

Valoración de la opción de tercera generación de telefonía móvil celular a través de opciones reales*

Sandra Milena Salinas Moreno**

Javier Cristóbal Calvo Espinal***

Resumen

Durante los últimos treinta años, el análisis del flujo de caja descontado (FCD) ha llegado a ser un método de valoración estándar. No obstante, los académicos y la gerencia le han encontrado limitaciones a la hora de considerar la flexibilidad involucrada en los proyectos. El método de FCD no es capaz de considerar decisiones futuras, las cuales dependen significativamente del comportamiento de variables económicas. Por consiguiente, al no capturar apropiadamente la flexibilidad de la gerencia para adaptarse y revisar decisiones en respuesta a situaciones inesperadas del mercado, se convierte en una aproximación estática. Con el fin de valorar dicha flexibilidad, las teorías modernas de valoración emplean las opciones reales, permitiendo a la gerencia agregar valor a sus empresas, al amplificar las ganancias o al mitigar las pérdidas. Dadas las actuales decisiones del sector de la telefonía móvil celular, se consideró apropiado aplicar la metodología a la valoración de la opción que tienen los operadores de evolucionar a una tecnología superior, denominada sistema de tercera generación (3G).

Palabras clave

CDMA, flujo de caja descontado, GSM, modelo binomial, opción call, nodos de decisión, opciones reales, opción put, simulación de Monte Carlo, tasa de descuento, telefonía celular, tercera generación.

Introducción

La globalización e internacionalización de los mercados financieros y de la economía en general han alterado la perspectiva desde la cual se visualizan las finanzas y el mundo. La sofisticación de los mercados, con la aparición de los productos derivados y de la denominada "ingeniería financiera", ha creado cientos de nuevos instrumentos y enfoques que, con la evolución del conocimiento y con la aparición de las nuevas

teorías, han traído consigo numerosos y sustanciales avances en el mundo de las finanzas. Todo ello obliga a que los directivos financieros tengan que modificar su forma de actuar u operar para la toma de decisiones financieras sólidas, y que el contenido de esta disciplina esté sometido a importantes cambios y avances.

Al mismo tiempo, el mundo es testigo de un espectacular crecimiento de la funcionalidad de la tecnología; quizás el más importante progreso se encuentre en el sector de telecomunicaciones, específicamente en la telefonía móvil celular (TMC). Las décadas de los ochenta y noventa fueron marcadas por la penetración de los equipos celulares, a tal punto que sus usuarios sobrepasaron en número a los de telefonía fija. Paralelo a este fenómeno, el crecimiento del uso de Internet ha llevado a la globalización de la información.

Colombia no escapa a dicho fenómeno; desde el inicio de la TMC, en 1994, se han presentado una variedad de procesos (adquisiciones, privatizaciones y más recientemente la incursión de nuevas tecnologías) que han dado

* Este artículo es producto de la monografía *Valoración de la opción de tercera generación de telefonía móvil celular a través de opciones reales*, dirigida por el profesor José María del Castillo, de la Universidad de los Andes. Los jurados Carlos Gómez y Germán Guerrero otorgaron Mención Meritoria a este trabajo de grado. Se recibió en octubre y se aprobó definitivamente en noviembre de 2003.

** Estudiante de Administración de Empresas. E-mail: smsalinas@unal.edu.co

*** Estudiante de Administración de Empresas. E-mail: jccalvoe@unal.edu.co

inicio al desarrollo de un medio ambiente competitivo al sector de telecomunicaciones. En enero de 2003 se introdujo un nuevo operador para la prestación de los servicios de PCS (*Personal Communication System*). Este parece ser tan sólo un paso hacia la tendencia de tecnologías de TMC que se presenta a nivel mundial, la cual se dirige a la tercera generación (3G), permitiendo la convergencia del Internet con el sistema móvil celular y a su vez poniendo en la palma de la mano el acceso al ciberespacio en cualquier momento.

Todo esto despertará el interés de los operadores por valorar la decisión de migrar a la tecnología 3G. Sin embargo, los inversionistas se enfrentan a un mercado incierto, donde la demanda está supeditada al comportamiento de variables como el crecimiento de la economía, la devaluación, las tasas de interés, el desempleo, entre otros. Estos factores son ajenos al manejo de la gerencia, generando incertidumbre en la valoración del proyecto.

Lo anterior obliga a las compañías a estudiar continuamente el ambiente global y sus estrategias de negocios. En un escenario relativamente estable, se pueden usar las reglas básicas de valoración y evaluar los resultados sin caer en errores serios. Pero en un ambiente cambiante, caracterizado por reestructuraciones frecuentes (fusiones, adquisiciones, asociaciones de todo tipo), relevos gerenciales y cambios de estrategias, el análisis del flujo de dinero en efectivo y las herramientas para afrontar el riesgo son la única manera de asegurar que se está haciendo una inversión adecuada. Dicha realidad presenta cambios en el manejo de los negocios. La gerencia tiene la necesidad de manejar sus inversiones estratégicamente, requiere una base del valor de sus operaciones y de las estrategias de sus negocios.

Frente a las falencias de las técnicas tradicionales de valoración, la metodología de opciones reales ayuda a valorar las oportunidades estratégicas de los proyectos, introduciendo un análisis cuantitativo, junto con el análisis cualitativo y estratégico de la organización. En esta teoría la incertidumbre ya no es un elemento que juega en contra del inversionista. Por el contrario, se convierte en una oportunidad para la empresa, lo que hace de esta metodología un cambio radical en el pensamiento de la valoración, permitiendo a los gerentes tomar decisiones más correctas acerca del futuro de la firma bajo condiciones de incertidumbre.

Se considera que las opciones financieras tienen un escaso desarrollo en nuestro país, tanto por su desconocimiento como por la ausencia de un mercado de las mismas. Por esta razón se estima que la teoría de valora-

ción de opciones financieras, en particular de las opciones reales, representa un camino adecuado para afrontar y solucionar los problemas comunes de las finanzas corporativas, como son la evaluación y selección de inversiones y la valoración de fuentes financieras. Con estas consideraciones, el desarrollo de esta investigación pretende:

- Presentar el enfoque de las opciones reales como la alternativa viable para los directivos financieros que buscan una óptima valoración de sus empresas y las oportunidades de negocio en un mundo de turbulencias e incertidumbre.
- Aplicar la teoría de las opciones reales en el sector de la telefonía móvil celular (TMC) para el caso de la prestación de servicios de tercera generación.

Crítica a la regla del valor presente neto (VPN)

Uno de los primeros temas que se aprende en Finanzas es la regla del VPN, utilizada ampliamente en valoración por su fácil aplicación a todos los casos. El VPN es la diferencia entre el valor presente de todas las entradas de efectivo menos el valor presente de todas las inversiones. Su regla de decisión consiste en aceptar un proyecto si su VPN es positivo y rechazarlo si es negativo (Bodie, Z. y Merton, R., 1999, p. 91).

$$VPN = -I + \sum_{t=1}^{t=n} \frac{FC_t}{(1+k)^t}$$

En donde,

- K es la tasa de descuento
 FC_t es el flujo de caja en el período t
 I es la inversión inicial

Sin embargo, el criterio del VPN no refleja la forma como las compañías toman decisiones; es necesario combinarlo con otros indicadores que permitan identificar tanto el aporte económico como estratégico o de permanencia que genere el proyecto. Adicionalmente, es necesario medir los costos de oportunidad inherentes al proyecto o las decisiones alternativas como diferir, entrar, abandonar o simplemente invertir en otra opción. En este sentido, y dentro del esfuerzo investigativo para hallar una simulación más adecuada al proceso de inversión, se encuentra la propuesta de aplicar los conceptos de valoración de las opciones financieras a la valoración de los activos del sector real.

Esta propuesta busca tomar ventaja del hecho de que una opción financiera¹ y su valor contienen dentro de su fundamento el concepto de la oportunidad de esperar más y mejor información. Todo esto crea la posibilidad de valorar la opción de diferir cuando se está ante la decisión de participar en un proyecto o la opción de abandonar una inversión ya en proceso. Así mismo incluye el concepto de pago máximo que está dispuesto a desembolsar el inversionista por esperar mayor información futura.

Por otra parte, las metodologías tradicionales para valorar una oportunidad de inversión siempre han contemplado elementos subjetivos como la tasa de descuento y la función de utilidad, los cuales sitúan la decisión de inversión en un plano muy particular dependiendo de las oportunidades y de las capacidades de dirección del inversionista. En este sentido, la metodología de opciones, dentro del esquema de portafolio replicante, trata de encontrar una tasa de conveniencia derivada de un mercado eficiente aplicable a cualquier proyecto de inversión.

Es necesario tener en cuenta que cuando se analiza un proyecto de inversión bajo la óptica del criterio de valoración del VPN, se están realizando una serie de supuestos que afectan el resultado obtenido. Según Mascareñas (1998), los principales son:

- Los flujos de caja que el proyecto promete generar pueden reemplazarse por sus valores medios esperados, y éstos se pueden tratar como valores conocidos desde el principio del análisis. Este supuesto implica ignorar que la gerencia puede alterarlos al adaptar su gestión a las condiciones imperantes en el mercado durante toda la vida del proyecto. Esta *flexibilidad* crea valor para el proyecto de inversión, valor que el método del VPN es incapaz de reflejar.
- La tasa de descuento es conocida y constante, dependiendo únicamente del riesgo del proyecto. Esto implica suponer que el riesgo es constante, suposición falsa en la mayoría de los casos, puesto que el riesgo depende de la vida restante del

proyecto y de la rentabilidad actual del mismo a través del efecto del apalancamiento operativo². Por tanto, la tasa de descuento varía con el tiempo y además es incierta.

- La necesidad de proyectar los precios esperados a lo largo de todo el horizonte temporal del proyecto es algo imposible en algunos sectores ya que éstos pueden estar caracterizados por una probabilidad Martingale³. Además, la gran variabilidad de aquellos precios obligaría a considerar todos los posibles caminos seguidos a lo largo del horizonte de planificación. Como esto es muy difícil de hacer, de cara a la aplicación del VPN, arbitrariamente se eligen unos pocos de los muchos caminos posibles.

En cualquier caso, los métodos clásicos de valoración son idóneos cuando se trata de evaluar proyectos de inversión que no admiten demora —*ahora o nunca*—, pero subvaloran el proyecto si poseen una flexibilidad operativa (se puede hacer ahora, o más adelante, o no hacerlo) u oportunidades de crecimiento contingentes. En conclusión, según Pindyck (1991, pp. 1110-1148), la regla del VPN y los modelos basados en ella son incorrectos cuando las decisiones de inversión pueden ser pospuestas.

Irreversibilidad en las inversiones

La irreversibilidad o la posibilidad de diferir son características muy importantes en la mayoría de las inversiones en el mundo real. La regla del VPN asume que la inversión es irreversible, aunque algunas inversiones admiten la posibilidad de postergar su decisión, lo cual afecta profundamente su valoración, la aplicación de la regla del VPN, y por lo tanto los fundamentos teóricos de los modelos estándares de inversión neoclásicos.

Una oportunidad de inversión irreversible es algo muy parecido a una opción financiera de compra (*call option*): tiene el derecho pero no la obligación de comprar un activo (llámese así al flujo de ganancias provenientes del proyecto) en el futuro. Cuando una compañía realiza una inversión irreversible, realmente está “ejerciendo” una opción financiera de compra; de esta manera, el proble-

¹ Una opción financiera otorga el derecho, mas no la obligación, de comprar o vender una cantidad determinada de un activo subyacente (mercancía o instrumento financiero) a un precio preestablecido dentro de un periodo determinado. Para una mayor profundización sobre el tema, ver Hull, J. (2000).

² El grado de apalancamiento operativo es una función de la estructura de costo de la compañía, generalmente definida en términos de la relación entre costos fijos y costos totales. Un alto grado de apalancamiento operativo genera una mayor variabilidad en la utilidad antes de intereses e impuestos (EBIT).

³ La condición de Martingale es la definición de lo que se llama *eficiencia débil*, es decir, la información no es pronosticable y, por ende, los precios y su reflejo, los rendimientos, tampoco lo son. Una característica importante para la eficiencia es que los rendimientos deben ser independientes en el tiempo, por lo cual, el error de pronóstico tiene que ser independiente de la información previa.

ma de cómo aprovechar correctamente las oportunidades de inversión se puede ver igualmente en cómo la compañía debe ejercer óptimamente su opción.

La analogía con las opciones lleva a redefinir la regla de decisión del VPN, la cual recomienda aceptar un proyecto cuando el valor de una unidad de capital sea superior o igual a su costo de adquisición e instalación. Esta regla es incorrecta porque ignora el costo de oportunidad de ejecutar la inversión ahora, renunciando a la opción de esperar para obtener nueva información. Como resultado, la nueva regla de decisión del VPN es: *Para que un proyecto de inversión sea realizable, el valor actual de los flujos de caja esperados deberá exceder su costo de adquisición e instalación, al menos, en una cantidad igual al valor de mantener viva la opción de inversión* (Dixit, A. y Pindyck, R., 1994, p. 6).

Por su parte, el costo de oportunidad de invertir puede ser alto y, al ignorarlo, las reglas de inversión cometen un grave error. Debido a que este costo de oportunidad es altamente sensible sobre el valor futuro del proyecto, un cambio en las condiciones económicas que afecte la percepción del riesgo que los inversionistas tengan sobre los flujos de caja futuros, puede llegar a tener un fuerte impacto sobre los gastos de inversión, como por ejemplo un cambio en las tasas de interés. Como consecuencia, las firmas han venido invirtiendo en proyectos que excedan la TIO⁴. Trigeorgis (1998, p. 5), citando a Summers, dice que los investigadores de empresas encuentran que tales TIO son típicamente tres o cuatro veces el costo real del capital. En otras palabras, las empresas no invierten hasta que los precios se incrementen substancialmente sobre su costo.

Entonces cabe preguntarse, ¿cuál es el error de la aplicación de la regla del VPN? Según Ross (1995, p. 96), es considerar de forma rígida la regla del VPN, es decir, emprender el proyecto siempre y cuando hacerlo no interfiera con la capacidad de tomar un proyecto competitivo.

Cuando un proyecto puede ser pospuesto en el momento ($t + 1$), puede competir consigo mismo, retrasado en el tiempo (t). Esta es la esencia del problema cuando se aplica la regla del VPN, y es otra forma de entender las opciones. En un contexto de presupuesto del capital, con unos recursos limitados, emprender un proyecto significa tomarlo sobre todas las posibles combinaciones de proyectos que maximizan el VPN. Con la incertidumbre sobre el futuro, esto implicaría negociar el valor de tomar

el proyecto hoy contra pérdidas en los costos de oportunidad, en lugar de la opción de emprender el proyecto en alguna fecha posterior, cuando las condiciones sean más favorables.

Básicamente, las principales limitaciones del VPN surgen por realizar una analogía entre la valoración de una cartera de bonos sin riesgo y un proyecto de inversión real; dependiendo del tipo de proyecto valorado, las opciones financieras resultan ser una mejor analogía que la cartera de bonos.

Finalmente, cabe precisar que no se debe interpretar que la valoración por el VPN está viciada. Por el contrario, es muy útil para caracterizar detalladamente un proyecto de inversión. A través de dicha herramienta es posible modelar en detalle y de manera muy completa la estructura de ingresos, costos, impuestos y todos aquellos aspectos que caractericen un proyecto en particular. Por lo tanto, es posible definir la metodología de las opciones reales como un complemento del enfoque tradicional, el cual proporciona un conjunto de herramientas que permiten realizar análisis más completos y al mismo tiempo aprovechar lo que en cada metodología se constituye como una ventaja dentro del estudio de las evaluaciones financieras de proyectos de inversión.

Definición de opciones reales

La gerencia financiera puede utilizar las opciones reales como una herramienta para planear y gestionar los proyectos de inversión de una forma estratégica. Según Myers (1984), la planificación estratégica necesita las finanzas: "Los cálculos del valor presente fueron utilizados como una comprobación en el análisis estratégico y viceversa. No obstante, las técnicas estándar de los flujos de efectivo descontados tenderán a subestimar el valor de las opciones adherido a las líneas de crecimiento beneficioso de los negocios. La teoría de las finanzas corporativas requiere la extensión para tratar con las *opciones reales*" (p. 588).

Las opciones reales, como una extensión de la teoría de las opciones financieras aplicada a activos reales, son el derecho, pero no la obligación, de realizar una acción (por ejemplo, diferir, expandir, contraer o abandonar) a un costo determinado, denominado precio de ejercicio, para un período de tiempo establecido (la vida de la opción).

El valor de una opción real depende de cinco variables básicas; la *tabla 1* muestra las relaciones que existen entre dichas variables para una opción de compra financiera y un proyecto de inversión.

⁴ La TIO es la tasa de interés de oportunidad del inversionista.

Cuadro 2 Comparación entre una opción financiera y un proyecto de inversión

Proyecto de inversión	Variable	Opción de compra
Desembolsos requeridos para adquirir el activo	E	Precio de ejercicio
Valor de los activos operativos que se van a adquirir	S	Precio de la acción
Longitud del tiempo que se puede demorar la decisión de inversión	T	Tiempo hasta el vencimiento
Riesgo del activo operativo subyacente	σ	Varianza de los rendimientos
Valor temporal del dinero	Rf	Tasa de interés sin riesgo

Justificación de la analogía de las opciones

Trigeorgis⁵ se pregunta si es adecuado hacer una analogía entre las técnicas estándar de valoración de opciones financieras, sobre la base del supuesto de no arbitraje, y la metodología de opciones reales. Lo anterior, teniendo en cuenta que las opciones financieras toman un portafolio de activos transados para replicar el comportamiento de las opciones, mientras que en el caso de las opciones reales, los proyectos no son transados en la bolsa.

La respuesta propuesta por el autor es afirmativa, al indicar que en el análisis de flujo de caja se puede identificar un activo gemelo para cada proyecto, con las mismas características de riesgo del proyecto, el cual se transaría en los mercados financieros, cuya tasa de retorno se calcularía como una tasa de descuento apropiada.

La forma correcta de usar el VPN descansa en el supuesto de mercados completos⁶. Así, todo lo necesario para la analogía, según Trigeorgis (1998), es la existencia de sustitutos suficientes. Dados los precios de un valor gemelo del proyecto, la gerencia puede replicar los retornos de la opción real comprando un cierto número de acciones de su valor gemelo, aunque financie parte de la compra pidiendo prestado a la tasa libre de riesgo. Dada la ausencia de oportunidades de arbitraje, el valor

de equilibrio de una opción sobre un proyecto no transado debe ser el valor de no arbitraje de la opción sobre su valor gemelo transado.

A pesar de que Trigeorgis concluye que la forma correcta de valorar una opción real descansa en encontrar un activo financiero gemelo de similar riesgo, lo difícil de esta situación consiste en que no existe un activo que replique las mismas características riesgosas del proyecto; por ejemplo, si una mina de carbón se valora a partir de la volatilidad del precio del carbón, seguramente los resultados serán equivocados, ya que los riesgos de la mina no sólo dependen de la volatilidad del precio del carbón sino también de los costos de extracción, de la accesibilidad del terreno y de la calidad del mineral, entre otros.

Dados los inconvenientes en la búsqueda del activo subyacente para un proyecto, Copeland y Antikarov (2001, p. 219) afirman que se puede evitar esta dificultad si se asume la hipótesis de inexistencia del activo transado (MAD, por sus siglas en inglés, *Market Assets Disclaimer*). Esta hipótesis consiste en que el valor del activo subyacente es igual al valor presente del flujo de fondos del proyecto descontado sin flexibilidad, asumiendo que el subyacente sería el valor de mercado del activo, si fuera transado en los mercados de capitales. Este supuesto parte de la lógica de que no debe existir algo más correlacionado con el activo que el activo mismo.

Con el fin de aplicar la herramienta de las opciones reales en el mundo real se valorará, para un operador celular, la opción de evolucionar a la tecnología de tercera generación (3G).

⁵ Esta sección está basada en Trigeorgis (1998, p.127).

⁶ Cuando se habla de mercados completos se refiere al alcance, y requiere que cualquier producto pueda ser vendido o comprado en un mercado competitivo.

Opciones reales en la telefonía móvil celular

El mercado de TMC ha tenido avances tecnológicos sorprendentes en apenas dos décadas de existencia en el mundo (en un relativo corto tiempo ya ha pasado por cuatro generaciones tecnológicas, si se cuenta la generación 2.5, mejor conocida como PCS). Esto genera fuertes repercusiones en las empresas operadoras de este servicio en el país, ya que se exponen a hacer inversiones cuantiosas en equipos y redes, a pesar de que no estén depreciados en su totalidad.

De esta situación se puede concluir que el mercado de TMC ha tenido, durante su corta historia, la oportunidad de pasar a una nueva tecnología, pero los opera-

dores habían postergado la inversión en capital. Las operadoras Bellsouth Colombia (antes Celumóvil) y Comcel, que tradicionalmente habían competido con una tecnología de segunda generación TDMA⁷, tuvieron la opción *compartida* de diferir su evolución a redes de tecnología GSM⁸ y CDMA⁹ desde la década del noventa. Como no había un competidor que ofreciera un mejor sistema, decidieron mantener su tecnología, con la adjudicación de la licencia a un tercer operador que ofrecería tecnología PCS¹⁰, la opción *compartida* expiró y los operadores tradicionales migraron a una tecnología superior.

Para comprender la funcionalidad de las anteriores tecnologías, la siguiente tabla muestra los servicios que ofrece:

Tabla 2. Comparación entre los sistemas de 2G, 2.5G Y 3G (Xavier, 2001).		
Períodos	Principal tecnología introducida	Nuevas aplicaciones
Hasta el 2000	2 G	<ul style="list-style-type: none">• Teléfono• Identificador de llamadas• SMS Envío de mensajes cortos
2001 hasta 2002	2.5 G	<ul style="list-style-type: none">• Banca móvil• Correo electrónico con voz• Acceso a Internet• Acceso a publicaciones de periódicos digitales• Karaoke• Radio móvil
2003 en adelante	3 G	<ul style="list-style-type: none">• Videoconferencia móvil• Correo electrónico con video• Diagnóstico médico remoto• Educación a distancia• Televisión y videojuegos móviles• Cartas de navegación avanzadas / Guías turísticas• Descargar MP3 y video digital• Compatibilidad con aplicaciones B2B (<i>Business to Business</i>)• Catálogo digital de venta

Fuente: UIT.

⁷ *Time Division Multiple Access* (TDMA) es una tecnología digital de segunda generación que presenta muchas ventajas con respecto a los sistemas análogos. Fue instalado por primera vez en Canadá en 1992.

⁸ *Global System for Mobile Communications* (GSM) fue desarrollo del estándar GSM. Se inició a comienzos de los años ochenta. En 1992 se instaló su primera red comercial en Alemania. GSM se ha convertido hoy en día en la tecnología líder en Europa y se ha expandido incluso a los Estados Unidos.

⁹ *Code Division Multiple Access* (CDMA) fue desarrollado para dar una mayor capacidad que la tecnología TDMA, ya que el espectro es compartido por todos los usuarios. Dado que solamente el usuario y el sistema conocen el código único asignado a él en el momento de activar su línea telefónica, un correlator ubicado dentro de dicho aparato puede recibir la señal completa y descomponerla para sólo traducir el mensaje enviado a él y para que el resto de la información sea desechada. La descripción del funcionamiento de esta tecnología se puede ejemplificar asumiendo que en un recinto cerrado muchas parejas conversan en distintos idiomas, lo que hace que una conversación no interrumpa la otra.

¹⁰ *Personal Communication System* (PCS), tecnología de TMC, también llamada "segunda generación plus" o nivel 2.5.

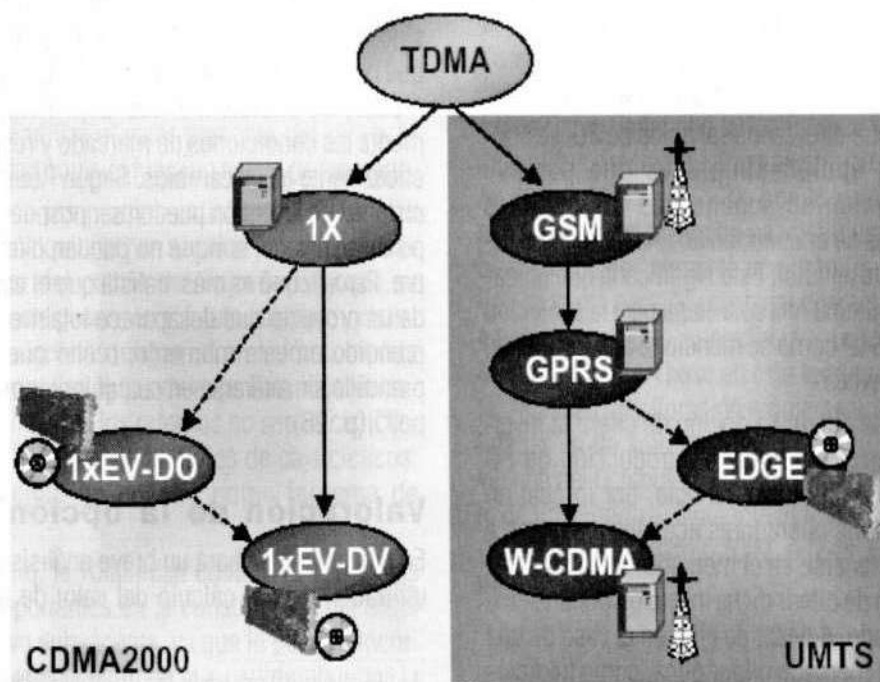
Actualmente, cuando apenas el mercado introduce la tecnología 2.5, se pronostica que en un futuro cercano se volverá a ofrecer una nueva licitación por una banda que ofrezca los servicios de tercera generación. Si ese es el caso, las actuales operadoras de telefonía celular deberían valorar desde ahora su incursión en un sistema 3G y la opción de diferir dicha inversión, en el caso de que la compañía considere conveniente aplazarla hasta que las condiciones del mercado lo permitan.

Algunos espectadores de la coyuntura que vive el sector de TMC podrían aducir que los operadores Comcel y Bellsouth no están migrando a una tecnología 2.5, sino que directamente han pasado a 3G, con lo cual dejarían sin base conceptual la valoración de la opción. Esta observación se puede inferir a partir del despliegue publicitario que los operadores han hecho con el nuevo sistema, promocionándolo como un sistema de tercera generación. Pero la realidad es que la tecnología GSM/GPRS EDGE, en el caso de las compañías Comcel y Colombia Móvil (PCS), y la tecnología CDMA 1x, para la empresa Bellsouth Colombia, no corresponden a los estándares establecidos en el acuerdo de la ITT-2000 para 3G. La figura 1 muestra la posible evolución de los operadores de TMC hacia la tecnología 3G.

Teniendo en cuenta las condiciones establecidas anteriormente y que, adicionalmente, la ley no plantea restricciones para la participación de los actuales operadores en la licitación para la adjudicación de la prestación de los servicios de 3G, es posible afirmar que éstos tienen mayores ventajas para llevar a cabo su prestación, pues no sólo conocen el mercado sino que se ahorrarán costos y gastos, puesto que con la actual tecnología sólo necesitarán una combinación de software y equipos para la implementación del sistema 3G, utilizando la red existente. Un nuevo competidor tendría que evaluar tales aspectos.

En consecuencia, es posible que los operadores de GSM migren hacia la tecnología GPRS y después, suponiendo que se les haya adjudicado una licencia de prestación de servicios de tercera generación, a W-CDMA. Igualmente los operadores de CDMA1x migrarán a una tecnología superior, CDMA2000. Es claro que los operadores actuales de telefonía móvil en Colombia tienen la opción a la vista y pueden ejercerla en cualquier momento. Sin embargo, es necesario el desarrollo del marco legal en el país que regule todos los aspectos relacionados con la prestación de servicios de tercera generación.

Figura 1 Direccionamiento de la tecnología de 3G en Colombia.



Fuentes: UIT y autores.

El proceso que llevará a la tecnología 3G suscitará en forma progresiva el interés en el mercado y la demanda de servicios de datos celulares, pues los usuarios deben acostumbrarse a las nuevas prestaciones y crear el mercado potencial necesario. Por su parte los operadores deberán «educar» a los usuarios para que sepan aprovechar las nuevas velocidades de transmisión y prestaciones. No es razonable pensar en el éxito de un tránsito directo a 3G, dado que el mercado no estará lo suficientemente maduro para garantizar su éxito. Si se valorara la posibilidad de que un operador incurriera en una tecnología de 3G como un proyecto, es muy probable que se rechace su ejecución a través de la metodología del VPN clásico; pero si se evalúa a partir de la metodología de opciones reales, existe la opción de diferir la inversión por n períodos hasta que el proyecto genere un VPN flexible positivo. A partir de las preguntas estratégicas planteadas por Trigeorgis en su libro de opciones reales, se puede analizar la naturaleza de la opción de diferir la evolución a 3G en el sector TMC:

- Exclusividad de la opción. Teniendo en cuenta la estructura actual del sector se infiere que los tres operadores actuales tienen la oportunidad de evolucionar al sistema de 3G. Sin embargo, la ausencia de tal exclusividad de operar los servicios de 3G no implica que la opción de diferir no exista: como se mencionó anteriormente, la opción es compartida por el sector. En este caso, la presencia de interacciones competitivas en dichas opciones podría justificar el ejercicio temprano de la inversión, eliminando el valor de la opción real.
- Complejidad de la opción. Para el caso de la telefonía móvil que ofrezca los servicios de 3G, se considera una opción simple ya que para su implementación se supone que los posibles inversionistas se encuentran en una tecnología inmediatamente anterior. Esto significaría que únicamente se requeriría una sola etapa para la evolución al sistema 3G tal como se mencionó anteriormente, citando a Downes.
- Posibilidad de diferir. La opción de diferir la inversión es plausible, porque la introducción de 3G corresponde a un nuevo servicio, por lo cual no condiciona a los operadores actuales a pasarse a 3G para mantenerse en el mercado. Así, éstos tienen la opción de diferir dicha inversión por un tiempo determinado. A pesar de ello, en el caso de una condición de mercado oligopólica, como tradicionalmente lo ha establecido la normatividad para este sector, en el momento en que un operador tome la

decisión de invertir, expira el valor de la opción real para los demás agentes del mercado.

Considerando lo anterior, se establece una analogía con una opción de compra simple y compartida por las empresas de un sector TMC. La figura 2 muestra el valor total de la opción real (VPN expandido), R , en función del valor del proyecto, V . Esta figura tiene como base el supuesto de que la entrada de la competencia causa una disminución del proyecto de V a V' ; la cantidad exacta de esta disminución dependerá de la estructura de mercado del sector. La disminución en el valor del proyecto se forma en un problema pequeño para la valoración de la opción real atribuible a la competencia de $R(V)$ a $R(V')$ (las pérdidas por competencia).

Como se puede observar en la figura 2, el valor de la opción real excede el componente del VPN clásico (sin flexibilidad) del valor del proyecto (dado por la distancia vertical de la línea de 45° , el cual es igual a $V - I$), y no es negativa aunque el VPN del proyecto es negativo. El valor de la opción de diferir está representado por la distancia vertical equivalente a $R(V) - \text{VPN}$ (sin flexibilidad). Se observa que cualquiera de los dos, el valor de diferir o las pérdidas por competencia de la opción, pueden dominar dependiendo del impacto de la entrada de la competencia en el valor bruto del proyecto.

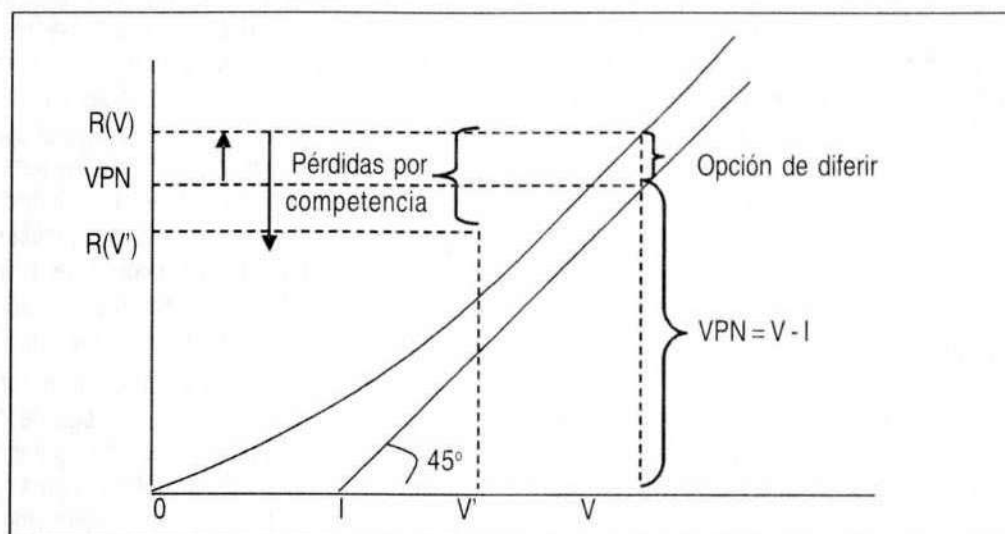
Se podría cuestionar la pertinencia de la opción de diferir el proyecto a partir de los riesgos evidentes que ocasionaría la competencia. No obstante, la teoría de las opciones reales no se limita únicamente a la valoración sino que también representa una herramienta gerencial que permite a la firma establecer un portafolio de oportunidades de inversión, el cual deja monitorear continuamente las condiciones de mercado y responder rápida y eficazmente a sus cambios. Según Ross (1995), las decisiones de inversión pueden ser pospuestas por un tiempo determinado, aunque no pueden diferirse para siempre. Pero, "¿qué es más realista que el caso extremo? ¿El de un proyecto que desaparece totalmente si no es emprendido en este momento, o uno que puede ser emprendido sin alterarse en cualquier momento en el tiempo?" (p. 96).

Valoración de la opción¹¹

En este aparte se hará un breve análisis de los métodos utilizados para el cálculo del valor de la opción. Bási-

¹¹ El cálculo del valor de la opción de diferir la entrada de la prestación de los servicios de 3G se presenta como una generalización, resultado del estudio del caso y la bibliografía que se ha consultado acerca de opciones reales.

Figura 2 Opción compartida.



Fuente: Trigeorgis (1998).

camente se utilizaron dos modelos: la *simulación de Monte Carlo*, con el fin de estimar la volatilidad del proyecto, y el *modelo binomial*, el cual asigna valor a la flexibilidad en la toma de decisiones que tiene la empresa en el futuro¹².

En primer lugar, para simplificar el proceso de aplicación del modelo de opciones reales (especialmente para reducir múltiples fuentes de incertidumbre en una sola) es necesario considerar los siguientes supuestos:

- Hipótesis de la inexistencia del activo transado (MAD): que utiliza el valor presente del proyecto sin flexibilidad como si fuera un activo de mercado.
- Propiedad de los precios anticipados: la tasa de retorno de cualquier activo seguiría un camino aleatorio a pesar del patrón del flujo de caja que se espera que este genere en el futuro, siempre y cuando los inversionistas tengan información completa acerca de aquellos flujos de caja. Esta idea fundamental implica que los retornos no serían cíclicos, aunque las firmas tuvieran flujos de caja cíclicos. Esta propiedad se conoce como teorema de Samuelson.

Como se anotó, la volatilidad constituye una de las variables más importantes en la construcción del árbol binomial del activo subyacente, ya que le permite incorporar valor al proyecto a partir de la incertidumbre que la gerencia tenga sobre alguna de sus variables. Para su estimación se toman las volatilidades generadas por al-

gunas variables fundamentales para la valoración del proyecto, para combinarlas a través de la simulación de Monte Carlo, en una única incertidumbre: la distribución de los retornos del proyecto.

Una vez realizada la estimación del valor presente de los flujos de caja en la hoja de Excel, se debe utilizar el programa Crystall Ball para realizar la simulación de Monte Carlo y generar una distribución de los rendimientos de los valores presentes, con lo cual se estima la volatilidad. Para su cálculo es necesario hacer el supuesto del teorema de Samuelson, el cual hace referencia a la propiedad de que los precios fluctúan aleatoriamente (Copeland y Antikarov, 2001, p. 222), por lo cual, a pesar de que exista un patrón esperado en los flujos de caja, los cambios en el valor presente seguirán un camino aleatorio. Este teorema permite combinar diferentes incertidumbres en una volatilidad consolidada, usando la técnica de Monte Carlo. Con base en este teorema, la aplicación de las técnicas de valoración requieren volatilidades consolidadas en un solo parámetro de incertidumbre: la desviación del porcentaje de cambios en el valor del proyecto de un período al siguiente. Así la variable de interés es (Copeland y Antikarov, 2001, p. 249, Fe de erratas Capítulo 9):

$$z = \ln \left[\frac{VP_1 + FCL_1}{E(VP_0)} \right]$$

El siguiente paso es identificar e incorporar las decisiones que la gerencia podría tomar en los nodos del árbol; así, este último se convertiría en un árbol de decisión. Por lo cual, el árbol binomial modela el conjunto de valores que el activo subyacente riesgoso podría tomar a través del tiempo, mientras que el árbol de decisión muestra los *payoffs* de las decisiones óptimas condicionadas a cada estado de la naturaleza. Estos *payoffs* son aquellos que resultarían de la valoración de la opción de diferir.

Usando la técnica del portafolio replicante y utilizando la tasa libre de riesgo se calculan los nodos de adelante hacia atrás (*backward induction*) hasta llegar al período 0, donde se obtiene el valor presente del proyecto con flexibilidad.

La figura 3 muestra cómo la opción de diferir añade un valor significativo al proyecto, puesto que pasa de un VPN negativo de \$-152.120 millones de pesos a un VPN flexible de \$285.111 millones de pesos. Sin embargo, la gerencia debe tener en cuenta que las compañías que adoptan esta metodología en su estrategia corporativa tienen un número adicional de beneficios, además de obtener una mejor valoración del proyecto. Amram y Kulatilaka (2000, p. 97) comentan cómo el método de las opciones reales puede utilizarse para crear, evaluar e implementar una estrategia que refleje completamente la información, el entorno y las oportunidades creadas por los mercados financieros.

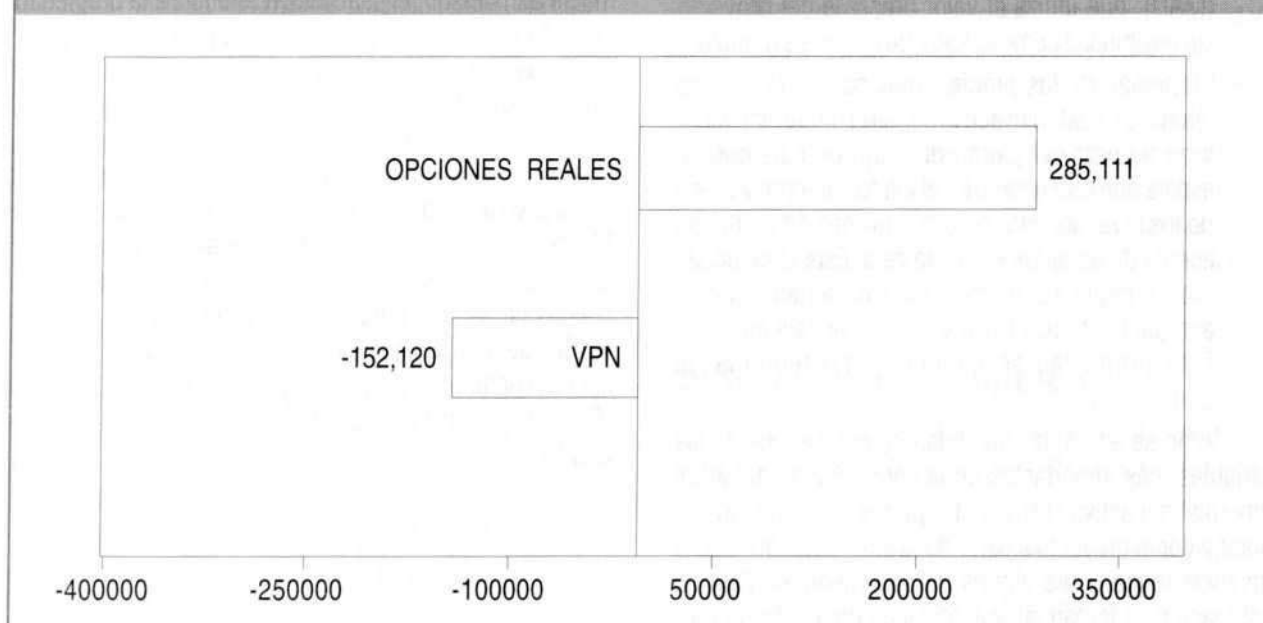
Los instrumentos de las opciones reales, además de actuar como un lente que permite ver las alternativas es-

tratégicas, pueden respaldar el proceso de traducción de la *visión corporativa* en un programa de inversión específico. Estas herramientas ayudarían a reestructurar los planes de inversión, a desarrollar un proyecto piloto que pueda sondear el mercado y a identificar el calendario que hay que seguir en las inversiones tácticas; dichos resultados podrían utilizarse para tomar una decisión del tipo incursionar/no incursionar en el sistema 3G. Por ejemplo, los operadores celulares pueden desarrollar un programa de implementación a baja velocidad de envío de mensajes con video. Los análisis del plan podrían mostrar la aceptación del servicio en el mercado y permitir la definición de un plan tarifario, entre otros.

Los operadores enfrentan un entorno competitivo, haciendo más importante unir la estrategia de la gerencia con el análisis de las opciones reales. La gerencia deberá identificar los riesgos y los posibles peligros que acompañan la opción de diferir. Como se mencionó, los operadores tienen la opción compartida, por lo cual es necesario un permanente monitoreo del mercado que permita evitar pérdidas futuras, si se ejerciera la opción.

Es posible entonces describir las opciones reales como un puente entre la estrategia corporativa y las finanzas corporativas (Myers, 1984). El análisis convencional enfatiza en planear a partir de presupuestos, percibiendo el riesgo como un factor negativo que, al ser aplicado en el presupuesto, se traduce en altas tasas de descuento. Sin embargo, con el fin de crear nuevas oportunidades, las compañías tienen que asumir cierta volatilidad en sus

Figura 3 VPN vs. opciones reales.



retornos, de tal manera que la incertidumbre se convierte en un factor positivo. Como se observó en la construcción del árbol binomial, la volatilidad es el factor más importante cuando se calcula el crecimiento del valor del proyecto a través de los nodos.

Conclusiones

El punto de partida fue analizar una de las técnicas de valoración más empleadas: el valor presente neto (VPN). De este análisis se establece que el criterio del VPN no refleja la forma como las compañías toman decisiones; se manifiesta la necesidad de combinarlo con otros indicadores que permitan identificar tanto el aporte económico como estratégico o de permanencia que genere un proyecto. Adicionalmente se expresa la necesidad de medir los costos de oportunidad inherentes a un proyecto o a las decisiones alternativas, como diferir, entrar, abandonar o simplemente invertir en otra opción. En este sentido, y dentro del esfuerzo investigativo para encontrar una simulación más adecuada al proceso de inversión, sobresale la propuesta de aplicar los conceptos de valoración de las opciones financieras a la valoración de los activos del sector real.

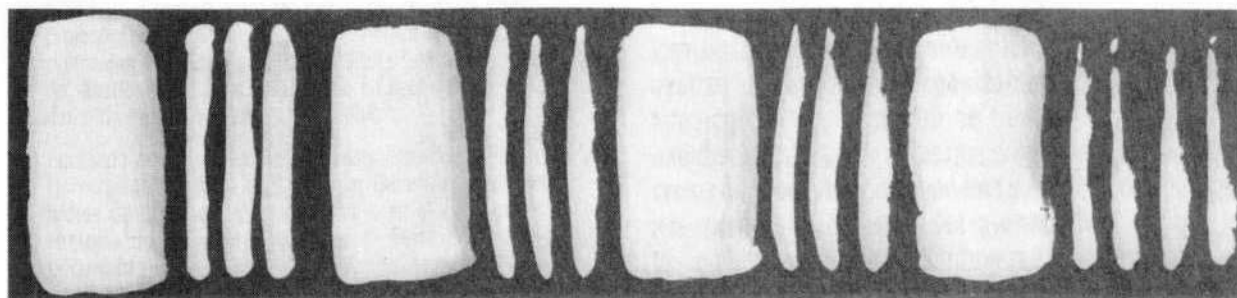
Partiendo del análisis de la metodología de las opciones reales se planteó llevar a cabo su aplicación a una oportunidad de inversión latente en el mercado de telefonía móvil celular (TMC). Entonces, fue necesario analizar el comportamiento de dicho sector a nivel regional e internacional. Básicamente se encontró que la tendencia internacional en el área de las comunicaciones está dirigida a la convergencia de tecnologías, lo cual permitirá que todos los usuarios tengan acceso a Internet en la "palma de la mano", donde quiera que estén, a través de un teléfono celular. En Colombia se están presentando cambios que apuntan a satisfacer nuevas necesidades de los usuarios de TMC, como es el caso de la incursión de la tecnología de PCS. Sin embargo, esto sólo significa una etapa hacia el estándar tecnológico internacional; por ello se vislumbra que los operadores actuales del sector tienen la oportunidad de evolucionar al sistema 3G. Desde el punto de vista de los investigadores, estos opera-

dores tienen ventajas competitivas para poder ejercer la opción, dadas su experiencia en el mercado colombiano y la flexibilidad que tienen sus redes para adaptarse a la tecnología 3G. Tal oportunidad fue planteada en esta investigación como una opción de diferir con los derechos de ejercicio compartidos.

Frente a las falencias de la metodología del VPN, la teoría de opciones ayuda a valorar las oportunidades estratégicas de los proyectos, introduciendo un análisis cuantitativo de las opciones, junto con el análisis cualitativo y estratégico de la empresa, lo cual permite a los gerentes tomar decisiones más correctas y racionales sobre el futuro de la empresa, bajo condiciones de incertidumbre.

En este sentido, las opciones reales se convierten en una herramienta que permite monitorear las decisiones de inversión de una forma estratégica, con el fin de que la firma esté preparada para cambios en el mercado y pueda responder rápida y eficazmente. Para el caso del sector de TMC, en este momento a los operadores no les resulta rentable incursionar en la tecnología de tercera generación, como demostró el cálculo de su VPN, al arrojar un valor negativo. Sin embargo, si se analiza esta decisión a través de la óptica de la teoría de las opciones reales, los operadores mantienen la opción de invertir en un futuro y con ello establecen estrategias para su ejercicio.

Un aspecto positivo de esta teoría es que la incertidumbre ya no es un elemento que juega en contra del inversionista; por el contrario, a partir de la perspectiva de las opciones reales se convierte en una oportunidad para la empresa, lo que hace de esta metodología un cambio radical en el pensamiento de la valoración. Esto se evidencia en que la volatilidad de los retornos es una variable fundamental en la construcción del árbol de decisión para el proyecto de 3G, proporcionándole un mayor valor a la opción. Finalmente, este resultado no sólo demuestra que el proyecto es rentable sino que el enfoque de las opciones reales representa una importante herramienta respecto a la valoración de las inversiones estratégicas para la toma de decisiones.



Referencias bibliográficas

- Amram, M and Kulatilaka N. (2000). *Opciones reales, evaluación en un mundo incierto*. Barcelona: Gestión 2000.
- Bodie, Z. y Merton, R. (1999). *Finanzas*. México: Prentice Hall.
- Centro de investigaciones en telecomunicaciones, Cintel (Noviembre de 2000). Estudio sobre el mercado de las Telecomunicaciones en Colombia.
- Comisión de Regulación de Telecomunicaciones, CRT (2002). El sector de las telecomunicaciones en Colombia 1998-2001.
- Copeland, T. and Antikarov, V. (2001). *Real Options: A practitioner's guide*. Texere Publishing.
- Copeland, T, Koller, T., and Murrin, J. (1995). *Valuation, Measuring and Managing the Value of Companies* (2nd. ed.). McKinsey & Co, Inc.
- Damodaran, A. *Option Pricing Theory and Applications*. NYU Stern School of Business. <http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/>.
- Dixit, A. and Pindyck, R. (1994). *Investment under Uncertainty*. Princeton University Press.
- Downes, R. (Agosto de 2001). *Adopting the Right Evolution Path to 3G Profitability: Critical Choices for Latin American TDMA Operators*. Universal Wireless Communications Consortium (UWCC).
- Guyton J. (Abril de 2002). *Wireless Networks in Europe: A Three-Step Evolution*. Este caso de estudio está disponible en: <http://www.itu.int/3g>
- Herrera, F. et al. (2001). Panorámica actual de la estandarización los sistemas celulares de tercera generación. *Comunicaciones de Telefónica I+D*, 21.
- Hull, J. (2000). *Options, Futures, and other Derivatives*. México: Prentice Hall.
- International Union of Telecommunications, ITU (2002). World Telecommunication Report, anexo estadístico.
- Leyva, A. y Daza, M. (1999). *Telecomunicaciones en Colombia: Estudio de factibilidad de mercado, tecnológica y financiera para un operador PCS móvil en Santa Fe de Bogotá*. Universidad de los Andes.
- Luenberger, D. (1998). *Investment Science*. Oxford University Press.
- Mascareñas, J. (1998). *Las decisiones de inversión como opciones reales: Un enfoque conceptual*. Disponible en: <http://www.ucm.es/BUCM/cee/doc/0061/03010061.htm>
- Myers, S. C. (1984). The Capital Structure Puzzle. *Journal of Finance*, 39.
- Pindyck, R. (1991). Irreversibility, Uncertainty, and Investment. *Journal of Economic Literature*, 29.
- Pyramid research (Noviembre de 2002). Colombia: The Myths and Realities of the PCS. Debate.
- Ross, S. (1995). Uses, Abuses, and Alternatives to the Net-Present-Value Rule. *Financial Management*, 24(3).
- Trigeorgis, L. (1995). *Real Options in Capital Investments*. Westport (Conn.): Praeger.
- _____ (1998). *Real Options: Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocations*. Cambridge: The MIT Press.
- Xavier, P. (Septiembre de 2001). *Licensing of Third Generation (3G) Mobile: Briefing Paper*. School of Business, Swinburne University of Technology, Melbourne, Australia. Este caso de estudio está disponible: <http://www.itu.int/3g>

Páginas web

- Base de datos JSTOR. <http://www.jstor.org>
- Centro de Investigaciones en Telecomunicaciones. <http://www.cintel.org.co>
- Comcel S.A. <http://www.comcel.com>
- Damodaran A. <http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/>
- Ministerio de Comunicaciones. <http://www.mincomunicaciones.gov.co>
- Opciones Reales. <http://www.realoptions.com>
- Unión Internacional de Telecomunicaciones. <http://www.itu.int/3g>
- Universidad Complutense de Madrid. <http://www.ucm.es/BUCM/cee/doc/0061/03010061.htm>

