

**UNIVERSIDAD DE PIURA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES**  
**PROGRAMA ACADÉMICO DE CONTABILIDAD Y AUDITORÍA**



**El valor de la flexibilidad estratégica en la  
evaluación económica de un complejo de casas en la  
ciudad de Piura**

**Tesis para optar el Título de  
Contador Público**

**Alexandra Geraldine Rodriguez Polo**

**Asesor: Dr. Álvaro Edmundo Tresierra Tanaka**

**Piura, abril 2019**



*A mi familia y a todos aquellos que me brindaron su  
apoyo para culminar el presente trabajo*



## **Prólogo**

Actualmente, el sector Construcción a nivel nacional ha ido incrementándose en los últimos años, representando el 5.10% de la producción nacional. Este porcentaje incluye diversas obras de infraestructura pública y privada: colegios, carreteras, puentes, edificios, centros comerciales, parques, pistas y veredas y, por supuesto, viviendas, donde hay un déficit nacional elevado, a pesar de los miles que se han hecho en tiempos recientes. Para el año 2016, según el Informe de Déficit Nacional XIII, el déficit habitacional en hogares fue de 11.7%, siendo el área rural la de mayor porcentaje (21.3%), mientras que el área urbana presentó 8.8%.

Un estudio del Fondo MIVIVIENDA S.A. (2009), determinó que la cantidad potencial demandada de viviendas nuevas a nivel agregado en la ciudad de Piura ascendió a 14,345 hogares.

Debido a la necesidad de viviendas, surgen proyectos inmobiliarios a fin de cubrir la demanda. Para evaluar la rentabilidad de estos proyectos, los inversionistas usualmente emplean métodos tradicionales como el Descuento de Flujo de Caja Proyectado, que utiliza indicadores de rentabilidad como el Valor Presente Neto (VPN) o la Tasa Interna de Retorno (TIR). Sin embargo, esta metodología suele no incluir ciertas características como irreversibilidad e incertidumbre, subestimando el valor de la inversión cuando la flexibilidad es una de las características del proyecto.

Así, las opciones reales surgen como una solución a los métodos estáticos, apegados a la estrategia operativa, ya que incorporan la flexibilidad administrativa de adaptar las acciones futuras de un proyecto. Por lo que presente trabajo responde al interés de realizar la evaluación de un proyecto inmobiliario de construcción de casas en la ciudad de Piura incorporando la flexibilidad por medio de esta novedosa metodología de opciones reales.

No quisiera terminar este breve prólogo sin antes agradecer al Dr. Álvaro Tresierra Tanaka por haberme brindado su constante asesoría durante el desarrollo de la presente tesis.

## **Resumen**

El objetivo del presente trabajo es demostrar que el método de Opciones Reales es una herramienta de decisión innovadora para la gerencia y/o los directivos que pretendan analizar nuevas inversiones en condiciones de alta incertidumbre y flexibilidad.

Se ha revisado literatura pertinente, con el propósito de llevar a cabo la evaluación de la opción de abandono en un proyecto de construcción de viviendas en la ciudad de Piura, en el caso de que los precios de las viviendas se reduzcan durante el período de vida del proyecto.

Los resultados de la evaluación muestran que, debido a que el valor residual del proyecto es menor que el valor actual neto, no es conveniente considerar la opción de abandono, por lo que se debe finalizar con el desarrollo del proyecto pese a una caída de precios. El método de Opciones Reales ha ayudado a determinar de manera más efectiva la rentabilidad que generaría el proyecto, teniendo en cuenta que el escenario en el que se desarrolla mantiene alta incertidumbre y riesgo, ya que depende del desarrollo económico del país (lo que no es constante y presenta mucha variabilidad).





## Tabla de contenido

<b>Introducción</b> .....	<b>1</b>
<b>Capítulo 1 Revisión de la literatura sobre valoración de opciones</b> .....	<b>5</b>
1.1. Modelos tradicionales .....	6
1.1.1. Descuentos de flujos de caja .....	6
1.2. Metodología de opciones reales .....	8
1.3. Tipos de opciones reales .....	11
1.3.1. Opción de diferir .....	11
1.3.2. Opción de aprendizaje .....	13
1.3.3. Opción de crecimiento o ampliación de un proyecto .....	13
1.3.4. Opción de reducir un proyecto .....	15
1.3.5. Opción de cerrar temporalmente las operaciones .....	15
1.3.6. Opción de abandono .....	16
1.4. Modelos para la valoración de opciones reales .....	17
1.4.1. Modelo Black-Scholes .....	17
1.4.2. Método binomial y árboles binomiales .....	18
1.4.3. Simulación Montecarlo .....	20
<b>Capítulo 2 Evaluación del proyecto de construcción</b> .....	<b>23</b>
2.1. Costos y gastos del proyecto .....	25
2.1.1. Compra de terreno .....	25
2.1.2. Habilitación urbana .....	26
2.1.3. Personal empleado.....	26
2.1.3.1. Sueldo base .....	27

2.1.3.2. Prestaciones y servicios .....	27
2.1.4. Personal obrero .....	30
2.1.5. Costos de construcción .....	31
2.1.6. Tributos .....	31
2.1.6.1. Impuesto a la renta.....	31
2.1.6.2. Impuesto general a las ventas (IGV) .....	32
2.1.6.3. Impuestos, tributos y contribuciones municipales.....	32
2.1.7. Marketing y publicidad .....	34
2.1.8. Alquiler de oficinas .....	34
2.1.9. Activo fijo .....	34
2.1.10. Depreciación .....	34
2.2. Ingresos del proyecto .....	35
2.3. Financiamiento.....	35
2.4. Flujo de caja.....	36
2.5. Estimación del valor presente neto .....	37
<b>Capítulo 3 Aplicación de la metodología de opciones reales a un proyecto de construcción .....</b>	<b>41</b>
3.1. Variabilidad del proyecto.....	41
3.2. Evaluación de la opción .....	42
<b>Conclusiones .....</b>	<b>47</b>
<b>Referencias bibliográficas.....</b>	<b>49</b>

## Lista de figuras

Figura 1.	Resultado de la necesidad de viviendas nuevas.....	24
Figura 2.	Promedio de los sueldos del mercado.....	27
Figura 3.	Gratificación.....	28
Figura 4.	Compensación por Tiempo de Servicio (CTS).....	28
Figura 5.	Vacaciones.....	29
Figura 6.	Gasto total mensual por el personal empleado.....	30
Figura 7.	Detalle de salarios por semana y mes laborado.....	30
Figura 8.	Costos totales por cada casa construida.....	31
Figura 9.	Operaciones gravas.....	32
Figura 10.	Cuadro de ventas.....	35



## **Introducción**

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI] (2018a), el sector Construcción representa el 5.10% de la producción nacional. Este incluye diversas obras de infraestructura pública y privada: centros educativos, obras viales y de recreación, además de viviendas. En este caso, se percibe un alto déficit nacional, a pesar de que en los últimos años se ha construido una cifra importante. «Para el año 2016, a nivel nacional el déficit habitacional en hogares fue de 11.7%, siendo el área rural la de mayor porcentaje (21.3%), mientras que el área urbana presentó 8.8%» (INEI, 2016, p. 184).

Es importante señalar que en enero de 2018 el índice de la producción del sector Construcción registró un aumento de 7.84%, como resultado del gasto de inversión en obras públicas (27.60%) y el mayor consumo interno de cemento (6.55%). Este último se sustentó en la inversión en obras del sector minero, hospitales y centros de salud, construcción de plantas industriales, edificaciones para oficinas, centros comerciales, condominios y departamentos para vivienda. El gasto en inversión de obras públicas fue impulsado por la mayor inversión en el ámbito del gobierno nacional (30.78%) y del gobierno local (47.12%). Sin embargo, en el gobierno regional disminuyó (-7.57%) (INEI, 2018b, párr. 15-16).

Asimismo, el INEI (2016a) señala que en este sector en particular han recibido un gran impulso los proyectos viales como construcción, rehabilitación y mejora de vías terrestres, y obras de edificaciones no residenciales como construcción, equipamiento y acondicionamiento de instituciones públicas, instalación de bases policiales y mejoramiento de establecimientos de salud. En servicios básicos hubo ampliación y mejoramiento del sistema de agua potable y alcantarillado, así como sistemas eléctricos rurales.

Un estudio de Mazuelos Vizcarra, Miyashiro Kuba, Toledo Calderón y Vega Montoya (2009), determinó que «la cantidad potencial demandada de viviendas nuevas en la ciudad de Piura ascendió a 14,345 hogares, distribuidos de la siguiente manera» (p. 40), según el nivel socioeconómico (NSE):

- NSE A: 364 viviendas (2.5%)
- NSE B: 1,378 viviendas (9.6%)
- NSE C: 6,258 viviendas (43.6%)
- NSE D: 6,345 viviendas (44.3%)

Para evaluar la rentabilidad de estas inversiones, usualmente se emplean métodos tradicionales basados, principalmente, en el descuento de flujo de caja proyectado, que utiliza indicadores de rentabilidad como el valor presente neto (VPN) o la tasa interna de retorno (TIR). Sin embargo, esta metodología suele no incluir ciertas características como irreversibilidad e incertidumbre, subestimando «el valor de la inversión cuando la flexibilidad es una de las características del proyecto» (Moreno Mosquera, 2015, p. 17).

Las “opciones reales” surgen como una solución a los métodos estáticos, apegados a la estrategia operativa, ya que incorporan la flexibilidad administrativa de adaptar las acciones futuras de un proyecto.

Rozo Náder (2009) señala que para incorporar la flexibilidad en la evaluación de los proyectos de inversión surge una nueva herramienta, conocida como opciones reales. Esta busca integrar de manera formal la capacidad de los directivos de tomar decisiones, en base a los cambios del entorno o nueva información, para reducir pérdidas o mejorar ganancias (p. 15).

Por lo que este método es considerado más adecuado para evaluar proyectos en entornos con alta incertidumbre, como los que se presentan en el sector Construcción.

Myers, citado por Ponz-Tienda y Sastoque (2014), introdujo el término de opciones reales en el año 1977, refiriéndose a la aplicación de la teoría de opciones en la valoración de bienes no financieros. Las opciones reales surgen de los métodos de análisis de opciones financieras para evaluar activos reales. La principal distinción que puede hacerse entre los tipos de opciones es que las financieras se estipulan en un contrato, en cambio las opciones reales se detectan y especifican dentro de las inversiones estratégicas. Myers

considera que estudiar las opciones reales constituye un enlace entre la planificación estratégica y las finanzas.

Para Calle Fernández y Tamayo Bustamante (2009), el análisis de las opciones reales se basa en que las decisiones de invertir o no hacerlo son alternativas que deben ser evaluadas en un proyecto. Sin embargo, esta metodología no reemplaza los análisis tradicionales, sino por el contrario, los complementa con el fin de obtener un mejor análisis de la ejecución o no del proyecto, obteniendo una mejor visión estratégica.

De acuerdo con Manotas Duque y Manyoma Velásquez (2001), los principales tipos de opciones reales identificados hasta el momento son: opción de aplazamiento, opción de diferir las inversiones iniciales por etapas, opción de expansión de la capacidad de operación, opción de reducción de la capacidad de operación, opción de cierre de la capacidad de operación, opción de abandono, opción de crecimiento, opciones complejas de múltiples iteraciones (p. 11).

La presente investigación está orientada a evaluar y valorizar la opción de abandono en un proyecto de construcción de viviendas en la ciudad de Piura. Tomando como base que es un proyecto con incertidumbre y alta flexibilidad, evaluarlo con opciones reales aumenta su valor.

Asimismo, se busca demostrar que el método de opciones reales es una herramienta de decisión innovadora para la gerencia y/o directivos que pretendan analizar nuevas inversiones en condiciones de alta incertidumbre y flexibilidad.





## **Capítulo 1**

### **Revisión de la literatura sobre valoración de opciones**

Comúnmente, para evaluar proyectos de inversión se utilizan metodologías o modelos tradicionales, tales como descuentos de flujo de caja. Sin embargo, estos modelos se basan en escenarios estáticos, es decir, entornos suficientemente estables que permiten hacer proyecciones con alguna certeza sobre lo que podría suceder en el transcurso del proyecto. Además, este tipo de métodos solo considera los valores tangibles, dejando de lado la ventaja competitiva, las oportunidades futuras o flexibilidad, entre otros.

La realidad actual en la que se desarrollan los proyectos es distinta a la que plantean los modelos tradicionales, ya que se enfrentan a «altos niveles de incertidumbre, grandes necesidades de capital, complejas estructuras de activos y una severa presión de los sistemas financieros y económicos en general» (Manotas Duque y Manyoma Velásquez, 2001, p. 8), por lo que es necesario aplicar otro tipo de metodología que pueda cubrir este tipo de escenarios.

La Teoría de Opciones Reales nace como una solución a este tipo de inconvenientes, proporcionando un método para analizar las decisiones de carácter estratégico en condiciones de incertidumbre, ya que incorpora la flexibilidad como una herramienta de decisión y en donde se puede realizar una revisión de esta durante el desarrollo de un proyecto. Esto permite no seguir un plan establecido, sino adaptarse a los acontecimientos futuros (Forcael, Andalaft, Schovelin y Vargas, 2013, p. 59), lo que da a los inversionistas la posibilidad de maximizar sus ganancias y reducir el riesgo de pérdida.

Como punto de partida para los propósitos de este trabajo, es necesario definir los modelos tradicionales.

## 1.1. Modelos tradicionales

### 1.1.1. Descuentos de flujos de caja

Calle y Tamayo (2009) indican que esta metodología es una de las más utilizadas para evaluar las inversiones, independientemente de cuál sea el sector o la oportunidad de inversión, considerando modelos estáticos donde las circunstancias de base del proyecto no dan la posibilidad de un replanteo de estas.

Para explicar el descuento de flujos de caja se definirán los flujos de caja como los cobros menos los pagos que generará un proyecto, en un período establecido.

El método consiste en determinar el valor actual de la proyección de los flujos de caja del proyecto para un tiempo determinado (tiempo de vida del proyecto), descontándolos a una tasa que refleja los costos del capital aportado. Por ello, es importante definir el método VAN o VPN empleado en esta teoría: «es la suma del valor presente de todos los flujos de caja producidos por el proyecto; es el neto de la inversión necesaria para implementar un proyecto» (Moreno Mosquera, 2015, p. 12).

Las ganancias o pérdidas «del proyecto se descuentan en el momento 0 con una tasa de inflación e interés definida previamente, basada en el costo de oportunidad en el que incurren los inversionistas» (Ponz-Tienda y Sastoque Barón, 2014, p. 13).

La ecuación que se utiliza para calcular el VPN es:

$$VPN = \sum_{n=0}^t \frac{F_n}{(1+i)^n}$$

Donde:

$F_n$  es el flujo neto de caja del año t

$i$  es el costo de capital

Las fortalezas de este método son las siguientes:

- Refleja en una sola medida el valor en el tiempo de los flujos de caja.
- Considera la magnitud de los beneficios económicos en las inversiones.

- Representa la contribución que hace la inversión al valor de la empresa, y puede mostrar con precisión cómo influye en el valor de los accionistas.
- El valor del proyecto es igual a la suma total de las contribuciones de cada plan de inversión en el tiempo.
- Sin embargo, también se afirma que este método presenta ciertas limitaciones:
- No refleja el alto o bajo costo de efectividad.
- Debido al alto potencial de incertidumbre de algunas proyecciones de flujos de caja y de la tasa de descuento, los errores de proyección conducen a resultados erróneos y el riesgo en la toma de decisiones es alto.
- No debería aplicarse cuando existen variables de riesgo en los proyectos.

«La decisión de invertir o no por este método depende directamente de que el valor obtenido sea positivo o negativo» (Ponz-Tienda y Sastoque Barón, 2014, p. 14).

Como se ha detallado, los métodos tradicionales consideran que «las variables del modelo son valores fijos e inamovibles» (Ponz-Tienda y Sastoque Barón, 2014, p. 16), haciendo que estos métodos sean de fácil aplicación y entendimiento, lo que genera que se utilicen frecuentemente. Si bien estos incluyen el riesgo que puede presentar el proyecto, las deficiencias que tienen los métodos tradicionales se basan en que no incorporan en su metodología la incertidumbre y la flexibilidad que los proyectos de inversión presentan hoy en día —las que crean valor para el inversionista e influyen a la hora de tomar decisiones.

La incertidumbre en un proyecto se presenta porque no se tiene certeza o conocimiento claro y preciso de los flujos de caja que el proyecto originará en el tiempo; esto tiene origen fortuito o inesperado, debido a las externalidades casuales ocasionadas por las condiciones accidentales y climáticas, los mercados cambiantes y el entorno globalizado donde se ejecutan los proyectos de inversión.

La flexibilidad a la que se hace referencia en los proyectos de inversión es una flexibilidad operativa, es decir, la capacidad que tienen los gerentes o directivos de reaccionar ante oportunidades de crecimiento o reducción de pérdidas que se presentan mientras se ejecuta el proyecto. La flexibilidad permite que la gerencia no se quede inmóvil frente a los sucesos que vayan ocurriendo. Esto permite aumentar el valor del proyecto (Gallardo Gómez y Andalaft Chacur, 2015).

El valor del proyecto con la flexibilidad se calcula como el valor del proyecto sin flexibilidad, es decir, se hace uso del valor presente neto tradicional, más el valor económico de las opciones:

$$VPN_{flexible} = VPN_{tradicional} + Valor\ de\ la\ flexibilidad$$

Es así como las opciones reales se transforman en un eficiente instrumento valorativo de proyectos de inversión con alta incertidumbre y flexibilidad.

## 1.2. Metodología de opciones reales

La metodología de las opciones reales es relativamente nueva. Tiene su origen en las opciones financieras y comenzó con los estudios de Black, Scholes, Merton y Robert, en 1973, Cox y Ross, en 1976 y Cox, Ross y Rubinstein, en el año 1979.

«Una opción financiera es un título valor que otorga el derecho a comprar o vender un activo, sujeto a ciertas condiciones, a un precio pactado y en un plazo determinado» (Jiménez Gómez, Acevedo Prins y Rojas López, p. 28).

En 1977, Stewart Myers, identificó que «los activos financieros de una empresa se dividen en dos categorías: activos estáticos y opciones de crecimiento, declarando estas últimas como opciones reales» Ponz-Tienda y Sastoque Barón, 2014, p. 25).

Asimismo, señaló que la estrategia de valoración de proyectos mediante los métodos tradicionales, aunque son correctos, «no tienen en cuenta el valor de las opciones reales, es decir, no consideran la flexibilidad de la gerencia de un proyecto cuando existe nueva información o cambian las condiciones económicas en las que se ejecuta. Por lo que considera que las opciones reales deben ser evaluadas como extensión de los modelos de valoración de opciones financieras» (Ponz-Tienda y Sastoque, 2014, p. 25-26).

«En 1994, Dixit y Pindyck precisaron que los métodos de opciones financieras se utilizaban también para evaluar la flexibilidad asociada a los activos físicos, conocidos como opciones reales, y son específicamente las oportunidades de respuesta de los gerentes frente a cambios en las circunstancias de los proyectos» (Ponz-Tienda y Sastoque, 2014, p. 26).

Por lo tanto, una opción real es una extensión conceptual de las opciones financieras; no se refiere al deber, sino al derecho de realizar una acción con un costo determinado con anterioridad —que es el costo del ejercicio— y durante cierto período establecido que es el tiempo vital de la opción. Es decir, al realizar inversiones, una compañía puede aprovechar oportunidades que flexibilizan la inversión y le proporcionan un valor agregado.

De acuerdo con Mascareñas, Lamothe, López y De Luna (2004), las opciones reales involucran seis variables fundamentales:

- *El valor o precio del activo subyacente*, es decir, el valor de proyecto, que es el valor presente de los flujos de caja esperados del proyecto de inversión.
- *El precio del ejercicio* es la cantidad de dinero que se invierte para ejercer la opción o que se recibe en el caso de que la opción sea de venta.
- *La fecha de vencimiento o el tiempo de expiración de la opción*, cuya prolongación hace aumentar el valor de la opción misma, es el tiempo de espera durante el cual la oportunidad de inversión en el proyecto es válida.
- *La desviación estándar o la volatilidad*, indica cuán equivocadas pueden estar las estimaciones acerca del activo subyacente. El valor de la opción aumenta con el riesgo del activo subyacente, ya que el valor pagado por la opción de compra depende del exceso del precio del activo sobre el precio del ejercicio, y la probabilidad de tal evento se incrementa al aumentar la volatilidad del activo subyacente. En el caso que se analiza se trata del riesgo sobre el proyecto de inversión.
- *La tasa de interés libre de riesgo*, sobre la vida de la opción, es asimilable al retorno de un título libre de riesgo con un período de madurez equivalente a la duración de la opción, es decir, refleja el valor temporal del dinero.
- *Los dividendos*, conformados por el dinero líquido generado por el activo subyacente durante el tiempo que el propietario de la opción la posee y no la ejerce. Los dividendos son los costos de preservar la

opción del proyecto de inversión o los flujos de caja perdidos cuando un competidor toma la delantera en el ejercicio de la opción (p. 18).

Duque y Manyoma (2001) indican que las opciones reales se pueden valorar en:

- La opción de compra o *call option*: contratos que dan al comprador el derecho, pero no la obligación, de comprar un activo a un precio pactado en un período de tiempo determinado. El vendedor de la opción de compra tiene la obligación de vender el activo en la fecha y al precio pactado si el comprador decide ejercer la opción (p. 9).

La fórmula de esta opción es:

$$c = \max(St - K, 0)$$

Donde:

$St$  = Valor del subyacente en el mercado

$K$  = Precio de ejercicio de la opción

- La opción de venta o *put option*: concede al comprador el derecho, pero no la obligación, de vender un activo a un precio prefijado y durante un tiempo determinado. El vendedor de la opción de venta tiene la obligación de comprar el activo en la fecha y al precio pactado si el comprador decide ejercer la opción (Duque y Manyoma, 2001, p. 9).

El comportamiento de esta opción se describe con la siguiente fórmula:

$$p = \max(K - St, 0)$$

Mascareña *et ál.*(2004) señalan que el derecho al que se hace mención en las opciones reales se puede ejercer:

- Solo en la fecha de vencimiento de la opción, en cuyo caso recibe el nombre de  **europea**.
- En cualquier momento hasta la fecha de vencimiento; recibe el nombre de  **americana**.
- En algunos instantes predeterminados a lo largo de su vida, siendo un intermedio entre las dos anteriores; se la denomina  **bermuda**.

### 1.3. Tipos de opciones reales

Guevara Guevara, Méndez Quezada y Macias (2009) señalan que las opciones reales son útiles para la valoración de los proyectos en lo que los flujos de caja se pueden modificar de manera sustancial al tomar decisiones posteriores al momento de la evaluación financiera. Las decisiones futuras se realizan en base a activos reales, proyectos o empresas, por lo que se denominan opciones reales.

Las opciones reales suelen clasificarse según el tipo de flexibilidad que se les da a los inversionistas —directos o gerentes— que toman las decisiones. La mayoría de los proyectos de inversión presentan opciones reales, pero que no son fácilmente detectables o valorables. Las más estudiadas y empleadas por varios autores, inversionistas, directores y gerentes se describen a continuación.

#### 1.3.1. Opción de diferir

Gallardo Gómez y Andalaft Chacur (2015) indican que la opción de diferir otorga al propietario el derecho de posponer la realización del proyecto durante un plazo determinado; es decir, es la capacidad de esperar para invertir el dinero; tiempo en el cual el proyecto puede mejorar y disminuir la incertidumbre.

Dado que realizar anticipadamente un proyecto conlleva la renuncia a la opción de diferirlo, el valor de dicha opción se presenta como costo de oportunidad. De acuerdo con Ponz-Tienda y Sastoque (2014), la realización del proyecto se justifica cuando el valor actual de los flujos de caja excede al valor actual del desembolso inicial por una cantidad igual al valor de la opción de diferirlo:

$$VPN > A + \text{Opción de diferir}$$

Donde:

A = Valor actual del desembolso inicial

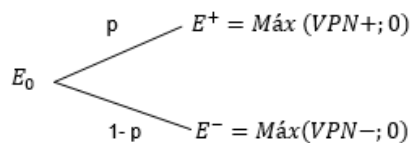
El valor de esta opción es mayor cuando una empresa tiene la exclusividad para invertir, o donde las barreras de entrada son elevadas o difíciles de superar. También suele elevar su valor cuando la incertidumbre económica es grande, al igual que los horizontes para invertir, abriendo la posibilidad de analizar la información adicional a través de un seguimiento evolutivo de las variables aleatorias.

El objetivo de la opción de diferir es reducir la incertidumbre sobre el comportamiento del valor del activo subyacente en el futuro próximo, de tal forma que se valorará la posibilidad de realizar el proyecto en la fecha de vencimiento de la opción o, por el contrario, la de abandonarla definitivamente.

Mascareñas *et ál.* (2004) añaden que para esta opción es importante considerar el costo de retrasar la inversión, ya que, si espera “n” años para concretar el proyecto, se tendrán ganancias si sube el valor o se generarán pérdidas si este disminuye. Asimismo, se perderá “n” años de protección contra la acción de la competencia y los flujos de caja que se hubieran generado en “n” años, de haber comenzado el proyecto en el momento inicial. Para hallar este costo, es posible basarse en la relación existente entre el valor actual del flujo de caja del próximo período y el valor actual del proyecto en el momento inicial:

$$\text{Costo de retraso} = \frac{\text{VPN próximo período}}{\text{VPN año 0}}$$

En el mercado de los inmuebles, una economía más próspera en el país puede derivar en mejores ventas y, como consecuencia de esto, la ejecución del proyecto puede ser más favorable o, en un escenario opuesto, si la economía empeora puede golpear el proceso de venta y su resultado. Definitivamente, estos hechos influyen en el valor del proyecto, de la siguiente manera:



El valor de la opción en el momento 0 se calcula con la siguiente ecuación:

$$E_0 = \frac{pE^+ + (1-p)E^-}{1-r}$$

Donde:

$p$  = Probabilidad del escenario favorable para el proyecto



$1 - p$  = Probabilidad del escenario negativo para el proyecto

$Rf$  = Tasa de interés libre de riesgo para el proyecto

### 1.3.2. Opción de aprendizaje

Gallardo Gómez y Andalaft Chacur (2015) indican que la opción de aprendizaje proporciona al inversionista la posibilidad de obtener información a cambio de un costo determinado. Estas opciones se presentan si una empresa puede invertir dinero para estimular la adquisición de conocimiento o información. Asimismo, señalan dos tipos de opciones de aprendizaje:

- Aquellas con las que se puede predecir más confiablemente el valor futuro verdadero del activo.
- Las que cambian el valor actual del activo alterando la probabilidad de éxito.

Mascareña *et ál.* (2004) agregan que existen dos variables importantes de las que depende el valor de aprendizaje por medio de una disminución de la incertidumbre:

- La precisión de la información que se pudo recibir por medio del aprendizaje con relación al costo de haberla obtenido.
- El efecto que dicho aprendizaje tiene en el proceso de decidir.

Esta opción es muy utilizada en proyectos que requieren I+D (investigación y desarrollo).

### 1.3.3. Opción de crecimiento o ampliación de un proyecto

De acuerdo con Ponz-Tienda y Sastoque (2014), la opción de expansión o crecimiento se lleva a cabo en proyectos que ya han sido establecidos anteriormente, o que se trabajan por etapas. Esta opción otorga al inversionista el derecho de extender en determinado porcentaje su capacidad de producir, a cambio de un costo adicional, siempre y cuando las condiciones que se presenten sean más beneficiosas que las esperadas en la inversión inicial. Es decir, qué porcentaje del VPN genera el proyecto, considerando el costo de adquirir esta opción, tal como se define en la siguiente ecuación:

$$\begin{array}{l}
 E_0 \begin{cases} \xrightarrow{p} E^+ = VPN^+ + \text{Máx}(x\%VPN^+ - A; 0) \\ \xrightarrow{1-p} E^- = VPN^- + \text{Máx}(x\%VPN^- - A; 0) \end{cases}
 \end{array}$$

Según Mascareñas *et ál* .(2004), las variables clave para este tipo de opciones son:

- El valor del activo subyacente es el valor actual de los flujos de caja que genera el proyecto adicional.
- La variación del valor del activo subyacente proporciona el valor de la varianza.
- El precio del ejercicio es el desembolso inicial en el que se incurre para desarrollar el proyecto inicial.
- El período de tiempo del que se dispone para ejercer la opción es su vida. Este suele establecerlo el equipo directivo que plantea la ampliación, determinado por la competencia, la situación económica y otras variables relevantes.
- Existe, también, un costo de oportunidad por esperar ejercer la opción de expandir una vez que sea viable. Este costo puede ser los flujos de caja que se pierden mientras no se ejerce la opción o un costo impuesto por la empresa mientras esta no se decida (p. 12).

Los autores mencionan también la gran utilidad del ROA en tres casos para analizar opciones de crecimiento:

- Adquisiciones de tipo estratégico, es decir, los inversionistas suelen pensar que la operación les proporcionará ventajas competitivas en el futuro.
- Investigación y desarrollo: el dinero invertido en I+D representa el coste de la opción de compra y los productos que surjan de la misma representan los flujos de caja de la opción.
- Proyectos multietapa, que reducen el potencial de crecimiento de la empresa a cambio de protegerla del riesgo de caída, permitiendo a cada

etapa juzgar la demanda y decidir si se pasa a la siguiente o se abandona.

#### 1.3.4. Opción de reducir un proyecto

Mascareñas *et ál.* (2004) señalan que esta opción también se lleva a cabo en proyectos que ya han sido establecidos anteriormente o que se trabajan por etapas. Da al titular el derecho de renuncia a una parte del proyecto a cambio de un ahorro adicional de costos (precio del ejercicio). Es decir, si el escenario es negativo para el proyecto y no genera los resultados esperados, los inversionistas pueden optar por reducir la capacidad productiva en un porcentaje determinado ( $c\%$ ), lo que le permitiría ahorrar parte de los desembolsos iniciales previstos. Este comportamiento se define de la siguiente manera:

$$\begin{array}{rcl}
 & p & E^+ = \text{Máx} (A - c\%VPN^+; 0) \\
 E_0 & \swarrow & \\
 & 1-p & E^- = \text{Máx} (A - c\%VPN^-; 0)
 \end{array}$$

Donde:

$c\%$  = Porcentaje de reducción del proyecto

A = Ahorro de los costos potenciales

La opción de reducir suele ser útil en proyectos donde productos nuevos son introducidos en mercados inciertos, o en casos en los que debe hacerse una elección entre tecnologías o plantas industriales con diferentes relaciones de construcción y mantenimiento en cuanto a costos.

#### 1.3.5. Opción de cerrar temporalmente las operaciones

Brinda a los propietarios del proyecto el derecho de cerrar por un tiempo determinado las operaciones cuando las condiciones no son favorables para el proyecto. Gallardo Gómez y Andalaft Chacur (2015) manifiestan que este tipo de opciones es comúnmente empleado en industrias de «extracción de recursos naturales o en la planificación y construcción de industrias cíclicas (moda, ciertos bienes de consumo, entre otras), donde existe la posibilidad de detener

temporalmente la totalidad del proceso productivo cuando los ingresos son menores a los costos variables operativos» (p. 47), y de volver a producir cuando la situación se revierta. Se pueden contemplar las operaciones anuales como opciones de compra de los ingresos de ese año ( $C$ ) y cuyo precio de ejercicio está dado por los costos variables operativos ( $A$ ). El valor de dichas opciones se calcula a través de la siguiente expresión:

$$\begin{array}{rcl}
 & p & E^+ = \text{Máx}(C - A; 0) \\
 E_0 & \swarrow & \\
 & 1-p & E^- = \text{Máx}(C - A; 0)
 \end{array}$$

### 1.3.6. Opción de abandono

Para Gallardo Gómez y Andalaft Chacur (2015), «esta opción proporciona a su propietario el derecho de vender, liquidar, cerrar o abandonar un proyecto determinado a cambio de un precio establecido» (p. 47). Está relacionada con el hecho de que muchas veces se termina renunciando a proyectos a cambio de un valor residual que es el resultado de la venta de infraestructura, equipamiento, liquidación de la empresa, entre otros.

Si este valor es más atractivo o si el propietario del proyecto ve la conveniencia del valor de venta en lugar de continuar con la ejecución del proyecto, la decisión más acertada que podrían tomar los inversionistas es abandonarlo, siempre y cuando su desarrollo no tenga propiedad estratégica. Esto se refleja en la siguiente expresión:

$$\begin{array}{rcl}
 & p & E^+ = \text{Máx}(VPN^+; VR^+) \\
 E_0 & \swarrow & \\
 & 1-p & E^- = \text{Máx}(VPN^-; VR^-)
 \end{array}$$

El valor de la opción de abandono aumenta:

- Cuanto mayor sea la incertidumbre sobre el valor futuro del negocio.

- Cuanto mayor sea la cantidad de tiempo de que se dispone para ejercer la opción.
- Cuanto mayor sea la relación entre el valor de abandono del proyecto (valor de liquidación) respecto de su valor terminal o residual (valor actual de los flujos de caja libres restantes).

Calle Fernández y Tamayo Bustamante (2009) explican que existen dos importantes cuestiones a considerar en el análisis del valor de abandono:

- La necesidad de tenerlo en cuenta de alguna forma, en la decisión de inversión.
- La determinación del momento o intervalo de tiempo en el que dicho valor de abandono alcanza su máximo valor.

La opción de abandono es frecuente en proyectos que se desarrollan por etapas o proyectos capitalistas —riesgos donde se compromete una considerada cantidad de dinero en una nueva empresa y se realiza por etapas.

#### **1.4. Modelos para la valoración de opciones reales**

Después de entender los diversos tipos de opciones reales que pueden tener los proyectos, es necesario decidir el modelo matemático que se empleará para el cálculo del valor de dichas opciones. Según Támara Ayús y Aristizábal Velásquez (2016), el tipo de opción determina el modelo más adecuado para su valoración. Los modelos posibles se detallan a continuación.

##### **1.4.1. Modelo Black-Scholes**

Es un método mediante el cual se obtiene el precio de una opción. Para esto, se definieron cinco variables:

- X: Precio del ejercicio
- S: Valor del activo subyacente frente al riesgo
- T: Tiempo de expiración de la opción
- $\sigma^2$ : Varianza de los retornos

- $R_f$ : Tasa de interés libre de riesgo sobre la vida de la opción (Ponz-Tienda y Sastoque, 2014, p. 31).

El modelo Black-Scholes fue empleado para estimar el valor presente de una opción para la compra (*call*) o venta (*put*) de acciones en una fecha futura. Posteriormente, se desarrolló para opciones sobre acciones que producen dividendos, aunque luego se adoptó para opciones europeas, americanas y de monedas (Guevara Guevara *et ál.*, 2009).

El modelo de Black-Scholes aplicado a las opciones reales es:

$$C = S * N(d_1) - X * e^{-R_f * T} * N(d_2)$$

Donde:

$$d_1 = \frac{\ln(S/X) + [R_f - \frac{\sigma^2}{2}]T}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

#### 1.4.2. Método binomial y árboles binomiales

«El método de redes binomiales aplica como base el comportamiento del valor del activo subyacente para estimar el valor actual de la opción. Cuando se requieren árboles binomiales para el precio del activo subyacente y para el precio de la opción, las divisiones de cada árbol dependen directamente del tiempo de valoración» (Ponz-Tienda y Sastoque, 2014, p. 34).

Este modelo reduce los posibles cambios de precio de la acción a lo largo del período siguiente a dos, un movimiento “hacia arriba” y un movimiento “hacia abajo”. Esto es posible, siempre y cuando el período de tiempo sea muy corto, y no es recomendable para períodos largos (Guevara *et ál.*, 2009).

Las mallas o árboles binomiales se basan en trabajar un modelo discreto en el tiempo a partir de otro modelo continuo en el tiempo. Asimismo, suelen ser utilizadas para valorar opciones de tipo americanas (Támara Ayús y Aristizábal Velásquez, 2016).

Los árboles binomiales implican comenzar con una o varias opciones con tiempos de vencimiento menores o iguales a T años. Los T años son divididos entre

un número finito de períodos de tiempo de longitud  $\Delta t$ , mientras el próximo paso implica la creación del árbol binomial con los valores del proyecto durante el período de tiempo. El valor del activo puede evolucionar con un movimiento de subida "u":

$$u = e^{(\sigma\sqrt{\Delta t})}$$

Donde:

$\sigma$  = desviación típica anual de los rendimientos del activo

$\Delta t$  = variación de tiempo que ocurre de un período al siguiente, que sirve para ajustar la volatilidad anual al período que se esté utilizando.

La probabilidad de que exista una subida en el valor del activo viene representada por:

$$p = \frac{1 + Rf - d}{u - d}$$

También, el valor del activo puede evolucionar con un movimiento de bajada "d":

$$d = \frac{1}{u}$$

La probabilidad de que exista una bajada en el valor del activo es:

$$1 - p$$

De acuerdo con Moreno Mosquera (2015), el árbol binomial con un nodo para  $t = 0$  cuando el valor del proyecto no tiene flexibilidad,  $S$ , se ha estimado. Después del tiempo  $\Delta t$ , el valor del proyecto es modelado como  $uS$  o  $dS$ ; después de otro período de tiempo hay tres valores del proyecto  $uuS = u^2S$ ,  $udS = duS$  y  $ddS = d^2S$ . Este enfoque continúa hasta que se han añadido los períodos de tiempo  $T/\Delta t$  y el árbol binomial queda de la siguiente manera:

$$S < \begin{matrix} uS \\ dS \end{matrix} < \begin{matrix} uuS \\ udS \\ ddS \end{matrix} < \dots < \begin{matrix} u^N S \\ u^{N-1} dS \\ \vdots \\ ud^{N-1} S \\ d^N S \end{matrix}$$

### 1.4.3. Simulación Montecarlo

Según Támara Ayús y Aristizábal Velásquez (2016), este método permite simular diferentes fuentes de incertidumbre que afectan el valor de una opción real. «El método de Montecarlo implica la simulación de miles de posibles escenarios del proyecto» (Moreno Mosquera, 2015, p. 24). Se utiliza para simular un rango muy amplio de procesos estocásticos y cuando no existen modelos matemáticos que valoren el caso específico que en ese momento se analice.

De acuerdo con Moreno Mosquera (2015), la simulación de Montecarlo reúne características para la valoración de opciones reales; ya que es un procedimiento intuitivo, aproxima directamente el proceso estocástico de la variable incierta. Asimismo, es una técnica flexible por la generalidad de activos a los que puede aplicarse y la facilidad para incluir dependencias de tiempo. Además, simplifica la incorporación de múltiples fuentes de incertidumbre (p. 25).

Villalobos Cárdenas (2015) menciona que la hipótesis de partida de este modelo es que el activo subyacente sigue un proceso geométrico browniano, de la siguiente forma:

$$dS = \mu S dt + \sigma S dW$$

Donde:

$S$  = nivel del activo subyacente

$\mu$  = tasa de retorno esperada del activo subyacente en un mundo libre de riesgo.

$\sigma$  = volatilidad del activo subyacente

$dW$  = proceso Wiener con desviación típica 1 y media 0

Para simular el proceso, se transforma la ecuación anterior para un tiempo discreto; se divide el tiempo en intervalos  $\Delta t$ :



$$\frac{\Delta S}{S} = \mu \Delta t + \sigma \varepsilon \sqrt{\Delta t}$$

$$\Delta S = \mu S \Delta t + \sigma S \varepsilon \sqrt{\Delta t}$$

Donde:

$\Delta S$  = variación en tiempo discreto para S en el intervalo de tiempo elegido  $\Delta t$

$\varepsilon$  = sigue una distribución estándar con media 0 y desviación estándar 1

La siguiente ecuación muestra que  $\Delta S/S$  se distribuye normalmente con media  $\mu \Delta t$  y desviación estándar  $\sigma \sqrt{\Delta t}$ :

$$\frac{\Delta S}{S} \sim \mathcal{N}(\mu \Delta t, \sigma^2 \Delta t)$$

La fórmula para un activo que no paga dividendos  $S_{t+1}$ , dado un salto temporal  $\Delta t$ , tiene la siguiente forma:

$$S_{t+1} = S_t \exp \left[ \left( Rf - \frac{\sigma^2}{2} \right) \Delta t + \sigma \varepsilon_i \sqrt{\Delta t} \right]$$

Donde:

$S_t$  = precio del activo subyacente

$Rf$  = tipo de interés libre de riesgo

$\varepsilon_i$  = número procedente de una distribución  $N(0,1)$  y  $\Delta t = \frac{\text{vencimientos en años}}{\text{número de períodos}}$

Ponz-Tienda y Sastoque (2014) agregan que «la simulación de Montecarlo asigna valores aleatorios a las variables que componen el modelo del VPN, generando diferentes resultados de este. La cantidad de resultados obtenidos para el VPN dependerán del número de iteraciones con las cuales se realice la simulación» (p. 33). La exactitud del modelo será asignada por el número de iteraciones. A partir de 10,000 simulaciones, los resultados obtenidos son fiables. Hay que tener en cuenta que para emplear este modelo matemático es necesaria una herramienta computacional con la cual se puedan simular las características del proyecto.



## **Capítulo 2**

### **Evaluación del proyecto de construcción**

El sector de la construcción en el Perú se ha desarrollado favorablemente durante los últimos años. Se han construido obras de infraestructura vial como mejoramiento, ampliación y rehabilitación de carreteras, pistas y veredas. Así como obras de prevención de riesgos como rehabilitación y colmatación de drenajes en valles, construcción de infraestructura de defensas ribereñas, mejoramiento de muros de contención en vías urbanas. En servicios básicos, destacan las obras de construcción y equipamiento de nuevas plantas de tratamiento de agua potable y alcantarillado sanitario, electrificación e irrigación. En construcción de edificios, resaltan las villas deportivas, mejoramiento de hospitales, centros educativos, desembarcaderos pesqueros y viviendas urbanas (INEI, 2018a).

Asimismo, el INEI (2016b) explica que en el Perú existen los siguientes tipos de vivienda, distribuidos según estos porcentajes:

- Casa independiente (86% de la población)
- Departamento en edificio (7.1% de la población)
- Vivienda en quinta (1.6% de la población)
- Vivienda en casa de vecindad (4.3% de la población)
- Choza o cabaña (1% de la población)

Respecto al sector inmobiliario y de la construcción en Piura, se puede afirmar que el negocio se enfoca en tres grupos: la construcción y venta de casas, condominios y edificios multifamiliares, mayormente dedicados a los niveles socioeconómicos (NSE) intermedios-altos (A, B y C).

En 2009, el Fondo Mi Vivienda realizó un estudio de mercado de la vivienda social en la ciudad de Piura, obteniendo como resultado que la necesidad de viviendas nuevas en dicha ciudad ascendía a 14,345 hogares, distribuidos de la siguiente manera:

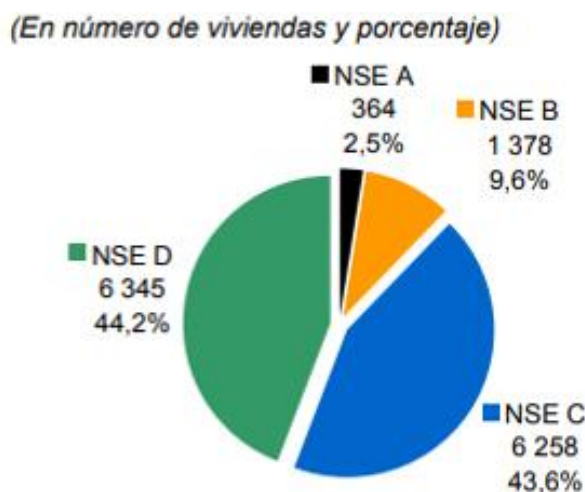


Figura 1. Resultado de la necesidad de viviendas nuevas.  
Fuente: Mazuelos Vizcarra *et ál.*(2009).

Extrapolando esta información al crecimiento de la población en estos años, la necesidad de viviendas nuevas se incrementa. De acuerdo con el INEI, en 2009 la población alcanzó un total de 29 millones de personas; se estima que para el año 2018 el Perú llegue a tener 32 millones de habitantes. Por lo que la población total del Perú entre los años 2009 y 2018 se espera que crezca en un 8.7%.

La población estimada de la región Piura, según el Censo Nacional XI de Población y VI de Vivienda realizado por el INEI en el año 2007, asciende a 1.7 millones de habitantes, mientras que la provincia de Piura alberga una población de aproximadamente 666 mil habitantes, representando el 39.7% de la población total de la región. El crecimiento se está dando en 0.8% anual, por lo que la necesidad de viviendas nuevas ascendería a 15,411.

Partiendo de esta necesidad es que se plantea un proyecto de edificación de viviendas urbanas ubicadas en la ciudad de Piura, que será denominado Proyecto Piura Crece.

El proyecto Piura Crece se ubicará en el distrito, provincia y departamento de Piura, en la zona urbana denominada Punta Arenas I - Ejidos, orientado a la población

de niveles socioeconómicos B y C. Se construirá un conjunto cerrado de 28 viviendas urbanas de un piso.

#### **Ambientes del lote:**

- Las casas contarán con 100m<sup>2</sup> (5m de frontera y 20m de fondo).
- Podrán disponer de un área para desarrollar jardín frontal o garaje con capacidad para dos autos.
- Contarán con sala, comedor, cocina y lavandería.
- Tendrán dos habitaciones con dos baños completos, uno independiente y otro en el cuarto principal.

La gerencia del proyecto no tiene certeza de la rentabilidad que este pueda generar, así es que ha decidido realizar una preventa para conocer la factibilidad de llevar a cabo el proyecto.

La opción a evaluar en el Proyecto Piura Crece es la de abandono, ya que, en todo desarrollo inmobiliario, una vez que se ha obtenido el permiso de edificación se comienza inmediatamente a vender, por lo que el comportamiento que tengan las preventas en los primeros cuatro meses indicará la aceptación o rechazo de las viviendas por parte del mercado piurano.

## **2.1. Costos y gastos del proyecto**

### **2.1.1. Compra de terreno**

Se cuenta con un terreno de 5,000m<sup>2</sup>, ubicado en el distrito, provincia y departamento de Piura, en la zona urbana denominada Punta Arenas I -Ejidos, valorizado en S/.800,000. Para la construcción del condominio solo se emplearán 2,800m<sup>2</sup>, por un valor de S/.448,000. Asimismo, se utilizarán 200m<sup>2</sup> para áreas verdes, 200m<sup>2</sup> para un parque recreacional y 100m<sup>2</sup> entre veredas y caminos, generando un total de 3,300m<sup>2</sup>.

<b>Costo m2</b>	<b>Extensión</b>	<b>Total</b>
160	3,300 m2	S/.528,000.00

### 2.1.2. Habilitación urbana

Es el proceso por el cual el terreno adquirido se convierte en urbano, mediante la ejecución de obras de accesibilidad, distribución de agua, recolección de desagüe, iluminación pública y energía eléctrica.

Las obras, licencias y gastos necesarios para la habilitación urbana dependen del perímetro total a urbanizar, en este caso los 3,300m<sup>2</sup>.

HABILITACION URBANA		
Costo m2	Extensión	Total
10	3,300 m2	S/.33,000.00

### 2.1.3. Personal empleado

Para el proyecto se estima contar con el siguiente personal profesional técnico y/o universitario, de acuerdo con los siguientes cargos:

- Dirección general
- Gerente general (1)
- Asistente de gerencia (1)
- Administración
- Gerente de administración y finanzas (1)
- Representante comercial (2)
- Contador (1)
- Asistente de contabilidad (1)
- Coordinador de logística (1)
- Asistente de compras y almacén (1)
- Construcción
- Ingeniero de obra (1)
- Arquitecto (1)
- Topógrafo (1)

El sueldo total del personal estará conformado por los siguientes elementos:

### 2.1.3.1. Sueldo base

Para determinar los sueldos del personal, se ha realizado un promedio de los sueldos del mercado, teniendo como base los datos brindados por Trabajando.pe, CompuTrabajo Perú, Bureman.pe y Gestión.

Cargo	Máximo	Mínimo	Promedio
Gerente General	12.000,00	9.000,00	10.500,00
Asistente de Gerencia	2.800,00	1.500,00	2.150,00
Gerente de Administración y Finanzas	8.000,00	5.000,00	6.500,00
Representante Comercial	2.000,00	1.200,00	1.600,00
Contador	4.000,00	1.800,00	2.900,00
Asistente de Contabilidad	1.600,00	850,00	1.225,00
Coordinador de logística	3.000,00	1.800,00	2.400,00
Asistente de compras y almacén	1.200,00	850,00	1.025,00
Ingeniero de Obra	7.000,00	4.000,00	5.500,00
Arquitecto	5.000,00	3.500,00	4.250,00
Topógrafo	2.400,00	1.500,00	1.950,00

Figura 2. Promedio de los sueldos del mercado  
Fuente: Elaboración propia

### 2.1.3.2. Prestaciones y servicios

De acuerdo con la ley, se estipulan seis prestaciones:

#### Asignación familiar

Según el régimen privado, todos los trabajadores con un hijo o más tienen el derecho de recibir una asignación familiar equivalente al 10% de la remuneración mínima vital, es decir S/.93. Este derecho es válido hasta que los hijos cumplan la mayoría de edad. Sin embargo, si se encuentran realizando estudios superiores, el plazo se extiende hasta los 24 años.

#### Gratificaciones

Pago que el empleador otorga a los trabajadores de manera adicional a la remuneración, y es equivalente a una remuneración completa, siempre y cuando el trabajador haya laborado el período computable completo: enero a junio y/o julio a diciembre. La gratificación debe ser abonada hasta el 15 de julio y el 15 de diciembre, coincidiendo con Fiestas Patrias y Navidad. La provisión mensual sería:

<b>Cargo</b>	<b>Gratificación</b>
Gerente General	1.923,00
Asistente de Gerencia	406,08
Gerente de Administración y Finanzas	1.196,33
Representante Comercial	306,17
Representante Comercial	306,17
Contador	542,33
Asistente de Contabilidad	238,04
Coordinador de logística	451,50
Asistente de compras y almacén	201,71
Ingeniero de Obra	1.014,67
Arquitecto	787,58
Topógrafo	369,75
<b>TOTAL</b>	<b>7.743,33</b>

Figura 3. Gratificación  
Fuente: Elaboración propia

Sin embargo, para el flujo de caja solo se registrarán los pagos realmente desembolsados, en el mes en que se realiza el desembolso.

### **Compensación por tiempo de servicio (CTS)**

Es un beneficio estipulado por ley, con el propósito de contar con un fondo previsor en caso de cese de una relación laboral. El empleador debe cancelar semestralmente la mitad de un sueldo computable, incluyendo gratificaciones, bonos o comisiones recurrentes. El beneficio se computa al 30 de abril y al 31 de octubre, y el empleador tiene hasta el 15 de mayo y noviembre para depositar en cualquier entidad financiera el importe respectivo. La provisión mensual sería:

<b>Cargo</b>	<b>CTS</b>
Gerente General	1.029,88
Asistente de Gerencia	218,07
Gerente de Administración y Finanzas	640,99
Representante Comercial	164,60
Representante Comercial	164,60
Contador	290,99
Asistente de Contabilidad	128,14
Coordinador de logística	242,38
Asistente de compras y almacén	108,69
Ingeniero de Obra	543,76
Arquitecto	422,24
Topógrafo	198,63
<b>TOTAL</b>	<b>4.152,94</b>

Figura 4. Compensación por Tiempo de Servicio (CTS)  
Fuente: Elaboración propia

Sin embargo, para el flujo de caja solo se registrarán los pagos realmente desembolsados, en el mes en que se realiza el desembolso.



## Vacaciones

Derecho que tiene todo trabajador de gozar de 30 días de descanso remunerado por cada año de servicio. En caso de que la duración del proyecto sea menor de un año, se deberán pagar las vacaciones trucas, es decir, 1/12 por cada mes efectivamente laborado y 1/30 por cada día efectivamente laborado. La provisión mensual sería:

Cargo	Vacaciones
Gerente General	875,00
Asistente de Gerencia	179,17
Gerente de Administración y Finanzas	541,67
Representante Comercial	133,33
Representante Comercial	133,33
Contador	241,67
Asistente de Contabilidad	102,08
Coordinador de logística	200,00
Asistente de compras y almacén	85,42
Ingeniero de Obra	458,33
Arquitecto	354,17
Topógrafo	162,50
<b>TOTAL</b>	<b>3.466,67</b>

Figura 5. Vacaciones  
Fuente: Elaboración propia

Sin embargo, para el flujo de caja solo se registrarán los pagos realmente desembolsados, en el mes en que se realiza el desembolso.

## Seguro social de salud

Es el abono obligatorio del 9% de la remuneración de cada trabajador que se declara y paga a ESSALUD. En virtud de esto, los trabajadores tienen derecho a las prestaciones médicas brindadas por esta entidad, luego del tercer mes consecutivo de aportes.

## Fondo de pensiones

Son los aportes que se realizan a los sistemas de pensiones, con el fin de que el trabajador perciba una pensión cuando se jubile. Existen dos tipos de alternativas pensionarias: la Oficina de Normalización Previsional (ONP) o Sistema Nacional de Pensiones (SNP) y las Administradoras de Fondos de Pensiones (AFP) o Sistema Privado de Pensiones (SPP). Estos aportes son descontados al trabajador de su remuneración, y el empleador tiene la obligación de abonarlo, de acuerdo

con la elección que haya realizado el trabajador. El gasto total mensual por el personal empleado sería:

Cargo	Sueldo base	Asignación Familiar	ESSALUD	TOTAL
Gerente General	10.500,00	93,00	945,00	11.538,00
Asistente de Gerencia	2.150,00	93,00	193,50	2.436,50
Gerente de Administración y Finanzas	6.500,00	93,00	585,00	7.178,00
Representante Comercial	1.600,00	93,00	144,00	1.837,00
Representante Comercial	1.600,00	93,00	144,00	1.837,00
Contador	2.900,00	93,00	261,00	3.254,00
Asistente de Contabilidad	1.225,00	93,00	110,25	1.428,25
Coordinador de logística	2.400,00	93,00	216,00	2.709,00
Asistente de compras y almacén	1.025,00	93,00	92,25	1.210,25
Ingeniero de Obra	5.500,00	93,00	495,00	6.088,00
Arquitecto	4.250,00	93,00	382,50	4.725,50
Topógrafo	1.950,00	93,00	175,50	2.218,50
<b>TOTAL</b>				<b>46.460,00</b>

Figura 6. Gasto total mensual por el personal empleado  
Elaboración propia

Sin embargo, hay que tener en cuenta que el topógrafo solo será necesario durante los meses de construcción del proyecto.

#### 2.1.4. Personal obrero

De acuerdo con la Federación de Trabajadores de la Construcción Civil del Perú [FTCCP] (s. f.), hay tres tipos de categorías: operario, oficial y peón, que serán contratados para la construcción inmobiliaria. A continuación, se detallan los salarios por semana y mes laborado:

Descripción	Operario	Oficial	Peón
Jornal básico	385,80	312,00	279,00
Descanso Semanal Obligatorio	64,32	52,00	46,50
BUC 32%	123,46	93,60	83,70
Bonificación por Movilidad	43,20	43,20	43,20
Indemnización 15%	57,87	46,80	41,85
Vacaciones 10%	38,58	31,20	27,90
Gratificación Navidad	85,73	69,33	62,00
Bonificación Extraordinaria Ley 29351	7,70	6,24	5,58
<b>Total por día laborado</b>	<b>806,66</b>	<b>654,37</b>	<b>589,73</b>
<b>Total por mes laborado</b>	<b>3.226,64</b>	<b>2.617,48</b>	<b>2.358,92</b>

Figura 7. Detalle de salarios por semana y mes laborado  
Fuente: Elaboración propia

Se estima contar el siguiente personal obrero:

- Operario (4)
- Oficial (4)
- Peón (10)

### 2.1.5. Costos de construcción

Para la construcción del proyecto inmobiliario se contratarán proveedores locales y nacionales, encargados de alquilar la maquinaria pesada y abastecer con los materiales de construcción, instalaciones eléctricas y sanitarias, estructuras y acabados. Los costos totales por cada casa construida dentro del condominio son los siguientes:

Costo de Construcción por casa	S/.
Obras Provisionales	1.500,00
Movimiento de Tierras	3.728,10
Obras de Concreto Simple	480,00
Obras de Concreto Armado	2.915,30
Techo Aligerado y Vigas	22.877,80
Contrapiso	2.550,56
Albañilería	3.286,50
Tarrajeo de Muros Interiores y Exteriores	5.157,40
Instalaciones Sanitarias	788,35
Instalaciones Eléctricas	1.200,00
Acabados	6.380,00
<b>Total</b>	<b>50.864,01</b>

Figura 8. Costos totales por cada casa construida  
Fuente: Elaboración propia

### 2.1.6. Tributos

El proyecto estará afecto tributariamente al pago de impuesto a la renta, impuesto general a las ventas (IGV), impuestos, tributos y contribuciones pagados a la Municipalidad de Piura.

#### 2.1.6.1. Impuesto a la renta

De acuerdo con la Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria [Sunat] (s. f.a), la construcción y venta de proyectos inmobiliarios como actividad empresarial que desarrollan las personas naturales y jurídicas está gravada con el impuesto a la renta de tercera categoría. Por los ingresos que generará este proyecto, se deben acoger al régimen general.

Según la Ley del Impuesto a la Renta, quienes perciben renta de tercera categoría, domiciliados en el país y sujetos al régimen general, determinarán el impuesto aplicando una tasa del 30% sobre la utilidad

neta. En caso de que se generen pérdidas en el ejercicio, se pueden compensar restando la renta neta en los siguientes cuatro ejercicios.

### 2.1.6.2. Impuesto general a las ventas (IGV)

De acuerdo con la Sunat (s. f.b), el Impuesto General a las Ventas grava todas las fases del ciclo de producción y distribución, y debe ser asumido por el comprador o consumidor final, encontrándose normalmente en el precio de compra de los bienes y/o servicios que adquiere. Así, al IGV de las ventas, conocido como débito fiscal, se le deducirá el IGV de las compras, conocido como crédito fiscal; la diferencia es el importe por cancelar al Estado.

En cuanto al porcentaje, se aplica una tasa del 16% en las operaciones gravadas con el IGV. A esa tasa se añade la tasa del 2% del Impuesto de Promoción Municipal (IPM). De este modo, a cada operación gravada se le aplica un total del 18%: IGV + IPM (Sunat, s. f.b).

Periodo	IGV Débito	IGV Crédito	Diferencia	IGV a pagar
43.466,00	0,00	98.141,19	-98.141,19	0,00
43.497,00	22.881,36	533,90	22.347,46	0,00
43.525,00	22.881,36	533,90	22.347,46	0,00
43.556,00	22.881,36	533,90	22.347,46	0,00
43.586,00	54.915,25	31.569,57	23.345,69	0,00
43.617,00	82.372,88	31.569,57	50.803,32	43.050,19
43.647,00	82.372,88	31.569,57	50.803,32	50.803,32
43.678,00	82.372,88	31.569,57	50.803,32	50.803,32
43.709,00	82.372,88	31.569,57	50.803,32	50.803,32
43.739,00	82.372,88	31.569,57	50.803,32	50.803,32
43.770,00	82.372,88	31.569,57	50.803,32	50.803,32
43.800,00	64.067,80	533,90	63.533,90	63.533,90
43.831,00	32.033,90	533,90	31.500,00	31.500,00
43.862,00	32.033,90	533,90	31.500,00	31.500,00
43.891,00	32.033,90	533,90	31.500,00	31.500,00
<b>TOTAL</b>	<b>777.966,10</b>	<b>322.865,43</b>	<b>455.100,67</b>	<b>455.100,67</b>

Figura 9. Operaciones gravas  
Fuente: Elaboración propia

### 2.1.6.3. Impuestos, tributos y contribuciones municipales

Existen tributos que se pagan al gobierno local, en este caso a la Municipalidad Provincial de Piura. Uno de ellos es el impuesto predial, que se aplica al valor de los predios urbanos y rústicos en base a su autovalúo. Se consideran predios a los terrenos, las edificaciones (casas, edificios, etc.) e instalaciones fijas y permanentes (piscina, losa, etc.),

que constituyen partes integrantes del mismo, que no puedan ser separados sin alterar, deteriorar o destruir la edificación. Debido a que el valor de los predios es mayor de 60 UIT (unidades impositivas tributarias), se aplica la alícuota del 1%, según lo estipulado por el Servicio de Administración Tributaria [SAT] (s. f.). El pago lo realiza anualmente el dueño del predio; al venderse la propiedad, la obligación se traslada al nuevo dueño.

<b>IMPUESTO PREDIAL</b>		
<b>%</b>	<b>Imponible</b>	<b>Total</b>
1%	S/.528,000.00	S/.5,280.00

Asimismo, el SAT indica la obligación de cancelar los arbitrios municipales, tasas que se pagan por la prestación o mantenimiento de los servicios públicos de limpieza, parques, jardines públicos y serenazgo, los cuales son aprobados mediante ordenanza. Tratándose de predios en condominio o copropiedad, la obligación recae en cada uno de los condóminos o copropietarios, de acuerdo con su porcentaje de propiedad (SAT, s. f.). Los adquirentes de predios asumen la obligación de pago de los arbitrios municipales a partir del mes siguiente de producida la adquisición. En estos casos, el contribuyente está obligado a declarar hasta el último día hábil del mes siguiente al que se produce la modificación.

Finalmente, se cancela el Impuesto de Alcabala, que grava las transferencias de propiedad de bienes inmuebles urbanos o rústicos a título oneroso o gratuito, cualquiera sea su forma o modalidad, incluso las ventas con reserva de dominio. La base imponible del impuesto es el valor de transferencia (SAT, s. f.). A la referida base se aplica la tasa del impuesto (3%). No está afecto al Impuesto de Alcabala, el tramo comprendido por las primeras 10 UIT del valor del inmueble, según lo indicado por el SAT.

<b>IMPUESTO ALCABALA</b>		
<b>%</b>	<b>Imponible</b>	<b>Total</b>
3%	S/.486,500.00	S/.14,595.00

### 2.1.7. Marketing y publicidad

Adicionalmente a la labor de los representantes comerciales, se diseñarán volantes, trípticos y afiches para publicitar el proyecto inmobiliario. Asimismo, se desarrollará *marketing* digital por medio de Facebook, en la plataforma “Facebook Ads”. También se usarán las páginas web AdondeVivir y Urbania, para difundir el proyecto. El gasto estimado por *marketing* y publicidad es de S/.28,000 durante todo el proyecto.

### 2.1.8. Alquiler de oficinas

Se alquilará una oficina para el personal administrativo, valuada en S/.2,000, y una caseta dentro del proyecto para brindar informes y realizar las ventas con un valor de S/.1,500.

Concepto	Importe
Oficinas	S/. 2,000.00
Casetas	S/. 1,500.00
<b>Total</b>	<b>S/.3,500.00</b>

### 2.1.9. Activo fijo

Para la construcción de las casas se comprarán equipos, tales como compactadora, mezcladora y vibrador de acero. Asimismo, se adquirirán herramientas como carretillas, picos, rastrillos, entre otros. También se amoblarán las oficinas alquiladas y se instalarán computadoras para todos los trabajadores empleados.

Concepto	S/.
Equipo	14.700,00
Herramientas	1.270,00
Computadores	18.000,00
Muebles	20.400,00
<b>Total</b>	<b>54.370,00</b>

### 2.1.10. Depreciación

La empresa ha estimado la depreciación de los equipos, computadoras y muebles en dos años, y las herramientas en un año y medio.

Activo Fijo	Vida útil	Depreciación anual	Depreciación mensual
Equipo	2 años	7.350,00	612,50
Herramientas	1 año y medio	846,67	70,56
Computadores	2 años	9.000,00	750,00
Muebles	2 años	10.200,00	850,00
<b>Total</b>		<b>27.396,67</b>	<b>2.283,06</b>

## 2.2. Ingresos del proyecto

Los ingresos del proyecto corresponden a las ventas de las casas. Para esto, se han estimado tres fases de venta: en planos o preventa, en construcción, en estreno. Los precios de las casas varían según la etapa en la que se encuentran, incrementándose el 20% en cada etapa. Se han definido los siguientes precios:

Precios	
Casas en pre-venta	S/. 150.000,00
Casas en construcción	S/. 180.000,00
Casas en estreno	S/. 210.000,00

Se estima empezar el proyecto en febrero de 2019, con cuatro meses de preventa y siete meses de construcción, teniendo las siguientes ventas:

Periodo	Fase	Casas vendidas	Ingresos	Sin IGV	IGV
ene-19	Pre-venta	0	0,00	0	0
feb-19	Pre-venta	1	150.000,00	127.118,64	22.881,36
mar-19	Pre-venta	1	150.000,00	127.118,64	22.881,36
abr-19	Pre-venta	1	150.000,00	127.118,64	22.881,36
may-19	Construcción	2	360.000,00	305.084,75	54.915,25
jun-19	Construcción	3	540.000,00	457.627,12	82.372,88
jul-19	Construcción	3	540.000,00	457.627,12	82.372,88
ago-19	Construcción	3	540.000,00	457.627,12	82.372,88
sep-19	Construcción	3	540.000,00	457.627,12	82.372,88
oct-19	Construcción	3	540.000,00	457.627,12	82.372,88
nov-19	Construcción	3	540.000,00	457.627,12	82.372,88
dic-19	Estreno	2	420.000,00	355.932,20	64.067,80
ene-20	Estreno	1	210.000,00	177.966,10	32.033,90
feb-20	Estreno	1	210.000,00	177.966,10	32.033,90
mar-20	Estreno	1	210.000,00	177.966,10	32.033,90
<b>TOTAL</b>		<b>28</b>	<b>5.100.000,00</b>	<b>4.322.033,90</b>	<b>777.966,10</b>

Figura 10. Cuadro de ventas  
Fuente: Elaboración propia

## 2.3. Financiamiento

La inversión inicial del proyecto es de S/. 663,245. La empresa posee el 40%, y el 60% será financiado por medio de un préstamo bancario a 14 meses, con dos meses de gracia.

## 2.4. Flujo de caja

	ene-19	feb-19	mar-19	abr-19	may-19	jun-19	jul-19	ago-19	sep-19	oct-19	nov-19	dic-19	ene-20	feb-20	mar-20
Terreno	528,000.00														
Habilitación Urbana	33,000.00														
Impuestos Municipales	19,875.00														
Activo Fijo	54,370.00														
<b>FLUJO DE CAJA DE INVERSION</b>	<b>-635,245.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
Ingresos por ventas		150,000.00	150,000.00	150,000.00	360,000.00	540,000.00	540,000.00	540,000.00	540,000.00	540,000.00	540,000.00	420,000.00	210,000.00	210,000.00	210,000.00
<b>EGRESOS</b>	<b>28,000.00</b>	<b>50,024.56</b>	<b>50,024.56</b>	<b>50,024.56</b>	<b>314,527.73</b>	<b>345,714.97</b>	<b>391,075.51</b>	<b>353,468.09</b>	<b>353,468.09</b>	<b>353,468.09</b>	<b>380,234.51</b>	<b>157,799.95</b>	<b>81,524.56</b>	<b>81,524.56</b>	<b>115,508.26</b>
Sueldos		44,241.50	44,241.50	44,241.50	58,322.96	46,460.00	84,067.42	46,460.00	46,460.00	46,460.00	73,226.42	88,483.00	44,241.50	44,241.50	78,225.21
Salarios					46,965.68	46,965.68	46,965.68	46,965.68	46,965.68	46,965.68	46,965.68				
Costos de Construcción					203,456.04	203,456.04	203,456.04	203,456.04	203,456.04	203,456.04	203,456.04				
Alquiler de oficinas		3,500.00	3,500.00	3,500.00	3,500.00	3,500.00	3,500.00	3,500.00	3,500.00	3,500.00	3,500.00	3,500.00	3,500.00	3,500.00	3,500.00
Marketing y Publicidad	28,000.00														
IGV		0.00	0.00	0.00	0.00	43,050.19	50,803.32	50,803.32	50,803.32	50,803.32	50,803.32	63,533.90	31,500.00	31,500.00	31,500.00
Depreciación		2,283.06	2,283.06	2,283.06	2,283.06	2,283.06	2,283.06	2,283.06	2,283.06	2,283.06	2,283.06	2,283.06	2,283.06	2,283.06	2,283.06
<b>FLUJO NETO ANTES DE IMPUESTOS</b>	<b>-28,000.00</b>	<b>99,975.44</b>	<b>99,975.44</b>	<b>99,975.44</b>	<b>45,472.27</b>	<b>194,285.03</b>	<b>148,924.49</b>	<b>186,531.91</b>	<b>186,531.91</b>	<b>186,531.91</b>	<b>159,765.49</b>	<b>262,200.05</b>	<b>128,475.44</b>	<b>128,475.44</b>	<b>94,491.74</b>
Impuesto a la renta 30%	0.00	29,992.63	29,992.63	29,992.63	13,641.68	58,285.51	44,677.35	55,959.57	55,959.57	55,959.57	47,929.65	78,660.01	38,542.63	38,542.63	28,347.52
<b>FLUJO ECONOMICO MENOS DEPR.</b>	<b>-28,000.00</b>	<b>69,982.81</b>	<b>69,982.81</b>	<b>69,982.81</b>	<b>31,830.59</b>	<b>135,999.52</b>	<b>104,247.14</b>	<b>130,572.34</b>	<b>130,572.34</b>	<b>130,572.34</b>	<b>111,835.84</b>	<b>183,540.03</b>	<b>89,932.81</b>	<b>89,932.81</b>	<b>66,144.22</b>
Depreciación	0.00	2,283.06	2,283.06	2,283.06	2,283.06	2,283.06	2,283.06	2,283.06	2,283.06	2,283.06	2,283.06	2,283.06	2,283.06	2,283.06	2,283.06
<b>FLUJO DE CAJA ECONOMICO</b>	<b>-663,245.00</b>	<b>72,265.87</b>	<b>72,265.87</b>	<b>72,265.87</b>	<b>34,113.64</b>	<b>138,282.58</b>	<b>106,530.20</b>	<b>132,855.39</b>	<b>132,855.39</b>	<b>132,855.39</b>	<b>114,118.90</b>	<b>185,823.09</b>	<b>92,215.87</b>	<b>92,215.87</b>	<b>68,427.27</b>



## 2.5. Estimación del valor presente neto

Para estimar el valor presente neto de la inversión a realizar se requiere hallar la tasa de descuento para descontar los flujos de caja estimados; en esta ocasión se ha utilizado el costo promedio ponderado de capital (WACC)<sup>1</sup>, cuya fórmula es la siguiente:

$$WACC = \frac{C}{D + C} * K_e + \frac{D}{D + C} * K_d * (1 - t)$$

Donde:

$C$  es el capital aportado por los accionistas

$D$  es la deuda financiera contraída

$K_e$  es la tasa de costo de oportunidad de los accionistas CAPM

$K_d$  es el costo de la deuda

$t$  es la tasa impositiva

A fin de calcular la tasa de costo de oportunidad de los accionistas, se ha empleado el modelo de valoración de activos financieros (CAPM)<sup>2</sup>:

$$K_e = R_f + B_e * PRM + R_p$$

Donde:

$B_e$  es la beta apalancado del proyecto

$R_f$  es la tasa libre de riesgo

$PRM$  es la prima de mercado

$R_p$  es el riesgo país

Para estimar el costo de oportunidad de los accionistas, se ha determinado que:

- La tasa libre de riesgo será 2.56%, dato obtenido del promedio de los últimos dos años de los rendimientos del bono Estados Unidos a 10 años (Banco Central de Reserva del Perú [BCRP], s. f.a).

---

<sup>1</sup> Siglas en inglés de *Weighted Average Cost of Capital*.

<sup>2</sup> Siglas en inglés de *Capital Asset Pricing Model*.

- La prima de mercado se ha conseguido del sitio web de Damodaran, de la media aritmética entre los años 1928 y 2017 de las rentabilidades históricas de acciones T. Bonds y T. Bills con primas que ascienden a 5.15% (Damodaran, 2018).
- El riesgo país se ha obtenido del promedio de los últimos dos años de los indicadores de riesgo para países emergentes —diferencial de rendimientos del índice de bonos de mercados emergentes—, que asciende a 1.47% (BCRP, s. f.b).
- La beta desapalancado se ha obtenido del sitio web de Damodaran, del sector “*homebuilding*”, que es 0.85 (Damodaran, 2018). Para determinar el beta apalancado del proyecto se aplica la siguiente fórmula:

$$B_e = B_u \left[ 1 + (1 - \text{Imp. Rta}) * \frac{D}{C} \right]$$

Donde:

$B_u$  es la beta desapalancado

Por lo que la beta apalancado del proyecto es igual a 1.7425.

Con todos los datos antes indicados, se puede hallar la tasa de costo de oportunidad de los accionistas, que es igual a 13%.

Considerando que:

- El capital aportado por los accionistas es el 40%
- La deuda financiera es del 60%
- La tasa de costo de oportunidad de los accionistas es de 13%
- El costo de la deuda es 8%
- La tasa impositiva es 30%

La tasa de descuento para descontar los flujos de caja estimados o WACC anual en dólares es de 8.59%. Debido a que el flujo de caja es mensual, se debe hallar la tasa de descuento mensual en soles.

$$\text{WACC mensual en dólares} = (1 + \text{WACC anual})^{1/12} - 1 = 0.69\%$$

$$\text{WACC mensual en soles} = \left( (1 + \text{WACC mensual US\$}) * (1 + \text{Variación TC}) \right) - 1$$

Considerando que la variación del último año asciende a 0.14%, se obtiene que:

WACC mensual en soles = 0.83%

Por lo que el VAN asciende a S/. 691, 706.50

Debido a que el valor presente neto de la inversión es positivo, la decisión sería llevar a cabo el proyecto, sin tener en cuenta el riesgo de los cambios o variaciones que pudiesen ocurrir en el futuro y sin afectar la rentabilidad en el futuro. Si el precio de las viviendas descendiera, el método del VPN no podría estimar esta variación y su impacto en los flujos. Debido a que el sector de la construcción mantiene alto riesgo de volatilidad en los precios, se ha planteado incorporar esta evaluación por medio de opciones reales, ya que la metodología incorpora el riesgo y la flexibilidad de las variaciones y el impacto que estas tienen en los resultados.



## **Capítulo 3**

### **Aplicación de la metodología de opciones reales a un proyecto de construcción**

#### **3.1. Variabilidad del proyecto**

Teniendo en cuenta que el sector Construcción es un sector con incertidumbre y alta flexibilidad y, por ende, el proyecto en estudio presenta ambas características, se requiere determinar los coeficientes con los que se elaborará el árbol binomial para evaluar la opción de abandono. Se ha considerado evaluar esta opción, debido a que se ha identificado como fuente de incertidumbre la variabilidad que tiene el precio del metro cuadrado construido en la ciudad de Piura, de sector socioeconómico medio B y C. Si estos precios caen durante el período que demanda el proyecto, pueden hacer que el mismo no sea tan rentable como se ha señalado después de haber hallado el VAN.

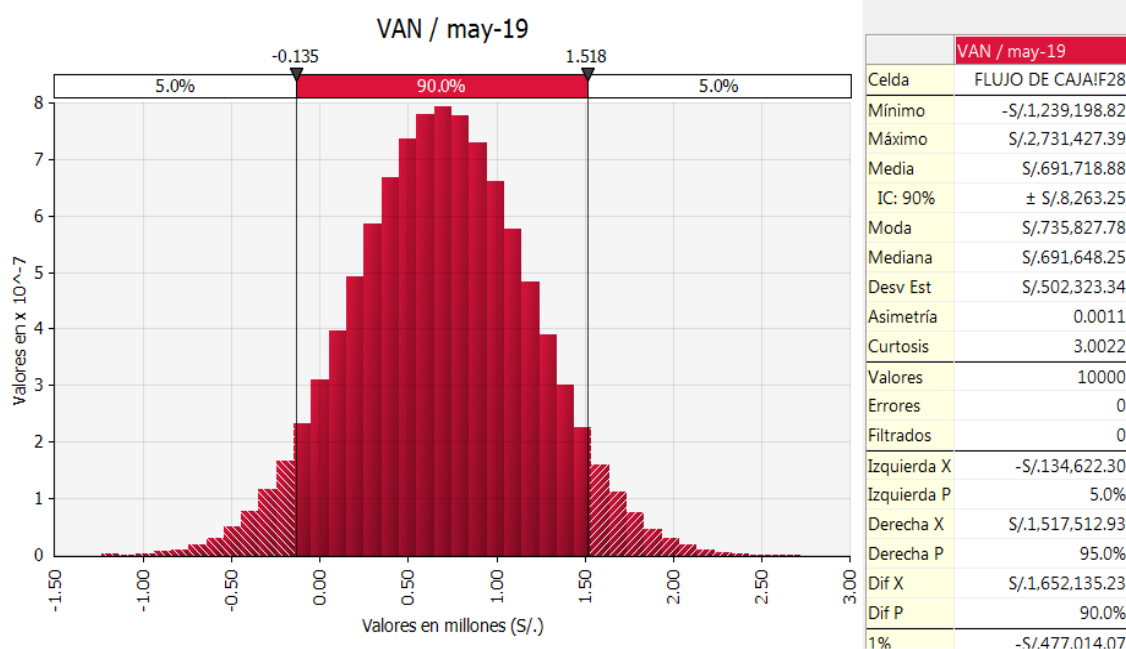
Se han obtenido del Banco Central de Reserva los precios mensuales del metro cuadrado construido en la ciudad de Piura, de sector socioeconómico medio B y C, en los períodos comprendidos entre 2010 y 2018, donde se visualiza una caída del precio del metro cuadrado construido a partir del 2015, considerando este escenario se ha decidido evaluar la opción de abandono, para estar alertas si esta situación se agrava.

Con estos precios se ha calculado la variación obteniendo una media de 7% y desviación estándar de 38%. Asimismo, por medio del *software* Stata Versión 2016, se ha determinado que mantienen una distribución de probabilidad normal.

Conociendo que la variación de los precios tiene una distribución normal, se ha realizado la simulación del VAN total teniendo en cuenta el método de Montecarlo (Ponz-Tienda y Sastoque Barón, 2014). Los parámetros utilizados para realizar la simulación han sido:

- VAN total, determinado en el flujo de caja sin asignar ninguna variación.
- Precio de venta por metro cuadrado construido (S/.1, 500), considerando las tres etapas del proyecto (preventa, construcción y estreno).

De igual modo, se ha ajustado la variabilidad del precio del metro cuadrado a una distribución normal. Por medio del programa “Risk”, se simularon 10,000 iteraciones de la variable VAN, ya que se considera que a partir de 10,000 simulaciones el resultado es más acertado. Obteniendo los siguientes resultados estadísticos:



La variabilidad del proyecto se determinó con el resultado de la simulación del VAN, exactamente con la relación que existe entre la desviación estándar y la media del VAN simulado:

$$Variabilidad = \frac{\text{Desviación estándar}}{\text{Media}} = \frac{S/502,323.34}{S/691,648.25} = 73\%$$

### 3.2. Evaluación de la opción

Como se ha detallado anteriormente, existen diversos tipos de opciones reales: opción de diferir, de aprendizaje, de crecimiento, de reducción, de abandono, entre otras. Para este caso, se ha visto adecuado aplicar la opción de abandono, debido a que la volatilidad histórica del precio de metro cuadrado construido es alta (38%), lo que indica

que los precios podrían disminuir rápidamente. En un escenario en el que los precios de las viviendas caigan, la opción de abandono le permite al inversionista la posibilidad, de vender, abandonar o liquidar el proyecto.

A fin de evaluar correctamente el proyecto, se ha estimado que los precios de las viviendas se reducirán iniciando el mes nueve, finalizando con cuatro meses de preventa y cuatro meses de construcción, es decir, con 16 casas construidas. Para este período, se habrán utilizado 1,600m<sup>2</sup> por las 16 casas construidas y 57m<sup>2</sup> entre veredas y caminos (3,57m<sup>2</sup>porcasa). El terreno total es de 3,300m<sup>2</sup>. Si bien, estamos considerando una caída en el precio de venta del metro cuadrado construido; de acuerdo con las investigaciones realizadas con especialistas en el sector (tasadores, ingenieros, peritos), indican que el precio del terreno en la zona de construcción se elevaría a US\$100 por m<sup>2</sup>, esto a pesar de que la tendencia en el mercado inmobiliario, sobre todo las construcciones ya realizadas, mantiene una tendencia decreciente de precios. Por lo anteriormente señalado, el valor residual (VR) al finalizar el octavo año sería de S/.542, 190 (tipo de cambio: S/.3.30).

Considerando que la volatilidad del proyecto calculada anteriormente es de 73%, se procede a construir el árbol de variaciones de precios del proyecto, calculando la evolución del valor del activo con un movimiento de subida y un movimiento de bajada por medio de las siguientes formulas:

$$\text{Movimiento de subida } u = e^{(\sigma\sqrt{\Delta t})}, \text{ donde } e^{(73\%\sqrt{8})} = 7.88$$

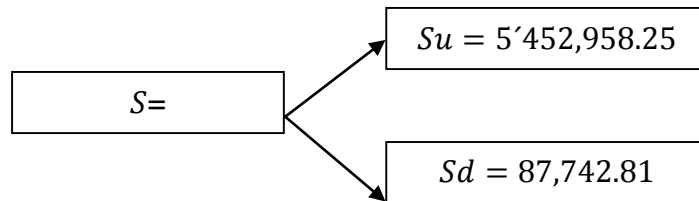
$$\text{Movimiento de bajada } d = \frac{1}{u}, \text{ donde } \frac{1}{u} = 0.13$$

Si el VAN asciende a S/.691,706.50, el valor del proyecto puede ascender hasta:

$$Su = S/.691,706.50 \times 7.88 = S/.5'452,958.25$$

O, por el contrario, puede descender hasta:

$$Sd = S/.691,706.50 \times 0.13 = S/.87,742.81$$



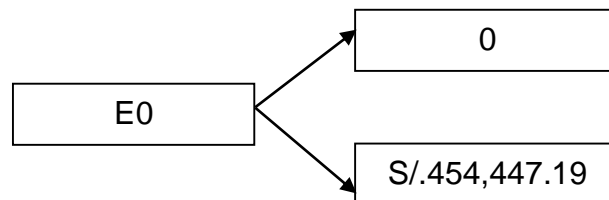
Teniendo presente la opción de abandono, cuyo precio de ejercicio es el valor residual, el inversionista recibirá:

$$VPN + \max(VR - VPN; 0) = \max(VPN; VR)$$

$$Eu = \max(VR - Su; 0) = \max(S/.542,190.00 - S/.5'452,958.25; 0) = 0$$

$$Ed = \max(VR - Sd; 0) = \max(S/.542,190.00 - S/.87,742.81; 0) = S/.454,447.19$$

Las ganancias obtenidas por el proyecto al final del octavo mes, si se plantea realizarlo o abandonarlo, se pueden observar en el siguiente árbol binomial:



A fin de calcular el VPN de opciones reales, se requiere conocer las probabilidades de que el valor del activo suba o baje, circunstancias representadas por las siguientes fórmulas:

$$\text{Probabilidad de que exista una subida en el valor del activo : } p = \frac{1 + Rf_{\text{mensual}} - d}{u - d}$$

$$p = \frac{1 + 0.36\% - 0.13}{7.88 - 0.13} = 11.30\%$$

$$\text{Probabilidad de que exista una bajada en el valor del activo: } q = 1 - p$$

$$q = 1 - 11.30\% = 88.70\%$$



Por lo que el VPN total del proyecto al iniciar el mes nueve es:

$$VPN_{total} = \frac{(0 \cdot 11.30\%) + (454,447.19 \cdot 88.70\%)}{(1 + 0.36\%)^8} = S/.391,794.07$$

La opción de abandono es igual al valor presente neto total del proyecto usando la metodología de opciones reales (S/.391,794.07), menos el valor presente neto sin tener en cuenta el riesgo de una variación en los precios del metro cuadrado de las viviendas (S/.691,706.50), hallado por el método tradicional del VPN:

$$\text{Opción de abandono} = (S/.299,912.44)$$



## **Conclusiones**

El método de opciones reales es una herramienta de decisión innovadora para la gerencia y/o directivos que pretendan analizar nuevas inversiones que se encuentren en condiciones de alta incertidumbre y flexibilidad, ya que esta metodología permite evaluar la rentabilidad de los proyectos adicionando variables de incertidumbre y flexibilidad, a fin de que los proyectos no sean sobrestimados o subestimados, como sucede cuando se emplean los métodos básicos como el descuento de flujo de caja con el VAN o TIR.

De acuerdo con la evaluación realizada para un proyecto inmobiliario de construcción de casas en la ciudad de Piura por el método tradicional y por el método de opciones reales, se puede concluir que, debido a que el valor residual en el mes nueve del proyecto es menor que el valor actual neto, no es conveniente llevar a cabo la opción de abandono, por lo que se debe finalizar con el desarrollo del proyecto, pese a una caída de precios. Asimismo, es importante mencionar que la opción de abandono para este caso no es muy valiosa debido a que el precio del metro cuadrado construido es superior al precio del terreno en más de 400%.

Para la aplicación de la simulación de Montecarlo, se requiere un sistema computacional que permita realizar las simulaciones de miles de posibles escenarios del proyecto; es a partir de 10,000 simulaciones que el modelo arroja un resultado más acertado. La simulación de Montecarlo permite ajustar las características del proyecto a las condiciones que presenta el Sector, determinando la variabilidad que presenta el proyecto, y que no se tiene en cuenta al aplicar los métodos tradicionales.

La variabilidad determinada para el proyecto es de 73%, lo que indica que el proyecto tiene un alto riesgo de variación de precios, es decir que se desarrolla en un sector de alta incertidumbre, por lo que es importante que los inversionistas tengan en cuenta estas variables a fin de obtener realmente la rentabilidad que generaría el proyecto ante un

cambio importante como la caída de precios. Evaluar el proyecto con el método de opciones reales le permite al inversionista obtener el valor actual neto real del proyecto, incluyendo su variabilidad, de manera que el inversionista puede mitigar los efectos de una caída de precios, planificando anticipadamente el desarrollo del proyecto, considerando una caída de precios dentro del plazo estimado para su finalización.

Debido a que la variabilidad determinada para este proyecto es alta, las probabilidades de alzas y bajas del precio del proyecto son muy diferentes y, por ende, las ganancias obtenidas al iniciar el noveno mes, considerando el valor residual, son menores que el valor actual neto determinado por el método tradicional, generando que el valor actual neto de acuerdo con la metodología de opciones reales, y considerando la variabilidad del proyecto, sea menor que el valor actual neto hallado por el método tradicional.

La evaluación por medio de opciones reales en el sector construcción es de gran relevancia, ya que ayuda a determinar de manera más efectiva la rentabilidad que generarían los proyectos, considerando que los escenarios en los que se desarrollan mantienen alta incertidumbre y riesgo, ya que dependen del desarrollo económico del país (lo que no es constante y presenta mucha variabilidad).

Como limitaciones, cabe indicar que se ha considerado como fuente de volatilidad solo el precio del metro cuadrado construido, cuando en realidad podrían existir otras fuentes de incertidumbre, quizás en el costo de los materiales; pero en este caso, dado el corto período de tiempo, no se considera muy relevante. Otro aspecto por considerar es la estimación de la volatilidad del proyecto. De acuerdo con la literatura revisada, se han visto varias formas de cálculo; si bien en cada planteamiento solo se utiliza una, cabría estimar la volatilidad por diversos métodos y comparar los resultados. A la fecha, se podría afirmar que no hay una forma aceptada de manera general sobre cómo estimar dicha volatilidad. Estos dos puntos pueden ser el inicio de investigaciones futuras.

## Referencias bibliográficas

- Banco Central de Reserva del Perú - BCRP (s. f.a). Tasa de Interés - Tesoro de EUA 10 años. (Noviembre 2016 - octubre 2018). Recuperado de:  
<https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/mensuales/resultados/PN01140XM/html>
- Banco Central de Reserva del Perú – BCRP (s. f.b). Diferencial de Rendimientos del Índice de Bonos de Mercados Emergentes (EMBIG) - Perú. (Noviembre 2016- octubre 2018). Recuperado de:  
<https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/mensuales/resultados/PN01129XM/html>
- Calle Fernández, A. y Tamayo Bustamante, V. (2009). Decisiones de inversión a través de opciones reales. *Estudios Gerenciales*, 107-126.
- Damodaran, A. (2018, 5 de enero). Annual returns on stock, T. Bonds and T. Bills: 1928 - Current. Recuperado el 10 de diciembre de 2018, de:  
[http://people.stern.nyu.edu/adamodar/New\\_Home\\_Page/datafile/histretSP.html](http://people.stern.nyu.edu/adamodar/New_Home_Page/datafile/histretSP.html)
- Federación de Trabajadores en Construcción Civil del Perú – FTCCP (s. f.). Tabla de salarios y beneficios sociales. Pliego nacional 2017-2018. Recuperadode:  
[http://www.conafovicer.com/images/tablas\\_salariales/tabla-salarial-2017-2018.pdf](http://www.conafovicer.com/images/tablas_salariales/tabla-salarial-2017-2018.pdf)
- Forcael, E., Andalaft, A., Schovelin, R. y Vargas, P. (2013). Aplicación del método de opciones reales en la valoración de proyectos inmobiliarios. *Obras y Proyectos 14*, 58-70.
- Gallardo Gómez, M. y Andalaft Chacur, A. (2015). Análisis de la incorporación de flexibilidad en la evaluación de proyectos de inversión utilizando opciones reales y descuento de flujos dinámico. *Horizontes Empresariales*, 41-56.
- Guevara Guevara, P., Méndez Quezada, M. y Macias Rendón, E. W. (2009). *Evaluación*

*de proyectos con opciones reales: Aplicación a un proyecto inmobiliario con punto de equilibrio.* Recuperado de:

[https://www.researchgate.net/publication/28798312\\_Evaluacion\\_de\\_proyectos\\_con\\_opciones\\_reales\\_aplicacion\\_a\\_un\\_proyecto\\_inmobiliario\\_con\\_punto\\_de\\_equilibrio](https://www.researchgate.net/publication/28798312_Evaluacion_de_proyectos_con_opciones_reales_aplicacion_a_un_proyecto_inmobiliario_con_punto_de_equilibrio)

Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI (2016a). Déficit habitacional XIII. Recuperado de:

[https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1442/cap13.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1442/cap13.pdf)

Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI(2016b). Tipo y régimen de tenencia de viviendas particulares. Recuperado de:

[https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1483/cap04/cap04.htm](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1483/cap04/cap04.htm)

Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI (Marzo de 2018a). Informe Técnico N°3. Recuperado el 3 de abril de 2018, de:

<https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/informe-tecnico-de-produccion.pdf>

Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI (2018b). Producción nacional aumentó 2,81% en enero de 2018 y acumuló 102 meses de crecimiento continuo. Recuperado de: <https://www.inei.gob.pe/prensa/noticias/produccion-nacional-aumento-281-en-enero-de-2018-y-acumulo-102-meses-de-crecimiento-continuo-10640/>

Jiménez Gómez, L., Acevedo Prins, N. y Rojas López, M. (2016). Valoración de opción real en proyectos de generación de energía eólica en Colombia. *Revista Espacios* 37(26).

Manotas Duque, D. y Manyoma Velásquez, P. (2001). La evaluación de proyectos de inversión mediante opciones reales: Aspectos conceptuales. *Ingeniería y Competitividad*, 3(1), 7-18.

Mascareñas, J., Lamothe, P., López, L. y De Luna, W. (2004). *Opciones reales y valoración de activos*. Madrid: Person Educación SA.

Mazuelos Vizcarra, G., Miyashiro Kuba, L., Toledo Calderón, E. y Vega Montoya, R. (Abril de 2009). *Estudio de mercado de la vivienda social en la ciudad de Piura y Sullana*. Lima: Fondo Mi Vivienda SA. Oficina de Investigación y Desarrollo.

- Moreno Mosquera, R. L. (2015). *Evaluación de un proyecto de generación de energía eólica en Colombia mediante opciones reales*. Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Ponz-Tienda, J. y Sastoque Barón, L. (2014). *Valoración de proyectos de construcción inmobiliaria por medio de opciones reales*. Colombia: Universidad de los Andes.
- Rozo Náder, V. (2009). Contraste entre técnicas tradicionales de inversión y valoración de opciones reales en ambientes de incertidumbre, utilizando el modelo de Black y Scholes y el método binomial. Barranquilla: Universidad del Norte.
- Servicio de Administración Tributaria- SAT (s.f.). Impuesto Predial. Recuperado el 25 de agosto de 2018, de:  
<http://satp.gob.pe/wp/tributos/impuesto-predial/#1527052919816-37d7c355-c8e6>
- Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria (SUNAT) (s.f.a). Ley del Impuesto a la Renta. Recuperado de:  
<http://www.sunat.gob.pe/legislacion/renta/ley/capv.pdf>
- Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria (SUNAT) (s.f.b). Impuesto General a las Ventas y Selectivo al Consumo. Recuperado de:  
<http://orientacion.sunat.gob.pe/index.php/empresas-menu/impuesto-general-a-las-ventas-y-selectivo-al-consumo/impuesto-general-a-las-ventas-igv-empresas>
- Támara Ayús, A. y Aristizábal Velásquez, R. (2016). Las opciones reales como metodología alternativa a la evaluación de proyectos de inversión. *Ecos de Economía*, 29-44.
- Villalobos Cardenas, L. (2015). *Opciones reales como una alternativa eficiente de evaluación de viabilidad de un proyecto de construcción de vivienda familiar en Bogotá bajo un entorno cambiante*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.