

## CAPÍTULO 1

### INTRODUCCIÓN

#### 1.1 El petróleo en México.

**1.1.1** Historia del petróleo en México. Si bien este trabajo no tiene que ver con la historia del petróleo ni de Pemex, estaría incompleto si no se da por lo menos una visión general del desarrollo histórico de la industria petrolera en México. De diferentes fuentes se tomó la siguiente información muy abreviada de la historia del petróleo y de Pemex. A fin de presentar de manera cronológica los datos, se intercala información de las fuentes consultadas.

Para iniciar es conveniente ver de manera muy abreviada la historia de este energético.

Domínguez Betancourt (2003) escribe:

*La palabra petróleo se origina del latín petroleum (petra-piedra y oleum-aceite) y significa aceite de piedra. En México, el petróleo se conoció desde tiempos remotos, por las culturas que habitaron el territorio, (...) lo utilizaron como material de construcción, medicina, pegamento, impermeabilizante y como incienso para sus ritos religiosos, (...) los integrantes de la cultura totonaca, que se asentaron en lo que ahora es el estado de Veracruz, fueron los primeros en emplearlo, se sabe que lo recogían de la superficie de las aguas y lo empleaban como iluminante.*

*El vocablo castellanizado, chapopote o chapapote, (...) proviene de la palabra del lenguaje náhuatl chapopoctli, de chiahuatl = grasa y poctli = humo.*

*Algunos españoles escucharon las sugerencias de los indígenas y emplearon el chapopote como medicina y para calafatear sus barcos. Por su parte, Fray Francisco Jiménez en su estudio sobre las plantas, animales y minerales de la Nueva España, menciona que el chapopote era utilizado para masticarlo, pues limpiaba los dientes (parr. 1, 2 y 4).*

De la enciclopedia en Internet *Wikipedia*, <http://www.wikipedia.org/Petroleum> se tomaron los siguientes datos, extraídos en noviembre 2005:

- Los primeros pozos petroleros se perforaron en China en el siglo IV o antes. Llegaron a tener más de 200 metros de profundidad y se barrenaban mediante troncos de bambú a los que ataban en la punta las primitivas brocas. El petróleo obtenido se usaba para evaporar salmuera y obtener sal. En el siglo X había oleoductos de bambú que conectaban los pozos petroleros con las salinas.
- En el siglo VIII las calles de Bagdad estaban pavimentadas con el asfalto de la región.
- Marco Polo describe en el siglo XIII los campos petrolíferos de Bakú, en Azerbaijón.
- El primer pozo petrolero moderno lo perforó el ruso F. N. Semyenov en 1848 en la península de Aspheron en Azerbaijón.
- La historia moderna del petróleo empieza en 1853, cuando el polaco Ignaz Lukasiewicz destiló petróleo y obtuvo queroseno.
- En 1848 James Miller Williams perforó el primer pozo comercial en Norteamérica en Oil Springs, Ontario, Canadá.

Mariel Lezama, (s. f.) refiere que el primer pozo que inauguró la industria petrolera mundial, fue el Drake, en Pennsylvania, en 1859. Se perforó cerca de una chapopotera, ya que ese era el indicio obvio de la existencia de petróleo. El “Drake”, con 23 metros de profundidad y un aforo de 25 barriles por día se considera como el primer pozo perforado con el fin de encontrar petróleo (parr. 2).

Domínguez Betancourt (2003) continúa:

*La comercialización del petróleo en México, no comenzó sino hasta 1861 cuando el comerciante español Angel Sainz Trápalba introdujo el uso del quinqué en el puerto de Tampico, pero tanto quinqués como el aceite para iluminante o kerosina los trajo de Nueva York.*

*Durante el 2do Imperio Mexicano el Emperador Maximiliano de Habsburgo, en su intento de industrializar el país, expidió en 1865 un decreto sobre el laboreo de las substancias que no son metales preciosos (parr. 5 y 6).*

Cronológicamente se sigue con Mariel Lezama (s. f.), quien refiere que desde 1869 ya se habían hecho intentos por encontrar petróleo en la Huasteca, en la zona de Papantla, parece ser que el Dr. irlandés Adolfo Autrey perforó hasta 40 metros, pero sin éxito en esa ocasión (parr. 3).

Aparentemente el primer pozo exitoso en México, (Beltrán Mata, 2005, p. 11) fue casi de tipo casero y perforado en 1876 por un capitán de un barco procedente de Boston (no registra su nombre la obra consultada) quien además instaló una refinería pequeña en Tuxpan. Sus refinados los vendía entre la población local, suponemos que para usarse en la iluminación doméstica. Este capitán se suicidó al no recibir suficiente apoyo de sus socios. Un segundo intento fue hecho por el inglés Cecil Rodees, quien formó la Cía. London Oil Trust, empresa que fracasó tiempo después.

Domínguez Betancourt (2003) continúa:

*Entre 1880 y 1886 los ingenieros norteamericanos Samuel Fairburn y George Dikson construyeron la primera Refinería en México, que estuvo ubicada en el puerto de Veracruz con el nombre de “El Águila”, la cual posteriormente sería adquirida por la Casa Pearson and Son, mientras que en 1881 el doctor irlandés Adolph Autrey comenzó a explotar la mina de petróleo denominada “La Constancia” en Papantla, Veracruz para la producción de petróleo iluminante. Esta región posteriormente sería controlada por la “London Oil Trust”.*

*En 1883 El doctor Simón Sarlat Nova inició la prospección y explotación de las chapopoterías en lo que ahora es el estado de Tabasco y que para 1905 pasarían a poder de la Casa Pearson and Son.*

*Para 1886 la Waters Pierce Oil Co. construyó en el Puerto de Veracruz una refinería y en 1896 otra, pero en la margen sur del río Panuco, en Árbol Grande, frente a Tampico, construyó otra refinería (parr. 7, 8 y 9).*

Según Mariel Lezama (s. f.) en el año 1899, los norteamericanos Edward L. Doheny y su socio C.A. Canfield, para esas fechas ya prósperos productores de petróleo de California, hicieron una investigación en la región de Tampico. Por el norte llegaron en su prospección hasta San José de las Rusias, al oeste hasta Tempoal y hacia el sur, hasta San Jerónimo y Chinampa. Al encontrar una enorme cantidad de chapopoterías cerca de las estaciones de ferrocarril de Ébano y Chijol, en el Estado de San Luis Potosí, adquirieron en mayo de 1900 la Hacienda Tullillo y fundaron la Mexican Petroleum Company of California. Empezaron las perforaciones en 1901 el primero de mayo y a finales de 1903 habían perforado alrededor de 19 pozos sin ningún resultado exitoso. Doheny y Canfield habían perdido una parte muy importante de su riqueza en Ébano. Se encontraban en una situación desesperada, cuando decidieron consultar al Ing. Ezequiel Ordóñez, geólogo mexicano de gran prestigio, quien después de analizar los resultados de las perforaciones previas, y dado su conocimiento de la zona, recomendó perforar un pozo cerca del cuello volcánico, conocido como Cerro de la Pez, próximo a dos chapopoterías muy grandes. El pozo, La Pez No. 1, rindió por fin resultados muy exitosos desde el día 3 de abril de 1904, con una producción de 1,500 barriles de petróleo por día, con una profundidad de 503 metros. Este fue el primer pozo petrolero realmente comercial que se perforó en México. En 1904 empieza a operar en México la primera empresa inglesa, la "Mexican Oil Corp. Ltd. (parr. 5).

En el sur del Estado de Veracruz, fue descubierto por otra compañía, el Campo San Cristóbal en el año de 1906 (parr. 6).

Los éxitos de las compañías continuaron en el territorio mexicano. Otra Compañía, la inglesa de Sir Weetman Dickinson Pearson, (quien en 1902 había encontrado petróleo en Tehuantepec y luego construyó una refinería en Minatitlán) llegó a la región Tampico-Tuxpan, y después de varios intentos, en mayo de 1908, terminó el Pozo No. 2, en la Hacienda San Diego de la Mar, con una producción de 2,500 barriles de petróleo al día. Con ello se descubrió la zona de campos petrolíferos muy ricos, la cual llegó a conocerse en todo el mundo con el nombre de la Faja de Oro (parr. 7).

Continuaron llegando a México empresas internacionales que dieron continuidad a la actividad petrolera. La Standard Oil Company y la Royal Dutch Shell, ésta última perteneciente al un consorcio de holandeses e ingleses, llegaron en 1910 a Tampico (parr. 8).

En esta época los pozos productores de petróleo fueron famosos internacionalmente, por ejemplo el Casiano No. 7, que comenzó a producir petróleo el 8 de septiembre de 1910. El famosísimo Potrero del Llano No. 4 empezó a producir en 1911. Uno de los pozos sin duda más espectaculares en la historia del petróleo tanto de México como del mundo, fue el Cerro Azul No. 4, perforado en el año de 1916. Este pozo también fue localizado por el ingeniero mexicano Ezequiel Ordóñez. Su producción se estimó en 260 mil barriles por día (parr. 9).

Según Pemex, (Ref. 1 de Internet) hasta entonces el petróleo explotado se destinaba al consumo interno. En 1911 se exportó desde el puerto huasteco de Tampico la primera remesa de petróleo mexicano al extranjero (Discurso del Sr. Raúl Muñoz Leos en abril 5 de 2004).

Por lo interesantes que son los primeros pasos de la industria petrolera en México, se reproduce un fragmento de Monroy Castillo y Calvillo Unna (1997) que redonda un poco en lo ya escrito arriba, pero resulta curioso porque aporta el dato del financiamiento otorgado a los estadounidenses por la banca mexicana de entonces:

*El estadounidense Edward L. Doheny compró a Mariano Arguinzóniz los terrenos de la hacienda del Chapacao y el Tullillo, al norte de El Ébano, para instalar ahí, hacia 1900, la Mexican Petroleum Company. A principios de 1901 comenzó a perforarse el primer pozo petrolero del país en El Ébano y, poco después, llegaron a San Luis de paso para la Huasteca Theo Gesterfield y M. Williams, gerente y apoderado de Waters Pierce para contratar manantiales de petróleo.*

*A principios de 1904, el Banco de San Luis proporcionó a Edward L. Doheny 50 000 pesos precisamente cuando éste, por falta de fondos, estaba próximo a abandonar la exploración petrolera en la región de la Huasteca. La inversión de la Mexican Petroleum Company se vio compensada con creces al brote del primer pozo petrolero La Pez, en El Ébano, en abril de 1904, y que produjo 1 500 barriles diarios durante muchos años.*

*En los límites del estado de San Luis, las explotaciones de petróleo de El Ébano impulsaron una importante red económica que estrechaba los vínculos de la región con el puerto de Tampico. El apoyo financiero, proveniente de los banqueros del Altiplano, retomó los lazos tradicionales de intereses económicos entre la ciudad de San Luis y el puerto. Este nuevo polo de producción tuvo en los años siguientes efectos diversos, al convertirse en un*

*sitio estratégico en el que convivían los intereses regionales, nacionales y extranjeros (Cap. 7).*

En la página de Internet de Pemex sobre historia, (Referencia 2), se refiere que para fomentar la actividad petrolera se promulgó el 24 de diciembre de 1901 la Ley del Petróleo, la cual daba a los inversionistas extranjeros muchas facilidades para la explotación del petróleo. Los primeros en recibir concesiones fueron los mencionados Doheny y Pearson (parr. 3).

En México, la primera concesión importante fue la otorgada en 1906 a Weetman Pearson, inglés quien luego creó la Cía. Petrolera “El Águila”. Desde el Código de Minería de 1884, el Estado renunció a la propiedad del respecto del petróleo y el carbón, con la idea tal vez, de fomentar la explotación de los combustibles necesarios para los ferrocarriles (Messico, 2004). Esta situación se corregiría de derecho, pero no de hecho con la promulgación de la Constitución de 1917. A partir de 1907 se dan concesiones para explotar el petróleo en Tabasco, Veracruz, Tamaulipas, Istmo de Tehuantepec y aún en Puebla y Edo. de México. Los concesionarios son principalmente de EEUU e Inglaterra.

Según reporta la Sociedad Geológica Mexicana (2005), en el primer decenio del siglo XX, se establecieron en el país entre otras, las empresas: Compañía Mexicana de Petróleo El Águila, S. A., Compañía Naviera de San Cristóbal, S. A., Compañía Naviera San Ricardo, S. A., Huasteca Petroleum Company, Sinclair Pierce Oil Company, Mexican Sinclair Petroleum Corporation, Stanford y Compañía, S. en C. Peen Mex Fuel Company, Richmond Petroleum Company de México, California Standard Oil Company of Mexico, Compañía Mexicana el Agwi, S. A., Compañía de

Gas y Combustible Imperio, Consolidated Oil Company of México, Compañía Mexicana de Vapores San Antonio, S. A., Sábalo Transportation Company, Clarita, S. A. y Cacalilao, S. A. ...

El 3 de junio de 1912 mediante un decreto, Francisco I. Madero expidió un impuesto especial sobre la producción petrolera, además de registrarse formalmente las compañías que trabajaban en el país. Las extranjeras controlaban el 95% de la explotación (Pemex, Internet, Ref. 2, parr. 4).

Durante el gobierno de Venustiano Carranza se creó en 1915 la Comisión Técnica del Petróleo, en este año surgieron las primeras huelgas incipientes de los trabajadores petroleros, sin gran éxito para ellos (Pemex, Internet, Ref. 2, parr. 5).

Luego de promulgarse la nueva constitución en 1917, estableció el gobierno de Carranza en 1918 un impuesto sobre los terrenos y contratos, además de ordenar que todas las compañías petroleras y personas dedicadas a este ramo, tenían que registrarse en la Sría. de Fomento. (Pemex, Internet, Ref. 2, parr. 6) Con estas medidas recuperó un poco de lo mucho concedido por Porfirio Díaz a las empresas extranjeras, las cuales ya estaban molestas por los términos en que se redactó el artículo 27 de la Constitución Mexicana.

Dicho artículo establece que los recursos del subsuelo son propiedad de la Nación. El artículo no se aplicó realmente pero significaba un peligro para las empresas, por lo cual presionaron al gobierno de Carranza y a los subsiguientes para modificarlo. Mediante los Tratados de Bucareli cedió el gobierno de Álvaro Obregón a no aplicar el

artículo 27 y la Suprema Corte de Justicia hizo jurisprudencia al resolver en 5 ocasiones, que el artículo 27 no podía ser aplicado retroactivamente en la parte correspondiente a la industria petrolera. Los Tratados de Bucareli firmados el 13 de agosto de 1923 incluyeron la no retroactividad del artículo 27. Estos tratados no fueron ratificados por los congresos, se consideraban “un trato entre caballeros” y sólo obligaban a Obregón, como pago para que su gobierno fuera reconocido por el de EEUU. Para muchos mexicanos la firma de estos tratados fue una traición a la Patria (Redescolar, s. f.).

En 1921 México era el segundo productor de petróleo en el mundo, con 193 millones de barriles en ese año, debido a yacimientos en una zona llamada “Faja de Oro” en el norte de Veracruz y sur de Tamaulipas.

El pozo “Cerro Azul No. 4” propiedad de la “Huasteca Petroleum Company” produjo en este año 57 millones de barriles (Pemex, Internet, Ref. 2, parr. 7 y 8).

### **1.1.2 Semblanza de Pemex. Algunas fechas importantes relacionadas con Pemex:**

El 16 de agosto de 1935 se fundó el “Sindicato de Trabajadores Petroleros de la República Mexicana” (STPRM). El 28 de mayo de 1937 convocó el STPRM a una huelga general que duró 13 días, pues el presidente Cárdenas pidió se reanudaran las labores mientras seguían las negociaciones. Se reanudaron los trabajos el 9 de junio. Luego de la huelga se encargó a una comisión que exigió a las compañías mostrar sus balances y estados de resultados, para que demostraran la verdad de sus declaraciones, en el sentido de no estar en posibilidades financieras de cumplir las peticiones de sus trabajadores, pues tenían según ellas serias dificultades económicas. Aunque se negaron a abrir sus libros totalmente, la comisión determinó que las empresas en México

estaban produciendo más rendimientos que en EEUU, y estaban realizando prácticas fraudulentas en la contabilidad.

La disputa se llevó a la Junta Especial de Conciliación y Arbitraje No. 7, la cual el 17 de diciembre falló a favor de los trabajadores. Las compañías recurrieron entonces a la Suprema Corte de Justicia, la cual coincidió con el fallo de la Junta el 28 de diciembre de 1937.

A raíz de ello, las compañías tramitaron un amparo, negado el 1 de marzo de 1938 por la Suprema Corte, la cual ratificó el fallo de la Junta de Conciliación y Arbitraje y dio 24 horas para que las compañías se presentaran ante la Junta y dieran por terminado el conflicto. Éstas se negaron. Tendrían que haber pagado 40 millones de pesos por salarios caídos desde la huelga de mayo, el presidente Cárdenas ofreció mediar, para bajar las pretensiones de los trabajadores a 26 millones.

Al negarse las empresas a acatar los fallos de la Suprema Corte de Justicia y la Junta de Conciliación, declaró el presidente Lázaro Cárdenas la expropiación de todos los bienes de las compañías petroleras el 18 de marzo de 1938. El 7 de junio siguiente se formó oficialmente Petróleos Mexicanos y mediante un cambio en la Constitución se prohibió su venta y la participación de particulares (Instituto Mexicano del Petróleo, s. f.).

De Mariel Lezama (s. f.) se toman las siguientes fechas más recientes de la historia de Pemex y del petróleo en México:

*1952 Se descubre la continuación de la Faja de Oro al sur del Río Tuxpan, con el campo que fue bautizado con el nombre de un gran geólogo mexicano, Ezequiel Ordóñez, la cadena de campos llegó hasta Tecolutla, en la costa del Golfo de México.*

*1953 Descubrimiento de una nueva provincia petrolera en la Cuenca de Veracruz: Campo Angostura.*

*1956 Campo San Andrés, cercano a Poza Rica y Tamaulipas. Constituciones en el área de Tampico. Primera producción del Jurásico en México.*

*1963 Con la perforación del pozo Isla de Lobos y después Arrecife Medio, se comprueba la existencia del atolón, que da lugar a la Faja de Oro Marina.*

*1968 En el mar, frente a Tampico, se descubre el Campo Arenque. La actividad exploratoria continuó y los descubrimientos aumentaron con campos como la Venta, José Colomo, Ogarrio, Magallanes, etc.*

*1972 Marca una fecha histórica, al descubrirse los campos que conforman la provincia Chiapas-Tabasco, con la perforación de los pozos Sitio Grande y Cactus.*

*1976 Con el pozo Chac No. 1, perforado en la plataforma continental del Golfo de México, se descubre la producción de la Sonda de Campeche, a 80 km, al norte de Ciudad del Carmen. El mayor yacimiento del país, Cantarell, fue descubierto en 1976, el segundo, ya bastante menor, Abkatún, en 1978.*

*Otras regiones de México, alejadas de las tradicionalmente petroleras, quedaron señaladas en la historia de la producción de hidrocarburos:*

*1968 El llamado Golfo de Sabinas (Estado de Coahuila) Campos Buena Suerte, Monclova, Lampazos, Ulua, etc., resultaron productores de gas.*

*1981 Golfo de California, Pozo Extremeño No.1, productor de gas. Primera provincia petrolera en la plataforma continental del Pacífico.*

El 23 de agosto de 1965 se creó por iniciativa del director general de Pemex, Jesús Reyes Heróles, el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), organismo público descentralizado del Gobierno Federal, integrado en la Secretaría de Energía, con el fin de fomentar el desarrollo de la tecnología de las industrias petrolera, petroquímica básica, petroquímica derivada y química.

En el mundo la industria petrolera ocupa el lugar 15 en importancia, pero en México es la principal fuente de ingresos para el Estado, pues representa casi el 35%, genera el 1,6% del PIB.

**1.1.3 Estructura actual de Pemex.** La paraestatal está estructurada por un corporativo central y 4 organismos desde el 17 de julio de 1992, cuando el Congreso de la Unión decretó la ley orgánica, mediante la cual se crearon los 4 organismos subsidiarios para realizar las operaciones que anteriormente estaban centralizadas. Los 4 organismos subsidiarios son:

Pemex Exploración y Producción (PEP).

Pemex Refinación

Pemex Gas y Petroquímica Básica

Pemex Petroquímica

Los siguientes datos importantes de Pemex en comparación con otras empresas petroleras del mundo en 2004, se tomaron de su anuario estadístico (Pemex, Internet, Ref. 3):

Como empresa es el tercer productor mundial de crudo, después de Saudi Aramco (Arabia Saudita) y de NIOC (Irán) y la novena en gas.

Como país, México es el sexto productor de crudo del mundo, después de Arabia Saudita (más de 9 millones de barriles diarios), Rusia, EEUU, Irán y China y el 11 en gas.

En ventas totales Pemex ocupó el lugar 8 con aprox. 57 963 millones de dólares en el año 2004. El lugar número 1 lo tiene British Petroleum con con alrededor de 230 000 millones de dólares.

En reservas probadas México ocupa el lugar 14 en crudo y 34 en gas.

**1.1.4** Consideraciones sobre Pemex. Hay números que pueden confundir sobre todo cuando en las polémicas sobre Pemex se hacen comparaciones de productividad, por ejemplo en lo que respecta a utilidades. British Petroleum es la empresa con más utilidades, pero no sólo como productora sino también como procesadora de crudo al transformarlo en productos elaborados con un alto valor agregado. Pemex cada día procesa menos y vende más crudo, el cual se transforma fuera de México y es recomprado como gasolina, plásticos y otros materiales. En los últimos años Pemex no ha modernizado sus refinerías, ni se ha invertido en la medida necesaria para procesar más crudo en México y depender menos del valor agregado que en otros países se da al crudo mexicano.

También se hacen comparaciones en el número de trabajadores por barril producido que tienen las distintas petroleras, pero las comparaciones suelen ser incorrectas, pues otras empresas contratan una gran cantidad de servicios, por ello la nómina es menor, no así la cantidad real de personas que intervienen en el proceso de producción, almacenamiento y transporte. Por ello los indicadores que sí deben ser comparables al final de la cadena productiva son los costos de producción, una vez puesto en el barco o en el oleoducto. En el capítulo 5 se dará más información sobre la comparación de indicadores.

## **1.2.** Bases teóricas aplicadas en este trabajo.

**1.2.1** Criterios para evaluar los proyectos de inversión. Existen varios criterios para evaluar la rentabilidad o conveniencia financiera de un proyecto de inversión. Los mostrados en esta sección del trabajo se basan en Solórzano, L. N. (1996), Cap. 4.

En general, un proyecto de inversión implica el riesgo de invertir dinero, para que este retorne al inversionista el mejor rendimiento y con el menor riesgo posibles. Rara vez un inversionista, sea éste un particular, una sociedad, un gobierno, etc., tiene sólo una posibilidad de invertir. Normalmente es posible destinar el recurso económico, casi siempre limitado, a más de un proyecto de inversión. En el peor de los casos se tienen por lo menos dos posibilidades: invertir o no. En este caso se compara la posibilidad de recuperar la inversión con una ganancia, contra la decisión de dejar el dinero en un banco produciendo por lo menos un interés, esto cuando hay la posibilidad de invertir recursos propios en un proyecto, o bien no tomar prestado el dinero y pagar intereses por él. El proyecto que se evalúa debería por lo menos de aportar un rendimiento mayor de lo que gana el recurso propio por estar en el banco o en algún otro instrumento de inversión, o si se trata de usar dinero prestado, el proyecto debe rendir más que la tasa de interés del préstamo. Ya sea que se cuente con recursos que permitan invertir en una canasta de proyectos o sólo en uno, es necesario determinar con tanta certeza como sea posible, la factibilidad de éxito o fracaso del o de los proyectos.

Hay diferentes criterios para evaluar los proyectos de inversión. En todos ellos se manejan cuatro conceptos de diferentes maneras, éstos son: la *inversión inicial*, el *costo del capital*, la *vida económica* y los *ingresos netos*.

**1.2.2 La inversión inicial** incluye todos los gastos en que se incurre desde que se piensa en el proyecto por primera vez, hasta que arranque con la producción de los bienes o servicios para los cuales se concibió. Por ello se incluyen en el concepto inversión inicial los gastos de investigaciones previas, estudios de campo, de gabinete, de pruebas piloto, de capacitación del personal, los activos que se adquieren para el proyecto, su

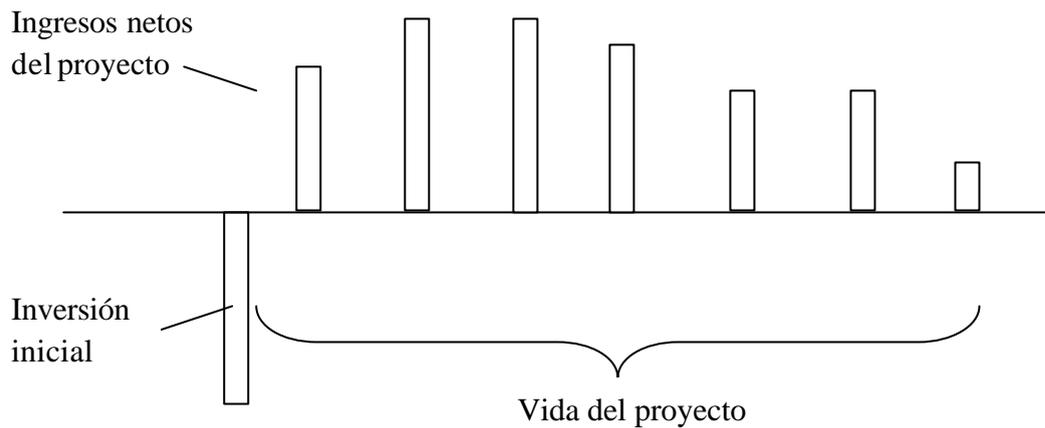
instalación, pruebas, etc. También se incluyen los intereses generados por el dinero erogado hasta que el proyecto arranque.

**1.2.3** El costo de capital, simbolizado como  $i$ , es la tasa a la cual se pagan intereses por el uso del capital invertido. Esta tasa de interés es la que recibe la institución que aporta el dinero para financiar el proyecto. Si se trata de capital propio, la tasa de interés que se usa en la evaluación del proyecto es la que recibiría el dinero propio por tenerlo invertido en un banco o en una sociedad o fondo de inversión.

**1.2.4** La vida económica del proyecto es el tiempo de duración de los activos adquiridos con la inversión inicial. Se puede decir que es el tiempo que transcurre desde que se pone en marcha el proyecto, hasta el momento en el cual es incosteable la sustitución o reposición de los activos y se requiere de una reposición total, lo cual constituirá otro proyecto de inversión.

**1.2.5** Finalmente, los ingresos netos constituyen la diferencia entre los ingresos brutos y los costos de operación y mantenimiento. Los ingresos brutos resultan de multiplicar el volumen de ventas por el precio de venta. Los costos de operación y mantenimiento son las erogaciones necesarias para operar y conservar el negocio; no incluyen la amortización de la inversión inicial.

Se acostumbra representar gráficamente en la línea del tiempo las erogaciones como un valor negativo, con una línea hacia abajo y los ingresos como un valor positivo hacia arriba, ver figura 1.1.



**Figura 1.1, representación del flujo de dinero en un proyecto de inversión**

**1.2.6** Valor presente neto. El primer criterio para evaluación de proyectos que mostramos es el del valor presente neto (VPN). En este criterio se traen a valor actual las erogaciones y los ingresos generados por el proyecto. Se considera con su valor actual el flujo futuro de dinero.

La ganancia, representada por  $G$  se expresa por la siguiente fórmula la no. 1:

$$G = \frac{I_1}{1+i} + \frac{I_2}{(1+i)^2} + \frac{I_3}{(1+i)^3} + \dots + \frac{I_{n-1}}{(1+i)^{n-1}} + \frac{I_n}{(1+i)^n} - C \quad \text{Form. 1}$$

en la cual  $G$  representa la ganancia calculada con su valor actual;  $I$  con los diferentes subíndices representa los ingresos netos por cada periodo de tiempo, usualmente un año (diferencia entre los ingresos brutos y los costos de operación y mantenimiento),  $i$  es el costo de capital (la tasa de interés a la que presta el banco si el proyecto se financia con dinero prestado o la tasa que ganaría el dinero propio al estar invertido) y  $n$  es la vida del proyecto y  $C$  la inversión inicial.

**1.2.7 Razón beneficio/costo.** Se trata de la división de los ingresos totales ( $I_t$ ) traídos a su valor actual, entre la inversión inicial, su fórmula (número 2) es:

$$R_{cb} = I_t / C$$

Form. 2

Los ingresos totales calculados con su valor actual (fórmula 3) son parte de la fórmula 1:

$$I_t = \frac{I_1}{1+i} + \frac{I_2}{(1+i)^2} + \frac{I_3}{(1+i)^3} + \dots + \frac{I_{n-1}}{(1+i)^{n-1}} + \frac{I_n}{(1+i)^n}$$

Form. 3

La fórmula 1 queda de la siguiente manera al sustituir los ingresos de cada periodo por el ingreso total traído a su valor actual, o sea sustituyendo en la fórmula 1 lo correspondiente con la fórmula 3:

$$G = I_t - C \quad \text{o sea} \quad I_t = G + C$$

Form. 4

Al sustituir  $I_t$  en la fórmula 2 tendremos:

$$R_{cb} = (G + C) / C$$

Form. 5

La razón beneficio / costo dice cuántos pesos de ingresos netos se tienen por cada peso invertido. La ganancia según se obtiene con el método del valor presente neto, se expresa en valor absoluto, pesos o la moneda que sea, mientras que la razón beneficio / costo, se sabe cuántos pesos de ingresos netos se generan por cada peso invertido. Se trata de un indicador de la rentabilidad de la inversión, o de su capacidad para generar rentas. Esta capacidad generadora de rentas se refiere a la inversión solamente y no a

otros gastos, ya que los gastos de operación están implícitos en los ingresos netos, al ser descontados de los ingresos brutos.

**1.2.8.** Tasa de rendimiento. Con este indicador se determina el rendimiento del proyecto, suponiendo que los ingresos netos durante la vida del proyecto  $n$ , conforme se van obteniendo, se depositan en un fondo de inversión a una cierta tasa  $i$ , y se compara con el rendimiento que hubiera tenido el capital destinado al proyecto, si éste se hubiera depositado en el mismo fondo de inversión y con la misma tasa de rendimiento  $i$ , durante la vida estimada del proyecto  $n$ .

La cantidad que se acumularía ( $S$ ) durante la vida del proyecto al final del periodo ( $n$ ) sería:

$$S = I_1(1 + i)^{n-1} + I_2(1 + i)^{n-2} + I_3(1 + i)^{n-3} + \dots + I_{n-1}(1 + i) + I_n$$

Form. 6

Esto significa que el ingreso  $I_1$ , se deposita al terminar el periodo 1 y durante  $n-1$  periodos está generando intereses a la tasa  $i$ . El ingreso  $I_2$  se deposita la final del periodo 2 y gana intereses según la tasa  $i$  durante  $n-2$  periodos, y así sucesivamente, hasta el ingreso  $I_n$ , el cual ya no gana intereses, pues es el último del proyecto.

Por otro lado, si el capital  $C$ , en lugar de haberlo usado para financiar el proyecto, se hubiera depositado por el mismo tiempo de la vida del proyecto ( $n$ ) en un banco o en un fondo de inversión ganado intereses según una tasa  $r$ , al final del periodo se tendría la cantidad:

$$\text{Producto de invertir el capital} = C(1 + r)^n$$

Form. 7

Por lo tanto, para que la inversión en el proyecto se justifique, el resultado de la fórmula 6 debería ser mayor que el resultado de la fórmula 7. Para saber cuál sería la

tasa bancaria aplicada al capital que igualaría el rendimiento de éste con el rendimiento del proyecto, hacemos una ecuación con las fórmulas 6 y 7:

$$C(1+r)^n = I_1(1+i)^{n-1} + I_2(1+i)^{n-2} + I_3(1+i)^{n-3} + \dots + I_{n-1}(1+i) + I_n \quad \text{Form. 8}$$

al despejar  $r$ , resulta:

$$r = \sqrt[n]{\frac{I_1(1+i)^{n-1} + I_2(1+i)^{n-2} + \dots + I_{n-1}(1+i) + I_n}{C}} - 1 \quad \text{Form. 9}$$

El valor de  $r$  también puede representarse en función de la ganancia calculada para evaluar el proyecto según el criterio del valor presente neto, (fórmula 1):

Si ambos miembros de la fórmula 8 se dividen entre  $(1+i)^n$ , resulta:

$$\frac{C(1+r)^n}{(1+i)^n} = \frac{I_1}{1+i} + \frac{I_2}{(1+i)^2} + \frac{I_3}{(1+i)^3} + \dots + \frac{I_{n-1}}{(1+i)^{n-1}} + \frac{I_n}{(1+i)^n}$$

Si de ambos miembros se resta  $C$ , queda la siguiente expresión (el lado derecho de la fórmula menos  $C$ , es  $G$  o ganancia, ver la fórmula 1):

$$\frac{C(1+r)^n}{(1+i)^n} - C = G$$

al despejar  $r$  se tiene la expresión:

$$r = (1+i) \sqrt[n]{\frac{G+C}{C}} - 1 \quad \text{Form. 10}$$

**1.2.9** Tasa interna de retorno. Este indicador se usa con mucha frecuencia, aunque no siempre se interpreta correctamente. Un error frecuente es considerar la TIR de un proyecto, como la tasa de rendimiento de la inversión. Esto sólo es correcto, si los ingresos se pueden reinvertir totalmente en el negocio. Se puede dar 4 interpretaciones al concepto TIR:

a) Tasa hasta donde podría ascender el costo del capital para que la ganancia del proyecto sea cero. Si en la fórmula 1 se considera la ganancia como cero,

$$G = \frac{I_1}{1+t_{ir}} + \frac{I_2}{(1+t_{ir})^2} + \frac{I_3}{(1+t_{ir})^3} + \dots + \frac{I_{n-1}}{(1+t_{ir})^{n-1}} + \frac{I_n}{(1+t_{ir})^n} - C = 0$$

entonces:

$$C = \frac{I_1}{1+t_{ir}} + \frac{I_2}{(1+t_{ir})^2} + \frac{I_3}{(1+t_{ir})^3} + \dots + \frac{I_{n-1}}{(1+t_{ir})^{n-1}} + \frac{I_n}{(1+t_{ir})^n} \quad \boxed{\text{Form. 11}}$$

Esta expresión simplificada se escribe:

$$C = \sum_{k=1}^n \frac{I_k}{(1+t_{ir})^k} \quad \boxed{\text{Form. 12}}$$

Una vez obtenida la TIR de un proyecto, basada en los flujos de efectivo estimados, el valor obtenido indica que si el costo del dinero fuese igual a la TIR, entonces será posible pagar con los ingresos el capital y el costo, pero no habrá ganancias. Si la tasa a la cual se consigue el dinero es mayor a la TIR, entonces habrá pérdidas, de lo contrario

habrá ganancias. Por ello mientras mayor sea la TIR, habrá más seguridad de no tener pérdidas. Es por eso que se tiende a invertir en proyectos con la mayor TIR, lo cual puede en ocasiones no ser lo correcto, pues una TIR alta no significa mayor ganancia necesariamente que una TIR menor, pero con montos mayores de utilidad.

b) Es la tasa de rendimiento de la inversión inicial, si todos los ingresos del proyecto pueden ser reinvertidos en el mismo proyecto y producen una ganancia también con la tasa de rendimiento  $r$  del proyecto, la cual se calcula según la fórmula 6, y debe ser desde luego mayor que  $i$ .

Si se reinvierten todos los ingresos en el negocio, después de  $n$  años se habrá reunido una cantidad de:

$$I_1(1+r)^{n-1} + I_2(1+r)^{n-2} + I_3(1+r)^{n-3} + \dots + I_{n-1}(1+r) + I_n$$

De acuerdo con la segunda interpretación de lo que es la TIR, esta cantidad acumulada sería igual a la que se produciría después de la misma cantidad de años si el capital invertido en el proyecto se hubiese colocado en un banco a un interés  $r$ . Esto mismo expresado en una igualdad, queda así:

$$C(1+r)^n = I_1(1+r)^{n-1} + I_2(1+r)^{n-2} + I_3(1+r)^{n-3} + \dots + I_{n-1}(1+r) + I_n \quad \text{Form. 13}$$

Al dividir ambos términos de la fórmula 4.12 entre  $(1+r)^n$  tenemos:

$$C = \frac{I_1}{1+r} + \frac{I_2}{(1+r)^2} + \frac{I_3}{(1+r)^3} + \dots + \frac{I_{n-1}}{(1+r)^{n-1}} + \frac{I_n}{(1+r)^n} \quad \text{Form. 14}$$

Esta es la fórmula 11, de acuerdo con la primera interpretación de la TIR, en este caso  $r$  es igual a TIR.

Como no siempre es posible reinvertir todos los ingresos del proyecto en él mismo no debe interpretarse la TIR como la del rendimiento del proyecto, salvo cuando se puede reinvertir el total de los ingresos.

c) Relacionada con la interpretación anterior de la TIR, se tiene una tercera que la define como la tasa de rendimiento del negocio sólo para los saldos de la inversión no recuperados. Al aplicar esta interpretación en fórmulas, deberá ser posible llegar por el tercer camino a la fórmula número 11:

El primer año de funcionamiento del negocio, el capital produce una cantidad de:

$$C(1+r)$$

Al terminar ese periodo el negocio produjo el primer ingreso  $I_1$ , por lo tanto la cantidad que permanece invertida en el negocio, después de recuperar el primer ingreso es:

$$C(1+r) - I_1$$

Al final del segundo periodo, la cantidad aún invertida en el negocio produce:

$$[C(1+r) - I_1](1+r) = C(1+r)^2 - I_1(1+r)$$

El ingreso del segundo periodo se retira de la cantidad aún invertida:

$$C(1+r)^2 - I_1(1+r) - I_2$$

Esta cantidad aún no recuperada, produce en el tercer periodo con la tasa de interés  $r$ :

$$[C(1+r)^2 - I_1(1+r) - I_2](1+r) = C(1+r)^3 - I_1(1+r)^2 - I_2(1+r)$$

Al final de ese periodo, y después de haber recuperado el tercer ingreso, la cantidad aún invertida es:

$$C(1+r)^3 - I_1(1+r^2) - I_2(1+r) - I_3$$

Al final de los  $n$  periodos de vida del proyecto, se habrá recuperado totalmente el capital invertido, esto se puede expresar de la siguiente forma:

$$C(1+r)^n - I_1(1+r)^{n-1} - I_2(1+r)^{n-2} - I_3(1+r)^{n-3} \dots - I_n = 0$$

Esta fórmula también se puede escribir:

$$C = \frac{I_1}{1+r} + \frac{I_2}{(1+r)^2} + \frac{I_3}{(1+r)^3} + \dots + \frac{I_{n-1}}{(1+r)^{n-1}} + \frac{I_n}{(1+r)^n}$$

Form. 15

La cual es otra vez la fórmula 11.

d) La cuarta interpretación de la TIR es la rapidez de recuperación de la inversión. Supongamos dos casos, A) y B). En el primero A) se tienen ingresos  $I_{1A}, I_{2A}, I_{3A}, \dots, I_{nA}$  como resultado de un proyecto en el que se invirtió un capital  $C$ . Si se aplica la fórmula 11 o la 15 se obtiene el valor  $r_A$  como TIR del proyecto.

En el otro proyecto B,) para el que se la inversión tiene el mismo valor  $C$ , y el proyecto tiene la misma duración  $n$ , pero con ingresos diferentes,  $I_{1B}, I_{2B}, I_{3B}, \dots, I_{nB}$ , en los que  $I_{1B}, I_{2B}, I_{3B}, \dots, I_{nB} > I_{1A}, I_{2A}, I_{3A}, \dots, I_{nA}$ , se obtendrá un valor de  $r_B$  diferente al primer caso, este valor será mayor, por lo que según la cuarta interpretación de la TIR, el segundo proyecto tiene una rapidez de recuperación mayor que el primero,  $r_b > r_a$ .

**1.2.10** Tiempo de cancelación. Es el tiempo necesario para que los ingresos del proyecto con su valor actual igualen al capital invertido.

**1.2.11 Tasa de ganancia.** La tasa de ganancia  $r$ , es el cociente de la ganancia por año entre la inversión. Es claro que los flujos de dinero no son constantes durante la vida del proyecto, pero se puede encontrar el equivalente por año de la ganancia. Para calcular este criterio de evaluación se usa la fórmula que calcula una serie de  $n$  pagos futuros iguales,  $A$ , en función del valor presente,  $P$ , de ellos, y el interés  $i$ .

$$A = P \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad \text{Form. 16}$$

Con ayuda de esta fórmula puede calcularse la ganancia por año  $G_a$ , luego de haberla obtenido con su valor presente,  $G$ , con la fórmula número 1:

$$\text{Ganancia por año} = G_a = G \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad \text{Form. 17}$$

De acuerdo con la definición de la tasa de ganancia, ésta es el resultado de dividir la ganancia calculada por año, entre el capital usado  $C$ :

$$\text{Tasa de ganancia } r = \frac{G_a}{C} = \frac{G}{C} \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad \text{Form. 19}$$

### 1.3 Herramientas para simulación

**1.3.1 Riesgos.** Si las premisas o supuestos con los que se evalúa el proyecto ocurrieran tal como se planean o estiman, no habría riesgo alguno para invertir, sin embargo no hay nada más alejado de la realidad. Los factores que afectan el éxito de un proyecto de inversión están sujetos a múltiples cambios, por ejemplo el flujo de efectivo generado por las ventas puede variar en función de cambios en las preferencias de los clientes,

aparición de nuevos competidores, variación en los costos y precios, reducciones del mercado, cambios en el costo de los insumos, cambios en las tasas de interés, etc.

El desconocimiento del resultado exacto del proyecto de inversión o en general, de una situación futura, se describe mediante dos conceptos, *riesgo* e *incertidumbre*. En el primer caso se habla de riesgo, cuando se conocen los resultados posibles o alternativos, mientras que cuando no se conoce la distribución de frecuencia de los resultados posibles se habla de incertidumbre.

Para conocer las posibilidades de éxito de una situación futura, se trata de reproducir en un modelo analítico las condiciones esperadas en la vida real, para ver antes de llevar a cabo el proyecto su posible desempeño. Los modelos pueden ser físicos, como un puente o un edificio a escala, o bien pueden ser modelos matemáticos apoyados por computadoras.

**1.3.2** Para la simulación matemática del desempeño de los proyectos se usa lo que se llama *Simulación Montecarlo*. Se conoce como Simulación Montecarlo al proceso de evaluar reiterativamente funciones matemáticas en las cuales las variables independientes asumen para cada iteración un valor diferente, de acuerdo con una distribución de probabilidades específica para cada variable. Puesto que se requiere de una gran cantidad de cálculos es un procedimiento ejecutable preferentemente mediante el uso de computadoras, aunque también es posible realizarlo manualmente, pero para ello se requiere de mucho tiempo, pues se deben de realizar muchísimos cálculos, uno para cada valor asignado a las variables. Como el procedimiento se basa en la generación de números aleatorios, los cuales pueden ser generados mediante una ruleta, se ha llamado al procedimiento “simulación Montecarlo”. Se utiliza desde 1944 con el surgimiento de las computadoras.

Es posible realizar simulaciones de este tipo con ayuda del paquete Excel y la herramienta generadora de números aleatorios, los que al relacionarlos con las funciones estadísticas de distribuciones normales, beta, etc., del paquete Excel, dan en cada iteración el valor de la o las variables independientes. Después de realizar el cálculo cientos o miles de veces y analizar la dispersión del resultado que se busca, pueden hacerse inferencias acerca de la probabilidad de que el valor real del proceso representado por la fórmula matemática, esté en la zona rentable si se trata de un tema económico, de tamaño adecuado si se trata de simular el tamaño de las entradas a un estadio, etc.

**1.3.3** El paquete Crystal Ball® es una herramienta para realizar simulaciones que complementa la hoja de cálculo de Excel y posibilita entre otras cosas, el cálculo de funciones en las que los factores no tienen un valor fijo, sino un valor probable dentro de ciertos rangos, o sea que se considera el riesgo.

Para usar Crystal Ball se definen las celdas con los valores de “entrada” o premisas a partir de las cuales se hacen los cálculos mediante fórmulas matemáticas que darán los valores o pronósticos en las celdas de “salida”. A las variables de entrada se les asignan valores dentro de los límites de incertidumbre y con una dispersión que puede ser normal, triangular, hiperbólica, de Poisson, etc. Una vez que se corre el programa, usualmente 1000 cálculos, en cada uno de ellos para cada premisa se genera un valor relacionado por el tipo de probabilidad con un número aleatorio. Por cada cálculo de la simulación, se obtiene un valor para cada variable de “salida” o pronóstico. Al concluir la simulación aparece una gráfica para cada uno de los pronósticos con información

estadística sobre los 1000 resultados. La calidad de la simulación depende del modelo matemático en primera instancia. En este punto Crystal Ball no es de ayuda, el usuario debe definir la relación entre las entradas o premisas y las salidas o pronósticos mediante fórmulas adecuadas.

El paquete Crystal Ball se vende por parte de Decisioneering: <http://www.crystalball.com>. Se puede solicitar una demostración descargable sin costo por 7 días. En el libro Introduction to Simulation Análisis de James R. Evans y David L. Olson, Prenhall, 2da edición, se incluye una versión estudiantil de Crystall Ball vigente por 20 semanas.

#### **1.3.4 Con un ejemplo sencillo se puede explicar cómo trabaja Crystall Ball:**

Supongamos que una empresa quiere evaluar las probabilidades de éxito si pone a la venta un producto de consumo efímero estacional, cuyo precio está determinado por el mercado, y puede fluctuar entre \$460 y \$520, con un valor intermedio de \$490 y con una distribución uniforme. Su costo de producción es de \$350, pero debido a las fluctuaciones en el precio de los insumos, puede fluctuar entre \$300 y \$400 con una distribución de probabilidad triangular. Se esperan ventas de alrededor de 100,000 unidades, todas en un verano, con una distribución normal y una desviación estándar de 13,500. La inversión es de \$10,000,000 pero basados en estadísticas de proyectos anteriores, se considera que puede desviarse de la estimación de acuerdo con una distribución normal y una desviación estándar de \$300,000. Para este proyecto el tiempo de preparación es de un año, y el costo del dinero es de 8%.

La fórmula que relaciona los datos mencionados con el resultado buscado, o sea la rentabilidad de este proyecto es:

Rentabilidad en \$ = – Inversión – Intereses sobre la inversión + Ingresos por ventas – Costo de producción.

Form. 20

Si aplicamos la fórmula con los valores medios, se obtiene:

$$\text{Rentabil.} = \underbrace{(-10,000,000)}_{\text{Inversión}} + \underbrace{(-10,000,000 \times 0.08)}_{\text{Intereses por la inversión}} + \underbrace{490 \times 100,000}_{\text{Ingresos por ventas}} + \underbrace{(-350 \times 100,000)}_{\text{Costo de producción}}$$

$$\text{Rentabilidad} = -10,000,000 - 800,000 + 49,000,000 - 35,000,000 = 3,200,000$$

Si se tuviera la certeza de que los valores asumidos en este cálculo se dieran en la realidad, y no se tuviera otro proyecto con mejor rendimiento que éste para invertir 10 millones, es claro que se recomienda totalmente la inversión.

Para ver qué ocurre cuando se hacen intervenir las probabilidades, se abre el programa Crystal Ball y luego una hoja de cálculo de Excel. En ella se definen cuatro celdas para las premisas “Precio del artículo”, “Costo de producción”, “Volumen de ventas” e “Inversión”, son las celdas B1, B2, B3 y B4. En ellas se capturan los valores más probables. Los nombres de las premisas se escriben en las celdas A1, A2, A3, y A4, ver figura 1.2.

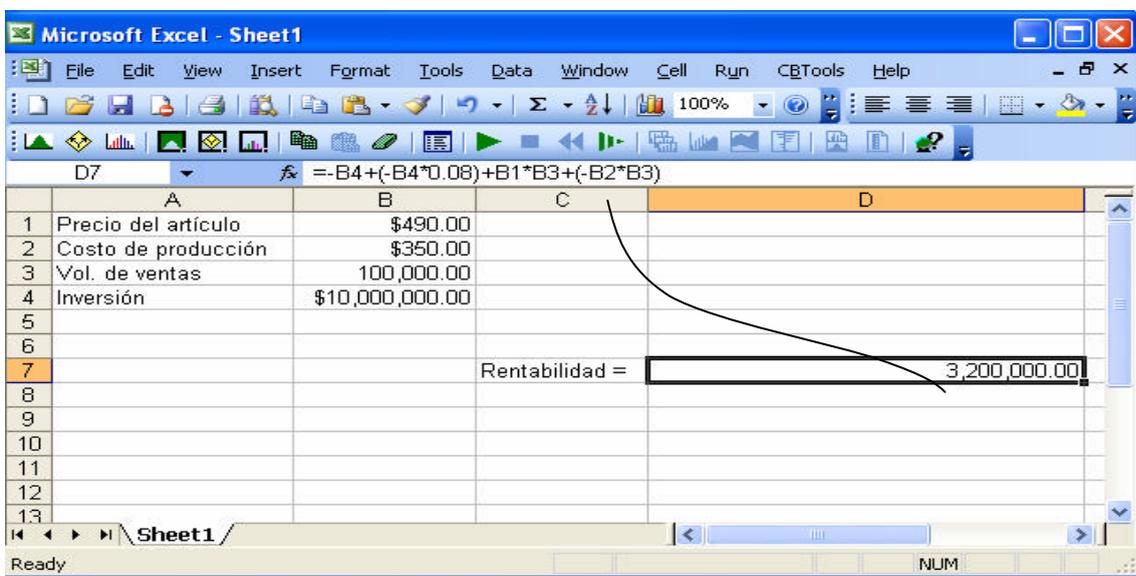


Figura 1.2, hoja de cálculo de Excel, abierta a partir de Crystal Ball, con lo datos del ejemplo

En la celda D7 se define la fórmula 20 en función de las celdas B1 a B4. El resultado obtenido es el que ya se había calculado arriba, o sea \$3,200,000. Hasta este momento no hay diferencia entre lo que se haría en una hoja de cálculo normal y una con Crystal Ball. Para que en la simulación los 4 conceptos asuman diferentes valores, de acuerdo con su probabilidad, es necesario definir cada celda de B1 a B4 de la siguiente manera:

En primer lugar hay que observar en la hoja de cálculo varios botones de comando en la barra de herramientas que no tiene Excel. La explicación de algunos de ellos se da en la figura 1.3.

Botón	Comando	Acción	Teclear
	Preferencias	Abrir diálogo de preferencias	Alt-n, l
	Borrar datos	Borra definiciones previas de las celdas	Alt-n, e
	Copia datos	Copia definiciones a otras celdas	Alt-n, c
	Define premisas	Abre el diálogo para definir las premisas de la celda	Alt-n, a
	Define decisión	Abre diálogo para definir una celda de variable de decisión	Alt-n, d
	Define pronóstico	Abre diálogo para definir una celda de pronóstico	Alt-n, f

Figura 1.3, algunas funciones de Crystal Ball

El primer comando que se usará es el que define las premisas. Este comando permite incluir el concepto probabilidad en las celdas B1 a B4. Primero se selecciona la celda del precio del artículo B1, luego se activa el icono  y aparece la galería de distribuciones, figura 1.4 (a). Para el caso del precio se escoge la distribución uniforme.

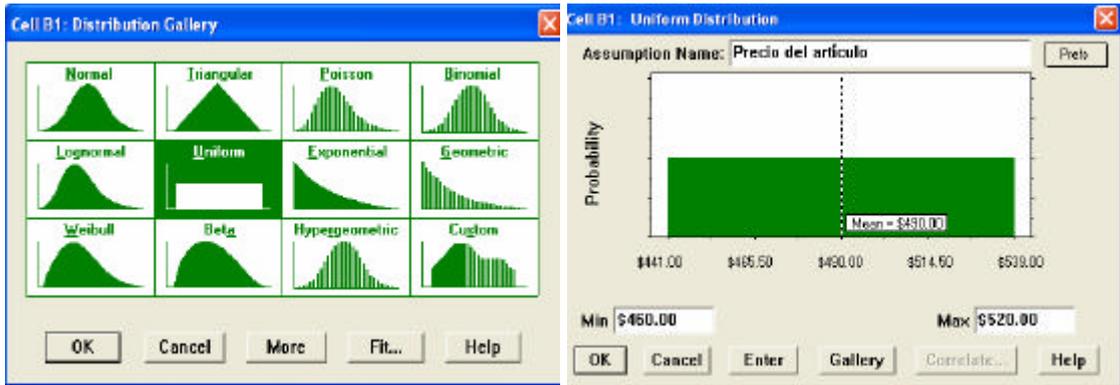


Figura 1.4 (a) galería de distribuciones, (b) distribución uniforme

Al escoger la distribución uniforme, aparece un cuadro, figura 1.4 (b), en el que se deben dar los límites de esa distribución. En las ventanas para mínimo y máximo se teclean los valores \$460 y \$520. Se acepta (OK) y se cierra este cuadro.

Se observa que la celda B1 después del proceso descrito queda en color verde, ver figura 1.5, lo cual indica que esa celda tiene una variable o premisa con valores probables de acuerdo con alguna de las distribuciones del menú.

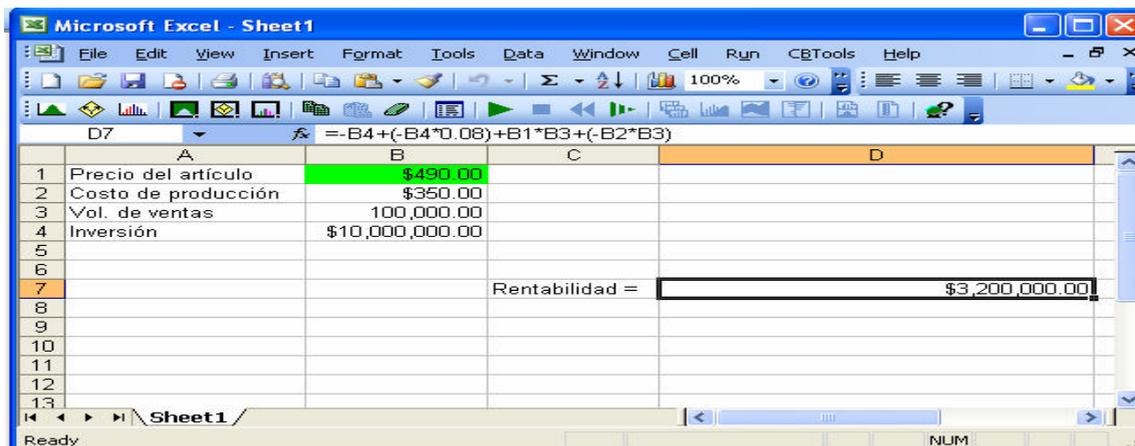


Figura 1.5, identificación de las celdas con premisas que tienen valores probables, no fijos

El mismo proceso se sigue con la premisa “costo de producción”, se selecciona la celda B2, se activa el icono  y aparece otra vez la galería de distribuciones probabilísticas, figura 1.4 (a). De acuerdo con las premisas del ejemplo, se selecciona la

distribución triangular y aparece el cuadro, figura 1.6, en el cual se teclean los límites de la distribución: mínimo 300, máximo 400, valor más probable 350. Al aceptar se cierra el cuadro y se verá que la celda B2 tiene ahora también color verde, como la celda B1.

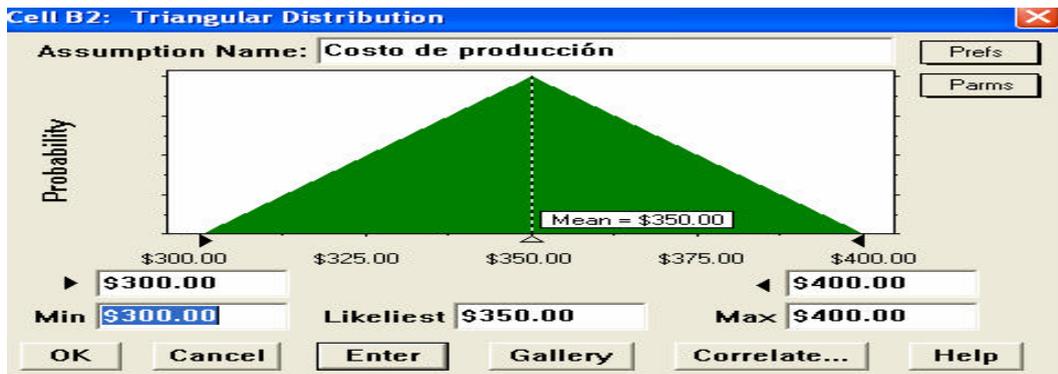


Figura 1.6, distribución triangular

De manera semejante se seleccionan las celdas B3, para volumen de ventas y B4 para la inversión, ambas con distribuciones normales. En este caso al seleccionar la distribución normal, aparecen como valores medio los números que ya estaban en las celdas, 100,000 y \$10,000,000. El valor que se debe teclear en cada caso es la desviación estándar, 13,500 y \$300,000 respectivamente; ver figuras 1.7 y 1.8.

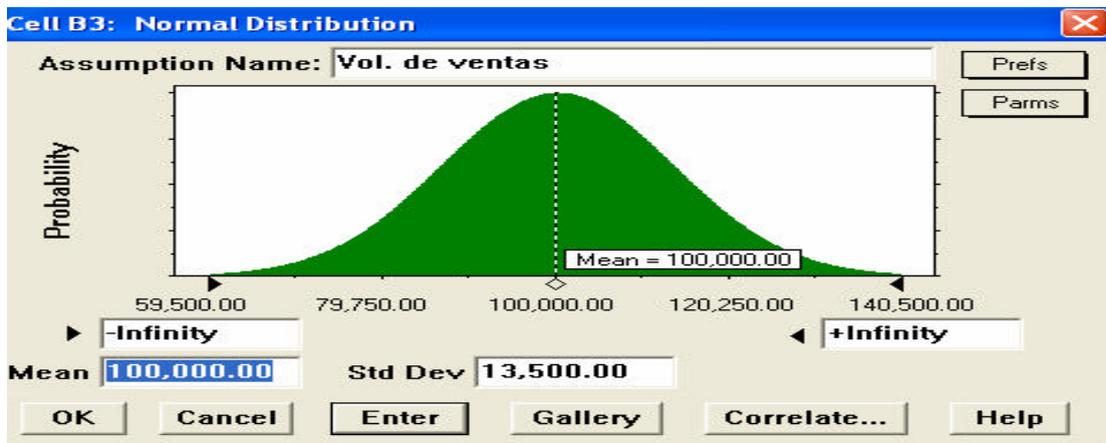


Figura 1.7, distribución normal para volumen de ventas

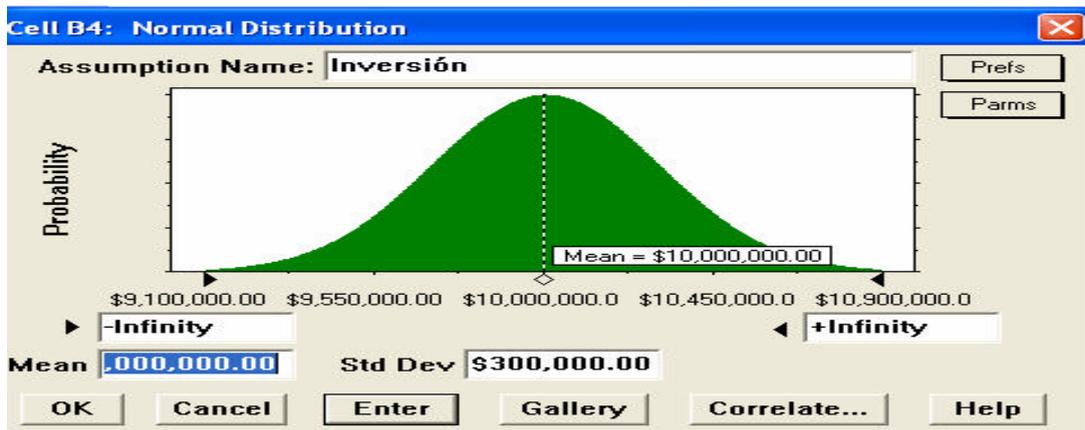


Figura 1.8, distribución normal para inversión

Al terminar este proceso, las cuatro celdas B1 a B4 tendrán el color verde, indicación de que en esas celdas se manejarán durante la simulación valores aleatorios de las premisas, según las distribuciones de probabilidad y dentro de los rangos seleccionados, ver figura 1.9.

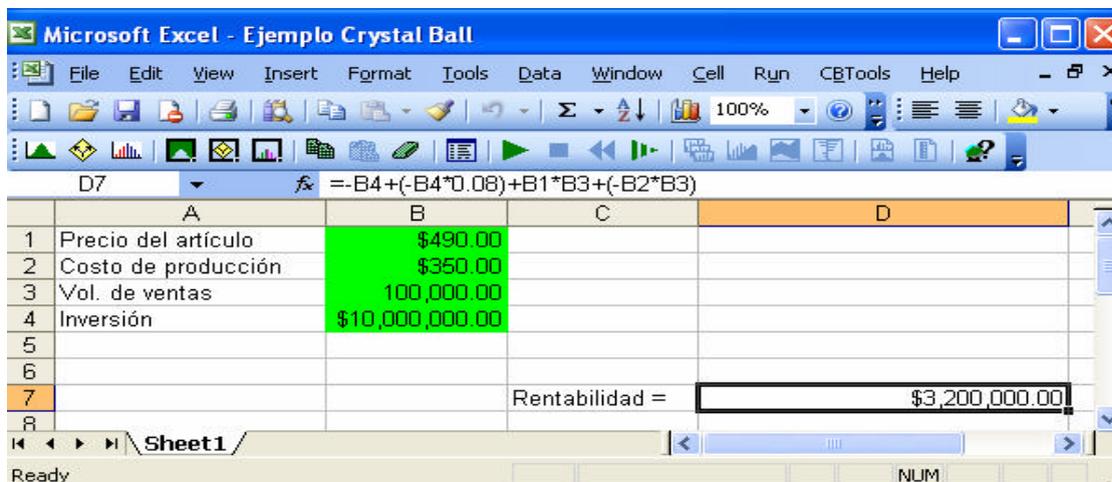


Figura 1.9, las celdas con premisas sujetas a valores estadísticos aparecen en verde

El siguiente paso es determinar para cuáles de las celdas con fórmulas en las que intervienen las variables “verdes”, se desea hacer la simulación. En este ejemplo sólo hay una celda con fórmula en la cual se hará el pronóstico de la rentabilidad, es la celda D7, la cual se selecciona y luego se activa el icono . Aparece entonces el cuadro como de la figura 1.10 (a). Crystal Ball relaciona el nombre del concepto que

representa la celda, porque la celda vecina tiene el texto, “Rentabilidad”. Si se desea se pueden hacer cambios. En el ejemplo presente se acepta como está. Cuando se acepta (OK), la celda de rentabilidad, se muestra ahora en color azul. Este color indica que las celdas así marcadas tienen fórmulas en las que intervienen los pronósticos marcados en verde, ver figura 1.10 (b).

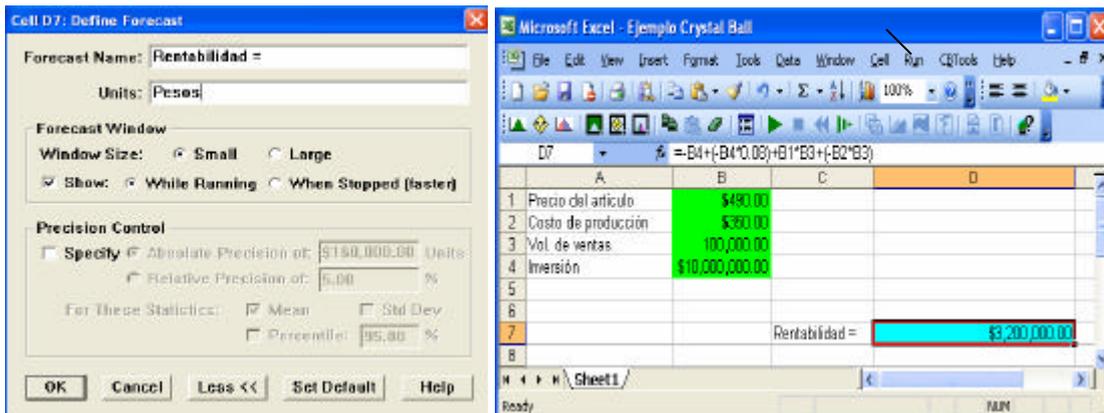


Figura 1.10 (a) y (b) selección de la celda que tendrá el pronóstico, en este caso rentabilidad

Ahora ya es posible “correr” la simulación, para lo cual se selecciona la función “run”. Durante la simulación se realizan 1000 cálculos de la rentabilidad, en cada cálculo asumen las variables “verdes” o premisas un valor determinado por la probabilidad que se definió para cada una de ellas. Al final de los 1000 cálculos aparece la gráfica de los 1000 resultados, ver la figura 1.11.

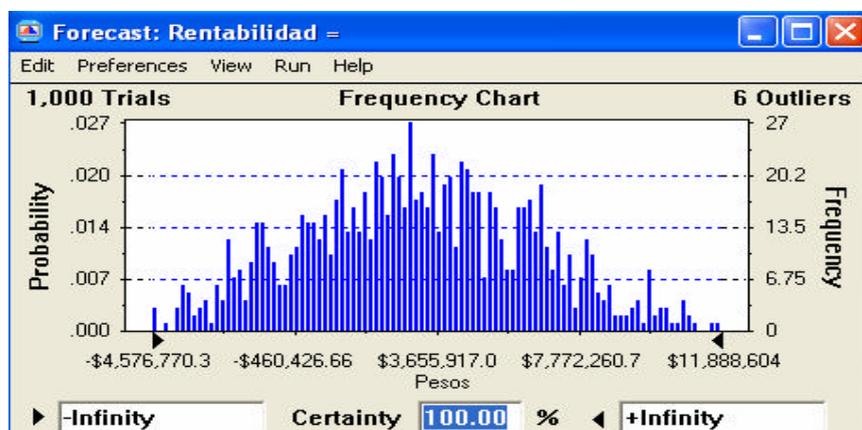
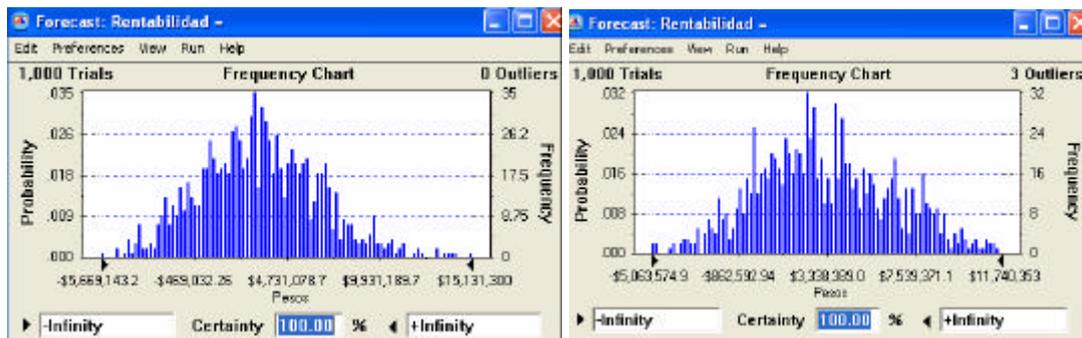


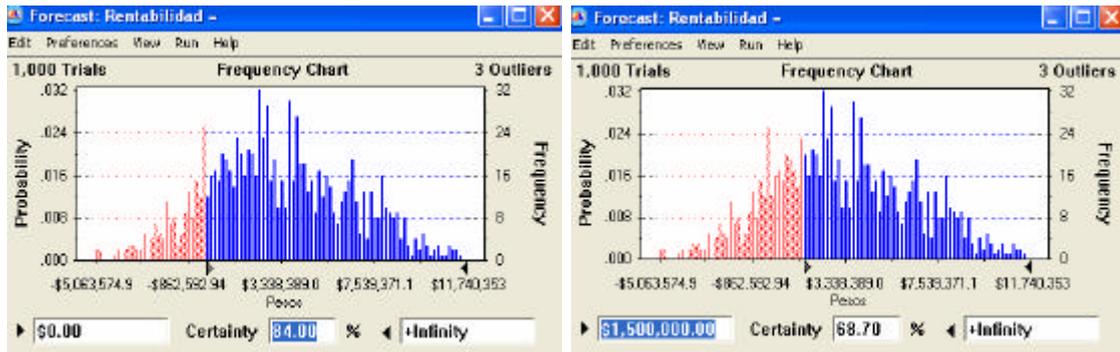
Figura 1.11, resultado de la simulación. Los 1000 resultados se distribuyen en 100 rangos

La gráfica muestra la dispersión de los resultados. Al analizarla se puede decir que de acuerdo con las premisas, el resultado del proyecto puede estar entre una pérdida de \$4,576,770.3 y una utilidad de \$11,888,604. La mayor cantidad de resultados se ubica alrededor de los \$3,600,000. La simulación se puede correr las veces que se desee, en la figura 1.12 se muestran otras dos. Los resultados son desde luego diferentes, pero la tendencia es similar.



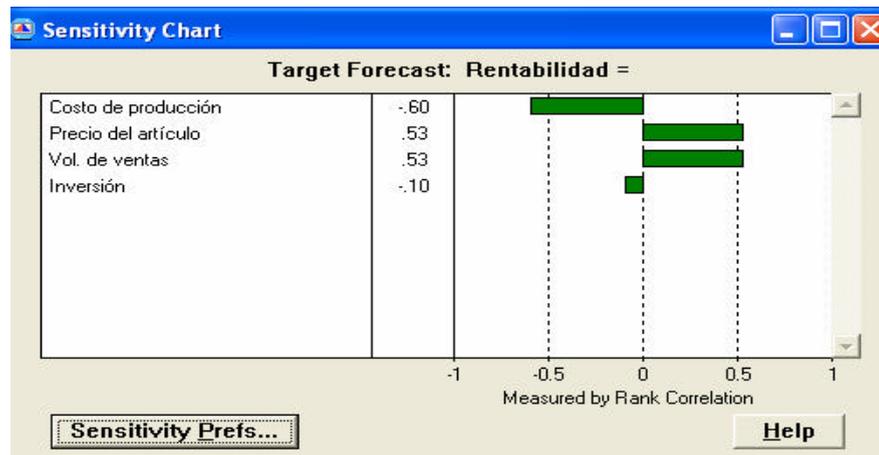
**Figura 1.12, resultado de otras dos simulaciones, para el ejemplo de rentabilidad**

Para ver cuál es la probabilidad de perder o de no perder en el proyecto, usando la gráfica de la figura 1.12 (derecha), se sustituye el valor “menos infinito” por el cero, y la gráfica entonces se ve como en la figura 1.13 (a), en la cual aparece en rojo la zona de pérdidas o menor que cero y en azul la zona positiva. Además aparece como valor para la posibilidad de que el negocio por lo menos no produzca pérdidas el 84%. En lugar de cero se puede introducir cualquier valor. Por ejemplo, si se introduce 1,500,000 la gráfica se verá como en la figura 1.13 (b). En este caso la probabilidad de que el negocio produzca por lo menos \$1,500,000 es de 68.7%.



**Figura 1.13, (a) posibilidad de que el proyecto no genere pérdidas, (b) posibilidad de que el proyecto genere ganancias de por lo menos 1,500,000**

Existen muchas otras herramientas dentro de este paquete. Para los fines de este trabajo sólo se desea mostrar algunas más, por ejemplo el análisis de sensibilidad. Si se selecciona “run”, aparecen varias herramientas, entre ellas la de sensibilidad. Al seleccionarla aparece la tabla de la figura 1.14. La información que aporta es que una variación en el costo de producción es responsable del 60% de la variación en sentido negativo de rentabilidad, el precio y el volumen de ventas afectan ambos en 53% de la variación en sentido positivo y la inversión en 10% en sentido negativo.



**Figura 1.14, análisis de sensibilidad**

Crystal Ball tiene la posibilidad de hacer cambios en la presentación de los resultados. En las gráficas mostradas el rango de resultados de la simulación se divide en 100

grupos, pero es posible reducir los rangos, como en la figura 1.15 en la cual los resultados se distribuyen en 25 grupos.

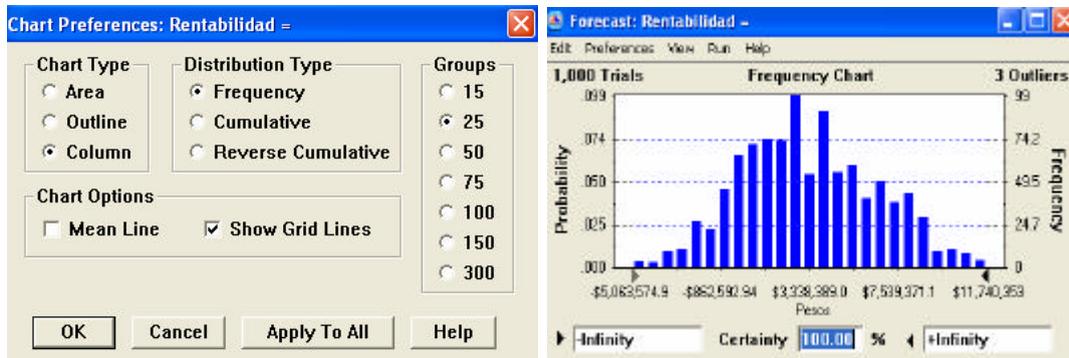


Figura 1.15, cambio de agrupar en 25 rangos en lugar de 100

Crystal Ball ofrece otro tipo de simulaciones, como correlaciones, regresiones, etc. Para los efectos del presente trabajo se dejará la explicación del paquete hasta este punto.

### 1.3.5 Resumen

Se ha presentado la historia antigua muy resumida del petróleo como energético en el mundo, la historia también muy breve del petróleo en México, desde la época prehispánica hasta la actualidad, luego se mostraron varios criterios de evaluación de proyectos de inversión y finalmente, una explicación de la herramienta que constituye el paquete Crystal Ball para simulaciones, en donde las variables de entrada o premisas no pueden representarse como valores fijos, sino como valores que pueden fluctuar entre ciertos límites y con una probabilidad dada o asumida. Como resultado de las simulaciones no se obtiene un valor exacto, sino valores probables.

Posteriormente se mostrará la información que permita asumir los valores con los cuales realizar el cálculo y las simulaciones del proyecto de inversión motivo del presente trabajo.