

COMPARACION TECNICO-FINANCIERA DEL ACERO ESTRUCTURAL Y EL HORMIGON ARMADO

TECHNICAL AND FINANCIAL STUDY OF STRUCTURAL STEEL AND STRUCTURAL CONCRETE

MIGUEL DAVID ROJAS LOPEZ

Escuela de Ingeniería de la Organización, Facultad de Minas, mdrojas@unalmed.edu.co

JHON JAIRO ARENAS GIRALDO

Escuela de Ingeniería Civil, Facultad de Minas, jjarenas@unalmed.edu.co

Recibido para revisar Junio 06 de 2007, aceptado Octubre 17 de 2007, versión final Enero 14 de 2008

RESUMEN: Este trabajo presenta un análisis comparativo de las propiedades operativas, estéticas, mecánicas, económicas y financieras de los sistemas constructivos en acero estructural y hormigón armado, con el fin de establecer criterios de escogencia para la construcción en Colombia.

PALABRAS CLAVE: Sistemas constructivos, Comparación financiera, eficiencia.

ABSTRACT: The paper shows a comparative analysis about the operative, esthetic, mechanic, economic and financial properties of constructive systems of structural steel and structural concrete, in order to establish judgments of choosing for construction in Colombia.

KEY WORDS: Constructive systems, comparison finance, efficiency.

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente se vive una época en la que es necesario evolucionar continuamente y a grandes pasos en todos los campos. Debido a un constante crecimiento demográfico es preciso el estudio continuo de la optimización de recursos, tanto de tipo natural como económico. El sector de la construcción ha atravesado diversas etapas de evolución que precisamente se fueron presentando con el objeto de mejorar en materia de funcionalidad, seguridad, estética y economía. Siendo esta última la razón principal, ya que a medida que pasa el tiempo, se han requerido de menores tiempos de construcción, mayores facilidades de montaje, mejores materiales a precios razonables y menores costos en la mano de obra; debido a que las anteriores características pueden generar impacto financiero alto en el costo total de las obras.

Desde hace algunas décadas, hasta la actualidad se ha venido presentando principalmente la utilización de Acero estructural y Hormigón armado (o estructural) en las construcciones, por lo que dichos materiales han sido objeto de continuas investigaciones; siempre con el objetivo de hacer estructuras mejores a menor costo, además, porque son materiales que se pueden adaptar fácilmente a diversos usos. Sin embargo existen algunos proyectos en los que solo se puede utilizar alguno de los dos materiales, como es el caso por ejemplo de las presas y pavimentos rígidos, que se construyen con hormigón, o el caso de barcos, rieles y maquinaria, que se construyen con acero. En este documento se centrará la atención en proyectos que se puedan construir con cualquiera de los dos materiales, para así realizar un análisis comparativo entre ambos y determinar que ventajas y desventajas presentan cada uno en materia de optimización.

2. MARCO TEORICO

2.1 Hormigón Armado (o Estructural)

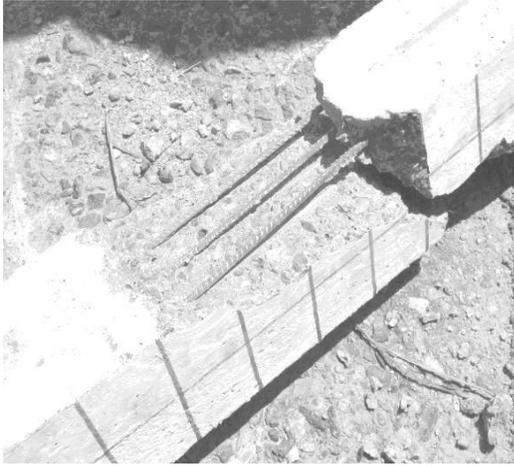


Figura 1. Estructura en Hormigón
Figure 1. Constructs in Concrete

Este material, también conocido como concreto reforzado es una mezcla de cemento, grava, arena y acero de refuerzo; combinando las propiedades mecánicas del concreto y del acero, creada para atender las sollicitaciones de compresión y tracción respectivamente, debido a que el hormigón sin refuerzo no puede soportar altas cargas de tracción, lo que el acero hace con facilidad.

La ventaja de este material es el fácil acceso a sus componentes en casi cualquier lugar del mundo, y la posibilidad de producirlo en obra bajo supervisión de expertos apoyándose en ensayos posteriores de resistencia.

Existen hormigones de diversas resistencias los cuales son utilizados según el fin y la función de la obra, basándose en sus características de permeabilidad, resistencia, manejabilidad, estética y costo.

Su densidad es aproximadamente de 2400 kg/m^3 y su resistencia a la compresión se encuentra en un intervalo de aproximadamente 15 MPa hasta 200 MPa . Su resistencia a la tracción es muy baja.

La ventaja del hormigón es la demanda, en la actualidad es el más utilizado para las obras colombianas por su comodidad para

implementarlo y se ha establecido históricamente su relativo bajo costo y facilidad de manejo.

Aunque se puedan encontrar hormigones con resistencias cercanas a los 200 MPa , en Colombia se trabaja máximo hasta 50 MPa , lo cual muestra la necesidad de invertir en investigación y tecnología, para sacar el máximo provecho de las características mecánicas de este material.

2.2 Acero Estructural



Figura 2. Estructura metálica
Figure 2. Metallic structure

El acero estructural se presenta por lo general en forma de perfiles o laminas.

Es un material que posee alta resistencia a compresión como a tracción, por lo que no necesita de otro tipo de material para trabajar.

Debido a su vulnerabilidad a la corrosión por lo general va acompañado de un recubrimiento el cual puede ser galvanizado (recubrimiento de zinc), recubierto de anticorrosivo, de pintura o una mezcla de ellos.

En Colombia es un material de poca utilización comparado con el hormigón armado y la perfiles no se produce nacionalmente, por lo que es necesario importarla o armarla por medio

de cordones de soldadura como lo muestra la Figura 3.

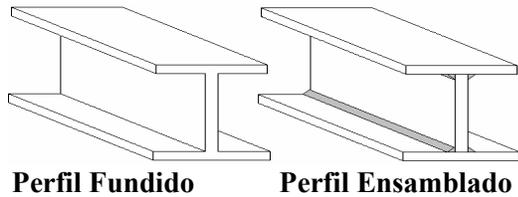


Figura 3. Perfiles
Figure 3. Profiles

Su densidad es aproximadamente de 7800 kg/m^3 y en Colombia se trabajan comúnmente aceros de resistencia grado 33 (220MPa), grado 40 (280MPa), grado 50 (350MPa) y grado 60 (420MPa).

La ventaja del acero es la limpieza en obra y la posibilidad de reciclaje una vez termine su ciclo de vida útil. El acero de las demoliciones se vende como chatarra, luego se funde en las siderúrgicas y con una adición de algunos componentes se consigue de nuevo acero estructural.

Una desventaja es que este material ha evolucionado muy poco en Colombia debido a su poca utilización y su alto costo, por lo que como el hormigón requiere de investigación.

En Colombia solo existe una industria siderúrgica comprometida con la producción de acero, Acerías Paz del Río, que incluso no alcanza a satisfacer la demanda de acero nacional, lo que hace más difícil la entrada de este nuevo material al mercado colombiano.

3. DESARROLLO CONCEPTUAL

Existen ejemplos puntuales en los que se pueden utilizar Acero estructural u Hormigón armado o estructural como es el caso de:

- Estructuras aporticadas para edificaciones
- Defensas viales
- Pilotes hincados
- Casas

Por lo que se analizarán cada uno evaluando sus características técnicas y su impacto financiero para determinar cual de los dos materiales es más apto para construir en Colombia.

3.1 Estructuras aporticadas para edificaciones



Figura 4. Estructura aporticada de Hormigón
Figure 4. Construct aporticada of Concrete



Figura 5. Estructura aporticada de Acero
Figure 5. Construct aporticada of Steel

Las estructuras aporticadas para edificaciones se pueden construir en acero como en hormigón, como muestra de esto se encuentran las antiguas

torres gemelas del World Trade Center en New York que poseían estructura metálica y las Torres Petronas en Malasia, que durante algún tiempo fueron la estructura mas alta del mundo y que están construidas en hormigón.

El primer detalle a mencionar puede ser: es mas fácil construir con acero que con hormigón, primero porque la estructura metálica se va armando como un mecano sin necesidad de obra falsa y segundo por la ventaja que le lleva el acero al hormigón con respecto a la resistencia mecánica; sin embargo, el acero tiene el problema de sucumbir ante el fuego como lo demostró el colapso de la torres gemelas luego de los ataque terroristas del 11 de septiembre de 2001 y como lo menciona (Florentino Regalado, Profesor de la Universidad de Alicante).

“El hormigón, material básico para las estructuras, está experimentando una gran evolución en su resistencia. Gracias a los aditivos químicos que proporciona la industria hoy pueden hacerse fácilmente cosas que antes eran un sueño. Superar actualmente los 600 kilogramos por centímetro cuadrado es fácil, cuando hace unos cuantos años lo normal eran 175. Hoy, lograr los mil kilos ya no es imposible y nosotros nos estamos anticipando aplicándolo en torres de Calpe y Benidorm.

Los hormigones especiales están haciendo retroceder el acero en el mundo de los rascacielos, que hoy tienen un componente de hormigón impensable hace unos años. Las famosas Torres Petronas, en Kuala Lumpur, están hechas con hormigón, no con acero. Si las Torres Gemelas hubiesen sido hechas con hormigón habrían aguantado mucho más”. (Regalado, 2007)

Como se menciona en el anterior comentario y tomando en cuenta hechos reales desde el punto de vista de la seguridad, el hormigón ofrece mayores garantías en estructuras de mayor envergadura.

A continuación se presenta la tabla 1 y 2 relacionando algunas de las características de

tipo funcional y económico inherentes al uso del hormigón armado y el acero estructural.

En la tabla 2 se exponen los argumentos financieros que afectan a cada uno de los tipos de estructuras que se estudian

Es importante resaltar que por lo general una obra de acero se cotiza por medio de la masa del material utilizado en esta, manejándose un precio actual aproximado de 5800 \$/kg según los expertos. Mientras que la obra de hormigón se cotiza tomando en cuenta el costo del material, el diseño y la mano de obra. Por ejemplo un mezanine de pórticos de acero con una masa aproximada de 13.000 kg tiene un costo aproximado de \$75'400.000, mientras que la misma estructura fabricada en hormigón, puede tener un costo de \$60'000.000, pero se puede llevar mas del doble de tiempo en su construcción que la estructura de acero.

Es lógico ver como algunos grandes almacenes, prefieren invertir más dinero en la estructura, ya que por cada día que se adelante la construcción de la obra se obtienen ganancias mayores que los sobrecostos de construcción.

3.2 Defensas viales



Figura 6. Defensa Metálica
Figure 6. Metallic defense

Tabla 1. Comparación Aspectos técnicos
Table 1. Technical comparison

HORMIGÓN ARMADO	ACERO ESTRUCTURAL
Material monolítico producido con material de cantera.	Material producido industrialmente bajo explotación en minas.
Se fabrica en obra	Se obtienen perfiles normalizados
El control de calidad se debe hacer en obra. Depende de la calidad del material y de la habilidad de los operarios. Se requiere ensayos para certificar calidad.	El control de calidad de la materia prima se efectúa en taller. La certificación de origen satisface los requerimientos del interventor.
El resultado es una construcción maciza. La simulación de la acción estructural es incierta.	La forma es un esqueleto. La acción estructural se aproxima a las idealizaciones lineales.
Las piezas son rígidas	Las piezas son esbeltas
No hay limitaciones en cuanto a formas y tamaños que se pueden obtener.	Las formas y tamaños están limitados por las facilidades de transporte entre fábrica y obra.
Al aumentar la exigencia se aumenta el tamaño o la calidad de los materiales	Al aumentar la exigencia se puede controlar la respuesta mediante variación en la proporción general.
Los asentamientos diferenciales son perjudiciales.	Es menos sensible a los asentamientos diferenciales.
La acción sísmica es de cuidado debido a su rigidez.	Tolera la acción sísmica debido a su flexibilidad.
La conducta del comportamiento es más desconocida y su respuesta es aleatoria.	Se conoce mejor la conducta y es más conocido el comportamiento.
Una falla de estabilidad puede llevar al colapso.	Una falla de estabilidad puede llevar a deformación permanente.
La disponibilidad generalizada de materia prima lo hace fácil de usar en cualquier lugar.	El uso de algunos elementos puede ser prohibido en algunas partes.
La conducta en tracción es deficiente. Debe usarse hacer de refuerzo para mejorarla.	La capacidad bruta en todos los estados de tensión es equivalente. Debe controlarse la esbeltez para la compresión.
El ajuste de la estructura en condición de falla es impredecible.	La estructura es propicia a redistribuir cargas en condición de falla.
No influye por separado la resistencia en las uniones.	La resistencia en las uniones afecta la capacidad general.
La reducción de capacidad por esbeltez es moderada.	La reducción de capacidad por esbeltez es apreciable.
El límite de resistencia puede estar entre 200 y 400 MPa.	El límite de resistencia puede estar entre 200 y 600 MPa.

Tabla 2. Comparación Aspectos financieros
Table 2. Financial Comparison

HORMIGÓN ARMADO(o Estructural)	ACERO ESTRUCTURAL
El costo en la mano de obra no esta relacionada con especialización, es decir, la mano de obra es no calificada.	El costo asociado con mano de obra esta relacionado con la especialización, es decir, debe ser personal formado técnicamente.
La mano obra calificada es ofrecida en el mercado laboral generalmente.	La mano de obra por ser especializada es necesario buscarla.
Con relación al efecto del ambiente es casi invulnerable, solamente lo afectan algunos medios ácidos.	El material utilizado es muy susceptible al efecto del ambiente.
El mercado ofrece el comportamiento y el uso de los materiales con frecuencia, incluso asesoría gratuita para su uso.	Es escaso el ofrecimiento de de materiales para su uso y las asesoría para la implementación son un poco costosas.
El costo del material utilizado es el resultado de la interacción de insumos ofrecidos en el mercado en abundancia.	El costo del material es producto del mercado externo controlado por oferta y demanda ajena.
Los costos de inversión al inicio de la ejecución son determinantes en la obra.	Los costos de inversión y los costos operacionales ayudan a tomar la decisión.
La disponibilidad de material no es limitante del uso.	La disponibilidad de material limita la posibilidad de uso.
El costo del transporte es negociable por ser de libre oferta.	Es necesario transporte especializado por su carácter técnico de diseño.
La tasa de interés de oportunidad es relativamente moderada por estar asociada a bajo riesgo.	La tasa de interés de oportunidad es relativamente alta por estar asociada al riesgo por su exclusividad.
En economías de escala es de fácil utilización para disminuir costos.	No disminuye costos relativamente en economías de escala pero incrementa el rendimiento.
La calidad del material impone relaciones altas entre longitudes de las piezas y su sección transversal.	La mejor calidad permite obtener menores relaciones entre longitud y la sección.
El tiempo es mas largo en la construcción por ser fruto de varias etapas.	El tiempo es menor por su fácil aplicación en la obra.
Aumenta costos en mano de obra por requerir más tiempo.	Los costos en mano de obra con relación al tiempo son menores.
Los costos en el ahorro de diseño es muy común.	No se pueden ahorrar costos en el diseño.



Figura 7. Defensa Rígida
Figure 7. Rigid defense

Las defensas viales, se pueden construir de hormigón o acero, pero en este caso el impacto es mas controlado por la seguridad, las defensas metálicas tienen un tiempo de montaje inferior al de las de hormigón y la forma de trabajo de una defensa metálica es mas segura, pues permite que al impacto del vehículo sea absorbida la menor cantidad de energía posible, mientras que la defensa rígida, funciona mas como una barrera, evitando que el vehículo salga de la vía, pero haciendo que el impacto sea más severo.

El costo de una defensa metálica es aproximadamente (a pesos de 2007) de 300.000 \$/m y su instalación puede hacerse rápidamente, mientras que la defensa rígida es más costosa por metro y su construcción toma mayor tiempo, debido al requerimiento de formaletería, preparación del refuerzo, vaciado y tiempo de fraguado.

3.3 Pilotes hincados

Los pilotes hincados cumplen la función estructural de soporte a las edificaciones y son elementos a los que es inviable hacer mantenimiento, por lo que es muy importante que el elemento tenga larga vida o se arriesgaría la funcionalidad total de la estructura.

Generalmente los pilotes están en contacto con el nivel freático y como se mencionó anteriormente el acero es más vulnerable a la corrosión que el hormigón, por lo que resultaría más costoso a largo plazo construir una estructura con pilotes

de acero. En este caso es primordial el estudio del proyecto a largo plazo teniendo en cuenta su periodo de diseño, para determinar cual de los dos materiales es más recomendado.

3.4 Proyectos Habitacionales



Figura 8. Casa en construcción liviana
Figure 8. Ligth construction House



Figura 9. Casa en construcción tradicional
Figure 9. Traditional construction house

La construcción de casas en Colombia se ha limitado en su mayoría al método tradicional, por medio de ladrillos unidos por mortero y losas de concreto con acero de refuerzo; hace algunos años, se ha venido incursionando en un método de construcción mas moderno, nacido en Estados Unidos, se trata de la construcción liviana, donde la estructura se compone de perfiles de acero galvanizado de pared delgada doblados en frío, y

los cerramientos horizontales y verticales son hechos de laminas de fibrocemento o yeso conocidas como “*Superboard*”.

Desde varios de puntos de vista, la construcción liviana supera la construcción tradicional, por ejemplo en materia de seguridad estructural, la construcción liviana posee un sistema totalmente sólido que soporta alta carga lateral, mientras que las casas construidas con muros y losas, son como un castillo de naipes, debido a que no están diseñados para soportar cargas laterales. Esto solo es posible construyendo una casa de mampostería estructural.

En tema de dinámica estructural, es más vulnerable al sismo una estructura mientras mayor sea su masa, debido a que en el momento de un sismo, estará sometida a mayores fuerzas laterales que una estructura liviana.

El tiempo de construcción de una casa con perfiles laminados es muy bajo, ya que los muros y las losas se van ensamblando con tornillos y rápidamente la estructura estará lista para comenzar los acabados, incluso en los acabados se toma menor tiempo, porque la placa de fibrocemento no requiere revoque, solo necesita estuco y pintura.

3.4.1 Aspectos Financieros

Es importante, debido al gran impacto financiero que representa el cambio de las técnicas de construcción en Colombia. Cada uno de los aspectos técnicos mejorados contiene implícitamente reducciones significativas en los costos. En realidad, los materiales para construcción liviana son más costosos que los materiales para construcción tradicional, sin embargo, las garantías estructurales, el costo de la mano de obra, la reducción en los tiempos de construcción y la facilidad de manejo que presenta la construcción liviana, cubren el costo del material y reducen el costo final de la obra.

En Colombia existe una gran cantidad de demanda para la adquisición de casa propia, según datos de CAMACOL, es preciso la construcción de 260.000 viviendas anuales, para cubrir un déficit de 13 años en esta área, por eso la gran mayoría de las personas viven en casa alquilada; esto mezclado con la baja solvencia económica de la población colombiana y la

inestabilidad laboral, hace que sea complicada la amortización de una deuda con el sector financiero.

Lo anterior plantea como una opción interesante la masificación de la construcción liviana en Colombia.

3.4.2 Comentarios

El aspecto estético de la construcción liviana es el mismo que el de la construcción tradicional, pero el esquema que tiene el colombiano de la construcción es tan fuerte, que los muros de ladrillo y las losas de concreto dan una sensación de solidez mucho mayor que los perfiles delgados de acero. Como lo relaciona el Ingeniero Germán Urdaneta H Decano de Ingeniería Civil, Universidad Piloto, Bogotá “Hablar de comparar el acero y el concreto como materiales estructurales es plantear una competencia innecesaria entre dos nobles elementos del arte constructivo, puesto que las dos materias primas conviven armónicamente en el medio de la construcción y solamente un fenómeno de índole cultural ha mantenido la diferenciación. Ya desde los albores del desarrollo de nuestra industria de la construcción se ha presentado un predominio del concreto sobre el acero, pero no por la naturaleza del material sino por un mero fenómeno histórico.

La retirada de las poderosas firmas norteamericanas que hasta inicios de la década de los años 50 dominaron el panorama constructivo del país, se llevó la experiencia de muchos años hacia campos más fértiles, definidos por la necesidad de reconstrucción de los escenarios asolados por la hecatombe de la segunda guerra mundial.

Se han requerido 40 años para que un gobierno progresista lance al país a la aventura irreversible de la apertura económica para que, logrado el acceso al comercio internacional del acero, unos cuantos visionarios se hayan lanzado a la aventura de promover la construcción de vivienda en estructura metálica. El auge de este sistema, que permite apreciar que una sola fábrica toma simultáneamente 15 encargos de este tipo de estructura, hace ver un mejor

panorama para esta demeritada versión del arte de construir.

Tal vez como el ave fénix, el muerto de hace cuatro décadas esta resurgiendo de sus cenizas.

Sin embargo, no existe una cultura que permita asimilar esta realidad, y nuestros técnicos tienen que convencer a sus clientes de las ventajas que representa el material recién redescubierto” (URDANETA).

La Cámara Fedemetal que opera en el seno de la Asociación Nacional de Empresarios (Andi) invitó a los industriales, constructores y diseñadores de vivienda al foro “Antioquia se construye en Acero”, que se llevo a cabo el 6 de Abril de 2005, en el Hotel Belfort en la ciudad de Medellín.

El director de la Cámara, Juan Manuel Lesmes, explicó que se trata de promover el uso del acero en la construcción de viviendas y de estimular su consumo frente a otros materiales, dado que Colombia presenta uno de los niveles más bajos de la región.

Lesmes dice que el consumo per cápita al año es de 45 kilos de barras de acero, mientras en México es de 90 kilos y, en Brasil, de 120 kilos al año.

Por eso, la Cámara unió esfuerzos con algunas empresas del sector, entre ellas, Corpacero, Acesco, Diaco y Metecno y las comercializadoras Ferrasa y Fajobe para impulsar este material en la construcción de nuevas edificaciones, obras de infraestructura (puentes peatonales y vehiculares) y vivienda de interés social, en todos los casos, en menor tiempo y con menores costos. (LESMES, 2005).

En la Tabla 3 se presentan algunas apreciaciones generales que pueden dar un estimativo a la relación de la construcción tradicional y la construcción liviana.

Tabla 3. Apreciaciones
Table 3. Appreciations

Descripción	Construcción Tradicional	Construcción Liviana
$\$/m^2$	\$ 440.000	\$390.000
Tiempo de montaje	Alto	Bajo
Durabilidad	Alta	Alta
Calificación mano de obra	Media	Alta

Aunque solo el primer ítem tiene valor numérico, implícitamente, el menor tiempo de construcción, la durabilidad y la mano de obra hacen parte fundamental del costo general de una vivienda.

4 CONCLUSIONES

4.1 Aspecto Técnico

- Los dos materiales, el hormigón armado (o estructural) y el acero estructural, poseen buenas características y por esto se han mantenido a tantos años de uso en construcción e investigación en la academia proporcionando ventajas de tipo constructivo, funcional, estético, financiero y lo más importante, con seguridad.
- Los dos materiales tienen características funcionales iguales, lo que se evidencia en la construcción de grandes obras de magnitud comparable como son las torres gemelas de acero y las torres Petronas de hormigón
- En el tema estético, los dos materiales tienen acabados con la misma apariencia física, lo que hace que no sea un factor determinante en la escogencia del material de construcción.
- La dinámica de una estructura liviana es menos compleja que la de una estructura tradicional, lo que hace más fácil su diseño e incluso su construcción.
- Al ser una construcción mas limpia, la estructura de acero genera menos traumatismos en las obras y menor impacto ambiental, además puede reciclarse fácilmente mediante procesos siderúrgicos.
- Existe apatía en Colombia al sistema de construcción liviana, debido a que provocan una sensación de menor solidez que el hormigón armado, esto se evidencia en la falta de uso.

4.2 Aspecto Financiero

- El acero estructural siendo un material con costos de inversión altos, genera obras de menor costo a largo plazo, debido a sus características de facilidad en el armado, lo que genera menor tiempo de construcción.
- Por ser más liviana, la estructura metálica requiere cimentaciones de menor proporción, lo que genera una disminución en los costos en excavaciones.
- El hormigón es de fácil consecución en Colombia, mientras que en algunos casos existe la necesidad de importar el acero lo que implica un costo adicional al momento de la compra del material.
- El acero necesita mantenimiento y supervisión periódica. Debido a que es altamente corrosivo, necesitando de recubrimientos especiales como anticorrosivo, galvanizado y pintura, generando sobrecostos. El hormigón necesita mantenimiento de menor costo.
- Dadas las características demográficas de Colombia y la alta demanda de vivienda por personas de bajos recursos, la construcción liviana puede ser una opción de inversión para vivienda de interés social (VIS), dado su costo de construcción inferior al método tradicional.
- La baja oferta y demanda de construcción liviana en Colombia puede ocasionar un alza en los precios para que los productores puedan equilibrar los costos de producción y hacer que se encarezca la construcción liviana hasta el punto de alcanzar costos similares a los de la construcción tradicional, lo que provocaría un bloqueo para la entrada de esta y otras tecnologías del acero en Colombia.
- Actualmente el costo del metro cuadrado de construcción liviana es menor que el de construcción tradicional, lo que hace un momento preciso para la inversión y la creación de nuevas empresas dedicadas a esta rama del mercado inmobiliario.

REFERENCIAS

- [1] REGALADO, FLORENTINO, Profesor de la Universidad de Alicante. www.ua.es/es/servicios/comunicacion/notas/03042401.html (Visto el día 20 de Febrero de 2007).
- [2] URDANETA, GERMÁN <http://www.losconstructores.com/BancoConocimiento/R/R122concretovsacero/concretovsacero.htm> (Visto el día 4 de Marzo de 2007).
- [3] LESMES, JUAN MANUEL, Foro “Antioquia se construye en acero”, Abril 6 de 2005. Hotel Belfort.
- [4] http://www.fenalcobogota.com.co/index.php?option=com_content&task=view&id=43 (Visto el día 28 de Febrero de 2007).
- [5] <http://www.agofer.com.co/indice.pl/articulos/archivo01?wid=iXbJ-1xViJYItky68G2Bqg&func=view&pn=2> (Visto el día 25 de Febrero de 2007).
- [6] [www.fna.gov.co/internas/docs/Memorias2006/links/Foro%20FNA%20y%20Portafolio%20\(mayo%209\).ppt](http://www.fna.gov.co/internas/docs/Memorias2006/links/Foro%20FNA%20y%20Portafolio%20(mayo%209).ppt) (Visto el día 15 de Marzo de 2007).
- [7] www.elcolombiano.com/debuenafuente/Historico/2004/abril/3_10.htm (Visto el día 20 de Abril de 2007).