<i>Figura 10. Vigas prefabricadas en concreto, como soporte de cubiertas.</i>	14
<i>Figura 11. Nave industrial, donde se muestran elementos lineales</i>	15
<i>Figura 12: Vigas prefabricadas en concreto, de secciones variables.</i>	15
<i>Figura 13. Columnas de sección rectangular en concreto prefabricado.</i>	16
<i>Figura 14. Pórticos y Correas en concreto prefabricado, como apoyo de cubierta.</i>	16
<i>Figura 15. Losa Alveolar y vigas prefabricadas en concreto.</i>	17
<i>Figura 16. Losa aligerada y sus elementos constitutivos</i>	18
<i>Figura 17. Losa aligerada de vigueta y casetón</i>	18
<i>Figura 18. Prelosa con elementos aligerantes.</i>	19
<i>Figura 19. Casetón en concreto</i>	20
<i>Figura 20. Pavimento con losetas prefabricadas</i>	21
<i>Figura 21. Pavimento adoquinado</i>	22
<i>Figura 22. Losetas de botones y de franjas</i>	22
<i>Figura 23: Pavimento adoquinado confinado por bordillos</i>	23
<i>Figura 24: Puente colgante en arco, con pasarela y arco en concreto prefabricado</i>	23
<i>Figura 25: Vía férrea, con traviesas en concreto prefabricado</i>	24
<i>Figura 26: Barreras de contención en concreto prefabricado como separador vial.</i>	24
<i>Figura 27: Pretiles prefabricados como elementos de contención en puentes</i>	25
<i>Figura 28: Túnel revestido con dovelas prefabricadas</i>	26
<i>Figura 29: Puente con elementos prefabricados como pilas, pilas y vigas.</i>	26
<i>Figura 30: Marco en concreto prefabricado.</i>	27
<i>Figura 31: Muro de contención, con relleno sin refuerzo</i>	28
<i>Figura 32: Muro de contención, con relleno reforzado</i>	28
<i>Figura 33: Edificación modular compuesta por elementos bidimensionales y lineales.</i>	29
<i>Figura 34. Construcción de edificación modular tridimensional</i>	30
<i>Figura 35. Evolución del despacho de cemento gris para el canal de distribución de prefabricados en Colombia.</i>	33
<i>Figura 36. Evolución Comparativa del despacho de cemento gris para todos los canales de distribución en Colombia.</i>	34
<i>Figura 37. Evolución suministro de cemento según canal de distribución</i>	35
<i>Figura 38. Despachos según canal de distribución</i>	36

*Figura 39. Despachos según canal de distribución, comparativo 2011 vs 2012 .....37*

*Tabla 1. Despachos nacionales de cemento gris por canal de distribución correspondiente al periodo comprendido entre abril de 2009 y septiembre de 2012.....32*

## Tabla de contenido

Índice De Figuras y Tablas.....	6
INTRUDUCCIÓN.....	1
1. OBJETIVOS.....	1
1.1 OBJETIVO GENERAL.....	1
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	1
2. ¿QUÉ ES UN ELEMENTO PREFABRICADO DE CONCRETO?.....	2
3. SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS EN PREFABRICADOS DE CONCRETO.....	3
3.1 CANALIZACIONES.....	3
3.1.1 TUBOS.....	3
3.1.2 POZOS.....	5
3.1.3 CAJAS DE INSPECCIÓN.....	5
3.1.4 SUMIDEROS.....	6
3.1.5 CANALES.....	6
3.1.6 GALERÍAS.....	6
3.2 CERRAMIENTOS.....	6
3.2.1 CONCRETO ARQUITECTÓNICO.....	6
3.2.2 PANELES DE GRC.....	8
3.2.3 PANELES DE CONCRETO POLÍMÉRICO.....	8
3.2.4 BLOQUES Y LADRILLOS DE CONCRETO.....	9
3.2.5 PANELES DE USO INDUSTRIAL.....	10
3.3 MUROS DE SÓTANO.....	10
3.4 CIMENTACIONES.....	11
3.4.1 ZAPATAS.....	11
3.4.2 VIGAS DE CIMENTACIÓN.....	11
3.4.3 PILOTES.....	12

---

---

3.4.4	LOSAS DE CIMENTACIÓN .....	12
3.4.5	CÁLICES.....	12
3.5	CUBIERTAS .....	13
3.5.1	CUBIERTAS LIGERAS .....	13
3.5.2	TEJAS DE CONCRETO PREFABRICADO.....	13
3.5.3	PIEZAS COMPLEMENTARIAS Y FIJACIÓN.....	14
3.6	ESTRUCTURAS DE CUBIERTA PARA TEJADOS.....	14
3.7	ELEMENTOS LINEALES.....	15
3.7.1	VIGAS.....	15
3.7.2	COLUMNAS .....	16
3.7.3	CORREAS .....	16
3.7.4	PÓRTICOS.....	16
3.8	ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE UN LOSA ALIGERADA .....	17
3.8.1	LOSA O PLACA ALVEOLAR PRETENSADA.....	17
3.8.2	VIGUETA Y ALIGERAMIENTO.....	17
3.8.3	PRELOSAS.....	19
3.8.4	LOSA PI .....	19
3.8.5	CASETONES .....	20
3.9	MOBILIARIO URBANO.....	20
3.10	PAVIMENTOS DE CONCRETO PREFABRICADO .....	21
3.10.1	ADOQUINES.....	22
3.10.2	LOSETAS .....	22
3.10.3	BORDILLOS .....	22
3.11	TIPOS DE ELEMENTOS PREFABRICADOS PARA INFRAESTRUCTURA.....	23
3.11.1	APLICACIONES FERROVIARIAS .....	24
3.11.2	BARRERAS Y PRETILES .....	24
3.11.3	DOVELAS PARA TÚNELES .....	25
3.11.4	ELEMENTOS PARA PUENTES .....	26
3.11.5	MARCOS.....	27
3.11.6	SOLUCIONES DE CONTENCIÓN .....	27

---

3.12 EDIFICACIÓN MODULAR.....	28
4. CONEXIONES ENTRE ELEMENTOS ESTRUCTURALES PREFABRICADOS.....	30
5. ESTUDIO DE DESPACHO DE CEMENTO SEGÚN CANAL DE DISTRIBUCIÓN (DANE, 2012).....	31
6. RESULTADO DE ESTUDIO DE EMPRESAS PREFABRICADORAS DE CONCRETO .....	37
7. RECOPIACIÓN DE VENTAJAS DE LOS PREFABRICADOS EN CONCRETO.....	41
8. RECOPIACIÓN DE DESVENTAJAS DE LOS PREFABRICADO EN CONCRETO .....	42
9. CONCLUSIONES.....	43
10. RECOMENDACIONES.....	43

---

## **RESUMEN**

En el presente trabajo se presenta en un principio, la definición de que son los elementos prefabricados y qué tipo de ellos se presentan en cada uno de los campos que se analizan (soluciones constructivas como canalizaciones, cerramientos, muros, cimentaciones, cubiertas, elementos lineales estructurales, losas de entrepiso, mobiliario urbano, pavimentos e infraestructura).

Posterior a esto, basados en los registros estadísticos del DANE, entre los años 2009 y 2012, se hace un análisis del despacho de cemento en Colombia a los diferentes canales de distribución, de donde se realizan comparativos entre ellos y se analiza su evolución.

Se sigue con un estudio de las empresas prefabricadoras en el mundo, realizándose un cuadro donde se menciona cada una de ellas junto con el tipo de prefabricados que realizan.

Finalmente, se hace un listado de ventajas y desventajas de los elementos prefabricados.

### **Palabras clave:**

Prefabricados de concreto	Innovación en prefabricados
Mercado de prefabricados	Prefabricados en el mundo

## INTRUDUCCIÓN

Hacer construcciones rápidas, sólidas, bellas, seguras y económicas, es el sueño que durante mucho tiempo ha desvelado a ingenieros, diseñadores e inversionistas de todo el mundo. En esa dirección, Francia y Alemania son los países que tienen los mayores avances con edificaciones a base de prefabricados de concreto, su tecnología la popularizaron en Europa y se ha comenzado a extender a países menos desarrollados. (Rosas Bernal, 1995).

Colombia, según el **Banco Mundial en publicación del 2011**, es el tercer país con mayor desigualdad de América Latina, después de Honduras y Guatemala, se encuentra necesitado de oportunidades para la población de escasos recursos, donde una de las necesidades básicas, es tener acceso a una vivienda digna, que brinde los beneficios que se buscan. En este sentido, la construcción prefabricada, es una alternativa, que no ha logrado un buen cubrimiento en Colombia, pero que aparece como una solución económica, rápida, bella y segura.

Adicional a lo anterior, Colombia es un país con un gran déficit en infraestructura, lo cual genera sobre aranceles que oscilan entre el 16% y el 18%, según los estudios del **Consejo Privado de Competitividad del 2011**, los cuales pueden ser solucionados de una forma más ágil, rápida y económica, con el uso de los prefabricados.

### 1. OBJETIVOS

#### 1.1 OBJETIVO GENERAL

Verificar el estado actual del Mercado de Prefabricados en Colombia frente al mercado Mundial.

#### 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Identificar las principales empresas en Colombia que producen prefabricados.

Identificar en qué campos se están usando los prefabricados en Colombia.

Identificar cuáles son las principales empresas en el exterior que producen prefabricados.

Identificar las falencias que presentan los prefabricados en Colombia y compararlos con el exterior.

## 2. ¿QUÉ ES UN ELEMENTO PREFABRICADO DE CONCRETO?

Un elemento prefabricado de concreto, es una pieza que posee como mayor parte de su composición, concreto, presentando por lo general, refuerzos en acero. Estos elementos son fabricados y curados en un lugar diferente a su sitio de disposición final, posteriormente son trasladados, izados y ensamblados en el sitio para el cual fueron proyectados.

Las empresas prefabricadoras de concreto, poseen un sistema industrializado de producción, el cual certifica la calidad de su producto, garantizando dosificación, homogeneidad, acabados y resistencia en cada uno de sus elementos.

Estos elementos pueden tener diferentes formas, resistencias y acabados, pudiendo ser destinados a múltiples usos, como estructurales, arquitectónicos, viales, sanitarios, etc.

Las etapas que conllevan la construcción con estos elementos se pueden ver en la figura 1.



a). Fabricación



b). Almacenamiento



c). Transporte.



d). Montaje.

Figura 1. Etapas para la construcción de elementos prefabricados de concreto.

### **3. SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS EN PREFABRICADOS DE CONCRETO**

A continuación se nombrarán algunas de las soluciones constructivas que se ofrecen en esta industria:

- Cerramientos: fachadas arquitectónicas, bloques, losa alveolar, dinteles.
- Cimentaciones: pilotes, losas de cimentación, vigas de cimentación.
- Elementos lineales: vigas, columnas, columnas, correas, pórticos, cerchas.
- Cubiertas: cubiertas ligeras, tejas.
- Elementos para conformación de losas: placas alveolares, prelosas, viguetas y casetones.
- Mobiliario urbano y piedra artificial: bancos, balaustradas, jardineras, pérgolas, marquesinas.
- Elementos para infraestructura: puentes, dovelas, marcos, muros de contención, traviesas, pasarelas barreras de seguridad, marcas, dovelas, muros.
- Tuberías y canalizaciones: tubos, pozos, cámaras, sumideros, canales, colectores.
- Pavimentación: adoquines, baldosas, bordillos, terrazo.
- Edificación modular.
- Otras soluciones específicas: postes eléctricos, depósitos, gradas, escaleras, etc.

#### **3.1 CANALIZACIONES**

##### **3.1.1 TUBOS**

Los tubos son el elemento prefabricado de concreto más común en los sistemas de saneamiento y drenaje.

Los sistemas de saneamiento ejecutados con tubos de concreto presentan notorias ventajas en los siguientes campos:

- Flexibilidad de diseño e integridad estructural
  - Economía
  - Durabilidad
-

- Calidad
- Estabilidad y seguridad

Los tubos de concreto son un producto versátil para una instalación de saneamiento o drenaje. Permiten multitud de métodos de instalación (zanja, zanja terraplenada, terraplén, hinca), con varias instalaciones genéricas y definidas (en cuanto a su comportamiento mecánico) para cada uno de estos métodos. Esto, unido a la posibilidad de escoger entre diversas clases resistentes para cada diámetro nominal, ofrece una versatilidad de diseño que permite al diseñador adaptarse lo mejor posible a las condiciones concretas de cada proyecto y decidir, por ejemplo, si principalmente se invierte el dinero en el tubo (prefabricado y con propiedades garantizadas) o en el terreno y la instalación (in-situ, con propiedades indeterminadas). Algo tan simple y tan útil como esto no puede hacerse con otros tipos de tubos.

En España se comercializan tubos circulares, tubos circulares con andén y tubos ovoides. Estos últimos permiten conseguir una velocidad mínima adecuada en condiciones de mínimo caudal, lo que presenta ventajas en ciertos casos. En cualquier caso su uso no está muy extendido. Lo más común es encontrarse con tubos de concreto circulares interior y exteriormente.

- **Tubos de hinca.** Cuando se ha de urbanizar una zona o se construye una infraestructura nueva (una carretera, una vía férrea), los sistemas de saneamiento y drenaje se instalan a cielo abierto utilizando uno de los siguientes sistemas de instalación:
  - Zanja
  - Zanja terraplenada
  - Terraplén
  - Zanja inducida

Cuando debe instalarse un nuevo sistema de saneamiento o sustituir uno obsoleto en una zona urbana o bajo una infraestructura en uso cobra protagonismo otro tipo de instalación: la instalación por hinca de tubos.

La ventaja fundamental es que con este sistema no es necesario destruir las infraestructuras existentes en superficie ni cortar el tráfico completamente, con lo que no sólo se puede ahorrar dinero en el costo total del proyecto, al conservar el resto de infraestructuras, no tener que realizar enormes movimientos de tierras, sino que es posible evitar a los ciudadanos, en gran medida, las molestias de una obra de este estilo, que, por otro lado, también suponen una pérdida económica

para la sociedad, al mermar la efectividad de los transportes de personas y mercancías.

### 3.1.2 POZOS

Los pozos de inspección prefabricados de concreto ofrecen las mismas garantías que los tubos de concreto. Si el tubo instalado cumple las especificaciones establecidas pero los pozos no, obviamente el sistema no cumplirá tampoco con lo que se espera de él.

Los elementos que pueden componer un pozo de registro prefabricado de concreto son los siguientes, Ver figura 2:

1. Módulo de ajuste
2. Losa de cierre
3. Módulo de reducción alto
4. Módulo de base
5. Módulo cónico
6. Módulo de reducción bajo
7. Losa reductora

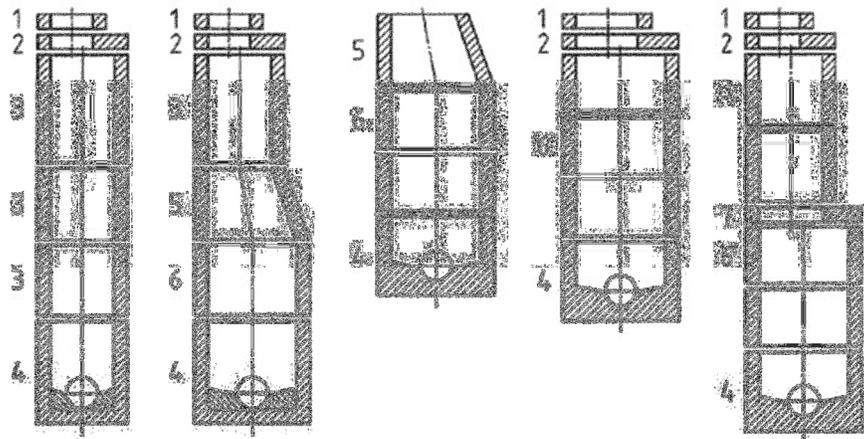


Figura 2. Elementos que componen un pozo prefabricado en concreto.

Estos tubos prefabricados, así como los pozos, se acoplan con la ayuda de juntas elastoméricas, las cuales asumen los esfuerzos cortantes y las determinadas deformaciones angulares que llegasen a ocurrir, sin presentar puntos débiles y permitiendo un montaje flexible.

### 3.1.3 CAJAS DE INSPECCIÓN

Las cajas de inspección, en el caso de sistemas de drenaje o de saneamiento, se pueden considerar como pozos de registro, sin embargo, el uso de estas se puede

dar en cualquier tipo de instalación enterrada, como instalaciones eléctricas o de telecomunicaciones, siendo este punto, el lugar de acceso para estos sistemas.

### **3.1.4 SUMIDEROS**

Los sumideros, son elementos que se encargan de capturar las escorrentías de aguas lluvias y conducir las a los sistemas de drenaje o saneamiento.

### **3.1.5 CANALES**

Dentro de los canales, se incluyen todos los elementos auxiliares que se encargan de recibir la escorrentía de aguas pluviales y dirigirla a los sumideros, tales como Bordillos para sumideros, cunetas, bajantes, canaletas, embocaduras; adicional a los anteriores, también se incluyen productos cuya labor específica es la de conducir aguas blancas de manera continúa, por ejemplo para sistemas de regadío, como Canales semicirculares y Canales rectangulares.

### **3.1.6 GALERÍAS**

Las galerías son elementos prefabricados que tienen como función permitir un fácil acceso a sistemas de saneamiento, drenaje y drenaje transversal de carreteras y líneas férreas y también para la ejecución de pasos inferiores para animales o personas. Se caracterizan por tener una cubierta abovedada.

Al igual que con los tubos circulares de concreto, existe la posibilidad de fabricar este elemento con o sin andén interior.

## **3.2 CERRAMIENTOS**

Los cerramientos en concreto prefabricado, presentan una gran variedad de productos debido a las diferentes ventajas que este ofrece, como en la ejecución de la fachada (rapidez, economía, planificación, limpieza y seguridad); valor estético (acabados, texturas y colores, formas geométricas y diseño versátil); Aprovechamiento de las ventajas del concreto (durabilidad, resistencia mecánica, inercia térmica, protección frente al fuego, aislamiento acústico y estanqueidad); Vida del edificio (mantenimiento mínimo).

### **3.2.1 CONCRETO ARQUITECTÓNICO**

Los productores de concreto prefabricado han puesto al alcance de constructores y arquitectos, piezas de concreto arquitectónico, que dotan a las edificaciones residenciales y comerciales, de una identidad propia con los diferentes acabados que se pueden llegar a lograr, teniendo múltiples posibilidades para el diseño de fachadas, a través de una gran variedad de prestaciones técnicas, formatos, colores, texturas superficiales y acabados, que se combinan con amplias ventajas

en cuanto a su atractivo estético, modulación, funcionalidad, prestaciones técnicas y rapidez de montaje se refiere, Ver figura 3.

Dentro de estos elementos tenemos paneles de concreto arquitectónico, elementos lámina de concreto reforzado con acero, de dimensiones, espesores (a partir de 8 cm) y pesos variables, pudiendo ser:

- **portantes** (forman parte de la estructura del edificio transmitiendo esfuerzos al terreno o a la cimentación) o **autoportantes** (actúan como cerramiento exterior o partición interior, apoyándose sobre la estructura).

- **homogéneos de concreto reforzado, multicapa** (con incorporación de aislamiento térmico), **alveolados o muros dobles** (muro compuesto de dos capas prefabricadas armadas que están unidas por un espacio mediante un sistema de estructura de celosía).

- **totalmente planos** o con **configuraciones espaciales** (curvos, tridimensionales, etc.)

Dentro de los **paneles con aislamiento térmico incorporado**, se distinguen dos tipos:

- los denominados con **aislamiento térmico parcial**, o aligeramiento a base de poliestireno expandido, y

- los de **aislamientos con rotura de puente térmico**, formado por dos capas de concreto de 6 u 8 cm., entre la que se inserta un bloque de aislamiento.

También se debe tener en cuenta, que en los paneles arquitectónicos, se pueden dejar embebidas las conexiones de comunicaciones, eléctricas e hidrosanitarias que se necesiten.



**Figura 3. Edificio de Máquinas de la Planta de cemento Argos, en el Valle del Cauca.**

### 3.2.2 PANELES DE GRC

Otro tipo de paneles usados en fachadas, son los PANELES EN GRC, “Glass Fibre Reinforced Cement”, o concretos reforzados con fibra de vidrio en toda su masa. El compuesto resultante es un panel de 1 cm. de espesor aproximado (entre 30 y 80 kg/m<sup>2</sup>), alta resistencia a flexión, tracción e impacto, resistencia a los agentes atmosféricos, incombustibilidad, impermeabilidad, versatilidad, etc.

Se fabrican actualmente 4 tipos de PANELES DE GRC® para fachadas:

- **Panel lámina:** es la más sencilla y de menor peso de todas. Se utiliza para piezas que cuentan con una geometría que confiere inercia al elemento, tales como cornisas o molduras. Consiste en una cáscara de 10 mm. de espesor reforzada por unos nervios del mismo material que funcionan como vigas huecas y que garantizan la rigidez del conjunto. Tiene un peso de entre 30 y 45 kg/m<sup>2</sup> en función del acabado superficial y de las dimensiones del panel, y su tamaño máximo no supera los 6 m<sup>2</sup>.

- **Panel sándwich:** compuesto por 2 láminas de 1 cm. de espesor cada una y un núcleo de aislamiento térmico (generalmente poliestireno expandido). Ambas láminas están unidas perimetralmente conformando un paralelepípedo muy resistente; también para mayor rigidez puede llevar nervios interiores. El panel resultante tendrá un peso de entre 60 y 80 kg/m<sup>2</sup>. La superficie recomendable para éste no debe superar los 12 m<sup>2</sup>.

- **Panel Stud-frame:** Permite mayores dimensiones de paneles (hasta 20 m<sup>2</sup>). Se compone de una lámina de 1 cm. de espesor que se conecta a una estructura auxiliar de acero (bastidor o stud-frame). El aislamiento térmico puede colocarse entre las propias barras de la estructura, o ser proyectado. El peso teórico está entre 45 y 60 kg/m<sup>2</sup>.

- **Ornamentos arquitectónicos:** gracias a la moldeabilidad se reproducen elementos arquitectónicos como columnas, pilastras, capiteles, cornisas, recercados de ventana, y elementos de decoración y complementos en general.

### 3.2.3 PANELES DE CONCRETO POLÍMÉRICO

Son prefabricados compuestos por diferentes tipos de agregados, ligados por resinas termoestables. Dada su composición, aseguran la estanqueidad de la estructura, presentan adicional a esto, una gran resistencia a diferentes tipos de químicos y en los sitios donde se presentan estaciones, muestran inalterabilidad frente al hielo y deshielo.

### 3.2.4 BLOQUES Y LADRILLOS DE CONCRETO

Los bloques y ladrillos de concreto son piezas de mampostería, compuestas únicamente por concreto, destacándose por su sostenibilidad y eficiencia energética y teniendo múltiples presentaciones y usos.

Dentro de los tipos encontramos, Ver figura 4:

- Ladrillos de concreto
- Bloques de cerramiento
- Bloques arquitectónicos
- Bloques para muros de contención
- Bloques de encofrado perdido
- Bloques para aplicaciones de infraestructura

#### Ventajas

- Fácil ejecución
- Ahorro de costos
- Proporcionan aislamiento higrotérmico y acústico y protección frente al fuego
- Versatilidad

#### Aplicaciones

- Vivienda unifamiliar
- Edificio de viviendas
- Infraestructura
- Centros comerciales
- Hospitales
- Administrativo
- Cultural / religioso
- Naves industriales
- Polideportivos
- Muros de contención
- Cerramiento de parcelas y fincas
- Obras de urbanización y jardinería

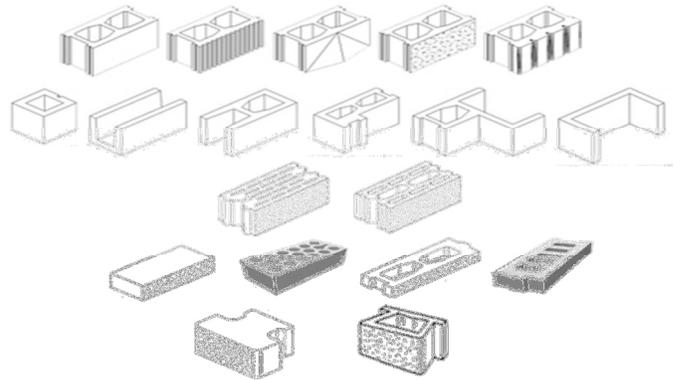


Figura 4. Tipos diferentes de bloques o ladrillos de concreto prefabricado.

### 3.2.5 PANELES DE USO INDUSTRIAL

Cuando se habla de paneles de uso industrial, hacemos referencia a elementos prefabricados de concreto, que están destinados al cerramiento de edificaciones del tipo naves industriales, cumpliendo además de esta función, con la de estanqueidad frente al agua y resistencia a golpes de maquinaria, viento, etc. Por lo general, no se le dotan con factor estético apreciable, lo que si ocurre con las fachadas arquitectónicas.

Ejemplos de elementos prefabricados para este tipo de fachadas son los **paneles macizos de concreto** (sin acabados exteriores posteriores), **sandwich** (con el aislamiento térmico incorporado), **losas alveolares**, etc.

La **losa alveolar**, como se ve en la figura 5, es un elemento superficial plano de concreto pretensado, con espesor constante y aligerado mediante alveolos, siendo su proceso de fabricación, uno de los mas industrializados.

Estas losas, presentan una gran resistencia a la flexión, logrando soportar con facilidad presiones de viento, aún con luces importantes y espesores reducidos. Es usada también como muro portante, aprovechando su capacidad de resistencia en la dirección de los alvéolos.



Figura 5. Muros en losa alveolar, con alveolos alineados en forma vertical.

### 3.3 MUROS DE SÓTANO

La función de los muros de sótano, es de servir de contención contra el terreno natural o de un relleno artificial. Su principal trabajo es a flexión, siendo solo la compresión vertical, debida únicamente a su peso propio. En muchos casos, este

tipo de estructura, es usada también como cimentación, en donde las columnas de la edificación, descansan sobre su corona.

Los muros de sótano pueden ser prefabricados en paneles macizos de concreto o en muros dobles (Ver figura 6), tratándose este último caso, de dos láminas de concreto prefabricadas unidas mediante armaduras en celosía, realizando únicamente el hormigonado "in situ" del alma sin necesidad de encofrado ni armadura adicional).



Figura 6. Muro doble en concreto prefabricado.

## 3.4 CIMENTACIONES

### 3.4.1 ZAPATAS

Son el principal elemento de la cimentación, encargados de transmitir las cargas que llegan de las columnas que soportan, al suelo.

Pueden ser de concreto en masa o armado con planta cuadrada o rectangular; aisladas (zapata sobre la que descansa o recae un solo columna); centradas o descentradas (eje de la carga distinto del eje vertical de la zapata); y combinadas (apoyo de dos o más columnas).

### 3.4.2 VIGAS DE CIMENTACIÓN

- **vigas centradoras:** elementos lineales que pueden utilizarse para resistir excentricidades de construcción o momentos en cabeza de los pilotes, en el caso de dados de uno o dos pilotes, cuando éstos no tengan capacidad resistente específica para estas acciones, o en zapatas excéntricas.

- **vigas de amarre:** elementos lineales de unión de cimentaciones superficiales o profundas, necesarias especialmente para cimentaciones en zonas sísmicas.

### 3.4.3 PILOTES

Son los elementos prefabricados mas extendidos en el caso de las cimentaciones, encargados de trasladar las cargas de la superestructura, a estratos profundos que tengan la capacidad portante adecuada, esto en el caso de que sea técnica o económicamente inviable realizar una cimentación convencional.

Los pilotes prefabricados pueden estar contruidos con concreto armado o pretensado.



**Figura 7. Hincado de pilotes prefabricados en concreto.**

Los pilotes de concreto armado convencional se utilizan para trabajar a compresión; los de concreto pretensado funcionan bien a tracción, y sirven para tablestacas y cuando deben quedar sumergidos bajo el agua. Estos pilotes se clavan en el terreno por medio de golpes que efectúa un martinete o con una pala metálica equipada para hincada del pilote, ver figura 7.

Su sección suele ser cuadrada y sus dimensiones varían entre 20x20 cm a 40x40 cm. También se construyen con secciones circulares, hexagonales, etc. y pueden ser empalmados varios tramos para obtener mayores longitudes, mediante juntas metálicas machihembradas.

### 3.4.4 LOSAS DE CIMENTACIÓN

Son placas de concreto que transmiten las cargas de la superestructura, al suelo; pueden ser armadas, o pretensadas. Se usan cuando sobre terrenos poco homogéneos, en donde otro tipo de cimentación podría llevar a tener asentamientos diferenciales, así como en aquellos con muy baja capacidad portante.

### 3.4.5 CÁLICES

Son elementos de cimentación prefabricados en concreto, que se hacen con el fin de lograr el efecto de empotramiento (transmitir esfuerzos axiales, cortantes y

momentos flectores) de los componentes estructurales (columnas, vigas de cimentación, muros, etc.) a la cimentación. Cumple con la misma función de un pedestal, ver figura 8.

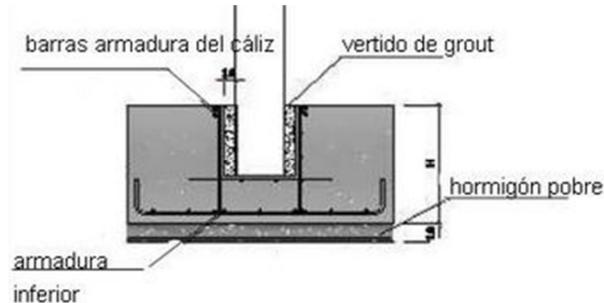


Figura 8. Zapata con cáliz para empotramiento de columna prefabricada

- **Unión mediante cáliz con superficies lisas:** tiene como ventajas que la colocación, el aplomo, la sujeción de la columna y relleno posterior de la junta son operaciones sencillas; además de ser el método menos sensible a las imprecisiones que tienen lugar durante el montaje.

- **Unión mediante cáliz con superficies dentadas:** cuando se trabaja con este tipo de cáliz, las superficies interiores del éste y de la columna tienen una terminación dentada. Tiene como ventaja que la transmisión de esfuerzos de la columna a la zapata se realiza mediante bielas de compresión contar, para contrarrestar el punzonamiento, con todo el espesor del cáliz, al mismo tiempo permite la transmisión de esfuerzos de tracción a la cimentación.

## 3.5 CUBIERTAS

### 3.5.1 CUBIERTAS LIGERAS

Son aquellas cubiertas que han sido proyectadas para soportar las cargas de diseño y las de mantenimiento de la propia estructura.

### 3.5.2 TEJAS DE CONCRETO PREFABRICADO

Las tejas de concreto prefabricado son una de las soluciones de cubiertas más utilizadas. Se caracterizan por su alta resistencia junto con las posibilidades estéticas y de conformado, ver figura 9. En zonas en las que graniza habitualmente o el viento es muy fuerte este producto es líder en comportamiento y durabilidad.



Figura 9. Cubierta en Tejas de concreto prefabricado.

### 3.5.3 PIEZAS COMPLEMENTARIAS Y FIJACIÓN

Para complementar este tipo de tejados, con tejas prefabricadas, se pueden realizar accesorios como limahoyas, limatesas, cumbreras, chimeneas, etc., las cuales presentan gran adherencia con los morteros que se usan para tal fin.

### 3.6 ESTRUCTURAS DE CUBIERTA PARA TEJADOS

Estas estructuras se encuentran conformadas por vigas, generalmente de gran longitud y peralte, sobre las cuales descansan cubiertas que pueden ser prefabricados de concretos, policarbonatos, etc., ver figura 10.

Las vigas mencionadas, pueden contar con diferentes formas (Y-griega, V, grecada, etc.), según el diseño y la necesidad a cubrir (soporte para cubiertas planas, en pendiente, en diente de sierra, tramos semicirculares, etc.).



Figura 10. Vigas prefabricadas en concreto, como soporte de cubiertas.

### 3.7 ELEMENTOS LINEALES

Son elementos prefabricados, en los que una de sus dimensiones (largo), predomina notablemente, sobre las otras dos. Hablamos de vigas, columnas, correas de cubierta o fachada, pórticos, cerchas, etc., las que se muestran en la figura 11. Sus aplicaciones son amplias: edificios industriales (naves), comerciales, deportivos (graderíos), residenciales, etc.



**Figura 11. Nave industrial, donde se muestran elementos lineales prefabricados en concreto, como vigas y columnas.**

#### 3.7.1 VIGAS

Son elementos lineales que trabajan principalmente a flexión. Se construyen con sección constante (rectangular, en U, en T, en L, etc.) o variables; pueden ser macizas o incluso aligeradas (por ejemplo, con alveolos); etc. En la figura 12, se muestran vigas de diferentes secciones, pueden estar fabricadas con concreto armado o pretensado.



**Figura 12: Vigas prefabricadas en concreto, de secciones variables.**

### 3.7.2 COLUMNAS

Elemento lineal en el que la longitud predomina sobre las otras dos dimensiones. Trabajan principalmente a compresión.

Normalmente van provistas de ménsulas para el apoyo de las vigas, como se observa en la figura 13. Generalmente tienen sección constante: por lo general rectangular o circular y están fabricadas con concreto armado.



Figura 13. Columnas de sección rectangular en concreto prefabricado.

### 3.7.3 CORREAS

Las correas son elementos lineales, que al igual que las vigas, trabajan principalmente a flexión y su principal función es soportar el peso del material de cubierta, debiendo apoyarse sobre las vigas pórtico. Pueden ser de sección maciza o hueca, y se fabrican con concreto armado o pretensado.

### 3.7.4 PÓRTICOS

Estructura compuesta de dos o más elementos lineales para ser estables, uno funciona como columna y el otro como viga (ver figura 14).

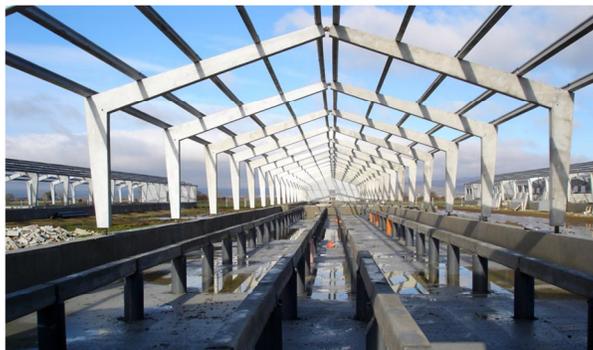


Figura 14. Pórticos y Correas en concreto prefabricado, como apoyo de cubierta.

## 3.8 ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE UN LOSA ALIGERADA

### 3.8.1 LOSA O PLACA ALVEOLAR PRETENSADA

Elemento prefabricado de concreto, aligerado con alveolos longitudinales, con juntas laterales diseñadas para que al ser rellenas con concreto, puedan transmitir los esfuerzos cortantes a las losas adyacentes. Ver figura 15.

En su uso como losa, se dispone de espesores que generalmente varían entre los 12 cm y 50 cm, llegando a fabricarse en España en este momento losas alveolares de hasta 83 cm de espesor con las que se pueden cubrir luces superiores a los 20m.



Figura 15. Losa Alveolar y vigas prefabricadas en concreto.

Las losas alveolares, pueden también ser usadas como:

- Cerramientos laterales y vallas
- Contención de empujes
- Muros de sótano
- Silos
- Andenes
- Pasarelas
- Pasos elevados
- Ampliaciones viales
- Gradadas

### 3.8.2 VIGUETA Y ALIGERAMIENTO

Elemento que se encuentra constituido por viguetas longitudinales, que son las que tienen la función resistente, junto con los casetones que tienen la función de aligerante, también aportando en una resistencia parcial que debe ser complementada con el concreto y la armadura que se colocan in situ. Los casetones pueden ser de concreto, cerámicas, poliestireno o arcilla. Ver figuras 16 y 17.

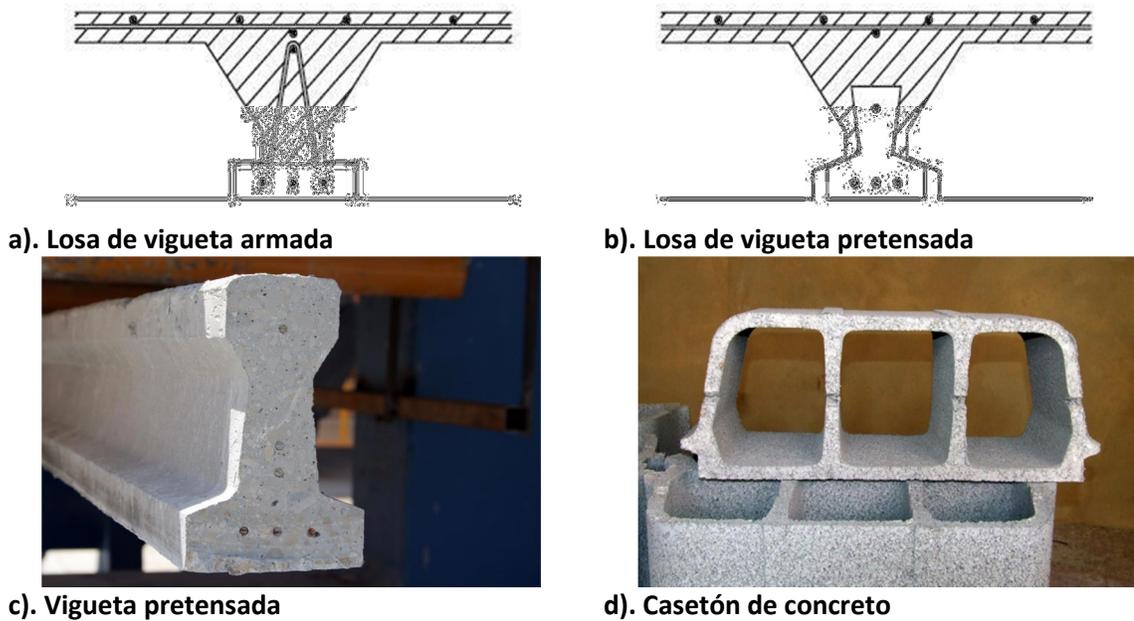


Figura 16. Losa aligerada y sus elementos constitutivos

Tipos de losas aligeradas de vigueta y casetón:

- Nervios con una vigueta de concreto armado.
- Nervios con una vigueta de concreto pretensado.
- Nervios con doble vigueta (armadas o pretensadas).
- Nervios con triple vigueta (armadas o pretensadas).

Puede ser de aplicación preferente en caso de:

- Edificios de viviendas con planta irregular.
- Construcción poco industrializada.
- Apoyos en vigas planas a las que transmiten cargas importantes.
- Cuando se precise gran libertad para realizar cambios.



Figura 17. Losa aligerada de vigueta y casetón

### 3.8.3 PRELOSAS

Placas de concreto que funcionan como un encofrado permanente, que al momento de ser fundido sobre ella el concreto y estar endurecido, va a conformar una placa compuesta con la prelosa. Ver figura 18.

Las prelosas pueden ser:

- armadas o pretensadas
- compuestas (con nervios rigidizadores)
- con armaduras básicas electrosoldadas en celosía o sin nada
- compuestas sólidas o compuestas huecas con elementos aligerantes (embebidos o pegados) estructurales o no



**Figura 18. Prelosa con elementos aligerantes**

Son usadas en los siguientes casos como parte del sistema estructural:

- Losas y cubiertas de edificios.
- Áreas de parqueaderos o circulación.
- Tapas de alcantarillado
- Etc.

### 3.8.4 LOSA PI

Losas compuestas por elementos que constan de una placa superior y uno o más (generalmente dos) nervios que contienen la armadura longitudinal principal; también pueden constar de una placa inferior y nervios transversales. Van apoyados sobre las vigas.

De acuerdo con las diferentes situaciones, los elementos pueden:

- a) Ser puestos en obra sin conexiones transversales, sosteniendo eventualmente elementos secundarios entre ellos (elementos aislados).
- b) Estar dotados de placas de acero en los extremos laterales con objeto de conectarlos por sus alas mediante conectores de cortante soldados.
- c) Tener forma de llaves a cortante en sus extremos laterales con objeto de conectarlos mediante juntas de cortante fabricadas in-situ, y/o provistos de placas de acero para conexiones soldadas in-situ.
- d) Estar dotados de una capa de compresión de concreto fabricado in-situ. Esta placa puede tenerse en cuenta a efectos de sección resistente si la unión por adherencia con los elementos prefabricados está garantizada, con o sin armaduras de acero sobresalientes de los elementos.

### 3.8.5 CASETONES

Elementos usados para la construcción de losas que trabajan en dos direcciones, generalmente ortogonales.

Generalmente están fabricados con concreto aligerado. Su geometría es la de un cubo hueco sin la cara inferior. Ver figura 19.

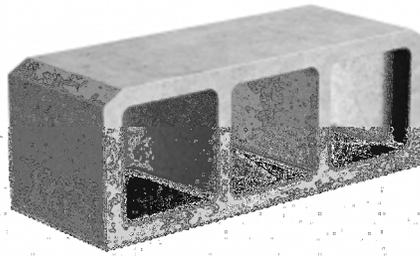


Figura 19. Casetón en concreto

### 3.9 MOBILIARIO URBANO

Los prefabricados de concreto se encuentran presentes en muchos elementos del paisaje urbano, pasando por los adoquines en andenes, hasta los bancos de jardineras, fuentes, etc. Estos elementos no son algo nuevo, simplemente han ido modernizándose en el tiempo, apareciendo desde la modernidad en el siglo XIX, con las baldosas prefabricadas, hasta nuestra época, en el siglo XXI, con diseños innovadores.

La idea de estos elementos con un alto sentido estético, es dotarlos de belleza para devolverle la calle a los ciudadanos.

Estos tipos de prefabricados no estructurales, son usados en áreas públicas y privadas tales como jardines, parques, aceras, plazas, esencialmente para arquitectura paisajística, sin estar sujetos a cargas resultantes del tráfico de vehículos. También pueden ser usados en espacios interiores.

Algunos ejemplos son: productos para amoblar espacios tales como bancos, asientos, mesas, zonas de juego, escalones, floreros, jardineras, fuentes, carteleras, indicadores de calle, postes indicadores de tráfico, carteles luminosos, barbacoas, buzones de correo, postes para tendedero, papeleras, estatuas, columnas decorativas y bolardos; productos para el control de la erosión del terreno como cajones apilados, bancos con vegetación; productos para el suelo tales como alcorques y rejillas, rejas o accesos.

### **3.10 PAVIMENTOS DE CONCRETO PREFABRICADO**

Las soluciones de pavimentos en prefabricado, son las que mas ventajas ofrecen desde el diseño, pasando por su construcción, uso y reparaciones o mantenimientos.

En el caso de reparaciones o mantenimientos, presentan especial ventaja frente a los otros tipos de pavimento, debido a que son fácilmente desmontables y reutilizables.

En el momento de su diseño, se le pueden dar a las losetas o adoquines, cualquier tipo de color, acabado o forma, lo cual se dificultaría enormemente con otros tipos de pavimentos, adicional a esto, pueden ser usados inmediatamente, después de su instalación. Ver figura 20.



**Figura 20. Pavimento con losetas prefabricadas**

### 3.10.1 ADOQUINES

Un elemento prefabricado, se puede denominar adoquín, si su sección transversal a una distancia de 50 mm de cualquiera de los bordes del elemento, no tiene una dimensión horizontal inferior a 50m.m. Además su longitud total dividida por su espesor es menor o igual que cuatro. Se fabrican en diferentes dimensiones y colores. Son muy usados en vías vehiculares y peatonales. Ver figura 21.



Figura 21. Pavimento adoquinado

### 3.10.2 LOSETAS

Son piezas planas prefabricadas, mas comúnmente usada en las aceras dentro de las ciudades. Se diseñan también en diferentes texturas (botones, franjas o lisas), colores y formas, que hacen de estas una muy buena alternativa para arquitectos y constructores, en el momento de conformar el paisaje urbano buscado. Ver figura 22.

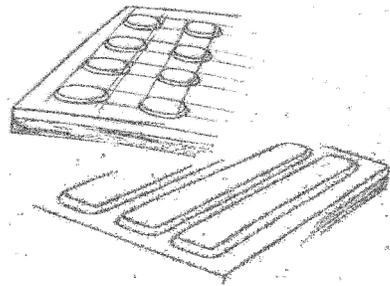


Figura 22. Losetas de botones y de franjas

### 3.10.3 BORDILLOS

Son elementos que se usan para delimitar las zonas viarias peatonales, urbanas e interurbanas, sirven a su vez de canalización de flujos de circulación y facilitan el drenaje superficial. Se trabajan con bordes superiores redondeados, con el fin de mitigar el riesgo de afectación peatonal y vehicular, cuando estos entren en

contacto directo con los bordillos. Se pueden fabricar en doble capa, con el fin de dar alternativas diversas de acabados, añadiéndole al color, las posibilidades del acabado de la cara vista pudiendo ser liso, pintado, abujardado, pigmentado, lavado, texturado, con relieves acústicos o rebajes para incorporación de reflectantes. Ver figura 23.



**Figura 23: Pavimento adoquinado confinado por bordillos**

### **3.11 TIPOS DE ELEMENTOS PREFABRICADOS PARA INFRAESTRUCTURA**

En las siguientes líneas, haremos referencia a los tipos de prefabricados usados para infraestructura, entendiendo por infraestructura a aquellas construcciones realizadas para el transporte y paso de vehículos, mercancías y/o personas, tales como carreteras, puentes o pasarelas, túneles, ferrocarriles, construcciones para la contención de tierras, etc. Ver figura 24.



**Figura 24: Puente colgante en arco, con pasarela y arco en concreto prefabricado**

### 3.11.1 APLICACIONES FERROVIARIAS

En las aplicaciones ferroviarias, se hace referencia principalmente a las traviesas en concreto prefabricado, que son los elementos base de estas vías férreas y son ampliamente usadas dada su resistencia y funcionalidad. Ver figura 25.



Figura 25: Vía férrea, con traviesas en concreto prefabricado

### 3.11.2 BARRERAS Y PRETILES

Las **barreras de contención**, son elementos en concreto prefabricado, el cual se usa en vías vehiculares con el fin de separar sentidos de flujo, evitar el acceso de los vehículos que circulan en un sentido, en el opuesto, redireccionar los vehículos, en el momento de un choque, para que continúen por su vía y no invadan la de flujo contrario, como se aprecia en la figura 26.

Las barreras suelen tener longitudes comprendidas entre 2 y 6 metros, pueden ser simplemente colocadas una al lado de otra, o ensambladas entre sí (sistemas de machihembrado, mediante una rótula metálica, etc.)

Las barreras de seguridad pueden clasificarse en: temporales o permanentes, deformables o rígidas, y de choque por una o dos caras.



Figura 26: Barreras de contención en concreto prefabricado como separador vial

Los **pretilos** son sistemas de contención de vehículos (funcionalmente análogos a las barreras) que se disponen específicamente sobre puentes, obras de paso y eventualmente sobre muros de sostenimiento del lado del desnivel. Ver figura 27.



**Figura 27: Pretilos prefabricados como elementos de contención en puentes**

### **3.11.3 DOVELAS PARA TÚNELES**

Son elementos estructurales, que se usan para revestir túneles, que son empleados para el paso de trenes y vehículos. Se usa también en otras estructuras enterradas.

Con los grandes incrementos que se han tenido en los kilómetros de túneles ejecutados en el mundo con la ayuda de las tuneladoras, las dovelas prefabricadas en concreto reforzado, han tenido un gran auge en su utilización. Ver figura 28.

La estructura de soporte de los túneles, consiste en arcos de concreto, los cuales se logran con la unión de por lo menos dos dovelas que se unen en sus extremos.

Para el diseño de estas dovelas, se debe fijar en primer lugar su espesor (las relaciones más habituales entre el diámetro del túnel y el espesor, están entre 16 y 32), estando habitualmente comprendidos entre 20 y 60 cm. Asimismo, el diseñador debe considerar todas las acciones a las que van a estar expuestas las dovelas: manipulación, montaje, acciones del terreno, interacción entre las juntas, fisuración, incendio, etc.



Figura 28: Túnel revestido con dovelas prefabricadas

#### 3.11.4 ELEMENTOS PARA PUENTES

Hablamos en este caso de los elementos estructurales prefabricados de concreto de **densidad normal, armados o pretensados**, utilizados en la construcción de puentes (de carreteras, puentes de ferrocarril y pasarelas). Por ejemplo elementos de tableros: vigas, losas, elementos nervados o celulares. Ver figura 29.

- Estribos: elementos capaces de soportar las acciones verticales y horizontales aplicadas por el tablero y el empuje de las tierras debido al material del terraplén.
- Elementos para pilas.
- Arcos prefabricados.
- Dodelas prefabricadas.

La producción de estos elementos se puede hacer en fábrica, o en el sitio de la construcción, donde se deben garantizar las mismas condiciones de fábrica, protegiendo los prefabricados de la lluvia, el viento y el sol.



Figura 29: Puente con elementos prefabricados como pilas, pilas y vigas

### 3.11.5 MARCOS

Los marcos prefabricados de concreto son generalmente elementos de sección rectangular utilizados para la creación de huecos por debajo del nivel del suelo cuya finalidad es el transporte o almacenamiento de materiales, por ejemplo, para el transporte y el almacenamiento de aguas residuales, galerías de cables y pasajes subterráneos, obras de drenaje, formación de cajas de inspección, depósitos, pasos bajo vías, pórticos para cubrir servicios, etc.

Los marcos se producen generalmente en fábrica, usando agregados de peso normal o ligero. Estos marcos individuales, se encuentran diseñados para trabajar en conjunto y para ser ensamblados por medio de las juntas, formando una estructura completa en toda su longitud (ver figura 30). Estas estructuras pueden ser marcos completos (monolíticos) o elementos simples que se ensamblan para formar el marco.



Figura 30: Marco en concreto prefabricado

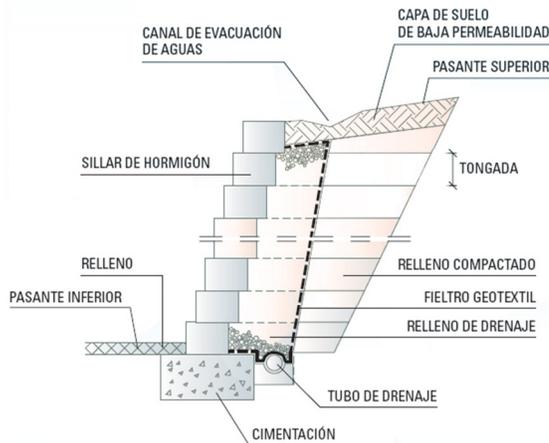
### 3.11.6 SOLUCIONES DE CONTENCIÓN

#### ➤ Bloque de concreto

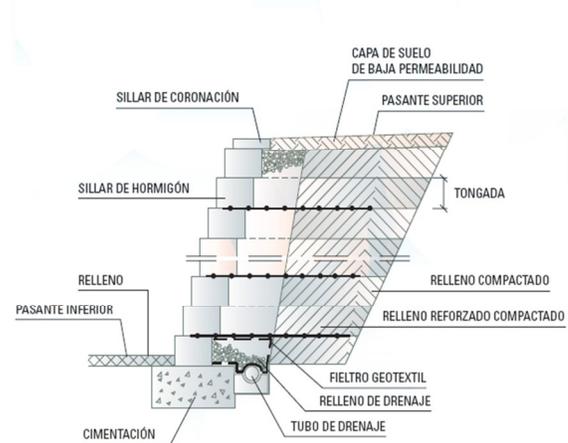
En este caso, los muros de contención se conforman por la colocación de los bloques prefabricados de concreto, uno encima de otro, consiguiendo por gravedad, su estabilidad, como se muestra en la figura 31. Para el ensamble de los bloques, éstos vienen con pestañas o elementos que hacen que unos encajen

en los otros y puedan transmitir los esfuerzos horizontales entre las diferentes hiladas. Dado que estos bloques son instalados en seco, en algunas ocasiones, para prevenir vuelcos o deslizamientos, se complementan con refuerzos embebidos en el terreno.

Cuando los muros son muy altos y se vuelven inestables, necesitan ser complementados con refuerzos en el suelo de relleno, lo cual se logra con mallas sintéticas, textiles o aceros, como se muestra en la figura 32.



**Figura 31: Muro de contención, con relleno sin refuerzo**



**Figura 32: Muro de contención, con relleno reforzado**

### 3.12 EDIFICACIÓN MODULAR

Las edificaciones modulares, permiten el máximo aprovechamiento de los prefabricados de concreto, en donde se fabrican las unidades básicas para que en obra solo sean izadas y ensambladas, permitiendo así un trabajo mucho mas limpio, seguro y rápido.

Las unidades básicas prefabricadas de concreto pueden ser tridimensionales (celdas), bidimensionales (elementos superficiales para cerramientos, particiones interiores y techos o cubiertas (ver figura 33), que se ensamblan después en obra) o lineales (vigas, columnas, otros elementos), aunque el proceso se optimiza cuanto más haya sido ejecutado en planta, a fin de agilizar su montaje en la obra, las cuales pueden ir provistas de componentes como instalaciones eléctricas, fontaneras, telecomunicaciones, calefacción y/o energías renovables.



**Figura 33: Edificación modular compuesta por elementos bidimensionales y lineales**

Se pueden fabricar en una sola pieza, gracias a la infraestructura de fabricación que algunas empresas disponen para ello - puentes grúa de gran tonelaje, grandes naves, grandes zonas de acopio, etc. – con espesores que pueden oscilar desde los 8 a los 20 centímetros. Las dimensiones habituales de los módulos son capaces de llegar a dimensiones de 15 metros en largo (la limitación la marca el transporte), hasta 4-5 metros en anchura y 3 metros en altura, dimensiones suficientes para la creación de locales y espacios en edificación residencial.

Asimismo, podrán incorporar de planta aquellos elementos y materiales para dotarle de las características necesarias para cumplir con los requisitos reglamentarios en materia térmica (aislamientos térmicos incorporados), acústica, fuego o resistencia (acción del viento, sismo).

La edificación modular es susceptible de ser empleada en la construcción residencial (tanto en viviendas unifamiliares, o edificios de varias plantas), hoteles, residencias, colegios, hospitales, oficinas, etc., en la figura 34, se muestra el proceso de construcción, transporte y ensamble de unidades básicas tridimensionales. (ANDECE, Asociación Nacional de la Industria del Prefabricado de Hormigón).



**a). Fabricación**



**b). Transporte**



c). Ensamble

Figura 34. Construcción de edificación modular tridimensional

#### 4. CONEXIONES ENTRE ELEMENTOS ESTRUCTURALES PREFABRICADOS

Uno de los elementos mas importantes en toda estructura, son las conexiones, debido a que éstas son las encargadas de la transmisión de cargas, restricción de movimientos y provee estabilidad a elementos de la estructura, o de la estructura completa.

En cuanto a las conexiones entre elementos prefabricados, se han desarrollado una gran variedad de estas, debido tanto a la dimensión como a la forma de los elementos que conectará.

Para el diseño de las conexiones se debe tener en cuenta la rigidez, ductilidad, movimientos de la estructura debidos al creep, retracción y cambios de temperatura, durabilidad, resistencia al fuego, tipo de construcción, acabados, requerimientos sísmicos y tolerancias.

Algunos tipos de conexiones que se usan en las estructuras prefabricadas son:

Espárragos de anclaje

Conexiones en acero como:

Tubos estructurales

Platinas

Canales

Ángulos

Bridas

Barras de refuerzo

Pernos roscados

Almohadillas de soporte (neopreno)

(PCI - Prefabricado / Pretensado Concrete Institute, 2010)

## **5. ESTUDIO DE DESPACHO DE CEMENTO SEGÚN CANAL DE DISTRIBUCIÓN (DANE, 2012)**

Las siguientes tablas y gráficos, son obtenidos de Información Estadística del DANE, publicada el 26 de octubre de 2012, en donde se han recolectado datos desde el mes de abril de 2009, hasta septiembre de 2012.

Estas tablas y gráficos, muestran el comportamiento del cemento en Colombia, según los despachos que se han hecho a los diferentes canales de distribución, entendiéndose por canal de distribución, cada uno de los consumidores del material en estudio.

Dentro de los canales de distribución, se encuentran los siguientes:

- |                               |                   |
|-------------------------------|-------------------|
| -Concreteteras                | -Comercialización |
| -Constructores y contratistas | -Fibro cemento    |
| -Prefabricados                | -Otros.           |

El canal de distribución, otros, incluye despachos a gobierno, donaciones, consumo interno y ventas a empleados.

La tabla 1, Despachos nacionales de cemento gris por canal de distribución, tomada del DANE, va a ser la tabla base, de donde vamos a hacer diferentes tipos de análisis.

**Tabla 1. Despachos nacionales de cemento gris por canal de distribución correspondiente al periodo comprendido entre abril de 2009 y septiembre de 2012**

Año	Mes	Concreteiras	Comercialización	Constructores y contratistas	Fibrocemento	Prefabricados	Otros <sup>1</sup>	Total	
2009	abr-09	116.602	406.388	119.278	12.666	17.165	6.562	678.661	
	may-09	121.007	413.063	125.680	13.851	15.490	6.664	695.755	
	jun-09	119.887	370.383	110.851	12.602	15.761	5.915	635.399	
	jul-09	128.727	441.850	128.709	16.466	17.474	8.738	741.964	
	ago-09	118.969	428.980	114.507	14.223	16.140	7.581	700.400	
	sep-09	140.034	423.709	123.322	13.983	16.992	7.147	725.188	
	oct-09	134.772	435.983	122.846	14.359	16.053	7.446	731.459	
	nov-09	125.389	438.113	114.914	13.752	15.779	8.728	716.676	
	dic-09	127.003	444.194	94.693	11.516	15.432	8.608	701.445	
	2010	ene-10	112.067	414.475	100.936	13.181	15.566	5.474	661.697
		feb-10	122.759	436.462	110.986	17.680	17.429	6.293	711.608
		mar-10	134.051	461.855	123.759	16.337	17.666	7.849	761.517
abr-10		118.338	418.516	111.778	14.775	16.192	6.465	686.065	
may-10		132.895	468.049	115.164	17.033	15.363	7.114	755.619	
jun-10		136.972	424.895	112.101	14.223	14.428	6.303	708.922	
jul-10		143.391	459.118	114.763	14.794	15.277	6.725	754.068	
ago-10		144.011	449.061	116.929	14.147	16.342	9.430	749.921	
sep-10		150.779	468.512	115.492	16.298	18.352	8.046	777.479	
oct-10		158.239	485.269	113.483	15.646	16.862	5.638	795.136	
nov-10		145.039	504.455	111.933	15.845	16.640	5.220	799.131	
dic-10		133.532	501.102	92.030	11.788	15.624	6.145	760.220	
2011	ene-11	136.343	451.916	105.509	18.270	14.366	10.498	736.902	
	feb-11	153.751	436.081	101.475	16.317	14.068	4.728	726.419	
	mar-11	179.287	567.066	123.187	20.059	18.244	6.846	914.688	
	abr-11	164.059	472.871	105.029	13.844	15.064	5.959	776.826	
	may-11	184.051	520.236	123.157	16.154	19.062	7.518	870.178	
	jun-11	173.712	452.761	116.363	17.361	17.473	8.838	786.508	
	jul-11	183.912	499.637	125.392	15.023	20.169	7.596	851.729	
	ago-11	192.728	530.467	147.494	14.308	23.060	8.494	916.551	
	sep-11	193.093	531.580	149.320	12.549	23.724	7.783	918.049	
	oct-11	182.093	523.676	136.287	13.711	23.870	8.072	887.709	
	nov-11	176.881	521.919	141.370	12.545	24.200	8.914	885.830	
	dic-11	170.043	540.539	128.851	11.778	22.055	10.589	883.854	
2012	ene-12	167.426	470.000	138.290	14.355	24.206	9.006	823.284	
	feb-12	185.799	454.248	156.314	15.562	25.269	9.423	846.615	
	mar-12	206.964	519.135	172.760	16.613	25.255	9.725	950.453	
	abr-12	173.980	433.422	138.718	13.103	22.359	7.960	789.542	
	may-12	208.186	479.829	166.544	15.902	24.943	9.286	904.691	
	jun-12	202.305	468.539	162.289	14.416	22.497	9.175	879.220	
	jul-12	199.361	462.079	167.330	14.299	25.379	11.185	879.633	
	ago-12	206.134	483.669	166.501	14.044	25.006	11.109	906.463	
	sep-12	199.182	445.539	167.060	15.965	24.306	10.695	862.747	

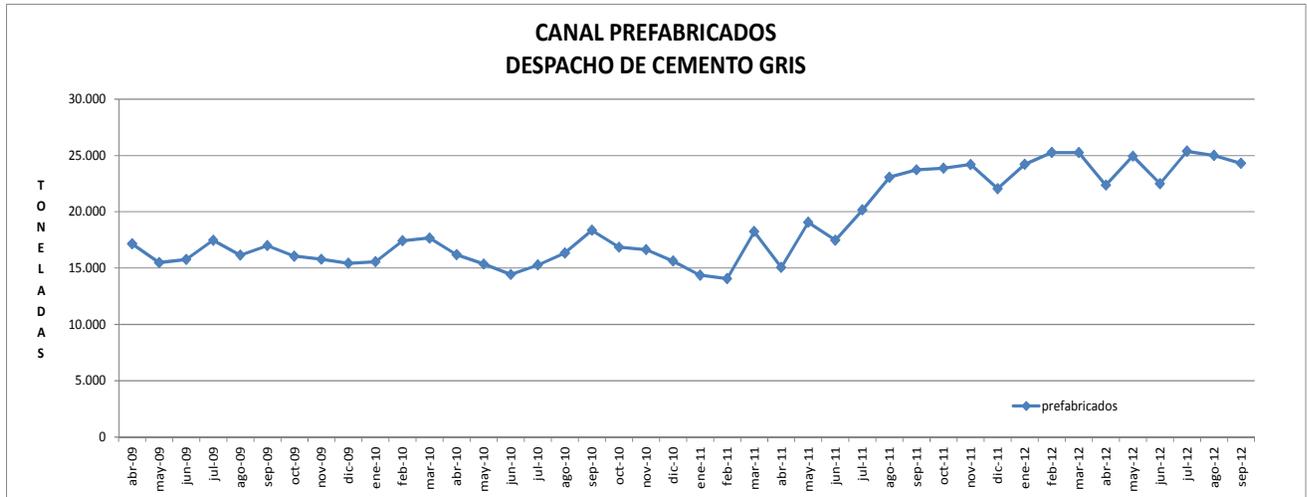


Figura 35. Evolución del despacho de cemento gris para el canal de distribución de prefabricados en Colombia.

La gráfica anterior, gráfica 1, muestra como ha ido creciendo la producción de concretos prefabricados, basado en la información del suministro de cemento gris para el canal de distribución correspondiente.

El suministro promedio mensual por año de cemento gris ha sido el siguiente:

2009	16.254 ton
2010	16.321 ton
2011	19.613 ton
2012	24.358 ton

Lo que muestra un estancamiento en el año 2010, pero una buena reacción en los siguientes dos años, creciendo un 49.86% el consumo del 2012 frente al del 2009.

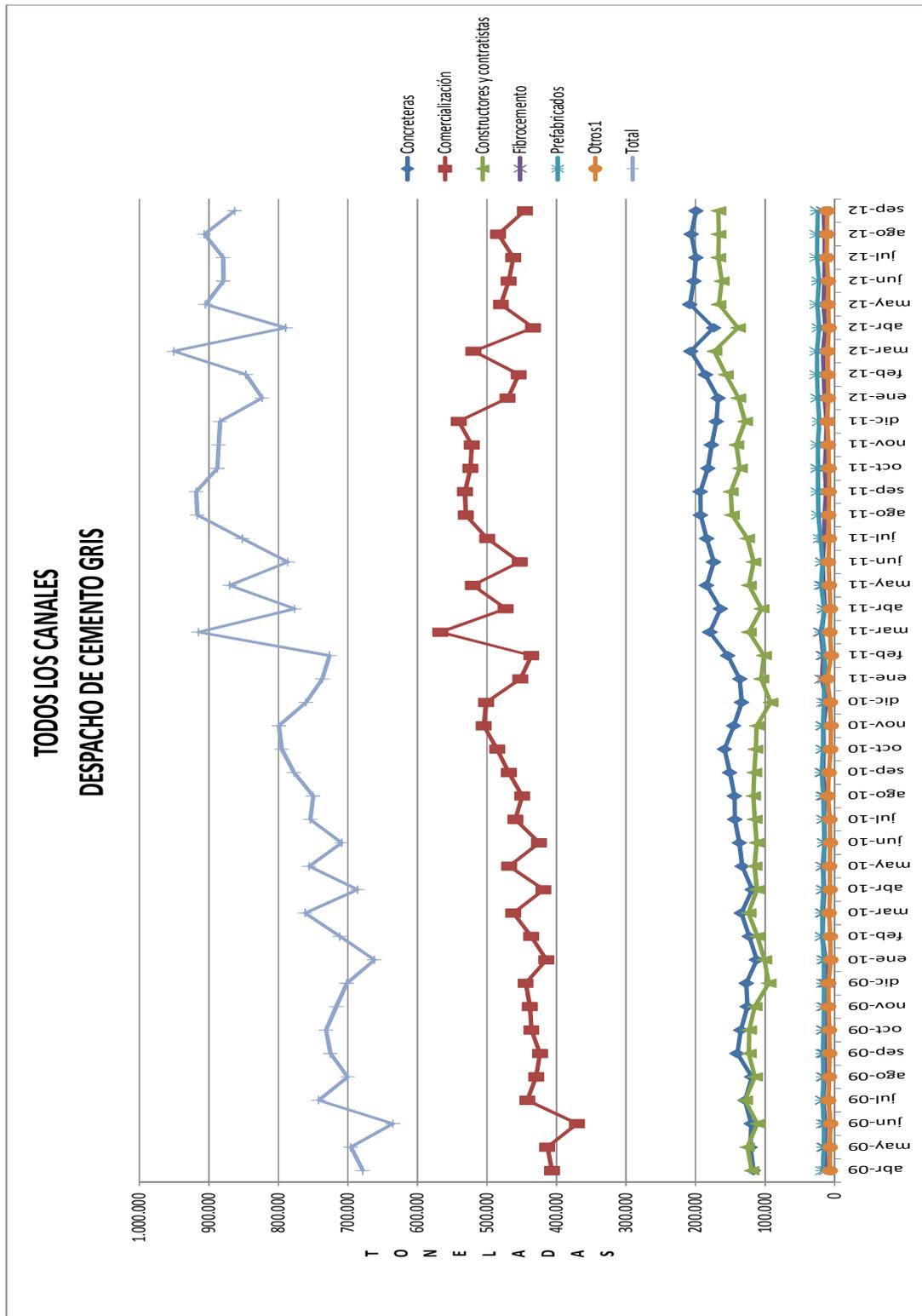
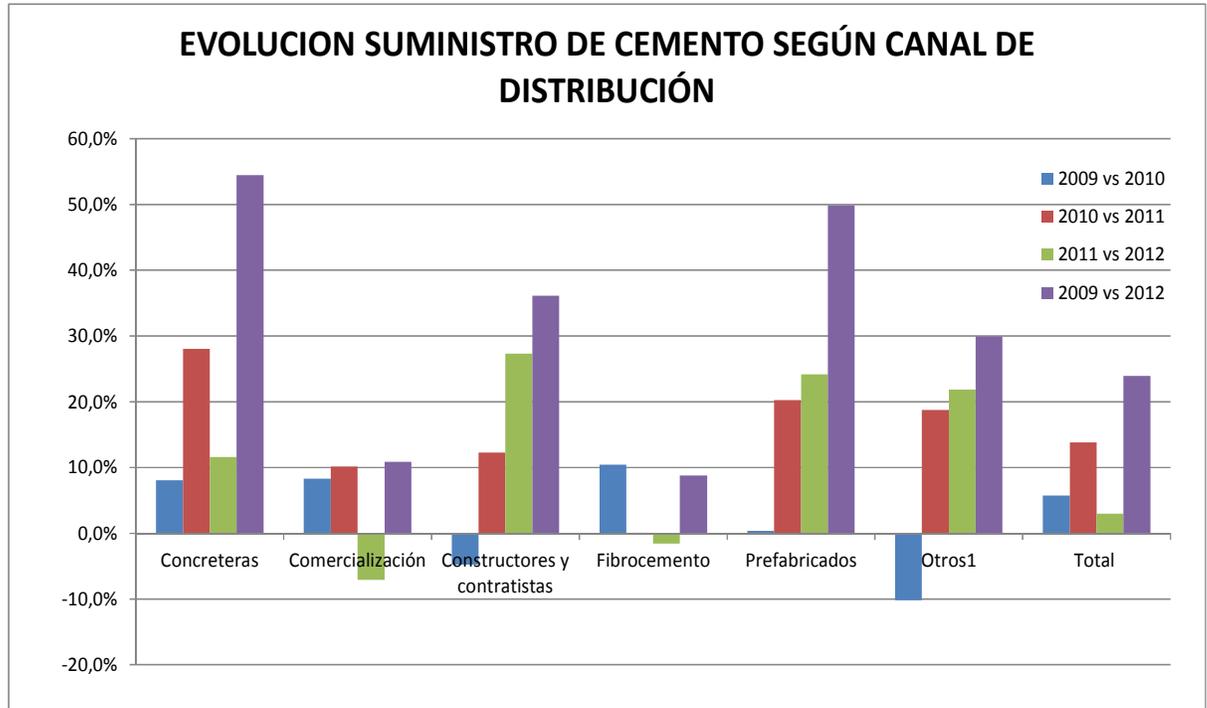


Figura 36. Evolución Comparativa del despacho de cemento gris para todos los canales de distribución en Colombia.

Las gráficas 2 y 3, nos muestran la evolución de la producción de cemento gris, para todos los canales de distribución, teniendo una constante en cada uno de ellos, a excepción del canal comercialización, y es su crecimiento constante.



**Figura 37. Evolución suministro de cemento según canal de distribución**

En la gráfica 3, se hace evidente el crecimiento que han tenido los prefabricados, al compararlo con los otros canales de distribución, quien junto con las Concreteras, son los que evidencian el mayor crecimiento al comparar el año 2009 vs el 2012.

Sin embargo, en la gráfica 2, observamos que la participación de los prefabricados alcanza apenas un 2.7% del total, evidenciando el potencial que tiene esta línea en el mercado Colombiano.

Las siguientes son algunas gráficas obtenidas del DANE, donde se muestra la participación en el 2012, de cada una de las cadenas de distribución.

Para tomar decisiones



Diagrama, despachos según canal de distribución

Marzo 2012

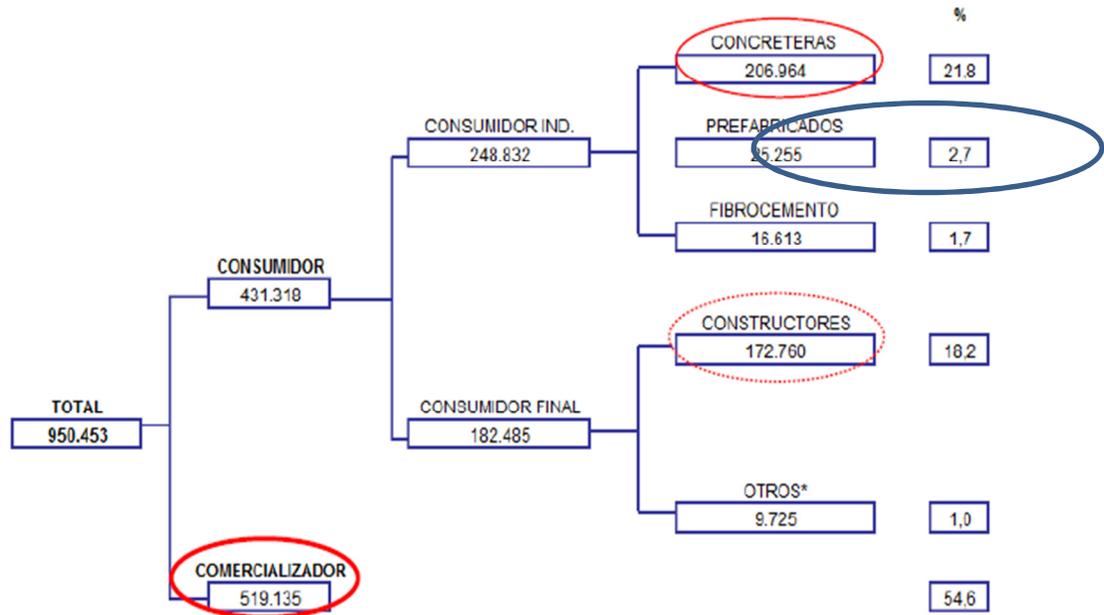


Figura 38. Despachos según canal de distribución

Para tomar decisiones



*Distribución de los despachos de cemento gris según canal de distribución*  
Marzo (2011 – 2012<sup>o</sup>)

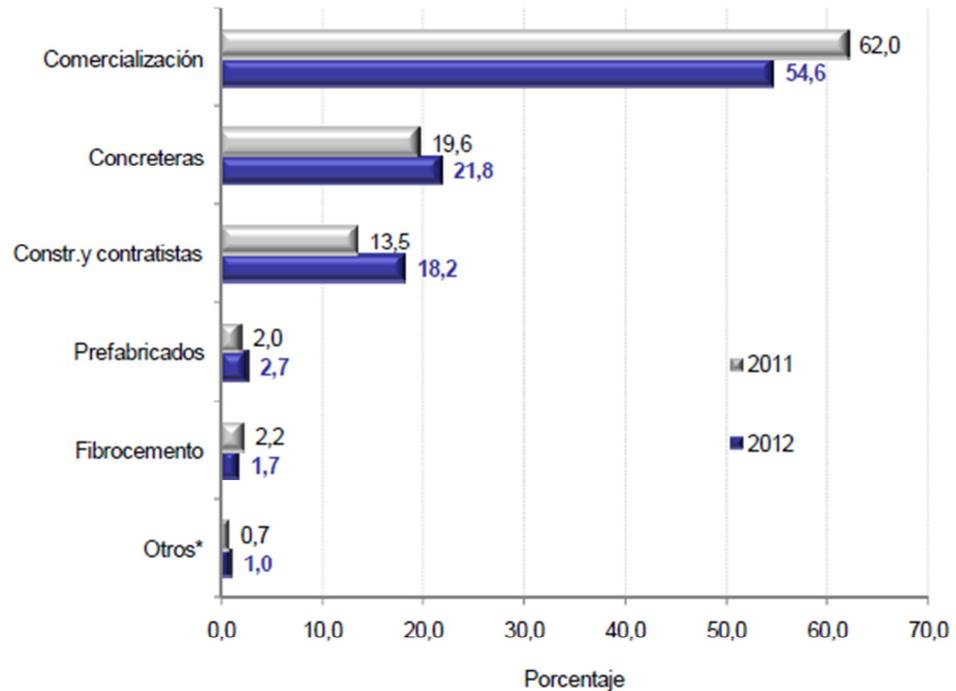


Figura 39. Despachos según canal de distribución, comparativo 2011 vs 2012

En la figura anterior, se evidencia el crecimiento en el mercado que ha tenido la industria del concreto prefabricado en Colombia, la cual ocupaba en el 2011 un total del 2.0% y en el 2012 el 2.7%.

## 6. RESULTADO DE ESTUDIO DE EMPRESAS PREFABRICADORAS DE CONCRETO

Para realizar este estudio, se consultaron empresas de los países mas importantes en cada uno de los continentes, los cuales relacionamos a continuación:

**AMÉRICA LATINA**

COLOMBIA

VENEZUELA

**AMÉRICA DEL NORTE**

ESTADOS UNIDOS

CANADÁ

**ASIA**

CHINA

JAPÓN

**EUROPA**

ESPAÑA

INGLATERRA

ALEMANIA

**CENTRO AMÉRICA**

PANAMÁ

**ÁFRICA**

Los siguientes son los resultados del estudio:

Las empresas prefabricadoras en **Colombia y Venezuela**, basan la mayor parte de su producción, en prefabricados del tipo viales, espacio público, alcantarillados, mamposterías y muros de contención en bloque. Prefabricados del tipo estructural para edificaciones e infraestructura, son muy poco vistos. En Colombia, se encuentra únicamente a la empresa Titán, la cuál se ha expandido a Panamá y Perú.

Adicional a lo anterior, encontramos una empresa con prefabricados alternativos, DURAPANEL, pertenece al grupo CONCONCRETO, cuya producción se encuentra concentrada en prefabricados ligeros, del tipo mampostería y estructural en poliestireno expandido, recubierto con mallas electrosoldadas y pañete estructural.

En **Panamá**, encontramos que hay un auge en las empresas prefabricadoras proveniente de otros países, en su mayoría desde España, razón por la cual apreciamos una evolución de este tipo de fábricas con respecto a América Latina, ya que adicional al tipo de prefabricados que dominan el mercado del último, han llegado empresas con tecnologías de punta, que son capaces de prefabricar, transportar e izar elementos de mucho mayores dimensiones para edificaciones e infraestructura vial.

En **Estados Unidos y Canadá**, se puede apreciar, adicional a lo que se está viendo en Panamá y Colombia, la oferta de edificaciones completas con estructuras y mamposterías prefabricadas. Sus productos se encuentran

clasificados según el tipo de edificación, encontrándose del tipo residencial, escolar, naves industriales, parqueaderos, militares, etc. Se fabrican también, elementos para estructuras energéticas, como es el caso de Mástiles para energía Eólica, Sistemas de contención de combustibles, equipos de seguridad y bóvedas.

En **España**, sucede algo similar a **Estados Unidos y Canadá**, también se ofertan estructuras prefabricadas para infraestructura y edificaciones, así como los elementos básicos tipo alcantarillado y elementos de espacio público. Se observa ofertas de edificaciones completas, en donde el proveedor fabrica, transporta y ensambla toda la estructura.

Existe también oferta muy diversa de muros de contención y de mobiliario urbano, con acabados arquitectónicos modernos y variados, los cuales le dan un toque de estilo al sitio donde se instalan.

En Estados Unidos y España, se encontraron diferentes asociaciones de empresas prefabricadoras, que se han unido con el fin de promover el uso de sus productos.

En **Inglaterra** se tiene oferta de prefabricados de espacio público, alcantarillado, muros divisorios, estructuras de edificación, túneles, muros de contención

En **Japón**, las empresas prefabricadoras, se concentran en la producción de tuberías y otros elementos de alcantarillado, así como elementos de espacio público, elementos de cimentación, columnas y vigas de edificaciones, elementos estructurales de puentes, túneles, muros de contención y vías férreas. Algunas empresas importan los prefabricados para edificaciones desde China, en lugar de fabricarlos en Japón.

En **China** se realizan elementos estructurales de puentes, túneles, edificaciones, espacio público.

En el Anexo n.1, que se adjunta al final, se detallan los productos prefabricados de cada una de las empresas, en cada uno de los países en mención.

Del estudio del Anexo n.1, se puede observar que Colombia, al compararlo con otros países como China, Japón, Inglaterra, España y Estados Unidos, presenta un atraso considerable en el tipo de prefabricados ofrecidos, ya que solo nos hemos concentrado en la industria artesanal con prefabricados básicos, como los usados para el paisaje urbano (adoquines, losetas), viales (topellantas, barreras, bordillos, canales), sanitarios (tuberías, sumideros), energéticos (postes de iluminación), edificaciones (bloques de mampostería, casas de 1 o 2 pisos),

infraestructura (prefabricados para muros en tierra armada), ignorando, la amplia gama de productos que se encuentran en el mercado actual.

Hemos visto, según la investigación realizada en los países nombrados, que hoy se tienen prefabricados para montar puentes completos en muy pocos días, iniciando por su cimentación con pilotes, siguiendo con las pilas, vigas pretensadas de grandes vanos, losas pretensadas alveolares, prétilos, etc.

Encontramos prefabricados para armar túneles y falsos túneles de manera muy rápida, muros de contención de diferentes tipos listos para instalar, vemos edificaciones de muchos pisos, hechos en cuestión de semanas y todo lo anterior, asegurando un uso eficiente de los materiales que los componen, así como se asegura la calidad en planta.

En el campo de las edificaciones, vemos que se ha avanzado en prefabricados mas delgados y livianos, con el uso de GRC, concreto reforzado con fibra de vidrio, los cuales se vienen usando como recubrimiento de fachadas y muros divisorios; se tienen columnas, vigas y losas prefabricadas, lo cual ahorra mucho tiempo a la hora de la construcción, asegura calidad y minimiza los riesgos de accidentes y pérdidas de vidas, los cuales son muy comunes en el sector de la construcción.

En Colombia, se viene avanzando con el uso de prefabricados con un núcleo en poliestireno expandido, revestido en malla electrosoldada y mortero estructural, dándole usos de muros divisorios y portantes, así como escaleras.

Uno de los inconvenientes que se han encontrado en la industria colombiana, es el transporte e izase de estos elementos, ya que por sus pesos y dimensiones se necesitan máquinas de gran capacidad y vías adecuadas que permitan el acceso de los anteriores.

En el mercado colombiano, nos hemos limitado a suministrar elementos prefabricados para ser usados en las estructuras finales, mientras que en mercados como el de Estados Unidos, Europa y Asia, se llegan a ofrecer el suministro, transporte e instalación de las estructuras completas, como edificios de educación, hoteleros, residenciales, oficinas, puentes, túneles, etc.

## 7. RECOPIACIÓN DE VENTAJAS DE LOS PREFABRICADOS EN CONCRETO

**Aseguramiento de Calidad:** Los controles que se hacen sobre la mezcla, al cuidar cuidadosamente la dosificación de cada uno de sus componentes, la ubicación de los refuerzos, preservando su ubicación y recubrimiento según diseños, así como un fraguado adecuado, aseguran la calidad de estos elementos prefabricados.

**Menor tiempo de ejecución de obras:** El tener los elementos prefabricados listos en obra, hace que tiempos muertos que involucran el encofrado, fraguado, endurecimiento y desencofrado del concreto, sean aprovechados en otras actividades, lo cual conlleva reducción de los tiempos de la ruta crítica de la obra y disminución de los costos en recurso humano.

**Menor tiempo de retorno de la inversión:** Al ser las obras ejecutadas en un menor tiempo, la estructura puede darse al servicio mucho más rápido, lo cual involucra un retorno de la inversión mucho más ágil que si se construyera de la forma convencional.

**Reducción de la accidentalidad:** La menor cantidad de recurso humano en la obra debida al uso de prefabricados, involucra directamente, una reducción de los accidentes y pérdidas humanas.

**Integración con su entorno:** La prefabricación de elementos de concreto, permite al diseñador, jugar con gran variedad de acabados, logrando de esta manera que la estructura resultante, entre en comunión con el entorno existente. Esto es de gran importancia en sectores de interés histórico y arquitectónico.

**Efectos especiales:** Los elementos prefabricados en concreto, permiten fundiciones en varias capas con agregados de diferentes colores en cada una de ellas, logrando de esta forma, crear efectos lumínicos en su superficie, según la dirección e intensidad de luz que le llegue al elemento.

(British Precast Concrete Federation, 2008)

## 8. RECOPIACIÓN DE DESVENTAJAS DE LOS PREFABRICADO EN CONCRETO

**Mayor planeación (estudio en tiempo y movimientos de maquinaria y transporte):** A causa de la disponibilidad del espacio, normalmente, no se pueden tener todos los elementos que constituyen la estructura en la obra, por lo cual, se debe planear, cual va a ser la secuencia de montaje, para que del mismo modo, se inicie la prefabricación y transporte de los mismos al sitio de obra.

**La inversión se hace en menos tiempo:** Al ser las estructuras prefabricadas, construidas en tan poco tiempo, se hace necesario de un flujo de caja disponible a mas corto tiempo, lo cual en ocasiones, puede llegar a ser un inconveniente para el inversionista.

**Se requiere maquinaria pesada:** El transporte e izaje de los elementos prefabricados, necesita, comúnmente, de vehículos de gran capacidad, como tractocaminones y grúas, ya que el tamaño y el peso de muchos de estos elementos, hace imposible que estos sean trasladados en vehículos convencionales.

**Mano de obra especializada:** Al ser la construcción con elementos prefabricados una actividad mucho mas especializada, se hace necesario que la mano de obra a contratar, sea capacitada y especializada en la labor, lo cual hace mas complejo encontrar este tipo de personal disponible.

**Se requiere espacio para maniobras en las obras:** Dado el tamaño y peso de los elementos prefabricados, se hace necesario contar a su vez con disponibilidad de espacio adecuada, no solo para su almacenamiento, sino, también, para el uso de la maquinaria de gran tamaño que se hace necesaria para su movilización e izaje.

**La inversión en moldes metálicos es muy alta:** El costo de los moldes metálicos es muy elevado y si el elemento a fundir tiene características especiales, que haga que este molde especial sea usado poco, el costo del mismo, se hace muy alto en comparación con el número de veces que se puede usar.

**Identificación de los elementos:** como los elementos a ensamblar tienen un orden específico, se hace necesario que estén claramente identificados y almacenados, esto con el fin de evitar demoras ocasionadas en la consecución de los mismos. (Reinoso Angulo, 2000).

## **9. CONCLUSIONES**

La industria colombiana de prefabricados, presenta un gran atraso frente a la industria mundial, ya que se ha concentrado en elementos simples de pavimento (adoquines, baldosas, bordillos), alcantarillados (tuberías) y mamposterías (bloques para muros de edificaciones y de contención), descuidando elementos del sector infraestructura como en puentes y túneles, así como los pertenecientes a la estructura de edificaciones de sistemas diferentes a los de mampostería estructural (vigas, columnas, losas).

Para lograr los niveles de la industria extranjera, como la de Estados Unidos y la de España, debemos invertir en la tecnificación de nuestra industria y en la capacitación de nuestro personal, partiendo desde nuestros ingenieros y arquitectos.

En muchos sitios de Colombia, se hace imposible el uso de prefabricados debido a la deficiencia en sus vías, ya que para el transporte de estos pesados elementos, se hace necesario de vehículos de grandes dimensiones que necesitan de vías adecuadas.

América Latina se está viviendo beneficiada en estos momentos en el sector de los prefabricados, debido a la desaceleración económica europea, ya que las empresas de estos países, están buscando nuevos sitios para poder invertir, y han encontrado en países la región Andina, los aliados perfectos para poder montar sus industrias y volver a tomar fuerza.

Los prefabricados arquitectónicos en concreto, han comenzado a tener gran acogida, ya que con las nuevas tecnologías de refuerzo en fibra de vidrio, se han podido crear elementos muy ligeros y delgados, que no aportan mucho en las cargas muertas de las edificaciones.

## **10. RECOMENDACIONES**

Se recomienda a las personas que deseen retomar el tema del presente trabajo, que se investigue sobre prefabricados en materiales diferentes a el concreto, ya que se en la actualidad, se nota una reciente innovación con materiales como poliestireno expandido recubierto con mallas electrosoldadas y mortero estructural;

---

explorar sobre el uso de prefabricados en países diferentes a los del presente trabajo; investigar sobre usos diferentes.

## **BIBLIOGRAFÍA**

ANDECE, Asociación Nacional de la Industria del Prefabricado de Hormigón. (s.f.). <http://www.andece.org/>.

British Precast Concrete Federation. (2008). *The Little Book of Concrete*. British Precast.

DANE. (2012). *Estudio de despacho de cementos según canal de distribución*. Bogotá.

PCI - Prefabricado / Pretensado Concrete Institute. (2010). *Designing with Precast and Prestressed Concrete*.

(2000). Manual de Diseño de estructuras prefabricadas y presforzadas. En E. Reinoso Angulo.

Rosas Bernal, M. (1995). Avances en los prefabricados. *El Tiempo*.