

VALORACIÓN DE OPCIONES FINANCIERAS
APLICACIÓN DEL MODELO BLACK – SHOLES A UNA ACCIÓN DE ECOPETROL

CASTRO LÓPEZ MARIBEL

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE ADMINISTRACIÓN FINANCIERA
BOGOTÁ
2018

Contenido

VALORACIÓN DE OPCIONES.....	3
INTRODUCCIÓN	4
PALABRAS CLAVE.....	6
CAPITULO I	8
CAPITULO II	16
CAPITULO III	17
CAPITULO IV	36
BIBLIOGRAFIA.....	40

VALORACIÓN DE OPCIONES

OBJETIVOS

Objetivo general

Comprobar a través del comportamiento de los derivados negociados en el mercado estandarizado de Colombia que si se logra una mejor estimación de la valoración de una opción, los contratos de futuros pueden tener mayor beneficio para las partes intervinientes.

Objetivos Específicos:

Identificar y comprender el mercado de derivados y sus principales opciones financieras en Colombia.

Comprender y analizar el comportamiento del petróleo en el último año.

Comprender el método de valoración Black – Scholes.

Proponer algunas de las ventajas y desventajas de método Black – Sholes

INTRODUCCIÓN

El hombre históricamente ha empleado un sin número de formas y lugares para realizar sus transacciones. Sin lugar a dudas los mercados financieros es una de las formas más sofisticadas para llevar a cabo esas negociaciones en la actualidad, En este tipo de mercado se negocian desde recursos naturales, hasta bienes no tangibles, y es aquí donde se desarrolla el juego de la demanda y oferta desde un panorama presencial o virtual.

El mercado de derivados es con toda seguridad una parte importante de este conjunto financiero, el cual está constituido por instrumentos derivados o simplemente derivados. Y para poder comprender que son los derivados debemos saber en primer lugar que este instrumento financiero nació bajo la necesidad de solucionar los problemas de los grandes volúmenes de comercialización de activos, reales o financieros, y del riesgo que suponía entrar al Mercado de Plazos, sin la debida garantía.

Es por lo anterior que mediante la utilización de los derivados, se puede llevar a cabo transacciones futuras, asegurando el precio desde ahora, mediante el pago de una prima. Los derivados son operaciones de alto riesgo, pero paradójicamente estas opciones fueron creadas para cubrir riesgos, puesto que el valor del derivado está sujeto al precio del activo o activos que lo compongan, los cuales traen consigo las variaciones que a estos los afecten.

Hoy, y a nivel mundial son muchas las operaciones negociadas en el mercado bursátil y extrabursátil, uno de los más importantes es el mercado de los derivados, mercado que actualmente no es tan fuerte y sólido en Colombia; pues muchas de sus operaciones no son negociadas en bolsa, lo que genera poca confianza en los inversionistas y mayor desviación en las estadísticas del número de operaciones realizadas a diario, de otra parte también es un mercado relativamente nuevo en el país.

Como ya lo veníamos diciendo en el mercado de derivados se negocian instrumentos cuyo precio está basado en productos o instrumentos financieros ya existentes, su importancia se deriva de que son una herramienta de gestión de riesgos efectiva, pues le permite al inversionista cubrir sus portafolios y tomar riesgos solo en las proporciones deseadas y de acuerdo a las condiciones del mercado según una línea de tiempo, y de otra parte permite tomar posiciones de venta sobre estos contratos, permitiendo así obtener beneficios aun cuando los precios del activo subyacente cae o disminuye.

Aun así, estas operaciones no tienen un riesgo tan bajo y menos un riesgo nulo, ya que los futuros poseen riesgo de mercado, pues el precio del contrato depende del precio del subyacente y si la volatilidad del precio del activo subyacente es alta, por regla general su futuro también lo será. Es por lo anterior que para tratar que las valoraciones de los productos derivados resulten más ajustadas a la realidad se deben analizar a profundidad los dos factores que provocan las variaciones de la volatilidad durante la vida del producto: Tiempo de expiración y precio del ejercicio.

El presente trabajo de investigación y, como complemento a los conocimientos vistos a lo largo de la Especialización en Gerencia de Administración Financiera, pretende realizar un breve estudio de un método para valorar derivados, y un especial en el modelo Black - Scholes

Y como hipótesis previa al trabajo, es comprobar de la forma más analítica y argumentada posible si, ¿la utilización de modelo Black – Scholes en la valoración de una opción de call y put, para la acción de Ecopetrol, nos permite hallar el precio justo para ejercer la opción de compra?.

PALABRAS CLAVE

Derivado: “Los derivados son instrumentos financieros diseñados sobre un subyacente y cuyo precio dependerá del precio del mismo. En términos generales, un derivado es un acuerdo de compra o venta de un activo determinado, en una fecha futura específica y a un precio definido. Los activos subyacentes, sobre los que se crea el derivado, pueden ser acciones, títulos de renta fija, divisas, tasas de interés, índices bursátiles, materias primas y energía, entre otros” (Tinjacá, 2017)

“Mercado estandarizado: Negociados por medio de Bolsa de Valores, inexistencia de riesgo de contraparte debido a la Cámara de Riesgo Central de Contraparte (CRCC) y liquidez constante (Esquema creadores de mercado)

Mercado no estandarizado: Negociados fuera de Bolsa - OTC (Over the Counter), existencia de riesgo de contraparte, contratos hechos a la medida del cliente y no operan por un sistema transaccional” (Dinero, 2018).

Commodity: Se utiliza para denominar a los productos, mercancías o materias primas.

Tasa de cambio: La tasa de cambio mide la cantidad de pesos que se deben pagar por una unidad de moneda extranjera. En nuestro caso se toma como base el dólar porque es la divisa más utilizada en Colombia para las transacciones con el exterior. Igual que el precio de cualquier producto, la tasa de cambio sube o baja dependiendo de la oferta y la demanda. Cuando la oferta es mayor que la demanda, es decir, hay abundancia de dólares en el mercado y pocos compradores, la tasa de cambio baja; y cuando hay menos oferta que demanda (hay escasez de dólares y muchos compradores), la tasa de cambio sube.

Activo subyacente: es un activo real o financiero en el que se base un instrumento derivado. Es el objeto de adquisición o enajenación real o teórica en la liquidación del instrumento derivado.

Futuro Financiero: Es un derivado financiero, que se caracteriza por ser un acuerdo por el que dos inversores se comprometen a comprar o vender en el futuro un activo subyacente, fijando en el momento actual las condiciones básicas de la operación, entre ellas fundamentalmente el precio.

Volatilidad: Es la “inestabilidad de los precios en los mercados financieros”. Es decir, volatilidad es lo que varía la rentabilidad de un activo financiero respecto de su media a lo largo de un periodo de tiempo determinado. La volatilidad en economía y finanzas se representa mediante beta (?).

Renta Fija: Los instrumentos financieros de inversión de renta fija son instrumentos de emisión de deuda que llevan a cabo los Estados y organismos públicos y empresas que van dirigidos a un amplio mercado.

Los instrumentos de renta fija tienen una serie de peculiaridades que la diferencian de otros instrumentos de inversión.

Los inversores que prestan su dinero son muchas personas que se denominan obligacionistas.

La deuda emitida es representada mediante títulos valores que operan en bolsa, por lo que para recuperar la inversión es necesario vender esos títulos valores.

Renta Variable: es un tipo de inversión formada por todos aquellos activos financieros en los que no está garantizada ni la devolución del capital invertido ni la rentabilidad del activo. Cuando adquirimos un instrumento de renta variable no tenemos por qué conocer los intereses que nos van a pagar.

Cámara de compensación: Una cámara de compensación de pagos o cámara de contrapartida central es una institución financiera que calcula las garantías, las compensa y ejecuta los pagos asociados a derivados financieros. Además las cámaras de compensación de pagos realizan otra función extra, recogen las garantías inherentes a los derivados financieros y con cargo a ellas garantizan el cumplimiento de las obligaciones. Es decir, las cámaras de compensación de pagos garantizan el mercado.

Posición corta: Ponerse corto en los mercados quiere decir que estás vendiendo un activo financiero, anticipando una bajada en el precio.

Posición larga: Ponerse largo en los mercados quiere decir que estás comprando un activo financiero, anticipando una subida en el precio.

TES: Los TES son Títulos de Deuda Pública expedidos por el Gobierno Nacional. El objetivo de la emisión de TES es obtener financiación para sus actividades. Son emisiones definidas como Renta Fija y es la Nación quien se encargará del pago de intereses

CAPITULO I

Mercado de Derivados y las Principales Opciones Financieras en Colombia

La historia del mercado de derivados en el mundo viene desde 1537, cuando bajo el gobierno de Carlos V en los Países Bajos, se puso en marcha un marco legislativo que dio apoyo a las transacciones financieras y comerciales en este país. Luego de esto entre 1630 y 1637 en Holanda el mercado de tulipanes se transformó de un mercado estacional de contratos de futuros y opciones con vencimientos anuales, el sistema colapso debido a la burbuja especulativa que se generó en su momento.

Siguiendo las necesidades de cobertura el primer mercado organizado de futuros inicio a principios del siglo XVIII en Japón y sobre su principal mercancía de comercialización, el arroz, cuyos precios fluctuaban en gran medida, dando paso a que los comerciantes de Dojima ciudad cercana a Osaka diseñaran en 1730 un moderno sistema y estable de mercado a futuro, el primero en el mundo, denominado cho-ai-mai (mercado de arroz a plazo).

A principios de 1800 aparecen los primeros contratos a plazo buscando cubrir el riesgo causado por la volatilidad del mercado de productos agrícolas. En 1859 mediante una ley especial del estado de Illinois se crea el Chicago Board of Trade que funcionaba informalmente como una asociación privada desde 1848.

El desarrollo de esta bolsa considerada la más importante del mundo hasta el presente y que hoy se conoce como CME Group, con un historial colectivo de innovación, que incluye el nacimiento de la contratación de futuros, CME Group es artífice de importantes avances que han conformado el sector de futuros de hoy día, entre ellos se destaca la normalización de los contratos de futuros, la formación del proceso de compensación, la creación de futuros financieros, la liquidación en efectivo y la contratación electrónica. Y siguiendo la misma línea podríamos traer a acotación las siguientes fechas en el mercado de derivados:

1848 CBOT crea el primer mercado de futuros del mundo, radicado en Chicago

1851 CBOT ofrece el contrato “a plazo” más antiguo jamás registrado; los contratos a plazo comienzan a cobrar popularidad entre corredores y operadores

1865 CBOT formaliza la contratación de grano con el desarrollo de acuerdos estandarizados denominados “contratos de futuros”, los primeros de esta clase en el mundo CBOT crea la primera unidad de compensación de futuros del mundo cuando se empieza a exigir el registro de garantías de cumplimiento, llamado “depósito de garantía”, a los compradores y vendedores que operan en mercados del grano

1885 Para adaptarse al rápido crecimiento de la negociación de futuros, CBOT construye un nuevo edificio en La Salle y Jackson, el más alto de Chicago en aquella época y la primera estructura comercial con iluminación eléctrica.

El mercado de derivados es aquel en el cual se transan contratos a plazo, los cuales pueden tener dos finalidades: la primera y más relevante, es obtener coberturas contra la volatilidad de los precios, tasas o cotizaciones de bienes subyacentes (acciones, monedas, bonos, *commodities*, etc.) y la segunda es la especulación entre compradores y vendedores de dichos contratos.

Los contratos que se transan en este tipo de mercado son los *forward*, los futuros, las opciones y los *swaps*. Los contratos *forward* son aquellos que se celebran bajo condiciones actuales y si el bien o subyacente se entrega en una fecha futura, a este tipo de contrato se le denomina *Delivery*. Cuando únicamente se calcula la liquidación del mismo y el perdedor le paga al ganador, hablamos de un contrato *Non Delivery* (especulación).

Los contratos de futuros tienen el mismo comportamiento que un *forward*, se diferencian en que los futuros requieren de una bolsa para ser transados, por lo mismo, estos contratos deben ser estandarizados en cuanto a la cantidad, calidad, fechas y otros ítems, que se requieran para facilitar su gestión operativa. La bolsa de futuros asume funciones de cámara de riesgo de contraparte; por ejemplo, un productor de trigo acude a ella para vender el cereal a determinado precio pactado en el contrato y un panadero acude a ella para comprar el cereal a determinado precio pactado en el contrato, si alguna de las partes queda mal, la bolsa de futuros o cámara de compensación responde ante la parte afectada y remite contra la parte infractora.

Las opciones por su parte son contratos con la misma metodología que los *forward*, pero se diferencian en que en el vencimiento se puede ejercer o no la opción de compra (*Call*) o de venta (*Put*), según las condiciones de mercado; en todo caso, si se decide no ejercer la opción, la parte debe pagar la prima que se acuerda en un inicio.

Los *swaps* son también contratos en los cuales las partes se comprometen a intercambiar flujos futuros de liquidez, los más conocidos son los *swaps* de tasas de interés, en ellos se pacta un

intercambio de intereses tasa variable, referidos por lo general a una variable macroeconómica, contra intereses tasa fija.

En Colombia, el mercado de derivados es el más joven de la Bolsa de Valores y requiere de mayor promoción e impulso por parte de la misma BVC, las empresas, las universidades y demás actores del entorno; este mercado cobra cada vez más importancia por la proliferación de activos financieros que presentan volatilidad en su precio, tasa o cotización.

El desarrollo de los instrumentos derivados en Colombia está en su etapa inicial; Este mercado tiene como propósito, la cobertura del riesgo de mercado, indispensable en la actualidad, dada la mayor volatilidad originada por el entorno de globalización. Y la mayoría de contratos realizados en derivados se hacen bajo la Bolsa de Valores de Colombia.

Bolsa de Valores en Colombia

La bolsa de valores de Colombia fue creada el 3 de julio de 2001, luego de la fusión de la bolsa de Bogotá, la bolsa de Medellín y la bolsa de Occidente. La BVC es una bolsa en donde operan muchos productos y en diferentes mercados, se encarga de proveer soluciones tecnológicas al sector financiero, de generar información centralizada y continua del comportamiento del “mercado y la valoración de activos y participa en toda la cadena de valor de la industria bursátil mediante participaciones accionarias en el Depósito Centralizado de Valores (Deceval), la Cámara de Riesgo Central de Contraparte (CRCC) y en la Cámara de Compensación de Divisas (CCDC).

Existen cuatro mercados principales de operación en la Bolsa de Valores de Colombia:

El mercado de renta fija donde se negocian principalmente bonos del gobierno y bonos de empresas privadas.

El mercado de renta variable, donde se negocian las acciones de compañías inscritas en el mercado público de valores.

El mercado de divisas, donde se negocia el intercambio de la moneda colombiana frente al dólar americano, que se realiza a través de la filial SET ICAP.

El mercado de derivados estandarizados donde se negocian Futuros (sobre tasa de cambio COP/USD, bonos del Gobierno Nacional, Acciones y el Índice COLCAP), Opciones (sobre Acciones y tasa de cambio COP/USD) y Overnight Indexed Swaps Estandarizados sobre el Indicador Bancario de Referencia (IBR)” (Colombia, 2018).

Mercado de Derivados Estandarizados Negociados en la BVC

“En septiembre de 2008 la BVC lanzó el Mercado de Derivados Estandarizado con los primeros Futuros de Bono Nocial cuyo subyacente son los Títulos de Tesorería del Gobierno Nacional. Actualmente se encuentran listados Futuros sobre 12 acciones (Ecopetrol, PFBancolombia, Éxito, Nutresa, Cemargos, PFCemargos, PFAval, Isa, Grupo Suramericana, PFGrupo Suramericana y Grupo Argos), Futuros sobre el Índice COLCAP, Futuros sobre Referencias Específicas de Bonos del Gobierno con vencimiento desde 2018 hasta el 2032 y Futuros sobre la Tasa Representativa del Mercado de la tasa de cambio Peso/Dólar. En 2014 la BVC lanzó el Mercado de Swaps Estandarizado con un Overnight Indexed Swap sobre el Indicador Bancario de Referencia (IBR). Desde Febrero de 2017 la BVC cuenta con un Mercado de Opciones Estandarizadas (sobre Acciones y desde el IIS2017 sobre la tasa de cambio peso dólar). De esta forma la BVC completa las tres principales familias de derivados que se negocian en la actualidad en las bolsas.

La Cámara de Riesgo Central de Contraparte de Colombia realiza las funciones de compensación y liquidación de las operaciones de los derivados estandarizados negociados en la BVC, mitigando así el riesgo de contraparte y brindándoles seguridad a todos los participantes” (Deceval, 2018).

Para entrar en contexto

Mercado de Futuros, Forwards, Swaps y Opciones

Futuros

Los contratos de futuros nacen en la economía estadounidense como un instrumento financiero, con el fin de que agentes económicos puedan ejercer el juego de demanda y oferta bajo un intercambio futuro previamente establecido por las partes, eliminando para ambos el riesgo que supone las oscilaciones de los precios. Los futuros suelen estar referidos a tipos financieros como lo son las acciones, índices bursátiles, instrumentos de renta fija, divisas y tipos de interés,

también los hay de tipo no financiero, referentes a materias primas, mercancías, como pueden ser productos agrícolas, industriales y recursos naturales.

Los futuros son negociados en mercados organizados, de tal forma que tanto comprador (posición larga), como vendedor (posición corta), establecen una relación mercantil indirecta, lo que conlleva a que el riesgo de crédito se reduzca por medio de depósitos de garantía, los cuales serán entregados a la parte afectada en el caso de incumplimiento del contrato. Los futuros establecen la posibilidad de que la liquidación del contrato o realización de la transacción se realicen en una fecha anterior del vencimiento, a través de lo que se denomina liquidaciones diarias, en donde comprador y vendedor realizan o reciben pagos diarios en función de las valoraciones experimentadas por el activo.

En Estados Unidos los mercados de mayor importancia para este instrumento financiero son el Chicago Board of Trade y el Chicago Mercantile Exchange. En el caso de Europa se encuentra en primer lugar el London International Financial Futures and Option Exchange y el Eurex.

Forward

El objetivo fundamental de los contratos a plazo es buscar el intercambio de un activo en una fecha futura y a un precio determinado. Los mercados a plazos se negocian en mercados no organizados denominados Over The Counter (OTC).

Los OTC son una alternativa frente a los mercados organizados. Sus negociaciones son llevadas a cabo por red telefónica o vía on-line entre agentes. Estas conversaciones telefónicas son gravadas con el fin de solucionar cualquier percance que ocurra sobre lo que se concertó.

Los contratos de Forwards al ser negociados en mercados no organizados, no poseen garantías que respalden el cumplimiento del contrato o reduzca el riesgo de crédito, algo que como vimos existe en el contrato de futuros. Esto implica mayor riesgo para las partes, por lo que las operaciones se llevan a cabo entre entidades con una tradición más sólida y confiable, que generalmente suelen ser entidades financieras. Se diferencia también de los contratos de futuros es la rigidez de su transacción, puesto que sólo se puede efectuar la transacción en la fecha previamente establecida, sin oportunidad de realizar liquidaciones diarias. Es por todo lo anterior que los contratos a plazos son un instrumento de mayor riesgo que los futuros, pero con la ventaja de que el objeto y términos del contrato no son necesariamente los que se especifican en el mercado organizado.

Swaps

Un swap es un contrato entre dos agentes que acuerdan el intercambio de flujos de caja en un tiempo futuro. Esta definición guarda relación con las definiciones de futuros y forwards, respecto a los futuros, su diferencia radica en la temporalidad de los flujos de pagos, dado que los swaps permiten intercambios de flujos de efectivo en diferentes fechas futuras. El swap al ser un contrato que tiene como fin cubrir necesidades específicas, lleva a cabo sus transacciones en mercados no organizados, característica vista en los futuros.

Operatividad de los swaps

Swaps de tipo de interés

El tipo de contrato de swap más visto en el mercado es el tipo de interés, si intercambio de flujos se realiza en una misma moneda y en ciertas fechas futuras previamente definidas. Una de las partes pacta realizar los flujos de pago a un tipo de interés fijo más uno nominal, mientras la otra empresa hará los mismos pagos pero a un tipo de interés variable, que usualmente están ligados a índices, tipos de interés ofrecido en depósitos mensuales, o tasas de referencia diaria basadas e acuerdo entre bancos.

Almacenamiento

Otro tipo de swaps son los llamados warehousing (almacenamiento), estos contratos son emitidos por entidades financieras que actúan como acreedoras de mercado, de esta forma si existiera dos empresas que quisieran realizar un contrato swap con la entidad financiera, no sería necesario que estas dos tuvieran posiciones diferentes en el mismo contrato. Por tanto queda a cargo de la entidad financiera medir y diversificar los riesgos que se asumen por medio de forwards, bonos, u otros cubrimientos que permitan el cubrimiento de esta clase de inversión.

Los Swaps sobre divisas a tipo fijo – por fijo

Otras formas de swaps son las basadas en divisas, de forma sencilla puede establecerse un intercambio de pagos de principal e interés de tipo fijo en una divisa, a cambio de un pago similar en otra divisa.

Contrato de Opciones

Los contratos de opciones bien podrían ser los principales contratos en el marco de los derivados financieros, y en los cuales se ha realizado grandes estudios con el fin de determinar el valor real de un portafolio o cartera compuesta por opciones sobre acciones.

Cuando la negociación de activos se realiza bajo contratos de opciones, el poseedor de dicha opción bien sea de compra (call) o venta (put) posee el derecho más no la obligación sobre la posibilidad de ejercerla a un precio conocido (strike) y en una fecha determinada. Si además existe la posibilidad para el poseedor de ejercerla antes del vencimiento estamos hablando de una opción americana, de lo contrario serán europeas según señala J. Hull, White y Rubinstein. La gran flexibilidad que las opciones americanas poseen hace de esta una opción muy negociada en la actualidad.

La posición larga de una opción es quien tiene el derecho a comprar o vender el subyacente, su contraparte la posición corta quien es el que vende la opción estará en la obligación de entregar el subyacente si al final se ejerce la opción. El interés de emitir una opción radica en el hecho de recibir una prima a cambio de asumir esta obligación.

Posición larga en Call Europea

Una call sobre acciones le ofrece al comprador de la opción el derecho de adquirir las acciones con un precio pactado y una fecha límite para ejercerla. Una call europea se ejercerá únicamente en la fecha límite determinada. El comprador de la call tiene la elección de ejercer o no su derecho, mientras la contraparte tendrá la obligación de aceptar el requerimiento del comprador.

Posición larga en Put Europea

Una opción de venta put da el derecho a su poseedor de vender un número determinado de acciones, con un precio establecido y con una fecha límite para ejercerla.

Variables que afectan el precio de las opciones

Precio del ejercicio: K

El valor resultante de ejercer la call en algún momento, daría como resultado la diferencia entre el subyacente y el precio del ejercicio, por lo cual una call (europea o Americana) tendrá más valor cuanto menor sea el precio del ejercicio.

Desde el punto de vista de una put (Europea o Americana) ejercerla daría como resultado $(K-S)$. Por tanto el aumento del precio de la put dependerá positivamente de aumentos en el precio del ejercicio.

Tiempo hasta el vencimiento

El valor de las opciones para el caso de la europea, generalmente es mayor a medida que el tiempo del vencimiento es más distante. No obstante existen situaciones que son todo lo contrario. Imaginemos dos opciones call Europeas que sean similares en todo, menos en el tiempo que falta para el vencimiento, siendo una de ellas con vencimiento a un año mientras la segunda a dos años. Si suponemos que el subyacente pagará dividendos a un año y medio, esto hará que el precio del activo baje, generando que posiblemente el valor de la opción a un año sea mayor que el de la opción con mayor vencimiento.

La volatilidad del precio del subyacente

La volatilidad representa el grado de variabilidad en el precio de subyacente, suele representarse por medio de la desviación estándar de la rentabilidad del subyacente. Si un activo posee mayor volatilidad, mayor será la probabilidad de obtener grandes aumentos o bajas en su precio. Por ejemplo el propietario de una put (Europea o Americana), un aumento de la volatilidad supone que se beneficiaría de las aleatorias disminuciones de precio del subyacente, bastando sólo con no ejercerla.

CAPITULO II

Sector de Hidrocarburos en Colombia

Indudablemente el sector de hidrocarburos para la generación de divisas e ingresos al país es sumamente importante en la economía Colombiana, y es por esto que podemos decir que la caída del precio del petróleo de los últimos tres años afectó significativamente el PIB nacional, obligando al gobierno a generar nuevas fuentes de ingresos y recaudo como lo son las reformas tributarias, y en una buena medida subsanar los ingresos que se dejaron de recibir tras la caída del precio del barril del petróleo y el constante aumento del precio del dólar para la TRM.

El declive en el precio del petróleo en los últimos tres años dejó a los colombianos alza de precios, pues por regla general “cuando el costo del petróleo baja, la consecuencia inmediata es que el dólar aumente por que el país recibe menos divisas. Eso implica que todos los productos que son importados, como alimentos y bienes de consumo suban de precio”, por otro lado los colombianos también se vieron afectados con créditos a tasas de interés costosas y un aumento significativo a la tasa de desempleo. De igual manera la baja del precio por barril debió reducir el precio del galón de gasolina en Colombia efecto que no sucedió, la explicación del Gobierno Nacional fue que el costo del combustible no ha se ha reducido debido al aumento en el precio del etanol y el incremento en la tasa de cambio. En momentos de crisis económica es bueno que la gente consuma, y si se cobra un impuesto tan alto a la gasolina le quita capacidad de consumo al ciudadano.

Por otro lado con las tantas operaciones realizadas a diario y tanto dinero en manos de participantes y especuladores, el precio de los commodities como el petróleo genera múltiples fluctuaciones y día a día van marcando nuevos retos en sus cotizaciones, retos a los que las empresas ofertantes se deben alinear.

Y de otra parte la escalada del crudo es estructural, el negocio viene cambiando y hoy los que determinan la cotización no son los productores sino los inversionistas, inversionistas como: Fondos de Inversión, Bancos, Casas de Bolsa, etc. Inversionistas que probablemente poco conocen de hidrocarburos y desde donde se genera aumentos y bajas desmedidas por especulación.

Hoy por hoy el mundo consume a diario cerca de 80 millones de barriles. De los cuales, el 33 por ciento es provisto por la OPEP, el 13 por ciento por Rusia y el resto por otros países exportadores. Es importante acotar que las últimas dos décadas, el sector minero-energético

adquirió una importancia creciente para Colombia, consolidándose como uno de los sectores estratégicos de la economía nacional.

El sector de hidrocarburos, que representa más del 70% del sector minero energético, había tenido un crecimiento considerable en las últimas décadas, en parte, por el buen comportamiento de los precios internacionales de los bienes básicos. Sin embargo, a partir de mediados de 2014, la caída en el precio del petróleo moderó drásticamente el ritmo de expansión de esta actividad.

“Es por lo anterior, que el desarrollo del país el sector minero – energético es hoy una de las locomotoras definidas por el gobierno nacional como el principal motor de desarrollo para el país y busca generar buena parte de las rentas que se necesitan para el funcionamiento del estado. Según lo manifiesta el programa de regionalización del sector de hidrocarburos.

De otra parte vale la pena conocer algunos procesos básicos del proceso de loa Hidrocarburos, cómo lo es el funcionamiento de la cadena del sector hidrocarburos, la cual corresponde al conjunto de actividades económicas relacionadas con la exploración, producción, transporte, refinación o procesamiento y comercialización de los recursos naturales no renovables conocidos como hidrocarburos (material orgánico compuesto principalmente por hidrógeno y carbono), dicho conjunto también está conformado por la regulación y administración de estas actividades” (DAVIDOS, 2015).

CAPITULO III

Valoración de activos financieros

El objetivo principal de la valoración de activos financieros es obtener el precio justo de intercambio de un activo financiero.

Formula

$$precio = vpn = \frac{f_1}{(1+i_1)^1} + \dots + \frac{f_n}{(1+i_n)^n}$$

Dónde:

F: Flujos futuros

n: Número de periodos (días)

i: Tasa de Interés (Tasa de descuento)

Clasificación:

Negociables: Tienen como propósito obtener utilidades por las fluctuaciones de precio a corto plazo. Ejem. Fondos de pensiones obligatorias y cesantías

Hasta el Vencimiento: Se tiene el propósito y la capacidad de mantener en el portafolio hasta su maduración.

No se puede utilizar para operaciones de liquidez, excepto si son inversiones forzosas y se realizan con el Banco de la República.

Disponibles para la venta: Son títulos que no se clasifican como negociables o hasta el vencimiento. Ejem: Inversiones que se pueden realizar operaciones de mercado monetario (repos, simultáneas y ttvs)

Los métodos de valoración de acciones básicos

Existen diferentes métodos para valorar una empresa, con diferentes niveles de sofisticación y diferentes características. Se puede decir que son 3 los principales métodos o enfoques para la valoración:

Valoración mediante descuentos de flujos de caja (“DFC”, “discounted cash flow” o “DCF”): El valor de un activo es igual al valor presente de sus flujos de caja futuros.

Valoración basada en el valor patrimonial (“valor en libros” o “book value”): El valor de la acción será el de su activo menos su pasivo, es decir, lo que tiene menos lo que debe, sin tener en cuenta sus ingresos futuros.

Valoración relativa (“relative valuation”): El valor de un activo se establece mediante la comparación con otros activos similares, utilizando variables como beneficios, flujos de caja, valor contable o ventas, entre otros.

Valoración mediante opciones reales (“real options”): El valor de un activo se determina mediante el uso de modelos de valoración de opciones. El más conocido es el modelo de Black y Scholes, por el que ganaron un premio Nobel de economía. No obstante, existen otros más simples que pueden ser de mayor utilidad en el proceso de valoración.

VALORACIÓN DE OPERACIONES FORWARD, OPCIONES Y OPERACIONES SWAP

OPCIONES:

Opciones de compra: Otorgan a su tenedor el derecho más no la obligación de comprar un activo a un precio determinado y a una fecha específica.

Opciones de venta: otorgan a su tenedor el derecho más no la obligación de vender un activo a un precio determinado a una fecha específica.

Fecha específica: En el contrato se conoce como fecha de vencimiento

Precio determinado: En los contratos se le conoce como precio de ejercicio o precio strike.

Prima: El costo por tener el derecho a ejercer una opción

Tipos de Opciones

Opciones Europeas: La opción solo se ejerce en una determinada fecha

Opciones Americanas:

La opción se puede ejercer en cualquier momento desde la fecha de adquisición hasta la fecha de ejercicio.

Sobre el subyacente:

Opciones sobre acciones

Opciones sobre divisas

Opciones sobre tasas de interés o instrumentos de deuda

Opciones sobre índices bursátiles

Características Principales

Tenedor

Opciones de Call: derecho a comprar a futuro (Llamar)

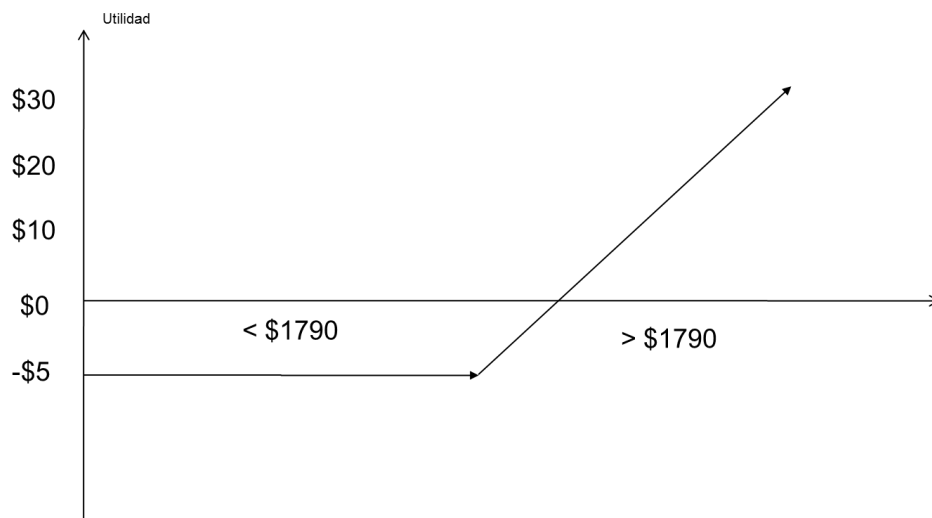
Opciones de Put: Derecho a vender a futuro (Poner)

Emisor

Opciones de Call: Obligación de vender a futuro (Poner)

Opciones de Put: Obligación de comprar a futuro (Llamar)

“Ejemplo: Grafico de una opción de compra para el tenedor



La empresa desea eliminar el riesgo cambiario, luego entra en una opción de compra europea con un precio de ejercicio de \$1790 para comprar USD 100.000 y el precio por dólar es de \$5. Es decir que el precio inicial de la inversión es de \$500.000.

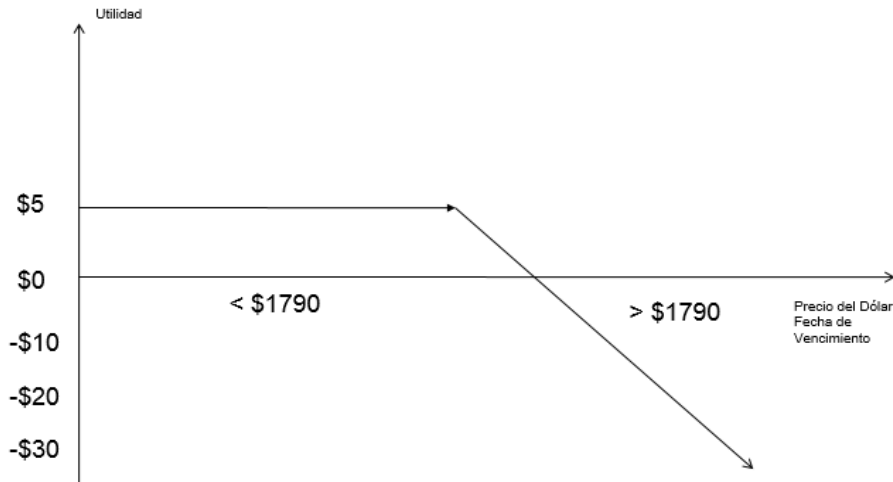
Si el precio del dólar al vencimiento es \$1850, el importador obtendrá una ganancia por dólar de $(\$1850 - \$1790) = \$60 - \$5 = \$55$. Es decir que la ganancia es de \$5.500.000.

Así las cosas si el dólar a la fecha del vencimiento es menor de \$1790, el inversionista decidirá no ejercerla, si el dólar es mayor a este valor es viable ejercer la opción.

Pérdidas y ganancias de una opción de compra para el tenedor

$$\text{Pérdidas y Ganancias} = \text{MAXIMO } (0, (\text{TASA SPOT}(\text{S}) - \text{TASA STRIKE}(\text{E})) - \text{PRIMA})$$

Ejemplo de compra sobre dólar para el emisor

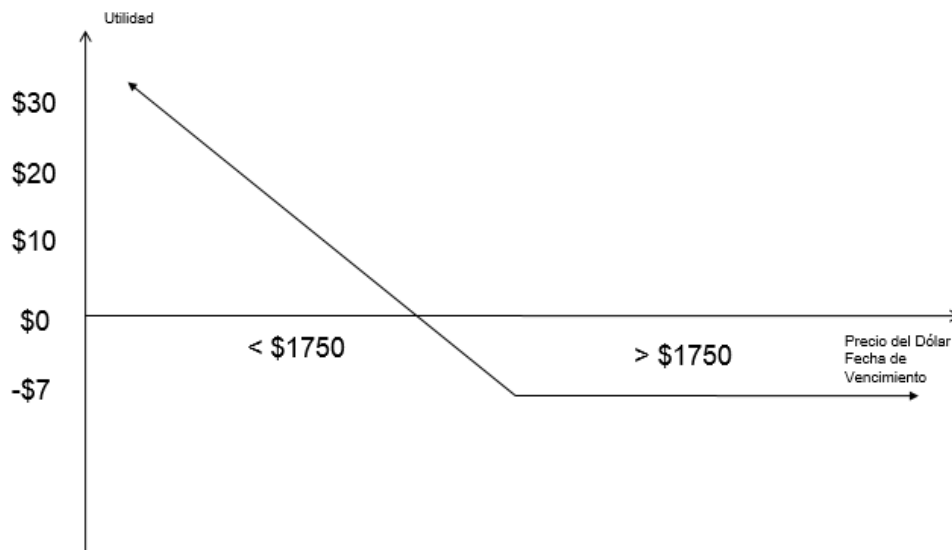


Teniendo en cuenta que el precio del dólar al Vcto de la opción es de \$1.850, el emisor obtendrá una pérdida por dólar de $(\$1790 - \$1850) = \$60 + 5 = -55$, el valor total a recibir es de \$5.500.000.

Pérdidas y ganancias de una opción de compra para el emisor.

Pérdidas y Ganancias=
PRIMA - MAXIMO (0, (TASA SPOT(S)- TASA STRIKE (E))

Gráfico de pérdidas y ganancias de la opción de venta para el tenedor



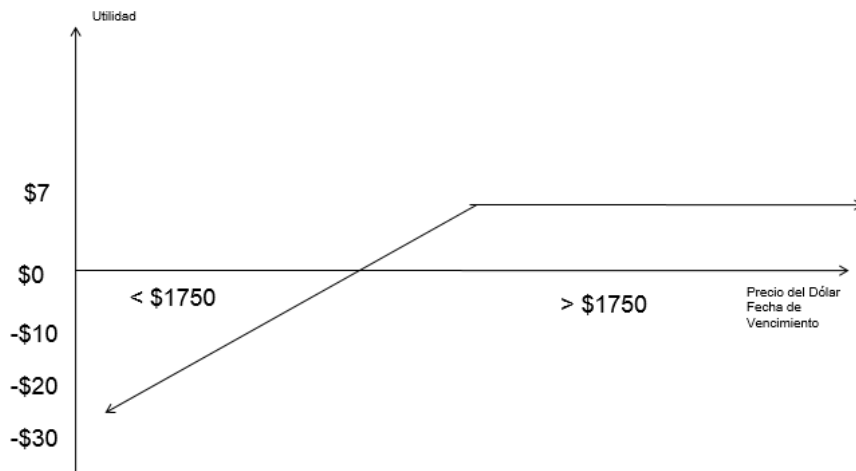
La empresa desea eliminar el riesgo cambiario, luego entra en una opción de venta europea con un precio de ejercicio de \$1.750 para vender USD 100.000. y el precio de la opción por dólar es \$7.

Si el precio del dólar al Vcto de la opción es de \$1720, el exportador obtendrá una ganancia por dólar de $(\$1.750 - 1.720) = \$30 - \$7 = \23 , la ganancia total será de \$2.300.000.

Pérdidas y ganancias de una opción de venta (tenedor)

Pérdidas y Ganancias=
MAXIMO (0, (TASA STRIKE
(E) -TASA SPOT(S)) - PRIMA

Gráfico de pérdidas y ganancias de la opción de venta (Emisor)



Si el precio del dólar al Vcto de la opción es de \$1.720, el emisor obtendrá una pérdida por dólar de $(\$1.720 - \$1.750) = -\$30 + \$7 = -\$23$, la pérdida total es de $-\$2.300.000$.

Pérdidas y ganancias de una opción de venta del emisor.

**Pérdidas y Ganancias =
PRIMA - MAXIMO (0, (TASA
STRIKE (E) - TASA SPOT(S))**

Resultado de posiciones básicas

		Comprador	Vendedor
Call	SI $S < E$	(-) PRIMA	PRIMA
	SI $S = E$	(-) PRIMA	PRIMA
	SI $S > E$	$S - E - PRIMA$	$PRIMA - (S - E)$
Put	SI $S > E$	(-) PRIMA	PRIMA
	SI $S = E$	(-) PRIMA	PRIMA
	SI $S < E$	$E - S - PRIMA$	$PRIMA - (E - S)$

Funciones que determinan las funciones básicas

Compra de una Call	RESULTADO:	$MAX(0, S - E) - PRIMA$
Compra de una Put	RESULTADO:	$MAX(0, E - S) - PRIMA$
Venta de una Call	RESULTADO:	$PRIMA - MAX(0, S - E)$
Venta de una Put	RESULTADO:	$PRIMA - MAX(0, E - S)$

Valor intrínseco de una opción

El valor que tendría una opción en un momento determinado si se ejerciese inmediatamente” (Valderrama).

Para una Opción de Compra	Para una Opción de Venta:
$V_c = MAX [0, S - E]$	$V_p = MAX [0, E - S]$
Siendo: V_c, V_p = Valor Intrínseco de una opción de compra y una opción de venta. S = Precio del activo subyacente. E = Precio de Ejercicio	

En función del valor intrínseco, las opciones se pueden clasificar en tres categorías:

Opciones dentro del dinero (In the money):

Su valor intrínseco es positivo

$S > E$ Para las Call

$E > S$ Para las Put

Ejercicio produce un beneficio

Opciones en el dinero (At the money):

Su precio de ejercicio coincide

Con el precio del subyacente

$S=E$ Para las Call y Put

Opciones en el dinero (At the money):

Opciones cuyo ejercicio implica una pérdida

$S < E$ para las Call

$E < S$ para las Put

Su valor intrínseco es cero

Si el valor de una opción es la prima, ¿por qué no es igual al valor que se recibiría si se ejerce inmediatamente (Valor intrínseco)?

TENEDOR

Valor tiempo de una opción

El valor tiempo de una opción es la valoración que hace el mercado de las expectativas de mayores beneficios con la opción si el movimiento del precio del activo subyacente es favorable.

Está determinado por la diferencia entre la prima y el valor intrínseco

Depende de varios factores:

Volatilidad

Tiempo al vencimiento

Precio del activo subyacente

Strike

En función del valor tiempo

Opciones dentro del dinero (In the money): son las que tienen menor valor en el tiempo

Opciones en el dinero (At the money): son las que tienen el máximo valor tiempo. El valor de una opción se maximiza cuando $S=E$

Opciones fuera del dinero (Out of the money): solo tienen valor en el tiempo

Determinantes exógenos del valor de una opción

Precio del activo subyacente

Cuando S aumenta- aumenta el valor intrínseco de la opción call

Cuando S aumenta – aumenta el valor intrínseco de la opción put.

Las variaciones del precio de activo subyacente influyen de forma directa en las expectativas del precio posible al vencimiento de la opción.

Volatilidad

Cuando la volatilidad de S aumenta – aumenta la prima de la opción call

Cuando la volatilidad de S aumenta – aumenta la prima de la opción put

Cuanto mayor volatilidad tenga el subyacente, el rango de precios al vencimiento de opción será mayor, lo que implica un riesgo superior para los vendedores de opciones y mayores probabilidades de beneficio,

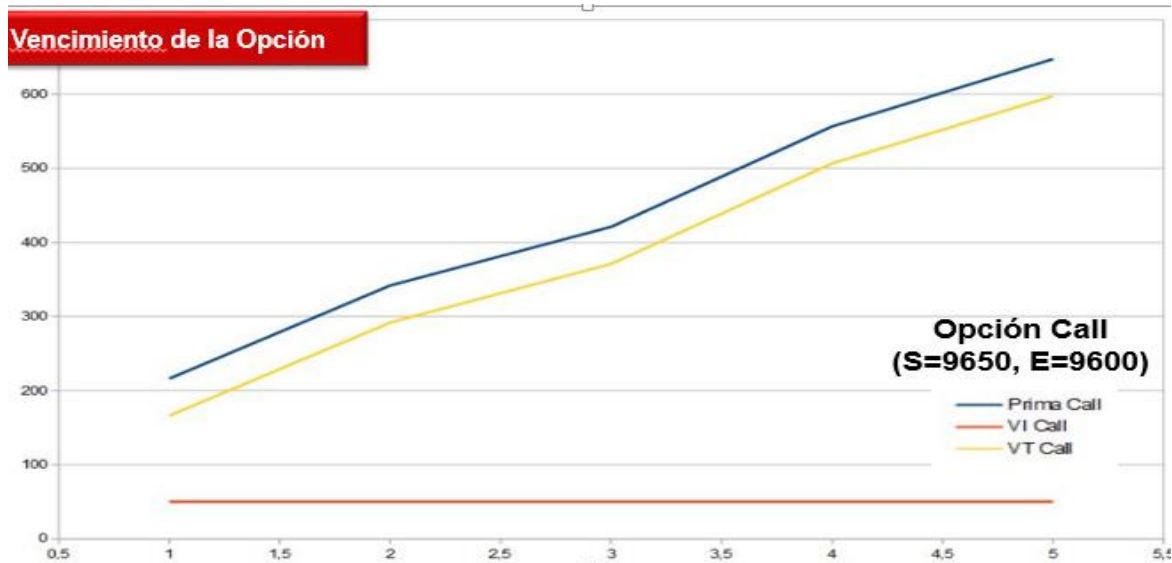
Único factor desconocido – mercado de volatilidades

Vencimiento de la opción

Cuando T aumenta- aumenta el valor tiempo de la opción call

Cuando T aumenta – aumenta el valor tiempo de la opción put.

El precio en relación con el tiempo no es lineal, va creciendo, o si se quiere se va acelerando conforme la opción se acerca a su vencimiento. La razón de este fenómeno es que el valor de la opción se relaciona con la raíz cuadrada del tiempo.



“El valor intrínseco no cambia porque el valor del subyacente y del strike no cambia.

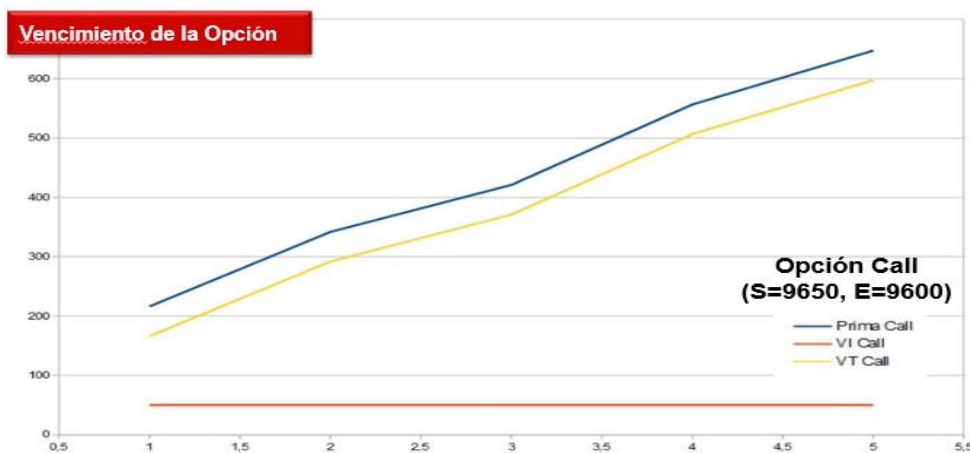
La prima cambia de valor por cambios en el valor temporal, a medida que se aumenta el vencimiento el nivel de incertidumbre es mayor.

Determinantes exógenos del valor de una opción

Precio de ejercicio de la opción

E – Opción de compra, el valor será mayor cuanto menor sea el precio del ejercicio

E – Opción de venta, un mayor precio de ejercicio supondrá una mayor prima de la opción



El valor intrínseco aumenta y el valor temporal disminuye a medida que la opción call va entrando más “in the money”

Cuando la opción esta “out de money” el valor de la prima es exactamente igual al valor temporal” (Valderrama).

Modelo Black – Scholes

El modelo Black y Scholes es una de las formas de valorar los precios de las opciones europeas de compra y venta (Call y Put) sobre acciones que no pagan dividendos. Este modelo supone que la rentabilidad de las acciones sigue un proceso normal a diferencia de otros métodos como son los arboles binomiales, los cuales suponen que los precios sigue un proceso binomial. La hipótesis de normalidad facilita la obtención de la fórmula de valoración Black y Scholes, pero no supone inconveniente alguno para la validez de los resultados, puesto que a partir del teorema central del límite los rendimientos de los precios de las acciones producen la misma valoración aun teniendo la rentabilidad otro tipo de distribución diferente a la normal.

Comportamiento del precio.

La hipótesis de partida supone que el precio del activo subyacente que no paga dividendos sigue un paseo aleatorio. Es decir que el precio del activo subyacente (S) en el tiempo t sigue un movimiento browniano geométrico, donde su comportamiento ante intervalos infinitesimales de tiempo dt está dada por:

$$\frac{dS_t}{S_t} = \mu_t dt + \sigma dW_t$$

Donde μ_t describe los rendimientos esperados del activo subyacente; σ^2 es la volatilidad del precio, que para el modelo de valoración Black-Scholes se supone constante, y en donde dW_t se define como el proceso de Gauss-weiner, esto también es conocido como movimiento browniano, siendo válido en intervalos de tiempo que existe hasta el vencimiento definido por T.

Es por ello que el supuesto subyacente al modelo de Black-Scholes es que el precio de las acciones sigue un paseo aleatorio. Es decir, que los cambios porcentuales en el precio de las acciones en un periodo corto de tiempo Δt , siguen una distribución Normal:

$$\frac{dS}{S} \approx N(\mu\Delta t, \sigma\sqrt{\Delta t})$$

De esta forma la distribución de probabilidad de los precios del activo subyacente S_t , sigue un proceso log normal, que se expresa como:

$$\ln S_T - \ln S_0 \approx N \left[\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) T, \sigma\sqrt{T} \right]$$

La propiedad de log normalidad de los precios de las acciones nos proporciona información de la distribución en probabilidad de la rentabilidad compuesta continuamente a lo largo de T

Años. \sim

$$S_T = S_0 e^{xT} \Rightarrow x = \frac{1}{T} \ln \frac{S_T}{S_0}$$

$$x \approx N \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}, \frac{\sigma}{\sqrt{T}} \right)$$

Con lo que la rentabilidad continua se distribuye como una normal.

Supuestos del modelo

La negociación se desarrolla de forma continua en el tiempo

No hay costes de transacción ni impuestos

No hay dividendos durante el periodo de madurez de la opción

Los precios obtenidos están basados en un argumento de ausencia de arbitraje

El tipo de interés r es constante y conocido para todo el periodo T hasta el vencimiento.

Todos los activos son perfectamente divisibles.

Modelo Black Scholes y réplica de una cartera

El modelo Black Scholes, parte de una cartera que está compuesta por una posición corta en una unidad de una opción de compra europea y una posición larga en unidades del activo subyacente. Es decir que en este caso, se puede valorar el precio de la opción comparado con una cartera apropiada, que elimine la aleatoriedad del movimiento browniano. Como S y C están correlacionados, esto puede hacerse construyendo dicha cartera. Por tanto el valor de la cartera estará dado por

$$\Pi = -C + \Delta S$$

Debido a que tanto C como Π son variables aleatorias, aplicaremos la ecuación estocástica diferencial.

$$dC = \frac{\partial C}{\partial t} dt + \frac{\sigma^2}{2} S^2 \frac{\partial^2 C}{\partial S^2} dt + \frac{\partial C}{\partial S} dS$$

Por lo tanto el cambio del valor de la cartera será:

$$d\Pi = -dC + \Delta dS$$

Que combinando con las expresiones dadas para dS y dC se convierte en:

$$d\Pi = \left(-\frac{\partial C}{\partial t} - \frac{\sigma^2}{2} S^2 \frac{\partial^2 C}{\partial S^2} \right) dt + \left(\Delta - \frac{\partial C}{\partial S} \right) dS$$

$$d\Pi = \left[-\frac{\partial C}{\partial t} - \frac{\sigma^2}{2} S^2 \frac{\partial^2 C}{\partial S^2} + \left(\Delta - \frac{\partial C}{\partial S} \mu S \right) \right] dt + \left(\Delta - \frac{\partial C}{\partial S} \right) \sigma S dW$$

En donde $\left(\Delta - \frac{\partial C}{\partial S} \right) \sigma S dW$ es el componente estocástico existente en la cartera replica.

Si la posición está cubierta eligiendo $\Delta = \frac{\partial C}{\partial S}$, para todo instante de tiempo, obtenemos una cartera libre de riesgo, y bajo el supuesto de que la cartera replica debe tener la misma tasa libre de riesgo. Entonces:

$$d\Pi = r\Pi dt$$

Obteniéndose:

$$d\Pi = \left(-\frac{\partial C}{\partial t} - \frac{\sigma^2}{2} S^2 \frac{\partial^2 C}{\partial S^2} \right) dt = r\Pi dt = r \left(-C + S \frac{\partial C}{\partial S} \right) dt$$

La cual representa la ecuación diferencial del modelo Black-Scholes

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\sigma^2}{2} S^2 \frac{\partial^2 C}{\partial S^2} + rS \frac{\partial C}{\partial S} - rC = 0 \quad (2.1)$$

Siendo S el precio del activo subyacente, T es el tiempo a vencimiento, μ el parámetro que representa la tasa media de rendimiento esperado del activo, K es el precio de ejercicio, σ la volatilidad del activo (la cual se asume constante), r la tasa de interés libre de riesgo y en donde $C = C(S,t)$ representa la prima de la opción de compra.

A partir de la paridad put-call para opciones europeas, la ecuación diferencial del modelo

Black-Scholes para una opción de venta europea, será:

$$\frac{\partial P}{\partial t} + \frac{\sigma^2}{2} S^2 \frac{\partial^2 P}{\partial S^2} + rS \frac{\partial P}{\partial S} - rC = 0$$

Cualquier activo que dependa del precio de la acción satisface esta ecuación diferencial.

Formulas del modelo Black-Scholes

La fórmula de valoración para una opción a partir del modelo Black-Scholes es obtenido a través de la ecuación en derivadas parciales, su solución es:

$$C(S, T) = e^{-rT} \left[e^{-rT} S N \left\{ \frac{\ln\left(\frac{S}{K}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right) T}{\sigma\sqrt{T}} \right\} - K N \left\{ \frac{\ln\left(\frac{S}{K}\right) + \left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right) T}{\sigma\sqrt{T}} \right\} \right] \quad (2.2)$$

Es por tanto que bajo la valoración riesgo-neutral obtenemos:

$$C(S, T) = S_0 N(d_1) - K e^{-rT} N(d_2) \quad (2.3)$$

Para esta ecuación los términos del lado derecho se interpretan como una opción de compra europea, donde $N(d_2)$ es la probabilidad de que la opción sea ejercida en un mundo neutral al riesgo. La expresión $e^{-rT} S_0 N(d_1)$ es el valor esperado de un variable que es igual a S_T si

$S_T > K$.

Si la opción es una put, entonces la solución resulta ser:

$$P(S, T) = K e^{-rT} N(-d_2) - S_0 N(-d_1) \quad (2.4)$$

Donde $N(\cdot)$ es una la distribución normal estándar, a partir de (2.2) las expresiones d_1 y d_2 , sera:

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S}{K}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right) T}{\sigma\sqrt{T}}$$

y;

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

Si partimos de la formula Black-Scholes expresada en (2.3), para obtener una formula que exprese una opción de compra europea que paga dividendos a una tasa ϕ , es necesario que el termino S_0 cambie a $S e^{-\phi T}$. Entonces:

$$C = S_0 e^{-\phi T} N(d_1) - K e^{-rT} N(d_2) \quad (2.5)$$

Donde ahora

$$\hat{d}_1 = \frac{\ln\left(\frac{S}{K}\right) + \left(r - \phi + \frac{\sigma^2}{2}\right) T}{\sigma\sqrt{T}}$$

y;

$$d_2 = \hat{d}_1 - \sigma\sqrt{T}$$

De la misma forma, la ecuación para el precio de una put europea que paga dividendos a la tasa ϕ , puede ser deducida de la expresión (2.4). Entonces:

$$P(S,T) = Ke^{-rT} N(-\hat{d}_2) - S_0 e^{-\phi T} N(-\hat{d}_1)$$

2.3.1. Función de Densidad de Transición

La Función de Densidad de Transición para una opción de compra europea puede ser interpretada como el rendimiento discontinuo esperado al final del pago de la opción. Esta función es denotada como $\Psi(S_T; S)$, donde el precio del activo S_T , dado por el valor actual del activo S , en un tiempo t , bajo la distribución de probabilidades neutral al riesgo¹. Entonces:

$$C(S,t) = e^{-rT} E[\text{Max}(S_T - K, 0)] \quad (2.6)$$

Su expresión formal es:

$$C(S,t) = e^{-rT} \int_0^{\infty} \text{Max}(S_T - K, 0) \Psi(S_T; S) dS_T \quad (2.7)$$

Donde $\Psi(S_T; S)$ es la Función de Densidad de Transición del precio del activo al momento del vencimiento S_T , a partir del precio actual del activo subyacente y el proceso browniano geométrico que supone la dinámica del precio del subyacente.

De esta forma al sustituir la expresión (2.1) de Black-Scholes, se obtiene:

$$C(S,t) = e^{-rT} \int_0^{\infty} \text{Max}(S_T - K, 0) \left\{ \frac{\partial \Psi}{\partial t} + \frac{\sigma^2}{2} S^2 \frac{\partial^2 \Psi}{\partial S^2} + rS \frac{\partial \Psi}{\partial S} \right\} dS_T \quad (2.8)$$

De la integral de la función $\Psi(S_T; S)$, obtenemos:

$$\frac{\partial \Psi}{\partial t} + \frac{\sigma^2}{2} S^2 \frac{\partial^2 \Psi}{\partial S^2} + rS \frac{\partial \Psi}{\partial S} = 0$$

En otro caso, observando la relación que se encuentra entre las variables $\zeta = \ln S_0$ e $y = \ln S_T$, de la expresión:

$$w(y, T) = \int_{\ln K}^{\infty} (e^\zeta - K) \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi T}} \exp \left[-\frac{(y + (r - \frac{\sigma^2}{2})T - \zeta)^2}{2\sigma^2 T} \right] d\zeta$$

La expresión (2.6) puede expresarse de la forma:

$$C(S, T) = e^{-rT} \int_0^{\infty} \text{Max}(S_T - K, 0) \frac{1}{S_T \sigma \sqrt{2\pi T}} \exp \left[-\frac{[\ln S_T - (\ln S + (r - \frac{\sigma^2}{2})T)]^2}{2\sigma^2 T} \right] dS_T \quad (2.9)$$

Comparando la ecuación (2.7) con la ecuación (2.9) la Función de Densidad de Transición puede ser expresada como:

¹ Barra, M (2006).

$$\Psi(S_T, S) = \frac{1}{S_T \sigma \sqrt{2\pi T}} \exp \left[-\frac{[\ln S_T - (\ln S + (r - \frac{\sigma^2}{2})T)]^2}{2\sigma^2 T} \right]$$

Esta ecuación coincide con la Función de densidad de transición de la variable normal $\ln \frac{S_t}{S}$ con medida $(r - \frac{\sigma^2}{2})T$ y de varianza $\sigma^2 T$

Aplicación modelo Black-Scholes en acciones de Ecopetrol

$$C = S \cdot N(d_1) - X \cdot e^{-r \cdot T} \cdot N(d_2)$$

Donde d_1 y d_2 son tal que:

$$d_1 = \frac{\ln \frac{S}{X} + \left[r + \frac{\sigma^2}{2} \right] \cdot T}{\sigma \cdot \sqrt{T}}$$

$$d_2 = \frac{\ln \frac{S}{X} + \left[r - \frac{\sigma^2}{2} \right] \cdot T}{\sigma \cdot \sqrt{T}} = d_1 - \sigma \cdot \sqrt{T}$$

C = Precio de compra de la opción hoy (T=0) en euro

T = periodo hasta vencimiento en años (3 meses = 0,25 años)

r = tasa de interés sin riesgo. La rentabilidad de la deuda estatal en tanto por uno

Sigma = volatilidad en tanto por uno.

X = Precio de ejercicio de la opción de compra en euros

S = Precio de la acción en T=0 en euros

N(d1 y d2) = Valor de la función de probabilidad acumulada de una distribución normal con media cero y desviación típica uno.

Supongamos que queremos calcular el valor de una opción call a la que le quedan 9 meses de vencimiento con un precio de ejercicio de \$3240. La cotización de la opción es de \$3.130. La volatilidad anual es de 36.96% y la tasa de interés sin riesgo a 9 meses es de 3.45%. para este ejemplo se asume que la acción no genera dividendos en los próximos 9 meses.

C = Precio de compra de la opción hoy (T=0) en pesos colombianos

T=0.75 años

r = 0.0345

Sigma=0.3696

X= \$3.240

S=\$3.130

Calculamos d1 y d2

$$d1 = (\ln 3.240/3.130) + (0.0345 + 0.13660496/2) * 0.75$$

$$\frac{\dots}{\dots} = 0.316$$

$$0.3696 * \sqrt{0.75}$$

$$d2 = (\ln 3.240/3.130) + (0.0345 + 0.0.13660496/2) * 0.75$$

$$\frac{\dots}{\dots} = 0.0429711 - (0.3696 * \sqrt{0.75})$$

$$0.3696 * \sqrt{0.75}$$

=-0.1885

d1= 0.316 = 0,5524

d2= -0.1885 =0,4253

α	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	∞	2.576	2.326	2.170	2.054	1.960	1.881	1.812	1.751	1.695
0.1	1.645	1.598	1.555	1.514	1.476	1.440	1.405	1.372	1.341	1.311
0.2	1.282	1.254	1.227	1.200	1.175	1.150	1.126	1.103	1.080	1.058
0.3	1.036	1.015	0.994	0.974	0.954	0.935	0.915	0.896	0.878	0.860
0.4	0.842	0.824	0.806	0.789	0.772	0.755	0.739	0.722	0.706	0.690
0.5	0.674	0.659	0.643	0.628	0.613	0.598	0.583	0.568	0.553	0.539
0.6	0.524	0.510	0.496	0.482	0.468	0.454	0.440	0.426	0.412	0.399
0.7	0.385	0.372	0.358	0.345	0.332	0.319	0.305	0.292	0.279	0.266
0.8	0.253	0.240	0.228	0.215	0.202	0.189	0.176	0.164	0.151	0.138
0.9	0.126	0.113	0.100	0.088	0.075	0.063	0.050	0.038	0.025	0.013
Tabla para los valores pequeños de α										
α	0.002	0.001	0.000 1	0.000 01	0.000 001	0.000 000 1				
t_{α}	3.090	3.291	3.891	4.417	4.892	5.327				

-1,0	0,1586	0,1562	0,1538	0,1515	0,1491	0,1468	0,1445	0,1423	0,1400	0,1378
-0,9	0,1840	0,1814	0,1787	0,1761	0,1736	0,1710	0,1685	0,1660	0,1635	0,1610
-0,8	0,2118	0,2089	0,2061	0,2032	0,2004	0,1976	0,1948	0,1921	0,1894	0,1867
-0,7	0,2419	0,2388	0,2357	0,2326	0,2296	0,2266	0,2236	0,2206	0,2176	0,2147
-0,6	0,2742	0,2709	0,2676	0,2643	0,2610	0,2578	0,2546	0,2514	0,2482	0,2450
-0,5	0,3085	0,3050	0,3015	0,2980	0,2945	0,2911	0,2877	0,2843	0,2809	0,2775
-0,4	0,3445	0,3409	0,3372	0,3335	0,3299	0,3263	0,3227	0,3191	0,3156	0,3120
-0,3	0,3820	0,3782	0,3744	0,3707	0,3669	0,3631	0,3594	0,3556	0,3519	0,3482
-0,2	0,4207	0,4168	0,4129	0,4090	0,4051	0,4012	0,3974	0,3935	0,3897	0,3859
-0,1	0,4601	0,4562	0,4522	0,4482	0,4443	0,4403	0,4364	0,4325	0,4285	0,4246

Entonces:

$$C = (3.120 * 0,5524) - (3.240 * e^{-0,345 * 0,75}) * 0,4253$$

$$C = 1723,55 - (3240 * 0,9749) * 0,4253$$

$$C = 385,66$$

Es decir que en nueve meses debemos pagar por ejercer la opción de compra call una prima de \$289,74 por acción.

CAPITULO IV

Una mirada a la estimación de la volatilidad

Empecemos por responder qué se entiende por volatilidad y porqué se enfocan cada vez más estudios en tratar de comprenderla. Robert Engel III, quién fue premio nobel de economía en 2003, dice al respecto:

“La volatilidad es considerada como la medida más precisa del riesgo en los mercados y, por ende, su síntoma más evidente. Cuanto mayor es la volatilidad, mayor suele ser el riesgo asumido, y por consiguiente, la recompensa. El hecho de que la volatilidad aumente en el cambio del ciclo bursátil, desde los mercados alcistas hasta los bajistas, parece apoyar esta teoría. Pero, ¿de qué sirve la medición de la volatilidad en los mercados ante una caída abrupta?. En los periodos críticos de los mercados bajistas la volatilidad y el riesgo aumentan, mientras que el riesgo va creciendo hasta que deja de haber beneficios en las inversiones, aun cuando se tomen posiciones de venta en futuros. De hecho, en los periodos con mayor volatilidad, los inversores suelen estar muy preocupados por el nivel de riesgo en los mercados financieros

Robert Engel.- El riesgo es algo natural en la vida, pero resulta sano prevenir su existencia, y además, en los mercados financieros, resulta muy rentable hacerlo. De ahí que para todo inversor resulte muy importante clasificar los diferentes tipos de riesgos, y ver cuales estamos dispuestos a asumir, y cuales vamos a cubrir” (Escusa, 2006).

En los últimos años han surgido números estudios para la valoración de derivados, teniendo sus orígenes en la ecuación de difusión cuyo autor fue el físico y matemático Joseph Fourier (1768-1830), y que fue presentado en su trabajo sobre la teoría analítica del calor en 1822. En 1827 el botánico inglés Robert Brown, analizó el movimiento de las partículas de polen en el agua, y fue en 1905 cuando Albert Einstein construyó un modelo matemático para explicar ese fenómeno al que denominó “movimiento Browniano” en honor a su descubridor. La hipótesis de partida para la construcción de ese modelo, era que el desplazamiento de las partículas entre dos instantes no depende de donde haya partido, y que la ley de probabilidad que rige el movimiento de la partícula solo depende de distancia temporal.

Louis Bachelier en 1900. En su tesis doctoral titulada Teoría de la Especulación, propuso cómo modelar el comportamiento del precio de las acciones asociando a si comportamiento un movimiento browniano, y que fue aplicado para modelar las fluctuaciones de la bolsa de París. Su

formulación supone fuertes hipótesis, que hicieron de este modelo algo poco realista, puesto que se suponía la inexistencia de una tasa de interés y la utilización de un movimiento browniano que permitía que los precios de las acciones tomaran valores negativos.

Norbert Wiener en sus trabajos entre 1920 y 1923 logra dar un modelo preciso y riguroso para las trayectorias de las partículas, siendo una función continua pero no diferenciable en ningún punto y desarrolla una medida de probabilidad para conjuntos de trayectorias no diferenciables, asociando una probabilidad a cada conjunto de trayectorias.

“Posteriormente, autores como Paul Samuelson y James Boness, se ocuparon de superar algunos de los inconvenientes del modelo de Bachelier, asumiendo la existencia de tasas de interés y una distribución de probabilidad más realista para los precios de las acciones; además tuvieron en cuenta que los inversores son adversos al riesgo, y que probablemente estén dispuestos a asumirlo, pero a cambio de algún premio. En 1960, el economista norteamericano Samuelson, propuso el movimiento browniano geométrico como modelo para los precios que están sujetos a incertidumbre. En 1964, Boness sugirió una fórmula más cercana a la de Black- Scholes, pero que todavía contaba con una tasa de interés desconocida, que Boness incluía como compensación por el riesgo asociado con el valor de la acción.

Para el modelo de Black – Scholes – Merton (1973), el movimiento Browniano geométrico es el modelo esencial asociado a los movimientos de los precios. Pero además estos autores tuvieron en cuenta que el movimiento Browniano está asociado con la teoría matemática avanzada del cálculo estocástico o cálculo estocástico, el cual realiza la analogía del cálculo tradicional en condiciones aleatorias” (Arbeláez). Así se encuentra una fórmula para el cálculo de los precios de las opciones sobre acciones. Pero en la práctica, y a partir de 1987 se detecta que el precio de mercado de las opciones no coincide con las obtenidas con la ecuación Black- Scholes – Merton. Esto se explica a través de desarrollos teóricos y bajo contrastes empíricos, que la volatilidad de la tasa de cambio en los precios de activos financieros.

Diferentes explicaciones se ha dado para este comportamiento cambiante, como son las estimaciones de la volatilidad a través de las series históricas de los rendimientos de activo subyacente asociado a la opción, estos trabajos están recogidos en los estudios de Engel (1982) y Bollerslev (1986). Otros modelos abordan la estimación de la volatilidad de forma implícita y asocian a ella los modelos denominados de volatilidad local, en el cual se supone que la volatilidad es un proceso estocástico dependiente del tiempo únicamente, y a partir del trabajo de Dupire (1994) que podemos encontrar el proceso que genera tal volatilidad. A su vez, y bajo una dinámica estocástica, numerosos trabajos han planteado procesos alternativos para la volatilidad, como por ejemplo, procesos de difusión con saltos (AJD).

La Volatilidad

Como hemos visto existe un parámetro desconocido en la valoración de opciones llamado volatilidad, el cual influye significativamente en el precio de la opción. La influencia que ejerce la volatilidad en el precio de la opción nace a partir de la dirección de los precios del subyacente y en la variabilidad de sus movimientos, es decir, la volatilidad está asociada a la desviación típica de los precios del subyacente. El uso de la valoración de opciones a través de Black Scholes conlleva aceptar el supuesto de volatilidad constante entre otros, pero es precisamente este supuesto el que causa gran controversia, dado a que la volatilidad puede variar durante la vida de la opción.

Aquellos mercados no constantes cuyo precio del subyacente varía en una menor medida, son llamados mercados de baja volatilidad, y en donde los movimientos del precio cambian a gran velocidad son los mercados de alta volatilidad.

Dos métodos muy utilizados para el cálculo de la volatilidad son:

- Volatilidad Histórica
- Volatilidad Implícita

Volatilidad Histórica

La volatilidad del subyacente puede ser estimada a través de la serie histórica de sus precios, a esto se le llama volatilidad histórica, en donde se analiza cual fue su volatilidad en el pasado para hacer aproximación a la estimación de la volatilidad en el futuro.

Generalmente en condiciones normales el comportamiento de la volatilidad de un activo subyacente está muy ligado con el comportamiento que este haya tenido en su pasado, es por ello que si se ha observado para cualquier subyacente una volatilidad entre 10 y 15 por ciento, es más probable que la volatilidad que se pueda observar en el futuro este dentro de estos dos porcentajes, que se observe una del 30%, es decir que en periodos donde se haya presentado bajas o altas volatilidades estos seguidos de periodos de bajas o altas volatilidades.

VENTAJAS DEL MODELO

- El modelo ofrece una solución brillante en el momento de calcular un precio adecuado para una opción.

DESVENTAJAS DEL MODELO

- El modelo asume variables que no son reales
- Se asume que no hay pago de dividendos

CONCLUSIONES

- El modelo Black – Scholes solo calcula el precio de opciones que se pueden ejercer o liquidar al vencimiento, es decir para opciones Europeas, es complejo aplicar este modelo en opciones Americanas.
- Los modelos se crean como representación de un fenómeno real, se hacen con el propósito de poder facilitar su análisis y nos permitan tomar decisiones reales. En este modelo se supone que la tasa libre de riesgo como la volatilidad son constantes, cosa que no es una realidad, y pues la mayoría de las acciones pagan dividendos, lo que hacen que el modelo no sea exacto.
- Es importante que los modelos presenten en la medida en que sea posible una situación real, pero esta aproximación hace que los modelos sean más complejos.
- Muchos de los modelos financieros y especial dependiendo de su grado de complejidad hacen que tengamos que recurrir a otras áreas del conocimiento un ejemplo de ellos es el Black – Scholes que mezcla las matemáticas, estadística, física, finanzas, entre otras.

BIBLIOGRAFIA

- G. Arregui. Los modelos implícitos de valoración de opciones. Cuadernos de Gestión, (4), 2004.
- M. Barra. Valoración de opciones sobre acciones. Trabajo de investigación, UAH, 2006.
- F. Black and M. Scholes. The pricing of options and corporate liabilities. The Journal of Political Economy, 81(3), 1973.
- D. Brigo and F. Mercurio. Lognormal-mixture dynamics and calibration to market volatility smiles. International Journal of Theoretical & Applied Finance, (5), 2002.
- D. Brigo and F. Mercurio. Analytical pricing of the smile in a forward LIBOR market model. Quantitative Finance, (3), 2003.
- J. Crespo and J. Romo. Estimación de los parámetros del modelo de Heston. Una aplicación al índice IBEX 35. Review of Financial Studies, (11), 2010.
- R. Engle. Autoregressive conditional heteroskedasticity with estimates of the variance of U.K. inflation. Number 50. 1982.
- R. Engle and T. Bollerslev. Modelling the persistence of conditional variance. Econometric Reviews, (5):1–50, 81–87, 1986.
- J. Gatheral. The Volatility Surface (A practitioner's Guide). Wiley Finance, 2006.
- <http://losmercadosfinancieros.es/historia-de-los-mercados-de-derivados.html>
- http://www.comunidadcontable.com/BancoConocimiento/C/contrapartida_1251/contrapartida_1251.asp
- <http://www.elpais.com.co/economia/lo-que-deja-la-caida-del-petroleo-a-los-colombianos.htm>
- <https://www.gestiopolis.com/mercado-del-petroleo-y-sus-instrumentos-financieros/>
- <http://www.anh.gov.co/portalregionalizacion/Paginas/LA-CADENA-DEL-SECTOR-HIDROCARBUROS.aspx>
- <https://es.scribd.com/document/328805702/Importancia-de-Los-Derivados>
- Material Diplomado en Valoración de Derivados – Universidad Nacional de Colombia

