

## **CAPÍTULO 2**

### **MARCO TEÓRICO**

En este capítulo nos basaremos en el libro “Principios de finanzas corporativas” (Brealey, 1989) para dar a conocer algunos métodos que sirven para la evaluación de proyectos de inversión. El período de recuperación, la tasa interna de rentabilidad y el método del valor presente neto; así como también se detallará el concepto de simulación.

#### **2.1 Métodos para la Evaluación de Proyectos**

Existen varios métodos para tratar la evaluación de proyectos y estos se basan en los requerimientos de la empresa o persona que invierte su dinero en un proyecto. En primer lugar, hay empresas que lo que más les interesa es saber en cuánto tiempo recuperarán su dinero y por consiguiente en qué proyecto recuperarían su inversión más rápido. En segundo lugar, hay empresas a las que les interesa invertir en proyectos que ofrecen tasas de rentabilidad mayor a sus costes de oportunidad de capital.

A continuación se abordarán dos métodos diferentes para la evaluación de proyectos donde se analizarán los casos anteriores.

##### **2.1.1 Período de Recuperación**

Para muchas empresas lo más importante es saber en qué proyecto le convendría invertir, de manera que recuperen su inversión en el menor tiempo posible.

Consideremos 3 proyectos, A, B y C que se muestran en la tabla 2.1.

**Tabla 2.1 Período de Recuperación**

Proyecto	I <sub>0</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	Período de recuperación
A	-5000	+ 2500	+ 2500	+ 7000	2
B	-5000	+ 5000	0	+ 3000	1
C	-5000	+ 2500	+ 2500	+ 90000	2

Fuente: Elaboración propia

Donde

I<sub>0</sub> = Inversión inicial

F<sub>i</sub> = Flujos de efectivo en el año i. Para i = 1, 2, 3

En este caso la decisión que tomaría cualquier empresa sería tomar el proyecto B ya que es en el que recuperan más rápido su dinero. Pero este método contempla ciertos problemas por lo que su uso no es muy recomendable. Por un lado, no contempla el valor del dinero en el tiempo. Por otro lado, ¿qué pasaría si el período de recuperación fuese de 2 años?, en este caso los 3 proyectos serían atractivos por lo que se tomaría cualquiera de los 3 o los 3 a la vez. Además, cabe mencionar que no toma en cuenta los flujos que se dan de manera posterior al periodo de recuperación y eso puede marcar la diferencia, de un proyecto.

### 2.1.2 Tasa Interna de Rentabilidad (TIR)

La TIR se define como la tasa de descuento que implica que el VPN sea igual a cero, en otras palabras,

$$VPN = I_0 + \frac{F_1}{1+i} + \frac{F_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+i)^n} = 0 \quad (2.1)$$

Donde “i” es la tasa de interés

Lo que significa que para hallar la TIR de un proyecto de inversión que dura “n” años, se debe calcular de la siguiente manera:

$$VPN = I_0 + \frac{F_1}{1+TIR} + \frac{F_2}{(1+TIR)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+TIR)^n} = 0 \quad (2.2)$$

Contemplemos un ejemplo para entender de manera más clara el cálculo de la TIR considerando un proyecto que produce los siguientes flujos:

**Tabla 2.2 Ejemplo TIR**

$I_0$	$F_1$	$F_2$	$F_3$
-6000	+ 3000	+ 3500	+ 5000

Fuente: Elaboración propia

Sustituyendo los datos en la ecuación 2.2 nos queda:

$$VPN = -6000 + \frac{3000}{1 + TIR} + \frac{3500}{(1 + TIR)^2} + \frac{5000}{(1 + TIR)^3} = 0$$

Resolviendo la ecuación nos dice que la TIR es 37%

Ahora bien, lo que dice el criterio de la TIR es que se acepte cualquier oportunidad de inversión tal que el costo de oportunidad de capital sea menor a la TIR.

El método de la TIR presenta 3 defectos, el primero lleva el nombre de ¿prestar o endeudarse?; el segundo, el de tasas de rentabilidad múltiples; y el tercero, proyectos mutuamente excluyentes.

El primer defecto se debe a que pueden existir 2 proyectos en los que se tenga una misma TIR, pero eso no quiere decir que sean igual de atractivos. Supongamos los siguientes proyectos:

**Tabla 2.3 Ejemplo TIR (primer defecto)**

Proyecto	$I_0$	$I_1$	TIR
A	- 3000	+ 4000	33.33%
B	+ 2250	- 3000	33.33%

Fuente: Elaboración propia

Tanto en el proyecto A como en el B la TIR es del 33.33%, lo que dice que con esa tasa el VPN es igual a cero, y tomando el criterio de la TIR estaríamos diciendo que ambos proyectos son atractivos, pero no es así. En el proyecto A estamos prestando dinero a

una tasa del 33.33% y en el B nos estamos endeudando debido a que estamos recibiendo dinero a una tasa del 33.33%. Sabemos muy bien que cuando prestamos dinero se desea tener una alta tasa de rentabilidad, pero cuando pedimos prestado es todo lo contrario, ya que no nos conviene que nos presten dinero a una alta tasa de interés.

El segundo defecto se da cuando existen varias TIR para un mismo proyecto. Por ejemplo, supongamos el siguiente ejemplo:

**Tabla 2.4 Ejemplo TIR (segundo defecto)**

Proyecto	I <sub>0</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	TIR 1	TIR 2
X	- 100	+ 230	- 132	10%	20%

Fuente: Elaboración propia

Con las dos tasas mostradas el VPN es igual a cero, por lo que no es seguro tomar una u otra para compararla con los costos de oportunidad de capital y así tomar una decisión.

El último defecto se presenta cuando existen dos proyectos de los cuales uno ofrece una TIR mayor al otro pero no significa que ese sea el más atractivo. Veámoslo con un ejemplo. Supongamos los siguientes proyectos con sus respectivos flujos:

**Tabla 2.5 Ejemplo TIR (tercer defecto)**

Proyecto	I <sub>0</sub>	I <sub>1</sub>	TIR
A	- 20000	+ 35500	77.5%
B	- 10000	+ 20000	100%

Fuente: Elaboración propia

En este caso, suponiendo un costo de oportunidad del 10%, cualquier empresa elegiría el proyecto B debido a que la TIR es más alta que la del proyecto A, y por consiguiente más alta que el coste de oportunidad de capital. Pero si traemos a valor presente los

flujos de ambos proyectos con la tasa del costo de oportunidad nos podremos dar cuenta que el proyecto B no es el mejor. Haciendo los cálculos obtenemos que el VPN del proyecto A es \$12, 272.73 y el VPN del B es \$8, 182. Por lo que realmente podemos darnos cuenta de que realmente el proyecto A es mejor que el B.

Para llevar a cabo esta tesis se eligió trabajar con el método del VPN. Por una parte, no presenta el problema que tiene el método de recuperación, ya que éste si toma en cuenta el dinero en el tiempo. Por otra, es menos complicado que el método de la TIR. Aunque cabe mencionar que usando adecuadamente el método de la TIR se puede llegar a un mismo resultado que con el VPN.

### 2.1.3 Valor Presente Neto (VPN).

El VPN consiste en determinar la equivalencia en el tiempo cero de los flujos de efectivo futuros que genera un proyecto y comparar esta equivalencia con el desembolso Inicial. Cuando dicha equivalencia es mayor o igual que el desembolso inicial; o sea si el VPN es mayor o igual a cero es recomendable que el proyecto sea aceptado.

De acuerdo a lo anterior el VPN de un proyecto estará dado por la fórmula:

$$VPN = -I + \sum_{j=1}^n F_j v^j \quad (2.3)$$

Donde

$VPN$  - Valor presente neto.

$I$  - Inversión Inicial.

$F_j$  - Flujo de efectivo neto del período  $j$ .

$n$  - Número de períodos de vida del proyecto.

$$v^j = \frac{1}{(1+i)^j}$$

$i$  - Tasa de interés

La fórmula 2.3 considera el valor del dinero a través del tiempo al seleccionar un valor adecuado de  $i$

Cabe mencionar que el VPN tiene ciertas complicaciones que muchas personas no toman en cuenta. En primer término, ¿cómo pueden garantizar que un proyecto que resultó ser bueno no presentará pérdidas durante los primeros meses?, es decir, que dicho proyecto empezará a dar frutos después de cierto período. Por ejemplo, si una persona decide invertir cierta cantidad de dinero en un proyecto donde el VPN es no negativo, y en los primeros períodos los flujos de efectivo son negativos, tal vez el inversionista no haya dispuesto de una reserva que le permita sostener el proyecto. Esto llevaría al fracaso de dicho proyecto cuando éste realmente era bueno, ya que la persona no tendría la liquidez suficiente para tener en pie dicho proyecto. En cambio si esta persona se hubiera percatado de lo que pasaría en los primeros meses entonces se habría respaldado de cierta manera que pudiera continuar con el proyecto, o de otra manera, ni siquiera lo hubiera puesto en marcha.

A continuación se mostrará un ejemplo más claro acerca de lo que se ha mencionado con anterioridad.

### **Ejemplo**

Una persona cuenta con \$1, 000, 000 de capital y desea invertirlos en un proyecto “x” el cual se evaluará a 20 años para saber si conviene invertir en él o no. Supongamos que en el mercado financiero se encuentra una tasa del 7% y que los flujos de los primeros 3 años se presentan en forma de pérdidas de \$25, 000. Además, los siguientes

5 años se mantienen ganancias de \$87, 000 y los siguientes 12 años ganancias de \$ 168, 000.

Ahora calculemos el VPN para probar si el proyecto es aceptable o no, para lo cual sustituyendo en la ecuación 2.3 tenemos que:

$$VPN = -1000000 - \sum_{j=1}^3 25000V^j + \sum_{j=4}^8 87000V^j + \sum_{j=9}^{20} 168000V^j$$

En términos actuariales la ecuación nos queda de la siguiente manera:

$$VPN = -1000000 - 25000a_{\overline{3}|} + 87000a_{\overline{5}|}V^3 + 168000a_{\overline{12}|}V^8$$

Con lo anterior obtenemos que el  $VPN = \$2,195.82$  y como podemos observar es positivo lo cual indicaría que el proyecto es aceptable. Como se puede apreciar, existen pérdidas los primeros 3 años por lo que para saber si el proyecto se inicia o no, hay que considerar si el inversionista puede o no financiarse para mantener dicho proyecto.

En caso de no poder financiarse para mantener el proyecto, se recomendaría no realizar dicho proyecto, lo cual llevaría a una contradicción con estatutos que se manejan en muchos libros acerca del VPN, ya que en ellos sólo mencionan que si es positivo se acepte el proyecto.

En segundo término, la tasa de interés con la que se trabaja para el cálculo del VPN se maneja constante y ese se hace un problema para la evaluación de un proyecto. En la realidad las tasas de interés cambian y muchas veces no sabemos cuáles serán, por lo que el resultado que arroje el VPN no es 100% confiable. Por ejemplo, Juan y Pedro necesitan un préstamo de \$5, 000, por lo que se acercan a un prestamista para pedirle

dicha cantidad de dinero. La diferencia que existe entre el préstamo que pide Juan y el préstamo que pide Pedro es el tiempo en que ellos dispondrán para pagarlo. Juan solicita 3 años para pagar la deuda, por lo que el prestamista pide a Juan que le pague \$6, 655 en 3 años, es decir, le pide una tasa del 10%. Y Pedro solicita 7 años para cubrir el préstamo, por lo que el prestamista pide una cantidad de \$11, 053.41 al final de los 7 años, es decir, le pide una tasa del 12% aproximadamente.

Planteando la ecuación del VPN, para el inversionista, nos queda de la siguiente manera:

$$VPN = -10000 + 6655(1.1)^3 + 11053.41(1.12)^7$$

Donde el  $VPN = 0$

¿Qué pasaría si el VPN fuese calculado con una tasa constante como se maneja usualmente?

Para responder esta pregunta es necesario plantearse dos casos.

**Caso 1:** Supongamos que para evaluar el VPN se considera una tasa del 10% anual, que se cobra para flujos de 3 años.

De esta manera, la ecuación del VPN nos queda:

$$VPN = -10000 + 6655(1.1)^3 + 11053.41(1.1)^7$$

Lo que nos daría un resultado de  $VPN = 672.15$ , por lo que se estaría sobreestimando el VPN. En este caso no habría problema con la decisión del prestamista ya que de igual manera aceptaría el proyecto.

**Caso 2:** Tomemos la mismos datos que el caso 1 con excepción de que la tasa a la que el prestamista ofrece préstamos es del 12% anual, a cualquier plazo.

Recalculando el VPN, la ecuación nos queda:



$$VPN = -10000 + 6655(1.12)^3 + 11053.41(1.12)^7$$

Esto nos dice que el  $VPN = -263.10$ . En este caso no es recomendable que el prestamista acepte el proyecto porque el VPN es negativo, por lo que estaría experimentando una pérdida financiera. Por lo tanto, esta vez si se ve afectada la decisión y esto pasa debido a que, en promedio, Juan y Pedro le pagan una tasa menor a la que él pacta sus préstamos.

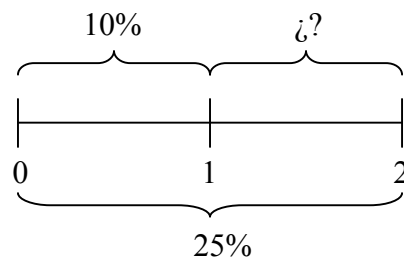
En este último caso se puede ver de manera clara el error que se puede causar si en la vida real se utilizan tasas constantes para evaluar flujos de efectivos que están en distintos períodos. En el caso del prestamista, regularmente no utilizaría una misma tasa para préstamos pagados en distintos períodos, ya que comúnmente entre más tiempo pidan para devolverle su dinero más riesgo se tiene, y eso implica una tasa más elevada.

## **2.2 Tasas Futuras**

Las tasas futuras sirven para dar una expectativa acerca de cómo será el comportamiento de una tasa en un año del cual no se tiene información. Por ejemplo, si nos basamos en los bonos, sabemos que sólo proporcionan tasas a 1 año, a 2 años, a 3 años, etc., pero no te dan información explícita acerca de que tasa se aplicará del año 1 al 2, o del año 2 al 3, etc. Por lo que sería conveniente, para los inversionistas, encontrar un mecanismo que les permita identificar la magnitud de las tasas futuras en base a la información que el mercado les brinda en la actualidad. De esta manera ellos tendrían una expectativa acerca del comportamiento de las tasas futuras, respecto al mercado, y de esa forma tomar una decisión a la hora de invertir.

Supongamos que una persona decide hacer una inversión a 2 años en bonos. Además, la tasa de interés de bonos a 1 año es del 10% y la de bonos a 2 años es del 25%. La pregunta sería: ¿le convendría, al inversionista, invertir su dinero en bonos a 2 años o invertir a 1 año y reinvertir su dinero a la nueva tasa de bonos a 1 año que opere en ese momento?

Para responder esta pregunta, primero se necesita saber cómo puede ser la tasa de interés de bonos a 1 año, pero a partir del año a reinvertir.



**Figura 2.1 Ejemplo Tasas Futuras**

Fuente: Elaboración propia

Para lograr conocer esa tasa es necesario hacer una equivalencia de tasas, es decir:

$$(1.1)(1 + i) = 1.25$$

Despejando nos queda que  $i = \frac{1.25}{1.1} - 1 = 13.64\%$ . Este resultado nos dice, que de acuerdo a la información que brinda el mercado, la tasa que se espera en el mercado de bonos a 1 año posiblemente será del 13.64%.

Ahora bien, para que el inversionista tome una decisión acerca de lo que hará, se deben de contemplar dos casos.

**Caso 1:** Si el inversionista cree que la tasa esperada para el año siguiente será mayor a la tasa esperada según el mercado, es decir, que será mayor al 13.64%, entonces le

convendría invertir a un año y luego reinvertir. Porque de esa manera obtendría una utilidad más alta comparada con la que obtendría si sólo invirtiera en bonos a dos años.

**Caso 2:** En caso contrario, si el inversionista tiene la expectativa de que la tasa esperada será menor al 13.64% no le convendría invertir primero en bonos a un año y después reinvertir porque estaría perdiendo, por lo que invertiría en bonos a dos años.

### **2.3 Simulación**

La simulación se define como la imitación del comportamiento de un sistema real mediante un conjunto de métodos y aplicaciones. El objetivo principal de esta técnica es llevar a cabo experimentos en un modelo dado con la intención de entender el comportamiento del sistema que representa y además evaluar alternativas para su mejor realización

En muchas ocasiones, la simulación ha demostrado ser una buena herramienta para modelar el comportamiento real de un sistema. En cuanto a la evaluación de proyectos, es necesario utilizar herramientas que se apeguen a la realidad ya que de no ser así no se obtendrían resultados factibles para tomar decisiones en dichos proyectos.

Cabe mencionar que la simulación presenta ciertas ventajas y desventajas. Dentro de las ventajas se encuentran:

1. Es más sencillo entender los métodos de simulación que los analíticos.
2. Ya una vez construido el modelo, puede ser modificado con el fin de analizar diferentes escenarios.
3. La simulación se apega a la realidad.

Dentro de las desventajas se encuentran:

1. El desarrollo de un modelo puede ser costoso, laborioso y lento ya que se requiere gran cantidad de corridas computacionales para lograr encontrar las soluciones óptimas.
2. La solución que arroja cualquier modelo de simulación puede dar un falso sentido de seguridad.
3. Debido a que existe la posibilidad de cometer errores, es difícil aceptar los modelos de simulación. Hay que tomar en cuenta que la experimentación se lleva a cabo con un modelo y no con el sistema real, y si el modelo está mal o si se maneja de manera errónea, los resultados serán incorrectos. Es por ello que en esta tesis se procedió a realizar dos análisis distintos para contrastar resultados.

### **2.3.1 Proceso de Desarrollo de una Simulación**

Para el desarrollo de una simulación se deben distinguir ciertas etapas para lograr un trabajo más efectivo. Dichas etapas se encuentran dadas de la siguiente manera:

- 1. Formulación del problema a simular:** Lo más importante en esta etapa es definir de manera clara el objeto de la simulación. Además, se debe de tener bien detallados los resultados que se esperan del simulador, el tiempo que se dispone para su realización, las variables más importantes, el tratamiento estadístico de los resultados, etc.
- 2. Definición del sistema:** Se debe de definir perfectamente el sistema a simular.
- 3. Formulación del modelo:** Hay que llevar a cabo el desarrollo de un modelo simple que pueda capturar los aspectos relevantes del sistema real. Estos

aspectos dependen de la formulación del sistema. Después de varias iteraciones que se vayan realizando, el modelo se irá enriqueciendo.

- 4. Selección del lenguaje:** En esta etapa se toma muy en cuenta el lenguaje en el que se desarrollará un programa que lleve a cabo la simulación. Por lo que se tiene que tener un buen conocimiento acerca del lenguaje elegido. Cabe mencionar que existen lenguajes específicos de simulación, lo cual facilita esta tarea. También, para casos especiales, existen programas que ya cuentan con modelos específicos.
- 5. Colección de datos:** Los datos pueden ser provistos por registros históricos o mediciones realizadas en el sistema real.
- 6. Codificación del modelo:** Ya habiendo elegido el lenguaje computacional a utilizar es necesario implementar la codificación del modelo para luego así ingresar los datos obtenidos.
- 7. Verificación:** Se debe de comprobar que no existan errores entorno a la programación.
- 8. Validación del modelo:** En esta etapa se comprueba el modelo desarrollado; por lo que se comparan las predicciones del modelo, ya sea con los datos históricos o datos de sistemas similares. Como resultado en esta etapa se puede sugerir una modificación o no, del modelo o también recolectar datos adicionales.
- 9. Experimentación:** En esta etapa se realizan simulaciones con los datos obtenidos.
- 10. Interpretación:** Aquí se lleva a cabo una parte esencial, ya que es importante saber traducir los resultados arrojados dentro de la simulación, es decir, entender de manera clara el producto de la simulación.

**11. Implantación:** En esta etapa se evita el mal manejo del simulador o el mal empleo de los resultados del mismo.

**12. Documentación:** En esta etapa se debe de contar con una descripción detallada del modelo y de los datos. También se debe de incluir el desarrollo de la evolución histórica de las etapas.

### **2.3.2 Tipos de Simulación**

La simulación se puede dar de tres maneras, de acuerdo a la naturaleza del modelo utilizado. La primera, llamada identidad, se lleva a cabo cuando el modelo es una réplica exacta del sistema estudiado. Por ejemplo, en las empresas automotrices se realizan ensayos de choques de automóviles utilizando unidades reales y de esa manera prueban lo eficiente que pueden ser sus vehículos. La segunda, llamada causi-identidad, se utiliza una versión un poco simplificada del sistema estudiado. Por ejemplo, en el ejército se llevan a cabo entrenamientos en los que hacen simulacros de batallas e incluyen movilización de equipos y tropas, pero no es una batalla real. Por último, la simulación por computadora que puede ser determinístico o estocástico, donde la simulación determinística es aquella que arroja un resultado exacto, es decir, que no contiene ningún tipo de error y, la simulación estocástica arroja un resultado con cierto grado de error. En general, en la simulación por computadora el modelo se implementa en un lenguaje computacional y es simbólico. Además, las personas se excluyen del modelo.

En cuanto a los modelos de simulación, existen dos tipos. Por una parte, los modelos continuos que tratan con sistemas cuyo comportamiento cambia de manera continua con el tiempo. Por ejemplo en las líneas de espera, en el tiempo de entrada y salida. Por

otra parte, los modelos discretos que tratan con sistemas cuyo comportamiento sólo cambia en ciertos instantes. Por ejemplo en las líneas de espera también, por la parte de saber cuántas personas están en espera.

Analizando los tipos de simulación existentes, se tomó la decisión de utilizar la simulación estocástica por computadora, ya que facilita el cálculo de las operaciones que se llevarán a cabo. Los factores a simular serán los flujos de efectivo, por lo que el modelo será continuo debido a que este factor en la vida real se presenta de tal manera.