

# Modelo de valoración financiera de proyectos especializados en ingeniería de la construcción

*A model for financial evaluation of specialized construction engineering projects*

Sebastián Castañeda  
Julio Villarreal  
Diego Echeverry

## Resumen

**L**a evaluación financiera de proyectos de construcción es una herramienta clave antes de tomar cualquier tipo de decisión de inversión. La forma como se evalúan este tipo de proyectos en el ámbito colombiano, no es el adecuado desde el punto de vista financiero y analítico. Lo que se propone en esta investigación es una forma más precisa de realizar un análisis financiero por medio de un modelo que permita involucrar el comportamiento de las variables macroeconómicas y microeconómicas que afectan el sector, a través de la proyección de un flujo libre de caja, el cual se descuenta al *weighted average cost of capital* (WACC). Como resultado se tiene el Valor presente neto y la Utilidad neta, utilizando la simulación de Monte Carlo con el programa Crystal Ball, obteniendo un intervalo de confianza de los resultados esperados y analizando las variables que más afectan el valor en este tipo de negocios.

**Palabras clave:** Evaluación financiera. Flujo de caja. Proyectos de construcción. *Weighed average cost of capital*.

## Abstract

*The financial evaluation of construction projects is key to take any type of investment decision. The way in which construction projects are evaluated in Colombia is inadequate from the financial and analytical perspectives. This research proposes a more precise way to perform a financial analysis through the use of a model that allows the consideration of the behaviour of macroeconomic and microeconomic variables that impact the sector. This is done by means of the projection of a free cash flow, which is discounted through the weighted average cost of capital (WACC). The net present value and the net profit are obtained by Monte Carlo simulation, using the Crystal Ball program, which provides a confidence interval of the expected results and points out the variables that most affect the value in this type of businesses.*

**Keywords:** Financial evaluation. Cash flow. Construction projects. Weighted average cost of capital.

Sebastián Castañeda  
Dirección de Proyectos  
Empresa Colombiana de  
Petróleos  
Edificio Principal Carrera 7  
N° 37-65  
Bogotá - Colombia  
Tel.: 57 1 2343521  
E-mail:  
sebastian.castaneda@ecopetrol  
.com.co

Julio Villarreal  
Departamento de Ingeniería  
Industrial  
Universidad de los Andes  
Carrera 1 N° 18A 10  
Bogotá - Colombia  
Tel.: 57 1 3394949  
E-mail: jvillarr@uniandes.edu.co

Diego Echeverry  
Departamento de Ingeniería  
Civil y Ambiental  
Universidad de los Andes  
Carrera 1. Este N° 19 A-40,  
Edificio Mario Laserna, Piso 6  
Bogotá - Colombia  
Tel.: 57 1 3324314  
Fax: 57 1 3324313  
E-mail:  
dechever@uniandes.edu.co

Recebido em 12/06/06  
Aceito em 19/04/07

## Introducción

Los proyectos de construcción se pueden determinar en gran parte como un negocio financiero, ya que de la adecuada planeación que se haga en cuanto a costos, financiamiento, ventas, formas de pago, etc., depende el éxito económico del mismo. Dada la importancia que tienen las finanzas en este negocio, nos encontramos con una situación difícil de explicar, y es que los constructores no utilizan las herramientas adecuadas para determinar la viabilidad de invertir o no en un proyecto. Adicionalmente no se realizan adecuadas proyecciones de los flujos de caja futuros y tampoco estos se descuentan a la tasa apropiada, lo que lleva a que los proyectos sean realizados sin saber si son rentables o no. Es preciso reconocer que esta situación conlleva riesgos importantes. Es así como en períodos difíciles del sector constructor, en los cuales el mercado ajusta por lo bajo los precios de venta de los proyectos, se corre el riesgo de no lograr utilidad adecuada en los mismos. Puede observarse en la Figura 1 un período de grandes dificultades financieras de las firmas constructoras en Colombia, a mediados de los años 90's. En un período muy breve llegaron a la quiebra numerosas firmas constructoras en el país.

El presente artículo propone un modelo que permite hacer una mejor evaluación financiera de proyectos de construcción. En particular, propone una metodología para determinar el flujo libre de caja de un proyecto de construcción por medio de la proyección de los balances y los estados de pérdidas y ganancias, así como para determinar la tasa de descuento denominada WACC (*Weighted average cost of capital*) o costo de capital promedio ponderado de proyectos de construcción en Colombia. Igualmente habrá un análisis sobre el riesgo en el negocio de la construcción en Colombia.

## Antecedentes y marco teórico

El negocio de la construcción es por definición riesgoso y cambiante, va ligado a los ciclos de expansión y contracción de la economía de cada país y tiene que ver mucho con el desempeño de variables macroeconómicas (CLAVIJO, JANNA; MUÑOZ, 2004) como las tasas de interés del mercado, las expectativas inflacionarias, el crecimiento del país, la política monetaria, la capacidad de ahorro de los colombianos, las

políticas de crédito y ahorro fiscal, el poder adquisitivo, los subsidios en los estratos bajos y los beneficios fiscales en los estratos altos además del entorno económico mundial; también es afectado por variables microeconómicas como la capacidad financiera de los inversionistas, la capacidad de endeudamiento de las firmas constructoras, la oferta y demanda de vivienda, la experiencia específica en el sector de los constructores, valor del metro cuadrado, etc. Sin embargo a pesar de todas las correlaciones económicas en el sector de construcción las empresas no valoran sus proyectos con la proyección de un flujo de caja libre ni aplican el Costo de Capital Promedio Ponderado o WACC (*Weighted Average Cost of Capital*). Para planear sus estructuras de capital, la gestión se reduce a buscar entre las limitadas fuentes de financiación las de más bajo costo (PALACIO, 2003), y toman decisiones con base en un Estado de Pérdidas y Ganancias sin analizar como esta el entorno económico, y las tendencias que pueden afectar el retorno de los proyectos.

## Valor

El concepto de valor reúne elementos que permiten medir, manejar y maximizar el valor de una compañía. La creación de valor esta vinculada con las decisiones perspicaces de la compañía, en el ámbito tanto financiero como operacional, de esta introducción nace el concepto de que el valor es la capacidad que tiene una firma de crear flujos futuros (VILLARREAL; CRUZ; ROSILLO, 2003).

## Método de flujo de caja descontado

Esta metodología asume que el valor de la empresa será la suma de los flujos futuros que genere la compañía, descontados a la tasa apropiada que representa el costo de capital de la compañía. En este caso el valor de compañía no está reflejado en el valor que los activos puedan tener en el mercado, si no en los flujos futuros que los mismos puedan generar (VILLARREAL; CRUZ; ROSILLO, 2003).

$$V = \sum_{t=0}^{\infty} \frac{FCFs_t}{(1+WACC)^t} \quad (1)$$

Donde:

V= valor; FCFs = flujo libre de caja; WACC= costo de capital promedio ponderado; t=periodo



Figura 1 - Evolución del número de empresas del sector de la construcción (DNP 2005)

### WACC (Weighted average cost of capital)

Es el modelo más comúnmente usado para el descuento de flujos de caja de una firma; este mide el promedio ponderado de los costos de las fuentes de financiación, buscando una aproximación a la tasa de interés de oportunidad o la rentabilidad mínima requerida por el inversionista. En la utilización del WACC es necesario saber el costo del equity (capital) ( $K_e$ ) y el costo de la deuda ( $K_d$ ) (VILLARREAL; CRUZ; ROSILLO, 2003).

$$WACC = K_e \left[ \frac{E}{D+E} \right] + K_d \left[ \frac{D}{D+E} \right] \quad (2)$$

Donde:

$K_e$  = costo de capital;  $K_d$  = costo de la deuda después de impuestos;  $E/(D+E)$  = proporción o valor del mercado del patrimonio;  $D/(D+E)$  = proporción o valor del mercado de la deuda.

### CAPM (the Capital Asset Pricing Model)

Este modelo mide el riesgo en términos de varianza diversificable y relaciona los retornos esperados a esa medida de riesgo. El riesgo no diversificable para cualquier activo puede ser medido por la covarianza de sus retornos sobre un índice del mercado, el cual se define como el beta del activo. Si el beta del patrimonio puede ser hallado, el costo del patrimonio será el retorno requerido ((VILLARREAL; CRUZ; ROSILLO, 2003).

$$C.O: R_f + \beta * (E(R_m) - R_f) \quad (3)$$

Donde:  $C.O$  = costo de oportunidad;  $R_f$  = tasa libre de riesgo;  $\beta$  = riesgo sistemático del activo;  $(E(R_m) - R_f)$  = prima por riesgo del mercado

### Modelo parametrizado

Es importante describir de forma detallada los parámetros que fueron utilizados para el desarrollo del modelo, teniendo en cuenta que lo que se quiso representar en este trabajo es una aproximación de cómo funciona el negocio de la construcción y como se puede realizar un análisis financiero más sofisticado de los que normalmente se utilizan para evaluar este tipo de proyectos. El proyecto modelo se basó en la promoción, construcción y ventas de un edificio de 5 pisos con 4000 m<sup>2</sup> de área construida incluyendo el área de los parqueaderos que se venden por separado de los cuales 3000 m<sup>2</sup> de áreas de apartamentos son vendibles, el área por piso es de 600 m<sup>2</sup>, son 14 apartamentos tres por piso y 28 parqueaderos en total, este proyecto está localizado en un sector de estrato alto en la ciudad de Bogotá.

### Plan de trabajo

Los dueños y promotores han constituido una sociedad con un capital de \$50'000.000 y se tiene previsto comprar el lote en enero del 2006 el cual será pagado de contado al igual que los estudios y diseños (diseños arquitectónicos, presupuesto y programación de obra, estudios de suelos, diseños estructurales, diseños eléctricos, hidráulicos y sanitarios) a las tarifas de la SAC (Sociedad Colombiana de Arquitectos) y de la SCI (Sociedad

Colombiana de Ingenieros), estos serán aportados por los socios en calidad de préstamo al proyecto.

Los estudios y diseños tienen previsto una duración de cuatro meses desde enero hasta mayo 2006, la etapa de preventa se inicia desde mayo hasta noviembre de 2006, la construcción comenzará desde noviembre del 2006 hasta agosto de 2007 (diez meses). En septiembre de 2007 se escrituran y al final del mismo mes serán subrogados los apartamentos, fecha en la cual se terminará el proyecto con una duración total de veinte meses (Figura 2). Una entidad Fiduciaria se encargará de verificar que el proyecto se desarrolle de la forma prevista, y sus honorarios serán del 0.5% de los desembolsos por concepto de costos directos de obra.

El proyecto se financiará por medio de un banco comercial en las siguientes condiciones:

- (a) La tasa de crédito constructor está dada por la DTF (Tasa para los certificados de depósito a término fijo) más el 14% (DTF + 14% Efectiva Anual);
- (b) Los desembolsos son trimestrales con intereses pagados en Trimestre Anticipado (TA);
- (c) Garantía: hipoteca del lote; y
- (d) Desembolsos Acumulados: En ningún caso el monto acumulado de los desembolsos puede superar el 80% del valor del proyecto descontando el valor del lote y de los diseños.

La forma de pago de los apartamentos por los compradores puede ser de contado o a crédito. En la primera el comprador recibe un 10% de descuento del valor del precio del apartamento dependiendo del mes en que sea comprado, en la segunda el cliente paga un 5% de cuota inicial, 25% como cuotas de construcción y 70% como cuota de subrogación (o préstamo a largo plazo). El valor del metro cuadrado de los apartamentos se ira incrementando mensualmente en un 1%.

En los precios de venta de los apartamentos se tuvieron en cuenta unos factores de localización horizontales y verticales, dependiendo de la vista y la altura, incrementando el costo de los apartamentos mejor ubicados por altura y vista, y disminuyendo el costo de los de condiciones menos favorables en estos dos aspectos.

Con base en los parámetros anteriormente descritos, se realizó un plan de ventas de los apartamentos, se proyectó el flujo de ingresos por ventas de los apartamentos, y los egresos provenientes de los costos directos e indirectos de construcción. Teniendo en cuenta lo anterior, se proyectó el flujo de tesorería y después se realizó el flujo de financiación dependiendo de las

necesidades de crédito del proyecto. Luego se proyectaron los Balances y los Estados de Pérdidas y Ganancias (P&G) durante el periodo que dura el proyecto. Es importante aclarar que como el P&G se lleva por el principio de causación para este caso solo existe un P&G el último mes, ya que las ventas por los apartamentos solo se pueden registrar al momento de la escrituración. Una vez están proyectados el Balance y el P&G se procede a calcular el flujo libre de caja (Free Cash Flow) por el método indirecto que se ilustra en el anexo 1 y se descuenta al Costo de capital promedio ponderado WACC.

Es primordial resaltar que como toda la deuda del proyecto se tomó de corto plazo por la duración del proyecto, el flujo libre de caja muestra valores negativos solo al final, esto se debe a que el proyecto se mueve entre las variaciones de capital de trabajo (activos corrientes menos pasivos corrientes), induciendo a que solo al final cuando se pagan todas las obligaciones con los bancos y socios, se presentan flujos de cajas negativos; en este proyecto en especial no hay activos fijos porque se está suponiendo que todo se realiza por leasing.

Toda la plataforma del modelo se desarrolló en el software Crystal Ball<sup>®</sup> 7 que es una herramienta analítica utilizada para examinar distintos escenarios por medio de múltiples simulaciones en modelos insertados en una hoja de cálculo, en este caso Excel. El objetivo principal de esta herramienta es la de cuantificar los factores de riesgo para tomar decisiones con base en un número determinado de simulaciones. Crystal Ball<sup>®</sup> funciona con la simulación de Monte Carlo, lo que permite no solo simular un escenario a la vez sino muchos escenarios, lo que facilita que se llegue a mejores aproximaciones acerca del nivel de riesgo de las variables que se analizan en el modelo.

## Variables macro generales

### DTF (Tasa para los certificados de depósito a término fijo)

Dado que la DTF se utiliza para definir la tasa de los créditos, es una variable importante en el negocio de la construcción debido al alto nivel de apalancamiento a que se someten los constructores para emprender sus proyectos. Para la proyección de la DTF se utilizó la serie histórica de los últimos 3 años, desde enero del 2002 hasta septiembre del 2005 ya que se considera estadísticamente robusta, por el número de registros que se encuentran en dicho periodo; no se tiene en cuenta una serie histórica mayor por las posibilidades de que la distorsión sea muy amplia

por eventos ocurridos en el pasado. Utilizando Crystal Ball® se definió la distribución estadística que representaba más fielmente estos datos de la evolución mensual de la DTF desde enero del 2003 hasta septiembre del 2005 (Figura 3), así los valores de la DTF se moverá aleatoriamente en los rangos que muestra la distribución de valor extremo durante la simulación.

#### **UVR (Unidad de valor real)**

La UVR o Unidad de Valor Real, es un mecanismo de indexación que refleja la inflación promedio nacional, y con el cual se realiza lo que se conoce como la corrección monetaria, es decir, se corrigen las sumas de dinero con la inflación para que no pierdan capacidad adquisitiva. Con base en la serie histórica de la UVR desde enero del 2002 hasta septiembre de 2005, se utilizó la herramienta Predictor de Crystal Ball para proyectar el comportamiento de la UVR desde enero de 2006 hasta septiembre del 2007, teniendo en cuenta que se utilizará para realizar la corrección monetaria.

#### **Variables macro sectoriales**

##### **ICCV (Índice de los costos de construcción de vivienda)**

Es un indicador que mide el incremento en los costos de construcción, tiene como principal objetivo evaluar la evolución del costo medio de la demanda de insumos para la construcción de vivienda a través de las variaciones en los precios de dichos insumos a nivel nacional, en quince ciudades investigadas por clase y tipo de vivienda. Tiene como objetivo específico producir un deflector para variables económicas, tales como valor de la producción e incremento de los salarios en el sector, sirve como instrumento para el reajuste de contratos de obra, ya sea entre particulares o entre estos y entidades del Estado (DANE, 2005). Con base en la evolución del indicador desde enero del 2002 hasta junio del

2005 se proyectó la evolución de los precios con Crystal Ball (Figura 4). Se toma como valor base el obtenido en Noviembre del 2006, fecha en la cual se tiene proyectado el comienzo de la construcción del proyecto modelo (Figura 5).

#### **Forma de pago**

La forma de pago es otra variable de entrada en el modelo, en este tipo de proyectos la forma de pago depende mucho de la capacidad adquisitiva de los compradores, las expectativas inflacionarias, las tasas de captación y colocación de entidades financieras para los créditos de vivienda. En una encuesta que se realizó con distintas firmas constructoras se llegó a la conclusión que aproximadamente un 30% de las ventas se realizan de contado y un 70% se realizan a crédito, en algunos casos el porcentaje de ventas de contado puede ser mayor por las características explicadas anteriormente. Para la implementación del modelo se asignó una distribución uniforme para que generara números aleatorios de 0 a 1, luego se realizó un filtro en Excel para que por medio de una probabilidad asignada (30%-70%) determinara si la venta era a crédito o contado (Figura 6).

#### **Mes de venta**

En los proyectos de construcción es bastante importante la rapidez con que este sea vendido, ya que gran parte de la financiación del proyecto se realiza con dinero de los compradores; de manera contraria los gastos financieros en que se incurren son demasiado altos y la creación de valor disminuye drásticamente por este concepto. Para el modelo desarrollado se tomaron los meses de ventas como variables aleatorias incluyendo una distribución uniforme en la cual se le da la posibilidad de que los apartamentos se vendan desde mayo de 2006 donde comienza la preventa de apartamentos, hasta enero del 2007 cuando termina el proyecto con una duración de las ventas de 16 meses (Figura 7).

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
1	INICIO	0 días	dom 01/01/06	dom 01/01/06
2	COMPRA DEL LOTE	1 día	lun 02/01/06	lun 02/01/06
3	ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y DISEÑOS	84 días	mar 03/01/06	vie 28/04/06
4	PRESENTACIÓN DE APARTAMENTOS	360 días	lun 01/05/06	vie 31/09/07
5	CONSTRUCCIÓN APARTAMENTOS	218 días	mié 01/11/06	vie 31/09/07
6	ESCRITURACIÓN APARTAMENTOS	13 días	sáb 01/09/07	mar 18/09/07
7	SUBROGACIÓN APARTAMENTOS	9 días	mié 19/09/07	dom 30/09/07
8	FIN	0 días	dom 30/09/07	dom 30/09/07

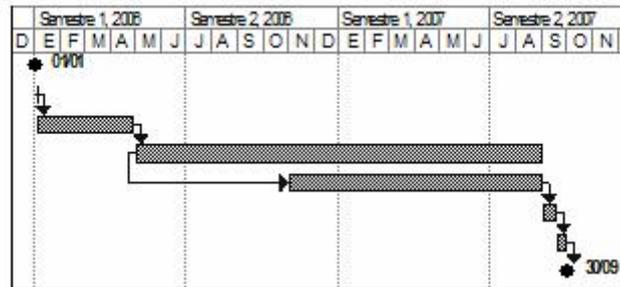


Figura 2 - Cronograma general del proyecto modelo

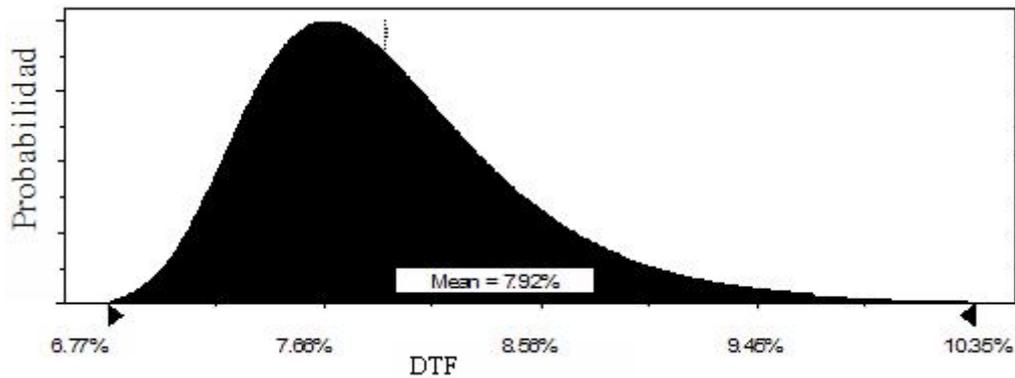


Figura 3 - Distribución de valor extremo DTF

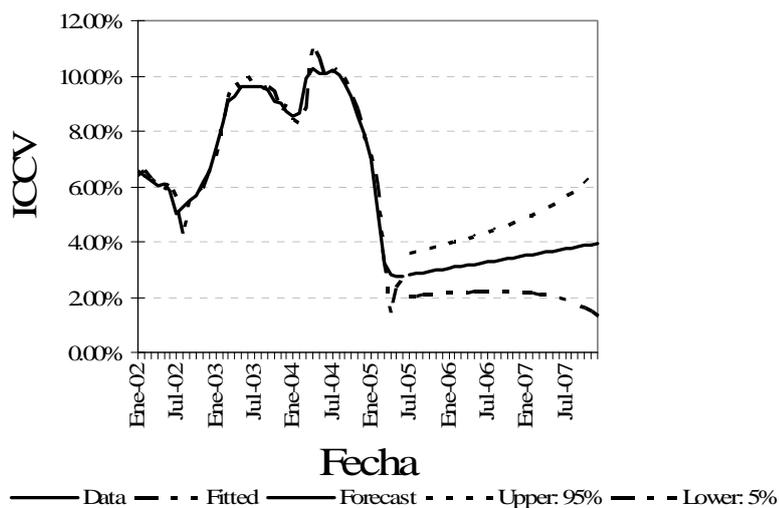


Figura 4 - Proyección de los costos de construcción de vivienda

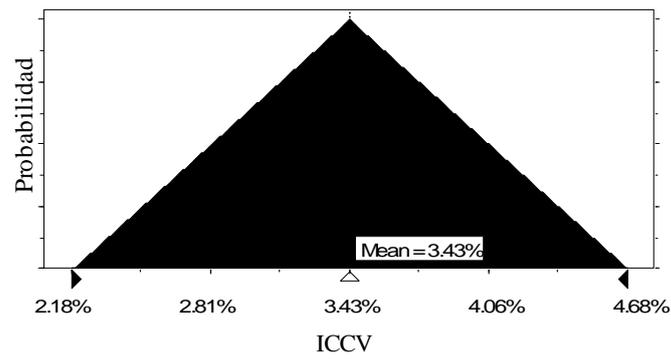


Figura 5 - Distribución triangular del ICCV proyección noviembre del 2006<sup>1</sup>

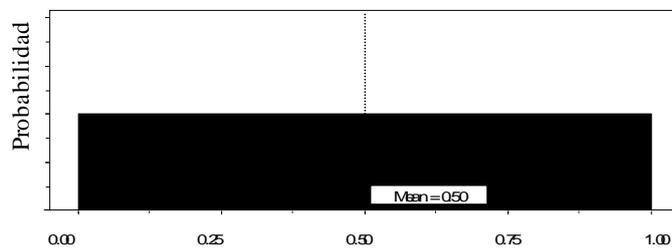


Figura 6 - Distribución uniforme forma de pago

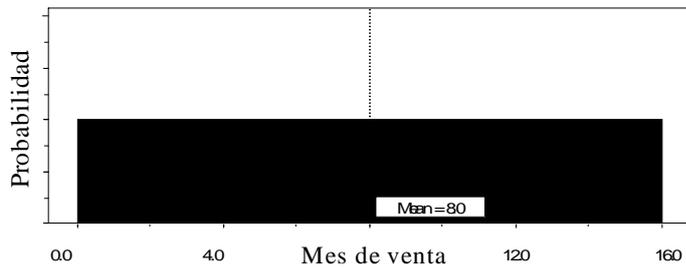


Figura 7 - Distribución uniforme mes de venta<sup>2</sup>

<sup>1</sup> La distribución triangular es muy utilizado para incluir la opinión de expertos por medio de tres valores uno optimista, pesimista y más probable, es muy utilizada en la simulación de costos.

<sup>2</sup> La distribución uniforme da la misma probabilidad de la ocurrencia de los resultados entre el los límites mínimos y máximos, se utiliza cuando la incertidumbre es máxima. En este caso se utilizó por la dificultad de establecer un parámetro claro de la distribución de probabilidad que siguen las ventas de un proyecto por la heterogeneidad de los mismos dependiendo del proyecto, la localización y el ciclo económico.

## Variables micro

### Valor del metro cuadrado vendido

En este modelo el valor del metro cuadrado es bastante importante, ya que de este depende el flujo de ingresos por valor de las ventas de los apartamentos que un constructor puede esperar. La importancia de medir este parámetro resulta de gran utilidad para cualquier economía, sin embargo no es de fácil obtención, dada la heterogeneidad con que se construye en diferentes momentos del tiempo, caso contrario ocurriría si se construyera siempre bajo unos parámetros estándar, no obstante lo que se ofrece en cada momento es distinto en cuanto a acabados, materiales, especificaciones, etc., por eso resulta complicado comparar así sea en un mismo estrato o ciudad la evolución de un precio con respecto a otro. Dada la complejidad de este tema aún no existe consenso entre la mejor metodología, sin embargo a nivel mundial el más utilizado es el concepto de índice de precios hedónico, que consiste en estimar económicamente ecuaciones que tienen como variable dependiente el precio del bien o el servicio y como represores los atributos o características del mismo (REVISTA CONSTRUYENDO, 2005). Otra forma de proyectar el valor del metro cuadrado para un proyecto determinado es un estudio de mercado específico del lugar donde se va a construir el edificio, y tratar de obtener una relación entre lo que se está ofreciendo y el valor del metro cuadrado.

El análisis en este proyecto se realizó con base en los estudios de Samuel Jaramillo (2004) acerca de los precios inmobiliarios en el mercado de vivienda en Bogotá entre 1970-2004 con un enfoque en los estratos altos por la localización del proyecto modelo. Utilizando el predictor se proyectó el valor del metro cuadrado para el segundo semestre del 2006 fecha en la cual empiezan las ventas. En la Figura 8 se puede ver la evolución del metro cuadrado y su proyección, y en la Figura 9 se ve la distribución triangular asignada para el proyecto con base en la proyección.

### Incremento del valor del metro cuadrado

Para la representación de esta variable en el modelo se decidió incluir una distribución normal con media del 1% y desviación estándar del 0.1% (Figura 10), adicionalmente se le realizó una correlación negativa con el mes de venta, es decir, en la medida que se venda rápido el incremento mensual en el valor del metro cuadrado aumentará, y disminuirá en caso contrario, esto se realizó ya que si el proyecto se está vendiendo de manera rápida, con una alta demanda por parte de los compradores, el constructor tenderá a aumentar los precios para obtener mayores ganancias, de manera contraria, si el proyecto tiene una demanda baja, el constructor no podrá aumentar el precio y en cambio si tenderá a disminuir el valor del metro cuadrado para aumentar las ventas.

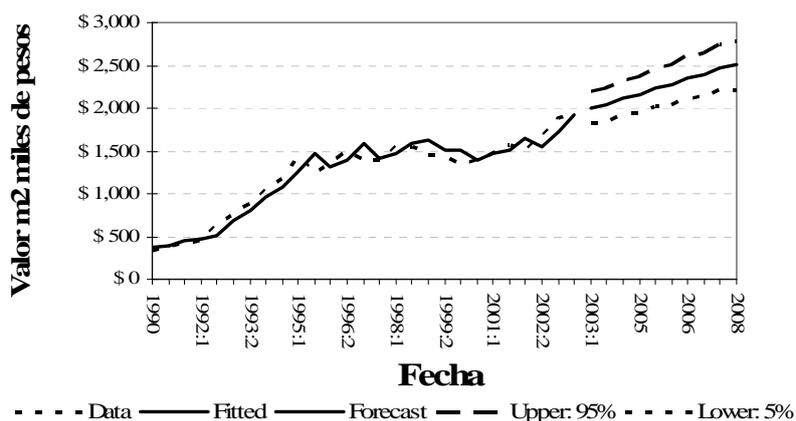


Figura 8 - Proyección del valor del metro cuadrado, estrato alto

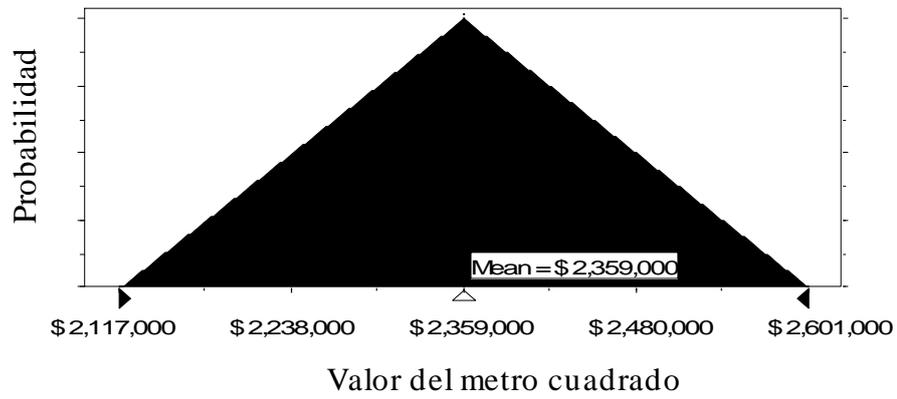


Figura 9 - Distribución triangular valor del metro cuadrado para el segundo semestre del 2006

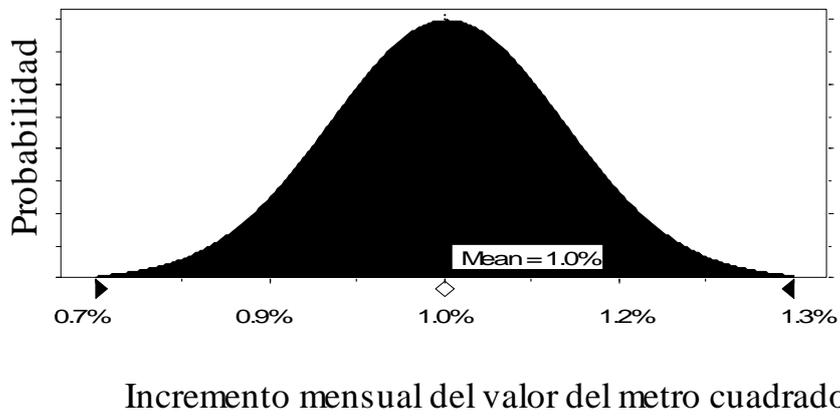


Figura 10 - Distribución normal incremento mensual del valor del metro cuadrado<sup>3</sup>

<sup>3</sup> La distribución normal es la más importante desde el punto de vista estadístico porque describe muchos fenómenos naturales. Fue utilizada para describir una variable incierta como el incremento del valor del metro cuadrado.

## Costo de capital para el sector de la construcción en Colombia (WACC)

El costo de capital promedio ponderado (WACC) se conoce como la tasa de rentabilidad mínima bajo condiciones de incertidumbre (Riesgo), para el caso de proyectos reales en el sector de la construcción, esta tasa de interés debe compensar al inversionista por el valor del dinero en el tiempo, la prima por riesgo dependiendo de la naturaleza del mismo y la creación de valor económico EVA (Economic Value Added) (VILLARREAL, 2005).

Para que un proyecto real sea atractivo para un inversionista, éste debe generar como mínimo una rentabilidad igual al costo de oportunidad ajustado por el riesgo, teniendo en cuenta que solo se logrará crear valor si se invierten en proyectos reales que generan una rentabilidad superior a su costo de oportunidad ajustado por el riesgo, esta misma tasa es la que se utiliza para descontar los flujos futuros de un proyecto y hallar su valor presente neto (VPN); siguiendo la regla básica de que si el VPN es positivo el proyecto se debe realizar, porque se deduce que su rentabilidad es mayor que la tasa de descuento apropiada ajustada por el riesgo, en finanzas se parte de la base que a medida que aumenta el riesgo, el retorno esperado debe ser mayor como incentivo por el riesgo asumido.

Para hallar el costo de oportunidad real ajustado por el riesgo, se utilizó la propuesta conceptual del Modelo del CAPM- *Capital Assent Pricing Model* (Sharpe, 1964) este modelo económico de equilibrio parcial, basado en el funcionamiento eficiente del mercado de capitales (MEH- *Market Efficiency Hypothesis*) (BALL, 1995) afirma que la tasa de descuento ajustada por riesgo apropiado para calcular el VPN del proyecto, es una función de 4 elementos 1) el costo de la deuda después de impuestos (valor esperado del retorno de la deuda, 2) el costo del equity (retorno esperado de la inversión en equity), 3) la estructura de capital y 4) el riesgo sistemático tanto de la deuda como del equity. Este enfoque es conocido como WACC - *Weighted Average Cost of Capital* (MODIGLIANI; MILLER, 1958).

La tasa de descuento puede ser calculada también por el CAPM (*Capital Assent Pricing Model*) teniendo en cuenta que se puede calcular el costo de oportunidad con base al riesgo sistemático del proyecto, es decir el riesgo no diversificable.

En conclusión por cualquiera de las dos vías WACC y CAPM el resultado debe ser totalmente

consistente, y es bastante importante porque va ligado a la teoría de Modigliani Miller en la cual la estructura de capital no afecta los flujos de caja propios del proyecto, y solamente la estructura de capital es relevante en la medida en que la deuda vía impuestos, costos de transacción o cambios en la política de inversión, afectan el riesgo de los retornos de los accionistas y el flujo de caja de los accionista más no el del proyecto.

Como se mencionó anteriormente esta teoría esta desarrollada para mercados eficientes bajo la Hipótesis de la eficiencia del mercado (MEH); para el cálculo del WACC en mercados imperfectos o emergentes como el nuestro dichos cálculos se ajustan aumentándoles el riesgo país que es el spread entre los bonos de largo plazo del tesoro Americano y los Bonos de largo plazo del Gobierno colombiano.

Para calcular el WACC se comenzó hallando el costo del equity por el modelo del CAPM, el cual está dado por la siguiente expresión

$$k_e = R_f + \beta_e * (E[R_m - R_f]) + R_p \quad (4)$$

Donde:

$R_f$  = tasa libre de riesgo, calculado como el yield al que cerraron los bonos de largo plazo del tesoro americano 4.5% (Bloomberg 2005).

$E[R_m - R_f]$  = prima de riesgo del mercado. Promedio aritmético del spread del rendimiento del S&P500 sobre la tasa libre de riesgo. Se calcula en largos periodos de tiempo usualmente desde 1928.

Risk Premium = 6.53% (Damodaran 2005)

$R_p$  = riesgo país, se calcula como el spread del rendimiento en dólares de los bonos de largo plazo del país en este caso Colombia y el rendimiento de los bonos de largo plazo de Norteamérica.

Riesgo país = 444bp (Ministerio de Hacienda 2005, cálculos del autor)

$\beta_e$  = beta del equity, conocido como el beta de los accionistas o Beta apalancado. Corresponde al riesgo sistemático no diversificable que enfrentan los accionistas del proyecto. Aritméticamente se calcula como la covarianza entre los retornos de la acción y los retornos del portafolio de mercado, dividida por la varianza de los retornos del portafolio del mercado. El beta del mercado por definición es 1 por lo tanto si un activo tiene un beta mayor a 1 se supone que sus retornos son más riesgosos que los del mercado, si es menor a uno sus retornos son menos riesgosos que los del mercado (VILLARREAL, 2005).

Para el cálculo del Beta se tomaron como referencia el promedio de 34 compañías en el índice 'Homebuilding' que representa las firmas

constructoras más importantes del mundo que cotizan en la bolsa de Nueva York. La fuente de esta información fue tomada de A. Damodaran, en su página de la Universidad de Nueva York que provee la información pública más actualizada. Esta permite ver el riesgo sistemático y la estructura de capital para el sector de la construcción en Estados Unidos; se observa un Beta de 0.85 y una estructura de capital Deuda/Equity (D/E) de 0.4602, que es equivalente a un nivel de Deuda del 31.52% y un nivel de Equity del 68.48%.

La estructura de capital y el beta encontrados se toma como una aproximación a la estructura de capital óptima, aunque se está hablando de un país desarrollado y uno en vía de desarrollo se supone que la naturaleza del negocio de las constructoras en Estados Unidos y en Colombia son similares. Para encontrar el WACC se parte del riesgo sistemático (Beta) y la estructura de capital, y se aproxima a países emergentes por medio de un apalancamiento y desapalancamiento de betas teniendo en cuenta la estructura de capital de las firmas constructoras en Colombia y el riesgo país.

(a) Spread de la deuda = cota máxima de intermediación que refleja el spread óptimo de bonos AAA sobre la tasa libre de riesgo. Su valor es 1.5% (Damodaran, 2005).

(b) Estructura de capital firmas constructoras en Colombia=Deuda = 58.7%

(c) Equity = 41.30% D/E= 1.4213. (Benchmarck, 2005)

Utilizando las variables anteriormente descritas se obtiene el WACC para el sector de la construcción en Colombia, teniendo en cuenta la estructura de capital promedio encontrado de las firmas constructoras de Colombia y con base en una devaluación proyectada del 6.9% (Departamento de Planeación nacional 2005) obtenemos un WACC del 11.07% la cual sería la tasa mínima de rentabilidad en dólares o 18.73% la tasa mínima equivalente de rentabilidad en pesos a septiembre de 2005 para el sector de la construcción en Colombia con la estructura óptima de las firmas constructoras en Colombia. Es importante aclarar que este sería el punto de equilibrio en el cual el Valor Presente Neto (VPN) sería igual a cero, se le debe aumentar un spread que se maneja en el negocio de la construcción de aproximadamente un 2% lo que daría una tasa 13.07% en dólares o 20.87% en pesos colombianos. Ahora cada proyecto tiene diferente proporción en las fuentes de financiación, por eso el WACC debe recalcularse si se va a invertir en un proyecto y la estructura de capital varía; para el sector de la construcción en Colombia es importante analizar

como es la relación Deuda/Equity para los proyectos de construcción que se realizan con un porcentaje de deuda mucho mayor, gran parte del proyecto se financia por préstamos con bancos, y de los socios. Entonces para el proyecto modelo tendríamos una relación D/E del 67.96 que equivale a un 98.55% de deuda y un 1.45% de Equity, lo cual produce un mayor incremento en el WACC, por que hay mayor riesgo de alcanzar un Financial Distress (apuro financiero) dado el nivel de deuda, el costo de la deuda antes de impuestos se incrementa desde una tasa libre de riesgo del 1% hasta un 5%. Por lo tanto, el WACC se aumenta de 20.87% a 35.11% nominal anual en pesos.

## Valor terminal

Cuando se está valorando una empresa por el método del flujo libre de caja, un punto fundamental constituye la determinación del plazo o periodo a proyectar, cuando existe la percepción de la continuidad de las operaciones de la empresa en el largo plazo. Es importante determinar el periodo en el cual se van a proyectar los flujos y esto depende mucho del tipo de negocio. El valor terminal busca simular los flujos luego de la proyección explícita cuando se cree que el negocio tendrá flujos perpetuos, estos son calculados básicamente por dos en enfoques, el primero es un enfoque de ingresos futuros y el segundo es un enfoque de mercado (VILLARREAL; CRUZ; ROSILLO, 2003).

Para el caso explícito de este proyecto, el valor terminal es cero ya que una vez acabado el proyecto este se liquida en su totalidad y no va a generar flujos futuros ni perpetuos, por lo tanto solo se proyecta el flujo libre de caja para los veinte meses que dura el proyecto.

## Riesgo, análisis, sensibilidad y valor

Una vez desarrollado el modelo probabilístico que parte de haber definido las variables de entrada (*assumptions*), ajustado la distribución estadística con base en información histórica, y de haber proyectado el comportamiento futuro de las variables utilizando la herramienta Predictor de Crystal Ball proyectando las tendencias futuras, se realizaron 10,000 simulaciones para obtener intervalos de confianza acerca del Valor Presente Neto (VPN), y la Utilidad Neta del proyecto con un WACC del 35.11% dada la estructura Deuda/Equity del proyecto.

Dichos resultados nos dan un intervalo de confianza del 95% de los rangos entre los cuales van a estar las variables de salida.

### Simulación de las variables con correlación negativa entre el mes de venta y el incremento del valor del metro cuadrado

Teniendo en cuenta una correlación negativa entre el incremento mensual del valor del metro cuadrado y el mes de venta, se puede analizar la distribución probabilística que sigue el VPN y la Utilidad Neta; en ambos casos se asemeja a una distribución de valor extremo como se aprecia en la Figura 10 con el VPN.

Es importante analizar de forma detallada los valores extremos, sobre todo del lado izquierdo para analizar el escenario más pesimista y ver realmente hasta donde llega el nivel de riesgo, por ejemplo en la Figura 10 del VPN, se puede analizar como el rango mínimo va desde \$-2,662,560,987 hasta \$1,908,049,823 en el rango máximo, aunque después de las 10,000 simulaciones tenemos una media de \$853,499,121 y una desviación estándar de \$503,379,058 con un coeficiente de variación del 59% que refleja el riesgo. Cabe aclarar que financieramente un activo siempre se caracteriza por su valor esperado y su desviación estándar que se traduce en volatilidad o riesgo, es importante ver que el valor extremo del lado izquierdo es realmente un factor fundamental a tener en cuenta por los inversionistas del proyecto en caso de que todas las condiciones fueran desfavorables. De igual manera sucede con la utilidad neta del proyecto que tiene un rango desde \$-4,882,240,703 hasta \$1,408,042,124, con una media de \$439,524,275, una desviación

estándar de \$701,724,299 y un coeficiente de variación del 160%; así mismo, en este caso se aprecia un valor extremo negativo bastante preocupante en caso de que el escenario fuera totalmente adverso, entre las teorías de las finanzas modernas se destacan estudios de eventos de casos extremos del lado izquierdo.

Analizando la gráfica de sensibilidad en la Figura 11 donde se muestra el rango de correlación de las variables de entrada con el VPN, se puede ver que la variable con mayor correlación positiva es el valor del metro cuadrado con un 0.76 en una escala de -1 a 1; este resultado es de esperarse ya que el valor del metro cuadrado es el precio del producto en el negocio de la construcción. El mes de venta, tiene una correlación negativa con el VPN, es la segunda variable más relevante lo cual es coherente con la realidad. Si sumamos todas las correlaciones de los apartamentos tenemos un total de -2.2 es decir entre más rápido se venda se creará mayor valor. El incremento mensual del valor del metro cuadrado tiene una correlación positiva de 0.17, lo cual es consistente ya que entre mayor sea el incremento en los precios mensuales mayor será el VPN. La forma de pago tienen una correlación negativa, es decir es mejor vender a contado que a crédito, y si sumamos las de todos los apartamentos nos da una correlación de -0.54 convirtiéndose en una variable importante después del valor del metro cuadrado y el mes de venta. El incremento en los costos de construcción de vivienda (ICCV) y la DTF, tienen una correlación negativa, en la medida en que aumenten disminuirá el VPN, la primera tiene una correlación de -0.048 y la segunda de -0.036, es importante analizar cómo estas variables no influyen de la manera que se esperaba.

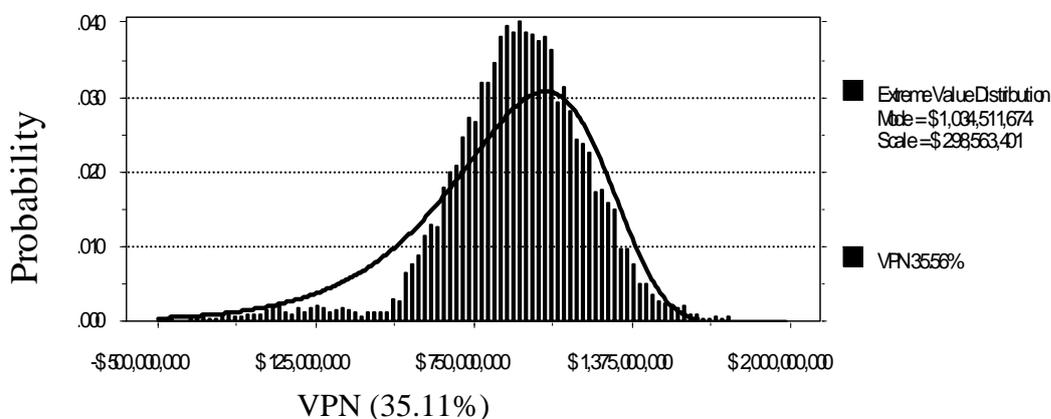


Figura 10 - Valor presente neto, distribución de valor extremo

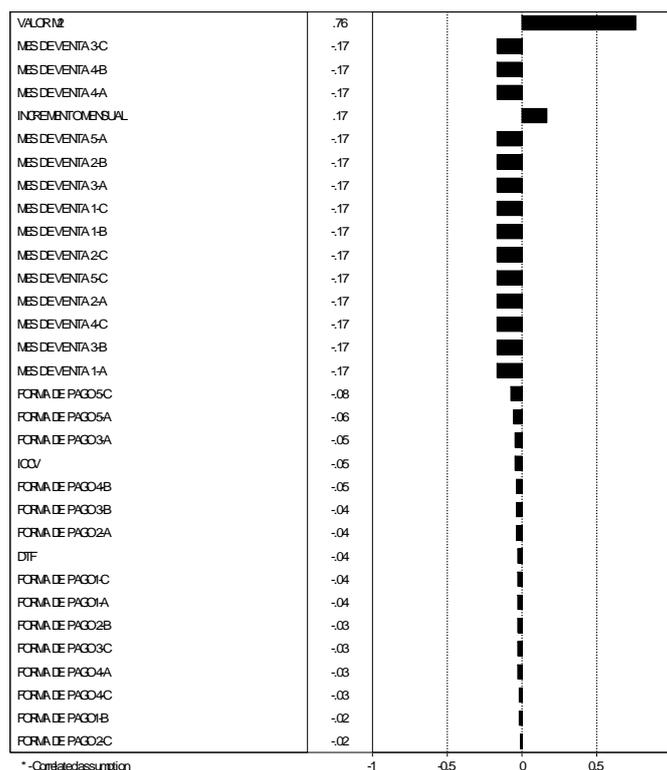


Figura 12 - Análisis de sensibilidad, rango de correlación de las variables con el VPN

Analizando la contribución a la varianza de las variables de entrada contra el VPN, los porcentajes muestran en que medida la incertidumbre de las variables de salida son ocasionadas por cada una de las variables de entrada; observamos nuevamente que el valor del metro cuadrado tiene 55.7% de varianza positiva sobre el resultado, es decir, es la variable que más influencia el VPN. El mes de venta es la segunda variable más importante con un porcentaje de varianza negativo del -36.05%, la forma de pago suma apenas un -2.35%, el incremento del valor del metro cuadrado tiene un 2.8% y el ICCV y la DTF tienen un -0.2% y -0.1% respectivamente.

### Análisis del modelo si se aumenta la duración de la obra

De manera muy común en las obras de ingeniería civil la programación de estas no se lleva a cabo en el tiempo previsto dados los múltiples riesgos técnicos a que están sujetas. En este caso para medir la sensibilidad en el tiempo del modelo se aumentó en dos meses la etapa de construcción del edificio, por lo tanto empezaría en enero del 2006 y terminaría en noviembre del 2007 para un total de veintidós meses. El presupuesto aumentará en los costos fijos y administrativos que se mantienen en ese periodo. Al realizar el análisis, encontramos que la demora en la obra destruye valor de manera notable en el proyecto. Cuando se realiza la

simulación encontramos un valor medio esperado en el VPN de \$592,220,746, una desviación estándar de \$481,556,911 y un coeficiente de variación del 81%, encontrando un rango inferior de \$-2,853,697,543 y un rango superior de \$1,706,609,796. Esto evidencia como aumenta el nivel de riesgo y como es de sensible el proyecto ante un retraso en la construcción perdiendo el 31% en el valor esperado del VPN por el aumento del periodo en la recuperación de los flujos invertidos y los incrementos en costos. Con la utilidad neta pasa algo similar, el valor esperado después de las simulaciones es de \$45,914,142, un 90% menos que la duración esperada, siendo más crítica la pérdida que la de el VPN, la desviación estándar es de \$755,849,438 con un coeficiente de variación del 1646% aumentado de manera notable el riesgo. El rango mínimo es de \$-5,594,674,860 y el rango máximo es de \$1,014,464,351, ambos resultados se asemejan a distribuciones de valor extremo.

### Conclusiones y recomendaciones

La conclusión más relevante que esta investigación arroja es que el valor del metro cuadrado y la rapidez con que sean vendidos los proyectos en su respectivo orden son las variables que más influyen en el valor en un proyecto de construcción. Se analiza claramente que este tipo

de negocios son demasiado sensibles a los precios de ventas, por esto el promotor de proyectos debe conocer muy bien el mercado y tener una muy buena aproximación de los precios a los cuales se venderá el proyecto, también se observa que el valor depende mucho de la rapidez con que se realicen las ventas, por lo tanto las prácticas de vender sobre planos protegen un poco del riesgo a los inversionistas en la medida que se posee un flujo de caja con el cual se puede financiar disminuyendo las obligaciones financieras y asegurando un precio de venta antes de comenzar el proyecto, de igual manera da tiempo para analizar la opción de abandonar el proyecto si no se alcanza un punto de equilibrio esperado. La forma de pago se puede catalogar en un tercer lugar, esta muestra que la venta de contado tiene un efecto positivo inclusive con el descuento del 10%, sin embargo el mes de venta prima sobre la forma como estos sean pagados ya que se provee de efectivo el proyecto disminuyendo los costos financieros. La DTF y el incremento mensual en los costos de construcción (ICCV) son variables no tan relevantes como las que mencionamos anteriormente. Sin embargo, la DTF podría afectar en mayor medida ya que de esta dependen también las tasas de colocación de los créditos para los compradores, por lo tanto si las tasas de interés son altas menos compradores estarán dispuestos a acudir al sistema financiero, afectando la demanda. El incremento mensual del valor del metro cuadrado también es una variable importante en la medida que está directamente relacionado con el valor de venta, y sirve para llamar la atención de los compradores y generar más ingresos convirtiéndose en una práctica muy útil que crea valor en los proyectos.

Si se realiza un análisis entre la duración de los proyectos es claro que entre más rápido se realizan será mejor y se creará valor, dado que se tiene un retorno más rápido de las inversiones y adicionalmente se reducirán los costos administrativos que siempre están presentes cuando las obras duran más de lo esperado, de manera contraria entre mayor duración tengan los proyectos el VPN y la utilidad serán menores.

Los proyectos de construcción son por naturaleza riesgosos, esto se ve reflejado claramente en el Beta del Equity del 1.25 para la construcción en Colombia, indicando que es más riesgoso que el promedio del mercado según el CAPM (*Capital Assent Pricing Model*); el WACC de 20.87% para la estructura de capital promedio de las firmas constructoras en Colombia, se incrementa a medida que aumenta el nivel de deuda, como fue el caso del proyecto modelo con un WACC del 35.11% para una relación Deuda/Equity del 65.67

exigiendo una alta rentabilidad dado el nivel de riesgo (*Financial distress*).

Se puede observar claramente que la construcción es muy sensible a variables que muchas veces no se pueden controlar como la oferta, la demanda y la capacidad adquisitiva de los compradores. Resulta evidente que la construcción tiene una correlación positiva con los ciclos de expansión y contracción de la economía por lo tanto se debe tener una visión amplia del comportamiento de estas variables macroeconómicas y microeconómicas para no invertir en momentos inadecuados, aunque resulta claro la imposibilidad de predecir el comportamiento de una economía y de las variables que la componen, en la medida que se conozcan y se estudien sus comportamientos se puede reducir los niveles de incertidumbre y aminorar el riesgo.

Modelos financieros como este aplicados al negocio de la construcción son de gran utilidad dado que se pueden obtener mejores estimativos del negocio en conjunto involucrando las variables a las cuales se les desea realizar seguimiento y análisis de riesgos, encaminado a tomar acciones encausadas a mitigarlo y controlarlo. Sin embargo un modelo financiero es una aproximación muy gruesa de la realidad, que en ningún momento puede representarla en su totalidad. A pesar de ser una herramienta muy útil para tomar decisiones de inversión no podrán debatir la experiencia de un experto en el tema, sin embargo el objetivo de esta investigación es dar una herramienta más para tomar decisiones en conjunto con la experiencia.

Por último este trabajo sirve como base para el uso de metodologías más avanzadas como las opciones reales, que por medio de la extensión teórica de las opciones financieras permiten incluir en la valoración de los proyectos las diferentes alternativas que tiene un gerente de aplazar, abandonar, expandir, contratar, etc., capturando de mejor manera la estrategia, incertidumbre y flexibilidad que puede cambiar el rumbo de un proyecto en marcha con miras a aumentar las ganancias o disminuir las pérdidas (VILLARREAL; CRUZ; ROSILLO, 2003).

## Referencias

BALL, R. The Theory of stock market efficiency: accomplishments and limitations. **Journal of Applied Corporate Finance**, v. 8, n. 1, p. 4 -17, 1995.

BENCHMARK. Facultad de Administración. Bogotá: Universidad de los Andes.

BLOOMBERG. Recuperado en Septiembre de 2005, de <http://www.bloomberg.com>

CLAVIJO, S.; JANNA, M.; MUÑOZ, S. **La vivienda en Colombia: sus determinantes Socio-Económicos y Financieros**. Banco de la Republica, 2004.

DAMODARAN, A. New York: Federal Reserve data base in St. Louis (FRED),. Recuperado en Septiembre de 2005, de <http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/>

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (DANE). Recuperado en Septiembre de 2005, de [http://www.dane.gov.co/inf\\_est/construccion\\_vivienda.htm](http://www.dane.gov.co/inf_est/construccion_vivienda.htm)

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN (DNP). Recuperado en Mayo de 2005, de <http://www.dnp.gov.co/>

JARAMILLO, S. 2004. **Precios inmobiliarios en el mercado de vivienda en Bogotá 1970-2004**. Bogotá: Universidad de los Andes- CEDE, 2004.

PALACIO, P.H. **Estructura de capital de las empresas en Colombia: sector de la construcción**. 2002. 216 p. Tesis (Magíster en

Administración) - Universidad de los Andes, Bogotá.

MODIGLIANI, F.; MILLER, M. The cost of capital, corporation finance and the theory of investments. **The American Economic Review**, v. 48, n. 3, p. 261- 297, 1958.

REVISTA CONSTRUYENDO. (22 ed.). **Precios de venta de vivienda**, Bogotá, 2005. p. 14-20.

SHARPE, W. Capital asset prices: a theory of market equilibrium under conditions of risk. **The Journal of Finance**, v. 19, n. 3, p. 425-442, 1964.

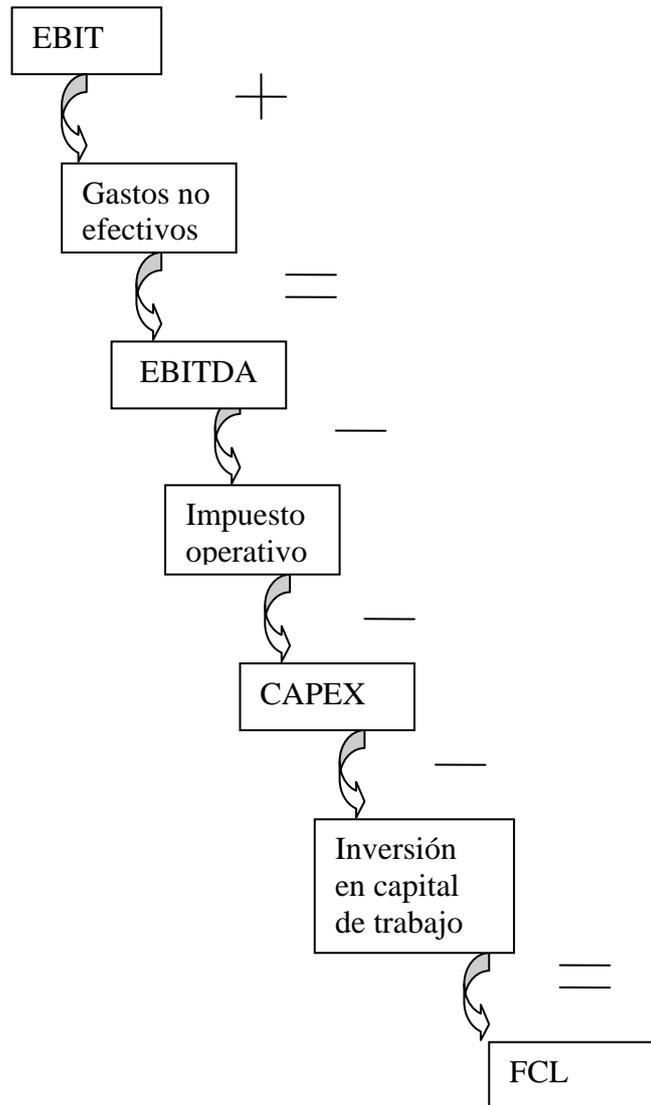
VILLARREAL, J.; CRUZ, J.; ROSILLO, J. **Finanzas corporativas, Valoración, Política de Financiamiento y Riesgo**. Bogotá: Thomsom, 2003.

VILLARREAL, J. El costo de capital en proyectos de infraestructura civil básica (IB). **Revista de Ingeniería Universidad de los Andes**, Bogotá, n. 21, p. 17-27, Mayo 2005.

## Agradecimientos

Los autores agradecen el auspicio recibido de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes, el cual cubrió en parte el desarrollo del trabajo presentado.

## Anexo 1 - Flujo de caja libre



Tomado de Villarreal, Cruz y Rosillo (2003)