

**OPCIONES REALES Y SIMULACIÓN EN LA EVALUACIÓN FINANCIERA
DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA**

JOSÉ HUMBERTO SUÁREZ OROZCO

**Trabajo de grado presentado como requisito
parcial para optar al título de Magister
en Administración de Empresas**

Director del proyecto: EDUARDO RUÍZ ANZOLA

**MEDELLÍN
UNIVERSIDAD EAFIT
MAESTRIA EN ADMINISTRACIÓN
2010**

Nota de aceptación

Jurado

Medellín. 15, mayo, 2010

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	16
1. DISEÑO ARQUITECTÓNICO DEL PROYECTO DE VIVIENDA SEGÚN NORMAS POT DE LA CIUDAD	22
1.1 LOCALIZACIÓN DEL LOTE.....	22
1.2 ASPECTOS FÍSICOS DEL LOTE.....	22
1.3 ASPECTOS URBANÍSTICOS DEL LOTE.....	24
1.4 ASPECTOS DE LA CONSTRUCCIÓN DE LAS VIVIENDAS.....	24
1.5 DISEÑO ARQUITECTONICO DE LA VIVIENDA.....	25
2. CÁLCULO DE DATOS BÁSICOS PARA DEFINIR COSTOS EN CUANTITATIVAMENTE CADA ESTUDIO.	32
3. ELABORACIÓN DE CADA ESTUDIO CONSIDERANDO AMBIENTES INTERNOS Y EXTERNOS.....	42
3.1 ETAPAS DE UN PROYECTO.....	42
3.1.1 Etapa de perfil.....	42

3.1.2 Etapa de prefactibilidad.....	42
3.1.3 Etapa de factibilidad.....	42
3.2 ESTUDIOS EN CADA ETAPA.....	42
3.2.1 Estudio de mercado.....	42
3.2.2 Estudio Administrativo.....	43
3.2.3 Estudio Técnico.....	43
3.2.4 Estudio legal.....	43
3.2.5 Estudio financiero.....	43
3.3 ETAPA DE PERFIL.....	43
3.3.1 Estudio de mercado.....	43
3.3.2 Estudio administrativo.....	43
3.3.3 Estudio técnico.....	46
3.3.4 Estudio legal.....	46
4. EVALUACIÓN FINANCIERA DEL PROYECTO APLICANDO VARIOS CONCEPTOS SOBRE RENDIMIENTOS.....	47
5. APLICACIÓN DE LA SENSIBILIDAD.....	51

5.1 VARIACIÓN DEL VPN Y DE LA TIR ANTE LA INFLUENCIA DEL CAMBIO DE PRECIO DEL CEMENTO PARA UN PRECIO DE VENTA DE LA VIVIENDA DE \$ 180.000.00 MILLONES.....	51
5.2 FLUJOS NETOS DE CAJA AFECTADOS POR UN FACTOR DE PROBABILIDAD.....	59
5.3 ANÁLISIS DE LA VARIANZA DEL VPN.....	61
5.3.1 Análisis de la variación del DTF.....	63
5.3.2 Análisis del precio de venta de la vivienda.....	66
6. APLICACIÓN DE LAS OPCIONES REALES.....	69
6.1 PRINCIPALES TIPOS DE OPCIONES.....	69
6.1.1 Opciones financieras.....	69
6.1.2 Opciones de compra.....	70
6.1.3 Opciones de venta.....	71
6.2 FACTORES QUE DETERMINAN EL PRECIO DE UNA OPCION.....	73
6.2.1 El precio de la acción (S).....	73
6.2.2 El precio del ejercicio (X).....	73
6.2.3 La volatilidad.....	73

6.2.4 El tiempo de vida de la opción.....	74
6.2.5 La tasa de interés libre de riesgo.....	74
6.3 EJERCICIO DE LA OPCION ANTES DE SU VENCIMIENTO.....	75
6.4 OPCIONES REALES: ANÁLISIS DEL MODELO DE BLACK-SHOLES.....	75
7. APLICACIÓN DE LA SIMULACIÓN.....	90
7.1 REPORTES DEL PROGRAMA CRYSTAL BALL.....	92
7.1.1 Assumptions.....	92
7.1.2 Forecast.....	94
8. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	98
9. CONCLUSIONES.....	103
BIBLIOGRAFIA	105

TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Costos de construcción de una vivienda.....	32
Tabla 2. Datos para elaborar diagrama CPM.....	33
Tabla 3. Gastos urbanismo y gerencia del proyecto.....	36
Tabla 4. Regresión lineal precio del cemento.....	51
Tabla 5. Costos de construcción de una vivienda para un precio de cemento de \$492 por kg.....	53
Tabla 6. Gastos urbanismo y gerencia del proyecto para un precio de cemento de \$492 por kg.....	55
Tabla 7. Variación del DTF año 2009.....	63
Tabla 8. Ejemplo opciones de compra.....	70
Tabla 9. Ejemplo opciones de venta.....	72
Tabla 10. Datos generales.....	92
Tabla 11. Distribución triangular precio de venta.....	92
Tabla 12. Distribución normal DTF.....	93

Tabla 13. Resumen TIR forecast.....	94
Tabla 14. Estadísticas TIR forecast.....	95
Tabla 15. Percentiles TIR forecast.....	95
Tabla 16. Resumen VPN forecast.....	96
Tabla 17. Estadísticas VPN forecast.....	97
Tabla 18. Percentiles VPN forecast.....	97

CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Obligaciones con el banco.....	39
Cuadro 2. Intereses adeudados al banco.....	41
Cuadro 3. Flujo de efectivo.....	48
Cuadro 4. Obligaciones con el banco para un precio del cemento de \$492 por kg.....	57
Cuadro 5. Intereses adeudados al banco para un precio del cemento de \$492 por kg.....	57
Cuadro 6. Flujo de efectivo para un precio del cemento de \$492 por kg.....	58
Cuadro 7. Sensibilidad: flujos afectados por la incertidumbre.....	62
Cuadro 8. Sensibilidad escenario de los flujos afectados por la variación del DTF.....	65
Cuadro 9. VPN esperado y desviación estándar.....	68
Cuadro 10. Simulación para \$140,000,000 millones, obligaciones con el banco 4-140.....	80
Cuadro 11. Simulación para \$140, 000,000 millones, intereses adeudados al banco 5-140.....	80

Cuadro 12. Simulación para \$140, 000,000 millones, flujo de efectivo 6-140.....	81
Cuadro 13. Simulación para \$150, 000,000 millones, obligaciones con el banco 4-150.....	81
Cuadro 14. Simulación para \$150,000,000 millones, intereses adeudados al banco 5-150.....	82
Cuadro 15. Simulación para \$150, 000,000 millones, flujo de efectivo 6-150.....	82
Cuadro 16. Simulación para \$160, 000,000 millones, obligaciones con el banco 4-160.....	83
Cuadro 17. Simulación para \$160, 000,000 millones, intereses adeudados al banco 5-160.....	83
Cuadro 18. Simulación para \$160, 000,000 millones, flujo de efectivo 6-160.....	84
Cuadro 19. Simulación para \$200, 000,000 millones, obligaciones con el banco 4-200.....	84
Cuadro 20. Simulación para \$200, 000,000 millones, intereses adeudados al banco 5-200.....	85
Cuadro 21. Simulación para \$200, 000,000 millones, flujo de efectivo 6-200.....	85
Cuadro 22. Simulación para \$220, 000,000 millones, obligaciones con el banco 4-220.....	86

Cuadro 23. Simulación para \$220, 000,000 millones, intereses adeudados al banco 5-220.....86

Cuadro 24. Simulación para \$220, 000,000 millones, flujo de efectivo 6-220.....87

Cuadro 24. Simulación.....91

GRAFICOS

	Pág.
GRAFICO 1. CPM construcción de una vivienda.....	34
GRAFICO 2. Gantt construcción de una vivienda.....	35
GRAFICO 3. Flujo de efectivo construcción total de la obra.....	37
GRAFICO 4. Gantt construcción de una vivienda para un precio del cemento de \$492 por kg.....	54
GRAFICO 5. Flujo de efectivo construcción total de la obra para un precio del cemento de \$492 por kg.....	56
GRAFICO 6. Distribución triangular precio de venta.....	93
GRAFICO 7. Distribución normal DTF.....	93
GRAFICO 8. Distribución normal TIR.....	94
GRAFICO 9. Distribución normal VPN.....	96

PLANOS

	Pág.
Plano 1. Plano topográfico lote Machangara.....	23
Plano 2. Red sanitaria primer piso.....	26
Plano 3. Red hidráulica primer piso.....	27
Plano 4. Red eléctrica primer piso.....	28
Plano 5. Red sanitaria segundo piso.....	29
Plano 6. Red hidráulica segundo piso.....	30
Plano 7. Red eléctrica segundo piso.....	31

GLOSARIO

COEFICIENTE DE VARIACIÓN: es la relación entre la desviación estándar del valor presente neto y la media, muestra la variabilidad relativa del proyecto.

DESVIACIÓN ESTANDAR: expresa la dispersión de los datos con respecto a la media en una distribución probabilística normal

OPCIÓN CALL: da a su tenedor el derecho de comprar un activo subyacente a un precio dado llamado strike o precio de ejercicio.

OPCIÓN PUT: da al comprador el derecho de vender un activo subyacente a un precio fijo llamado strike o precio de ejercicio.

OPCIÓN: herramienta financiera que provee al tenedor el derecho de comprar o vender una cantidad fijada de un activo a un precio fijado de antemano, antes o en la fecha de expiración de la opción.

TIR: tasa interna de retorno, es la tasa de interés para la cual el valor presente neto es cero, momento de decisión indiferente.

VPN AMPLIADO: valor presente neto ampliado, modelo de flujo de caja descontado, que incorpora el descuento del valor de las opciones reales.

VPN: Valor presente neto, es el resultado de traer valores futuros a valores presentes, en un flujo de caja.

RESUMEN

Los evaluadores financieros de proyectos siempre han utilizado la herramienta tradicional para evaluación, el VPN (valor presente neto), fundamentada en datos determinísticos. Sus resultados presentan una clara miopía, ya que no arrojan muchas alternativas de decisión. Cuando los datos obedecen a distribuciones probabilísticas de diferente índole, la incertidumbre entra en juego y el riesgo empieza a ser notorio en las situaciones que expresan dichas variables.

Si se ingresan diferentes datos de tipo aleatorio, una y otra vez, creando muestras de resultados, vamos a obtener una o varias distribuciones normales que nos expresan los resultados aleatorios. En consecuencia, el panorama es más amplio y las decisiones son más reales, más, cuando la gestión y operación de las empresas flota actualmente en un mar de incógnitas y dudas producidas por la globalización. Por estas razones ya mencionadas, se realizan escenarios, se aplican las opciones reales y la simulación en la evaluación financiera de modo que el VPN (Valor presente neto) y la TIR (Tasa interna de retorno) se convierten en resultados aleatorios.

ESCENARIOS, OPCIONES REALES, SIMULACION, TIR (TASA INTERNA DE RETORNO), VPN (VALOR PRESENTE NETO).

INTRODUCCIÓN

El proyecto investigativo se basa en la evaluación financiera de proyectos de construcción de vivienda, la imprecisión y rigidez de las herramientas actuales para su evaluación y las posibles alternativas para mejorar la calidad de la evaluación financiera.

Las herramientas y técnicas de evaluación financiera empleadas actualmente no son apropiadas cuando se aplican al caso de proyectos de construcción de vivienda porque: en un proyecto de inversión las previsiones de los flujos de efectivo se elaboran teniendo en cuenta la información que ha dado cada área de la empresa y se colocan en función de variables con el fin de explorar e identificar las variables críticas. El objetivo principal es mantener constantes todas las variables excepto una, para verificar qué tan sensible es el VPN del proyecto a los cambios de esa variable. La mejor forma de organizar la información es definir un límite superior y uno inferior para las categorías más importantes del proyecto, como pueden ser ingresos, costos, inversiones. Se calcula el VPN para cada valor y se puede obtener una tabla con dichos límites.

El análisis de sensibilidad tiene sus desventajas, pues el riesgo de un proyecto no depende solo de la sensibilidad del VPN a los cambios en una variable, sino que depende del rango de valores probables continuos. El diseño de escenarios implica un amplio conocimiento en varias disciplinas, como finanzas, economía, producción, administración. Por lo tanto, encuentro que la simulación considera todas las combinaciones posibles, pues tiene en cuenta la distribución completa de los posibles resultados del proyecto.

Es claro que la simulación se aproxima a una situación del mundo real, de modo que una vez diseñado el modelo y corrida la simulación, debe

examinarse la naturaleza del problema y pulir el modelo hasta que se aproxime lo máximo posible a la situación real.

Lo anterior genera por lo tanto, la aplicación de herramientas alternativas que dan más confiabilidad, pues cuando se asume una distribución probabilística continua, se asume una familia de datos que ocasiona unos resultados más acordes con la realidad estocástica; y también conlleva a analizar el proyecto bajo varios aspectos como son: continuar con el proyecto, no continuar, esperar, trabajarlo en etapas, analizando el concepto de riesgo incluido en cada aspecto, lo que se conoce como opciones reales.

Entre las causas que ocasionan el problema, está el considerar la evaluación de un proyecto dentro de un medio determinístico, por esto se aboca el problema con una visión estocástica utilizando la simulación. También está el hecho de considerar una sola alternativa al resultado, cuando pueden haber varias salidas, lo cual explica muy bien el enfoque de las opciones.

Estas técnicas novedosas y realistas, aplicadas en un mundo lleno de incertidumbre y convulsionado, minimiza el riesgo en las decisiones que tomen alrededor del proyecto que se estudie.

Cuando a un proyecto se le evalúa su VPN y da negativo, la conclusión tradicional es que dicho proyecto no se puede llevar a cabo. Pero si se analiza el mismo proyecto bajo el punto de vista de opciones reales y de simulación, aporta un valor positivo adicional que anula el efecto negativo del VPN calculado con la tasa de descuento y se convierte en un proyecto viable. Se busca impactar, con la ejecución de este trabajo de grado, el aspecto financiero en la toma de decisiones sobre proyectos de

inversión en el sector de la construcción y en especial el que se dedica a la vivienda , sin hacer diferencia de zona geográfica.

El hecho de que un proyecto resulte obvio obteniendo un VPN positivo o negativo , no es motivo suficiente para determinar que su valor concluyente se ha encontrado, pues hay alternativas que pueden redundar en beneficios mayores, quizás conviene suspender el proyecto, expandirlo, contraerlo o abandonarlo.

La pregunta base de investigación es la siguiente: ¿Cuál es el efecto sobre la calidad de la evaluación financiera de proyectos de construcción de vivienda , si se emplean las opciones reales y la simulación?

En un inicio, se hará un tipo de investigación exploratoria, en donde se acopia información y se prepara el campo; pues determinaremos todas las variables que conforman los cinco estudios de todo proyecto: mercadeo, técnico administrativo, legal, financiero, dentro de ambientes externo e interno.

Con esta información se puede proceder a todo el análisis de evaluación financiera en todos sus matices. Luego se seguirá con el estudio descriptivo en donde mediremos el VPN en relación con la información obtenida. A continuación se prosigue con el estudio de correlación donde se aplicará la relación en mayor o menor grado las variables. Aquí se verán los conceptos de sensibilidad, creación de escenarios, opciones reales y simulación. Por último, con los estudios explicativos, daremos conclusión a los estudios, definiendo resultados a la pregunta, tema de investigación.

Se aplicará la investigación longitudinal (bajo un enfoque no experimental) donde analizaremos cambios a través del tiempo en determinadas variables

o en las relaciones entre éstas. Se considerará la investigación como un diseño longitudinal panel, donde analizaremos no solo las características grupales sino las individuales. El éxito de la presente tesis, radicará en la calidad, pertinencia, realismo y exactitud de los datos obtenidos.

Según el método positivista, emanado del método etnográfico, el patrón es la medición o cuantificación de variables para identificar relaciones; el investigador busca establecer leyes universales para explicar hechos particulares; el observador ensaya una aproximación neutral a su objeto de estudio, de modo que la teoría resultante se someta a la verificación posterior de otros investigadores; esto es, la teoría debe ser confirmada o falseada. La ciencia procede comparando lo que dice la teoría con lo que sucede en el terreno empírico; el científico recolecta datos a través de métodos que garantizan su neutralidad valorativa, pues de lo contrario su material sería poco confiable e inverificable.

Los pasos de la investigación serían:

1. Diseño arquitectónico del proyecto de vivienda según normas POT de la ciudad
2. Cálculo de datos básicos para definir cuantitativamente costos en cada estudio
3. Elaboración de cada estudio considerando ambientes internos y externos
4. Evaluación financiera del proyecto aplicando los varios conceptos sobre rendimientos
5. Aplicación de la sensibilidad
6. Aplicación de las opciones reales
7. Aplicación de la simulación
8. Análisis de los resultados
9. Conclusiones

La información que se extraerá de las fuentes que anotaremos posteriormente se relaciona con los costos que versan sobre mano de obra, rendimientos, especificaciones de construcción, tasas comerciales de descuento, gastos legales.

Entidades que facilitarán la información: curaduría urbana, empresas de servicios públicos. Se utilizarán revistas, periódicos, publicaciones (relacionadas en la fuente de consultas), con el fin de obtener información relacionada con: situación económica del país, situación del sector de la construcción, situación legal del sector

La información se procesará dentro de cuatro estudios: mercadeo, técnico, administrativo y legal, y posteriormente se procesarán los costos derivados del análisis anterior, en el estudio financiero.

En el estudio de marketing, se escogerá el segmento objetivo a través de la segmentación de la población con respecto al tipo de vivienda que se va a analizar en el proyecto. Se analizará la estrategia comercial por medio del estudio de las cinco "p" como son: producto, precio, promoción, publicidad y plaza. Por último se plantea una gestión de mercadeo con el fin de evaluar los gastos de ventas que demande el proyecto.

En el estudio técnico, se analizan todos los aspectos que tienen que ver con la construcción, como son: vivienda, vías, alcantarillados, acueducto, energía.

En el estudio administrativo, hay que contabilizar los gastos de administración relacionados con el montaje de una oficina desde la cual se controlará la gestión del proyecto; es una organización de gerencia del proyecto.

En el estudio legal, se tendrán en cuenta los pagos que hay que hacer por revisión de planos, información de tuberías existentes, expedición de permisos.

Todos estos costos y gastos se contabilizarán como costos variables y costos fijos para deducirlos de las ventas y así obtener las utilidades operacionales, a su vez se deducirán los impuestos aplicados a la renta y así obtener unas utilidades netas en cada año, de modo que aplicado un interés de descuento comercial se obtendrán unos valores presentes, los cuales se compararán con las inversiones a realizar. Este método es el VPN (valor presente neto), que si es mayor que cero se realiza el proyecto, siempre y cuando la tasa de descuento sea menor que la tasa del proyecto TIR. Si es menor que cero no se realiza el proyecto y si es igual a cero, o sea igual a la TIR (tasa interna retorno) es indiferente si se hace o no.

1. DISEÑO ARQUITECTÓNICO DEL PROYECTO DE VIVIENDA SEGÚN NORMAS POT DE LA CIUDAD

1.1 LOCALIZACIÓN DEL LOTE

El lote sobre el cual se va a construir y hacer el estudio de viabilidad financiera, está situado en la ciudad de Popayán, sobre la avenida a los cuarteles del ejército Batallón de Infantería José Hilario López, y la pista de aterrizaje del Aeropuerto Machángara. El lote se denomina "lote 5" ya que está integrado a un lote de mayor extensión. Tiene un área bruta de 5.491,69 m² y un área neta de 5.248,097 m². El área que se descuenta corresponde a una vía de servidumbre de 3 m que hay que dejar, colindante con la malla que separa al lote de la pista aérea.

Se adjunta un plano topográfico indicando las distancias entre los puntos. El levantamiento topográfico se hizo utilizando equipo con tecnología GPS. La entrada al lote se hace a través de la vía de servidumbre, que atraviesa los otros cuatro lotes, y se ingresa a esta vía por la calle 17 N. Ver Plano 1. Plano topográfico lote Machangara.

1.2 ASPECTOS FÍSICOS DEL LOTE

En cuanto al aspecto de niveles, el lote es muy plano, presenta una capa negra de un espesor de 30 cm, el terreno tiene una capacidad portante buena, es de tipo arcilloso; como el lote está al borde de una quebrada, su nivel freático es posible bajarlo. Hay que dejar una zona libre de todo tipo de construcción, a partir del borde de la quebrada, de 20 m, en la cual se presenta actualmente una zona boscosa.

Plano 1. Plano topográfico lote Machangara.



Fuente el autor.

También hay que dejar 25 m libres de todo tipo de construcción de vivienda, a partir de la malla colindante con la pista del aeropuerto, como área de seguridad. Sólo se pueden construir en esta zona: juegos, piscina, caseta comunal y parqueadero de visitantes.

1.3 ASPECTOS URBANÍSTICOS DEL LOTE

El lote se va a construir como unidad cerrada, constará de 9 propiedades con un área estándar de lote para vivienda de 14 m de fondo y 12,6 m de frente, dejando para el antejardín 2 m y para la zona verde posterior 3 m.

Los andenes se harán de 1 m de ancho y habrá una zona verde de 1 m entre el andén y el sardinel. Las vías tendrán 5 m de ancho.

El alcantarillado de aguas negras se hará en 8 pulgadas para ramales iniciales y de 10 pulgadas para ramales principales. Se harán 6 cámaras de AN.

Se dejará un área verde, equivalente al 14 %. Se podrá considerar esta área como incluida en los 1.950 m² que hay que dejar como zona de seguridad del aeropuerto.

Se deberá hacer: portería, unidad técnica de basuras, salón comunal de 150 m² y un parqueadero de visitantes cada 10 unidades de vivienda.

El lote está situado en un estrato 5.

1.4 ASPECTOS DE LA CONSTRUCCIÓN DE LAS VIVIENDAS

Las viviendas a construir tendrán un área en primer piso de 12,6 m por 9 mt, para un área de 113,4 m². El área del segundo piso tendrá un

área de 9,3 m por 4,2 m para un área de 39 m². El área total construida será de 152,4 m²

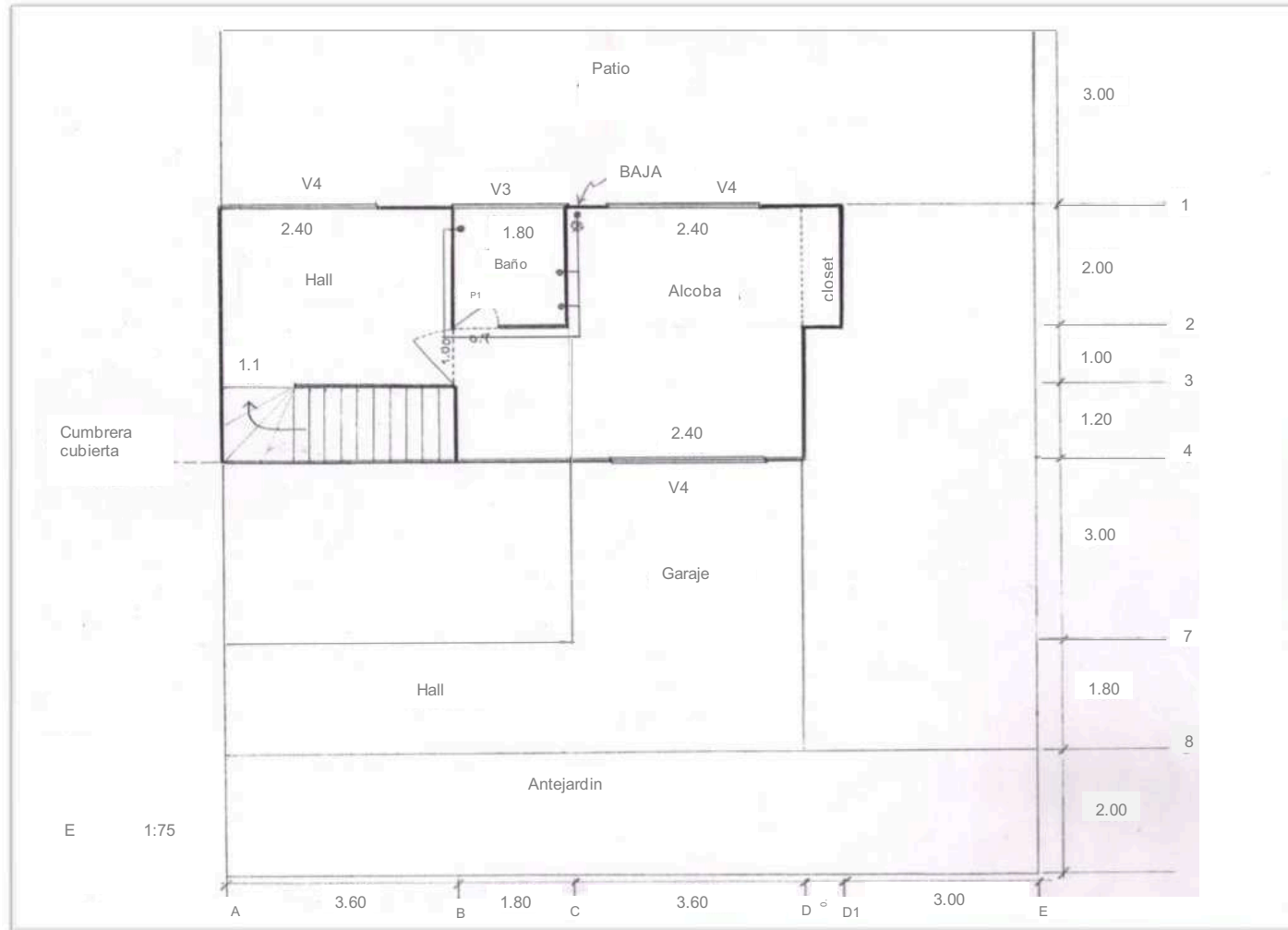
1.5 DISEÑO ARQUITECTÓNICO DE LA VIVIENDA

Se adjuntan planos correspondientes al primer piso Ver Plano 2 3 4 y segundo piso, ver Plano 5 6 7 En el primer piso, estarán localizados: alcoba principal con su baño, dos alcobas con baño social, sala y comedor, cocina, garaje y hall de entrada.

En el segundo piso, estarán localizados: zona de TV y una alcoba con su baño. Todos los cuartos tendrán closet.

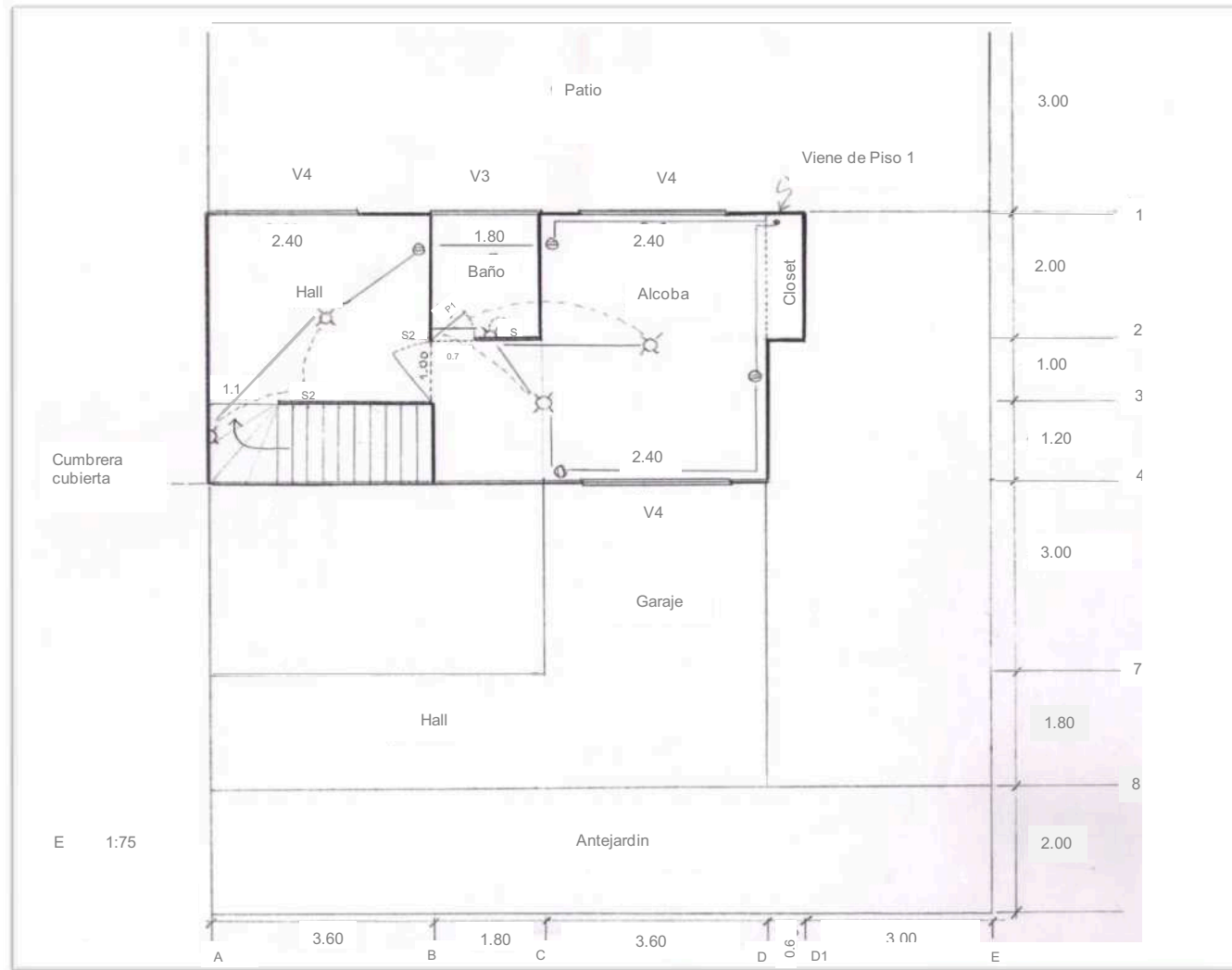
Las paredes se harán en concreto reforzado, y cubierta en teja de fibrocemento con teja de barro encima.

Plano 3. Red hidráulica primer piso

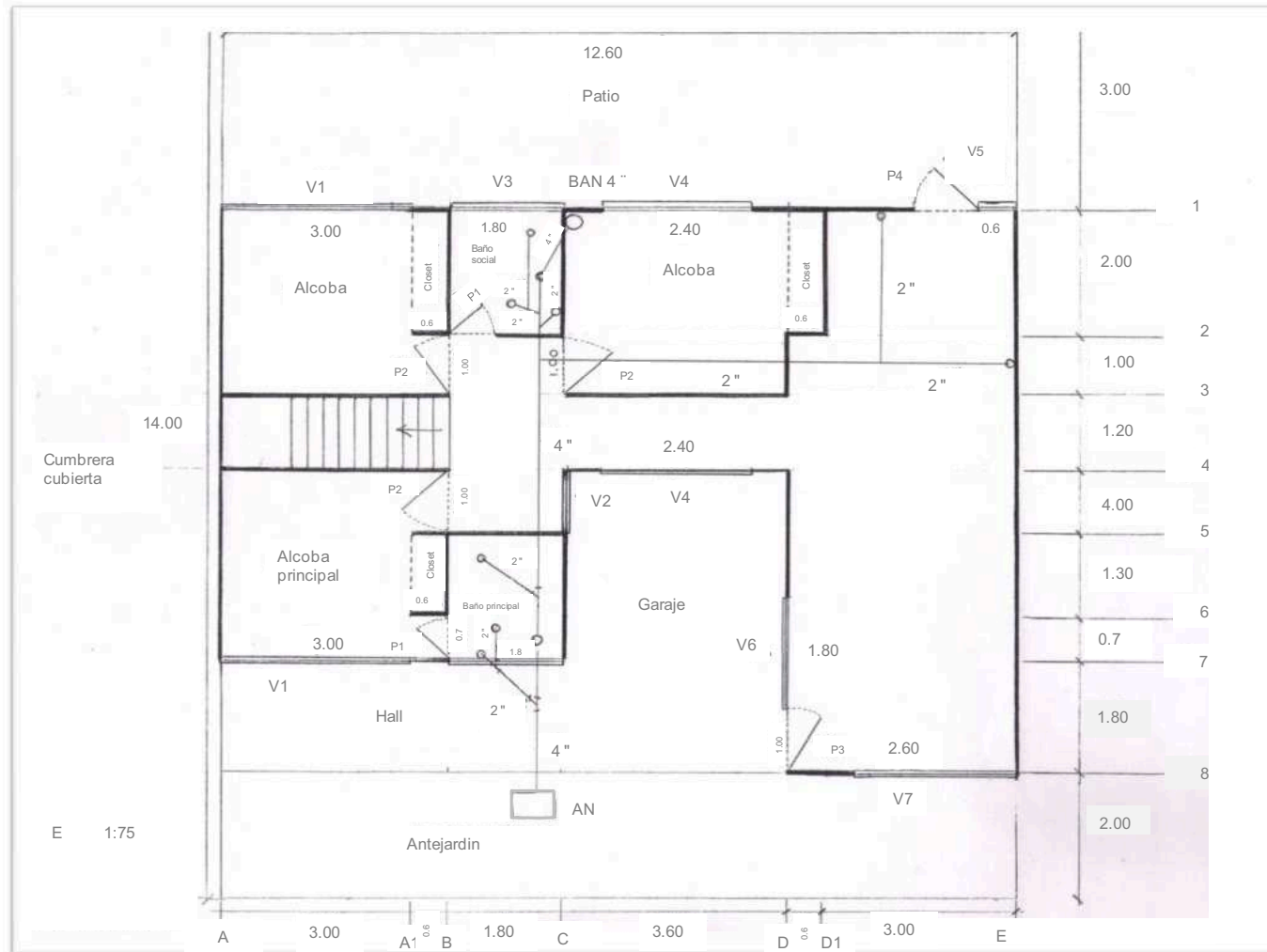


Fuente el autor

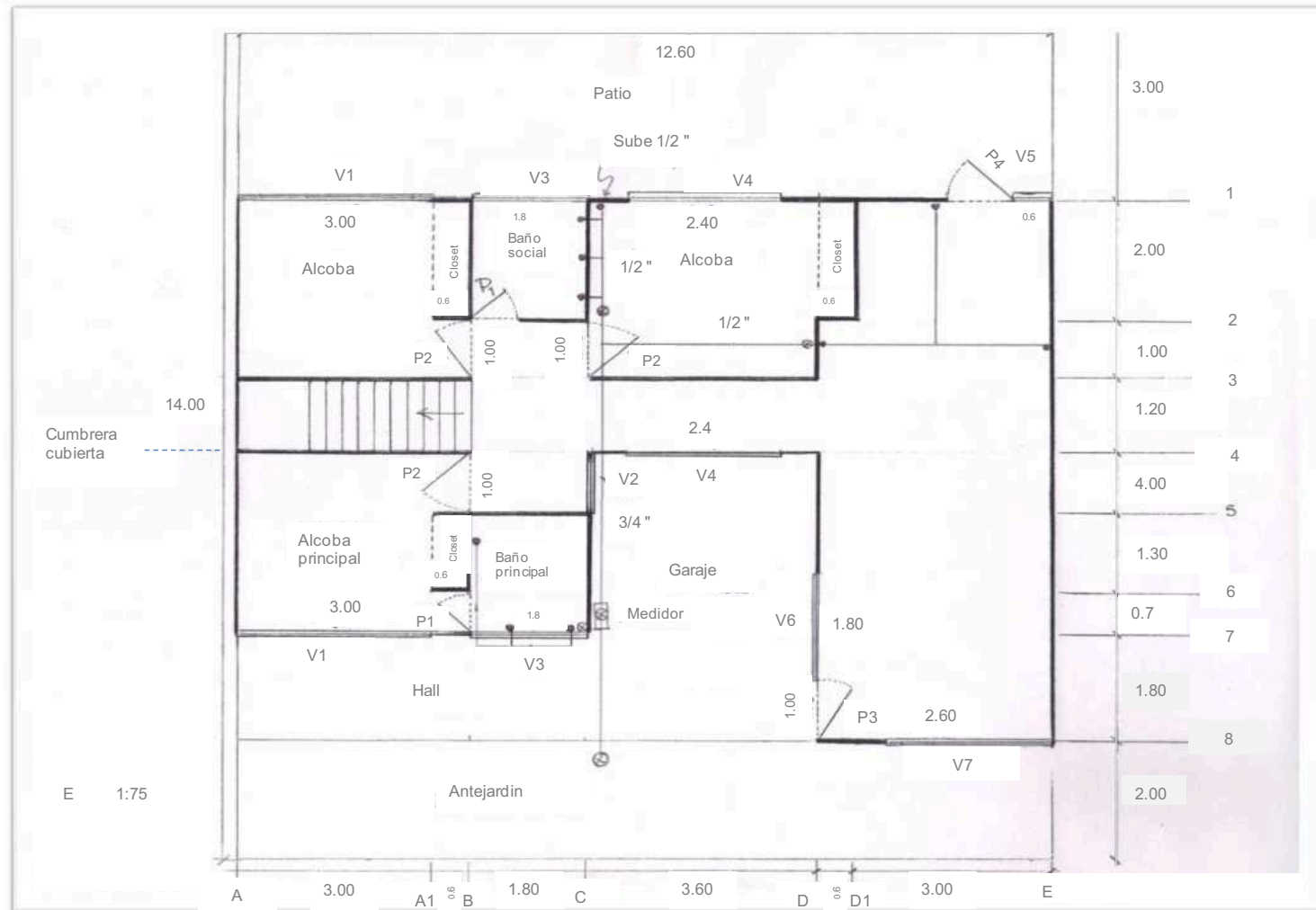
Plano 4. Red eléctrica primer piso



Plano 5. Red sanitaria segundo piso



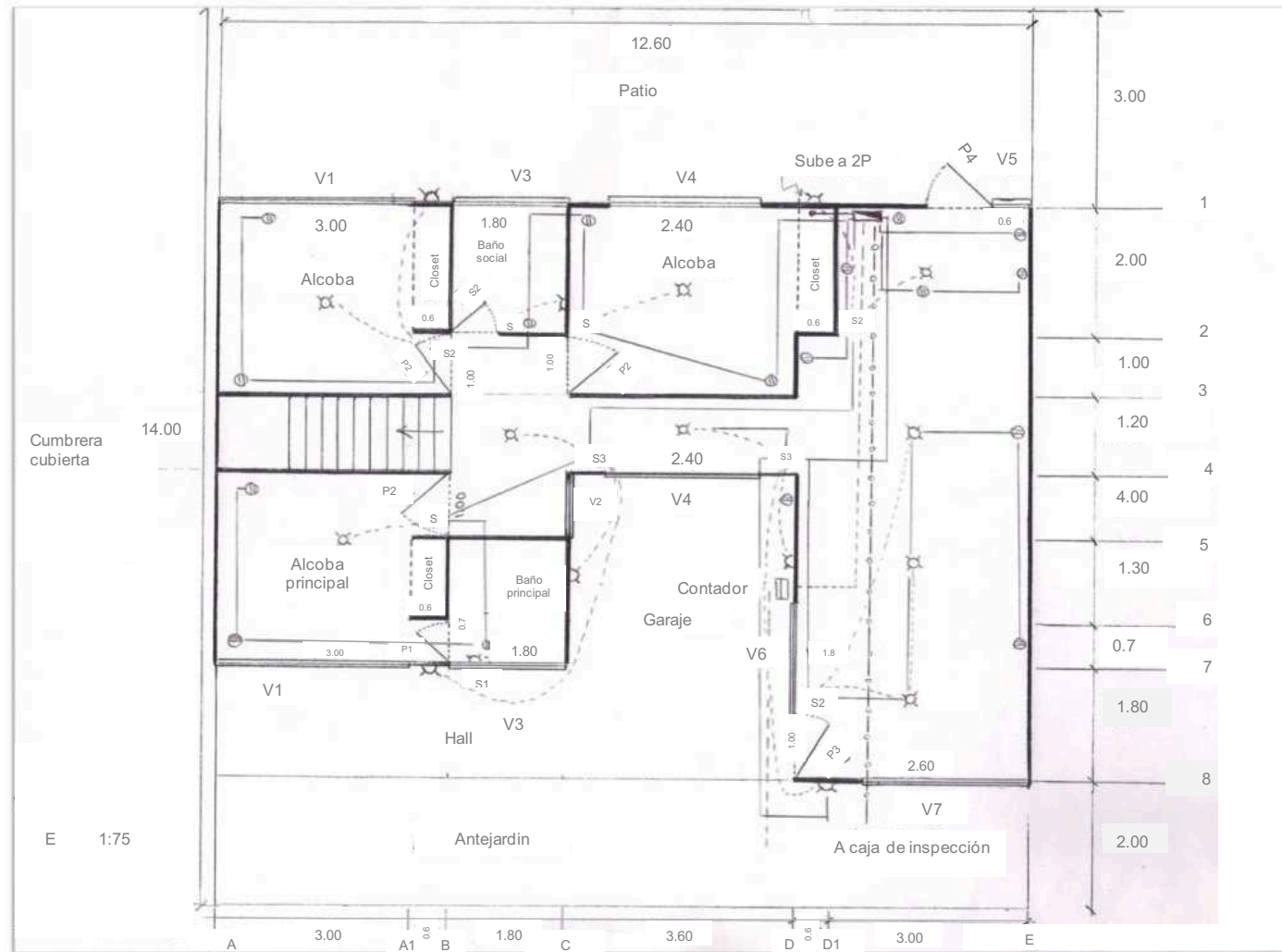
Plano 6. Red hidráulica segundo piso



Fuente el autor

Plano 7. Red eléctrica segundo piso

31



Fuente el autor

2. CÁLCULO DE DATOS BÁSICOS PARA DEFINIR CUANTITATIVAMENTE COSTOS EN CADA ESTUDIO

Se relacionan a continuación, los costos de construcción de una vivienda tipo, ver Tabla 1. Costos de construcción de una vivienda.

Tabla 1. Costos de construcción de una vivienda

Actividades	Unidad	Tipo de obra	Cantidad de Unidades	Valor del material (\$)	Valor mano de obra (\$)	Subtotal (\$)	Total (\$)
MUROS							
Paneles	M2		235,79	2.955.669	8.379.841	11.335.746	
Juntas	ML	ON	645,26	1.858.521	2.966.660	4.825.181	17.127.277
Viga amarre madera	M2		235,79	966.350	-	966.350	
CIMENTACION							
Losa piso	M2	ON	113,4	4.003.824	2.113.663	6.117.487	6.117.487
CUBIERTA							
Teja fibrocemento	M2	ON	119,64	4.618.417	1.337.982	5.956.399	5.956.399
CARPINTERIA METÁLICA							
Ventana - vidrios	GL	ON	-	4.816.500	-	4.816.500	5.488.534
Puertas	GL		-	560.200	111.834	672.034	
CARPINTERIA MADERA							
Puertas	GL	ON	-	769.456	487.141	1.256.597	1.256.597
EQUIPAMIENTO							
Aparatos sanitarios	GL	OB	-	2.439.970	423.709	2.863.679	2.863.679
ENCHAPES MUROS							
Baño y cocina	GL	OB	-	2.214.093	1.130.299	3.344.392	3.344.392
RED ELECTRICA							
Instalaciones electricas	GL	ON	-	2.262.798	1.025.000	3.287.798	3.287.798
RED HIDROSANITARIA							
Instalaciones sanitarias	GL	ON	-	818.037	522.740	1.340.777	2.042.634
Instalaciones hidráulicas	GL		-	349.357	352.500	701.857	
ACABADOS							
Pintura interior y exterior	GL		-	894.246	4.561.305	5.455.551	6.716.721
Pintura carpinteria metalica	GL	OB	-	400.000	669.170	1.069.170	
Pintura carpinteria madera	GL		-	86.400	105.600	192.000	
PISOS							
Ceramica piso	M2		146,76	6.713.993	1.550.094	8.264.087	10.015.553
Ceramica guardaescoba	ML	OB	118,8	526.743	738.104	1.264.847	
Baños	M2		9,6	385.223	101.396	486.619	
ESTRUCTURA							
Escalera	M3	ON	0,89	370.204	195.732	565.936	2.533.575
Losa entrepiso	M2		34,68	1.678.928	288.711	1.967.639	
CIELO RASO	M2	OB	154,32	5.601.970	4.240.559	9.842.529	9.842.529
MUEBLES							
Mueble bajo cocina	ML		4,5	1.309.055	-	1.309.055	6.488.721
Mueble alto cocina	ML	OB	3	1.079.850	-	1.079.850	
Closet altura 2.35 mt	M2		17,16	4.099.816	-	4.099.816	
ASEO	GL	OB	-	-	826.160	826.160	826.160
Valores totales (\$)	-	ON/OB	-	51.779.620	32.128.200	-	83.908.056
Porcentajes (%)	-		-	61,71	38,29	-	100,00
Valor obra negra (\$)	-	ON	-	26.028.261	17.781.804	-	43.810.301
Porcentaje (%)	-		-	59,41	40,59	-	52,21
Valor obra blanca (\$)	-	OB	-	25.751.359	14.346.396	-	40.097.755
Porcentaje (%)	-		-	64,22	35,78	-	47,79

Fuente el autor

Construir una vivienda, tiene un costo de \$ 83.908.056, representados en materiales \$ 51.779.620, equivalente a un 61.71 % del costo total de la vivienda y en mano de obra \$ 32.128.200, equivalente a un 38.29 % del costo total de la vivienda. La obra negra tiene un valor de \$ 43.810.301, equivalente a un 52.21 % del costo total de la vivienda y la obra blanca tiene un valor de \$ 40.097.755, equivalente a un 47.79 % del costo total de la vivienda. Esto arroja un costo total de construcción de las 9 viviendas de \$ 755.172.504.

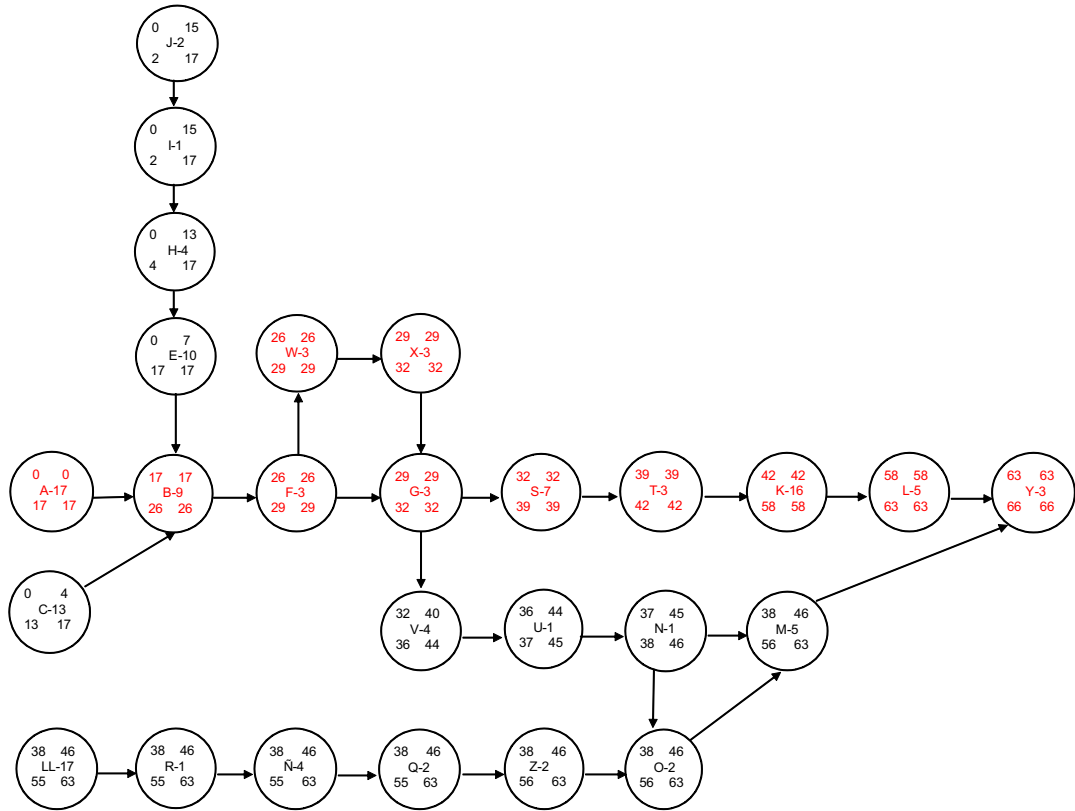
Se relaciona a continuación la programación CPM de una vivienda, ver Tabla 2. Datos para elaborar diagrama CPM. Y Grafico 1. CPM construcción de una vivienda.

Tabla 2. Datos para elaborar diagrama CPM

Código	Actividad	Unidad	Personal OF XAY	Personal Numero	Rendimiento Hh / un	Cantidad de unidades	Dias Habiles 9 horas / día
A	Fundición paneles	M ²	0 x 2	2	1,3	235,79	17
B	Montaje paneles	M ²	0 x 3	3	1	235,79	9
C	Fabricación juntas	ML	0 x 2	2	0,37	645,26	13
D	Viga amarre madera		Incluido en montaje paneles				
E	Cimentación losa	M ²	0 x 2	2	1,5	113,4	10
F	Cubierta construcción	M ²	0 x 2	2	0,5	119,64	3
G	Instalación teja	M ²	0 x 2	2	0,4	119,64	3
H	Red sanitaria	ML	1 x 0	1	1,85	18	4
I	Red hidraulica	ML	1 x 0	1	0,54	16	1
J	Red eléctrica	GL	-	-	-	-	2
K	Acabados muros	M ²	2 x 0	2	0,7	414,83	16
L	Acabado carpintería metal	GL	-	-	-	-	5
M	Acabado carpintería madera	GL	-	-	-	-	5
N	Carpintería de madera	UN	0 x 2	2	3	7	1
O	Instalación aparatos sanitarios	UN	0 x 1	1	3,5	6	2
P	Instalación lavader y lavaplatos	UN	0 x 2	2	2	2	1
Q	Colocación incrustaciones	UN	0 x 1	1	1	18	2
R	Colocación rejillas	UN	0 x 1	1	0,8	6	1
S	Colocación piso ceramica	M ²	1 x 1	2	0,85	146,76	7
T	Colocación guarda escoba ceramica	ML	1 x 1	2	0,5	118,8	3
U	Colocación piso baños	M ²	1 x 1	2	0,85	9,6	1
V	Enchape muro baño y cocina	M ²	1 x 1	2	1	62,59	4
W	Entrepiso	GL	-	-	-	-	3
X	Escalera	GL	-	-	-	-	3
Z	Instalación muebles	GL	-	-	-	-	2
Ñ	Instalación closet	GL	-	-	-	-	4
LL	Instalación cielo	GL	-	-	-	-	17
Y	Aseo vivienda	GL	-	-	-	-	3

Fuente el autor

Grafico 1. CPM construcción de una vivienda



Fuente el autor

La construcción de una vivienda dura 66 días hábiles, o sea 92 días calendario, aproximadamente 3 meses (considerando 5 días hábiles por semana). Son 9 casas, y cada casa se inicia cada 26 días hábiles o 36 días calendario, pues se considera como único grupo de mano de obra permanente, los que fabrican los paneles y los colocan, dada su especialidad y lo delicado de esta labor. Para hacer, por tanto las 9 casas se gastan 380 días calendario o aproximadamente 13 meses.

Se relaciona, a continuación la programación Gantt, en donde se obtienen los costos invertidos en cada semana, y en cada mes, durante los 3 meses que dura construir una casa, ver Grafico 2. Gantt construcción de una vivienda.

Grafico 2. Gantt construcción de una vivienda

Actividades	Valor de cada actividad (\$)	Duración semanas	Mes 1				Mes 2				Mes 3				
			Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10	Semana 11	Semana 12	
Actividades críticas	Fundición paneles	7.328.259	3,5	2.093.788	2.093.788	2.093.788	1.046.895								
	Colocación paneles	10.462.135	1,5				3.487.378	6.974.757							
	Entrepiso	1.967.639	0,5						1.967.639						
	Construcción cubierta	5.361.740	0,5						5.361.740						
	Escalera	565.935	0,5						565.935						
	Colocación teja	594.659	0,5						594.659						
	Colocación piso casa	8.264.087	1,0							8.264.087					
	Colocación guardaescoba	1.264.847	0,5								1.264.847				
	Pintura muros	5.455.551	3,0							909.259	1.818.517	1.818.517	909.259		
	Pintura carpintería metal	1.069.170	1,0										534.585	534.585	
	Aseo casa	826.160	0,5												826.160
	Actividades no críticas	Red eléctrica	3.287.798	0,5	3.287.798										
Red hidráulica		701.857	0,3	701.857											
Red sanitaria		1.340.777	1,0	1.340.777											
Cimentación losa		6.117.487	2,0		3.058.744	3.058.744									
Fabricación juntas		4.825.181	2,5		1.930.072	1.930.072	965.036								
Enchape baños y cocina		3.344.392	1,0							3.344.392					
Piso baños		486.619	0,3								486.619				
Colocación puertas		1.256.597	0,3								1.256.597				
Pintura carpintería madera		192.000	1,0								96.000	96.000			
Colocación aparatos sanitarios		2.863.679	0,5									2.863.679			
Colocación incrustaciones			0,5												
Colocación rejillas			0,3												
Cielo raso		9.842.529	2,5								3.937.012	3.937.012	1.968.506		
Muebles cocina		2.388.905	0,5											2.388.905	
Closet		4.099.816	1,0											2.049.908	2.049.908
Total valor vivienda (\$)	83.907.819	27,0	7.424.220	7.082.604	7.082.604	5.499.309	6.974.757	8.489.973	8.264.087	5.518.498	7.594.745	8.715.208	7.851.163	3.410.653	
Valor vivienda mes 1 (\$)			27.088.737												
Valor vivienda mes 2 (\$)							29.247.315								
Valor vivienda mes 3 (\$)											27.571.769				

35

Fuente el autor

También se consideran los gastos de urbanismo y de Gerencia del proyecto durante los 17 meses, tiempo que dura la ejecución total del proyecto, ver Tabla 3. Gastos urbanismo y gerencia del proyecto. El por qué de los 17 meses, la razón se podrá ver, en el Grafico 3. Flujo de efectivo construcción total de la obra de todas las casas.

Tabla 3. Gastos urbanismo y gerencia del proyecto

Actividades	Valor (\$)
URBANISMO Y ADMINISTRACION OBRA	
Localización, trazado, replanteo	10.671.038
Red suministro de agua	3.612.191
Red eléctrica baja tensión	25.447.683
Alcantarillado sanitario	13.192.680
Descapote	5.242.454
Vías	57.076.585
Andenes	10.806.325
Sardineles	6.539.325
Plataformas de las viviendas	49.831.695
Campamentos y preliminares	10.000.000
Gastos oficina obra	17.000.000
Administración de la oficina	414.400.000
Subtotal urbanismo y admon obra	623.819.976
Mes cero :	
Valor lote (\$ 60000/ m2)	329.502.600
Gerencia del proyecto	20.000.000
Diseños, impuestos, licencias (mes 0)	17.353.834
Herramientas, ventas	20.000.000
Mercadeo del proyecto	15.000.000
Inversión inicial mes 0	401.856.434

Fuente el autor

En relación con las ventas: en el Grafico 3. Flujo de efectivo construcción total de la obra. obtenemos un valor global para la construcción de la obra de \$ 1'378.988.565, por lo cual nos da un costo promedio general de construcción por vivienda de \$ 153.220.952. Colocamos el precio de venta en \$ 180.000.000 por vivienda. Definimos que se venderá una casa cada mes, empezando en el mes 2.

Grafico 3. Flujo de efectivo construcción total de la obra

Actividad	Costo (\$)	Mes	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	Mes 13	Mes 14	Mes 15	Mes 16	Mes 17	
Descapote	5.242.454	1	5.242.454																	
Trazado, replanteo	10.671.038	2		5.335.519	5.335.519															
Relleno terrazas	49.831.695	2			24.915.848	24.915.847														
Casa 1	83.907.621	3				27.088.737	29.247.115	27.571.769												
Casa 2	83.907.621	3					21.670.990	28.815.439	27.906.838	5.514.354										
Casa 3	83.907.621	3						16.253.242	28.124.758	28.500.913	11.028.708									
Casa 4	83.907.621	3							10.835.495	28.211.094	28.317.971	16.543.061								
Casa 5	83.907.621	3								5.417.747	27.520.413	28.912.046	22.057.415							
Casa 6	83.907.621	3											27.088.737	29.247.115	27.571.769					
Casa 7	83.907.621	3												21.670.990	28.815.439	27.906.838	5.514.354			
Casa 8	83.907.621	3													16.253.242	28.124.758	28.500.913	11.028.708		
Casa 9	83.907.621	3														10.835.495	28.211.094	28.317.971	16.543.061	
Sardineles	6.539.325	3									1.089.887	2.179.775	2.179.775	1.089.888						
Vías	57.076.585	6						9.512.765	9.512.765	9.512.765	9.512.765	9.512.760	9.512.765							
Alcantarillado sanitario	13.192.680	3					4.397.560	4.397.560	4.397.560											
Red suministro agua	3.612.191	1											1.806.096	1.806.095						
Red eléctrica baja tensión	25.447.683	3										8.482.561	8.482.561	8.482.561						
Andenes	10.806.325	3										3.602.109	3.602.108	3.602.108						
Administración oficina	414.400.000	17	24.376.470	24.376.470	24.376.470	24.376.470	24.376.470	24.376.470	24.376.470	24.376.470	24.376.470	24.376.470	24.376.470	24.376.470	24.376.470	24.376.470	24.376.470	24.376.470	24.376.470	24.376.480
Preliminares obra	10.000.000	1	10.000.000																	
Administración obra	17.000.000	17	1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000	
VALOR OBRA	1.378.988.565		40.618.924	30.711.989	55.627.837	77.381.054	80.692.135	111.927.245	106.153.886	102.533.343	102.846.214	121.697.519	123.935.295	112.997.572	92.243.561	87.602.831	64.723.149	41.919.531	25.376.480	

Herramientas	20.000.000
Diseños, licencias, impuestos	17.353.834
Valor lote (\$ 60000/m2)	329.502.600
Gerencia del proyecto	20.000.000
Mercadeo del proyecto	15.000.000
Inversión capital mes 0	401.856.434

El banco no financia el proyecto urbanístico, solo la construcción de las viviendas, en la proporción del 70 % . El cliente aportaría el 30 % del valor comercial de la vivienda o sea \$54.000.000, de las 9 viviendas se recibiría un valor de \$ 486.000.000. El banco financiaría el valor de lo que vale construir las 9 viviendas \$ 755.170.380, por lo tanto, nos da el valor de dinero en efectivo que se recibiría igual a la suma de los dos anteriores valores, o sea \$ 1'241.170.380. El proyecto tiene un costo total de construcción de \$ 1' 378.988.565.

El banco, aportaría cada mes, de acuerdo a lo construido, por tanto de acuerdo al programa definido. El acta se elaboraría en el mes siguiente y el cobro también sucedería en el mismo mes. La última acta se elaboraría y se pagaría en el mismo mes.

Se hará un reajuste en el precio de venta de la vivienda a partir de la casa 5, en un valor de \$ 5.000.000 por vivienda. Así mismo variará la cuantía de la cuota inicial que quedaría en \$ 55.500.000. El banco empezaría a cobrar intereses, una vez se desembolsara el dinero. Y a medida que cada cliente hace la escritura con el banco, se va abonando, a nombre del constructor, el monto de la subrogación al valor del capital. Al constructor se le cobraría 16,90 % E. A, que equivaldría a 1,31 % interés mensual.

El urbanismo se terminaría en el mes 12, por tanto se pueden entregar viviendas una vez se terminen a partir del mes 13, con el fin, que ingrese flujo de dinero de parte del banco, con las subrogaciones que se van haciendo poco a poco de parte de los clientes. Esta información se recopila en el Cuadro 1. Obligaciones con el banco.

Cuadro 1. Obligaciones con el banco

Descripcion	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	Mes 13	Mes 14	Mes 15	Mes 16
Ingresos ventas cuotas iniciales 30 % (\$)	54.000.000	54.000.000	54.000.000	54.000.000	54.000.000	54.000.000	54.000.000	54.000.000	54.000.000	-	-	-	-	-	-
Reajuste venta casas cuotas iniciales 30 % (\$)	-	-	-	-	1.500.000	1.500.000	1.500.000	1.500.000	1.500.000	-	-	-	-	-	-
Ingresos ventas desembolsos banco (\$)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	252.000.000	252.000.000	388.500.000	259.000.000
Ingresos desembolsos construcción préstamo banco (\$)	-	-	-	27.088.737	50.918.105	72.640.450	66.867.091	67.644.108	66.867.091	72.543.844	72.975.520	72.640.450	66.867.091	62.226.361	55.889.740
Total ingresos (\$)	54.000.000	54.000.000	54.000.000	81.088.737	106.418.105	128.140.450	122.367.091	123.144.108	122.367.091	72.543.844	72.975.520	324.640.450	318.867.091	450.726.361	314.889.740

39

Fuente el autor

En el Cuadro 2. Intereses adeudados al banco, se tendrán en cuenta los desembolsos obtenidos por las actas de construcción pasadas al banco y las subrogaciones hechas por los clientes, obtenidas por las entregas de las viviendas: las casas 1 y 2 en el mes 13, casas 3 y 4 en el mes 14, casas 5, 6 y 7 en el mes 15 y las casas 8 y 9 en el mes 16.

Se aplica una tasa de interés mensual de 1,31 % sobre el saldo de capital. Cada mes la constructora deberá pagar los intereses ante la presentación de cuenta de cobro pasada por el banco. Este pago debe hacerse en el mismo mes que se recibe el desembolso por obra construida.

Cuadro 2. Intereses adeudados al banco

Interés efectivo anual cobrado al constructor	16.90%
Interés efectivo mensual cobrado al constructor	0,0131

Descripcion	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	Mes 13	Mes 14	Mes 15	Mes 16
Ingresos desembolsos construcción préstamo del banco (\$)	27.088.737	50.918.105	72.640.450	66.867.091	67.644.108	66.867.091	72.543.844	72.975.520	72.640.450	66.867.091	62.226.361	55.889.740
Capital deuda acumulado (\$)	27.088.737	78.006.842	150.647.292	217.514.383	285.158.491	352.025.582	424.569.426	497.544.946	570.185.396	318.185.396	133.052.487	-
Abono parcial subrogación (\$)	-	-	-	-	-	-	-	-	252.000.000	252.000.000	388.500.000	259.000.000
Saldo deuda (\$)	27.088.737	78.006.842	150.647.292	217.514.383	285.158.491	352.025.582	424.569.426	497.544.946	318.185.396	133.052.487	-	-
Saldo a favor (\$)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-193.221.152	-203.110.260
Intereses causados (\$)	354.862	1.021.890	1.973.480	2.849.438	3.735.576	4.611.535	5.561.859	6.517.839	4.168.229	1.742.988	-	-

3. ELABORACIÓN DE CADA ESTUDIO CONSIDERANDO AMBIENTES INTERNOS Y EXTERNOS

3.1 ETAPAS DE UN PROYECTO

Como se sabe todo proyecto comprende tres fases, con el fin de llevar a cabo su evaluación:

3.1.1 Etapa de perfil: donde se estudia el proyecto, sin entrar tanto en detalles, sin inversión de ningún tipo en estudios, solo con el fundamento de la experiencia, el conocimiento personal o grupal y referencias bibliográficas. Esta etapa es la que se está realizando en este proyecto de investigación.

3.1.2 Etapa de prefactibilidad: donde se hacen, algunas inversiones pero de montos pequeños, con el fin de confirmar ciertos aspectos que es necesario aclarar en el estudio anterior. Se cuenta, adicionalmente, con fuentes de tipo teórico provenientes de asesores especialistas.

3.1.3 Etapa de factibilidad: donde se realiza el proyecto en toda su magnitud, haciendo las inversiones necesarias en estudios, diseños, impuestos, asesorías.

3.2 ESTUDIOS EN CADA ETAPA

A su vez, en cualquier etapa, que se haga, deben cumplirse los siguientes estudios:

3.2.1 Estudio de mercadeo: se analizan todos los aspectos relacionados con: la investigación de mercados, si es necesario; además, análisis de la

segmentación, posicionamiento y establecimiento de las estrategias de marketing.

3.2.2 Estudio administrativo: se analizará el tipo de organización que manejará el proyecto en su vida útil , el organigrama , manual de funciones , manual de procedimientos y todo lo relacionado con la cultura y política corporativa .

3.2.3 Estudio técnico: tiene que ver con la forma del tipo de producción de bienes y servicios; la programación del proyecto, localización del proyecto.

3.2.4 Estudio legal: comprende todo lo relacionado con las obligaciones con el estado y con el cliente. Impuestos que hay que pagar.

3.2.5 Estudio financiero: es el ordenamiento de todos los datos, de los anteriores estudios, de modo que se establezca un cuadro de flujo de fondos y se analicen los resultados, aplicando las diversas teorías relacionadas con la evaluación de proyectos.

3.3 ETAPA DE PERFIL

En nuestro caso , se hará la etapa de perfil, que si resulta conveniente se podría pasar a la siguiente etapa. Por tanto, la información sobre la cual nos basaremos resulta de la experiencia y de la consulta de ciertas referencias de tipo bibliográficas. Se procederá, a analizar los aspectos relevantes, que tienen que ver con cada uno de los estudios.

3.3.1 Estudio de mercadeo: el proyecto de la referencia está situado en el norte, un sector netamente residencial, el cual se ha caracterizado, por la

ausencia de negocios comerciales, tipos PYMES, lo cual le da un ambiente de tranquilidad, ausencia de ruido carencia de flujo automovilístico. Este sector presenta los siguientes límites: por el sur con el Batallón José Hilario López, por el norte con el Colegio Femenino del Sagrado Corazón, por el occidente con el Río Cauca y por el oriente con la avenida salida a Cali. En el sector se tiene localizado el nuevo Carrefour, las instalaciones deportivas y recreativas de Comfacauca, Supermercados Olímpica, Supermercados Carulla, Aeropuerto Guillermo León Valencia.

El proyecto urbanístico en condominio más cercano, es el llamado, Pontevedra, que son casas unifamiliares de dos plantas, con área construida de 105 m², con un precio de venta de \$ 125.000.000, para un valor unitario de venta de \$ 1.190.476 por m²; pagadero con una cuota inicial del 30 % y el resto con el banco que el cliente escoja. Este proyecto es contiguo al proyecto que se está analizando en el presente documento. En el proyecto que se está analizando, se ha definido vender una casa por mes, empezando en el mes 2. Cada casa tiene un área de 152,4 m² para un valor de \$ 180.000.000, que corresponde a un precio unitario de venta de \$ 1.181.102 por m², incluyendo el lote.

3.3.2 Estudio administrativo: se contara con un Gerente del Proyecto con un salario integral mensual de \$ 4.800.000, tendrá un Auxiliar de Ingeniería con un salario mensual más 60 % de prestaciones, por un valor total de \$ 1.280.000. La Secretaria de Gerencia tendrá un salario mensual con prestaciones de \$ 960.000. Un Mensajero con un salario mensual con prestaciones de \$ 960.000. Una Asesora en Ventas con un salario mensual con prestaciones de \$ 1.500.000. Para la obra se contrataría un Ingeniero con un salario integral de \$ 3.200.000. Maestro de Obra con un salario mensual con prestaciones de \$ 2.400.000, un almacenista con un

salario mensual con prestaciones de \$ 1.600.000. Se colocaría vigilancia las 24 horas, un vigilante cada 12 horas, para un valor de \$ 3.000.000 mensuales. Se pagará un alquiler de una vivienda, cerca de la obra en \$ 600.000 mensual, para un gasto en servicios de energía, agua, teléfono de \$ 400.000 mensual.

Los gastos en dotación en computadores, mobiliario, transporte dentro de la ciudad, ensayos de laboratorio, elementos de aseo, fotocopias, papelería, serán de \$ 62.500.000 para los 17 meses del proyecto. Todos los gastos nombrados, en la parte inicial de este estudio, quedan comprendidos en el ítem "administración oficina".

En el ítem "administración obra" se han colocado los gastos correspondientes a servicios públicos de agua, energía, y teléfono en la obra por un valor durante los 17 meses del proyecto de \$ 17.000.000. En el ítem "preliminares obra" se han puesto los costos correspondientes al mobiliario en la obra, fotocopias, cadenas, candados, carnets, papelería y los costos de la construcción de los campamentos para almacén, la oficina de la obra y para los trabajadores. Este gasto se hace totalmente en el primer mes y corresponde a un valor de \$ 10.000.000 para la duración total del proyecto.

En el mes cero, se coloca como inversión, la Gerencia del proyecto, que consiste en el pago que se hace a una Empresa Consultora para el estudio preliminar del proyecto, en su etapa de PERFIL, por valor de \$ 20.000.000. También en el mes cero, se coloca como inversión, el Mercadeo del Proyecto, que consiste en la elaboración de folletos, papelería, software para la demostración arquitectónica del proyecto, vallas, pendones, maquetas, por un valor global de \$ 15.000.000.

3.3.3 Estudio técnico: comprende la construcción del proyecto. Como inversión en mes cero, se gastaría en herramientas menores \$ 20.000.000. Se elaboró un presupuesto de obra, teniendo en cuenta los planos provisionales: estructurales, hidráulicos, sanitarios, eléctricos y arquitectónicos. Se determinaron los tiempos de ejecución de las actividades, la cantidad de personal a utilizar y las cantidades de obra para obtener la programación CPM de una vivienda. Luego se coordinó la construcción de todas las casas teniendo en cuenta las actividades de fundición de los paneles, que son realizadas por un solo equipo de trabajadores. El sistema estructural a aplicar es de paneles en concreto reforzado con fibra, estructurales; y estos muros se fabricarían en la obra. Se aplicarían: una resistencia a la compresión para diseño estructural de 3.000 psi; y una resistencia a la compresión para diseño de mezclas de 4.200 psi. Las vías se harían en adoquines de concreto simple.

3.3.4 Estudio legal: se haría una investigación de todos los papeleos que se tendrían que realizar con la Aeronáutica Civil, ya que el lote es contiguo a la pista de aterrizaje de los aviones, y por tanto el lote tiene ciertas restricciones. Tendría un costo global de \$ 190.700. A la entidad Instituto Geográfico Agustín Codazzi, habría que comprarles unos planos del sector por valor de \$ 45.000. El proyecto se radicaría en la Curaduría y tendría un valor de \$ 343.900.

La Licencia de construcción tendría un costo de \$ 6.766.234. El diseño urbanístico y arquitectónico tendría un costo de \$ 2.500.000. El diseño estructural de la vivienda tendría un costo de \$ 1.500.000. El estudio topográfico con sus planos, basados en GPS, con Estación Total valdrían \$ 2.000.000. Escrituras y certificados de tradición \$ 1.008.000. Trámites con Bancoldex \$ 2.000.000. Reglamento de propiedad horizontal \$ 1.000.000.

4. EVALUACIÓN FINANCIERA DEL PROYECTO APLICANDO VARIOS CONCEPTOS SOBRE RENDIMIENTOS

Con los datos de ingresos, egresos, e intereses, se obtienen los saldos de efectivo para cada mes. No se tiene en cuenta la depreciación, puesto que todos los equipos son alquilados. Los datos mencionados los vemos en el Cuadro 3. Flujo de efectivo. Cuando se tiene un proyecto, y no hay deducción de intereses antes de impuestos, este se llama proyecto puro, en donde la empresa es la que va a financiar dicho proyecto, sea con emisión de acciones, bonos o la no repartición de utilidades, a una tasa llamada de costo de oportunidad, para la empresa. O sea para la empresa el proyecto puro se descuenta a una tasa que considera la relación deuda - valor de la empresa.

Cuando hay deducción de intereses, como un gasto, antes de impuestos, el proyecto es financiado parcialmente. Este flujo del inversionista se descuenta a una tasa que considera la relación deuda – patrimonio. Al final del flujo de fondos, se obtiene así, el flujo neto para el inversionista, o sea la recuperación del aporte del inversionista más la ganancia por él exigida o sea un excedente igual al VPN del proyecto, que representaría la ganancia adicional a la mejor alternativa de inversión.

Aquí estamos combinando los efectos tributarios de los gastos financieros con el efecto que produce un préstamo de acuerdo al estado del capital patrimonial, o sea de descuento ponderada K_o incorpora aquella parte de la inversión que se debe financiar con recursos propios. La tasa los dos factores anteriores, en la proporcionalidad adecuada, o sea el costo del préstamo K_d y la rentabilidad de la mejor alternativa de inversión del capital propio K_p .

Cuadro 3. Flujo de efectivo

48

Descripción	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	Mes 13	Mes 14	Mes 15	Mes 16	Mes 17	
Ingresos obtenidos (\$)	-	0	54.000.000	54.000.000	54.000.000	81.088.737	106.418.105	128.140.450	122.367.091	123.144.108	122.367.091	72.543.844	72.975.520	324.640.450	318.867.091	450.726.361	314.889.740	0	
Menos egresos diversos (\$)	-	40.618.924	30.711.989	55.627.837	77.381.054	80.692.135	111.927.245	106.153.886	102.533.343	102.846.214	121.697.519	123.935.295	112.997.572	92.243.561	87.602.831	64.723.149	41.919.531	25.376.480	
Menos intereses (\$)	-	0	0	0	0	354.862	1.021.890	1.973.480	2.849.438	3.735.576	4.611.535	5.561.859	6.517.839	4.168.229	1.742.988	0	0	0	
UAI utilidad antes impuestos	-	-40.618.924	23.288.011	-1.627.837	-23.381.054	41.740	-6.531.030	20.013.084	16.984.310	16.562.318	-3.941.963	-56.953.310	-46.539.891	228.228.660	229.521.272	386.003.212	272.970.209	-25.376.480	
Menos impuesto mensual (\$)	-	0	575.214	0	0	1.031	0	494.323	419.512	409.089	0	0	0	5.637.248	5.669.175	9.534.279	6.742.364	0	
0,0247																			
Utilidad neta (\$)	-	-40.618.924	22.712.797	-1.627.837	-23.381.054	40.709	-6.531.030	19.518.761	16.564.798	16.153.229	-3.941.963	-56.953.310	-46.539.891	222.591.412	223.852.097	376.468.933	266.227.845	-25.376.480	
Valor presente cada valor (\$)	-	1,0118	1,0237	1,0358	1,0480	1,0604	1,0729	1,0856	1,0984	1,1114	1,1245	1,1377	1,1512	1,1647	1,1785	1,1924	1,2065	1,2207	
Tasa mensual (0,0118)	-401.856.434	-40.145.211	22.186.116	-1.571.545	-22.309.271	38.390	-6.087.268	17.979.699	15.080.843	14.534.127	-3.505.525	-50.060.042	-40.427.285	191.114.804	189.948.433	315.723.694	220.661.289	-20.788.466	
Valor presente (\$)	802.372.780																		
Inversión capital (\$)	-401.856.434																		
Valor presente neto (\$) VPN	400.516.346																		
Tasa interna retorno mensual TIR	5%																		

Fuente el autor

Este costo ponderado de capital es un promedio de los costos relativos a cada una de las fuentes de fondos que la empresa utiliza, que se pondera de acuerdo con la proporción de los costos dentro de la estructura de capital definida. La fórmula sería la rentabilidad media ponderada de deuda y capital:

$$K_o = K_d (D / V) + K_p (P / V)$$

En donde D es el monto de la deuda, P el monto del préstamo que hace la empresa al proyecto y V el valor de la firma en el mercado, incluyendo deuda y aportes (activos y patrimonio), que es lo mismo que el número de acciones en el mercado por el precio en el mercado de la acción.

Por tanto:

- K_d = tasa de descuento para la deuda que se toma con el banco 16.9% E.A.
- K_p = tasa de descuento para los recursos propios. Este valor es un costo de oportunidad, semejante al que puede prestar Bancoldex, hasta 2 años, de DTF más 3,3 % E.A. La tasa DTF está en el 9,79 % E. A. En total sería 13,09 % E.A.
- D = valor de la deuda, que corresponde al valor de la construcción de las 9 viviendas, que es \$ 755.170.380.
- P = valor que se debe financiar con recursos propios, que corresponde al valor total del proyecto \$ 1'378.988.565 menos el valor que corresponde a la construcción de las viviendas, \$ 755.170.380, para un saldo de \$ 623.818.185.
- V = valor que corresponde al valor total del proyecto \$ 1'378.988.565.

Aplicando la fórmula:

$$K_o = 0,169 (755.170.380 / 1'378.988.565) + 0,1309 (623.818.185 / 1'378.988.565)$$

$$K_o = 0,169 * 0,5476 + 0,1309 * 0,4524 = 0,0925 + 0,0592 = 0,1517$$

$K_o = 15,17 \% E. A$ que equivale a 1,18 % mensual.

Aplicando este valor K_o mensual, que en realidad es una tasa de interés influenciada por el riesgo, a los diferentes flujos negativos y positivos, obtengo un VPN positivo, por valor de \$ 400.738.131, que me confirma la ejecución del proyecto, utilizando el método de traer valores futuros a presentes. Se calcula la tasa interna de retorno, y se encuentra un valor del 5 % mensual. Lo anterior nos confirma la aceptación del proyecto, cuando la tasa de rentabilidad media ponderada es menor que el TIR.

5. APLICACIÓN DE LA SENSIBILIDAD

5.1 VARIACIÓN DEL VPN Y DE LA TIR, ANTE LA INFLUENCIA DEL CAMBIO DE PRECIO DEL CEMENTO PARA UN PRECIO DE VENTA DE LA VIVIENDA DE \$ 180.000.000

En la Tabla 4. Regresión lineal precio del cemento se muestran los precios del cemento por kg en diferentes períodos, de acuerdo a la Revista Construdata. Se aplica regresión lineal para hallar la ecuación que representa los diferentes valores. Hallamos así para diciembre del 2009 un precio del cemento de \$ 492 por kg.

Tabla 4. Regresión lineal precio del cemento

Periodo de la revista Construdata	Precio del cemento \$ / Kg	Xi	Xi Yi	Xi ²
	Yi			
marzo mayo 2005	374	1	374	1
junio agosto 2005	220	2	440	4
septiembre noviembre 2005	200	3	600	9
diciembre 2005 febrero 2006	200	4	800	16
marzo mayo 2006	200	5	1.000	25
junio agosto 2006	200	6	1.200	36
septiembre noviembre 2006	260	7	1.820	49
diciembre 2006 febrero 2007	260	8	2.080	64
marzo mayo 2007	310	9	2.790	81
junio agosto 2007	320	10	3.200	100
septiembre noviembre 2007	320	11	3.520	121
diciembre 2007 febrero 2008	320	12	3.840	144
marzo junio 2008	310	13	4.030	169
junio agosto 2008	310	14	4.340	196
septiembre noviembre 2008	310	15	4.650	225
diciembre 2008 febrero 2009	600	16	9.600	256
marzo mayo 2009	600	17	10.200	289
Sumatoria	5.314	153	54.484	1.785

Fuente el autor

$$\text{Pendiente } m: \quad b = \frac{(\sum XY - n X_{prom} Y_{prom})}{(\sum X^2 - n X_{prom}^2)}$$

$$b = 16,31862745$$

$$\text{Ordenada en el eje } Y \quad a = Y_{prom} - b X_{prom}$$

$$a = 165,7205882 \quad \text{ecuacion: } Y = 16,318X + 165,72$$

$$\text{Para diciembre 2009} \quad X = 20 \quad Y = 492$$

$$\text{PRECIO POR KG DE CEMENTO} = \$492$$

En la Tabla 5. Costos de construcción de una vivienda para un precio del cemento de \$ 492 por kg, se relacionan los costos de todos los ítems, que tienen que ver con el cemento, analizados al precio anterior. El costo de construcción de la vivienda aumenta a un valor de \$ 86.187.924.

En el Grafico 4. Gantt construcción una vivienda para un precio del cemento de \$ 492 por kg, se determinan los valores que hay que invertir en cada mes, durante la construcción. Recordemos que la vivienda se construye en tres meses.

En la Tabla 6. Gastos urbanismo y gerencia del proyecto para un precio del cemento de \$ 492 por kg, se relacionan los ítems con los valores reajustados al nuevo precio del cemento. Los gastos de urbanismo y gerencia del proyecto aumentaron a \$ 643.218.069.

En el Grafico 5. Flujo de efectivo construcción total de la obra con el precio de cemento de \$ 492 por kg, se relacionan los valores a invertir en cada mes, para la construcción de las 9 viviendas. En el Cuadro 4. Obligaciones con el banco con el precio del cemento a \$ 492 por kg, se relacionan los ingresos obtenidos de parte del banco y las cuotas iniciales de los compradores.

Tabla 5. Costos de construcción de una vivienda para un precio del cemento de \$ 492 por kg

Actividades	Unidad	Tipo de obra	Cantidad de Unidades	Valor del material (\$)	Valor mano de obra (\$)	Subtotal (\$)	Total (\$)
MUROS							
Paneles	M2	ON	235,79	3.605.791	8.379.841	11.985.868	17.777.399
Juntas	ML		645,26	1.858.521	2.966.660	4.825.181	
Viga amarre madera	M2		235,79	966.350	-	966.350	
CIMENTACION							
Losa piso	M2	ON	113,4	4.747.585	2.113.663	6.861.248	6.861.248
CUBIERTA							
Teja fibrocemento	M2	ON	119,64	4.618.417	1.337.982	5.956.399	5.956.399
CARPINTERIA METÀLICA							
Ventana - vidrios	GL	ON	-	4.816.500	-	4.816.500	5.488.534
Puertas	GL		-	560.200	111.834	672.034	
CARPINTERIA MADERA							
Puertas	GL	ON	-	769.456	487.141	1.256.597	1.256.597
EQUIPAMIENTO							
Aparatos sanitarios	GL	OB	-	2.439.970	423.709	2.863.679	2.863.679
ENCHAPES MUROS							
Baño y cocina	GL	OB	-	2.214.093	1.130.299	3.344.392	3.344.392
RED ELECTRICA							
Instalaciones electricas	GL	ON	-	2.262.798	1.025.000	3.287.798	3.287.798
RED HIDROSANITARIA							
Instalaciones sanitarias	GL	ON	-	893.020	522.740	1.415.760	2.117.617
Instalaciones hidráulicas	GL		-	349.357	352.500	701.857	
ACABADOS							
Pintura interior y exterior	GL	OB	-	894.246	4.561.305	5.455.551	6.716.721
Pintura carpinteria metalica	GL		-	400.000	669.170	1.069.170	
Pintura carpinteria madera	GL		-	86.400	105.600	192.000	
PISOS							
Ceramica piso	M2	OB	146,76	7.239.217	1.550.094	8.789.311	10.575.503
Ceramica guardaescoba	ML		118,8	526.743	738.104	1.264.847	
Baños	M2		9,6	419.949	101.396	521.345	
ESTRUCTURA							
Escalera	M3	ON	0,89	435.683	195.732	631.415	2.784.627
Losa entrepiso	M2		34,68	1.864.501	288.711	2.153.212	
CIELO RASO	M2	OB	154,32	5.601.970	4.240.559	9.842.529	9.842.529
MUEBLES							
Mueble bajo cocina	ML	OB	4,5	1.309.055	-	1.309.055	6.488.721
Mueble alto cocina	ML		3	1.079.850	-	1.079.850	
Closet altura 2.35 mt	M2		17,16	4.099.816	-	4.099.816	
ASEO	GL	OB	-	-	826.160	826.160	826.160
Valores totales (\$)							
Valores totales (\$)	-	ON/OB	-	54.059.488	32.128.200	-	86.187.924
Porcentajes (%)	-			62,72	37,28		100,00
Valor obra negra (\$)							
Valor obra negra (\$)	-	ON	-	27.748.179	17.781.804	-	45.530.219
Porcentaje (%)	-			60,94	39,05		52,83
Valor obra blanca (\$)							
Valor obra blanca (\$)	-	OB	-	26.311.309	14.346.396	-	40.657.705
Porcentaje (%)	-			64,71	35,29		47,17

Fuente el autor

Grafico 4. Gantt construcción de una vivienda para un precio del cemento de \$ 492 por kg

Actividades	Valor de cada actividad (\$)	Duración semanas	Mes 1				Mes 2				Mes 3					
			Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10	Semana 11	Semana 12		
Actividades críticas	Fundición paneles	7.978.381	3,5	2.279.537	2.279.537	2.279.537	1.139.770									
	Colocación paneles	10.462.135	1,5			3.487.378	6.974.757									
	Entrepiso	2.153.212	0,5					2.153.212								
	Construcción cubierta	5.361.740	0,5					5.361.740								
	Escalera	631.415	0,5					631.415								
	Colocación teja	594.659	0,5					594.659								
	Colocación piso casa	8.789.311	1,0						8.789.311							
	Colocación guardaescoba	1.264.847	0,5							1.264.847						
	Pintura muros	5.455.551	3,0							909.259	1.818.517	1.818.517	909.259			
	Pintura carpintería metal	1.069.170	1,0										534.585	534.585		
	Aseo casa	826.160	0,5												826.160	
Actividades no críticas	Red eléctrica	3.287.798	0,5	3.287.798												
	Red hidráulica	701.857	0,3	701.857												
	Red sanitaria	1.415.760	1,0	1.415.760												
	Cimentación losa	6.861.248	2,0		3.430.624	3.430.624										
	Fabricación juntas	4.825.181	2,5		1.930.072	1.930.072	965.036									
	Enchape baños y cocina	3.344.392	1,0							3.344.392						
	Piso baños	521.345	0,3								521.345					
	Colocación puertas	1.256.597	0,3								1.256.597					
	Pintura carpintería madera	192.000	1,0								96.000	96.000				
	Colocación aparatos sanitarios	2.863.679	0,5									2.863.679				
	Colocación incrustaciones	-	0,5													
	Colocación rejillas	-	0,3													
	Cielo raso	9.842.529	2,5								3.937.012	3.937.012	1.968.506			
	Muebles cocina	2.388.905	0,5											2.388.905		
	Closet	4.099.816	1,0											2.049.908	2.049.908	
	Total valor vivienda (\$)	86.187.688	27,0	7.684.952	7.640.233	7.640.233	5.592.184	6.974.757	8.741.026	8.789.311	5.518.498	7.629.471	8.715.208	7.851.163	3.410.653	
	Valor vivienda mes 1 (\$)			28.557.602												
Valor vivienda mes 2 (\$)							30.023.592									
Valor vivienda mes 3 (\$)											27.606.495					

Tabla 6. Gastos de urbanismo y gerencia del proyecto para un precio del cemento de \$ 492 por kg

Actividades	Valor (\$)
URBANISMO Y ADMINISTRACION OBRA	
Localización, trazado, replanteo	10.671.038
Red suministro de agua	3.612.191
Red eléctrica baja tensión	26.682.301
Alcantarillado sanitario	17.034.562
Descapote	5.242.454
Vías	68.733.997
Andenes	11.508.708
Sardineles	8.501.123
Plataformas de las viviendas	49.831.695
Campamentos y preliminares	10.000.000
Gastos oficina obra	17.000.000
Administración de la oficina	414.400.000
Subtotal urbanismo y admon obra	643.218.069
Mes cero :	
Valor lote (\$ 60000/ m2)	329.502.600
Gerencia del proyecto	20.000.000
Diseños, impuestos, licencias (mes 0)	17.353.834
Herramientas, ventas	20.000.000
Mercadeo del proyecto	15.000.000
Inversión inicial mes 0	401.856.434

Fuente el autor

En el Cuadro 5. Intereses adeudados al banco para un precio del cemento de \$ 492 por kg, se relacionan los intereses causados por los saldos de deuda al banco, a medida que se entregan las viviendas a los compradores.

En el Cuadro 6. Flujo de efectivo para un precio del cemento de \$ 492 por kg, encontramos que para un aumento en el precio del cemento de \$ 310 a \$ 492, el valor presente neto disminuye a \$ 381.732.854 y la TIR disminuye del 5% al 4 %.

Grafico 5. Flujo de efectivo construcción total de la obra para un precio del cemento de \$ 492 por kg

Actividad	Costo (\$)	Mes	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	Mes 13	Mes 14	Mes 15	Mes 16	Mes 17
Descapote	5.242.454	1	5.242.454																
Trazado, replanteo	10.671.038	2		5.335.519	5.335.519														
Relleno terrazas	49.831.695	2			24.915.848	24.915.847													
Casa 1	86.187.688	3				28.557.603	30.023.592	27.606.493											
Casa 2	86.187.689	3					22.846.082	29.730.395	28.089.912	5.521.299									
Casa 3	86.187.690	3						17.134.562	29.437.196	28.573.333	11.042.597								
Casa 4	86.187.691	3							11.423.041	29.143.999	29.056.752	16.563.896							
Casa 5	86.187.692	3								5.711.521	28.850.800	29.540.173	22.085.194						
Casa 6	86.187.693	3										28.557.603	30.023.592	27.606.493					
Casa 7	86.187.694	3											22.846.082	29.730.395	28.089.912	5.521.299			
Casa 8	86.187.695	3												17.134.562	29.437.196	28.573.333	11.042.597		
Casa 9	86.187.696	3													11.423.041	29.143.999	29.056.752	16.563.896	
Sardineles	8.501.123	3									1.416.854	2.833.707	2.833.708	1.416.854					
Vías	68.733.997	6						11.455.666	11.455.666	11.455.666	11.455.666	11.455.666	11.455.667						
Alcantarillado sanitario	17.034.562	3					5.678.187	5.678.187	5.678.188										
Red suministro agua	3.612.191	1											1.806.096	1.806.095					
Red eléctrica baja tensión	26.682.301	3										8.894.100	8.894.100	8.894.101					
Andenes	11.508.708	3										3.836.236	3.836.236	3.836.236					
Administración oficina	414.400.000	17	24.376.470	24.376.470	24.376.470	24.376.470	24.376.470	24.376.470	24.376.470	24.376.470	24.376.470	24.376.470	24.376.470	24.376.470	24.376.470	24.376.470	24.376.470	24.376.470	24.376.470
Preliminares obra	10.000.000	1	10.000.000																
Administración obra	17.000.000	17	1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000
VALOR OBRA	1.418.907.297		40.618.924	30.711.989	55.627.837	78.849.920	83.924.331	116.981.773	111.460.473	105.782.288	107.199.139	127.057.851	129.157.145	115.801.206	94.326.619	88.615.101	65.475.819	41.940.366	25.376.480

Herramientas	20.000.000
Diseños, licencias, impuestos	17.353.834
Valor lote (\$ 60000/m2)	329.502.600
Gerencia del proyecto	20.000.000
Mercadeo del proyecto	15.000.000
Inversión capital mes 0	401.856.434

Cuadro 4. Obligaciones con el banco para un precio del cemento de \$ 492 por kg

Descripcion	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	Mes 13	Mes 14	Mes 15	Mes 16
Ingresos ventas cuotas iniciales 30 % (\$)	54.000.000	54.000.000	54.000.000	54.000.000	54.000.000	54.000.000	54.000.000	54.000.000	54.000.000	-	-	-	-	-	-
Reajuste venta casas cuotas iniciales 30 % (\$)	-	-	-	-	1.500.000	1.500.000	1.500.000	1.500.000	1.500.000	-	-	-	-	-	-
Ingresos ventas desembolsos banco (\$)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	252.000.000	252.000.000	388.500.000	259.000.000
Ingresos desembolsos construcción préstamo banco (\$)	-	-	-	28.557.603	52.869.674	74.471.450	68.950.149	68.950.152	68.950.149	74.661.672	74.954.868	74.471.450	68.950.149	63.238.631	56.663.245
Total ingresos (\$)	54.000.000	54.000.000	54.000.000	82.557.603	108.369.674	129.971.450	124.450.149	124.450.152	124.450.149	74.661.672	74.954.868	326.471.450	320.950.149	451.738.631	315.663.245

Fuente el autor

57

Cuadro 5. Intereses adeudados al banco para un precio del cemento de \$ 492 por kg

Descripcion	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	Mes 13	Mes 14	Mes 15	Mes 16	Mes 17
Ingresos obtenidos (\$)	-	0	54.000.000	54.000.000	54.000.000	82.557.603	108.369.674	129.971.450	124.450.149	124.450.152	124.450.149	74.661.672	74.954.868	326.471.450	320.950.149	451.738.631	315.663.245	0
Menos egresos diversos (\$)	-	40.618.924	30.711.989	55.627.837	78.849.920	83.924.331	116.981.773	111.460.473	105.782.288	107.199.139	127.057.851	129.157.145	115.801.206	94.326.619	88.615.101	65.475.819	41.940.366	25.376.480
Menos intereses (\$)	-	0	0	0	0	374.105	1.066.697	2.042.273	2.945.520	3.848.767	4.752.014	5.730.082	6.711.991	4.386.367	1.988.414	0	0	0
UAI utilidad antes impuestos	-	-40.618.924	23.288.011	-1.627.837	-24.849.920	-1.740.833	-9.678.796	16.468.704	15.722.341	13.402.246	-7.359.716	-60.225.555	-47.558.329	227.758.464	230.346.634	386.262.812	273.722.879	-25.376.480
Menos impuesto mensual (\$) 0,0247	-	0	575.214	0	0	0	0	406.777	388.342	331.035	0	0	0	5.625.634	5.689.562	9.540.691	6.760.955	0
Utilidad neta (\$)	-	-40.618.924	22.712.797	-1.627.837	-24.849.920	-1.740.833	-9.678.796	16.061.927	15.333.999	13.071.211	-7.359.716	-60.225.555	-47.558.329	222.132.830	224.657.072	376.722.121	266.961.924	-25.376.480
Valor presente cada valor (\$)	-	1,0118	1,0237	1,0358	1,0480	1,0604	1,0729	1,0856	1,0984	1,1114	1,1245	1,1377	1,1512	1,1647	1,1785	1,1924	1,2065	1,2207
Tasa mensual (0,0118)	-401.856.434	-40.145.211	22.186.116	-1.571.545	-23.710.805	-1.641.662	-9.021.154	14.795.438	13.960.305	11.761.032	-6.544.879	-52.936.235	-41.311.961	190.721.070	190.631.491	315.936.029	221.269.726	-20.788.466

Valor presente (\$)	783.589.288
Inversión capital (\$)	-401.856.434
Valor presente neto (\$) VPN	381.732.854
Tasa interna retorno mensual TIR	4%

Fuente el autor

Cuadro 6. Flujo de efectivo para un precio del cemento de \$ 492 por kg

Descripción	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	Mes 13	Mes 14	Mes 15	Mes 16	Mes 17
Ingresos obtenidos (\$)	-	0	54.000.000	54.000.000	54.000.000	82.557.603	108.369.674	129.971.450	124.450.149	124.450.152	124.450.149	74.661.672	74.954.868	326.471.450	320.950.149	451.738.631	315.663.245	0
Menos egresos diversos (\$)	-	40.618.924	30.711.989	55.627.837	78.849.920	83.924.331	116.981.773	111.460.473	105.782.288	107.199.139	127.057.851	129.157.145	115.801.206	94.326.619	88.615.101	65.475.819	41.940.366	25.376.480
Menos intereses (\$)	-	0	0	0	0	374.105	1.066.697	2.042.273	2.945.520	3.848.767	4.752.014	5.730.082	6.711.991	4.386.367	1.988.414	0	0	0
UAI utilidad antes impuestos	-	-40.618.924	23.288.011	-1.627.837	-24.849.920	-1.740.833	-9.678.796	16.468.704	15.722.341	13.402.246	-7.359.716	-60.225.555	-47.558.329	227.758.464	230.346.634	386.262.812	273.722.879	-25.376.480
Menos impuesto mensual (\$)	-	0	575.214	0	0	0	0	406.777	388.342	331.035	0	0	0	5.625.634	5.689.562	9.540.691	6.760.955	0
Utilidad neta (\$)	-	-40.618.924	22.712.797	-1.627.837	-24.849.920	-1.740.833	-9.678.796	16.061.927	15.333.999	13.071.211	-7.359.716	-60.225.555	-47.558.329	222.132.830	224.657.072	376.722.121	266.961.924	-25.376.480
Valor presente cada valor (\$)	-	1,0118	1,0237	1,0358	1,0480	1,0604	1,0729	1,0856	1,0984	1,1114	1,1245	1,1377	1,1512	1,1647	1,1785	1,1924	1,2065	1,2207
Tasa mensual (0,0118)	-401.856.434	-40.145.211	22.186.116	-1.571.545	-23.710.805	-1.641.662	-9.021.154	14.795.438	13.960.305	11.761.032	-6.544.879	-52.936.235	-41.311.961	190.721.070	190.631.491	315.936.029	221.269.726	-20.788.466

Valor presente (\$)	783.589.288
Inversión capital (\$)	-401.856.434
Valor presente neto (\$) VPN	381.732.854
Tasa interna retorno mensual TIR	4%

Fuente el autor

5.2. FLUJOS NETOS DE CAJA AFECTADOS POR UN FACTOR DE PROBABILIDAD

En los análisis anteriores, incluimos el riesgo dentro del análisis de la viabilidad financiera. Las tasas de interés libres de riesgo son bajas ya que carecen de los factores que las hacen más altas, en el ambiente financiero (equivalente aproximadamente a un 15 % anual) como son la demora en pagos, la posibilidad de no cobro, recibo de bienes en dación de pago y otros más propias de la estructura interna de cada entidad financiera.

El riesgo es una combinación entre peligro y oportunidad; o sea, un riesgo alto supone más oportunidades de hacerlo bien, pero también más peligro de hacerlo mal. Se entiende por riesgo todo aquello que supone “variabilidad” en torno al valor esperado, razón por la cual se suele tomar como medida del riesgo la varianza o la desviación estándar de una variable, mientras que la esperanza informa sobre el valor esperado.

La tasa de interés que se aplicó en el punto anterior, fue del 15.17% E.A. Se considera una tasa de interés libre de riesgo la correspondiente a la que paga el Tesoro de los E.U por un bono a dos años, que es del 4.88 % E.A equivalente a 0,366 % mensual.

$K_o = K + p$ donde:

- $K_o =$ es la tasa de descuento ajustada al riesgo o coste de capital medio ponderado, o sea 15,17 % E .A o 1,18 % mensual, calculada anteriormente.
- $K =$ es la tasa libre de riesgo, o sea 4,88 % E.A o 0,366 % mensual.
- $p =$ prima de riesgo 10,29 % E.A o 0,814 % mensual.

Ya vimos en el punto anterior, que el VPN con la tasa de descuento influenciada por el riesgo es positiva, y conveniente pues la tasa mensual del 1,18 % es menor que el TIR que es del 5 % mensual; con mayor razón si analizáramos el VPN con la tasa libre de riesgo del 0,366 % mensual, pues nos daría un VPN mucho mayor que el anterior. A medida que aumenta la prima de riesgo disminuye el VPN.

La prima de riesgo máxima que podría aplicar el inversor a este proyecto para que fuese interesante o efectuable sería hasta el 4,634 % mensual, o sea (5 % - 0,366 %). Si la prima superase dicho valor la TIR sería menos que K_0 de modo que la prima de riesgo introducida llegaría a anular la ganancia neta esperada por la empresa.

Se presenta una nueva situación que hay que tener en cuenta, y es la aleatoriedad en la ocurrencia de las ventas planteadas de una vivienda por mes y que afectan los flujos netos de utilidades y pérdidas. Las ventas se inician en el mes 2 y la última vivienda se vende en el mes 10 y la construcción de las viviendas se inicia en el mes 4, y se termina en el mes 16.

El urbanismo se termina en el mes 12, por tanto se inicia la entrega de viviendas así: casas 1 y 2 en el mes 13, casas 3 y 4 en el mes 14, casas 5,6 y 7 en el mes 15 y casas 8 y 9 en el mes 16. La primera vivienda tiene una probabilidad de no ocurrencia alta, a causa de que se está comenzando el proyecto. A medida que se construyen las viviendas la probabilidad de ocurrencia va en sentido creciente. Por tanto:

$$\begin{array}{cccccc} \alpha_0 = 1 & \alpha_1 = 1 & \alpha_2 = 0,5 & \alpha_3 = 0,6 & \alpha_4 = 0,82 & \alpha_5 = 0,83 \\ \alpha_6 = 0,84 & \alpha_7 = 0,85 & \alpha_8 = 0,86 & \alpha_9 = 0,87 & \alpha_{10} = 0,88 & \alpha_{11} = 0,9 \\ \alpha_{12} = 0,95 & \alpha_{13} = 1 & \alpha_{14} = 1 & \alpha_{15} = 1 & \alpha_{16} = 1 & \alpha_{17} = 1 \end{array}$$

Siendo α_i el flujo del mes "i"

En el Cuadro 7. Sensibilidad: flujos afectados por la incertidumbre encontramos el análisis considerando los factores anteriores, en donde el VPN disminuyó a \$ 395.891.306 y la TIR al 4 % mensual. Por tanto sigue siendo la tasa de descuento menor que la TIR y el proyecto continua interesante.

5.3 ANÁLISIS DE LA VARIANZA DEL VPN

La empresa decide introducir nuevamente el riesgo en el análisis del proyecto mediante la determinación de la varianza del VPN, como indicador de la dispersión en torno a los resultados esperados.

Teniendo en cuenta, las relaciones que pueden haber entre ciertos flujos de caja netos, podemos estipular que hay relación entre mes 2 y 3, debido a que la topografía es un proceso continuo, e integral, que una vez se inicia permite un gran avance a la obra, en todos los sentidos. Consideremos la correlación entre ambos flujos, en un 80 % de procesos que se trabajan en conjunto y que aportan al avance.

Correlación entre flujos netos de caja $\rho_{2,3} = 80\%$

Planteamos diversos escenarios o previsiones a los flujos netos de caja, a los que se les asigna una determinada probabilidad subjetiva de ocurrencia. El diseño de escenarios es una técnica donde el ejecutivo financiero requiere el auxilio de sus conocimientos de macro y microeconomía.

Cuadro 7. Sensibilidad: flujos afectados por la incertidumbre

Descripcion	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	Mes 13	Mes 14	Mes 15	Mes 16	Mes 17
Utilidad neta Cuadro 6 (\$)	-	- 40.618.924	22.712.797	- 1.627.837	- 23.381.054	40.709	- 6.531.030	19.518.761	16.564.798	16.153.229	- 3.941.963	- 56.953.310	- 46.539.891	222.591.412	223.852.097	376.468.933	266.227.845	- 25.376.480
Factor de incertidumbre	-	1	0,5	0,6	0,82	0,83	0,84	0,85	0,86	0,87	0,88	0,9	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Valor presente cada valor (\$)	-	1,0118	1,0237	1,0358	1,0480	1,0604	1,0729	1,0856	1,0984	1,1114	1,1245	1,1377	1,1512	1,1647	1,1785	1,1924	1,2065	1,2207
Tasa mensual (0,0118)	-	-40.145.211	22.186.115	-1.571.545	-22.309.271	38.390	-6.087.268	17.979.699	15.080.843	14.534.127	-3.505.525	-50.060.042	-40.427.285	191.114.804	189.946.625	315.723.694	220.661.289	-20.788.466
Valor presente con factor aplicado (\$)	-401.856.434	-40.145.211	11.093.058	-942.927	-18.293.602	31.864	-5.113.305	15.282.744	12.969.525	12.644.691	-3.084.862	-45.054.038	-38.405.921	191.114.804	189.946.625	315.723.694	220.661.289	-20.788.466
Valor presente (\$)		797.747.740																
Inversion capital (\$)		-401.856.434																
Valor presente neto (\$) VPN		395.891.306																
Tasa interna retorno mensual TIR		4%																

62

Fuente el autor

Las variables que resultan críticas para el éxito del proyecto son:

*Tasa DTF (crédito Bancoldex)

*Precio de venta de la vivienda

5.3.1 Análisis de la variación del DTF

Tabla 7. Variación del DTF año 2009

Periodo	DTF (E.A)
Enero 5 - enero 11	9,73%
Enero 12 - enero 18	9,73%
Enero 19 - enero 25	9,62%
Enero 26 - febrero 1	9,79%
Febrero 2 - febrero 8	9,56%
Febrero 9 - febrero 15	9,43%
Febrero 16 - febrero 22	8,94%
Febrero 23 - marzo 1	9,02%
Marzo 2 - marzo 8	8,86%
Marzo 9 - marzo 15	8,59%
Marzo 16 - marzo 22	8,34%
Marzo 23 - marzo 29	8,13%

Fuente el autor

$$DTF \text{ promedio} = 9,145 \% E. A$$

$$= 0,7318 \% \text{ mensual}$$

$$Desviación \text{ estandar de la muestra} = 0,5803 \% E. A$$

$$Desviación \text{ estandar de la población} = \frac{0,5803}{\sqrt{12}} = 0,167529 \% E. A$$

El valor de DTF promedio, cambia el K_o , la rentabilidad media ponderada de capital y deuda, así:

- K_d = tasa de descuento para la deuda que se toma con el banco 16,9 % E.A.

- K_p = tasa de descuento para los recursos propios. Este valor es un costo de oportunidad, semejante al que puede prestar Bancoldex, hasta dos años, de DTF más 3,3 % E. A. La tasa DTF promedio está en 9,145 % E.A. En total sería 12,445 % E.A.
- D = valor de la deuda, que corresponde al valor de la construcción de las 9 viviendas, que es \$ 755.170.380.
- P = valor que se debe financiar con recursos propios, que corresponde al valor total del proyecto \$ 1'378.988.565 menos el valor que corresponde a la construcción de las viviendas \$ 755.170.380, o sea \$ 623.818.185.
- V = valor que corresponde al valor total del proyecto \$ 1'378.988.565.

Aplicando la fórmula:

$$K_o = 0,169 \left(\frac{755.170.380}{1'378.988.565} \right) + 0,12445 \left(\frac{623.818.185}{1'378.988.565} \right)$$

$$K_o = (0,169 * 0,5476) + (0,12445 * 0,4524)$$

$$0,0925 + 0,0563 = 0,1488$$

$$K_o = 14,88 \% \text{ EA equivalente a } 1,162 \% \text{ mensual}$$

La aplicación de este nuevo K_o se hace en el Cuadro 8. Sensibilidad: escenario de los flujos afectados por la variación del DTF, para aplicar al análisis de la varianza del VPN. Se obtiene un VPN de \$ 402.698.054, un poco más que cuando se aplicó la anterior tasa de 1,18 % mensual que fue de \$ 400.516.346.

Cuadro 8. Sensibilidad escenario de los flujos afectados por la variación del DTF

Descripcion	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	Mes 13	Mes 14	Mes 15	Mes 16	Mes 17
Utilidad neta Cuadro 6 (\$)	-	-40.618.924	22.712.797	-1.627.837	-23.381.054	40.709	-6.531.030	19.518.761	16.564.798	16.153.229	-3.941.963	-56.953.310	-46.539.891	222.591.412	223.852.097	376.468.933	266.227.845	-25.376.480
Valor presente cada valor (\$)	-	1,0116	1,0234	1,0353	1,0473	1,0595	1,0718	1,0842	1,0968	1,1096	1,1225	1,1355	1,1487	1,1621	1,1756	1,1892	1,2030	1,2170
Tasa mes	-401.856.434	-40.152.354	22.194.011	-1.572.384	-22.325.154	38.424	-6.093.646	18.002.400	15.102.432	14.558.033	-3.511.870	-50.156.531	-40.515.059	191.549.982	190.422.153	316.568.749	221.296.715	-20.851.412
Valor presente (\$)	804.554.488																	
Inversión capital (\$)	-401.856.434																	
Valor presente neto (\$) VPN	402.698.054																	
Tasa interna retorno mensual TIR	5%																	

65

Fuente el autor

5.3.2 Análisis del precio de venta de la vivienda. Consideramos una rebaja en el precio de venta, sea \$ 150.000.000. Se obtiene un VPN de \$ 169.028.763 y el TIR del 2 % mensual, ver Cuadro 15. Simulación para \$ 150.000.000 millones. Flujo de efectivo 6-150. Utilizamos esta información para aplicar al análisis de la varianza del VPN.

Una vez obtenidos los distintos escenarios, se le suele asignar a cada uno una probabilidad de ocurrencia para obtener el VPN ESPERADO del proyecto. Por supuesto, es muy difícil estimar en forma exacta las probabilidades para cada escenario. Se aplica al escenario de la variación del DTF una probabilidad del 70 % ya que es una variable exógena, y al escenario del precio de venta de la vivienda un 30 % ya que su valor VPN es muy bajo para tanto esfuerzo en 17 meses.

En el Cuadro 9. VPN esperado y desviación estándar, se encuentran los análisis, calculados en base a la probabilidad asignada a cada escenario. Se ha encontrado una media del VPN de \$ 331.068.854 y una desviación estándar de \$ 38.585.918, para un coeficiente de variación (relación entre desviación estándar y media) de 0,12 que indica que por cada 100 pesos de ganancia esperada 12 pesos presentan riesgo, que realmente es bajo. Este proyecto sigue siendo interesante.

Cuadro 14. Simulación para 150 millones. Flujo de efectivo 6-150

Descripcion	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	Mes 13	Mes 14	Mes 15	Mes 16	Mes 17
Ingresos obtenidos (\$)	-	0	45000000	45000000	45000000	72088737	97418105	119140450	113367091	114144108	113367091	72543844	72975520	282640450	276867091	387726361	272889740	0
Menos egresos diversos (\$)	-	40618924	30711989	55627837	77381054	80692135	111927245	106153886	102533343	102846214	121697519	123935295	112997572	92243561	87602831	64723149	41919531	25376480
Menos intereses (\$)	-	0	0	0	0	354862	1021890	1973480	2849438	3735576	4611535	5561859	6517839	4718429	2843388	0	0	0
UAI utilidad antes impuestos	-	-40618924	14288011	-10627837	-32381054	-8958260	-15531030	11013084	7984310	7562318	-12941963	-56953310	-46539891	185678460	186420872	323003212	230970209	-25376480
Menos impuesto mensual (\$) 0,0247	-	0	352913,872	0	0	0	0	272023,175	197212,457	186789,255	0	0	0	4586257,96	4604595,54	7978179,34	5704964,16	0
Utilidad neta (\$)	-	-40618924	13935097,1	-10627837	-32381054	-8958260	-15531030	10741060,8	7787097,54	7375528,75	-12941963	-56953310	-46539891	181092202	181816276	315025033	225265245	-25376480
Valor presente cada valor (\$)	-	1,0118	1,02373924	1,03581936	1,048	1,0604	1,0729	1,0856	1,0984	1,1114	1,1245	1,1377	1,1512	1,1647	1,1785	1,1924	1,2065	1,2207
Tasa mensual (0,0118)	-401856434	-40145210,5	13611959,6	-10260318,9	-30897952,3	-8448000,75	-14475748	9894123,83	7089491,57	6636250,45	-11509082,3	-50060042,2	-40427285,4	155483989	154277706	264194090	186709693	-20788465,6

Valor presente (\$)	570.885.197
Inversión capital (\$)	- 401.856.434
Valor presente neto (\$) VPN	169.028.763
Tasa interna retorno mensual TIR	2%

67

Fuente el autor

Cuadro 9. VPN esperado y desviación estándar

VPN ESPERADO																			
Escenarios	Probabilidad	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	Mes 13	Mes 14	Mes 15	Mes 16	Mes 17
Flujo precio venta \$ 150 millones	-	0	-40.618.924	13.935.097	-10.627.837	-32.381.054	-8.958.260	-15.531.030	10.741.061	7.787.098	7.375.529	-12.941.963	-56.953.310	-46.539.891	181.082.202	181.816.276	315.025.033	225.265.245	-25.376.480
Flujo tasa DTF diagrama No 10	-	0	-40.618.924	22.712.797	-1.627.837	-23.381.054	40.709	-6.531.030	19.518.761	16.564.798	16.153.229	-3.941.963	-56.953.310	-46.539.891	222.591.412	223.852.097	376.468.933	266.227.845	-25.376.480
Factor aplicado al precio de venta	0,3	0	-12.185.677	4.180.529	-3.188.351	-9.714.316	-2.687.478	-4.659.309	3.222.318	2.336.129	2.212.659	-3.882.589	-17.085.993	-13.961.967	54.327.661	54.544.883	94.507.510	67.579.574	-7.612.944
Factor aplicado al DTF	0,7	0	-28.433.247	15.898.958	-1.139.486	-16.366.738	28.496	-4.571.721	13.663.133	11.595.359	11.307.260	-2.759.374	-39.867.317	-32.577.924	155.813.988	156.696.468	263.528.253	186.359.492	-17.763.536
Utilidad neta o flujo esperado (\$)	-	0	-40.618.924	20.079.487	-4.327.837	-26.081.054	-2.658.982	-9.231.030	16.885.451	13.931.488	13.519.919	-6.641.963	-56.953.310	-46.539.891	210.141.649	211.241.351	358.035.763	253.939.065	-25.376.480
Factor	-	0	1,0118	1,0237	1,0358	1,048	1,0604	1,0729	1,0856	1,1114	1,1245	1,1377	1,1512	1,1647	1,1785	1,1924	1,2065	1,2207	1,2351
Valor presente cada valor (\$)	-	-401.856.434	-40.145.211	19.614.620	-4.178.255	-24.886.502	-2.507.527	-8.603.812	15.554.026	12.683.438	12.164.764	-5.906.592	-50.060.042	-40.427.285	180.425.559	179.245.949	300.264.813	210.475.810	-20.788.466
Tasa mensual			0,0118																
Valor presente (\$)			732.925.288																
Inversión capital (\$)			-401.856.434																
Valor presente neto esperado VPNE			331.068.854																
Tasa interna retorno mensual TIR			4%																

VARIANZA Y/O DESVIACION ESTANDAR																		
Analisis de la varianza para cada flujo	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	Mes 13	Mes 14	Mes 15	Mes 16	Mes 17
(Flujo-flujo esperado) de precio venta	0	0	-4.144.390	-6.300.000	-8.300.000	-6.299.278	-6.300.000	-4.144.390	-4.144.390	-4.144.390	-6.300.000	0	0	-29.049.447	-29.425.075	-43.010.730	-28.673.820	0
(Flujo-flujo esperado) de DTF	0	0	2.633.310	2.700.000	2.700.000	2.699.691	2.700.000	2.633.310	2.633.310	2.633.310	2.700.000	0	0	12.449.763	12.610.746	18.433.170	12.288.780	0
(Flujo-flujo esperado) de precio de venta	0	0	3.77535E+13	3.969E+13	3.969E+13	3.96909E+13	3.969E+13	3.77535E+13	3.77535E+13	3.77535E+13	3.969E+13	0	0	8.4387E+14	8.65835E+14	1.84992E+15	8.22188E+14	0
(Flujo - flujo esperado) de DTF	0	0	6.93432E+12	7.29E+12	7.29E+12	7.28833E+12	7.29E+12	6.93432E+12	6.93432E+12	6.93432E+12	7.29E+12	0	0	1.54997E+14	1.59031E+14	3.39782E+14	1.51014E+14	0
(Flujo-flujo esperado) * 0,3 de precio venta	0	0	1.13261E+13	1.1907E+13	1.1907E+13	1.19043E+13	1.1907E+13	1.13261E+13	1.13261E+13	1.13261E+13	1.1907E+13	0	0	2.53181E+14	2.59751E+14	5.54977E+14	2.46656E+14	0
(Flujo-flujo esperado) * 0,7 de DTF	0	0	4.85403E+12	5.103E+12	5.103E+12	5.10183E+12	5.103E+12	4.85403E+12	4.85403E+12	4.85403E+12	5.103E+12	0	0	1.08498E+14	1.11322E+14	2.37847E+14	1.0571E+14	0
Varianza para cada flujo	0	0	1.61801E+13	1.701E+13	1.701E+13	1.70061E+13	1.701E+13	1.61801E+13	1.61801E+13	1.61801E+13	1.701E+13	0	0	3.61659E+14	3.71072E+14	7.92824E+14	3.52366E+14	0
Desviación estandar para cada flujo	0	0	4.022.447	4.124.318	4.124.318	4.123.846	4.124.318	4.022.447	4.022.447	4.022.447	4.124.318	0	0	19.017.327	19.263.233	28.157.132	18.771.422	0

89

Cuando hay relación entre los flujos netos de caja , se procede al cálculo de las covarianzas así:

$$\rho(\text{flujo neto 2, flujo neto 3}) = \text{covarianza}(\text{flujo neto 2, flujo neto 3}) / (\sigma(\text{flujo neto 2}) \cdot \sigma(\text{flujo neto 3}))$$

Despejamos la covarianza y se obtiene:

$$\text{Covarianza}(\text{flujo neto 2, flujo neto 3}) = 0,8 * 4.022.447 * 1.32719E+13$$

Calculo de la varianza del VPN:

$$\sigma^2(\text{VPN}) = \sigma^2(\text{flujo neto 0}) + \sigma^2(\text{flujo neto 1}) / (1 + Ko)^2 + \sigma^2(\text{flujo neto 2}) / (1 + Ko)^3 + \dots + 2 \cdot \text{covarianza}(\text{flujo neto 2, flujo neto 3}) / (1 + Ko)^2 (1 + Ko)^3$$

Descripción	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	Mes 13	Mes 14	Mes 15	Mes 16	Mes 17
Factor de descuento (0,0118)	0	1,0237	1,0480	1,0729	1,0984	1,1245	1,1512	1,1785	1,2065	1,2351	1,2644	1,2944	1,3252	1,3566	1,3888	1,4218	1,4556	1,4901
Varianza flujo/ factor de descuento	0	0	1.54394E+13	1.58539E+13	1.54863E+13	1.51237E+13	1.47784E+13	1.37295E+13	1.34111E+13	1.31002E+13	1.34527E+13	0	0	2.66586E+14	2.67182E+14	5.57618E+14	2.42083E+14	0

$$2 * \text{covarianza}(\text{flujo neto 2, flujo neto 3}) / (1 + Ko)^2 (1 + Ko)^3 = 2.50316E+13$$

$$\text{VARIANZA VPN} = \sigma^2(\text{VPN}) = 1.48887E+15$$

$$\text{DESVIACION ESTANDAR VPN} = \sigma(\text{VPN}) = 38.585.918$$

Se llega así a la solución de que el rendimiento de este proyecto es de \$ 331.068.854 y el riesgo asociado al mismo es de \$ 38.585.918

Por tanto el COEFICIENTE DE VARIACIÓN se obtendrá , a modo de ratio que relacione la desviación estándar con el VPN esperado.

$$Cv = \sigma(\text{VPN}) / \text{VPN promedio}$$

$$Cv = 0,12$$

Fuente el autor

6. APLICACIÓN DE LAS OPCIONES REALES

Las opciones otorgan, el derecho de comprar o vender un activo, pero no obligan a ejercitar ese derecho. Por lo tanto implica algún valor. Las opciones de compra y venta otorgan a su poseedor el derecho, pero no la obligación de comprar o vender un activo a un precio determinado en una fecha determinada.

En las opciones financieras, el precio de ejercicio, su precio y plazo de vencimiento se definen en un contrato. En cambio, con las opciones reales, que se identifican con activos físicos, resultan claros el precio del ejercicio o el plazo del vencimiento, ya que se contratan previamente a cada operación.

6.1 PRINCIPALES TIPOS DE OPCIONES

6.1.1 Opciones financieras: hay dos tipos de opciones: las opciones de compra **call options** y las opciones de venta **put options**. Una opción de compra otorga a su propietario el derecho a comprar un activo determinado (ejemplo una acción) en una fecha determinada, a un precio determinado. La opción de venta da al propietario el derecho de vender un activo determinado en una fecha determinada a un precio determinado. Los compradores de una opción de compra sobre una acción querrán comprarla porque pueden pensar que la acción subirá de precio y de esa manera se asegurarán un precio determinado .

Los compradores de una opción de venta sobre una acción pueden pensar que ésta bajará de precio y quieren asegurarse también un precio especificado. El precio determinado en el contrato se conoce como precio

de ejercicio o **strike price** y éste puede ser inferior, igual o superior al precio de mercado en el momento de emitir la acción. Si la opción puede ejercerse solo al vencimiento se dice que es una opción europea; si puede ejercerse en cualquier momento hasta el vencimiento se trata de una opción americana.

6.1.2 Opciones de compra: un inversionista compra una opción de compra europea que le concede el derecho de comprar en la fecha de vencimiento una acción de la compañía “Finanzas S.A” con un precio de ejercicio de $X = \$ 100.000$.

El precio actual de las acciones es de $S = \$ 90.000$ y la fecha de vencimiento es dentro de tres meses, deberá pagarse por la opción una prima de \$ 5 000 por acción, resultando la inversión total de \$ 5.000.

Si el precio de la acción a la fecha de vencimiento es menor a \$ 100.000, el inversionista decidirá no ejercerla, pues no tendría sentido pagar \$ 100.000 por una mercancía que puede adquirirse por menor valor en el mercado. En este caso, el inversionista pierde \$ 5.000 que es lo que pagó por la opción. Pero si el precio de la acción a la fecha de vencimiento se situara por encima del valor de \$ 100.000, la opción se ejercería .

Resultado = precio acción (S) – precio de ejercicio (X) – precio de la opción (c)

Tabla 8. Ejemplo opciones de compra.

S	X	C	Resultado Neto
150.000	100.000	5.000	45.000
102.000	100.000	5.000	-3.000
90.000	100.000	5.000	-5.000
0	100.000	5.000	-5.000

Fuente el autor.

Del cuadro anterior, se puede deducir que cuando la acción supera el precio del ejercicio, aunque no se recupere lo que se pagó por la opción, se estará mejor ejercitándola que sin hacerlo (cuando la acción vale \$ 102.000, al ejercitarla se pierden \$ 3.000, no haciéndolo se pierden \$ 5.000).

La diferencia entre el precio de la acción y el precio de ejercicio, hace que a las opciones se las conozca con los nombres: **in the Money, at the Money, out of the Money**. Una opción in the Money (en dinero) es aquella que proporciona un flujo de efectivo positivo a su propietario en el caso de que sea ejercida inmediatamente. Las opciones cuando están at the Money (cuando el precio de la acción es igual o es muy cercano al precio de ejercicio) o out of the Money (fuera de dinero) proporcionan un flujo de efectivo igual a cero o negativo, respectivamente, si fueran ejercidas inmediatamente .

Out of the Money $S < X$

At the money $S = X$

In the money $S > X$

Cuando compramos una opción debemos renunciar hoy al dinero para comprarla. Luego debemos esperar para ver si al cabo del plazo de vencimiento (o durante éste en el caso de las opciones americanas) la opción acaba teniendo algún valor. Ese periodo de tiempo tiene un valor **time Premium** y representa un costo hundido que solo puede ser recuperado si la opción es ejercida con un beneficio.

6.1.3 Opciones de venta: las opciones de venta nos dan el derecho de vender una acción o un activo determinado a un precio de ejercicio . Se tiene una opción de venta para vender una acción de “Finanzas S.A “ a un precio de ejercicio $X = \$ 300.000$. El costo de la opción de venta es de \$50.000 por acción. La forma de calcular el resultado de la opción de venta

es lo contrario a como se calcula para la opción de compra: la opción de venta solamente tendrá valor cuando el precio de mercado de la acción sea inferior al precio del ejercicio, ya que en ese caso obtendremos una ganancia cuando vendamos por \$ 300.000 una mercancía cuyo precio de mercado es \$ 200.000. En cambio, si el precio de mercado de la acción es de \$ 400.000, nadie querrá vender la acción a \$ 300.000 y la opción expiraría sin ser ejercida. Por lo tanto, el resultado de la opción de venta en la fecha de vencimiento será igual al precio del ejercicio menos el precio del mercado de la acción y menos el precio pagado por la acción.

$$\text{Resultado} = X - S - p$$

Tabla 9. Ejemplo opciones de venta

X	S	p	Resultado Neto
300.000	100.000	50.000	150.000
300.000	200.000	50.000	50.000
300.000	300.000	50.000	-50.000
300.000	300.000	50.000	-50.000

Fuente el autor.

En las opciones de venta, la situación es inversa a la de las opciones de compra : la opción está “in the Money”, “at the Money” , “out of the Money” según el precio de la acción se encuentre por debajo, igual o por encima del precio de ejercicio.

En las ventas de CALL y PUT los resultados son exactamente los inversos, ya que lo que gana el vendedor es exactamente igual a lo que pierde el comprador y viceversa. Los compradores de las opciones de compra piensan que las acciones van a subir mientras que los vendedores de

dichas acciones piensan lo contrario. Al vencimiento (o durante el plazo hasta el vencimiento, en el caso de las opciones americanas) se conocen los verdaderos resultados para las partes.

6.2. FACTORES QUE DETERMINAN EL PRECIO DE UNA OPCIÓN

6.2.1 El precio de la acción (S): cuanto mayor es el precio de la acción, mayor es el valor de la opción de compra. Pues cuanto mayor sea la diferencia entre el precio de la acción y su precio de ejercicio, mayor será la ganancia que proporcionará la opción, tanto sea una opción de compra o de venta. Imagine que se compró una opción de compra europea sobre las acciones de “Finanzas S.A” con un precio de ejercicio de $X = \$ 100\,000$, cuando el precio de la acción se encontraba en $S = \$ 95\,000$. Si de repente el precio de la acción comienza a aumentar también aumentará el precio de la opción (c), pues la oportunidad de ejercerla es potencialmente cierta.

6.2.2 El precio de ejercicio (X): cuanto mayor sea el precio de ejercicio de una opción de compra, menor será el precio de la opción, puesto que será menor la posibilidad de que el precio de mercado de la acción supere el precio de ejercicio. Lo contrario se aplica para la opción de venta. Es por eso que las opciones cotizan con precios diferentes para precios de ejercicio distintos.

6.2.3 La volatilidad: cuanto mayor es la volatilidad (σ), más cara es la opción (tanto de compra como de venta) ya que a mayor variabilidad en el precio de la acción (S) la probabilidad de ejercerla en algún momento es mayor. La posibilidad de desechar los resultados desfavorables y tomar ventaja de los retornos favorables hacen más valiosas las opciones sobre activos riesgosos.

6.2.4 El tiempo de vida de la opción: el precio de la opción incluye un elemento temporal que tiende a disminuir conforme se aproxima la fecha en que expira el contrato de la opción, debido a que disminuyen las probabilidades que tiene el precio de mercado de superar el precio del ejercicio. De manera que, suponiendo que una opción de compra está por expirar y todavía el precio de la acción no alcanzó el precio de ejercicio, los chances de que lo haga son muy bajas, y por lo tanto el valor de la opción disminuirá. En el valor de la opción está contenido el premio por el tiempo (n), que es un valor que permite mantener el control sobre la situación: el poseedor de la opción puede esperar para ejercerla o dejar que expire, si no le conviene hacerlo.

6.2.5 La tasa de interés libre de riesgo : la adquisición de una opción de compra sobre una acción es equivalente a comprar la acción, pero financiando parte de la compra con deuda, pues se difiere la mayor parte del pago, esto es, el precio de ejercicio (X). El pago inicial vendrá dado por el costo de la opción (c) mientras que el pago diferido será el valor presente del precio de ejercicio (X) a la tasa de interés libre de riesgo. Por lo tanto, el precio actual de una acción cualquiera debiera ser igual a:

$$S = c + (X * e^{-a})$$

Suponiendo que el precio de ejercicio sea igual a \$ 100 000 y la tasa de interés libre de riesgo anual (a) sea del 5 %, tendríamos que el valor presente del precio de ejercicio calculado será :

$$100.000 * e^{-a} = 95.12 \quad \text{siendo } a = 0,05 \text{ y } e = 2,1718$$

Despejando c obtenemos el valor de la opción de compra, y observamos que cuanto más grande sea la tasa de interés, será menos el valor actual

el precio del ejercicio, y por tanto, mayor será la prima de la opción de compra.

$$c = S - (X * e^{-a})$$

Si aumenta	precio de la opción de compra	precio de la opción de venta
El precio de la acción	aumenta	disminuye
La tasa de interés	aumenta	disminuye
El tiempo hasta la expiración	aumenta	aumenta
La volatilidad del precio de la acción	aumenta	aumenta
El precio de ejercicio	disminuye	aumenta

en síntesis, el precio de las opciones es una función de cinco factores :

$$c = f (S, X, n, \sigma, a)$$

6.3 EJERCICIO DE LA OPCIÓN ANTES DE SU VENCIMIENTO

Las opciones americanas pueden ejercerse antes de su vencimiento. Una opción de compra conviene ejercerla antes del vencimiento, cuando el precio de la acción se encuentra suficientemente por encima del precio de ejercicio.

6.4 OPCIONES REALES: ANÁLISIS DEL MODELO DE BLACK – SCHOLES

Hagamos una comparación entre las variables que corresponden a una opción real sobre un proyecto de inversión y la opción de compra de una acción. Hagamos un paralelo entre las variables relacionadas con la opciones reales y las opciones financieras:

Las variables en la opción real sobre un proyecto de inversión son las siguientes:

- E = inversión requerida en el mes cero por el proyecto
- A = valor presente de los flujos de caja generado por el proyecto en el momento actual o mes cero (es el valor del activo)
- n = longitud del tiempo que se puede demorar la decisión de inversión
- σ = volatilidad del valor presente del proyecto
- a = tasa de descuento de la opción
- VPn = valor presente del proyecto en el momento "n" .
- VPN = valor presente neto del proyecto en el momento "n"
- c = valor de la opción real

Las variables en la opción de compra de una acción son las siguientes:

- X = la cantidad invertida es el precio de ejercicio de la opción (strike price) o sea el valor que doy o no por la acción o proyecto
- S = el valor del activo construido o adquirido es el precio del activo subyacente (precio de la acción) en el momento de hoy. Precio del mercado en el día de hoy.
- n = tiempo al ejercicio
- σ = volatilidad del precio de la opción
- a = tasa libre de riesgo
- Sn = precio de la acción en el momento del ejercicio (variable aleatoria) o precio del activo subyacente
- U = utilidad (variable aleatoria)
- c = valor de la opción o prima.

Para entender estas variables hagamos una relación con los conceptos teóricos que tienen que ver con lo que es una opción. Supongamos que el suscrito, el Sr. Humberto decide comprar una "opción de compra" o una **CALL** de Bancolombia. El precio actual de la acción o "precio del ejercicio" es de \$ 6.500. De acuerdo a los análisis históricos que ha

hecho, ha encontrado que la acción tiene una tendencia al alza. La acción **CALL** la adquiere a un mes. Transcurrido el mes, la acción ha subido el precio de \$ 7.000; el Sr Humberto, que ha comprado la acción **CALL** hace uso de su derecho y puede vender su acción a otra persona a \$ 7.000 ganándole \$ 500. Por la opción **CALL** ha pagado una prima de \$ 100, por tanto obtiene una utilidad neta de \$ 400.

En caso contrario: de que a pesar del estudio, el cual le demostraba que la acción crecería en su precio, se presentó una baja, al mes transcurrido, de \$5.500. El Sr Humberto no usa el derecho y por lo tanto no obtiene ninguna utilidad, pero como invirtió \$ 100 en la compra de la acción **CALL**, la utilidad neta es de - \$ 100, o sea pierde los \$ 100 pagados por la prima. Si se compra una **CALL**, obviamente debe existir una contraparte que vende una **CALL**.

Una opción real se asemeja mucho a una opción de compra europea de una acción, llamada compra de una **CALL**. La decisión de invertir o no en el proyecto, es análoga a la decisión de ejercer o no la opción financiera. De acuerdo a los comentarios anteriores, aplicamos la fórmula de Black-Scholes, la cual nos expresa el costo de la opción real o inversión:

$$c = AZ(d_1) - \left(\frac{E}{e^{an}}\right) Z(d_2)$$

La determinación de $Z(d_1)$ y $Z(d_2)$ se hace a través de las siguientes ecuaciones:

$$Z(d_1) = \left(\ln\left(\frac{A}{E}\right) + \left(a + \frac{\sigma^2}{2}\right)n \right) / \sigma \sqrt{n}$$

$$Z(d_2) = Z(d_1) - \sigma \sqrt{n}$$

Donde los significados de las variables son: ver Cuadro 3. Flujo de efectivo.

A es el valor presente (VP) de las utilidades y pérdidas, o sea, el valor presente de los flujos futuros generados por el proyecto, en este caso

$$A = \$ 802\,372\,780$$

E es la inversión inicial, es decir en el mes cero

$$E = \$ 401\,856\,434$$

El valor de "a" corresponde: $a = \ln(1 + i)$ donde "i" corresponde a la tasa libre de riesgo, o sea un Bono del Tesoro de EU a dos años, de 4,76 % E.A.

$$a = \ln(1 + 0,0488) = 0,0476$$

$$a = 4,76 \% E.A$$

El valor de σ corresponde a la volatilidad de la rentabilidad, que se obtiene mediante la determinación de la desviación estándar de la TIR ante los cambios en los precios de venta de las casas. Por tanto se hacen análisis de VPN para precios de venta de: \$ 140.000.000, \$ 150.000.000, \$ 160.000.000, \$ 180.000.000, \$ 200.000.000, \$ 220.000.000

El valor de n corresponde al tiempo durante el cual se ejecuta el proyecto, en este caso 17 meses o sea 1,41 años. El cálculo de σ , que corresponde a la volatilidad de la rentabilidad, se hace así: Se hizo una sensibilidad para los siguientes precios: para \$ 140.000.000 ver:

- Cuadro 10. Simulación para \$ 140.000.000 millones, obligaciones con el banco 4-140.
- Cuadro 11. Simulación para \$ 140.000.000 millones, intereses adeudados al banco 5-140.

- Cuadro 12. Simulación para \$ 140.000.000 millones, flujo de efectivo 6-140.

Para \$ 150.000.000 ver:

- Cuadro 13. Simulación para \$ 150.000.000 millones, obligaciones con el banco 4-150.
- Cuadro 14. Simulación para \$ 150.000.000 millones, intereses adeudados al banco 5-150.
- Cuadro 15. Simulación para \$ 150.000.000 millones, flujo de efectivo 6-150.

Para \$ 160.000.000 ver:

- Cuadro 16. Simulación para \$ 160.000.000 millones, obligaciones con el banco 4-160.
- Cuadro 17. Simulación para \$ 160.000.000 millones, intereses adeudados al banco 5-160.
- Cuadro 18. Simulación para \$ 160.000.000 millones, flujo de efectivo 6-160.

Para \$ 200.000.000 ver:

- Cuadro 19. Simulación para \$ 200.000.000 millones, obligaciones con el banco 4-200.
- Cuadro 20. Simulación para \$ 200.000.000 millones, intereses adeudados al banco 5-200.
- Cuadro 21. Simulación para \$ 200.000.000 millones, flujo de efectivo 6-200.

Para \$ 220.000.000 ver:

- Cuadro 22. Simulación para \$ 220.000.000 millones, obligaciones con el banco 4-220.
- Cuadro 23. Simulación para \$ 220.000.000 millones, intereses adeudados al banco 5-220.
- Cuadro 24. Simulación para \$ 220.000.000 millones, flujo de efectivo 6-220.

Cuadro 10. Simulación para \$ 140.000.000 millones, obligaciones con el banco 4-140

Descripción	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	Mes 13	Mes 14	Mes 15	Mes 16
Ingresos ventas cuotas iniciales 30 % (\$)	42.000.000	42.000.000	42.000.000	42.000.000	42.000.000	42.000.000	42.000.000	42.000.000	42.000.000	0	0	0	0	0	0
Reajuste venta casas \$ 5 millones cuotas iniciales 30%	0	0	0	0	1.500.000	1.500.000	1.500.000	1.500.000	1.500.000	0	0	0	0	0	0
Ingresos ventas desembolsos banco (\$)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	196.000.000	196.000.000	304.500.000	203.000.000
Ingresos desembolsos construcción préstamo banco (\$)	0	0	0	27.088.737	50.918.105	72.640.450	66.867.091	67.644.108	66.867.091	72.543.844	72.975.520	72.640.450	66.867.091	62.226.361	55.889.740
Total ingresos (\$)	42.000.000	42.000.000	42.000.000	69.088.737	94.418.105	116.140.450	110.367.091	111.144.108	110.367.091	72.543.844	72.975.520	268.640.450	262.867.091	366.726.361	258.889.740

Fuente el autor

80

Cuadro 11. Simulación para \$ 140.000.000 millones, intereses adeudados al banco 5-140

Interés efectivo anual cobrado al constructor	16,90%
Interés efectivo mensual cobrado al constructor	0,0131

Descripción	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	Mes 13	Mes 14	Mes 15	Mes 16
Ingresos desembolsos construcción préstamo del banco (\$)	27.088.737	50.918.105	72.640.450	66.867.091	67.644.108	66.867.091	72.543.844	72.975.520	72.640.450	66.867.091	62.226.361	55.889.740
Capital deuda acumulado (\$)	27.088.737	78.006.842	150.647.292	217.514.383	285.158.491	352.025.582	424.569.426	497.544.946	570.185.396	374.185.396	178.185.396	0
Abono parcial subrogación (\$)	0	0	0	0	0	0	0	0	196.000.000	196.000.000	304.500.000	203.000.000
Saldo deuda (\$)	27.088.737	78.006.842	150.647.292	217.514.383	285.158.491	352.025.582	424.569.426	497.544.946	374.185.396	178.185.396	0	0
Saldo a favor (\$)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-126.314.604	-147.110.260
Intereses causados (\$)	354.862	1.021.890	1.973.480	2.849.438	3.735.576	4.611.535	5.561.859	6.517.839	4.901.829	2.334.229	0	0

Fuente el autor

Cuadro 12. Simulación para \$ 140.000.000 millones, flujo de efectivo 6-140

Descripción	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	Mes 13	Mes 14	Mes 15	Mes 16	Mes 17
Ingresos obtenidos (\$)	-	0	42.000.000	42.000.000	42.000.000	69.088.737	94.418.105	116.140.450	110.367.091	111.144.108	110.367.091	72.543.844	72.975.520	268.640.450	262.867.091	366.726.361	258.889.740	0
Menos egresos diversos (\$)	-	40.618.924	30.711.989	55.627.837	77.381.054	80.692.135	111.927.245	106.153.886	102.533.343	102.846.214	121.697.519	123.935.295	112.997.572	92.243.561	87.602.831	64.723.149	41.919.531	25.376.480
Menos intereses (\$)	-	0	0	0	0	354.862	1.021.890	1.973.480	2.849.438	3.735.576	4.611.535	5.561.859	6.517.839	4.901.829	2.334.229	0	0	0
UAI utilidad antes impuestos	-	-40.618.924	11.288.011	-13.627.837	-35.381.054	-11.958.260	-18.531.030	8.013.084	4.984.310	4.562.318	-15.941.963	-56.953.310	-46.539.891	171.495.060	172.930.031	302.003.212	216.970.209	-25.376.480
Menos impuesto mensual (\$) 0,0247	-	0	278.814	0	0	0	0	197.923	123.112	112.689	0	0	0	4.235.928	4.271.372	7.459.479	5.359.164	0
Utilidad neta (\$)	-	-40.618.924	11.009.197	-13.627.837	-35.381.054	-11.958.260	-18.531.030	7.815.161	4.861.198	4.449.629	-15.941.963	-56.953.310	-46.539.891	167.259.132	168.658.659	294.543.733	211.611.045	-25.376.480
Valor presente cada valor (\$)	-	1,0118	1,0237	1,0358	1,048	1,0604	1,0729	1,0856	1,0984	1,1114	1,1245	1,1377	1,1512	1,1647	1,1785	1,1924	1,2065	1,2207
Tasa mensual (0,0118)	-401.856.434	-40.145.211	10.754.320	-13.156.823	-33.760.548	-11.277.122	-17.271.908	7.198.932	4.425.708	4.003.625	-14.176.935	-50.060.042	-40.427.285	143.607.051	143.112.990	247.017.555	175.392.495	-20.788.466

Valor presente (\$)	494.448.337
Inversión capital (\$)	-401.856.434
Valor presente neto (\$) VPN	92.591.903
Tasa interna retorno mensual TIR	1%

Fuente el autor

181

Cuadro 13. Simulación para \$ 150.000.000 millones, obligaciones con el banco 4-150

Descripción	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	Mes 13	Mes 14	Mes 15	Mes 16
Ingresos ventas cuotas iniciales 30 % (\$)	45.000.000	45.000.000	45.000.000	45.000.000	45.000.000	45.000.000	45.000.000	45.000.000	45.000.000	0	0	0	0	0	0
Reajuste venta casas cuotas iniciales 30%	0	0	0	0	1.500.000	1.500.000	1.500.000	1.500.000	1.500.000	0	0	0	0	0	0
Ingresos ventas desembolsos banco (\$)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	210.000.000	210.000.000	325.500.000	217.000.000
Ingresos desembolsos construcción préstamo banco (\$)	0	0	0	27.088.737	50.918.105	72.640.450	66.867.091	67.644.108	66.867.091	72.543.844	72.975.520	72.640.450	66.867.091	62.226.361	55.889.740
Total ingresos (\$)	45.000.000	45.000.000	45.000.000	72.088.737	97.418.105	119.140.450	113.367.091	114.144.108	113.367.091	72.543.844	72.975.520	282.640.450	276.867.091	387.726.361	272.889.740

Fuente el autor

Cuadro 14. Simulación para \$ 150.000.000 millones, intereses adeudados al banco 5-150

Interés efectivo anual cobrado al constructor	16.90%
Interés efectivo mensual cobrado al constructor	0,0131

Descripción	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	Mes 13	Mes 14	Mes 15	Mes 16
Ingresos desembolsos construcción préstamo del banco (\$)	27.088.737	50.918.105	72.640.450	66.867.091	67.644.108	66.867.091	72.543.844	72.975.520	72.640.450	66.867.091	62.226.361	55.889.740
Capital deuda acumulado (\$)	27.088.737	78.006.842	150.647.292	217.514.383	285.158.491	352.025.582	424.569.426	497.544.946	570.185.396	360.185.396	217.052.487	0
Abono parcial subrogación (\$)	0	0	0	0	0	0	0	0	210.000.000	210.000.000	325.500.000	217.000.000
Saldo deuda (\$)	27.088.737	78.006.842	150.647.292	217.514.383	285.158.491	352.025.582	424.569.426	497.544.946	360.185.396	217.052.487	0	0
Saldo a favor (\$)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-46.221.152	-161.110.260
Intereses causados (\$)	354.862	1.021.890	1.973.480	2.849.438	3.735.576	4.611.535	5.561.859	6.517.839	4.718.429	2.843.388	0	0

Fuente el autor

82

Cuadro 15. Simulación para \$ 150.000.000 millones, flujo de efectivo 6-150

Descripción	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	Mes 13	Mes 14	Mes 15	Mes 16	Mes 17
Ingresos obtenidos (\$)	-	0	45.000.000	45.000.000	45.000.000	72.088.737	97.418.105	119.140.450	113.367.091	114.144.108	113.367.091	72.543.844	72.975.520	282.640.450	276.867.091	387.726.361	272.889.740	0
Menos egresos diversos (\$)	-	40.618.924	30.711.989	55.627.837	77.381.054	80.892.135	111.927.245	106.153.886	102.533.343	102.846.214	121.697.519	123.935.295	112.997.572	92.243.561	87.602.831	64.723.149	41.919.531	25.376.480
Menos intereses (\$)	-	0	0	0	0	354.862	1.021.890	1.973.480	2.849.438	3.735.576	4.611.535	5.561.859	6.517.839	4.718.429	2.843.388	0	0	0
UAI utilidad antes impuestos	-	-40.618.924	14.288.011	-10.627.837	-32.381.054	-8.958.260	-15.531.030	11.013.084	7.984.310	7.562.318	-12.941.963	-56.953.310	-46.539.891	185.678.460	186.420.872	323.003.212	230.970.209	-25.376.480
Menos impuesto mensual (\$)	-	0	352.914	0	0	0	0	272.023	197.212	186.789	0	0	0	4.586.258	4.604.596	7.978.179	5.704.964	0
0,0247	-	-40.618.924	13.935.097	-10.627.837	-32.381.054	-8.958.260	-15.531.030	10.741.061	7.787.098	7.375.529	-12.941.963	-56.953.310	-46.539.891	181.092.202	181.816.276	315.025.033	225.265.245	-25.376.480
Utilidad neta (\$)	-	-40.618.924	13.935.097	-10.627.837	-32.381.054	-8.958.260	-15.531.030	10.741.061	7.787.098	7.375.529	-12.941.963	-56.953.310	-46.539.891	181.092.202	181.816.276	315.025.033	225.265.245	-25.376.480
Valor presente cada valor (\$)	-	1,012	1,024	1,036	1,048	1,060	1,073	1,086	1,098	1,111	1,125	1,138	1,151	1,165	1,179	1,192	1,207	1,221
Tasa mensual (0,0118)	-401.856.434	-40.145.211	13.611.960	-10.260.319	-30.897.952	-8.448.001	-14.475.748	8.894.124	7.089.492	6.636.250	-11.509.082	-50.060.042	-40.427.285	155.483.989	154.277.706	264.194.090	186.709.693	-20.788.466

Valor presente (\$)	570.885.197
Inversión capital (\$)	- 401.856.434
Valor presente neto (\$) VPN	169.028.763
Tasa interna retorno mensual TIR	2%

Fuente el autor

Cuadro 16. Simulación para \$ 160.000.000 millones, obligaciones con el banco 4-160

Descripcion	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	Mes 13	Mes 14	Mes 15	Mes 16
Ingresos ventas cuotas iniciales 30 % (\$)	48.000.000	48.000.000	48.000.000	48.000.000	48.000.000	48.000.000	48.000.000	48.000.000	48.000.000	0	0	0	0	0	0
Reajuste venta casas \$ 5 millones cuotas iniciales 30%	0	0	0	0	1.500.000	1.500.000	1.500.000	1.500.000	1.500.000	0	0	0	0	0	0
Ingresos veritas desembolsos banco (\$)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	224.000.000	224.000.000	346.500.000	231.000.000
Ingresos desembolsos construcción préstamo banco (\$)	0	0	0	27.088.737	50.918.105	72.640.450	66.867.091	67.644.108	66.867.091	72.543.844	72.975.520	72.640.450	66.867.091	62.226.361	55.889.740
Total ingresos (\$)	48.000.000	48.000.000	48.000.000	75.088.737	100.418.105	122.140.450	116.367.091	117.144.108	116.367.091	72.543.844	72.975.520	296.640.450	290.867.091	408.726.361	286.889.740

Fuente el autor

83

Cuadro 17. Simulación para \$ 160.000.000 millones, intereses adeudados al banco 5-160

Interés efectivo anual cobrado al constructor	16.90%
Interés efectivo mensual cobrado al constructor	0,0131

Descripcion	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	Mes 13	Mes 14	Mes 15	Mes 16
Ingresos desembolsos construcción préstamo del banco (\$)	27.088.737	50.918.105	72.640.450	66.867.091	67.644.108	66.867.091	72.543.844	72.975.520	72.640.450	66.867.091	62.226.361	55.889.740
Capital deuda acumulado (\$)	27.088.737	78.006.842	150.647.292	217.514.383	285.158.491	352.025.582	424.569.426	497.544.946	570.185.396	346.185.396	122.185.396	0
Abono parcial subrogación (\$)	0	0	0	0	0	0	0	0	224.000.000	224.000.000	346.500.000	231.000.000
Saldo deuda (\$)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-224.314.604	-175.110.260
Saldo a favor (\$)	27.088.737	78.006.842	150.647.292	217.514.383	285.158.491	352.025.582	424.569.426	497.544.946	346.185.396	122.185.396	0	0
Intereses causados (\$)	354.862	1.021.890	1.973.480	2.849.438	3.735.576	4.611.535	5.561.859	6.517.839	4.535.029	1.600.629	0	0

Fuente el autor

Cuadro 18. Simulación para \$ 160.000.000 millones, flujo de efectivo 6-160

Descripción	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	Mes 13	Mes 14	Mes 15	Mes 16	Mes 17
Ingresos obtenidos (\$)	-	0	48.000.000	48.000.000	48.000.000	75.088.737	100.418.105	122.140.450	116.367.091	117.144.108	116.367.091	72.543.844	72.975.520	296.640.450	290.867.091	408.726.361	286.889.740	0
Menos egresos diversos (\$)	-	40.618.924	30.711.989	55.627.837	77.381.054	80.692.135	111.927.245	106.153.886	102.533.343	102.846.214	121.697.519	123.935.295	112.997.572	92.243.561	87.602.831	64.723.149	41.919.531	25.376.480
Menos intereses (\$)	-	0	0	0	0	354.862	1.021.890	1.973.480	2.849.438	3.735.576	4.611.535	5.561.859	6.517.839	4.535.029	1.600.629	0	0	0
UAI utilidad antes impuestos	-	-40.618.924	17.288.011	-7.627.837	-29.381.054	-5.958.260	-12.531.030	14.013.084	10.984.310	10.562.318	-9.941.963	-56.953.310	-46.539.891	199.861.860	201.663.631	344.003.212	244.970.209	-25.376.480
Menos impuesto mensual (\$) 0,0247	-	0	427.014	0	0	0	0	346.123	271.312	260.889	0	0	0	4.936.588	4.981.092	8.496.879	6.050.764	0
Utilidad neta (\$)	-	-40.618.924	16.860.997	-7.627.837	-29.381.054	-5.958.260	-12.531.030	13.666.961	10.712.998	10.301.429	-9.941.963	-56.953.310	-46.539.891	194.925.272	196.682.539	335.506.333	238.919.445	-25.376.480
Valor presente cada valor (\$)	-	1,012	1,024	1,036	1,048	1,060	1,073	1,086	1,098	1,111	1,125	1,138	1,151	1,165	1,179	1,192	1,207	1,221
Tasa mensual (0,0118)	-401.856.434	-40.145.211	16.470.643	-7.364.199	-28.035.357	-5.618.880	-11.679.588	12.589.315	9.753.275	9.268.876	-8.841.230	-50.060.042	-40.427.285	167.360.927	166.892.269	281.370.625	198.026.892	-20.788.466

Valor presente (\$)	648.772.565
Inversión capital (\$)	-401.856.434
Valor presente neto (\$) VPN	246.916.131
Tasa interna retorno mensual TIR	3%

Fuente el autor

84

Cuadro 19. Simulación para \$ 200.000.000 millones, obligaciones con el banco 4-200

Descripción	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	Mes 13	Mes 14	Mes 15	Mes 16
Ingresos ventas cuotas iniciales 30% (\$)	60.000.000	60.000.000	60.000.000	60.000.000	60.000.000	60.000.000	60.000.000	60.000.000	60.000.000	0	0	0	0	0	0
Reajuste venta casas \$ 5 millones cuotas iniciales 30%	0	0	0	0	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	0	0	0	0	0	0
Ingresos ventas desembolsos banco (\$)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	280.000.000	280.000.000	441.000.000	294.000.000
Ingresos desembolsos construcción préstamo banco (\$)	0	0	0	27.088.737	50.918.105	72.640.450	66.867.091	67.644.108	66.867.091	72.543.844	72.975.520	72.640.450	66.867.091	62.226.361	55.889.740
Total ingresos (\$)	60.000.000	60.000.000	60.000.000	87.088.737	113.918.105	135.640.450	129.867.091	130.644.108	129.867.091	72.543.844	72.975.520	352.640.450	346.867.091	503.226.361	349.889.740

Fuente el autor

Cuadro 20. Simulación para \$ 200.000.000 millones, intereses adeudados al banco 5-200

Interés efectivo anual cobrado al constructor	16.90%
Interés efectivo mensual cobrado al constructor	0,0131

Descripcion	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	Mes 13	Mes 14	Mes 15	Mes 16
Ingresos desembolsos construcción préstamo del banco (\$)	27.088.737	50.918.105	72.640.450	66.867.091	67.644.108	66.867.091	72.543.844	72.975.520	72.640.450	66.867.091	62.226.361	55.889.740
Capital deuda acumulado (\$)	27.088.737	78.006.842	150.647.292	217.514.383	285.158.491	352.025.582	424.569.426	497.544.946	570.185.396	290.185.396	77.052.487	0
Abono parcial subrogación (\$)	0	0	0	0	0	0	0	0	280.000.000	280.000.000	441.000.000	294.000.000
Saldo deuda (\$)	27.088.737	78.006.842	150.647.292	217.514.383	285.158.491	352.025.582	424.569.426	497.544.946	290.185.396	77.052.487	0	0
Saldo a favor (\$)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-301.721.152	-238.110.260
Intereses causados (\$)	354.862	1.021.890	1.973.480	2.849.438	3.735.576	4.611.535	5.561.859	6.517.839	3.801.429	1.009.388	0	0

85

Fuente el autor

Cuadro 21. Simulación para \$ 200.000.000 millones, flujo de efectivo 6-200

Descripcion	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	Mes 13	Mes 14	Mes 15	Mes 16	Mes 17
ingresos obtenidos	-	0	60.000.000	60.000.000	60.000.000	87.088.737	113.918.105	135.640.450	129.867.091	130.844.108	129.867.091	72.543.844	72.975.520	352.640.450	346.867.091	503.226.361	349.889.740	0
menos egresos diversos	-	40.618.924	30.711.989	55.627.837	77.381.054	80.692.135	111.927.245	106.153.886	102.533.343	102.846.214	121.697.519	123.935.295	112.997.572	92.243.561	87.602.831	64.723.149	41.919.531	25.376.480
menos intereses	-	0	0	0	0	354.862	1.021.890	1.973.480	2.849.438	3.735.576	4.611.535	5.561.859	6.517.839	3.801.429	1.009.388	0	0	0
UAI utilidad antes impuesto	-	-40.618.924	29.288.011	4.372.163	-17.381.054	6.041.740	968.970	27.513.084	24.484.310	24.062.318	3.558.037	-56.953.310	-46.539.891	256.595.460	258.254.872	438.503.212	307.970.209	-25.376.480
menos impuesto mensual 0,0247	-	0	723.414	107.992	0	149.231	23.934	679.573	604.762	594.339	87.884	0	0	6.337.908	6.378.895	10.831.029	7.606.864	0
utilidad neta	-	-40.618.924	28.564.597	4.264.171	-17.381.054	5.892.509	945.036	26.833.511	23.879.548	23.467.979	3.470.153	-56.953.310	-46.539.891	250.257.552	251.875.977	427.672.183	300.363.345	-25.376.480
valor presente cada valor	-	1,012	1,024	1,036	1,048	1,060	1,073	1,086	1,098	1,111	1,125	1,138	1,151	1,165	1,179	1,192	1,207	1,221
Tasa mensual (0,0118)	-401.856.434	-40.145.211	27.903.289	4.116.790	-16.584.975	5.556.874	880.824	24.717.678	21.740.302	21.115.691	3.085.952	-50.060.042	-40.427.285	214.868.680	213.725.903	358.665.031	248.954.285	-20.788.466

Valor presente (\$)	977.751.147
Inversión capital (\$)	-401.856.434
Valor presente neto (\$) VPN	575.894.713 €
Tasa interna retorno mensual TIR	6%

Fuente el autor

Cuadro 22. Simulación para \$ 220.000.000 millones, obligaciones con el banco 4-220

Descripción	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	Mes 13	Mes 14	Mes 15	Mes 16
Ingresos ventas cuotas iniciales 30% (\$)	66.000.000	66.000.000	66.000.000	66.000.000	66.000.000	66.000.000	66.000.000	66.000.000	66.000.000	0	0	0	0	0	0
Reajuste venta casas \$ 10 millones cuotas iniciales 30%	0	0	0	0	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	0	0	0	0	0	0
Ingresos ventas desembolsos banco (\$)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	308.000.000	308.000.000	504.000.000	336.000.000
Ingresos desembolsos construcción préstamo banco (\$)	0	0	0	27.088.737	50.918.105	72.640.450	66.867.091	67.644.108	66.867.091	72.543.844	72.975.520	72.640.450	66.867.091	62.226.361	55.889.740
Total ingresos (\$)	66.000.000	66.000.000	66.000.000	93.088.737	119.918.105	141.640.450	135.867.091	136.644.108	135.867.091	72.543.844	72.975.520	380.640.450	374.867.091	566.226.361	391.889.740

Fuente el autor

∞

Cuadro 23. Simulación para \$ 220.000.000 millones, intereses adeudados al banco 5-220.

Interés efectivo anual cobrado al constructor	16.90%
Interés efectivo mensual cobrado al constructor	0,0131

Descripción	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	Mes 13	Mes 14	Mes 15	Mes 16
Ingresos desembolsos construcción préstamo del banco (\$)	27.088.737	50.918.105	72.640.450	66.867.091	67.644.108	66.867.091	72.543.844	72.975.520	72.640.450	66.867.091	62.226.361	55.889.740
Capital deuda acumulado (\$)	27.088.737	78.006.842	150.647.292	217.514.383	285.158.491	352.025.582	424.569.426	497.544.946	570.185.396	262.185.396	0	0
Abono parcial subrogación (\$)	0	0	0	0	0	0	0	0	308.000.000	308.000.000	504.000.000	336.000.000
Saldo deuda (\$)	27.088.737	78.006.842	150.647.292	217.514.383	285.158.491	352.025.582	424.569.426	497.544.946	262.185.396	0	0	0
Saldo a favor (\$)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-45.814.604	-441.773.639	-280.110.260
Intereses causados (\$)	354.862	1.021.890	1.973.480	2.849.438	3.735.576	4.611.535	5.561.859	6.517.839	3.434.629	0	0	0

Fuente el autor

Cuadro 24. Simulación para \$ 220.000.000 millones, flujo de efectivo 6-220

Descripción	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	Mes 13	Mes 14	Mes 15	Mes 16	Mes 17
ingresos obtenidos (\$)	-	0	66.000.000	66.000.000	66.000.000	93.088.737	119.918.105	141.640.450	135.867.091	136.644.108	135.867.091	72.543.844	72.975.520	380.640.450	374.867.091	566.226.361	391.889.740	0
menos egresos diversos (\$)	-	40.618.924	30.711.989	55.627.837	77.381.054	80.692.135	111.927.245	106.153.886	102.533.343	102.846.214	121.697.519	123.935.295	112.997.572	92.243.561	87.602.831	64.723.149	41.919.531	25.376.480
menos intereses (\$)	-	0	0	0	0	354.862	1.021.890	1.973.480	2.849.438	3.735.576	4.611.535	5.561.859	6.517.839	3.434.629	0	0	0	0
UAI utilidad antes impuestos	-	-40.618.924	35.288.011	10.372.163	-11.381.054	12.041.740	6.968.970	33.513.084	30.484.310	30.062.318	9.568.037	-56.953.310	-46.539.891	284.962.260	287.264.260	501.503.212	349.970.209	-25.376.480
menos impuesto mensual 0,0247	-	0	416.399	122.392	0	297.431	172.134	827.773	752.962	742.539	236.084	0	0	7.038.568	7.095.427	12.387.129	8.644.264	0
utilidad neta (\$)	-	-40.618.924	34.871.612	10.249.771	-11.381.054	11.744.309	6.796.836	32.685.311	29.731.348	29.319.779	9.321.953	-56.953.310	-46.539.891	277.923.692	280.168.833	489.116.083	341.325.945	-25.376.480
valor presente cada valor (\$)	-	1,0118	1,0237	1,0358	1,048	1,0604	1,0729	1,0856	1,0984	1,1114	1,1245	1,1377	1,1512	1,1647	1,1785	1,1924	1,2065	1,2207
tasa mes	-401.856.434	-40.145.211	34.064.289	9.895.512	-10.859.784	11.075.357	6.335.014	30.108.061	27.067.869	26.380.942	8.289.865	-50.060.042	-40.427.285	238.622.557	237.733.418	410.194.635	282.905.881	-20.788.466

Valor presente (\$)	1.160.392.611
inversión capital (\$)	-401.856.434
Valor presente neto (\$) VPN	758.536.177
Tasa interna retorno mensual TIR	8%

87

Fuente el autor

Precio de venta de una casa de \$ 140.000.000, se obtuvo una TIR = 1 %
 Precio de venta de una casa de \$ 150.000.000, se obtuvo una TIR = 2 %
 Precio de venta de una casa de \$ 160.000.000, se obtuvo una TIR = 3 %
 Precio de venta de una casa de \$ 180.000.000, se obtuvo una TIR = 5 %
 Precio de venta de una casa de \$ 200.000.000, se obtuvo una TIR = 6 %
 Precio de venta de una casa de \$ 220.000.000, se obtuvo una TIR = 8 %
 Consideramos los seis resultados anteriores como una muestra con los siguientes datos:

N = tamaño muestral = 6 datos

s = desviación estándar muestral = 2,668 %

X = TIR media muestral = 4,166 % (mensual) para un precio de venta promedio de \$ 175.000.000.

$\sigma^{\wedge} = \sigma / \sqrt{N} = s / \sqrt{N}$ donde σ^{\wedge} es la desviación estándar o también llamado error estándar de la media, para una población infinita. El valor de σ es la desviación estándar de la población, la cual se “estima” igual a la muestral “s”. A la fórmula anterior no se le afecta del factor “multiplicador de población finita” ya que la población de compradores es infinita. Aplicando la anterior fórmula obtenemos un error estándar estimado de la media de 1,089 % mensual que equivale a una tasa anual efectiva 13,88 %.

Reemplazando valores en la fórmula de “d₁”:

$$\left(\ln \left(\frac{802.372.780}{401.856.434} \right) + (0,0476 + 0,1388^2 / 2) * 1,4167 \right) / 0,1388 \sqrt{1,4167}$$

Esta fórmula nos da el valor de d₁ = 4,301 que corresponde a un número de desviaciones estándar “z” cuya probabilidad es Z (d₁) = 0,99997 o 99,997 % .

Reemplazando valores en la fórmula de “d₂”:

$$4,4301 - 0,1388 \sqrt{1,4167} = 4,2649$$

Esta fórmula nos da el valor de $d_2 = 4,2649$ que corresponde a un número de desviaciones estándar “ z “ cuya probabilidad es $Z (d_2) = 0,99997$ o 99,997%

Reemplazando valores en la fórmula , se obtiene : \$ 426.592.112 , este valor representa el valor de la opción “ c “ , que agregaría un valor adicional al VPN del proyecto , a causa de la volatilidad de la rentabilidad de la inversión .

Por tanto el valor presente neto total del proyecto sería:

VPN = valor presente neto del proyecto + valor opción

$$\text{VPN} = 400.516.346 + 426.592.112 = \$ 827.108.458$$

7. APLICACIÓN DE LA SIMULACIÓN

Se utilizará el sistema de información Crystal Ball de Oracle. Se tendrá una distribución triangular para el precio de venta, de modo que la variación entre 140 millones y 180 millones tenga una probabilidad de ocurrencia del 50 % y la variación entre 180 millones y 220 millones tenga una probabilidad de ocurrencia del 50 %.

Así mismo, se tendrá una distribución normal, para la variación del DTF, para una media de 9,145 % E. A y una desviación estándar de 0,167529 % E. A para la población. Se hicieron 10.000 iteraciones para la TIR y 10000 iteraciones para el VPN.

Observamos los resultados en el Cuadro 25. Simulación y en los reportes que arroja el programa Crystal Ball, Ver Tabla 10. Datos Generales, Tabla 11. Distribución triangular precio de venta, Grafico 6. Distribución triangular precio de venta, Tabla 12. Distribución normal DTF, Grafico 7. Distribución normal DTF, Tabla 13. Resumen TIR Forecast, Grafico 8. Distribución normal TIR, Tabla 14. Estadísticas TIR forecast, Tabla 15. Percentiles TIR forecast, Tabla 16. Resumen VPN forecast, Grafico 9. Distribución normal VPN, Tabla 17. Estadísticas VPN forecast, Tabla 18. Percentiles VPN forecast.

Cuadro 25 Simulación

Precio de venta (distribución triangular)	
Valor menor	140.000.000
Valor probable	180.000.000
Valor mayor	220.000.000

DTF (distribución normal)	
Media	9,145
Desviación estandar	0,167529

Valores asumidos	
Precio de venta	180.000.000
DTF	9,145

Datos	
Interés que cobra el banco mensualmente al constructor	0,0131
Tasa de impuesto tributario mensual	0,0247
Tasa de descuento para recursos propios (Kp) E A	12,445
Costo capital medio ponderado (Ko) E A	14,8800
Costo capital medio ponderado (Ko) mensual	1,1620

16

Descripción	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	Mes 13	Mes 14	Mes 15	Mes 16	Mes 17
Ingresos ventas cuotas iniciales 30%	0	0	54.000.000	54.000.000	54.000.000	54.000.000	54.000.000	54.000.000	54.000.000	54.000.000	54.000.000	0	0	0	0	0	0	0
Ingresos ventas desembolsos banco	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	252.000.000	252.000.000	378.000.000	252.000.000	0
Ingresos desembolsos construcción préstamo banco	0	0	0	0	0	27.088.737	50.918.105	72.640.450	66.867.091	67.644.108	66.867.091	72.543.844	72.975.520	72.640.450	66.867.091	62.226.361	55.889.740	0
Intereses causados	0	0	0	0	0	-354.862	-1.021.890	-1.973.480	-2.849.438	-3.735.576	-4.611.535	-5.561.859	-6.517.839	-4.168.229	-1.742.988	0	0	0
Egresos diversos	0	-40.618.924	-30.711.989	-55.627.837	-77.381.054	-80.692.135	-111.927.245	-106.153.898	-102.533.343	-102.846.214	-121.697.519	-123.935.295	-112.997.572	-92.243.561	-87.602.831	-64.723.149	-41.919.531	-25.376.480
Utilidad antes de impuestos. UAI	0	-40.618.924	23.288.011	-1.627.837	-23.381.054	41.740	-8.031.030	18.513.084	15.484.310	15.062.318	-5.441.963	-56.953.310	-46.539.891	228.228.680	229.521.272	375.503.212	265.970.209	-25.376.480
Impuesto tributario	0	0	-575.214	0	0	-1.031	0	-457.273	-382.462	-372.039	0	0	0	-5.637.248	-5.669.175	-9.274.929	-6.569.464	0
UTILIDAD NETA	0	-40.618.924	22.712.797	-1.627.837	-23.381.054	40.709	-8.031.030	18.055.811	15.101.847	14.690.279	-5.441.963	-56.953.310	-46.539.891	222.591.412	223.852.097	366.228.283	259.400.745	-25.376.480
Valor presente cada valor	-401.856.434	-40.152.354	22.194.012	-1.572.384	-22.325.154	38.424	-7.493.191	16.653.103	13.768.633	13.239.554	-4.848.211	-50.156.532	-40.515.059	191.549.982	190.422.153	307.957.494	215.621.821	-20.851.412

Valor presente	783.530.879
Inversión capital	-401.856.434
VALOR PRESENTE NETO	381.674.445
TASA INTERNA RETORNO TIR	4,4%

Fuente el autor

7.1 REPORTES DEL PROGRAMA CRYSTAL BALL

Crystal Ball Report – Full

Simulation started on 7/20/2009 at 19:47:25

Simulation stopped on 7/20/2009 at 19:47:37

Tabla 10. Datos generales

General Data	
Run preferences:	
Number of trials run	10.000
Monte Carlo	
Seed	999
Run statistics:	
Total running time (sec)	12,59
Trials/second (average)	794
Random numbers per sec	1.589
Crystal Ball data:	
Assumptions	2
Correlations	0
Correlated groups	0
Decision variables	0
Forecasts	2

Fuente Crystal Ball Report, el autor

7.1.1 ASSUMPTIONS

Assumptions

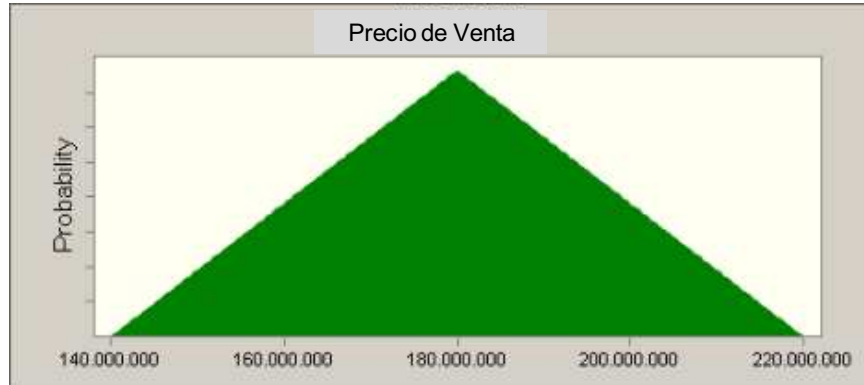
Worksheet: Cuadro 25. Simulación.xls

Tabla 11. Distribución triangular precio de venta

Assumption Precio de venta	
Triangular distribution with parameters:	
Minimum	140.000.000
Likeliest	180.000.000
Maximum	220.000.000

Fuente Crystal Ball Report, el autor

Grafico 6. Distribución Triangular precio de venta



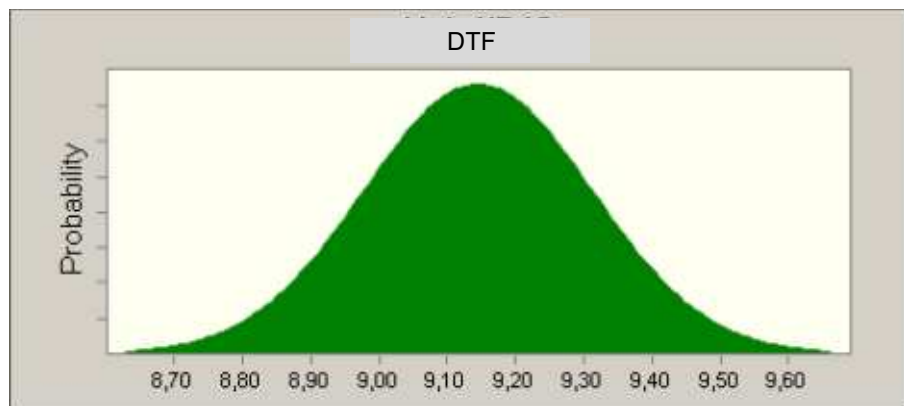
Fuente Crystal Ball Report, el autor

Tabla 12. Distribución normal DTF.

Assumption DTF	
Normal distribution with parameters:	
Mean	9,15
Std. Dev.	0,17

Fuente Crystal Ball Report, el autor

Grafico 7. Distribución normal DTF



Fuente Crystal Ball Report, el autor

7.1.2 FORECAST

Forecast

Worksheet: Cuadro 25. Simulación.xls

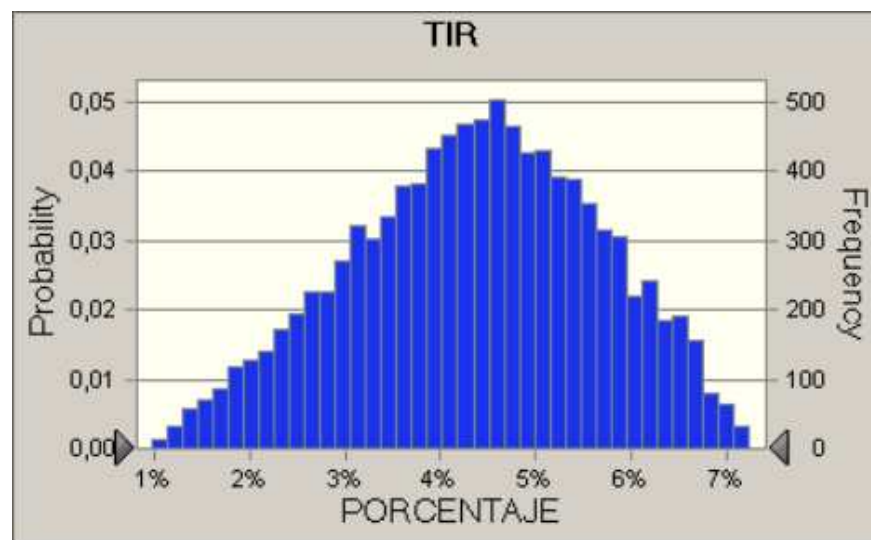
- **TIR Forecast**

Tabla 13. Resumen TIR Forecast

TIR Forecast Summary:	
Entire range is from	1% to 7%
Base case is	4%
After 10.000 trials, the std. error of the mean is	0%

Fuente Crystal Ball Report, el autor

Grafico 8. Distribución normal TIR



Fuente Crystal Ball Report, el autor

Tabla 14. Estadísticas TIR Forecast

TIR Forecast	
Statistics:	Forecast values
Trials	10.000
Mean	4%
Median	4%
Mode	---
Standard Deviation	1%
Variance	0%
Skewness	-0,1712
Kurtosis	2,43
Coeff. of Variability	0,2967
Minimum	1%
Maximum	7%
Range Width	6%
Mean Std. Error	0%

Fuente Crystal Ball Report, el autor

Tabla 15. Percentiles TIR Forecast

TIR Forecast	
Percentiles:	Forecast values
0%	1%
10%	3%
20%	3%
30%	4%
40%	4%
50%	4%
60%	5%
70%	5%
80%	6%
90%	6%
100%	7%

Fuente Crystal Ball Report, el autor

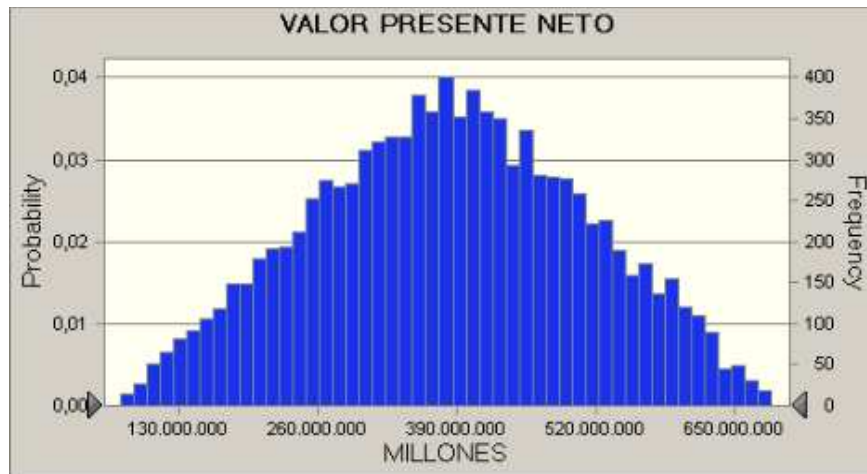
- **VPN Forecast**

Tabla 16. Resumen VPN Forecast

VPN Forecast Summary:	
Entire range is from	75.681.431 to 684.729.949
Base case is	381.674.445
After 10.000 trials, the std. error of the mean is	1.269.231

Fuente Crystal Ball Report, el autor

Grafico 9. Distribución normal VPN



Fuente Crystal Ball Report, el autor

Tabla 17. Estadísticas VPN Forecast

VPN Forecast	
Statistics:	Forecast values
Trials	10.000
Mean	382.497.994
Median	382.741.725
Mode	---
Standard Deviation	126.923.126
Variance	16.109.479.944.800.300
Skewness	-0,017
Kurtosis	2,378
Coeff. of Variability	0,332
Minimum	75.681.431
Maximum	684.729.949
Range Width	609.048.519
Mean Std. Error	1.269.231

Fuente Crystal Ball Report, el autor

Tabla 18. Percentiles VPN Forecast

VPN Forecast	
Percentiles:	Forecast values
0%	75.681.431
10%	210.570.710
20%	267.190.130
30%	311.794.256
40%	349.700.790
50%	382.622.263
60%	416.076.851
70%	454.093.515
80%	496.976.156
90%	554.648.221
100%	684.729.949

Fuente Crystal Ball Report, el autor

8. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Al analizar la aplicación de la sensibilidad ante diferentes escenarios se pueden observar los siguientes puntos:

Cuando se presenta variación en el precio del cemento, a medida que aumenta el precio por kg el VPN disminuye y la TIR disminuye. Para la variación de los precios de venta de \$ 140.000.000 a \$ 220.000.000, obtenemos que a medida que aumenta el precio aumenta el VPN y la TIR. Para un precio de venta de la vivienda de \$ 140.000.000 se obtiene un VPN de \$ 92.591.903 para una TIR del 1 % mensual.

Para el caso de los flujos netos de caja afectados por un factor de probabilidad, para un precio de venta de la vivienda de \$ 180.000.000, se obtuvo un VPN de \$ 395.891.306 para una TIR de 4 % mensual; o sea la incertidumbre golpea desfavorablemente las dos variables ya mencionadas. De todos modos, la tasa de descuento que es de 1,18 % mensual sigue siendo menor que la TIR, y como el VPN es positivo, el proyecto continua siendo viable.

Para el caso de la varianza del VPN y su desviación estándar; se trabajan dos escenarios críticos, como son: un DTF promedio y un precio de venta de la vivienda de \$ 150.000.000. Se obtienen así unos determinados flujos netos, a los cuales se les da un peso probabilístico de acuerdo a la posibilidad de ocurrencia. O sea la probabilidad de que se venda la vivienda en \$150.000.000 es muy baja, pues ya vimos que su VPN es muy bajo, y por lo tanto se le coloca un 30 %. Para el DTF se le coloca un 70 %, ya que es un valor definido por el Gobierno, el cual hay que cumplir. Combinando ambos efectos se obtiene un VPN esperado de \$ 331.068.854

para un TIR del 4 % mensual, y con una tasa de descuento de 1,18 % mensual. Se aplica el concepto del cálculo de la varianza para datos agrupados, y así se obtiene la desviación estándar para cada flujo. Se aplica el concepto de covarianza, la cual expresa la relación lineal entre dos variables aleatorias, describiendo el movimiento conjunto entre éstas.

Es más explícito usar el concepto de correlación, que mide el grado de movimiento conjunto entre dos variables o la relación lineal entre ambas, y su valor se encuentra entre -1 y +1. El signo positivo en el coeficiente de correlación significa que las dos variables se mueven en la misma dirección, mientras más cercano a la unidad, mayor será el grado de dependencia mutua. El signo menos indica que las dos variables se mueven en sentidos opuestos.

Mientras más cercano a cero sea el coeficiente de correlación, mayor será el grado de independencia de las variables. Al calcular la desviación estándar del VPN, hallamos que vale \$ 38.585.918 y el coeficiente de variación nos expresa que por cada peso de ganancia esperada se arriesgan \$ 0,12. Realmente es un buen índice.

En el concepto relacionado con las opciones reales el modelo de Black-Scholes, los valores de A y E están afectados por probabilidades. Cuando la probabilidad de $Z(d_1)$ tiende a ser muy pequeño, la probabilidad $Z(d_2)$ tiende a ser negativo y por lo tanto el valor "c" de la opción real tiende a ser muy grande.

Si se observa la probabilidad de $Z(d_1)$, ante diferentes precios de venta, el único valor que cambia es A, y a medida que este precio aumenta los valores presentes tienden a ser más grandes. Por tanto, cuando aplico la fórmula de "c", hallamos que este valor se vuelve positivo, y así aporta

un valor adicional al VPN . En la simulación, definamos varios conceptos:

- Kurtosis (cuarto momento): es el indicador que mide el nivel de levantamiento de la curva respecto a la horizontal. La kurtosis de una distribución normal perfecta es igual a 3. Si es mayor que 3 es leptocurtica y si es menor que 3 es platicúrtica.

- Sesgo (tercer momento): es un indicador que mide la simetría de la curva. En el caso de una curva normal perfecta el sesgo será igual a cero. Si éste es distinto de cero, estará sesgada hacia la izquierda si es mayor que cero o hacia la derecha si es menor que cero.

- Mediana: es el valor único que mide al elemento central en los datos, divide la curva en dos mitades

- Cuartiles: divide la curva en cuatro cuartos.

- Deciles: divide la curva en diez décimos.

- Percentiles: divide la curva en cien partes.

En la simulación, aplicando una distribución triangular al precio de venta y una distribución normal al DTF ya que éste afecta la tasa de descuento ponderada, se obtuvo un VPN promedio positivo de \$ 381.674.445 y un TIR promedio mensual del 4 %. Como la tasa de descuento ponderada, es menor que el TIR, el proyecto es viable. El DTF afecta a K_p la tasa de descuento para los recursos propios, ya que K_p es igual al DTF más un valor constante de 3,3 % E. A.

La tasa de descuento para la deuda que se toma con el banco K_d a lo largo de este trabajo se mantiene constante en 16,9 % E. A. La tasa de descuento ponderada K_o que se aplicó está en función del valor de la

deuda y el valor de los recursos propios. La tasa en particular para la deuda es más alta ya que los bancos tienen valores más altos. Por lo tanto, mientras menos deuda mejor, para que la tasa promedio ponderada de descuento K_0 sea baja y así el VPN sea alto.

También, en el caso de que la deuda no cambie, pero si cambie el DTF, a medida que éste aumente el K_p aumenta y así K_0 la tasa de descuento ponderada o tasa de rentabilidad media ponderada.

Distribución TIR: La curva resultante corresponde a una distribución normal. La curva está sesgada hacia la derecha, por lo que el valor bajo del sesgo es negativo (- 0,1712). El valor mínimo del TIR es 0,98 % y el valor máximo del TIR es 7,24 %. La media está en 4,36 %. La mediana está en el 4,41 %. La desviación estándar es del 1,29 %. De acuerdo a los percentiles hay un porcentaje del 40 % de que la TIR caiga entre 0,98 % y 4,07 % y un porcentaje del 60 % de que la TIR caiga entre 4,08 % y 7,24 %.

A mayor TIR, mayor el precio de venta de la vivienda. La kurtosis del 2,43 está alejada del valor óptimo que es 3 o sea hay algo de dispersión. Coeficiente de variación, de 0,2967, o sea que por cada 1% del valor del TIR, 0,29 % sufren exposición al riesgo.

Distribución VPN: la curva resultante corresponde a una distribución normal. La curva está sesgada hacia la derecha, por lo que el valor bajo del sesgo es (- 0,0173). Coeficiente de variación (0,3318), expresa que por cada peso de ganancia esperada, se arriesga \$ 0,33. Este valor es apreciable y debe no perderse de vista.

El mínimo VPN es \$ 75.681.431 y el máximo VPN es el valor \$ 684.729-949.

La media está en \$ 382.497.994. La mediana está en el valor \$ 382.741.725. La desviación estándar es el \$ 126.923.126.

De acuerdo a los percentiles hay un porcentaje del 50 % de que el VPN caiga entre el valor mínimo y \$ 382.622.263 y un porcentaje del 50 % de que el VPN caiga entre el anterior valor y el valor máximo. Está muy equilibrado, pues el valor del sesgo es muy pequeño, tiende a cero. La kurtosis es de 2,38, está algo alejado del valor de 3 tiende a suceder algo de dispersión, por algo el valor del coeficiente de variación.

9. CONCLUSIONES.

- Al demostrar a través de la anterior aplicación, la viabilidad de tener en cuenta los conceptos de opciones reales y simulación para evaluar proyectos de inversión y de cualquier tipo, esto permite al profesional evaluador de proyectos contar con una herramienta de gran valor al simular escenarios que le permitirán ver el riesgo potencial al que estaría sujeto, evitándose llevar estos escenarios a la práctica y asumir las pérdidas que esto podría acarrear.
- El aumento del precio de venta, aumenta el VPN y la TIR, si no se afecta otro tipo de variables. El aumento del precio del cemento, disminuye el VPN y la TIR.
- En la fórmula de Black – Scholes, es recomendable que el valor de inversión inicial sea bajo y los valores presentes de utilidades y pérdidas sean los más altos. Además, conviene que la desviación estándar de la TIR sea lo más baja, o sea que los precios de venta no tengan mucha fluctuación, para obtener un aporte adicional al VPN que provenga de las opciones reales.
- En el análisis del VPN esperado, se observa que la probabilidad de ocurrencia aplicada al precio de venta pesa, de modo que si este precio es el que conviene a la empresa y las tasas de interés de parte del Banco de la República bajan, el VPN y el TIR esperados de esta combinación serían altos, obteniendo una relación entre la desviación estándar baja y un valor presente neto esperado alto, que da por resultado un coeficiente de variación donde el riesgo se minimiza. El valor real de venta de la vivienda de acuerdo a la simulación está entre

\$ 160.000.000 y \$ 180.000.000, teniendo en cuenta las variaciones de la tasa DTF y del valor de la vivienda .

- Si se analiza la conveniencia de alguna de las herramientas vistas anteriormente, es más viable la de simulación, ya que acepta cualquier tipo de distribución y la cantidad de variables que se deseen asumir representadas por las mismas distribuciones probabilísticas. Por esta razón es ampliamente aplicable a toda clase de proyectos.

- En el modelo de Black-Scholes, entra en juego la variación probabilística de la rentabilidad a través del TIR, sin embargo en simulación se puede hacer variar la TIR con variación en precio, variación del cemento, variación en duración en tiempo de alguna actividad, todo en forma simultánea, por el contrario para aplicarlo a las opciones reales la TIR sólo se puede afectar por una sola variable.

- La utilización del modelo de opciones reales es interesante en proyectos, donde el TIR esté más sujeto al manejo de los flujos de efectivo que cambian en función de una sola variable.

- Los escenarios en cualquier tipo de proyecto, no ofrecen diversidad en sus variaciones pero dan alguna pauta interesante de como responde el sistema ante el impacto de alguna variable, la correlación entre variables y la influencia en la variación de la varianza.

BIBLIOGRAFIA

BREALEY, Myers. Principios de Finanzas Corporativas. 7ª ed. Mexico: Mc Graw Hill, 2000. 757 p.

CAR, Nicholas. Las opciones irreales: racionalizar el valor. En: Harvard Deusto. Octubre, 2003, no. 117, p. 4-5.

COPELAND, Tom y TUFANO, Meter. Las opciones reales y su gestión en el mundo real. En: Harvard Deusto. Noviembre, 2004, no. 129, p. 56-68.

COURTNEY, Hugo y KIRKLAND, Jane. Strategy under uncertainty. En: Harvard Business Review. Noviembre – diciembre, 1997, vol. 75 no. 6, p. 66 - 79.

DIXIT, Avinash y PINDYCK, Robert. The options approach to capital investment. En: Harvard Business Review. Mayo - junio, 1995, vol. 73 no. 3, p.105 - 115.

DUMRAUF, Guillermo. Finanzas Corporativas. Buenos Aires: Grupo Guia, 2003. 345 p.

HARO, Alonso de Lara. Medición y control de riesgos financieros. 2ª ed. México: Editorial Limusa, 2002. 350 p.

LACK, Fischer y ACHOLES, Myron. The pricing of options and corporate liabilities. En: Journal of financial economics.1973, no. 81, p. 637 – 659.

LUERHRMAN, Timothy. Strategy as a portfolio of Real Options. En: Harvard Business Review. Septiembre-octubre, 1998, vol. 76 no.5, p. 89 - 99.

MANOTAS, Diego y MANYOMA, Pablo. La evaluación de proyectos de inversión mediante opciones reales : aspectos conceptuales. En: Revista Ingeniería y Competitividad. Junio, 2001, vol. 3 no.1, p. 7 - 18.

VAN PUTTEN, Alexander y MACMILLAN, Ian. Opciones reales que funcionan realmente. En: Harvard Deusto . Abril, 2005, no.134, p. 70 – 77.

WINSTON, Wayne. Financial models using simulation and optimization II. New York: Palisade Corporation, 2001. 378 p.