

LA EVALUACIÓN DE INVERSIONES BAJO CONDICIONES DE INCERTIDUMBRE EN LA INDUSTRIA DE LOS DERIVADOS DE LA CAÑA DE AZÚCAR.

Armando Lauchy Sañudo lauchy@reduniv.edu.cu
Director de Contabilidad y Finanzas
Ministerio de Educación Superior

Resumen

La industria azucarera en el mundo, y la cubana en particular ofrece enormes posibilidades de aprovechamiento integral de la caña de azúcar, a través del desarrollo de la producción de sus derivados con amplios mercados en frontera y en el exterior, y así consecuentemente con ello competir con su principal y tradicional producto, el azúcar.

Por esta importante razón es que se hace imprescindible el desarrollo impetuoso de la industria de los derivados de la caña de azúcar, pasando por un coherente proceso inversionista en todo el sector agroindustrial azucarero.

Para el desarrollo de las inversiones en este tipo de industria con sus propias complejidades se requiere, como así lo está solicitando la máxima dirección del MINAZ en Cuba, que se utilicen las técnicas más novedosas en este campo de estudio, pero que a la vez constituyan verdaderos instrumentos para la toma de decisiones dentro del plan de la empresa. En el presente trabajo se ilustran tales métodos de evaluación y la forma coherente de su aplicación práctica en el objeto de estudio seleccionado, realizándose con el mínimo de capital a invertir; y sobre todo basándose en el uso de recursos reconvertibles.

1. Introducción.

La industria azucarera cubana ha sido por muchos años el principal sostén de la economía nacional. La misma ha pasado por diferentes etapas en su desarrollo, logrando máximas producciones en los años 80, y llegando a los 90 con una baja sostenida de sus producciones debido a la contracción de los precios del azúcar en el mercado internacional.

A pesar de las dificultades por las cuales ha atravesado la industria azucarera, al enfrentarse a la escasez de capital, a la competencia de los productos sustitutivos, etc, hoy todavía se mantiene como un renglón importante de la economía, sin cuya recuperación no es posible consolidar las bases económicas para dejar atrás la crisis que nos ha afectado durante los últimos años.

Por ello, el azúcar como producto de comercialización internacional ha venido presentando una situación muy crítica desde entonces lo que ha provocado en los países productores a desarrollar una estrategia que permita incrementar su competitividad, lo que indudablemente pasa por la diversificación de la industria de la caña de azúcar, a través de la utilización integral de la caña de azúcar como

materia prima base en la obtención de otras materias primas, derivados y subproductos.

Para concretar todo el desarrollo de la industria de los derivados debe pasarse por una correcta política inversionista que responda a los objetivos estratégicos de la macroeconomía en Cuba en cuanto a los aportes del sector azucarero al PIB, a los niveles de ingresos en divisas y consecuentemente en el balance del comercio exterior.

La principal hipótesis normalmente establecida en la evaluación de proyectos de inversión es la de suponer que los valores únicos del desembolso inicial y los flujos netos de caja anuales representan la naturaleza de la inversión y por tanto, permiten su correcta evaluación. Sin embargo, estas magnitudes dependen de un conjunto de factores como son: el costo de las materias primas, el nivel de ventas, el horizonte temporal de la inversión; cuyos valores efectivos se desconocen con certeza, originando circunstancias en las que cada variable puede tomar un número de valores diferentes que al combinarse unos con otros, generarían una amplia gama de flujos netos de caja posibles y consecuentemente, el VAN, la TIR, el PRD serán variables inciertas. Para corregir estas dificultades, surge una metodología complementaria llamada Opciones

Reales, la cual es una analogía a las opciones financieras. El método de Monte Carlo, utilizando la aplicación @RISK para Excel, permite establecer tantas combinaciones como se quiera de valores posibles en las variables consideradas.

2. El riesgo y la incertidumbre en la valoración y selección de proyectos de inversión.

Los proyectos de inversión en casi su totalidad se evalúan en escenarios ciertos con relación a las variables que componen sus flujos de caja, que es lo que se conoce como decisiones bajo certidumbre. No obstante, esa no debe ser la regla en los procesos de evaluación.

En la realidad empresarial los elementos o magnitudes que definen un proyecto de inversión no se comportan necesariamente como conocidas con certeza, sino que en la mayoría de los casos se conocen en términos esperados, es decir, en forma, aleatoria o probabilística. Esto obliga al análisis de las decisiones de inversión en diferentes escenarios, conscientes del desconocimiento o escaso conocimiento de lo que realmente va a suceder. Aquí no hay otra opción que reconocer la existencia de "riesgo" en las decisiones de inversión.

Como plantea Sapag (2003), en la evaluación de proyectos los conceptos de *riesgo* e *incertidumbre* se diferencian en que el primero se basa en probabilidades de ocurrencia que se pueden estimar, y el segundo se enfrenta a posibles eventos futuros a los que no se le puede asignar una probabilidad.

Por su parte Canada, Sullivan y White (1997), asumen que la distinción clásica entre riesgo e incertidumbre es que un análisis implica *riesgo* si se los resultados alternativos posibles; e *incertidumbre* si se desconoce la distribución de frecuencia de los resultados posibles.

El análisis del comportamiento de las variables que induzcan a variaciones de los hechos futuros conduce directamente al concepto de "riesgo", el cual en su acepción mas general es una contingencia que entraña la posibilidad de afectaciones al proyecto de que se trate. No es objetivo, abordar los distintos criterios y conceptos que sobre riesgo se conocen en la literatura, pues sería muy amplio y además no es el propósito; más bien se abordará teóricamente lo esencial para comprender la

importancia y la necesidad de ser tratado en su debido lugar.

En el análisis de inversiones esta presente en toda su magnitud el hecho de que en la estimación de las variables tanto internas como externas que intervienen en las técnicas de evaluación existe cierta incertidumbre asociada a las mismas y cuando se trata de predecir el futuro esta aumenta; de manera que no se puede prescindir de ella en la previsiones futuras del proyecto.

El tratamiento del riesgo ha sido un aspecto ampliamente tratado por diversos autores, incluso su forma de enfrentarlo, aplicarlo en la práctica empresarial varia en sus enfoques, pero no en su esencia, por ello se abordara la teoría clásica en este sentido haciendo algunas observaciones que ayudaran a comprender este campo tan complejo y dinámico de la gestión de proyectos.

Existen aún no pocas organizaciones que realmente consideran y gestionan el riesgo a que se verá sometido, sin embargo, hoy en un entorno cada vez más competitivo y dinámico, es más necesario que se actúe sobre los riesgos estratégicos analizándolos y gestionándolos correctamente.

Distinguiremos entonces las distintas formas en que se clasifican los riesgos: estos pueden ser evitables y gestionables a la vez, pero también existen riesgos no evitables que se pueden gestionar y otros que no dan esa posibilidad; por otro lado se diferencian en si son internos o externos; así como también en económicos y financieros. Por otro lado, la gestión del riesgo puede ser preventiva, reactiva y proactiva.

Suponer que las distintas magnitudes que definen una inversión (entiéndase inversión inicial, flujos de efectivo, tasa de descuento, vida útil) son perfectamente conocidas constituye en la mayor parte de los casos una percepción simplista de la realidad. Existen una serie de factores o agentes exteriores incontrolables de índole natural, tecnológica, comercial, financiera, legal, competitiva, coyunturas internacionales que son ajenos al proyecto y pueden tener un impacto directo o indirecto sobre el mismo. En muchos casos, sin embargo, las distintas magnitudes que definen una inversión se conocen con un grado de aproximación tal que pueden ser consideradas como seguras o como ocurre en la mayor parte de los casos, posibles de estimar probabilísticamente.

Si bien es cierto que es casi imposible que se cumplan la totalidad de las proyecciones estimadas, no es menos cierto que las situaciones de total incertidumbre son tan irreales como las de predicción perfecta. En la inmensa mayoría de los casos se podrán estimar de forma aceptable una gran parte de las variables del proceso.

El análisis de riesgo es una técnica que proporciona información vital relativa de decisiones de inversión. Provee una medida de riesgo asociada a un proyecto. Provee además una base sobre la cual determina la conveniencia de llevarlos a cabo y hace que los estudios de valoración y selección de inversiones sean mucho más efectivos al identificar y ordenar la fuente de incertidumbre de acuerdo a su impacto sobre la decisión final.

Parar algunos autores el hecho de que a los proyectos de inversión le son inherentes el riesgo y la incertidumbre, los lleva a pensar que no se justifica la utilización de métodos complejos para su análisis porque a su criterio no aportan nada valioso, ni los disminuyen; sin embargo, el tamaño, la complejidad, el valor de los proyectos de inversión frente al valor de la empresa, entre otros aspectos son elementos que adquieren cada vez mas importancia para no obviar el efecto del riesgo y la incertidumbre. Para el tratamiento del riesgo se consideran cuatro niveles de actuación, a los que a nuestro criterio se le debe añadir uno más que aún cuando su complejidad de aplicación es alta es necesario al menos mencionarlo; estos son: El Costo Medio Ponderado e Incremental del Capital (CMPC), El método aproximado, El método estadístico, El Capital Asset Pricing Model (CAPM), y la Teoría de Opciones (OPM). El **método del CMPC** puede ser utilizado en condiciones de riesgo si el proyecto a evaluar cumple con una serie de requisitos, que de hecho es lo que lo limita en su aplicación. Estos requisitos son: la inversión no modifica el riesgo económico de la empresa; la financiación del proyecto no modifica el riesgo financiero de la empresa; y el proyecto no modifica la política de dividendos de la empresa. Al cumplirse estas condiciones de facto el CMPC lleva implícito el riesgo normal tanto económico como financiero.

Los **métodos aproximados** son los que consideran en riesgo de forma explícita midiéndolo de forma subjetiva, e incorporándolo a la cuantificación de la rentabilidad, a la cual

corrigen en función del nivel de riesgo del proyecto.

Dentro de estos métodos se plantean el de *ajuste de la tasa de actualización utilizando una prima de riesgo*; y la *reducción de los flujos de caja a condiciones de certeza*.

Los **métodos estadísticos** consideran el riesgo explícitamente a través de una medida que se expresa por la varianza de la rentabilidad; de esta manera en el análisis se incorporan dos índices, uno el que indica la rentabilidad que proporciona el proyecto (esperanza matemática de la rentabilidad), y dos, el riesgo asociado a la misma, es decir, la varianza o desviación típica de la rentabilidad.

Dentro de estos métodos se pueden mencionar: primero, El análisis de la función de densidad de la rentabilidad del proyecto a través de un método analítico conocido como de Hillier; segundo, El análisis de la función de densidad de la rentabilidad del proyecto a través de un método empírico, en este caso el de Hertz o de Simulación de Montecarlo; y tercero, El análisis de decisiones secuenciales, a saber, árboles de decisión y árboles estocásticos.

Según Ruiz Martínez (2000) la aplicación de estos métodos es válida en los proyectos en los que el riesgo específico es indicativo del aumento o disminución del riesgo incremental, es el caso donde los flujos de caja del proyecto están perfectamente correlacionados con los de la empresa.

En el **criterio de la esperanza matemática** dado el momento en que la inversión inicial y los flujos de caja son variables aleatorias, cada una de ellas tendrá su media aritmética, pero lo que interesa es calcular la esperanza matemática del VAN, con el objetivo de que en base al valor de dicho parámetro se pueda decidir sobre la conveniencia o no de la inversión. La esperanza matemática de una suma de variables aleatorias, sean estas dependientes o independientes, es siempre igual a la suma de las esperanzas matemáticas de cada una de dichas variables.

El cálculo de la **varianza del VAN** es un criterio complementario al de la esperanza matemática anteriormente descrito. En base a este criterio, entre un grupo de proyectos excluyentes el más elegible es el que presente un mayor valor esperado en su valor actual neto. Pero también se deberá tener en cuenta la varianza del

mismo, la cual medirá el grado de dispersión de los posibles valores a tomar respecto a un valor medio (valor esperado). De esta forma el mejor proyecto resultará el que arroje menor variabilidad en su VAN, y por tanto, menor riesgo de que este pueda tomar valores indeseables.

Se está entonces ante la denominada **probabilidad objetiva y subjetiva**, y así buscando evitar el subjetivismo surgieron los criterios de decisión clásicos como el de Laplace, donde se le confiere igual probabilidad a cada evento, pesimista o de Wald, de Hurwicz, de Savage etc., los que no han resuelto definitivamente el problema ya que cada uno de los criterios, dada su dosis de optimismo o pesimismo, puede arrojar un resultado distinto, con lo que la subjetividad entraría en juego a la hora de elegir el criterio.

Por otra parte, como se expuso antes, el decisor no se encontrará nunca ante situaciones de total incertidumbre; siempre será posible la ponderación de las probabilidades de ocurrencia de las diferentes situaciones. Debido a esto en la actualidad ha surgido el concepto de probabilidad "subjetiva" o "a priori".

La probabilidad de un suceso ya no es sólo (como se había entendido tradicionalmente) igual a la razón entre el número de casos favorables y el número de casos posibles, o igual al límite de una frecuencia. La probabilidad subjetiva es un número que cuantifica el concepto cualitativo del decisor y se basa en su experiencia, en su intuición y en sus conocimientos. Esta idea de probabilidad ha sido probada y ha mostrado su utilidad en la toma de decisiones económico-financieras.

El **método CAPM**, conocido como modelo de equilibrio para activos financieros, ofrece una metodología para establecer un criterio de aceptación o rechazo de inversiones. Este método es por definición más sofisticado que los métodos mencionados anteriormente, pues generaliza para cualquier situación la medida y tratamiento del riesgo incremental, en otras palabras determina la función que conecta a la rentabilidad exigida por el inversor con el riesgo asociado a su inversión, de hecho ayuda a la política de inversión y financiación ante el riesgo. Esta es una teoría que aunque surgida en los años 50 se encuentra sistematizada desde hace tiempo y es aceptada como un paradigma básico por la comunidad científica internacional.

Este método se fundamenta en la teoría de carteras y el concepto de diversificación, esta última es la que permite disminuir el riesgo de la cartera de manera que el inversionista, en condiciones de un mercado en equilibrio, asume solo el riesgo del sistema o sistemático, y el no sistemático, desaparece con una adecuada diversificación de los títulos de la cartera.¹

Entonces la rentabilidad de un activo con riesgo será igual a la de uno sin riesgo, más una prima por riesgo a soportar, lo cual se expresa como:²

$$E(R_i) = R_F + [E(R_M) - R_F] \beta_i$$

Donde:

$E(R_i)$ - Esperanza de rentabilidad del título,

R_F - Rentabilidad del activo sin riesgo.

$E(R_M)$ - Esperanza de rentabilidad del mercado.

β_i - Riesgo sistemático del título.

COV- Covarianza entre R_i y R_M .

σ^2 Varianza de R_M .

Ahora para el objetivo de este trabajo el CAPM es aplicable a la selección de inversiones físicas, donde se debe cumplir la norma de que *un proyecto de inversión es aceptado* cuando se cumple que:

$$E(R_A) \geq SML_A = R_F + [E(R_M) - R_F] \beta_A$$

Donde:

$$\beta_A = \frac{COV(R_A, R_M)}{\sigma^2(R_M)}$$

$E(R_A)$ - Esperanza de rentabilidad esperada del proyecto de inversión,

SML_A - Rentabilidad mínima exigida al proyecto de inversión ajustada al riesgo que se asume.

β_A - Riesgo sistemático del proyecto de inversión.

Aquí se está en presencia de una situación paralela entre la desigualdad $E(R_A) \geq SML_A$ y la que explica la norma de decisión en base a la TIR, de acuerdo a la cual un proyecto se acepta siempre que la $TIR = r \geq k$. Por tanto, $E(R_A)$ asume el objetivo de la TIR y la SML_A asume la rentabilidad mínima ajustada al riesgo. Como el CMPC solo tiene en cuenta el riesgo normal y ahora se considerarán variaciones futuras en el riesgo la tasa correcta debe ser ajustada y la expresión del VAN adoptará la siguiente forma:

¹ La teoría de carteras y el CAPM fueron las dos aportaciones más importantes entre otras que le permitieron a Markowitz y a Sharpe obtener en 1990 el Premio Nobel de economía.

² Ruiz Martínez, Ramón J; Gil Corral, A. M. La planificación financiera de la empresa. Instituto Superior de Técnicas y Prácticas Bancarias. Madrid, España, 2000, p.166.

$$E(VAN) = -E(I) + \sum_{i=1}^n \frac{E(CF_i)}{(1 + E(R_j))^i}$$

Donde:

E(VAN)- Esperanza matemática del VAN,
E(I)- Esperanza matemática del costo inicial del proyecto de inversión,
E(CF_i)- Esperanza matemática del flujo de caja del proyecto de inversión,
E(R_j)- Tasa de actualización ajustada al riesgo o rentabilidad mínima a exigir por asumir el riesgo.

El resultado obtenido por esta vía que asume cierto nivel de riesgo implica que la esperanza de rentabilidad, medida por el VAN, sea menor que calculada en condiciones de certeza, por tanto, la inversión tiende a ser menos atrayente para el inversor. Hay que aclarar que el riesgo sistemático medido por la β no tiene por que comportarse constante en todo el horizonte temporal de la inversión, muy por el contrario debe variar, y por ello así ha de considerarse.

Por otro lado, aún cuando utilicemos la tasa ajustada al riesgo el VAN y la TIR son aconsejables para proyectos relativamente estables, pero siguen siendo no recomendables a inversiones con oportunidades de crecimiento, y no tienen casi ninguna utilidad práctica en proyectos de I+D+I, donde casi la totalidad de su valor corresponde al de una "opción".³

3. El análisis de sensibilidad.

Los supuestos de certeza por parte del inversor como se conoce tienen un carácter restrictivo y condiciona en buena medida la validez de las conclusiones en el análisis de la rentabilidad. El análisis de sensibilidad permite suavizar el efecto de este supuesto de certidumbre pues consiste en determinar la influencia que ejercen las posibles variaciones de los parámetros del proyecto sobre los indicadores que miden la rentabilidad del proyecto como son el VAN y la TIR.⁴

³ Weston, J.F; Copeland, T.E. Finanzas en Administración. McGrawHill Interamericana. México. Novena Edición. Volumen I, 1995, p.561.

⁴ Romero (1998) plantea que el análisis de sensibilidad puede enfocarse básicamente desde dos puntos de vista; primero estableciendo los valores límites de los parámetros que caracterizan el proyecto, de manera que resulten compatibles con la viabilidad de la inversión y segundo estableciendo a priori los valores mínimos y máximos que puedan tomar en el futuro, estudiando así la rentabilidad del proyecto tanto para sus valores extremos como para sus valores medios.

En opinión de muchos evaluadores, el análisis de sensibilidad está reemplazando a los modelos de incorporación del riesgo, tanto los que actúan sobre los flujos de caja, como los que lo hacen sobre la tasa de descuento.

La limitación fundamental de los mencionados modelos es que consideran información histórica para proyectar situaciones del pasado y el presente hacia el futuro; por ejemplo las probabilidades de ocurrencia de determinados flujos de caja. Es evidente que sobre su comportamiento actúan variables del entorno, las cuales no siempre podemos predecir como el caso de los factores del clima, que si bien muchas veces son predecibles a corto y muy corto plazo, en muy raras ocasiones (para no decir en ninguna) se podrán prever con la antelación suficiente, tanto el momento de su ocurrencia como la intensidad con que se manifiesten, para incluirlos en un análisis de riesgo.

Todos esto no quiere decir que los métodos de incorporación del riesgo son malos, sino más bien son insuficientes para sustentar por sí solos una decisión de inversión, y es por ello que aparecen los modelos de sensibilización con la finalidad de contribuir con una mayor cantidad de información a la toma de decisiones en los proyectos de inversión.

El análisis de sensibilidad es un método que aún conociendo las probabilidades de los escenarios / factores futuros permite direccionar adecuadamente un posterior diseño de experimento para medir el riesgo en la valoración de un proyecto.

Cuando estamos en condiciones de incertidumbre y se hace difícil estimar el comportamiento probabilístico de las variables consideradas en la formulación de un proyecto, cobra especial importancia aplicar un análisis de sensibilidad a los siguientes parámetros: Niveles de venta o demanda, Niveles de precio, Comportamiento de pago de consumidores o clientes, Comportamiento de los inventarios, Nivel de los costos de mano de obra y materiales, Precio de arrendamiento de equipos y terrenos, Costo de la inversión inicial, Retardo en puesta en marcha de inversiones o mantenimiento, Tasa promedio de interés del capital invertido, Vida útil económica.

El análisis de sensibilidad es una variación del análisis de escenarios múltiples que es útil para determinar con exactitud las áreas en las que el

riesgo de pronóstico es especialmente alto. La idea básica es congelar todas las variables excepto una y establecer con ello lo sensible que es el VAN estimado a los cambios en esa variable. Si el VAN resulta ser muy sensible a cambios relativamente pequeños en el valor proyectado de algún elemento del flujo de efectivo del proyecto, el riesgo de pronóstico relacionado con esa variable es alto.

Debido a que el análisis de sensibilidad es una variable del análisis de escenarios múltiples presenta los mismos inconvenientes antes mencionados. Es útil para señalar con exactitud donde ocasionarán el mayor daño los errores al elaborar pronósticos, pero no señala qué hacer en relación a los posibles errores.

En resumen la importancia del análisis de sensibilidad en las decisiones de inversión en condiciones de incertidumbre esta dada por:

1. Determinar las variables que contienen mayor incertidumbre en el futuro entorno de la inversión.
2. Identificar las fortalezas y debilidades propias del proyecto.
3. Ayudar a definir un ranking de test para las distintas variables con vistas a determinar la importancia de la verosimilitud de los datos primarios que les dieron origen.
4. Ayudar a establecer el rango de variación factible de las variables de test (rango no uniforme) para mantener el criterio de decisión en determinado nivel.
5. Calcular los valores críticos de las variables de test para transformar en indiferente el criterio de decisión (supuesto: *ceteris paribus*). Se plantea la utilización de dos métodos de sensibilización que permiten identificar aquellas variables más críticas sobre los que se debe trabajar. El método más común es el **análisis multidimensional** y el **análisis unidimensional**.

4. Escenarios alternativos.

A la posibilidad de que se tome una decisión incorrecta debido a errores en los flujos de efectivo proyectados se le denomina *riesgo de pronóstico*. Al elaborar pronósticos, existe el peligro de que se piense que un proyecto tiene un VAN positivo cuando en realidad no es así. Esto ocurre si se es exageradamente optimista sobre el futuro y, como resultado de ello, los flujos de efectivo proyectados no reflejan de un modo realista los posibles flujos futuros.

A continuación se presentaran algunas herramientas útiles para identificar áreas donde existen errores potenciales y donde estos pudieran ser especialmente dañinos. Se evaluará lo razonable que son las proyecciones así como cuánto daño producirán los errores en las cifras estimadas.

El enfoque básico para evaluar las proyecciones de flujo de efectivo y del VAN obligan a plantearse de qué sucede si. La meta al realizar este tipo de análisis es evaluar el nivel de riesgo de pronóstico e identificar los elementos más relevantes para el éxito o fracaso de una inversión.

Si se está investigando un nuevo proyecto lo primero que se hace es estimar el VAN con base en los flujos de efectivo proyectados. A esta estimación se le denomina *escenario base*. Después de concluir el escenario base, hay que investigar el impacto de otros supuestos futuros sobre los valores estimados para el escenario base, se establece un límite superior y uno inferior para los diversos elementos del proyecto. Al seleccionar estos límites superior e inferior, no se está descartando la posibilidad de que los valores futuros reales pudieran estar fuera de este rango.

El análisis de escenarios múltiples no es más que la determinación de lo que le ocurre a los estimados de VAN cuando se hacen preguntas de qué sucede si. Una vez que se comienzan a considerar escenarios alternativos, se podría encontrar que la mayoría de los escenarios más plausibles dan como resultado VAN positivos. En este caso se tiene confianza en seguir adelante con el proyecto si un porcentaje considerable de los escenarios presentan resultados negativos, el nivel de riesgo asociado con las proyecciones es elevado.

Existen varios escenarios posibles que se podrían considerar. Nada mejor para comenzar el análisis de escenarios múltiples que el escenario pesimista. Este señalará el VAN mínimo del proyecto. Si este valor fuera positivo, se estaría en una situación adecuada. También se determinará el escenario optimista. Este establece un límite superior al VAN de proyecto. La dificultad radica en que, sin importar cuantos escenarios se establezcan, todo lo que se puede aprender de ellos consiste en diferentes posibilidades algunas buenas y otras malas. Más allá de esto no se obtiene guía alguna

sobre qué hacer. No indica si el proyecto se debe aceptar o rechazar.

5. Análisis de simulación.

Si se combinan los análisis de escenarios múltiples y de sensibilidad, el resultado es una forma rudimentaria del análisis de simulación. Si se quiere que todas las variables cambien al mismo tiempo hay que considerar un número muy grande de escenarios. Se comienza seleccionando de forma aleatoria un valor, después que se tienen los valores para todas las variables relevantes, se calcula el VAN. Esta secuencia se repite tantas veces como se desee. El resultado es un gran número de VAN estimados que se resumen mediante el cálculo del valor promedio y de alguna medida del grado de dispersión de los diferentes VAN posibles. Tendría cierto interés conocer qué porcentaje de los escenarios posibles dan como resultado VAN estimados negativos.

Dado que la simulación es una forma ampliada del análisis de escenarios múltiples, la simulación también presenta los mismos problemas, una vez que se tienen los resultados no se tiene una regla de decisión sencilla que indique lo que debe hacerse.

Por estas razones el uso del análisis de simulación ha estado limitado en la práctica, sin embargo actualmente existen software que facilitan que su uso sea más frecuente para el futuro, sobre todo para proyectos a gran escala.

Los modelos tradicionales para la evaluación de proyectos y alternativas de inversión, usan reglas tales como período de recuperación de la inversión y técnicas de flujos de caja descontados, conocidas como Valor Actual Neto (VAN). Toda la incertidumbre es mantenida en la tasa de descuento, la cual es ajustada de acuerdo al riesgo. Sin embargo, las empresas no son inversionistas pasivos. La gerencia tiene la flexibilidad de reasignar recursos, vender el activo, invertir después, esperar y ver cómo se comporta el mercado, e inclusive puede abandonar el proyecto. Dicha flexibilidad, no es tomada en cuenta en los modelos tradicionales, lo cual implica realizar análisis erróneos y de costos de oportunidad. Para incluir el efecto riesgo, los métodos basados en mediciones estadísticas son los que logran superar en mejor forma al criterio subjetivo, que a pesar de ser uno de los más utilizados, se basa en consideraciones de carácter informal de quien toma la decisión, sin incorporar específicamente

el riesgo del proyecto. La falta de estimaciones del comportamiento futuro se puede asociar normalmente a una distribución de probabilidad de los flujos de caja generados por la inversión. Sin embargo, existen formas precisas de medición que manifiestan su importancia principalmente en la comparación de proyectos o entre alternativas de un mismo proyecto. La más común es la desviación estándar, que se calcula mediante la expresión:

$$\sigma(CF_i) = \sqrt{\sum_{i=1}^n [CF_i - E(CF_i)]^2 P_i}$$

Donde:

CF_i : flujo de caja de la posibilidad i en el tiempo.

P_i : probabilidad de ocurrencia.

$E [CF_i]$: valor esperado de la distribución de probabilidad de los flujos de caja.

Así se puede determinar cuales son las probabilidades de obtener rentabilidad negativa o viceversa, si los resultados probables de los rendimientos se encuentran dispersos o no al resultado probable medio y la búsqueda de proyectos con menor probabilidad de riesgo. Es necesario destacar que la desviación estándar no es convincente utilizarla como única medida de riesgo, porque discrimina en función del valor esperado. De esta manera, dos alternativas con valores esperados diferentes de sus retornos netos pueden tener desviaciones estándares iguales, requiriendo una desviación complementaria para identificar diferenciaciones en el riesgo. El análisis de sensibilidad nos permite considerar una sola o más variables. Con el método de escenarios se tiene la posibilidad de considerar el efecto combinado de un número reducido de variables y en limitadas combinaciones. Sin embargo, el método de Monte Carlo, renovado con aplicación del software @ RISK que mediante el entorno de las hojas de cálculo del Excel permite la modelización del riesgo en todos sus aspectos, elimina así este inconveniente dentro de los siguientes pasos básicos del método:

1. Definir la incertidumbre. Se reemplazan los valores inciertos de su hoja de cálculo por distribuciones de probabilidad del @RISK. Estas funciones simplemente representan una serie de posibles valores en lugar de limitarse a un solo valor.
- 2.
3. Seleccione sus objetivos.

4. Simular: Calcular el modelo de su hoja de cálculo cientos y miles de veces. En cada simulación, toma muestras de valores aleatorios de las funciones del @RISK que se ha introducido.

A través de esta técnica, se asigna un comportamiento aleatorio a cada variable de entrada (Tabla 1) del modelo sobre la que no exista certidumbre en su realización a través de

definir que cada entrada tiene asociado una distribución de frecuencia determinada, como la distribución normal, donde es más probable que el valor realizado se encuentre cerca de la media teniendo en cuenta un cierto desvío, o la uniforme donde se debe establecer entre que mínimo y máximo puede fluctuar la variable aleatoria de entrada de manera equiprobable, o la triangular, donde fluctúa entre un mínimo y un máximo con mayor probabilidad hacia un valor en especial.

Inputs		
Cell	Name	Formula in Cell
!C19	PRECIO VENTA INICIAL / ALCOHOL	'=RiskNormal(30.85, 1.317)/1.0637
!C58	MATERIALES / DATO BASE	'=RiskUniform(5.5, 19)/1.024247
!C60	OTROS DE EXPLOTACIÓN / DATO BASE	'=RiskUniform(1, 5)
!C62	COMERCIALIZACIÓN / DATO BASE	'=RiskUniform(0.0001, 3)
!B13	- ADQUISICIONES NETAS DE ACTIVO FIJO / 2004	'=RiskTriang(4000000, 5000000, 9000000)'

Tabla 1 Comportamiento aleatorio de las variables de entrada del modelo.

Así, independientemente de cuantas sean, y con las correlaciones necesarias, la introducción de la incertidumbre en el @RISK generará realizaciones para cada variable aleatoria de entrada, proveyendo de incertidumbre a la variable aleatoria de salida, determinando un rango de variación posible (el intervalo mencionado previamente) para la salida: VAN, TIR o cualquier otro. En términos simples, será decir que “el crecimiento a largo plazo del mercado puede fluctuar entre 3% y 5% con igual probabilidad”, o que “el margen de ganancias sigue una distribución normal con media 20% y volatilidad de 3%”, el requerimiento de la

inversión en capital de trabajo varía entre 5% y 7% del incremento en las ventas netas, y así sucesivamente en todas las variables cuyo valor exacto no se pueda predecir. Luego se procede a la simulación (Tabla 2) que consiste en generar escenarios para la variable de salida a partir de las potenciales realizaciones conjuntas de las variables de entrada (a través de una generación de números aleatorios) y dado esos valores de entrada se realizan los cálculos obteniéndose un valor consecuente con los generados.

Tabla 2 Simulación de valores aleatorios de las funciones de @RISK

Simulation	Summary of Results				
Simulation #1: IMPOR.xls Iterations= 10000 Simulations= 1 # Input Variables= 5 # Output Variables= 9 Sampling Type= Monte Carlo Runtime= 00:02:43 Run on 11/03/06, 9:58:01 AM	Cell	Name	Minimum	Mean	Maximum
	B18	VAN (11.60 %) in ([IMPOR.xls]rentabilidad)	-3244705	1.311679E+0	2.73853E+0
	C16	FNC DESCONTADO / 2005 in ([IMPOR.xls]rentabilidad)	-1.409703E+C	-9711186	-6769326
	D16	FNC DESCONTADO / 2005 in ([IMPOR.xls]rentabilidad)	-392440.1	1590453	3686275
	E16	FNC DESCONTADO / 2006 in ([IMPOR.xls]rentabilidad)	-143449	1759489	3770802
	F16	FNC DESCONTADO / 2007 in ([IMPOR.xls]rentabilidad)	-231421.5	1594785	3524997
	G16	FNC DESCONTADO / 2008 in ([IMPOR.xls]rentabilidad)	-118905.7	1717119	3657708
	H16	FNC DESCONTADO / 2009 in ([IMPOR.xls]rentabilidad)	-102024.8	1743871	3694894
	I16	FNC DESCONTADO / 2010 in ([IMPOR.xls]rentabilidad)	-136434.9	1550674	3333867
	J16	FNC DESCONTADO / 2011 in ([IMPOR.xls]rentabilidad)	1.132961E+0	1.287159E+0	1.450139E+0
	C19	(Input) PRECIO VENTA INICIAL / ALCOHOL in ([IMPOR.xls]rentabilidad)	25.24386	30.8666	36.33249
	C58	(Input) MATERIALES / DATO BASE in ([IMPOR.xls]rentabilidad)	5.501295	12.23816	18.99787
	C60	(Input) OTROS DE EXPLOTACIÓN / DATO BASE in ([IMPOR.xls]rentabilidad)	1.001478	2.972077	4.999658
	C62	(Input) COMERCIALIZACIÓN / DATO BASE in ([IMPOR.xls]rentabilidad)	4.723716E-04	1.493605	2.999981
	B13	(Input) - ADQUISICIONES NETAS DE ACTIVO FIJO / 2004	4022340	6012082	8978466

La estadística descriptiva para la variable del VAN, en este caso se encuentra expresado en la siguiente tabla:

Tabla 3 Resumen estadístico

Name	VAN (11.60 %)
Cell	[IMPOR.xls]rentabilidad!B18
Minimum =	-3244705
Maximum =	2.73853E+07
Mean =	1.311679E+07
Std Deviation =	4928830
Variance =	2.429336E+13
Errors Calculated =	0
Mode =	8502947
5% Perc =	5084627
10% Perc =	6659895
15% Perc =	7686475
20% Perc =	8535518
25% Perc =	9356501
30% Perc =	1.018276E+07
35% Perc =	1.093749E+07
40% Perc =	1.17006E+07
45% Perc =	1.241826E+07
50% Perc =	1.312382E+07
55% Perc =	1.387824E+07
60% Perc =	1.463184E+07
65% Perc =	1.536894E+07
70% Perc =	1.610068E+07
75% Perc =	1.686954E+07
80% Perc =	1.769275E+07
85% Perc =	1.854546E+07
90% Perc =	1.95321E+07

Donde se observa el mínimo y máximo de la variable de salida, el valor más probable, su desviación estándar y los intervalos de un intervalo de confianza que con un 90% de exactitud captura el verdadero valor del estimador que se busca (definido entre \$4098315 y \$219713700). De esta manera, con la herramienta de la simulación se genera un intervalo de posibles valores, con máximo y

mínimo estadístico para el proyecto, estando relativamente seguros de los posibles valores que puede adoptar el proyecto. Se cuenta con 10000 resultados para cada una de las variables de salida, lo que permite enriquecer el análisis del proyecto. Este debe complementarse con un análisis de sensibilidad a partir de las correlaciones obtenidas.

Tabla 4 Correlación entre variables entrada - salida

Sensitivity to Inputs				
Rank	Cell	Name	Sensitivity (RSqr=1)	Rank Correlation Coefficient
#1	C58	MATERIALES / DATO BASE	-0.8456421	-0.8532563
#2	B13	- ADQUISICIONES NETAS DE ACTIVO FIJO / 2004	-0.3282602	-0.2930109
#3	C19	PRECIO VENTA INICIAL / ALCOHOL	0.2734673	+0.2580276
#4	C60	OTROS DE EXPLOTACIÓN / DATO BASE	-0.2557266	-0.2510323
#5	C62	COMERCIALIZACIÓN / DATO BASE	-0.1912968	-0.1819105

Se basa en el hecho que la variable de salida y las variables de entrada tienen una variabilidad asociada, por lo que mide con que variable de entrada se muestra más correlacionada la variable de salida, tanto positivamente como negativamente. El Gráfico # 1 se denomina "tornado" por su forma, y permite ver cuales son

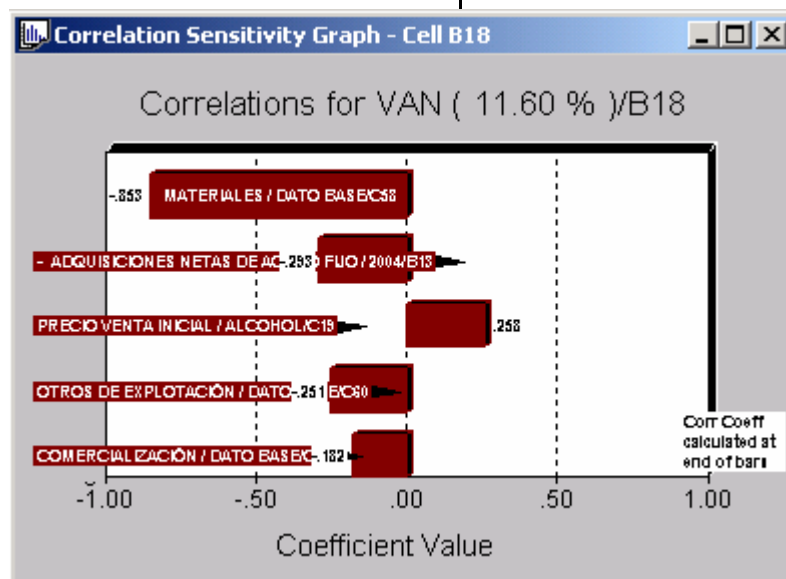
las variables de entrada que más inciden en la variable de salida. El objetivo por un lado es verificar que la incertidumbre considerada es razonable, y en caso contrario se revisan los comportamientos de las variables de entrada; por otro lado permite hacer análisis sobre la gestión del riesgo del proyecto, ya que se

buscará la cobertura o seguros para aquellas variables que más inciden en la variabilidad del proyecto.

De este se infiere que la variable que más impacta en la variabilidad (y por ende en el riesgo de realización) del valor del proyecto son los costos en materiales, que por ser negativa implica que valores altos en la realización de

esta entrada impacten negativamente en el valor del proyecto. Con esta información sobre asociación de variables y causales de riesgo, se puede hacer una adecuada gestión del riesgo del proyecto a través de disminuir el rango de variación de dicha variable de entrada, a través de mecanismos de transferencia del riesgo.

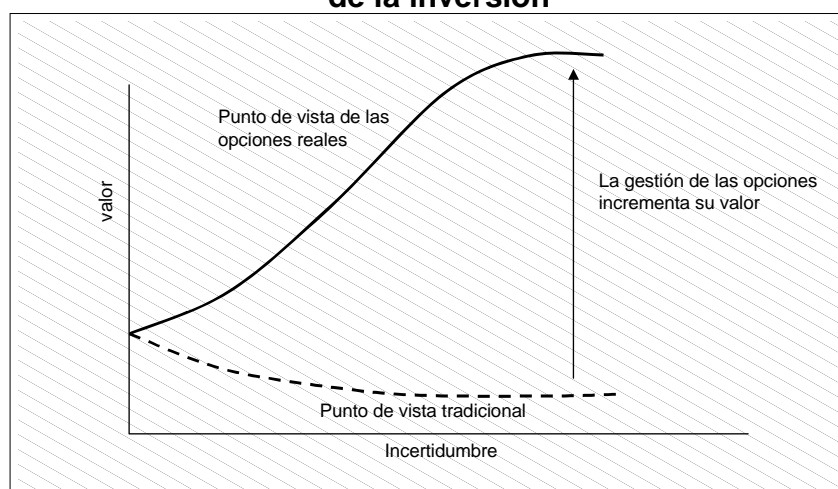
Gráfico 1 Correlación entre variables de entrada y salida



En la evaluación de inversiones en activos reales o financieros se realizan con valores esperados. Reconocer que los mismos son producto de variables aleatorias implica incorporar una dimensión completamente nueva de análisis en la evaluación de una inversión. La simulación tiene la ventaja de poder incorporar muchas variables aleatorias al mismo tiempo, expresando la incertidumbre en la variable de salida del objeto de análisis. Por lo tanto, manteniendo que el criterio básico para el análisis de los proyectos de inversión ha de seguir siendo el VAN, en tanto que representa el valor creado para los inversionistas, un proyecto puede ser aceptado si es positivo el VAN, calculado de la forma que hasta ahora se

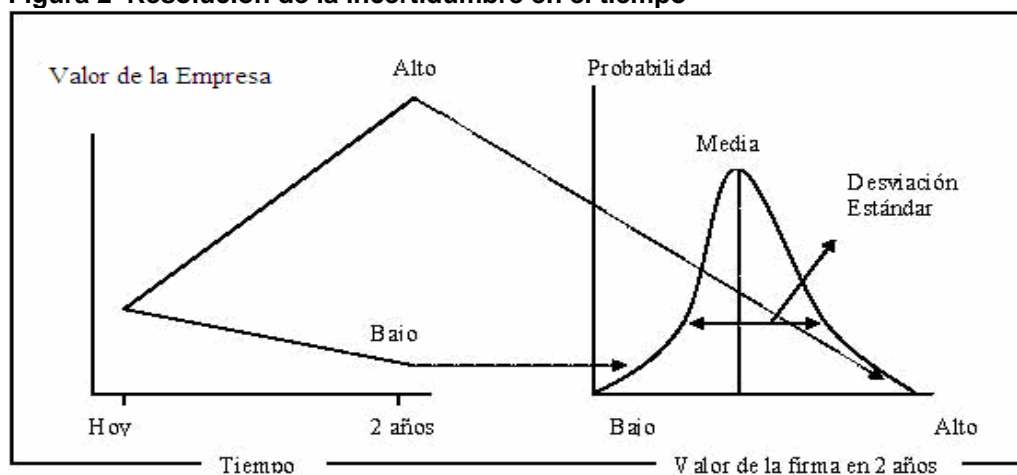
conoce, pero teniendo en cuenta además, el valor de las opciones de invertir ahora o más tarde; de ampliar la capacidad; de abandonar; de emplear distintas materias primas, productos o procesos de producción; etc. En la visión tradicional un alto nivel de incertidumbre conduce a reducir el valor de los activos. El enfoque de las opciones reales muestra que un incremento de la incertidumbre puede conducir a un alto valor de los activos si los directivos identifican y usan sus opciones para responder flexiblemente a los eventos que se desarrollan. La Figura 1 ilustra los cambios importantes en el enfoque de las opciones reales: la incertidumbre crea oportunidades.

Figura 1 La incertidumbre incrementa el valor de la inversión



Cuando una decisión futura depende del origen de la incertidumbre, los directivos se preocupan acerca del rango de posibles resultados que la variable de la incertidumbre puede tener cuando llega la fecha de la decisión. Por lo que la clave del problema radica en la alienación entre el tiempo y la incertidumbre. La Figura 2, introduce cómo el valor se comporta a lo largo del tiempo.

Figura 2 Resolución de la incertidumbre en el tiempo



En efecto, la oportunidad de invertir dependerá probablemente de más variables que el VAN o la TIR del proyecto. Se considera que los cuatro factores más relevantes que influyen en la oportunidad de invertir son:

1. El período de tiempo el cual se puede decidir llevar a cabo un proyecto de inversión. Cuanto mayor sea éste, menor será la posibilidad de cometer errores en la elección, Y también será el valor de la opción de crecimiento que le corresponda. Si un proyecto puede posponerse el tiempo suficiente, incluso un proyecto con VAN negativo podría ser aceptado por llevar apareada una opción de ampliación o crecimiento suficientemente positiva.

Lógicamente, la empresa se asegurará si puede conseguir totalmente los beneficios de dicha opción o si éstos estarán también disponibles para otros competidores. Si la decisión de emprender el proyecto puede posponerse en el tiempo, éste podrá llevarse a cabo si finalmente, su VAN llegara a ser positivo, o rechazarse (sin incurrir en pérdidas) si fuese negativo.

2. El riesgo del proyecto es un factor de influencia positiva sobre la opción de crecimiento. Ello es debido a que un mayor riesgo involucra una mayor rentabilidad. Una mayor incertidumbre en cuanto a tipos de interés elevado y horizontes lejanos de inversión

(cuando se puede aplazar una parte de ésta) no son necesariamente perjudiciales para el valor de una oportunidad de inversión. A pesar que estas variables reducen el VAN estático de un proyecto, también pueden provocar un aumento del valor de las opciones del mismo (valor de flexibilidad de la dirección) que puede contrarrestar el efecto negativo anterior.

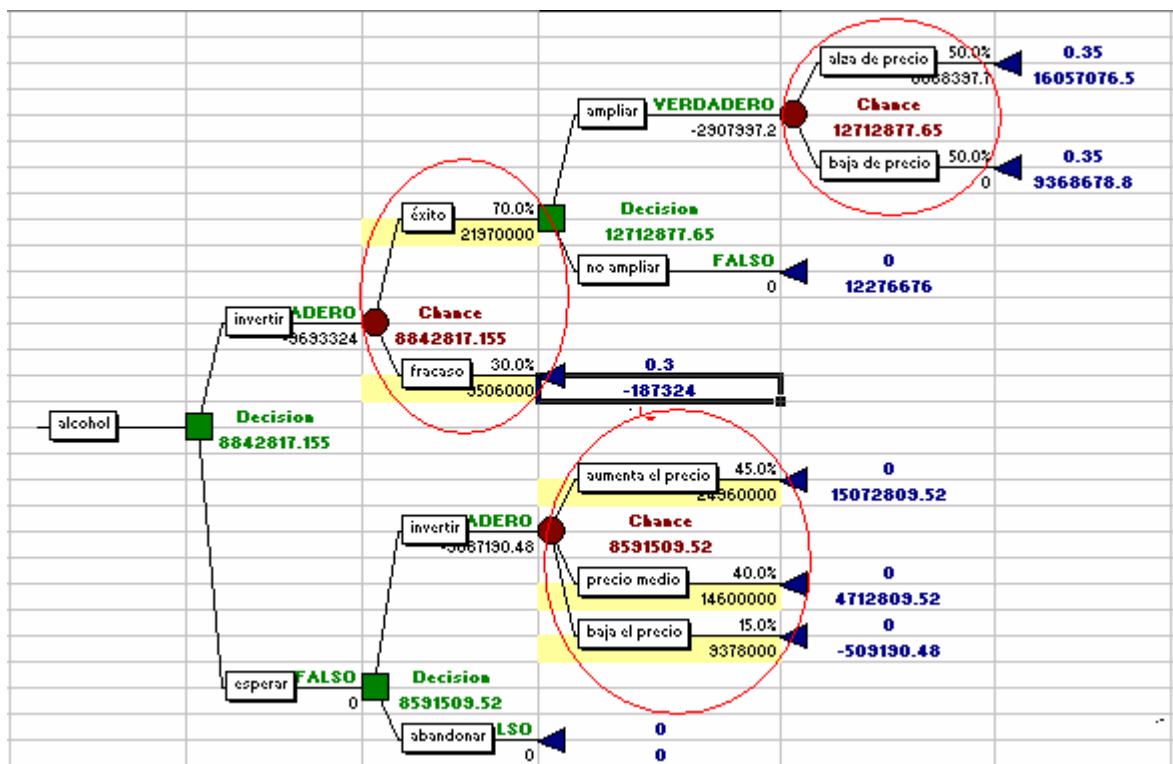
3. Los tipos de interés. Tipos elevados disminuyen el valor de la opción porque conllevan tasas de actualización más altas que, a su vez, disminuyen el valor de los flujos descontados. Sin embargo, también reducen el valor actual del precio de ejercicio de la opción. Este efecto compensador puede ayudar a mantener a flote el valor de la opción a medida que los flujos de interés aumentan, lo cual puede proporcionar, a ciertas clases de proyectos (especialmente a las opciones de crecimiento), un enorme valor a tener en cuenta en el análisis de inversiones.

4. El grado de exclusividad del derecho de la empresa a aceptar un proyecto de inversión. Es decir, el derecho de ejercicio puede ser compartido o no. Las opciones exclusivas son, lógicamente más valiosas y resultan de patentes, del conocimiento privativo del mercado por parte de la empresa o de una tecnología que la competencia no puede imitar. Las oportunidades compartidas tienen, por lo general, un valor inferior.

Todas estas opciones y la consideración de cuándo, verosimilmente, habrá que tomar una u otra, deben entrar en el cálculo del VAN esperado del proyecto, pero no es cierto que el valor de estas opciones reales haya que calcularlo necesariamente aplicando la teoría de opciones financieras, entre otras razones porque en la mayoría de los casos no será posible hacerlo. A nuestro juicio, el valor de las opciones reales se determina correctamente mediante el cálculo del VAN de los flujos que se producirán o dejarán de producirse si se toma una u otra de dichas opciones. Lo cual, puede hacerse perfectamente utilizando los conocidos árboles de decisión, con tal de modificar los flujos, de acuerdo con las opciones, por ejemplo de ampliar, si la demanda del producto resulta alta, o de abandonar, si la demanda es baja.

En la Figura 3 se aprecia como se organiza la información y cómo se desarrollan y conducen las diferentes opciones de decisión. En la opción de crecimiento (*Círculo 2*) se pone de evidencia la posibilidad de realizar inversiones adicionales (*Círculo 1*) si las cosas funcionan bien en una primera inversión. Estas inversiones adicionales le permiten a la empresa capitalizar estados favorables de la naturaleza; es decir son contingentes o condicionales en buenos estados de la naturaleza.

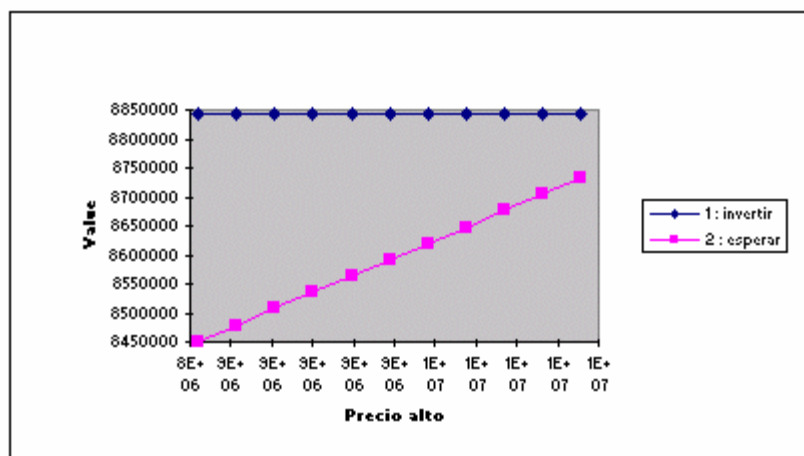
Figura 3 Estructura de la información en opciones de decisión



Es decir, actuando en condiciones de incertidumbre, invertir apuradamente se asemejaría a realizar una acción muy arriesgada, y si eventualmente se puede esperar y ver cómo se desarrolla la incertidumbre, se podrá evitar por ejemplo invertir en escenarios malos. Sin embargo, esperar puede tener costos potenciales, en términos que si se aprovecha la oportunidad otro puede hacerlo, que este caso actuarán reduciendo el valor esperado del flujo de fondos a capturar (\$8842817.155 – \$8591509.52 = \$251307.635).

En este caso la opción de ampliar la producción o la escala operativa de un proyecto, es una

Gráfico 2 Ramas de Decisión del Nodo contra un precio alto

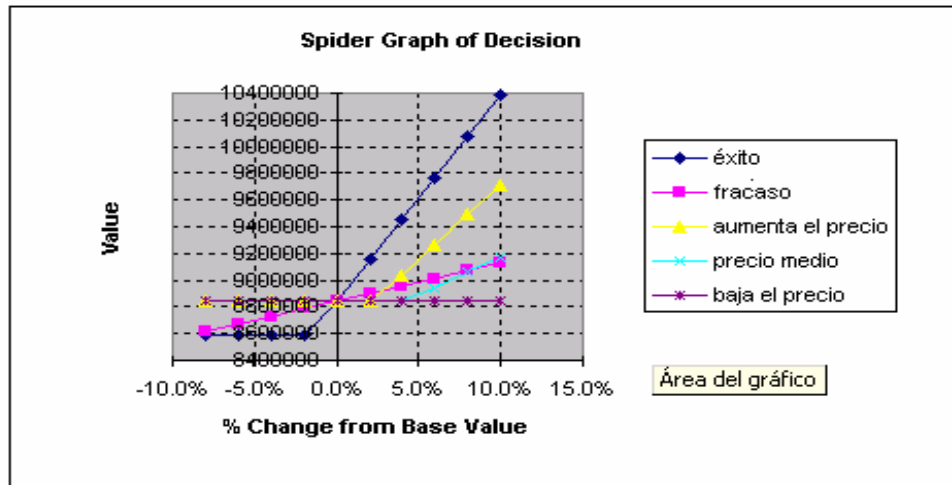


También el árbol de decisión como técnica, puede contribuir a realizar un análisis de sensibilidad para mostrar cómo un cambio en cualquiera de sus asunciones afectará, el resultado obtenido. Modifica el valor de la célula para variar y grabar los cambios en el valor esperado de la célula analizada. Un gráfico de sensibilidad despliega el cambio en el valor esperado como la sensibilidad los cambios inconstantes.

opción real debido a que proporciona la posibilidad de realizar inversiones adicionales de seguimiento (en cualquier intervalo de tiempo antes de su vencimiento) como por ejemplo, aumentar la producción o las inversiones continuadas, por lo que se puede concluir, que el proyecto que sea posible ampliar vale más que el mismo proyecto sin esa misma posibilidad. Además, se refleja (Gráfico 2) la flexibilidad que puede tener el inversionista en esperar a tomar la decisión de inversión o asignación de recursos hasta que la circunstancia lo haga aconsejable, en este caso el precio del producto a obtener.

El Gráfico 3 despliega el cambio del porcentaje en el valor esperado como la sensibilidad en los cambios inconstantes para cada análisis. Aquí, el éxito (tradúzcase en demanda alta) y el precio eran variados por 10%. Las líneas indican que una demanda alta lleva a un cambio más grande en el valor esperado, seguido también como es lógico de un aumento del precio.

Gráfico 3 Variación en el valor esperado según aleatoriedad de las entradas



Conclusiones.

1. La técnica metodológica de preparación y evaluación de proyectos es la que se impone a utilizar en la evaluación de inversiones en nuestro objeto de estudio, pues le ofrece mayor rigor científico y orden metodológico a la misma.
2. La adecuación de la técnica anteriormente citada ha permitido conformar un método de evaluación económico-financiera de proyectos de inversión en la industria de los derivados de la caña de azúcar que cuenta con ocho etapas.
3. El considerar el riesgo y la incertidumbre en la evaluación de inversiones en esta industria es un elemento de incalculable valor metodológico y práctico a la vez que facilita una fundamentación más rigurosa en la toma de decisiones para los inversores.
4. El análisis de sensibilidad aplicado a los proyectos de inversión con independencia de los factores que actúan en su contra deviene en un análisis sumamente imprescindible en la evaluación de inversiones, ya que permite en su interrelación con el análisis de riesgo cuantificar las consecuencias económicas que se obtienen por una variación no esperada, pero admisible de parámetros importantes en el proyecto.
5. La utilización del análisis de escenarios múltiples o alternativos complementa sobremanera la evaluación de las inversiones, ya que combina las posibles y diferentes expectativas que se presentan ante el decisor. La

metodología de valoración de opciones que incluye las opciones reales, ofrece a la empresa la flexibilidad de tener en cuenta el momento idóneo para realizar el proyecto, la capacidad de aumentar la producción, la posibilidad de reducirla e incluso de abandonar el proyecto en plena realización como forma de reducir las pérdidas.

6. Las opciones reales se basan en reconocer que todo proyecto tiene un conjunto de opciones que agregan valor. Tiene el potencial no sólo de ayudar a integrar el presupuesto de capital con la planificación estratégica, sino también a ofrecer un método consistente de análisis financiero total conjugando así tanto las decisiones financieras como las reales.

7. Este enfoque tiene en cuenta el valor de la oportunidad de inversión además del valor tradicional, para que juntos den como resultado el verdadero valor del proyecto. Se puede decir que @ Risk en vinculación con los árboles de decisión para reflejar las opciones reales, tienen como función optimizar el valor obtenido por herramientas tradicionales mediante la incorporación al valor obtenido por estas últimas el valor de las opciones.

8. Es aconsejable y viable en las condiciones actuales de la economía cubana con alta escasez de recursos financieros introducir este tipo de metodología para la evaluación integral de los proyectos de inversión.

Bibliografía.

- Bernstein, P. L. Point of Inflection: Investment Management Tomorrow. Revista FINANCIAL ANALYSIS JOURNAL. Vol. 59, No. 4, Julio-Agosto, 2003, p. 18-23.
- Brealey, R. A, Myers, Stewart, C. Fundamentos de financiación empresarial. McGraw Hill Interamericana de España, SA. Séptima Edición. Madrid, España, 2003.
- Canada, J. R.; Sullivan, W. G; White, J. A. Análisis de la inversión de capital para ingenieros y administración. Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A. México, 1997.
- Casanovas, C; Fernández , A. El estado del flujo de tesorería en la incertidumbre. Estudio de Casos. BOLETIN AECA. Asociación Española de Contabilidad y Administración de Empresas. No. 51, Marzo/2000, p. 56-66.
- Cuba, Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar. Manual de los derivados de la caña de azúcar. Colección GEPLACEA. – México. 1988.
- Duffie, D; Ziegler, A. Liquidation Risk. Revista FINANCIAL ANALYSIS JOURNAL. Vol. 59, No. 3, Mayo-Junio, 2003, p. 42-51.
- Ferruz Agudo, Luis. Dirección Financiera. Ediciones Gestión 2000, S.A. Barcelona España, 2000.
- García Machado, J. J. Opciones reales. Aplicaciones de la teoría de opciones a las finanzas empresariales. Ediciones Pirámide. Madrid, España, 2001.
- Lauchy Sañudo, A. "Los problemas de la incertidumbre en el desarrollo diversificado integrado de la industria de la caña de azúcar".Revista CENTRO AZUCAR, No. 4, p.54, 2002.
- Mascareñas, J; Prosper, L. Opciones Reales y valoración de Activos. Como medir la flexibilidad operativa de la empresa. Pearson Educación, S. A. Madrid, España, 2004.
- Redondo López, J. A y Rodríguez Sandías A. Elaboración y análisis de planes de empresas. TORTULO EDICIONS. Santiago de Compostela, 2003.
- Ruiz Martínez, Ramón J; Gil Corral, A. M. La planificación financiera de la empresa. Instituto Superior de Técnicas y Prácticas Bancarias. Madrid, España, 2000.
- Sapag Chain, N. Evaluación de Proyectos Privados de Salud. Editorial Universitaria. Universidad de Chile. Santiago de Chile, Chile, 2003.