



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO  
EN INGENIERÍA

INGENIERÍA EN SISTEMAS-OPTIMIZACIÓN  
FINANCIERA

Valoración de firmas constructoras ViveICA y Javer,  
mediante el uso de la metodología de opciones  
reales.

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:  
MAESTRO EN INGENIERÍA

**PRESENTA:**

**CÉSAR ALEJANDRO MURILLO ALARCÓN**

**TUTOR:**

DR. EDGAR ORTIZ CALISTO, FAC. DE C.  
POLÍTICAS Y SOCIALES

**MÉXICO, D.F. MARZO 2016**



**JURADO ASIGNADO:**

Presidente: DRA. AGUILAR JUÁREZ ISABEL PATRICIA

Secretario: DR. HERNÁNDEZ ÁLVAREZ FEDERICO

Vocal: DR. ORTIZ CALISTO EDGAR

1 er. Suplente: DR. REYES ZÁRATE FRANCISCO JAVIER

2 do. Suplente: DR. MARTÍNEZ MIRANDA ELIO AGUSTÍN

**Lugar donde se realizo la tesis:**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, México, D.F.**

**TUTOR DE TESIS**

**DR. EDGAR ORTIZ CALISTO**

-----  
FIRMA

# Agradecimientos

## **A mi familia**

Agradezco infinitamente a mis padres por ser un gran ejemplo, darme el apoyo y amor: Ana María Alarcón Solís y Alejandro Murillo Fernández, a Victoria Guerrero Flores por su apoyo incondicional e infinito amor, Adolfo Murillo, Graciela Velázquez, Julian y Montserrat por estar conmigo.

## **A la Universidad Nacional Autónoma de México**

Agradezco la oportunidad de volver a estudiar en mi segundo hogar; Facultad de Ingeniería, UNAM por formarme académicamente para servir a mi país.

## **A mi tutor**

Agradezco inmensamente a mi tutor el Dr. Edgar Ortiz Calisto, por sus sabios consejos, enseñanza, anécdotas e interés en hacer esto posible.

## **A mis profesores .**

Agradezco sus conocimientos, capacidades y paciencia durante estos años.

## **Al CONACYT**

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por el apoyo económico en la formación de este posgrado.

## **A mis compañeros y amigos**

Sarai, Isabel, Lalo, Alonso, Adrian, Gabriel, Alejandro Rendon, Jonathan Peña, Hugo Morales, Bruno Flores, Carlos Silva, Eduardo Trejo, Alejandro Trejo y los que me faltaron, mil gracias.



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

## ÍNDICE

|  |           |
|--|-----------|
| <b>INTRODUCCIÓN</b>  | <b>10</b> |
| <b>PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA</b>   | <b>10</b> |
| <b>OBJETIVO</b>  | <b>13</b> |
| <b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>   | <b>13</b> |
| <b>HIPÓTESIS</b>   | <b>14</b> |
| <b>METODOLOGÍA</b>   | <b>15</b> |
| <b>1. ANÁLISIS FINANCIEROS DE INVERSIONES</b>  | <b>17</b> |
| <b>1.1 CRITERIOS TRADICIONALES PARA EL ANÁLISIS DE INVERSIONES</b>   | <b>17</b> |
| 1.1.1 EL PORQUÉ DE LA VALUACIÓN DE LAS EMPRESAS  | 18        |
| 1.1.2 ESTADO DEL ARTE  | 18        |
| 1.1.3 METODOLOGÍAS MÁS USADAS EN LAS DECISIONES DE INVERSIÓN   | 19        |
| 1.1.4 VALOR PRESENTE NETO.   | 21        |
| 1.1.4.1 LA INVERSIÓN INICIAL PREVIA:   | 22        |
| 1.1.4.2 LOS FLUJOS NETOS DE EFECTIVO (FNE)   | 23        |
| 1.1.4.3 LA TASA DE DESCUENTO   | 24        |
| 1.1.5 TASA INTERNA DE RETORNO  | 24        |
| 1.1.6. PERÍODO DE RECUPERACIÓN   | 26        |
| <b>1.2 ANÁLISIS DE RAZONES FINANCIERAS Y DECISIONES FINANCIERAS</b>  | <b>27</b> |
| 1.2.1 INDICADORES DE LIQUIDEZ  | 27        |
| 1.2.2 INDICADORES DE UTILIZACIÓN DE ACTIVOS.   | 28        |
| 1.2.3. INDICADORES RELACIONADOS CON UTILIZACIÓN DE PASIVOS   | 28        |
| 1.2.4 INDICADORES DE RENTABILIDAD.   | 28        |
| <b>2. TEORÍA DE OPCIONES FINANCIERAS</b>   | <b>32</b> |
| <b>2.1 ANTECEDENTES A LA METODOLOGÍA DE OPCIONES REALES.</b>   | <b>32</b> |
| <b>2.2 CONCEPTOS BÁSICOS DE VALUACION DE OPCIONES</b>  | <b>33</b> |
| 2.2.1 DEFINICIONES   | 33        |
| 2.1.1.1 TIPOS DE OPCIONES EN BASE AL DERECHO ADQUIRIDO   | 34        |
| 2.1.1.2 LA PRIMA Y PARÁMETROS DE VALORACIÓN DE UNA OPCIÓN FINANCIERA   | 34        |
| 2.2.2 VALOR DE UNA OPCIÓN DE ACUERDO AL RESULTADO DIFERENCIAL DEL EJERCICIO DEL PRECIO SUBYACENTE Y PRECIO DEL EJERCICIO | 36        |
| 2.2.3 POSICIONES Y PERFILES DE RIESGO-RENDIMIENTO EN LAS OPCIONES  | 38        |



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

|   |            |
|---|------------|
| <b>2.3 OPCIONES AMERICANAS Y EUROPEAS.</b>  | <b>43</b>  |
| <b>2.4 VALUACIÓN DE OPCIONES</b>  | <b>44</b>  |
| 2.4.1 MODELO TEÓRICO DE BLACK-SCHOLES   | 45         |
| 2.4.2 MODELO BINOMIAL   | 55         |
| 2.4.3 MÉTODO TRINOMIAL  | 66         |
| 2.4.4 MÉTODO SIMULACIÓN POR MONTE CARLO   | 78         |
| <br>  |            |
| <b>3. METODOLOGÍA DE LAS OPCIONES REALES</b>  | <b>85</b>  |
| <br>  |            |
| <b>3.1 LA INTRODUCCIÓN DE LA FLEXIBILIDAD</b>   | <b>86</b>  |
| <b>3.2 LIMITACIONES DEL VALOR PRESENTE NETO</b>   | <b>87</b>  |
| <b>3.3 LA IMPORTANCIA DE LA FLEXIBILIDAD</b>  | <b>88</b>  |
| <b>3.4 ESTRUCTURA DE LA FLEXIBILIDAD ADMINISTRATIVA</b>   | <b>89</b>  |
| <b>3.5 VALUACIÓN FINANCIERA</b>   | <b>90</b>  |
| <b>3.6 LAS OPCIONES REALES COMO UNA EXTENSIÓN DE LAS OPCIONES FINANCIERAS</b>                             | <b>91</b>  |
| <b>3.7 DEFINICIÓN DE LAS OPCIONES REALES</b>  | <b>91</b>  |
| <b>3.8 MÉTODO DE VALUACIÓN (VALOR PRESENTE NETO EXTENDIDO)</b>  | <b>92</b>  |
| <b>3.9 ANALOGÍA ENTRE LAS OPCIONES FINANCIERAS Y OPCIONES REALES Y LA CARACTERÍSTICA DE SUS VARIABLES</b> | <b>92</b>  |
| <b>3.10 TIPOS DE OPCIONES REALES DE ACUERDO CON SU FLEXIBILIDAD ADMINISTRATIVA</b>                        | <b>96</b>  |
| 3.10.1 OPCIONES REALES ESTRATÉGICAS   | 97         |
| 3.10.2 OPCIONES REALES OPERATIVAS   | 98         |
| 3.10.3 OPCIONES REALES DE FINANCIAMIENTO  | 98         |
| <br>  |            |
| <b>4. APLICACIÓN DE LAS OPCIONES REALES EN JAVER Y VIVEICA</b>  | <b>109</b> |
| <br>  |            |
| <b>4.1 EMPRESA FUSIONANTE</b>   | <b>109</b> |
| 4.1.1 ANTECEDENTES  | 109        |
| 4.1.2 RESULTADOS FINANCIEROS DE GRUPO JAVER   | 111        |
| <b>4.2 EMPRESA FUSIONADA: ICA CON SU SUBSIDIARIA VIVEICA</b>  | <b>112</b> |
| 4.2.1 ANTECEDENTES  | 112        |
| 4.2.2 RESULTADOS FINANCIEROS  | 117        |
| <b>4.3 ACUERDOS DE FUSION</b>   | <b>120</b> |



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

|   |            |
|---|------------|
| <b>4.4 POSICIONAMIENTO DE LAS EMPRESAS DE DESARROLLO DE VIVIENDAS EN MEXICO</b> | <b>121</b> |
| <b>4.5 APLICACIÓN DE LAS OPCIONES REALES</b>                                    | <b>123</b> |
| 4.5.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA  | 123        |
| 4.5.2 VALORACION A TRAVÉS DE OPCIONES REALES                                    | 123        |
| 4.5.3 ACTIVO SUBYACENTE   | 126        |
| 4.5.4 PRECIO DE EJERCICIO   | 127        |
| 4.5.5 TASA DE DESCUENTO EN LOS FLUJOS   | 127        |
| 4.5.6 VALOR PRESENTE NETO CONVENCIONAL  | 129        |
| 4.5.7 VALUACIÓN CON OPCIONES REALES   | 129        |
| 4.5.8 CONSTRUCCION DEL METODO BINOMIAL  | 130        |
| 4.5.9 PROCEDIMIENTO PARA EL VALOR DE OPCIÓN DE COMPRA                           | 130        |
| 4.5.9.1 MODELO DEL ÁRBOL BINOMIAL DE LA ADQUISICIÓN DE VIVEICA                  | 131        |
| 4.5.9.2 VALORES DE LA OPCIÓN DE COMPRA Y SUS RESULTADOS                         | 133        |
| 4.5.10 VALUACIÓN DE LA OPCIÓN DE CRECIMIENTO                                    | 135        |
| 4.5.10.1 OPCIÓN DE CRECIMIENTO CON BASE EN LOS FLUJOS DE EFECTIVO               | 137        |
| 4.5.10.2 EL ÁRBOL BINOMIAL CON CRECIMIENTO                                      | 138        |
| 4.5.10.3 RESULTADOS DE LA OPCIÓN DE CRECIMIENTO                                 | 138        |
| <b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>  | <b>142</b> |
| <b>5.1 APORTES DE INVESTIGACIÓN</b>   | <b>145</b> |
| <b>5.2 TRABAJOS FUTUROS QUE SE DESPRENDEN DE ESTA TESIS</b>                     | <b>145</b> |
| <b>5.3 APÉNDICE</b>   | <b>146</b> |
| APÉNDICE A MODELO DE CAPM,  | 146        |
| APÉNDICE B VALORACIÓN DE EMPRESAS   | 158        |
| APÉNDICE C ARTÍCULOS RELACIONADAS DE LA FUSIÓN JAVER Y VIVEICA                  | 167        |
| APÉNDICE D TABLA DISTRIBUCIÓN NORMAL  | 177        |
| <b>5.3 BIBLIOGRAFÍA</b>   | <b>178</b> |



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

# ÍNDICE DE TABLAS, GRÁFICOS E ILUSTRACIONES

## Tablas

|   |     |
|---|-----|
| TABLA 1. FRECUENCIA DE UTILIZACIÓN POR PARTE DE LAS EMPRESAS QUE UTILIZAN DIVERSOS TIPOS DE VALUACIÓN EN PROYECTOS DE INVERSIÓN _____ | 20  |
| TABLA 2. RECOMENDACIONES PARA EL INVERSOR SOBRE EVOLUCIÓN DEL ACTIVO SUBYACENTE _____   | 43  |
| TABLA 3. VARIABLES DE ENTRADA BLACK-SCHOLES _____   | 53  |
| TABLA 4. PARÁMETROS DE SALIDA BLACK-SCHOLES _____   | 54  |
| TABLA 5. PARÁMETROS DE ENTRADA MÉTODO BINOMIAL 2 PERIODOS _____   | 61  |
| TABLA 6. VARIABLES DE SALIDA MÉTODO BINOMIAL EXCEL _____  | 61  |
| TABLA 7. VARIABLES DE SALIDA PARA N=2,3 Y 6 PERIODOS _____  | 62  |
| TABLA 8. VARIABLES DE SALIDA ÁRBOL TRINOMIAL _____  | 73  |
| TABLA 9. ERROR RELATIVO EN LOS DIVERSOS ÁRBOLES TRINOMIAL VARIANDO LAMBDA _____   | 76  |
| TABLA 10. VALOR DE CALL FIJANDO LAMBDA _____  | 77  |
| TABLA 11. VARIABLES DE ENTRADA MÉTODO MONTECARLO _____  | 79  |
| TABLA 12. SIMULACIÓN DE MÉTODO MONTECARLO EN EXCEL _____  | 80  |
| TABLA 13. ERROR RELATIVO MÉTODOS ANALIZADOS _____   | 82  |
| TABLA 14. UAFIDA GRUPO JAVER EN (MDP). _____  | 111 |
| TABLA 15. UAFIDA EN MDP DE GRUPO ICA _____  | 117 |
| TABLA 16. FLUJOS DE EFECTIVO (UAFIDA) GRUPO ICA _____   | 118 |
| TABLA 17. POSICIONAMIENTO DE EMPRESAS DESARROLLADORAS DE VIVIENDA, VENTAS NETAS DURANTE 2011 _____                                    | 122 |
| TABLA 18. POSICIONAMIENTO DE EMPRESAS DESARROLLADORAS DE VIVIENDA, VENTAS NETAS DURANTE 2012 _____                                    | 122 |
| TABLA 19. POSICIONAMIENTOS POR CRÉDITOS OTORGADOS INFONAVIT 2011 _____  | 123 |
| TABLA 20. INTEGRACIONES DE LAS SUBSIDIARIAS DEL CONSORCIO ICA 2011 _____  | 125 |
| TABLA 21. UAFIDA Y PROPORCIÓN DE INGRESO CONSOLIDADO 2011 _____   | 125 |
| TABLA 22. VALOR DE LA EMPRESA VIVEICA 2012 _____  | 126 |
| TABLA 23. VALOR CONTABLE ICA _____  | 127 |
| TABLA 24. VALOR PRESENTE NETO _____   | 129 |
| TABLA 25. COMPARATIVA ENTRE OPCIÓN DE COMPRA Y PARÁMETRO DE PROYECTO DE FUSIÓN _____  | 130 |
| TABLA 26. CÁLCULOS PARA PARÁMETROS DE METODOLOGÍA CCR. _____  | 131 |
| TABLA 27. DATOS Y PARÁMETROS DE CÁLCULO PARA OPCIÓN DE ADQUISICIÓN _____  | 131 |
| TABLA 28. VALOR PRESENTE NETO EXTENDIDO (OPCIÓN DE CRECIMIENTO) _____   | 136 |
| TABLA 29. POSICIONAMIENTO DE FUSIÓN ENTRE JAVER Y VIVEICA TRAS FUSIÓN _____   | 142 |
| TABLA 30. COTIZACIONES DE LAS ACCIONES 2012 EN MXN. _____   | 149 |
| TABLA 31. MÉTODOS DE VALORACIÓN DE EMPRESAS _____   | 158 |
| TABLA 32. FLUJOS DE EFECTIVO PROYECTADOS _____  | 159 |
| TABLA 33. TASA DE INTERÉS CETES ANUAL _____   | 161 |
| TABLA 34. TASA DE INTERÉS CETES POR TRIMESTRE _____   | 162 |



## Gráficos

|  |     |
|--|-----|
| GRÁFICA 1 . VALOR INTRÍNSECO Y VALOR TIEMPO _____  | 37  |
| GRÁFICA 2. PERFILES RIESGO RENDIMIENTO DE UNA OPCIÓN DE COMPRA EUROPEA _____             | 39  |
| GRÁFICA 3. PERFILES RIESGO RENDIMIENTO DEL POSEEDOR DE UNA OPCIÓN EUROPEA _____          | 40  |
| GRÁFICA 4. PERFIL DE RIESGO-RENDIMIENTO DEL EMISOR DE UNA OPCIÓN DE COMPRA EUROPEA _____ | 41  |
| GRÁFICA 5. PERFIL DE RIESGO RENDIMIENTO DEL EMISOR DE UNA OPCIÓN DE VENTA EUROPEA _____  | 42  |
| GRÁFICA 6. COMPARATIVA ENTRE MÉTODO BLACK-SCHOLES Y MÉTODO BINOMIAL _____                | 65  |
| GRÁFICA 7. MÉTODO TRINOMIAL VS BLACK SCHOLES _____                                       | 77  |
| GRÁFICA 8. COMPARATIVO DE MODELOS _____  | 82  |
| GRÁFICA 9. UAFIDA GRUPO JAVER 2008-2012 _____  | 112 |
| GRÁFICA 10. DESARROLLOS DE VIVEICA EN MÉXICO (ZONA DE EXPANSIÓN PARA GRUPO JAVER) _____  | 114 |
| GRÁFICA 11. FLUJOS DE EFECTIVO (UAFIDA) GRUPO ICA _____                                  | 118 |
| GRÁFICA 12. UAFIDA DE SUBSIDIARIA VIVEICA _____  | 119 |
| GRÁFICA 13. COMPORTAMIENTO DE LAS ACCIONES DE ICA, 2005-2012 _____                       | 119 |
| GRÁFICA 14. EVOLUCIÓN DEL ACTIVO SUBYACENTE. _____                                       | 137 |
| GRÁFICA 15. ÁRBOL DE CRECIMIENTO _____   | 138 |
| GRÁFICA 16. FLUJOS DE EFECTIVOS HISTÓRICOS Y PROYECCIÓN DE FLUJOS FUTUROS _____          | 160 |

## Ilustraciones

|  |    |
|--|----|
| ILUSTRACIÓN 1. FLUJO DE DINERO PARA EL POSEEDOR DE UNA OPCIÓN AL EJERCERLA _____ | 38 |
| ILUSTRACIÓN 2. METODOLOGÍAS PARA DETERMINAR EL VALOR DE UNA OPCIÓN _____         | 45 |
| ILUSTRACIÓN 3. MÉTODO BLACK-SCHOLES EN MATLAB _____                              | 54 |
| ILUSTRACIÓN 4. ÁRBOL BINOMIAL 2 PERIODOS ACTIVO SUBYACENTE _____                 | 57 |
| ILUSTRACIÓN 5. EVOLUCIÓN DE ÁRBOL BINOMIAL DE 4 PERIODOS _____                   | 60 |
| ILUSTRACIÓN 6. FORMULACIÓN MÉTODO BINOMIAL 2 PERIODOS _____                      | 61 |
| ILUSTRACIÓN 7. EVOLUCIÓN ACTIVO SUBYACENTE MÉTODO BINOMIAL _____                 | 62 |
| ILUSTRACIÓN 8. MODELACIÓN VALOR DE LA OPCIÓN ,2 PERIODOS _____                   | 63 |
| ILUSTRACIÓN 9. FUNCIÓN DE PAGO MÉTODO BINOMIAL _____                             | 63 |
| ILUSTRACIÓN 10. ÁRBOL BINOMIAL 3 PERIODOS _____                                  | 64 |
| ILUSTRACIÓN 11. ÁRBOL BINOMIAL PARA 6 PERIODOS _____                             | 64 |
| ILUSTRACIÓN 12. ERROR RELATIVO ENTRE LOS MÉTODOS _____                           | 65 |
| ILUSTRACIÓN 13. MÉTODO ÁRBOL BINOMIAL EN MATLAB _____                            | 66 |
| ILUSTRACIÓN 14. EVOLUCIÓN DE UN ÁRBOL TRINOMIAL _____                            | 67 |
| ILUSTRACIÓN 15. EVOLUCIÓN ACTIVO SUBYACENTE TRINOMIAL _____                      | 67 |
| ILUSTRACIÓN 16. FUNCIÓN DE PAGO EN ÁRBOL TRINOMIAL _____                         | 68 |
| ILUSTRACIÓN 17. EVOLUCIÓN DE ACTIVO SUBYACENTE N=2 _____                         | 69 |
| ILUSTRACIÓN 18. FUNCIÓN DE PAGO ÁRBOL TRINOMIAL _____                            | 69 |
| ILUSTRACIÓN 19. ÁRBOL TRINOMIAL CON 2 PERIODOS EJEMPLO _____                     | 71 |
| ILUSTRACIÓN 20. EVOLUCIÓN DE ACTIVO SUBYACENTE EN N=1 _____                      | 71 |



## Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

|   |     |
|---|-----|
| ILUSTRACIÓN 21. EVOLUCIÓN DE ACTIVO SUBYACENTE EN N=2                       | 72  |
| ILUSTRACIÓN 22. FUNCIÓN DE PAGO EN N=2                                      | 72  |
| ILUSTRACIÓN 23. ÁRBOL TRINOMIAL N=2   | 74  |
| ILUSTRACIÓN 24. ÁRBOL TRINOMIAL N=3   | 75  |
| ILUSTRACIÓN 25. ÁRBOL TRINOMIAL N=6   | 75  |
| ILUSTRACIÓN 26. MÉTODO MATLAB MONTECARLO                                    | 81  |
| ILUSTRACIÓN 27. EL VALOR DE LA FLEXIBILIDAD OPERATIVA                       | 88  |
| ILUSTRACIÓN 28. OPCIÓN FINANCIERA VS. OPCIONES REALES                       | 94  |
| ILUSTRACIÓN 29. OPCIONES Y EJEMPLOS   | 96  |
| ILUSTRACIÓN 30. MAPA DE LOS ESTADOS DONDE TIENE PARTICIPACIÓN GRUPO JAVER   | 111 |
| ILUSTRACIÓN 31. MAPA ESTRATEGIA ICA   | 115 |
| ILUSTRACIÓN 32. SUBSIDIARIAS DE ICA   | 116 |
| ILUSTRACIÓN 33. EXPANSIÓN DE MERCADO QUE OBTENDRÍA GRUPO JAVER EN LA FUSIÓN | 124 |
| ILUSTRACIÓN 34. EVOLUCIÓN DEL ÁRBOL BINOMIAL DE LA OPCIÓN DE COMPRA         | 132 |
| ILUSTRACIÓN 35. VALOR PRESENTE NETO EXTENDIDO.                              | 134 |
| ILUSTRACIÓN 36. RESULTADO DE OPCIÓN DE CRECIMIENTO                          | 138 |



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

## **INTRODUCCIÓN**

Dentro de la dinámica actual de cambios que existen en las economías emergentes como la mexicana, las empresas e individuos deben adaptarse a los nuevos retos y oportunidades existentes, lo cual depende de una correcta toma de decisión. Para alcanzar estas metas se debe minimizar la incertidumbre; dentro de este contexto las empresas deben optar por seleccionar la mejor alternativa ante estos cambios, es preciso utilizar herramientas idóneas que mejoren las inversiones como lo es el uso de las opciones reales; el éxito y consiguiente sobrevivencia de las empresas está relacionado con la correcta toma de decisiones y así se sobreponen cambios inesperados comúnmente relacionados con la globalización.

Los accionistas y alta dirección de las diversas empresas buscan mejorar sus flujos de efectivo así como obtener grandes beneficios minimizando los desperdicios que están asociados al giro de cada empresa, involucrando costos, mano de obra cara, fuga de intelecto etc.

Es por esta razón que las empresas buscan nuevas estrategias que les permitan sobrevivir y desarrollar sus capacidades. Actualmente las estrategias que han tenido un gran éxito por mencionar algunas son: expansiones, reducciones, uso de tecnologías informáticas, compra de tecnología de punta, compra de empresas y alianzas estratégicas, entre las más destacables de los últimos tiempos. Estas estrategias que se han aprobado y validado son razón suficiente para que los accionistas tengan priorizado su objetivo principal, agregar valor, obtener beneficios cuantificables y cualificables.

## **PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA**

México enfrenta grandes cambios en el mundo globalizado del presente los cuales pueden ser favorables o desfavorables. Adicionalmente México enfrenta más y complejos retos. Es preciso conocer y controlar sus niveles de riesgo. El cambio constante que existe actualmente en las variables económicas se puede asociar al crecimiento y desarrollo de naciones, y a la actual competencia entre los individuos que conformamos una sociedad y las naciones. Tales cambios pueden ser tan radicales que una metodología, un proceso, o algún criterio que se considera válido en cierto periodo de aplicación, dejen de serlo de un momento a otro, debido a estos innumerables variables. De manera que para ajustarse a estas variables en una economía como la que tiene México, se puede hacer uso de herramientas o metodologías que son aplicables dentro de un marco temporal y hacer justificadamente el uso de éstas.



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

La globalización económica y financiera ha conllevado a una gran incertidumbre sobre los riesgos que pueden tener las naciones como la nuestra y el riesgo se ve reflejado por situaciones exógenas debido a la globalización y endógenas a los cambios políticos y sociales a los que se enfrenta México, es por esto que la toma de decisiones de las empresas mexicanas deben tener un mejor aprovechamiento de sus recursos tangibles e intangibles, para que exista una mayor competitividad interna y externa.

Es evidente que la situación económica en los Estados Unidos es complicada y que tal situación está afectando al mundo entero y particularmente a México. Se trata de una situación que tendrá efectos, sobre todo, diferenciados, provocando efectos negativos moderados para los grupos de mayores ingresos y profundos entre los estratos sociales con menor poder económico.

“México está especialmente expuesto a la situación estadounidense, por diversos factores: en primer lugar por su enorme dependencia comercial, pues más de 80% de las exportaciones mexicanas se dirigen a sus vecinos del norte. Adicionalmente, México es inmensamente dependiente de los flujos de inversión directa y de portafolio, de las maquiladoras y de las remesas de trabajadores provenientes de los Estados Unidos.

En tercer lugar, se depende sustancialmente de los bienes de capital y de la tecnología norteamericana, ya que cerca de 40% de las empresas más importantes de México son de capital norteamericano. Los Estados Unidos también representan una gran válvula de escape de la población ante la insuficiencia de empleos en México. Asimismo, gran parte del consumo de productos básicos (maíz, trigo, arroz), se satisface con importaciones provenientes de los Estados Unidos.”<sup>1</sup>

Por último, las reservas del Banco de México se encuentran totalmente nominadas en dólares americanos y, por lo tanto, el manejo de las políticas monetarias y crediticias (manejo de circulante y de tasas de interés) es dependiente a los mercados norteamericanos.

Todos estos factores que han sido mencionados reflejan los hechos y cambios que se tienen que tomar en cuenta para que las empresas mexicanas. Aunque las empresas mencionadas son de carácter nacional, su posicionamiento se debe a gran medida de lo que sucede en territorio nacional, pero sin dejar a un lado los acontecimientos actuales internacionales, ya que la dependencia que tiene México con Estados Unidos está tan vinculada, que un riesgo

---

<sup>1</sup> Declaraciones por el Analista Luis Ignacio Román, Departamento de Economía, Administración Y mercadología, ITESO.



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

como el que tiene actualmente Estados Unidos puede desencadenar en más y numerosos problemas en México.

Esta situación está fundamentada por el Fondo Monetario Internacional como **dolores de crecimiento**:

*“Según las proyecciones, el crecimiento mundial continuará siendo moderado y se ubicará ligeramente por encima de 3% en 2013, igual que en 2012. Esa cifra es inferior a la pronosticada en la edición de abril de 2013 de Perspectivas de la economía mundial (informe WEO<sup>2</sup>, por sus siglas en inglés), en gran medida debido al considerable debilitamiento de la demanda interna y al enfriamiento del crecimiento en varias economías de mercados emergentes de importancia crítica, así como al prolongamiento de la recesión de la zona del euro. Continúan predominando los riesgos a la baja para las perspectivas de crecimiento mundial: aunque persisten viejos riesgos, han surgido riesgos nuevos, incluida la posibilidad de que continúe la desaceleración del crecimiento en las economías de mercados emergentes, especialmente en vista de los riesgos de disminución del crecimiento potencial, contracción del crédito y, posiblemente, endurecimiento de las condiciones financieras si el repliegue previsto de la política monetaria de estímulo de Estados Unidos produce un cambio sostenido de la dirección de los flujos de capitales. Para fortalecer el crecimiento mundial se requerirán medidas de política adicionales. Concretamente, las grandes economías avanzadas deberían mantener una combinación de políticas macroeconómicas de apoyo, aunada a planes creíbles para lograr la sostenibilidad de la deuda a mediano plazo y reformas encaminadas a restablecer los balances y los canales de crédito. Muchas economías de mercados emergentes y en desarrollo enfrentan una disyuntiva entre aplicar políticas macroeconómicas destinadas a apuntalar la débil actividad o políticas destinadas a contener las salidas de capital. Las reformas macroprudenciales y estructurales pueden contribuir a descomprimir esa situación.”*

En cuanto a estancamiento de crecimiento se deben de realizar tomas de decisiones objetivas y concretas. Para mejorar esta postura ante las amenazas de crecimiento, las empresas deben de tomar medidas de operación y estrategias que les permitan superar estos obstáculos.

El crecimiento de los negocios requiere que se asuma constantemente el riesgo de tomar decisiones estratégicas bajo un ambiente incierto; esto es, manejar proactivamente las

---

<sup>2</sup> WEO: *World Economic Outlook* que es publicado por el Fondo Internacional Monetario.



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

inversiones ajustando y cambiando subsecuentemente los planes como respuesta a las condiciones del mercado.

Una medida que se puede implementar para tener mayor competitividad ante la constante amenaza y riesgo al cambio, es la consideración del uso de las opciones reales, ya que éstas generan una potencial ganancia en el valor de las empresas.

Tal puede ser el estudio de caso que se presenta ante las empresas ICA y JAVER, donde se planteó una adquisición de acciones por parte de ICA, donde se otorgarían el 23% de las acciones a JAVER a cambio de 20 desarrollos que pertenecían a ICA con su subsidiaria ViveICA. Y que por diferencias en el acuerdo pactado a celebrar el mes de diciembre del 2012, no se llevaron a cabo. Este estudio está íntimamente relacionado a seguir con la opción de compra para comprobar que dicha adquisición generaría valor a la empresa Javer bajo un análisis cuantitativo y una metodología en el trabajo presente.

## **OBJETIVO**

El objetivo primordial de esta tesis es el uso de la metodología de opciones reales para la valoración de una fusión de las empresas desarrolladoras de vivienda.

Se pretende comprobar mediante un análisis de factibilidad que la compra de ViveICA por parte de la empresa constructora Javer es benéfica para ambas empresas, el problema será tratado como una opción de compra de expansión estratégicamente.

Por medio de esta fusión ViveICA y Javer pretenden colocarse como el segundo desarrollador de vivienda del sistema del Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT). Se empleará el método binomial de acuerdo con la teoría de opciones reales, para determinar el valor de la opción de compra de la fusión y se justificará si esta alianza agrega valor a dichas empresas o no, valuando su crecimiento e identificando si estas acciones generan valor.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Dentro de los objetivos específicos de esta tesis podemos resumir:

- Presentar las metodologías financieras así como los indicadores financieros que se han utilizado tradicionalmente para el análisis de inversión y el porqué de la



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

valuación de las empresas para una justificada toma de decisión en proyectos de inversión.

- Mostrar la teoría de las opciones financieras, tal como su definición, conceptos básicos, importancia dentro del contexto de valuación financiera con base al derecho adquirido, se identificará sus parámetros de valoración, se mencionará las posiciones y perfiles de riesgo-rendimiento en las opciones, se mencionará las opciones americanas, europeas y se desarrollará los métodos de valuación de opciones como: Black-Scholes, Binomial, Trinomial y simulación por Monte Carlo.
- Hacer una introducción sobre la flexibilidad administrativa y las limitaciones que se tiene en el uso de la valuación estática, se mencionará la estructura de la flexibilidad administrativa, se detallará sobre las opciones reales como una extensión de las opciones financieras y su comparativa entre ambas, se definirá la metodología de las opciones reales así como su método de valuación en la administración.
- Valuar lo opción de la fusión con la aplicación de las opciones reales entre las empresas Javer y ViveICA, conociendo sus antecedentes e importancia de cada una así como un análisis de estados de resultados en los periodos correspondientes, se realizará el planteamiento del problema de acuerdo con los noticias financieras e información estipulada por las empresas en su portales de información para la celebración de la fusión, con lo cual se obtendrán los parámetros usados en la metodología de las Opciones Reales, se valura la opción de compra y de crecimiento por el método Binomial y se mostrará los resultados de ambas opciones.

## HIPÓTESIS

La valuación de la adquisición de empresas por medio de las opciones reales, bajo determinadas condiciones, proporcionará un mejor criterio para determinar si éstas generarán valor o no.

De esta manera, bajo la hipótesis general planteada, se esperaría que la fusión entre las empresas ViveICA y Javer, sea una buena estrategia para colocarse como la segunda desarrolladora de vivienda del sistema del Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT) dadas las condiciones de mercado. Por lo anterior, se deberán comparar también estos valores contra las demás desarrolladoras de vivienda en México a fin de valorar su colocación.



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

## **METODOLOGÍA**

Este trabajo tratará sobre la opción de dar valor a dichas empresas analizadas, tras su potencial fusión que se proyectaba, para el desarrollo de la metodología se hizo la obtención de los estados financieros de ambas empresas por periodos trimestrales desde el año 2008-2013, para comparar su comportamiento y realizar un análisis en cuanto al estado actual de ambas empresas, compararlas y obtener el valor de las empresa bajo el supuesto de negociar el contrato.

Se obtendrá el valor de ambas empresas en el periodo en el que se pretendía realizar la posible compra, se valúa la opción mediante el uso del método binomial y posteriormente se valúa la opción de expansión mediante la adquisición de dichas acciones por parte de Javer bajo un horizonte de planeación.

En el primer capítulo se trata a la información financiera para hacer uso de proyectos de inversión como parte fundamental de una evaluación a fin para brindar apoyo para la toma de decisiones.

En el capítulo segundo se habla sobre las diversas herramientas que son utilizadas para la valuación de las opciones financieras.

En el capítulo tercero se explica concretamente sobre el desarrollo de las opciones reales profundizando en su descripción, sus ventajas y el uso de ellas en la valuación de empresas.

En el capítulo cuarto se aplica el caso práctico; valuación de opciones reales en la fusión de las empresas mexicanas ICA y JAVER.

En el capítulo quinto se concluye sobre el uso de la metodología “opciones reales” en las empresas ICA y JAVER, y se explica una justificada decisión sobre la opción de adquirir, posponer o rechazar dichas hipótesis.



# *Capítulo 1*

## *Análisis Financieros de*

### *Inversiones*



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

# 1. ANÁLISIS FINANCIEROS DE INVERSIONES

## 1.1 CRITERIOS TRADICIONALES PARA EL ANÁLISIS DE INVERSIONES

Este capítulo permite comprender desde un punto de vista técnico y matemático todos los conceptos y herramientas que las empresas privadas y el sector público utilizan para tener un criterio ante las alternativas en las tomas de decisiones y minimizar la incertidumbre asociada. Se mencionarán las ventajas y desventajas de cada una de ellas; se concluye que a pesar de que el valor presente neto y la tasa interna de retorno siguen siendo de las técnicas de mayor uso por los tomadores de decisiones, es importante considerar nuevas metodologías como las opciones reales que, en términos de estrategias empresariales, permitan medir el impacto de la flexibilidad que muchos proyectos de inversión presentan. Las empresas e inversionistas requieren comprometer el uso de recursos por un tiempo con la esperanza de obtener ganancias. Una inversión de capital es el proceso de invertir recursos cuyos resultados se tendrán por más de un año o ciclo de operación.

El hecho de realizar una inversión requiere de un análisis sobre qué tan rentable se espera que sea la misma, este aspecto es de gran importancia en las organizaciones, pues éstas buscaran activos cuyo rendimiento esperado sea mayor a su costo, obteniendo de ésta manera ganancias que les permitan potencializar su crecimiento.

En la determinación de la rentabilidad de una inversión es importante considerar los siguientes aspectos:

**Insumos.** Determinación de los flujos de efectivo que se espera genere la inversión, en este punto es importante considerar sólo aquellas entradas de efectivo que se derivan directamente del proyecto.

**Evaluación.** Elegir un método de valuación adecuado para determinar la rentabilidad de los recursos a invertir.

Dentro de los métodos más utilizados para valuar la rentabilidad de las inversiones, están los basados en: flujos de efectivo descontados, como son el Valor Presente Neto, la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Índice de Rentabilidad (IR); los basados en el criterio de recuperación, Período de Recuperación (PR) y Período de Recuperación Descontado (PRD) y por último tenemos a los basados en criterios contables, dentro de los cuales encontramos al Rendimiento Contable Promedio (RCP).



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

### **1.1.1 EL PORQUÉ DE LA VALUACIÓN DE LAS EMPRESAS**

En la actualidad las empresas pretenden aplicar diversas estrategias que logren mejorar el posicionamiento del mercado ante los diversos cambios que emergen como al que recae el contexto de la favorable o desventajosa globalización, y que para su sobrevivencia de estas empresas a largo plazo, deben que tener en cuenta sus características financieras las cuales se reflejan en hechos, basado en condiciones que son tomadas por una óptima decisión.

Los accionistas demandan un buen desempeño de la empresa que se refleje en incremento en su valor, altos dividendos y precios crecientes de sus acciones. Los empleados buscan salarios competitivos y otras prestaciones. Los clientes demandan productos y servicios de alta calidad a precios competitivos. Los proveedores y propietarios de los bonos buscan que se les pague cuando sus derechos financieros alcanzan las fechas de vencimiento debidas.

Para satisfacer con las demandas, la alta dirección tiene que generar suficiente flujo de efectivo maximizando la esencia del negocio, de modo que esto se realice eficientemente: implementando varias estrategias como incrementar su competitividad mediante el uso de tecnologías vanguardistas, reducir el tamaño de sus operaciones, disminuir costos y evitar redundancias, penetrar nuevos mercados aplicando estrategias innovadoras de desarrollo de productos y mercadotecnia, al igual que la búsqueda de oportunidades de fusiones y adquisiciones.

En los últimos tiempos se ha tenido un auge particularmente en fusiones, compras de empresas, alianzas estratégicas, expansión de negocios, reestructuras financieras, requerimientos de capital fresco y entre otras operaciones, surgiendo así la necesidad de valorar las empresas.

### **1.1.2 ESTADO DEL ARTE**

La Teoría de la Valoración de Opciones sobre activos financieros se desarrolló de manera espectacular después del seminal trabajo publicado por Fisher Black y Myron Scholes en 1973(Black, Scholes,1973;Merton,1973), a los que hay que añadir las aportaciones de Robert C. Merton y Cox - Ross – Rubinstein(1979), entre otros autores.



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

Por análisis de opciones reales. Se entiende la aplicación de la metodología de las opciones financieras a la gestión de activos reales, esto es, a la valoración de inversiones productivas o empresariales.

Pero dicha metodología no es del todo aplicable en cualquier caso de inversión o quizás solo es aplicable parcialmente en otros casos, por esta razón es que se tienen que ajustar métodos alternativos en la teoría de las opciones reales, qué es una teoría prometedora y que ha ganado terreno ante otras metodologías para valoración.

Todo proyecto de inversión empresarial entraña algún grado de incertidumbre y cierto margen de flexibilidad.

Su aplicación de las opciones reales se ha realizado en tesis diversas que presentan planes, proyectos, actuaciones o inversiones empresariales flexibles. Como por ejemplo: abandonar o vender el proyecto de inversión antes de concluirlo, cambiar su uso o su tecnología o prolongar su vida; la opción de elegir una u otra capacidad de una inversión en planta; la flexibilidad de toda inversión en I + D<sup>3</sup> y la elevada incertidumbre que generalizando afecta a este tipo de inversiones; las múltiples opciones de crecimiento que en determinados momentos se le presentan a una empresa, etcétera.

### 1.1.3 METODOLOGÍAS MÁS USADAS EN LAS DECISIONES DE INVERSIÓN

Los economistas John Graham y Campbell Harvey realizaron en el año 2001 un estudio del uso de las diferentes técnicas y modelos enunciados en la “Teoría Financiera de la Empresa” por parte de 392 directivos de un amplio espectro de empresas norteamericanas sus principales conclusiones son: “las grandes empresas confían firmemente en las técnicas de valor actual y en el modelo de valoración de activos de capital mientras que las empresas pequeñas están relativamente a gusto utilizando el criterio del *Plazo de Recuperación*. Un sorprendente número de compañías utilizan el riesgo de la empresa mejor que el riesgo del proyecto en la valoración de nuevas inversiones. Las empresas están preocupadas acerca de la flexibilidad financiera y de la calificación crediticia cuando emiten deuda, y acerca de la dilución de los beneficios por acción y la apreciación del precio del título cuando emiten acciones. Encontramos algún apoyo a las hipótesis de la estructura del capital de la teoría

---

<sup>3</sup> El termino investigación y desarrollo, abreviado como I+D, según el contexto, a la investigación en ciencias aplicadas o bien en ciencias básicas utilizada en el desarrollo de ingeniería.



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

de la jerarquía de las fuentes de financiación (*pecking-order theory*) y el uso de indicadores de apalancamiento óptimos (*trade-off theory*), pero hay poca evidencia de que los directivos estén preocupados por la sustitución de activos, la información asimétrica, los costes de transacción, los flujos de caja libres o los impuestos personales”. En la tabla 1 se muestran los resultados de la parte de dicho estudio que añade al uso de los modelos de valoración de proyectos de inversión. Como se aprecia el criterio de la *Tasa Interna de Retorno* y el del *Valor Actual Neto* son los más utilizados (si las empresas son grandes ambos son utilizados un 85%, si son pequeñas un 71%); el *Plazo de Recuperación* es prácticamente el siguiente de los métodos más utilizados en especial en las pequeñas empresas donde se utiliza un 68%, sin embargo el *Plazo de Recuperación Descontado* se utiliza casi la mitad de las veces que el anterior. Por otro lado, es interesante destacar que cada vez es mayor el uso que se hace de la metodología de las *Opciones Reales* en la valoración de proyectos. (Graham, J.; Harvey, C. 2001)

Tabla 1. Frecuencia de utilización por parte de las empresas que utilizan diversos tipos de valuación en proyectos de inversión

| Métodos                           | Utilización |
|-----------------------------------|-------------|
| Tasa Interna de Rendimiento(TIR)  | 0.7561      |
| Valor Actual Neto(VAN)            | 0.7493      |
| Tasa de Rendimiento Requerida     | 0.5694      |
| Plazo de Recuperación             | 0.5674      |
| Análisis de Sensibilidad          | 0.5154      |
| Múltiplo de Beneficios            | 0.3892      |
| Plazo de Recuperación Descontados | 0.2945      |
| Opciones Reales (OR)              | 0.2659      |
| Tasa de Rendimiento Contable      | 0.2029      |
| Valor en Riesgo(VAR)              | 0.1366      |
| Índice de Rentabilidad            | 0.1187      |
| Valor Actual Ajustado             | 0.1078      |

Fuente: Graham y Harvey.

Claramente tenemos las diversas metodologías que aunque son justificadas dentro de un marco temporal de tiempo, las metodologías de Opciones Reales va ganando terreno en cuanto a su uso por ser una justificada metodología de valuación.



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

A continuación se presentan métodos de valuación de proyectos, seleccionados por su relevancia y utilidad dentro del mundo de los inversores. Así mismo se hará una comparativa ante las diversas metodologías y se hará hincapié sobre las Opciones Reales y su justificada aplicación en este estudio:

#### 1.1.4 VALOR PRESENTE NETO.

Valor Presente Neto “VPN” también conocido como Valor Actual Neto “VAN” (*net present value*), cuyo acrónimo es VAN (en inglés, NPV), es una metodología que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión. La metodología consiste en descontar al momento actual (es decir, actualizar mediante una tasa) todos los *flujos de caja (cash-flow)* futuros den determinar la equivalencia en el tiempo inicial o punto “cero” de los flujos de efectivo futuros que genera un proyecto y comparar esta equivalencia con el desembolso inicial. Dicha tasa de actualización (k) o de descuento (d) es el resultado del producto entre el coste medio ponderado de capital (CMPC) y la tasa de inflación del periodo. Cuando dicha equivalencia es mayor que el desembolso inicial, entonces, es recomendable que el proyecto sea aceptado.

En las transacciones internacionales es necesario aplicar una tasa de inflación particular, tanto, para las entradas (cobros), como para las de salidas de flujos (pagos). La condición que maximiza el margen de los flujos es que la economía exportadora posea un IPC<sup>4</sup> inferior a la importadora, y viceversa.

La fórmula que nos permite calcular el Valor Actual Neto es:

$$VAN = VPN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+r)^t} \quad (1)$$

$F_t$  : Flujos netos de efectivo en cada periodo t.

$I_0$  : Valor de la inversión inicial previa de proyecto.

---

<sup>4</sup> El IPC es un índice económico en el que se valoran los precios de un conjunto de productos (conocido como «canasta familiar» o «cesta familiar») determinado sobre la base de la encuesta continua de presupuestos familiares (también llamada «encuesta de gastos de los hogares»), que una cantidad de consumidores adquiere de manera regular, y la variación con respecto del precio de cada uno, respecto de una muestra anterior. Mide los cambios en el nivel de precios de una canasta de bienes y servicios de consumo adquiridos por los hogares. Se trata de un porcentaje que puede ser positivo (lo que indica un incremento de los precios) o negativo (que refleja una caída de los precios).



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

$n$  : Es el número de períodos considerado.

$r$ : La tasa de descuento o tasa de interés de oportunidad.

El flujo inicial,  $-I_0$  es justamente la inversión inicial en el proyecto que se plantee. Ahora partiendo de los posibles casos de solución que se tienen para el Valor Presente Neto estos pueden ser:(positivo, cero y negativo), los criterios que guían las decisiones de aceptación o rechazo de proyectos son los siguientes:

- $VPN > 0$  indica que el proyecto es conveniente y que el dinero invertido rinde más de  $r$ .
- $VPN = 0$  indica que el proyecto es indiferente y que el dinero invertido rinde exactamente  $r$ .
- $VPN < 0$  indica que el proyecto no es conveniente y que el dinero invertido rinde menos que  $r$ .

#### 1.1.4.1 LA INVERSIÓN INICIAL PREVIA:

Corresponde al monto o valor del desembolso del proyecto en el momento de contraer la inversión. En este monto se pueden encontrar: El valor de los activos fijos, la inversión diferida y capital de trabajo.

Los activos fijos serán todos aquellos bienes tangibles necesarios para el proceso de transformación de la materia prima (edificios, terrenos, maquinaria, equipos, etc.) o que pueden servir de apoyo al proceso. Estos activos fijos conforman la capacidad de inversión de la cual dependen la capacidad de producción y la capacidad de comercialización.

La inversión diferida es aquella que no entra en el proceso productivo y que es necesaria para poner a punto el proyecto: construcción, instalación y montaje de una planta, la papelería que se requiere en la elaboración del proyecto como tal, los gastos de organización, patentes y documentos legales necesarios para iniciar actividades, son ejemplos de la inversión diferida.

El capital de trabajo es el monto de activos corrientes que se requiere para la operación del proyecto: el efectivo, las cuentas por cobrar, los inventarios se encuentran en este tipo de activos. Cabe recordar que las empresas deben tener niveles de activos corrientes necesarios tanto para realizar sus transacciones normales, como también para tener la posibilidad de especular y prever situaciones futuras impredecibles que atenten en el normal desarrollo de sus operaciones. Los niveles ideales de activos corrientes serán



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

aquellos que permita reducir al máximo posible los costos de oportunidad (costos por exceso + costos por insuficiencia + costos por administración).

Los activos fijos son bienes sujetos al desgaste por el uso o también por el paso del tiempo. La depreciación juega papel importante pues afecta positivamente a los Flujos Netos de Efectivo (FNE) por ser ésta deducible de impuestos lo que origina un ahorro fiscal. Importante recordar que los terrenos no son activos depreciables. Los activos nominales o diferidos por su parte, también afectan al Flujo Neto de Efectivo pues son inversiones susceptibles de amortizar, tarea que se ejecutará con base a las políticas internas de la compañía. Estas amortizaciones producirán un ahorro fiscal muy positivo para determinar el Flujo Neto de Efectivo.

Las inversiones durante la operación:

Son las inversiones en reemplazo de activos, las nuevas inversiones por ampliación e incrementos en capital de trabajo.

#### **1.1.4.2 LOS FLUJOS NETOS DE EFECTIVO (FNE)**

Es importante tener en cuenta la diferencia existente entre el las utilidades contables y el Flujo Neto de Efectivo (FNE). Las primeras es el resultado neto de una empresa tal y como se reporta en el estado de resultados; en otras palabras es la utilidad sobre un capital invertido. El Flujo Neto de Efectivo es la sumatoria entre las utilidades contables con la depreciación y la amortización de activos nominales, partidas que no generan movimiento alguno de efectivo y, que por lo tanto, significa un ahorro por la vía fiscal debido a que son deducibles para propósitos tributarios. Cuanto mayor sea la depreciación y mayor sea la amortización de activos nominales menor será la utilidad antes de impuestos y por consiguiente menor los impuestos a pagar.

El FNE son aquellos flujos de efectivo que el proyecto debe generar después de poner en marcha el proyecto, de ahí la importancia en realizar un pronóstico muy acertado con el fin de evitar errores en la toma de decisiones.

Los Flujos Netos de Efectivo pueden presentarse de diferente forma: FNE Con ahorro de impuestos, FNE para el inversionista y FNE puro. La diferencia entre el FNE con ahorro de impuestos y el FNE para el inversionista radica en que el primero incluye el ahorro tributario de los gastos financieros (intereses). Así mismo este FNE se hace para proyectos que requieren financiación y su evaluación se hará sobre la inversión total. El FNE para el inversionista se utiliza cuando se desea evaluar un proyecto nuevo con deuda inicial que



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

tienda a amortizarse en el tiempo después de pagado el crédito a su propia tasa de descuento.

### **1.1.4.3 LA TASA DE DESCUENTO**

La tasa de descuento es la tasa de rendimiento requerida sobre una inversión. La tasa de descuento refleja la oportunidad perdida de gastar o invertir en el presente por lo que también se le conoce como costo o tasa de oportunidad. Su operación consiste en aplicar en forma contraria el concepto de tasa compuesta. Es decir, si a futuro la tasa de interés compuesto capitaliza el monto de intereses de una inversión presente, la tasa de descuento revierte dicha operación. En otras palabras, esta tasa se encarga de descontar el monto capitalizado de intereses del total de ingresos percibidos en el futuro.

### **1.1.5 TASA INTERNA DE RETORNO**

La Tasa Interna de Retorno o Tasa Interna de Rentabilidad (TIR) de una inversión es el promedio geométrico de los rendimientos futuros esperados de dicha inversión, y que implica por cierto el supuesto de una oportunidad para "reinvertir". En términos simples, diversos autores la conceptualizan como la tasa de descuento con la que el Valor Actual Neto o Valor Presente Neto (VAN o VPN) es igual a cero.

La TIR puede utilizarse como indicador de la rentabilidad de un proyecto: a mayor TIR, mayor rentabilidad; así, se utiliza como uno de los criterios para decidir sobre la aceptación o rechazo de un proyecto de inversión. Para ello, la TIR se compara con una tasa mínima o tasa de corte, el coste de oportunidad de la inversión (si la inversión no tiene riesgo, el coste de oportunidad utilizado para comparar la TIR será la tasa de rentabilidad libre de riesgo). Si la tasa de rendimiento del proyecto - expresada por la TIR- supera la tasa de corte, se acepta la inversión; en caso contrario, se rechaza.

Por la similitud en sus planteamientos, puede afirmarse que la conclusión del análisis que origina el criterio de TIR comparada con la derivada del VPN en la mayoría de los casos será coincidentes (siempre que la TIR presente un valor real).

La diferencia principal que esta técnica tiene con respecto a otros criterios, se encuentra en la tasa de descuento que utiliza. El caso más general de las inversiones, es cuando éstas generan fondos durante varios períodos (principalmente delimitados por años). Cuando se



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

conoce la inversión inicial que los produce, puede obtenerse la tasa de interés que reporta dicha inversión.

Por lo tanto para hallar la TIR de un proyecto de inversión que dura “n” periodos, se debe calcular de la siguiente expresión:

$$VAN = VPN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1 + TIR)^t} \quad (2)$$

$F_t$  : Flujos netos de efectivo en cada periodo t.

$I_0$  : Valor de la inversión inicial previa de proyecto.

$n$  : Es el número de períodos considerado.

$r$ : La tasa de descuento o tasa de interés de oportunidad.

En el caso de inversiones de un solo período el cálculo resulta bastante sencillo, pero si se considera una mayor cantidad de periodos, el cálculo se complica, ya que generalmente se realiza por ensayo y error, aspecto que se puede resolver al hacer uso de una calculadora o computadora programada para ello.

Un error muy común es confundir la TIR con el Costo de Oportunidad del Capital, ya que ambas tasas se utilizan como factores de descuento en el cálculo del VPN, por lo que es importante recalcar que si bien ambas tasas miden la rentabilidad, la TIR va a depender del valor de los flujos del proyecto y del tiempo en que se generen. El costo de oportunidad por su parte, es la rentabilidad que los inversionistas esperan obtener por el proyecto, a cambio de no invertir en otros activos con el mismo nivel de riesgo.

El criterio de aceptación de la TIR es: si la TIR es mayor al costo del capital, los inversionistas se inclinarán por la realización del proyecto, pues generará flujos de efectivo positivos, si fuese menor al costo de capital el proyecto se rechaza, pues los flujos serán negativos disminuyendo con esto el valor de los inversionistas, en el caso que sean tasas iguales el proyecto tendrá un VPN de cero.

Si los flujos de efectivo son convencionales y se analizan proyectos independientes, la TIR y el VAN nos llevan a decisiones idénticas. El problema con la TIR surge cuando existen:

Flujos de efectivo no convencionales. Se tienen flujos no convencionales cuando a lo largo de la vida de un proyecto se tiene más de un cambio de signo en los mismos, lo cual generará múltiples tasas de rendimiento.



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

Inversiones mutuamente excluyentes. Incluso si se tiene sólo una TIR puede surgir otro problema. Cuando se está tomando una decisión de inversión sobre proyectos mutuamente excluyentes, estos no deben clasificarse en base a sus rendimientos, ya que el utilizar la TIR en estos casos puede propiciar confusión, en su lugar es necesario calcular el VPN para evitar realizar una mala elección.

### 1.1.6. PERÍODO DE RECUPERACIÓN

También es llamado período de repago o reembolso. Se define como el lapso en el cual los beneficios derivados de una inversión, medidos en términos de flujos de fondos, recuperan la inversión inicialmente efectuada: Consiste en el número de periodos que se tarda en recuperar la inversión inicial.

$$\frac{f_0}{\sum_{j=1}^t f_j} \geq 1 \quad (3)$$

Dónde:

$f_0$  = Inversión inicial

$f_j$  = Monto anual del flujo de fondos

$t$  = Período de recuperación, para el cual se resuelve la ecuación

En estos flujos no se cuentan las depreciaciones y otros cargos que no implican egresos dentro de los costos, pero sí se consideran los cargos financieros (intereses por ejemplo), mismos que ya se encuentran implícitos en los flujos.

La clasificación de inversiones bajo este criterio, se efectúa sobre la base de la extensión de su período de recuperación. La aceptabilidad de las inversiones, sobre la base de la fijación de ciertos estándares con carácter de máximo.

El criterio del *Payback* o periodo de recuperación de la inversión puede conducir a decisiones erróneas ya que rechaza inversiones con VAN positivo y se decanta por algunas inversiones con VAN negativo. Esto se debe a que este procedimiento pondera de igual manera todos los flujos de caja hasta que se recupera la inversión y los posteriores no los tiene en cuenta.

M.J. Gordon (1959) presentó una fórmula para determinar el plazo de *Payback* que maximiza el VAN de una inversión:

$$\text{Plazo óptimo de Payback} = \left( \frac{1}{r} - \frac{1}{r(1+r)^n} \right) \quad (4)$$

n= años de vida del proyecto.

Algunos inversores utilizan una variante del método del plazo que trata de una alternativa al método de recuperación, descontando los flujos de caja antes de calcular el número de



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

años en los que se recupera la inversión. De esta manera ya no se da la misma importancia a todos los flujos de caja hasta el momento de recuperar la inversión pero se siguen obviando los flujos posteriores. Por supuesto, se trata de una alternativa preferible al método de *Payback simple*, pero puede seguir llevando a decisiones erróneas y continúa dependiendo de un plazo elegido de modo arbitrario.

## 1.2 ANÁLISIS DE RAZONES FINANCIERAS Y DECISIONES FINANCIERAS

El uso de las Razones Financieras obtenidas requiere de una correcta aplicación e interpretación sobre los resultados obtenidos de lo contrario las razones no tienen sentido aplicarlas. Cuando se interpreta los datos de los estados financieros se debe hacer comparaciones entre las partidas relacionadas entre sí, en los mismos estados en una fecha o periodo dados

También los datos de índole financiera y de operación de una compañía deben ser comparados con otras semejantes de otras compañías o con estadísticas que hayan sido preparadas para toda la industria que reciben generalmente el nombre de tasas, tendencias y porcentajes estándares resumen los resultados financieros de un grupo representativo de compañías que forman un cierto tipo de industria, ya que las tasas de las diferentes industrias varían.

Los indicadores financieros más comunes evalúan cuatro aspectos:

### 1.2.1 INDICADORES DE LIQUIDEZ

Razón circulante (prueba del ácido)

$$\frac{\text{Activo Circulante}}{\text{Pasivo Corto Plazo}} = X \text{ veces} \quad (5)$$

Este indicador trata de reflejar la relación entre los recursos financieros de que dispone una empresa en el corto plazo para enfrentar a las obligaciones de pago contraídas en el mismo periodo, lo cual permite determinar si cuenta con los recursos suficientes para cubrir sus compromisos. En cuanto mayor sea el resultado de la razón circulante, existe mayor posibilidad de que los pasivos sean pagados, ya que se cuenta con activos suficientes que pueden convertirse en efectivo cuando así se requiera. Sin embargo, tener una razón circulante muy alta también puede significar la existencia de recursos económicos ociosos.



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

### 1.2.2 INDICADORES DE UTILIZACIÓN DE ACTIVOS.

Rotación de cuentas por cobrar

$$\frac{\text{Ventas}}{\text{Cuentas por cobrar}} = x \text{ veces} \quad (6)$$

Es indiscutible que las cuentas por cobrar se relacionan con las ventas que efectúa una empresa, pues están condicionadas en función del plazo de crédito que se les concede a los clientes. Mientras mayor sea el número de veces que las ventas a crédito representen el de las cuentas por cobrar, es decir, de rotaciones, es mejor, ya que indica que la cobranza es eficiente o que se cuenta con mejores clientes.

Rotación de inventarios

$$\frac{\text{Costo de Venta}}{\text{Inventario}} = X \text{ veces} \quad (7)$$

La rotación de inventarios indica la rapidez con que se compra y se vende la mercancía, por lo tanto el resultado expresó en cuántas veces la inversión en este tipo de activos es vendida durante un periodo.

### 1.2.3. INDICADORES RELACIONADOS CON UTILIZACIÓN DE PASIVOS

Relación de pasivo total a activo total

$$\frac{\text{Pasivo Total}}{\text{Activo Total}} = x \% \quad (8)$$

Este indicador señala la proporción en que el total de recursos existentes en la empresa han sido financiados por acreedores.

### 1.2.4 INDICADORES DE RENTABILIDAD.



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

Los indicadores de rentabilidad tratan de evaluar el monto de utilidades obtenidas con respecto a la inversión que las origina, considerando en su cálculo el capital contable.

a) Margen de utilidad

$$\frac{\text{Utilidad Neta}}{\text{Ventas Netas}} = x\% \quad (9)$$

Este indicador financiero mide el porcentaje de las ventas que logran convertirse en utilidad disponible para los accionistas. La utilidad neta es considerada después de gastos financieros e impuestos.

b) Rendimiento sobre el capital contable

$$\frac{\text{Utilidad Neta}}{\text{Capital Contable}} = x\% \quad (10)$$

Este indicador mide el rendimiento de la inversión neta, es decir, del capital contable. Mediante él se relaciona la utilidad neta que ha generado una organización durante un periodo y se compara con la inversión que corresponde a los accionistas. El rendimiento sobre el capital contable es un indicador fundamental que determina en qué medida una compañía ha generado rendimientos sobre los recursos que los accionistas han confiado a la administración.

Estos indicadores financieros se pueden utilizar para evaluar la situación financiera de cualquier empresa y la de una empresa con otras del mismo tipo de industria o sector. Aunque los indicadores son instrumentos extraordinariamente útiles, no están exentos de limitaciones, por lo cual su aplicación requiere sumo cuidado. Los indicadores se elaboran a partir de datos contables, que a veces están expuestos a diferentes interpretaciones e incluso a manipulaciones.

Una demostración de la forma como pueden integrarse algunos de los indicadores financieros, la constituye el denominado Sistema DuPont. Este sistema correlaciona los indicadores de actividad con los indicadores de rendimiento, para tratar de establecer si el rendimiento de la inversión (Utilidad neta - activo total) proviene primordialmente de la eficiencia en el uso de los recursos para producir ventas o del margen neto de utilidad que tales ventas generan.

El método parte de la descomposición del indicador de rendimiento del activo total, de la siguiente manera:



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

$$\frac{\text{Utilidad Neta}}{\text{Activo Total}} = \left( \frac{\text{Utilidad Neta}}{\text{Ventas}} \right) \times \left( \frac{\text{Ventas}}{\text{Activo Total}} \right) \quad (11)$$

La igualdad se produce cancelando matemáticamente el factor ventas en la parte derecha. Financieramente, esto quiere decir que, dependiendo del tipo de empresa, el rendimiento de la inversión puede originarse principalmente en el margen neto de ventas o en la rotación del activo total.

Los dos indicadores involucrados en el cálculo se pueden descomponer, si se quiere ver con mayor claridad de dónde surgen los aciertos o las deficiencias.

El administrador financiero también debe tener cuidado al juzgar si determinado indicador financiero es “bueno o malo”, y al emitir una opinión sobre una empresa a partir de un conjunto de este tipo de indicadores.

El apego a los indicadores financieros promedio de la industria no establece con seguridad que la empresa funcione normalmente y que tenga una buena administración. A corto plazo se pueden utilizar muchos artilugios para que la posición de una empresa parezca buena en relación con los estándares financieros de la industria. Un buen analista financiero debe reunir información complementaria de las operaciones y la administración de una empresa para comprobar la razonabilidad de los indicadores financieros.



*Capítulo 2*  
*Teoría de Opciones*  
*Financieras*



## 2. TEORÍA DE OPCIONES FINANCIERAS

En este capítulo se revisa de las metodologías predecesoras a las opciones reales; las opciones financieras, según su tipo y características que tiene cada una de ellas, los métodos de valuación existentes más usados como son: Black & Scholes, el método binomial y el método trinomial, también se revisa el tipo de opción de acuerdo a la duración o vigencia del contrato, ya sea una opción americana o una opción europea; dentro de las opciones más comunes que se profundizara en este capítulo, se realiza a detalle sus ventajas y sus desventajas de estos modelos de valuación.

Esta teoría constituye uno de los pilares de la economía financiera contemporánea. Su consolidación se debe a Black y Scholes quienes en 1973 desarrollaron un modelo para valuar opciones europeas para acciones sin pago de dividendos. Este modelo matemático parte de definir los límites de los precios de las opciones de compra europeas y en determinar dentro de estos límites donde se encuentra el precio de la opción.

Las opciones son títulos financieros derivados que por el pago de una prima (precio de la opción) otorga a su comprador el derecho, más no la obligación de comprar o vender un activo subyacente a un determinado precio. Representan un valioso medio con el que cuentan empresas e inversionistas para cubrirse contra el riesgo, además de que constituyen una alternativa para ampliar y diversificar las carteras de inversión.

Para el desarrollo de este capítulo se utilizaron las obras de Bingham/Kiesel (2000), Bjork(1998), Kerman (2002), Kwok (1999), Padilla (2006), Stampfli/Goodman (2001) y Wil-mott/Howison/Dewynne (1999).

### 2.1 ANTECEDENTES A LA METODOLOGÍA DE OPCIONES REALES.

La determinación del precio de las opciones, se realiza en los mercados de acuerdo a su oferta y demanda. Son varios los factores que intervienen en este proceso. Su dinámica depende de las variaciones del precio del activo subyacente en el mercado, así como del tiempo de vigencia o de vida de la opción. De esta forma, el valor de las opciones tiene dos componentes: **valor intrínseco y valor tiempo**. Como en cualquier otro activo financiero, los inversionistas realizan esta valuación en función de los beneficios esperados, es decir, el



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

flujo de fondos esperado. Interviene además la probabilidad de ejercer o no ejercer en el plazo de vigencia de la opción. Este comportamiento de los inversionistas ha sido replicado en varios modelos matemáticos. Los más conocidos son el Modelo de Fischer Black y Myron Scholes (*Option Pricing Model*) (1973), denotado comúnmente como modelo de Black-Scholes, y el Modelo Binomial (*Binomial Option Model*) inicialmente sugerido por William Sharpe (1978) y posteriormente desarrollado por J. C. Cox, S. A. Ross y M. Rubinstein (1979), y por R. Rendleman y B. Barter (1979). Estos modelos constituyen valiosas herramientas para la toma de decisiones. El precio teórico calculado con estos modelos puede ser, por ejemplo, utilizado para determinar si una opción está sobrevaluada o subvaluada en el mercado. También, su importancia radica en que son auxiliares para comprender la sensibilidad de las opciones en los mercados y para desarrollar estrategias de inversión. Así pues, el objetivo de este capítulo es dar un repaso a la teoría de los modelos de Black-Scholes y Binomial.

Es importante señalar que hay otras formas para plantear la valuación de las opciones y por ende la valuación de opciones reales.<sup>5</sup> En los últimos años, para múltiples modalidades de opciones, se utiliza el método Monte Carlo propuesto por P. Boyle (1977). Por ejemplo, este método de valuación es especialmente útil para muchas opciones reales, principalmente las más complejas.

## 2.2 CONCEPTOS BÁSICOS DE VALUACION DE OPCIONES

### 2.2.1 DEFINICIONES

Una opción financiera es un contrato que confiere el derecho por el pago de una prima (precio de la opción), pero no la obligación de comprar o vender un determinado activo subyacente (*underlying asset*), a un precio concreto o precio de ejercicio (*strike price*). Como es un derecho y no una obligación, el poseedor<sup>6</sup> de la opción puede elegir no ejercer el derecho y permitir que la opción expire. Al mismo tiempo en el contrato el emisor<sup>7</sup> tiene la obligación de comprar/vender con respecto a lo pactado del contrato. Pueden ser:

- Opción *put* u opción de venta.
- Opción *call* u opción de compra

Las opciones tienen una característica distintiva con respecto a otros contratos y esta es la unilateralidad que confiere que solo una parte de las dos involucradas tiene el derecho y

---

<sup>5</sup> En la actualidad, existen varios enfoques para el problema de la valuación de opciones, entre los que destacan los provenientes de la programación lineal, redes neuronales, sistemas dinámicos y series de tiempo.

<sup>6</sup> Llámese poseedor, tenedor o comprador de la opción financiera.

<sup>7</sup> Llámese vendedor, emisor u oferente de la opción financiera.



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

no la obligación de que se consuma dicho contrato y que si se cumple este derecho la contraparte tiene la obligación de cumplir con lo pactado en el contrato. En relación a los contratos futuros estos son de carácter bilateral ya que las dos contrapartes emisor y tenedor, están obligadas en comprar o vender el activo subyacente respectivo.

Por lo tanto las opciones se pueden diferenciar por la posición adquirida y por el tipo en base a su ejercicio.

### 2.1.1.1 TIPOS DE OPCIONES EN BASE AL DERECHO ADQUIRIDO

Existen dos tipos de opciones según se adquiera el derecho a comprar o vender el activo subyacente:

- Opción de Compra (*Call Option*): Es aquella que da al poseedor el derecho, pero no la obligación, de comprar un activo subyacente en una fecha designada y a un precio determinado.
- Opción de Venta (*Put Option*): Es aquella que da al tenedor el derecho, pero no la obligación, de vender un activo subyacente en una fecha designada y a un precio determinado.

### 2.1.1.2 LA PRIMA Y PARÁMETROS DE VALORACIÓN DE UNA OPCIÓN FINANCIERA

La Prima o precio de la Opción se forma por la oferta y la demanda en el Mercado. Sin Embargo, la determinación o estimación que el comprador o vendedor de Opciones hacen del precio al que están dispuestos a comprar o vender depende fundamentalmente de una serie de parámetros:

- **El activo o bien subyacente “S”**: Cuanto mayor sea el precio del activo subyacente sobre el que se quiere valorar la opción mayor será el valor de la prima. Lo que si es cierto es que porcentualmente el valor de la prima suele ser muy parecido si se mantienen constantes el resto de los factores.
- **El tiempo de vencimiento “T”**: Periodo transcurrido hasta el vencimiento de una opción, como ocurre en todos los seguros, cuanto mayor sea el plazo que quiera contratar, mayor será el precio de la opción financiera. Por tanto, cuanto más largo sea el vencimiento de la opción financiera, mayor será el precio de la misma.
- **El precio de ejercicio (*strike price*) “K”<sup>8</sup>**: Es un factor importante a la hora de calcular el valor de la Opción (Prima). Para un determinado precio del activo, las Opciones

---

<sup>8</sup> El uso común del parámetro ;precio del ejercicio puede ser “X” o “K” dependiendo el autor



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

Call con Precio de Ejercicio más alto valen menos que las de Precio de Ejercicio más bajo (porque hay menos posibilidades de obtener ganancias); y las Opciones *Put* con Precio de Ejercicio más alto valen más que las de Precio de Ejercicio más bajo, (también porque hay menos posibilidades de obtener ganancias para estas últimas).

- **Volatilidad del activo “ $\sigma$ ”:** La volatilidad de un activo, es una medida de la variabilidad de las cotizaciones de dicho activo, a mayor variabilidad mayor volatilidad. Por lo tanto un activo cuya cotización fuese siempre la misma tendría volatilidad cero. La volatilidad de un activo varía en el tiempo. A pesar de que la volatilidad es el parámetro principal a la hora de negociar Opciones, la mayoría de los clientes finales compran o venden Opciones con base a criterios direccionales (alcistas o bajistas). Considérese que no es recomendable negociar Opciones en base a volatilidad si no se es un profesional con mucha experiencia. La Prima de la Opción será mayor cuanto mayor sea la volatilidad que prevean los participantes en el Mercado. Las Opciones sobre activos cuya volatilidad es alta tendrán una prima mayor que las Opciones con volatilidad baja. Lo anterior es fundamentalmente porque, a mayor volatilidad, mayor probabilidad de que el comprador de Opciones (*Call o Put*) tenga ganancias y por ello el vendedor exigirá un precio mayor.
- **Tasa de interés libre de riesgo:** Una subida de los tipos de interés de mercado hacen que las opciones *call* aumenten su precio y las opciones *put* disminuyan su precio. El efecto del tipo de interés sobre la valoración de opciones es muy limitado frente a otros parámetros.
- **Dividendos (*yield*):** El dividendo afecta al valor del activo, ya que cada vez que se reparte se descuenta del precio de la acción. Como se saben de antemano los dividendos de las diferentes empresas, el valor de los futuros sobre dichos activos ya tienen descontado el valor de los dividendos. Por tanto las opciones *call* tendrán menos precio cuanto mayor sea el dividendo, y las opciones *put* tendrán más precio cuanto más alto sea el dividendo.

El precio que el comprador de una opción (*put o call*) paga al vendedor, a cambio del derecho (comprar/vender el subyacente en las condiciones preestablecidas, respectivamente) derivado del contrato de opción. A cambio de la prima, el vendedor de una opción *put* está obligado a comprar el activo al comprador si éste ejercita su opción. De forma simétrica, el comprador de una *put* tendría derecho (en caso de ejercer la opción) a vender el subyacente en las condiciones estipuladas. En el caso de una opción *call*, el comprador tiene derecho a comprar el subyacente a cambio del pago de una prima, y viceversa para el vendedor del *call*. El vendedor de la opción siempre cobra la prima, con independencia de que se ejerza o no la opción.



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

## 2.2.2 VALOR DE UNA OPCIÓN DE ACUERDO AL RESULTADO DIFERENCIAL DEL EJERCICIO DEL PRECIO SUBYACENTE Y PRECIO DEL EJERCICIO

El **valor intrínseco** de una opción depende solamente del *precio spot del subyacente* y el *precio de ejercicio*. Se define el valor intrínseco de una opción como el valor máximo entre el pago que se obtendría si fuera ejercida inmediatamente y cero. Esto es, si  $S$  denota el precio spot del activo subyacente y  $K$  es el precio de ejercicio (*strike price*), el valor intrínseco de una opción de compra es el Máximo entre  $\{S - K, 0\}$ , y para una opción de venta es el Máximo entre  $\{K - S, 0\}$ .

$$Call = \text{Máx}(S - K, 0) \quad (12)$$

$$Put = \text{Max}(K - S, 0) \quad (13)$$

\*(Siendo  $S$  el precio spot del activo subyacente y  $K$  el precio del ejercicio).

El **valor intrínseco**: Es el valor positivo de la diferencia entre Precio de Liquidación y el Precio de Ejercicio. Si el resultado de la resta es un valor negativo, el valor intrínseco será cero. Es decir el valor intrínseco de una opción de compra es: máximo entre  $\{S-K, 0\}$  y en una opción de venta es el máximo entre  $\{K-S, 0\}$ .

El **valor tiempo**<sup>9</sup> : Es igual al valor de la Prima ( $P$ ) menos el Valor Intrínseco ( $VE=P-VI$ ), por tanto depende del tiempo al vencimiento, la volatilidad del subyacente, la tasa libre de riesgo y la tasa de dividendos. Por su parte, el valor tiempo de una opción es simplemente la estimación que hace el mercado de las probabilidades de mayores beneficios con la opción si el movimiento del precio del activo subyacente es favorable. Lo anterior indica que el valor tiempo tiene un componente eminentemente probabilista, y por lo tanto, en su determinación, tendrá una importancia decisiva la distribución estadística que se asuma para las variaciones futuras del precio del activo subyacente.

Por lo tanto el valor total de una opción financiera tendrá dos componentes como lo hemos señalado el valor intrínseco (*intrinsic value*) y valor tiempo (*time value*), por lo cual una expresión clara de estos componentes es la mostrada en la siguiente formulación y representada en la gráfica 1.

$$\text{Valor total de una opción} = \text{valor intrínseco} + \text{valor tiempo} \quad (14)$$

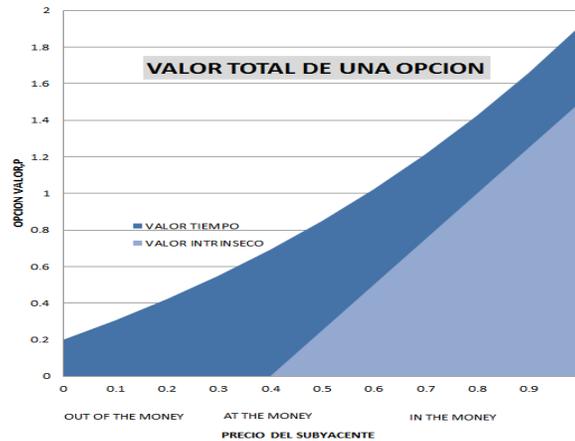
---

<sup>9</sup> Valor tiempo, valor extrínseco o valor temporal, definido de estas diferentes maneras por diversos autores



## Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

Gráfica 1 . Valor intrínseco y valor tiempo



Fuente: Elaboración propia

Este valor intrínseco solo puede ser observable dentro de las opciones que son “*dentro de dinero*” o “*in the money*” y esta ganancia o lucro que el prestador o comprador de la opción es ejecutable en las opciones tipo americanas, siendo que esta beneficio se genera a partir de la diferencia entre el precio del mercado del activo subyacente de la opción y el precio de la opción.

Ejemplo:

|                                  |                 |
|----------------------------------|-----------------|
| Cotización del activo subyacente | 180             |
| precio de ejercicio de la opción | 150             |
| precio de la opción              | 45              |
| valor intrínseco                 | $(180-150)= 30$ |
| valor temporal                   | $(45-30)= 15$   |

Por lo tanto una opción tiene valor intrínseco cuando en un **call** el precio de ejercicio es menor al del activo subyacente y un **put** el precio del ejercicio fue mayor que el precio del activo subyacente. Bajo estas consideraciones una opción en “*at the money*” su valor intrínseco es “cero” y cuando es “*out the money*” su valor intrínseco es negativo.

En función del valor intrínseco y la relación existente entre el precio del Activo subyacente **S** (precio de la Acción en el mercado) y precio del ejercicio **K** (precio fijado), las opciones se pueden clasificar en tres categorías (ver ilustración1):



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

### OPCIONES DENTRO DEL DINERO "*In The Money*" (ITM).

Estas opciones son las que su valor intrínseco es positivo.

$S > K$  para las opciones *CALL*

$S < K$  para las opciones *PUT*

Obviamente, estas opciones se ejercerán ya que su ejercicio nos produce un beneficio.

### OPCIONES EN EL DINERO "*At The Money*" (ATM)

Su valor intrínseco es nulo y su ejercicio no supone ni pérdida ni beneficio.

$S = K$  Para las opciones *CALL* y *PUT*

### OPCIONES FUERA DEL DINERO "*Out Of The Money*" (OTM)

Son aquellas cuyo ejercicio implica una pérdida en términos analíticos:

$S < K$  para las opciones *CALL*.

$K < S$  para las opciones *PUT*.

Ilustración 1. Flujo de dinero para el poseedor de una opción al ejercerla

|  |  |  |
|--|--|--|
| Opción de Compra<br>( <i>Call Option</i> ) | $S > K$ flujo positivo<br>$S = K$ flujo igual a cero<br>$S < K$ flujo negativo | opción " <i>in the money</i> "<br>opción " <i>at the money</i> "<br>opción " <i>out of the money</i> " |
| Opción de Venta<br>( <i>Put Option</i> )   | $S < K$ flujo positivo<br>$S = K$ flujo igual a cero<br>$S > K$ flujo negativo | opción " <i>in the money</i> "<br>opción " <i>at the money</i> "<br>opción " <i>out of the money</i> " |

Fuente: Elaboración Propia

#### 2.2.3 POSICIONES Y PERFILES DE RIESGO-RENDIMIENTO EN LAS OPCIONES

Las posiciones largas (*long call* y *long put*) dan derecho a ejercitar la opción cuando nos sea favorable, y no ejercerla cuando nos perjudique. Por ello, las posiciones largas son estrategias siempre ganadoras: como se aprecia en la gráfica 4 y 5, uno sólo puede ganar o no perder. Las estrategias cortas, al contrario, obligan a su poseedor a cumplir los términos del contrato cuando el poseedor de la posición larga lo exija. Por ello, son estrategias siempre perdedoras: uno sólo puede perder o no ganar.

Evidentemente, en estos términos, ningún inversor racional estaría dispuesto a contratar



una posición corta y todos estarían interesados en las posiciones largas. La solución estriba en que el comprador de la opción (posición larga) paga un precio, llamado *prima*, al vendedor de la opción (posición corta) a cambio de ese derecho. La prima es el precio justo que permite equilibrar, ex ante, las perspectivas de adoptar una posición corta o larga. El resultante para los cuatro perfiles de opciones, incluido el pago (o cobro) de la prima es entonces:

Posiciones largas:

- Posición larga en una opción de compra (*long call*)
- Posición larga en una opción de venta (*long put*)

Posiciones cortas:

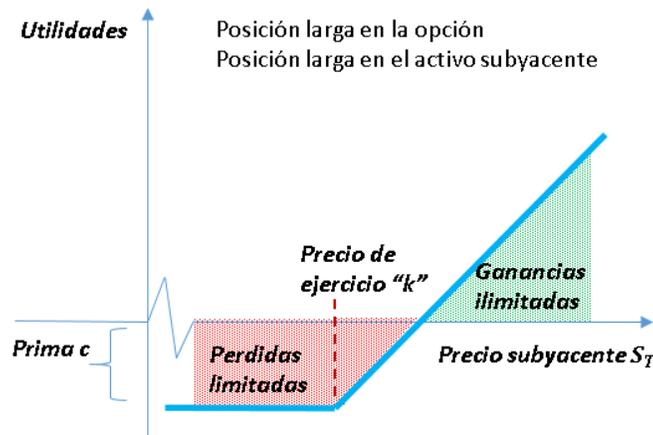
- Posición corta en una opción de compra (*short call*)
- Posición corta en una opción de venta (*short put*)

### POSICIÓN LARGA EN UNA OPCIÓN DE COMPRA (LONG CALL).

La posición larga de una opción de compra (*long call*), supone la posibilidad de obtener ganancias ilimitadas, en tanto que las pérdidas se encuentran limitadas al pago de la prima. Como el beneficio aumenta con el alza del precio del activo subyacente, esta estrategia está indicada cuando se tengan expectativas alcistas del mercado. Al vencimiento ( $T$ ), las ganancias se obtendrán cuando el precio de mercado o spot ( $S$ ) del activo subyacente supere al de ejercicio ( $K$ ) más el importe de la prima ( $c$ ). Es decir, el pago final para una posición larga en una opción de compra Europea está dado por la siguiente función de pago (ver grafica 2):

$$f_{long\ call}(S_T) = \max\{S_T - K, 0\} - c \quad (15)$$

Gráfica 2. Perfiles riesgo rendimiento de una opción de compra europea



Fuente: Elaboración Propia



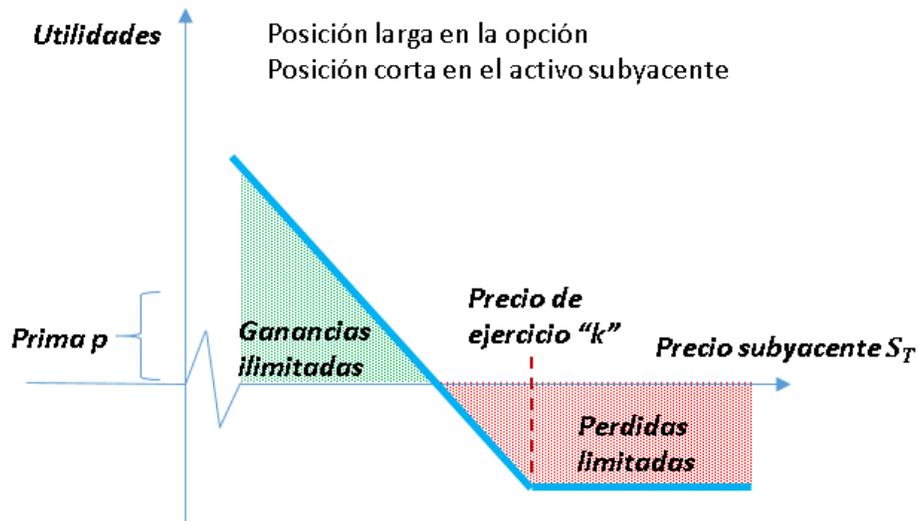
Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

### POSICIÓN LARGA EN UNA OPCIÓN DE VENTA (LONG PUT)

Con una posición larga en una opción de venta (*long put*), se limitan las pérdidas al pago de la prima  $p$ , mientras que las ganancias pueden ser ilimitadas (gráfica 3). Como la utilidad aumenta con el descenso en el precio del activo subyacente, esta estrategia está indicada cuando se tengan expectativas bajistas del mercado, sólo que, en este caso, el riesgo es muy inferior a una posición corta en una opción de compra (*short call*). Por lo tanto, el pago final para una posición larga en una opción de venta Europea ésta dado por la siguiente función de pago:

$$f_{long\ put}(S_T) = \max\{K - S_T, 0\} - p \quad (16)$$

Gráfica 3. Perfiles riesgo rendimiento del poseedor de una opción europea



Fuente: Elaboración Propia



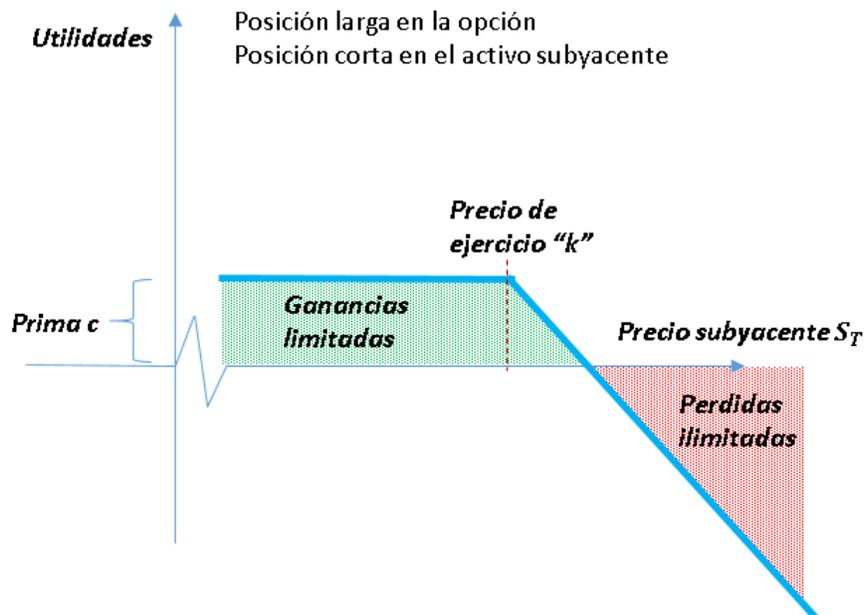
### POSICIÓN CORTA EN UNA OPCIÓN DE COMPRA (*SHORT CALL*)

Una posición corta en una opción de compra (*short call*), proporciona ganancias limitadas al importe de la prima “*c*” cobrada por la emisión de la opción, mientras que las pérdidas pueden ser ilimitadas (grafica 4). Como las ganancias se producen con el precio del activo subyacente a la baja, esta estrategia es la ideal cuando se tengan perspectivas bajistas del mercado. Luego, el pago final para una posición corta en una opción de compra Europea ésta dado por:

$$f_{short\ call}(S_T) = c - \min\{K - S_T, 0\} \quad (17)$$

$$f_{short\ call}(S_T) = c + \max\{S_T - K, 0\} \quad (18)$$

Gráfica 4. Perfil de riesgo-rendimiento del emisor de una opción de compra Europea



Fuente: Elaboración Propia



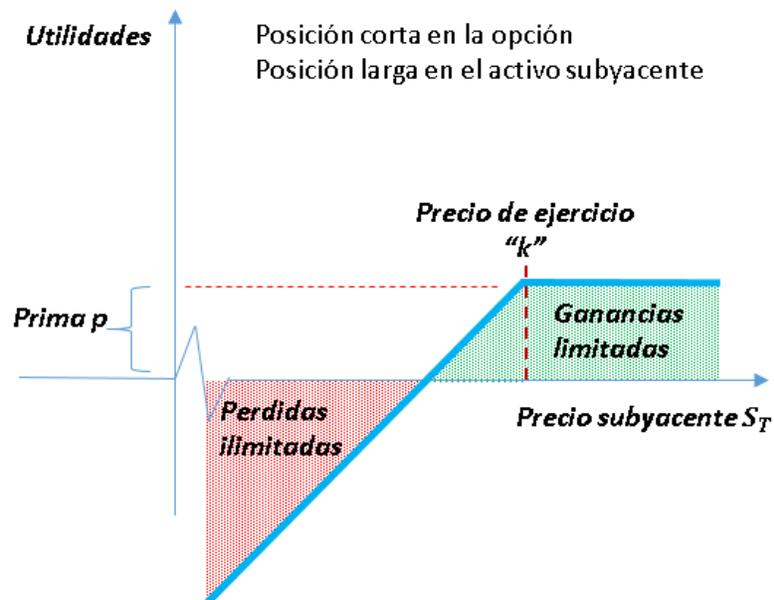
### POSICIÓN CORTA EN UNA OPCIÓN DE VENTA (SHORT PUT)

Cuando se tiene una posición corta en una opción de venta (*short put*), esta proporciona ganancias limitadas al importe de la prima  $p$  cobrada por la emisión de la opción de venta, en tanto que las pérdidas pueden ser ilimitadas (ver grafica 5). Como estas ganancias se producen con el precio del activo subyacente al alza, esta estrategia es idónea cuando se tengan perspectivas alcistas del mercado. Esta posición tiene más riesgo que una posición larga en una opción de compra (estrategia indicada en mercados alcistas), pero como contrapartida, se recibe la prima desde un inicio. Por lo tanto, el pago final para una posición corta en una opción de venta Europea ésta dado por la siguiente expresión:

$$f_{short\ put}(S_T) = p + \min\{S_T - K, 0\} \quad (19)$$

$$f_{short\ call}(S_T) = p - \max\{K - S_T, 0\} \quad (20)$$

Gráfica 5. Perfil de riesgo rendimiento del emisor de una opción de venta europea



Fuente: Elaboración Propia



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

Fijándonos en los perfiles de pérdidas y beneficios de cada posición, podríamos hacer las siguientes recomendaciones en función de cuáles sean las expectativas del inversor acerca de la evolución del precio del subyacente (ver tabla 2).

Tabla 2. Recomendaciones para el inversor sobre evolución del activo subyacente

| Expectativas sobre el precio del título | posición en opciones |
|---|----------------------|
| Alcistas                                | comprar <i>calls</i> |
| Estables o a la alza                    | vender <i>puts</i>   |
| Estables o a la baja                    | vender <i>puts</i>   |
| Bajistas                                | comprar <i>puts</i>  |

Fuente: Elaboración Propia

## 2.3 OPCIONES AMERICANAS Y EUROPEAS.

### Tipos de Opciones en base a su Ejercicio

Una distinción primaria entre las opciones **americanas** y las **europas** es que las primeras pueden ser ejercidas en cualquier tiempo anterior a su expiración, mientras las segundas solamente se pueden ejercer en la fecha de expiración. La posibilidad de un ejercicio anticipado hace que las opciones americanas sean más valiosas que sus similares europeas; también por eso son más difíciles de valorar aunque existe un factor de compensación que permite que lo continuo (ejercicio en cualquier período anterior a la fecha puntual) sea valuado usando modelos diseñados para lo discreto (ejercicio en la fecha puntual).

Por lo tanto estas opciones pueden clasificarse de acuerdo a la flexibilidad con que puedan ser ejercidas:

- Opciones americanas: Pueden ser ejercidas en cualquier momento, desde su compra hasta la fecha de su vencimiento inclusive.
- Opciones europeas: Son aquellas que limitan a su poseedor ejercerlas sólo en la fecha de su vencimiento.

En muchos casos, la prima de tiempo asociada a la vida restante de una opción y los costos de transacción hacen que el ejercicio anticipado no sea la decisión óptima. En otras palabras, los tenedores de opciones "*in the money*" generalmente obtendrán más vendiéndolas a alguien más (en caso de que no quieran conservarlas) que ejerciéndolas anticipadamente.



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

Aunque el ejercicio anticipado no es lo más recomendable generalmente, existen al menos dos excepciones a la regla:

- A. Cuando el activo subyacente paga grandes dividendos, ya que esta característica reduce el valor del activo y cualquier opción **call** sobre ese activo. En este caso, las opciones **call** pueden ejercerse justo antes de una fecha anterior a la entrega de dividendos si la prima de tiempo de las opciones es menor que la disminución esperada en el valor del activo a consecuencia del pago de tal dividendo.
- B. Cuando un inversionista tiene una **put** “*in-the money*” sobre un activo en un período en que las tasas de interés son altas. En este caso, la prima de tiempo del **put** puede ser menor que la ganancia potencial de ejercer el **put** anticipadamente y ganar interés sobre el precio del ejercicio.

Estas opciones y sus inversiones se conocen como “*plan vainilla*”, por ser las comunes, pero también dentro de la ingeniería financiera se han desarrollado opciones complejas llamadas “exóticas” dentro de las cuales podemos enunciar otras estrategias de inversión a las opciones sintéticas u otras más complejas como; bermuda, digitales, *power*, barrera, cesta por nombrar algunas.

## 2.4 VALUACIÓN DE OPCIONES

La valuación de opciones era muy simple e incompleta hasta el año de 1973, fecha en la un grupo de economistas publicaron un modelo de valorización, sobre este trabajo elaborado por Fisher Black y Myron Scholes (1973) y por su parte Robert Merton(1973) , exponían en sus artículos una fórmula analítica que valuaba productos derivados, este trabajo ganó el premio nobel de economía en el año 1997, pero solo fueron galardonados Scholes y Merton, debido al fallecimiento de Fisher Black en 1995 no se le otorgó el premio nobel.

El modelo de Black-Scholes es uno de los modelos de valuación más conocidos y aplicados de las finanzas. De la misma forma, el modelo de Merton, tiene el valor de ser el primer modelo analítico que incluye los dividendos del activo subyacente. De hecho, su uso es mayor que el modelo de Black-Scholes. Sin embargo, presenta serias limitaciones ya que el supuesto dividendo continuo es irreal y sólo puede utilizarse para opciones europeas.

A partir de estos trabajos, se han investigado diferentes modelos de valuación que se intentan aplicar a opciones sobre activos subyacentes específicos (acciones, divisas, futuros, materias primas, etc.). Además, se puede decir que esta área de estudio es prioritaria en muchos centros de investigación financiera.



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

### 2.4.1 MODELO TEÓRICO DE BLACK-SCHOLES

El primer modelo analizado será el propuesto por Black-Scholes y se obtendrá a través de la ecuación diferencial parcial propuesta en este modelo que establece el precio de una opción. Pero se tendrán supuestos en el desarrollo sobre el mercado financiero:

- i. El precio del activo subyacente se comporta de acuerdo con una caminata aleatoria en tiempo continuo y la distribución de posibles valores de dicho precio es lognormal.
- ii. El mercado funciona sin fricciones; es decir, no existen costos de transacción, de información, requerimientos de margen, ni impuestos y los activos son perfectamente divisibles.
- iii. Las transacciones tienen lugar en forma continua y existe plena capacidad para realizar compras y ventas en descubierto (“a crédito”) sin restricciones ni costos especiales.
- iv. Los agentes pueden prestar y endeudarse a una misma tasa  $r$  que es la tasa de interés a corto plazo expresada en forma continua y que se supone conocida y constante en el horizonte de valuación de las opciones.
- v. Las opciones son europeas y el activo subyacente no paga dividendos en el horizonte de valuación.

Existen diversos métodos de valuación por lo que se resumen algunas en la ilustración 2

Ilustración 2. Metodologías para determinar el valor de una opción



Fuente: Elaboración propia con base en Amram y Kulatilaka (1999)



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

#### 2.4.1 DISTRIBUCIÓN LOGNORMAL EN EL COMPORTAMIENTO DE LOS PRECIOS DE LAS ACCIONES

Existen diversos modelos que tratan de explicar el comportamiento del precio de las acciones, siendo el más popular el que lo explica sobre ciertas distribuciones del tipo lognormal. Esto significa que los logaritmos de los precios de las acciones siguen una distribución normal. Es decir, el rendimiento de las acciones sigue una distribución normal ya que los logaritmos de los precios de las acciones son aproximadamente igual al cambio porcentual de los mismos. En consecuencia, la distribución lognormal de los precios de las acciones no es otra cosa que afirmar que los cambios porcentuales de los precios de las acciones se distribuyen normalmente.<sup>10</sup>

Considerando una opción europea con fecha de vencimiento  $T$ . Nos interesara solamente el tiempo restante a la fecha de vencimiento de la opción, de tal manera podemos suponer que el tiempo presente es cero  $t=0$ .

Sin perder de vista el valor de la opción depende del precio vigente del activo subyacente como la fecha de vencimiento  $T$ . Se sabe que el precio del activo es una variable aleatoria. De modo, que denotaremos como  $S_t$  al precio del activo en algún momento  $t$ . Para hallar el valor de la opción, primero tenemos que estudiar el comportamiento del precio del activo  $S_t$  en el tiempo.

El precio spot  $S_0$ , representa el precio vigente del activo subyacente. En el análisis de Black-Scholes, el precio del activo  $S_t$  es irrelevante, por lo tanto se analizara su cambio relativo durante un intervalo de tiempo. Para este propósito, podemos de nuevo considerar que el cambio del valor del activo solo entre el tiempo presente  $t = 0$  y otro momento  $t$ ; así pues, queremos conocer como está distribuido el cociente  $S_t / S_0$ .

La clave en el modelo de valuación de Black-Scholes, es que el cambio relativo del subyacente durante un periodo de tiempo está distribuido normalmente. Esto es, dado el precio spot  $S_0$ , la tasa de rendimiento durante un intervalo de tiempo  $t$  es:

$$\frac{S_t - S_0}{S_0} \quad (21)$$

La serie de rendimientos sigue una distribución normal. Además, de acuerdo con el modelo de Black-Scholes, se considera que:

- Los rendimientos se distribuyen idénticamente

---

<sup>10</sup> Explicado también en el apéndice A



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

- Los rendimientos se distribuyen independientemente;
- La media y la varianza son ( $\mu t$ ,  $\sigma^2 t$ ), respectivamente.

Se tiene entonces que el primer supuesto implica que las distribuciones permanecerán iguales. El segundo supuesto nos dice que las distribuciones de probabilidad no son afectadas por sucesos anteriores: “el mercado no tiene memoria”. El tercer supuesto significa que a medida que pasa el tiempo, el rendimiento crece uniformemente a una tasa  $\mu$  lejos de su media actual. En el tiempo, la varianza también crece, haciendo la distribución de probabilidad más escalonada.

Entonces ocurre que la tasa de rendimiento calculada en un intervalo de tiempo que va de  $t_1$  a  $t_2$ , es independiente de la calculada en otro intervalo que va de  $t_2$  a  $t_3$ . Entonces, la tasa de rendimiento queda expresada como:

$$\frac{S_t - S_0}{S_0} = \mu t + \sigma \sqrt{t} Z \quad (22)$$

De esta última ecuación, cabe señalar que la variable  $Z$ , está asociada a la distribución normal, con una media de valor  $0$  y desviación estándar equivalente a  $1$ . De la ecuación anterior, refleja que el comportamiento que se tiene, es debido al cambio en el intervalo de tiempo, ya que a diferencia de la teoría clásica de Black –Scholes advierte que la media y la desviación estándar permanecen constantes, en este caso el precio del activo, cambia de acuerdo a las variables.

$$\mu t \text{ y } \sigma \sqrt{t} Z.$$

La primer parte es el retorno determinista similar al retorno libre de riesgo y  $\mu$  es la tasa de crecimiento promedio del precio del activo (*drift rate*)

Puesto que el intervalo de tiempo “ $t$ ” es arbitrario, por definición existen diversas variables aleatorias en los diversos periodos durante el intervalo de tiempo establecido, por consiguiente tenemos que definir a este como un proceso aleatorio, a la sucesión de variables en el tiempo, para este caso es conocido como caminata aleatoria<sup>11</sup> idealizada por Bachellier (1900).

La segunda componente que representa a este fenómeno de aleatoriedad, en el cambio del precio de  $S$ , debido a cambios externos o noticias inesperadas, la variable  $\sigma$  es la volatilidad

---

<sup>11</sup> La caminata aleatoria es conocido como un proceso que recae en la física para modelar el movimiento que genera una partícula en un fluido ,conocido como movimiento browniano llamado así por descubrimiento por el Botánico ingles Robert Brown en 1827 y después retomado para el nacimiento de las matemáticas financieras por Louis Bachellier en 1900 en la teoría de la especulación y retomado por otros autores que modelan el movimiento de forma independiente y/o continuación para descifrar este comportamiento aleatorio en diversas aplicaciones de física, matemáticas y financieras entre otras.



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

que mide la desviación estándar del rendimiento y  $W_t$  que es el movimiento browniano por lo que resultara representada como:

$$W_t = \sqrt{t}Z. \quad (23)$$

Ya que están considerados los intervalos de tiempo conviene realizar un ajuste hasta volverlos mismos intervalos lo más pequeño posible, es decir volverlos hasta infinitésima parte, para pasar de un proceso discreto hasta un proceso continuo.

$$t \rightarrow 0$$

Teniendo la forma ordinaria de la ecuación inicial, se puede reescribir en términos de diferenciales, para hacer referentes estos cambios infinitesimales, con la cual quedara:

$$\frac{dS_t}{S_0} = \mu dt + \sigma dW_t \quad (24)$$

Teniendo en cuenta que  $W_t$  es una variable estocástica y que  $t \rightarrow 0$ , debido al supuesto de que los activos se negocian continuamente.

Si a nuestro miembro izquierdo de la igualdad se renombra por  $dX_t$ , nos queda una nueva ecuación como:

$$\frac{dS_t}{S_0} = dX_t \quad (25)$$

$$dX_t = \mu dt + \sigma dW_t \quad (26)$$

Ahora partiendo que:

$$\frac{dS_t}{S_t} = d(\log S_t) \quad (27)$$

Resolviendo  $S_t$ , nos queda:

$$S_t = S_0 e^{X_t} \quad (28)$$

Resultando ser que el logaritmo de  $S_t$  sigue una distribución normal, por lo tanto la distribución que sigue  $S_t$  es **lognormal**.

Se usa el lema de ITO para deducir el proceso seguido por  $\ln(S)$  cuando se satisface la **ecuación (24)**

$$V(S, t) = \ln S$$

<sup>12</sup> De donde a la variable  $W_t$  se le nombra así por su desarrollo en procesos estocásticos por el matemático Wiener, Norbert.



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

Con lo que se obtiene las derivadas:

$$\frac{\partial V}{\partial S} = \frac{1}{S}, \quad \frac{\partial^2 V}{\partial S^2} = -\frac{1}{S^2}, \quad \frac{\partial V}{\partial t} = 0$$

Y si la variable  $V$  satisface el lema de Ito ;

$$dV = S\sigma \frac{1}{S} dZ + \left( \mu S \frac{1}{S} - \frac{1}{2} \sigma^2 \frac{1}{S^2} \right) dt = \sigma dZ + \left( \mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) dt \quad (29)$$

Siendo que las variables  $\mu$  y  $\sigma$  son constantes, por lo que para nuestra ecuación  $v=\ln(s)$  está denotado por ser un proceso de Wiener con una tasa de crecimiento  $\mu - \frac{\sigma^2}{2}$  y varianza  $\sigma^2$ , el cambio en  $\ln(S)$  entre el tiempo cero y el tiempo  $T$ , tiene una distribución normal con media:  $\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right) T$  y su varianza por  $\sigma^2 T$ . quedando:

$$\ln S_T \sim N\left(\ln S_0 + \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right) T, \sigma^2 T\right) \quad (30)$$

Siendo que  $S_T$  es el valor del precio del activo, en un determinado tiempo futuro  $T$  y el parámetro  $S_0$  es el precio inicial del activo.

Deducción de la ecuación de Black -Scholes

La ecuación que modela cualquier derivado financiero en la forma continua.

Enunciaremos los supuestos que vamos a requerir en el modelo:

- Se sigue un proceso de Wiener log-normal, para el precio de un activo:

$$dS = \mu S dt + \sigma S dZ \quad (31)$$

- Se tiene una tasa libre de riesgo  $r$  y la volatilidad  $\sigma$  del activo se suponen constantes durante el tiempo  $T$  que dura la opción.
- No hay costos de transacción asociados a la cobertura del portafolio.
- El activo subyacente no paga dividendos durante la vida de la opción.
- No hay posibilidad de arbitraje. La ausencia de arbitraje significa que todos los portafolios libres de riesgo deben tener el mismo retorno.
- La compra y venta del activo puede tomar lugar continuamente.
- La venta y los activos son divisibles. Asumimos que podemos comprar y vender cualquier número (no necesariamente entero) del activo subyacente y que está permitido vender aunque no tengamos posesión; es decir, se trata de un mercado completo.

Sea  $V(S,t)$  el valor de un derivado tipo europeo, en el instante  $t$  cuando el precio del activo subyacente es  $S > 0$ . Se construye un portafolio  $P$  libre de riesgo de la siguiente manera:



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

$$P = \begin{cases} \Delta \text{ unidades del activo (compra)} \\ 1 \text{ derivado} & \text{(venta)} \end{cases}$$

De los cuales tendremos escalonamientos ascendentes (*up*) y descendentes (*down*) en los portafolios cuyo valor es  $\Pi_u = \Delta S_u - V_u$  cuando el valor de activo sube y  $\Pi_d = \Delta S_d - V_d$  cuando el valor del activo baja, por lo tanto la estrategia a seguir es igualar estos dos portafolios y se encuentre un  $\Delta$  de tal forma que el portafolio tenga riesgo 0 al igualar dichas se tiene esta ecuación:

$$\Delta S_u - V_u = \Delta S_d - V_d \quad (32)$$

Con lo cual el cambio:

$$\Delta = \frac{V_u - V_d}{S_u - S_d} = \frac{\delta V}{\delta S} \quad (33)$$

Retomando el límite de  $\delta S$  cuando tiende a 0, nos resulta:

$$\Delta = \frac{\partial V}{\partial S} \quad (34)$$

Siendo la delta la variación entre el valor del derivado con respecto a  $S$ , siendo entonces una tasa o medida de correlación entre los movimientos de derivado y los del activo subyacente.

El valor del portafolio es:  $\Pi = \Delta S - V$  con lo cual resulta en sustituir (31) en (35)

$$d\Pi = \Delta dS - dV \quad (35)$$

$$d\Pi = \Delta(S\mu dt + S\sigma dZ) - dV \quad (36)$$

Suponiendo que  $V$  cumple con los supuestos anteriormente descritos, también satisface lema de Ito, así que nos queda una expresión para  $dV$ :

$$dV = \left( \sigma S \frac{\partial V}{\partial S} dZ \right) + \left( \frac{\partial V}{\partial t} + \mu S \frac{\partial V}{\partial S} + \frac{1}{2} \sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 V}{\partial S^2} \right) dt \quad (37)$$

De la cual obtenemos al sustituir  $dV$  ecuación (37) en (36):

$$d\Pi = \Delta(S\mu dt + S\sigma dZ) - \left( \sigma S \frac{\partial V}{\partial S} dZ \right) - \left( \frac{\partial V}{\partial t} + \mu S \frac{\partial V}{\partial S} + \frac{1}{2} \sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 V}{\partial S^2} \right) dt \quad (38)$$

Multiplicando la delta en los términos.

$$d\Pi = \Delta S \mu dt + \Delta S \sigma dZ - \left( \sigma S \frac{\partial V}{\partial S} dZ \right) - \left( \frac{\partial V}{\partial t} + \mu S \frac{\partial V}{\partial S} + \frac{1}{2} \sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 V}{\partial S^2} \right) dt \quad (39)$$

Reordenando los términos y separando la parte determinística de la estocástica se obtiene:

$$d\Pi = \left( \Delta \sigma S - \sigma S \frac{\partial V}{\partial S} \right) dZ + \left( \Delta \mu S - \frac{\partial V}{\partial t} - \mu S \frac{\partial V}{\partial S} - \frac{1}{2} \sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 V}{\partial S^2} \right) dt \quad (40)$$



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

Sustituyendo la parte:  $\Delta = \frac{\partial V}{\partial S}$  obtenido previamente, la ecuación queda únicamente determinística.

$$d\Pi = - \left( \frac{\partial V}{\partial t} + \frac{1}{2} \sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 V}{\partial S^2} \right) dt \quad (41)$$

Además por la hipótesis planteada de no arbitraje,  $\Pi$  es un portafolio libre de riesgo y su retorno es igual a un bono de tasa  $r$ .

$$\frac{d\Pi}{\Pi} = r dt \quad (42)$$

$$\therefore d\Pi = \Pi r dt \quad (43)$$

Igualando las ecuaciones (41) y (43), resulta:

$$\Pi r dt = - \left( \frac{\partial V}{\partial t} + \frac{1}{2} \sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 V}{\partial S^2} \right) dt \quad (44)$$

$$\Pi r = - \left( \frac{\partial V}{\partial t} + \frac{1}{2} \sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 V}{\partial S^2} \right) \quad (45)$$

Sabiendo que:  $\Pi = \Delta S - V$

$$\text{Resulta: } (\Delta S_r - V_r)r = - \frac{\partial V}{\partial t} - \frac{1}{2} \sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 V}{\partial S^2} \quad (46)$$

$$\left( \frac{\partial V}{\partial S} S_r - V_r \right) r = - \frac{\partial V}{\partial t} - \frac{1}{2} \sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 V}{\partial S^2} \quad (47)$$

Siendo esta ecuación diferencial parcial de Black y Scholes utilizada para valorar cualquier opción del tipo europea de compra o de venta.

Finalmente igualando la ecuación (47) a cero, resulta la ecuación de Black y Scholes.

$$\frac{\partial V}{\partial t} + \frac{1}{2} \sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 V}{\partial S^2} + rS \frac{\partial V}{\partial S} - rV = 0 \quad (48)$$

Notando que la tasa de **crecimiento**  $\mu$  no esta en esta ecuación, interpretándose que el único parámetro observables en esta ecuación (48) es la **volatilidad**  $\sigma$ , como se tiene la condición de *no arbitraje*, se establece que la tasa de crecimiento del activo subyacente es exactamente la variable  $r$  que es la tasa del activo libre de riesgo.

$$\mu = r \quad (49)$$

La ecuación de Black -Scholes tiene la función  $C(S, T)$  que puede representar el precio de un derivado cualquiera, no solo una opción de compra del tipo europeo, este método de construcción de la cartera es muy importante, ya que ayuda a eliminar la componente



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

aleatoria y a obtener las ecuaciones diferenciales que logren satisfacer soluciones analíticas para los precios de las opciones.

Para una opción de compra del tipo europeo, cuyo subyacente tiene una opción que no paga dividendos durante la vida del derivado, se tiene la siguiente condición de frontera:

$$C(S, T) = \text{maximo}\{S - k, 0\} \quad (50)$$

- $K$ : el precio de ejercicio de la opción
- $T$ : tiempo de la vida de la opción

De esta ecuación y bajo el supuesto que los precios de los activos financieros siguen una distribución lognormal, Black y Scholes llegaron a una solución para su ecuación diferencial la cual es:

$$C = SN(d_1) - Ke^{-rT}N(d_2) \quad (51)$$

Donde:

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S}{K}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}} \quad (52)$$

$$d_2 = \frac{\ln\left(\frac{S}{K}\right) + \left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}} = d_1 - \sigma\sqrt{T} \quad (53)$$

Detallando que es una opción de compra del tipo europeo.

- $K$ : precio de ejercicio
- $S$ : valor del activo subyacente
- $T$ : vida de la opción
- $r$ : tasa libre de riesgo
- $\sigma$ : volatilidad de los rendimientos de la población
- $N$ : función de probabilidad acumulada estándar normal.<sup>13</sup>

También cabe señalar que existe la fórmula para una opción de venta del tipo europea que es:

$$P = Ke^{-rT}N(-d_2) - SN(-d_1) \quad (54)$$

Dentro de la Valuación de Opciones financieras análogas a las Opciones Reales como se ha mencionado y que se profundizará más a fondo en el capítulo siguiente se ejemplificara con un estudio de caso, para comprender mejor estos conceptos y las diversas metodologías para la valuación aplicadas en las opciones reales.

Ejemplificación del método de valuación de Black y Scholes.

<sup>13</sup> Tablas de distribución normal en apéndice D



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

La fusión de banco IXE con Banorte<sup>14</sup> por Crespo (2013), la cual se crearon parámetros suficientes para establecer una opción de compra, para dicho proyecto con lo cual existía un costo de transacción al desarrollarse la fusión con lo cual dicho valor era \$16,200 (mdp), los directivos tenían que valorizar grupo IXE que era la parte fusionada, lo cual tenía en el 2011 un precio de mercado con un valor de \$ 15,519 (mdp). Se tomaron la volatilidad de las acciones de Ixe de acuerdo al último año terminado y se consideró una tasa de CETES<sup>15</sup> anual a 28 días en ese año con un valor de 4.16%, de acuerdo con información de directivos el tiempo de vencimiento de la opción duraría 6 meses, la cual estaría abierta con ciertas obligaciones en ese periodo, aunque esta es claramente una opción de compra del tipo americano, lo podemos realizar como si fuese un call europeo, por lo cual se desarrollará con el método Black Scholes como se resume en la tabla 3:

Tabla 3. Variables de entrada Black-Scholes

| PARÁMETROS                                | VALOR        |
|---|--------------|
| precio de ejercicio $(K)$                 | \$ 16,200.00 |
| precio del activo subyacente $(S)$        | \$ 15,519.51 |
| días para vencimiento                     | 126          |
| número de días hábiles año                | 252          |
| tiempo de vencimiento en años $(T)$       | 0.5          |
| tasa de interés anual $(\mu)$             | 0.0416       |
| $r = \mu$ (continuo) $r_c = \ln(1 + \mu)$ | 0.040757992  |
| volatilidad anual $(\sigma)$              | 0.3922       |

Fuente: Elaboración Propia

Desarrollo, usando las ecuaciones (52), (53) y (51) respectivamente.

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{15,519.51}{K 16,200.00}\right) + \left(0.0407 + \frac{0.3922^2}{2}\right) 0.5}{0.3922\sqrt{0.5}} = 0.057$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T} = 0.057 - 0.3922\sqrt{0.5} = -0.219$$

De acuerdo a tablas de distribución normal estándar<sup>16</sup> los valores para  $d_1$  y  $d_2$  son respectivamente:

<sup>14</sup> Basado en tesis Crespo barrios Fabiola (2013)

<sup>15</sup> Los CETES (Certificados de la Tesorería) son títulos de crédito al portador emitidos por el Gobierno Federal desde 1978, en los cuales se consigna la obligación de éste a pagar su valor nominal al vencimiento. Dicho instrumento se emitió con el fin de influir en la regulación de la masa monetaria, financiar la inversión productiva y propiciar un sano desarrollo del mercado de valores. A través de este mecanismo se captan recursos de personas físicas y morales a quienes se les garantiza una renta fija. El rendimiento que recibe el inversionista consiste en la diferencia entre el precio de compra y venta.

<sup>16</sup> Revisar apéndice D para las tablas de distribución estándar



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

|                    |            |
|--------------------|------------|
| N(d <sub>1</sub> ) | 0.52289005 |
| N(d <sub>2</sub> ) | 0.41296715 |

También se puede determinar el valor en Excel con la fórmula: " =DISTR.NORM.ESTAND (0.057)", para N(d<sub>1</sub>).

Se determina el valor de call, usando la ecuación (53):

$$C = SN(d_1) - 16,200.00 e^{-rT} N(d_2)$$

$$C = 15,519.51 * 0.5228 - 16,200e^{-0.04075*0.5} * 0.412 = 1559.88654$$

Valores determinados por Excel y resultado de opción de compra mostrada en tabla 4.

Tabla 4. Parámetros de salida Black-Scholes

| parametros | resultados  |
|------------|-------------|
| d1         | 0.05740837  |
| d2         | -0.21991891 |
| n(1)       | 0.52289005  |
| n(2)       | 0.41296715  |
| call       | \$ 1,559.89 |

Fuente: Elaboración Propia

**El valor de la opción es \$1559.88654**

Un método alternativo de Black-Scholes elaborado en Matlab cuyo código se presenta en ilustración 3 es:

Ilustración 3. Método Black-Scholes en Matlab

```

%%%%%%%%%% parámetros de la opción
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
K = 16200; % precio de ejercicio
S = 15519.51; % valor del activo subyacente
sigma = 0.3922; % volatilidad anual
mu = 0.0416; % tasa de interés libre de riesgo
T = 0.5; % fecha de vencimiento en años
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%
r=log(1+mu);
d1 = (log(S/K) + (r + 0.5*sigma^2)*T)/(sigma*sqrt(T));
d2 = d1 - sigma*sqrt(T);
N1 = 0.5*(1+erf(-d1/sqrt(2)));
N2 = 0.5*(1+erf(-d2/sqrt(2)));
venta = K*exp(-r*T)*N2-S*N1;
compra=venta+S-K*exp(-r*T);
display(venta)
display(compra)

```

Fuente: Elaboración Propia



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

El resultado por el programa es:

bs\_callput  
venta = 1.9136e+03  
compra = 1.5599e+03

Lo que concuerda con el método numérico en Excel empleado anteriormente, para la opción de compra, solo que esta redondeado un décimo, por eso la pequeña diferencia:

\$1,599.88≈ \$1599.9 en millones de pesos

## 2.4.2 MODELO BINOMIAL

Existen diversos métodos para la valuación del precio de un activo, pero existe un modelo que fue desarrollada por Cox, Ross y Rubinstein en el año de 1979. Siendo una técnica más comprensible e ilustrativa, ya que visualmente es plasmada en arboles binomiales e intuitiva para la valuación. El método binomial es un modelo discreto, cuyo valor puede converger con el resultado de Black -Scholes si se agregan la cantidad suficiente de ramificaciones para su aproximación (más de 30).

### Supuestos del modelo

El principal supuesto financiero de estos modelos es la neutralidad al riesgo, esto es, que no consideran el riesgo relativo de los instrumentos. Esto implica que el valor esperado del rendimiento de las acciones, activo subyacente, es igual a la tasa de interés libre de riesgo.

Entre los supuestos matemáticos debemos considerar que la evolución del precio de las acciones responden a un proceso de Márkov<sup>17</sup>, esto es, que siguen procesos estocásticos donde el valor presente del activo es la única variable relevante para predecir su comportamiento futuro. Dentro de los procesos *Markovianos*, suponemos que se corresponde a los procesos de Wiener, que describen el movimiento de partículas que son sujetos de un largo número de shocks moleculares. Se utiliza en acciones por analogía. Este caso especial recibe el nombre de procesos brownianos. Algunos autores describen el comportamiento de la variabilidad del rendimiento de las acciones comparándola con el comportamiento de un derrame de fluidos. Estos supuestos nos permiten llegar a la conclusión de que la varianza del rendimiento de una acción es proporcional al tiempo de análisis y que su desvío estándar es proporcional a la raíz cuadrada de la variación proporcional del tiempo.

---

<sup>17</sup> En la teoría de la probabilidad y en estadística, un proceso de Márkov, llamado así por el matemático ruso Andréi Márkov, es un fenómeno aleatorio dependiente del tiempo para el cual se cumple una propiedad específica: la propiedad de Márkov. En una descripción común, un proceso estocástico con la propiedad de Márkov, o sin memoria, es uno para el cual la probabilidad condicional sobre el estado presente, futuro y pasado del sistema son independientes.



Otro supuesto importante es el comportamiento del rendimiento de las acciones es lognormal, lo que significa un comportamiento normal de los logaritmos naturales de las variables.

#### Proceso del modelo binomial

Como se ha mencionado el modelo es discreto, por lo que se observan dos posibles caminos a través del tiempo  $t$ , se cuenta con el valor de un precio inicial o precio spot denotado como  $S_0$ , cuyo valor en el tiempo  $T$ , solo puede tomar dos posibles caminos o precios en la evolución del activo,  $S_0u$  y  $S_0d$ , que son valores ascendentes (*up*) y valores descendentes (*down*) respectivamente, A través del tiempo  $u$  representa el valor evolutivo a la alza y  $d$  es el valor a la baja en un periodo. También a esto se agrega una probabilidad que se enunciará más adelante la cual se identifica como la variable  $q$  y también su probabilidad complementaria ( $1-q$ ), como se ha mencionado que es un activo libre de riesgo con dicho rendimiento constante  $r$ , entonces una inversión de  $S_0$  unidades monetarias en un instante cero  $t=0$ , tiene un rendimiento  $S_0e^{rT}$  unidades monetarias.

Para este modelo también se valida la condición de no arbitraje por lo cual se elimina  $S_0$  y obteniendo solamente:

$$d < e^{rT} < u \quad (55)$$

Con lo cual se pretende hacer una réplica de la opción cuando este tiene un riesgo involucrado que resulta en rendimiento de la opción cuando el activo subyacente sube o baja, se considera un portafolio que consiste en  $\Delta$  unidades de un activo con riesgo (acción) y  $\varphi$  unidades de un activo libre de riesgo, quedando el portafolio replicador:

$$\begin{cases} \Delta S_0 u + \varphi e^{rT} = V_u \\ \Delta S_0 d + \varphi e^{rT} = V_d \end{cases} \quad (56)$$

Se obtiene un sistema de dos ecuaciones con dos incógnitas ( $\Delta, \varphi$ ), que resulta tener una única solución debido a la condición de no arbitraje, por lo tanto  $u$  debe de ser diferente de  $d$ , es decir  $u \neq d$ .

$$\Delta = \frac{V_u - V_d}{S_0 u - S_0 d} \quad (57)$$

$$\varphi = e^{-rT} \frac{uV_d - dV_u}{u - d} \quad (58)$$

Como el pago final de la opción es arbitrario, entonces la opción es replicable en el modelo y también el pago final de la opción en el tiempo  $t=T$  este es igual al del portafolio. Siendo que este último debe ser igual a la opción. Por esta razón  $V_0$  representa el valor presente de esta opción:

$$V_0 = \Delta S_0 + \varphi = \frac{V_u - V_d + e^{-rT}(uV_d - dV_u)}{u - d} \quad (59)$$

Agregando un cambio de variable para los términos, nos resulta:



$$q = \frac{e^{rT} - d}{u - d} \quad (60)$$

El valor para el instante  $t=0$  se expresa entonces como:

$$V_0 = e^{-rT} [qV_u + (1 - q)V_d] \quad (61)$$

Denotamos que la función:

$$E_q[f] = [qV_u + (1 - q)V_d] \quad (62)$$

Por la condición de arbitraje que toma los valores de  $0 < q < 1$  y dado que se puede considerar como un tipo de Esperanza matemática.

La ecuación simplificada, resulta ser como:

$$V_0 = e^{-rT} E_q[V] \quad (63)$$

Si la esperanza está bajo la probabilidad  $q$ , tiene la propiedad de que si  $V_T$  es valor de la opción en  $t=T$  por lo tanto el uso de  $V_u$  y  $V_d$  se obtiene:

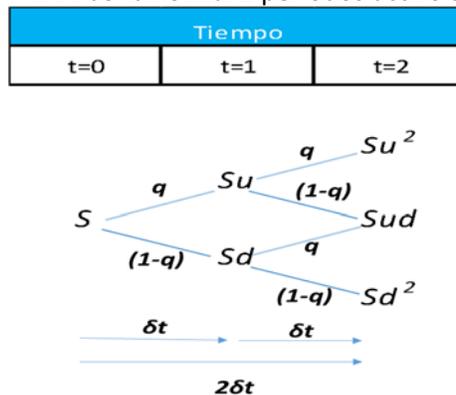
$$E_q[V_T] = (\Delta S_0 + \varphi) e^{rT} = V_0 e^{rT} \quad (64)$$

Por lo tanto el valor esperado de la opción será el mismo que del activo libre de riesgo, y por consiguiente existe la irrelevancia en comprar una opción o un activo financiero libre de riesgo, ya que este crecerá a la tasa libre de riesgo, es por esta razón que a esta medida de probabilidad, se le conoce como **medida de probabilidad neutral al riesgo**. Y dado que si no se cumpliera con dicha aseveración, implicaría que existiera una oportunidad de arbitraje en el portafolio.

Considerando que el modelo aplica para dos periodos, en donde existe una fecha de vencimiento de la opción  $T$  y esta queda dividida en dos pasos temporales, tendremos por consecuencia la ecuación (65) la ilustración 4 muestra estos paso temporales.

$$T = 2\delta t. \quad (65)$$

Ilustración 4. Árbol binomial 2 periodos activo subyacente



Fuente: Elaboración Propia



Los factores encontrados en las ecuaciones anteriores como “ $q$ ” y “ $(1-q)$ ” son probabilidades que ajustan el precio de una acción ascendente o descendente, con la condición de no arbitraje.

$$d < e^{rT} < u \text{ Que satisface que } 0 < q < 1.$$

Para continuar con el segundo paso temporal como se muestra en la ilustración 4, que correspondería las ecuaciones para ascenso y descenso como sigue:

$$V_u = e^{-r\delta t} [qV_{uu} + (1 - q)V_{ud}] \quad (\text{ascendente}) \quad (66)$$

$$V_d = e^{-r\delta t} [qV_{ud} + (1 - q)V_{dd}] \quad (\text{descendente}) \quad (67)$$

El tiempo  $T = 2\delta t$ , se obtendría el precio actual de la opción con términos de los precios que corresponden al segunda paso temporal  $\delta t$ .

$$V_0 = e^{-r\delta t} [qV_u + (1 - q)V_d] \quad (68)$$

$$V_0 = e^{-rT} [q^2V_{uu} + 2q(1 - q)V_{ud} + (1 - q)^2V_{dd}] \quad (69)$$

Este proceso se puede generalizar para los siguiente periodos o paso temporales, en cada nodo se calcula el precio de la acción, siguiendo el orden de izquierda a derecha, hasta llegar al último periodo o nodo final de la evolución del activo subyacente, y después determinando el pago final “*payoff*” que para nuestros procesos de fusión se usaran opciones de compra, así se puede hacer la regresión del árbol binomial de derecha a izquierda hasta encontrar el precio de la opción.

Haciendo las relaciones existentes en los últimos nodos de la figura 23 del árbol binomial, su notación será:

$$\begin{cases} V_{uu} = V(Su^2) \\ V_{ud} = V(Sud) \\ V_{dd} = V(Sd^2) \end{cases} \quad (70)$$

Realizando el cambio de las variables, da por resultado:

$$V_0 = e^{-rT} [q^2V(Su^2) + 2q(1 - q)V(Sud) + (1 - q)^2V(Sd^2)] \quad (71)$$

Lo que queda entre paréntesis de la ecuación (71), queda simplificado como:

$$\begin{aligned} & [q^2V(Su^2) + 2q(1 - q)V(Sud) + (1 - q)^2V(Sd^2)] \\ & = \left[ \sum_{k=0}^2 \binom{2}{k} q^k (1 - q)^{2-k} V(Su^k d^{2-k}) \right] \end{aligned} \quad (72)$$

Tenemos como resultado la siguiente ecuación:



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

$$V_0 = e^{-rT} \left[ \sum_{k=0}^2 \binom{2}{k} q^k (1-q)^{2-k} V(Su^k d^{2-k}) \right] \quad (73)$$

Ahora se considera el caso, para cuando la ecuación tiene múltiples periodos  $N$ , por lo cual

$$V_0 = e^{-rT} \left[ \sum_{k=0}^N \binom{N}{k} q^k (1-q)^{N-k} V(Su^k d^{N-k}) \right] \quad (74)$$

Se tiene también que los pagos finales en cada nodo estremo en nuestro modelo de múltiples periodos, se pueden expresar estas funciones de los pagos finales con  $N+1$  periodo como sigue a continuación:

$$V(Su^k d^{N-k}) = e^{-r\delta t} [qV(Su^{k+1} d^{N-k}) + (1-q)V(Su^k d^{N+1-k})] \quad (75)$$

Sustituyendo esta ecuación anterior dentro de nuestra ecuación (74), llegamos al resultado:

$$\begin{aligned} V_0 &= e^{-r(T+\delta t)} q^{N+1} V(Su^N) \\ &+ e^{-r(T+\delta t)} \sum_{k=1}^N \left[ \binom{N}{k} + \binom{N}{k-1} \right] q^k (1-q)^{N-k} V(Su^k d^{N-k}) \\ &+ e^{-r(T+\delta t)} (1-q)^{N+1} V(Sd^N) \end{aligned} \quad (76)$$

Por lo que simplificado y considerando que  $\binom{N}{k} + \binom{N}{k-1} = \binom{N+1}{k}$  y  $T+1 = \delta t(N+1)$

$$V_0 = e^{-r(N+1)\delta t} \sum_{k=0}^{N+1} \binom{N+1}{k} q^k (1-q)^{N+1-k} V(Su^k d^{N+1-k}) \quad (77)$$

Con lo que se considera que esta ecuación es válida para cualquier modelo de periodos  $N+1$ , ya que cumple por inducción, esta evolución del activo se muestra en la ilustración 5, para cuando  $n$  es igual a 4.

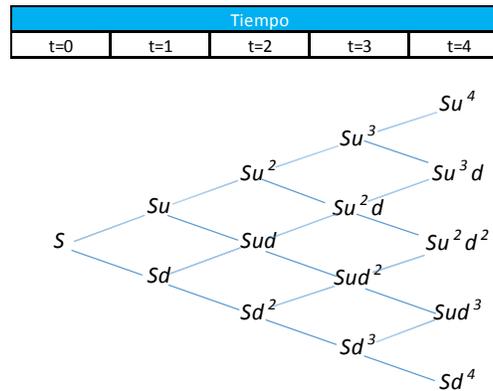
$$V_0 = e^{-r\delta t} [qV_u + (1-q)V_d] \quad (78)$$

Y cumple para toda  $N$ , y que los coeficientes cumplen con la sumatoria de probabilidad igual a 1.

$$q + (1-q) = 1 \quad (79)$$



Ilustración 5. Evolución de Árbol binomial de 4 periodos



Fuente: Elaboración Propia

Es importante señalar que al igual que el modelo de Black-Scholes el precio de la opción no dependerá de la tasa de crecimiento del activo subyacente, debido a que la opción se encuentra replicada en cada paso temporal antes de que el precio del activo subyacente cambie, y se tiene esta posibilidad de predecir su precio exacto en un mercado libre de arbitraje.

También es importante mencionar que este Método binomial tiene algunos supuestos involucrados, que no se pueden dejar a un lado por lo cual se describen a continuación:

- Exista eficiencia y profundidad en los mercados
- Que exista una ausencia en los costos de transacción
- Compra y venta al descubierto, sin límite.
- El precio de los activos subyacentes evoluciona según el procesos binomial multiplicativo
- Exista una tasa de interés equitativa entre un préstamo y dar prestamos
- Las transacciones se realicen de forma simultanea
- Los activos son perfectamente divisibles.

Los parámetros de ascenso y descenso es decir **u y d** respectivamente, en el modelo de Cox-Ross Rubinstein se encuentra de la manera siguiente:

$$\begin{cases} u = e^{\sigma\sqrt{\delta t}} \\ d = e^{-\sigma\sqrt{\delta t}} \\ \delta t = T/n \end{cases} \quad (80)$$

Con lo cual podemos decir que  $\delta t$  son los pasos temporales comprendido entre el tiempo  $T$  y el número de periodos  $n$ .



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

Siguiendo el mismo ejemplo propuesto anteriormente, ahora se realizara por medio de Excel en el método discreto de árbol binomial para 2, 3 y 6 periodos, para caracterizar su exactitud variando el número de periodos y con los parámetros mostrados en la tabla 5.

Tabla 5. Parámetros de entrada método binomial 2 periodos

| PARAMETROS DE ENTRADA                      | VALOR        |
|--|--------------|
| precio de ejercicio ( <i>K</i> )           | \$ 16,200.00 |
| precio del activo subyacente ( <i>S</i> )  | \$ 15,519.51 |
| tiempo de vencimiento en años ( <i>T</i> ) | 1.04384739   |
| tasa de interés anual ( <i>μ</i> )         | 0.0416       |
| volatilidad anual ( <i>σ</i> )             | 0.3922       |

Fuente: Elaboración Propia

Para un árbol binomial de 2 periodos se tendrán las siguientes ecuaciones y resultados de sus parámetros resumido en la ilustración 6.

Ilustración 6. Formulación método binomial 2 periodos

$$u = e^{0.3922\sqrt{0.25}} = 1.2166$$

$$d = e^{-0.3922\sqrt{0.25}} = 0.8219$$

$$\delta t = \frac{0.5}{2} = 0.25$$

$$q = \frac{e^{0.0416 \times 0.25} - 0.8219}{1.2166 - 0.8219} = 0.4776$$

$$(1 - q) = 1 - 0.4776 = 0.5223$$

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados salientes para estos datos cuando se usa un árbol binomial de 2 periodos se resume en la tabla 6.

Tabla 6. Variables de salida método binomial Excel

| VARIABLES DE SALIDA | VALORES n=2 |
|---------------------|-------------|
| <i>rf</i>           | 0.0416      |
| <i>u</i>            | 1.216648564 |
| <i>d</i>            | 0.821930038 |
| <i>q</i>            | 0.477616878 |
| <i>1-q</i>          | 0.522383122 |
| <i>δt</i>           | 0.25        |

Fuente: Elaboración Propia

El desarrollo de las formulas del método binomial y sus las variables de salida para los diferentes arboles con periodos de 2 periodos, elaborados desde Excel, nos proyecta los



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

siguientes valores lo cual nos ayuda a complementar este modelo y su formación del activo subyacente y el regreso del árbol binomial, junto con su *payoff* para el valor de la opción.

Tabla 7. Variables de salida para n=2,3 y 6 periodos

| PARAMETROS   | VALORES n=2 | VALORES n=3 | VALORES n=6 |
|--------------|-------------|-------------|-------------|
| <i>rf</i>    | 0.0416      | 0.0416      | 0.0416      |
| <i>u</i>     | 1.2166      | 1.1736      | 1.1199      |
| <i>d</i>     | 0.8219      | 0.8520      | 0.8930      |
| <i>q</i>     | 0.4776      | 0.4817      | 0.4870      |
| <i>(1-q)</i> | 0.5224      | 0.5183      | 0.5130      |
| $\delta t$   | 0.2500      | 0.1667      | 0.0833      |

Fuente: Elaboración Propia

Los arboles binomiales que se muestran a continuación son para 2, 3 y 6 periodos, con el cual se ve en amarillo la evolución del activo subyacente y en las casillas blancas el precio de la opción de compra.

Se realiza el árbol binomial para dos periodos, ejemplificando su desarrollo como sigue:

Ilustración 7. Evolución activo subyacente método binomial

| Árbol binomial de 2 periodos |             |             |
|------------------------------|-------------|-------------|
| t=0                          | t=1         | t=2         |
|                              |             | \$22,972.50 |
|                              | \$18,881.79 | \$6,772.50  |
| \$15,519.51                  | \$3,201.20  | \$15,519.51 |
| \$1,513.13                   | \$12,755.95 | \$0.00      |
|                              | \$0.00      | \$10,484.50 |
|                              |             | \$0.00      |

Fuente: Elaboración Propia

Con el que podemos ejemplificar la evolución del activo subyacente ascendente y descendente como sigue hasta el último periodo, en este caso dos periodos.

$$S_0 = 15,519.51$$

$$S_u = S_0 * u = \$15,519.51 * 1.2166 = \$18,881.79$$

Análogamente se realiza para el escalonamiento descendente.

$$S_d = S_0 * d = \$15,519.51 * 0.8219 = \$12,755.95$$



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

Formando así el árbol binomial el siguiente paso es realizar la función de pago o *payoff* en las primeras casillas de la evolución de la opción<sup>18</sup>, el cual está determinado para una opción de compra, determinando el máximo valor entre el activo subyacente (valor de mercado de IXE) y el precio de ejercicio (\$16,200) y cero, se muestra en ilustración 8.

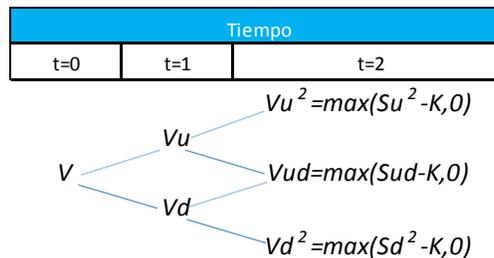
Ilustración 8. Modelación valor de la opción ,2 periodos

| Árbol binomial de 2 periodos |             |             |
|------------------------------|-------------|-------------|
| t=0                          | t=1         | t=2         |
|                              |             | \$22,972.50 |
|                              | \$18,881.79 | \$6,772.50  |
| \$15,519.51                  | \$3,201.20  | \$15,519.51 |
| \$1,513.13                   | \$12,755.95 | \$0.00      |
|                              | \$0.00      | \$10,484.50 |
|                              |             | \$0.00      |

Fuente: Elaboración Propia

Esta función de pago queda para los últimos periodos, en este caso 2 con tres resultados como se observa en ilustración 9:

Ilustración 9. Función de pago método binomial



Fuente: Elaboración Propia

$$Vu^2 = \max(Su^2 - k, 0) = \max(\$22,972.50 - \$16,200, 0) = \$6,772.50$$

$$Vud = \max(Sud - k, 0) = \max(\$15,519.51 - \$16,200, 0) = \$0.00$$

$$Vd^2 = \max(Sd^2 - k, 0) = \max(\$10,484.50 - \$16,200, 0) = \$0.00$$

Para determinar los nodos intermedios se tiene que utilizar la fórmula de probabilidad neutral al riesgo (q) y (1-q).

$$Vu = e^{-r\delta t} [qVu + (1 - q)Vd] = \$3,201.20$$

$$Vd = e^{-r\delta t} [qVu + (1 - q)Vd] = \$0.00$$

<sup>18</sup> Recordando que este se desarrolla de derecha a izquierda, siendo las primeras casillas las ultimas a la derecha y las finales las del lado izquierdo).



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

El último nodo será el valor de la opción de compra

$$V = e^{-r\delta t}[qV_u + (1 - q)V_d] = \$1,513.13$$

Los arboles binomiales restantes, para 3 y 6 periodos se integran a continuación en la ilustración 10 y 11 respectivamente:

Ilustración 10. Árbol binomial 3 periodos

| Árbol binomial de 3 periodos |             |             |             |
|------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| t=0                          | t=1         | t=2         | t=3         |
|                              |             |             | \$25,089.34 |
|                              |             | \$21,377.26 | \$8,889.34  |
|                              | \$18,214.41 | \$5,289.19  | \$18,214.41 |
| \$15,519.51                  | \$3,026.15  | \$15,519.51 | \$2,014.41  |
| \$1,684.86                   | \$13,223.33 | \$963.62    | \$13,223.33 |
|                              | \$460.96    | \$11,266.89 | \$0.00      |
|                              |             | \$0.00      | \$9,599.90  |
|                              |             |             | \$0.00      |

Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 11. Árbol binomial para 6 periodos

| Árbol binomial de 6 periodos |          |          |          |          |          |          |
|------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| t=0                          | t=1      | t=2      | t=3      | t=4      | t=5      | t=6      |
|                              |          |          |          |          |          | \$30,612 |
|                              |          |          |          |          | \$27,336 | \$14,412 |
|                              |          |          |          | \$24,409 | \$11,192 | \$24,409 |
|                              |          |          | \$21,797 | \$8,321  | \$21,797 | \$8,209  |
|                              |          | \$19,463 | \$5,855  | \$19,463 | \$5,653  | \$19,463 |
|                              | \$17,380 | \$3,924  | \$17,380 | \$3,553  | \$17,380 | \$3,263  |
| \$15,520                     | \$2,527  | \$15,520 | \$2,117  | \$15,520 | \$1,584  | \$15,520 |
| \$1,576                      | \$13,858 | \$1,218  | \$13,858 | \$769    | \$13,858 | \$0      |
|                              | \$684    | \$12,375 | \$373    | \$12,375 | \$0      | \$12,375 |
|                              |          | \$181    | \$11,050 | \$0      | \$11,050 | \$0      |
|                              |          |          | \$0      | \$9,867  | \$0      | \$9,867  |
|                              |          |          |          | \$0      | \$8,811  | \$0      |
|                              |          |          |          |          | \$0      | \$7,868  |
|                              |          |          |          |          |          | \$0      |

Fuente: Elaboración Propia



## Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

Efectuando una gráfica comparativa entre el método de Black-Scholes y el método binomial para los 3 diferentes números de periodos nos deriva la gráfica 6, que por obviedad a mayor número de periodos mayor el número de iteraciones, pero también mejora la exactitud y se aproxima al valor dado por método continuo de Black-Scholes.

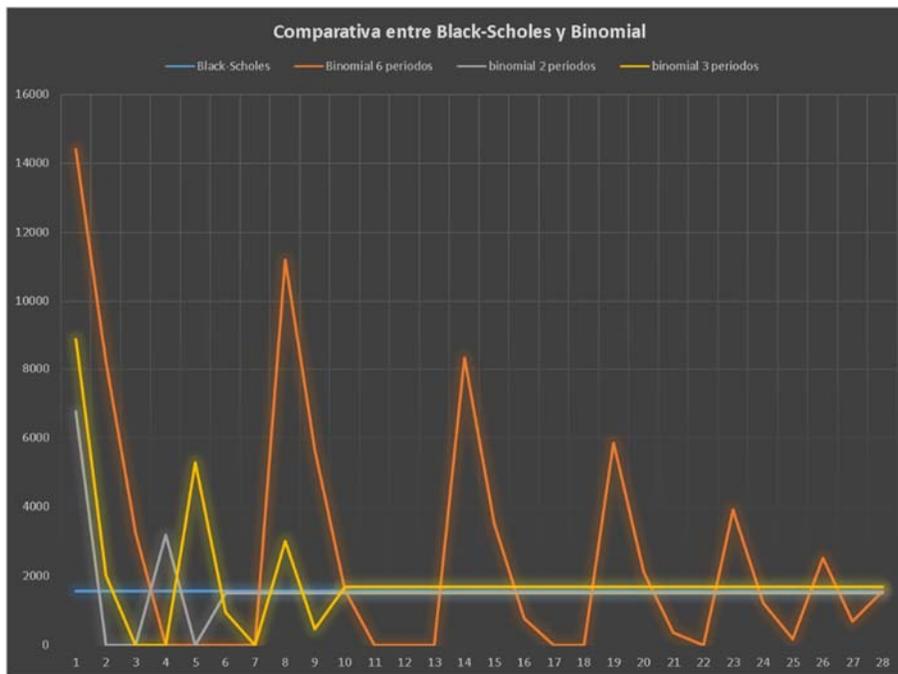
El error relativo encontrado entre el método Black-Scholes y los diferentes árboles binomiales se muestran en la ilustración 12.

Ilustración 12. Error relativo entre los métodos

| Error relativo entre los diferentes métodos de valoración |                     |                     |                     |
|---|---------------------|---------------------|---------------------|
|   | Binomial 6 periodos | binomial 2 periodos | binomial 3 periodos |
| Error%  | 1.1%                | 3.0%                | 8.0%                |

Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 6. Comparativa entre método Black-Scholes y método binomial



Fuente: Elaboración Propia

El método alternativo para encontrar el valor de la opción mediante árboles binomiales con un código en Matlab se muestra en la ilustración 13.



## Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

### Ilustración 13. Método árbol binomial en Matlab

```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
parámetros para la opción %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
S =15519.51; % valor activo subyacente/valor de mercado ixe
K = 16200; % Precio de ejercicio/ precio venta
r = 0.0416; % tasa libre de riesgo (cetes a 28 días)
sigma = 0.3922; % Volatilidad de las acciones
T = 126/252; % tiempo de vencimiento
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
Parámetros método Binomial %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
N = 6;
dt = T/N; A = 0.5*(exp(-r* dt)+exp((r+sigma^2)*dt));
d = A - sqrt(A^2-1); u = A + sqrt(A^2-1);
p = (exp(r*dt)-d)/(u-d);
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
Construcción del árbol%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
arbol=S; % Inicializando el árbol
for i=1:N
mult=u*ones(i+1,1); % Creación de multiplicativos ascendentes
mult(end)=d; % Creación de multiplicativos descendentes
arbol(i+1)=arbol(i);
if i==1
arbol=arbol'; % a columna T
end
arbol=arbol.*mult;
end
arbol=max(arbol-K,0); % computo del valor de compras t=T
Back = p*eye(N+1,N+1) + (1-p)*diag(ones(N,1),1);
Back = sparse(Back); % definiendo la matriz para rastrear de nuevo
a través del árbol

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
seguimiento del árbol a través del árbol cuando t=0 %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
for i = N:-1:1
arbol = Back(1:i,1:i+1)*arbol;
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
Descuento bajo hipótesis neutral al riesgo %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
VALOR OPCION = exp(-r*T)*arbol;
display(VALOR OPCION)

```

Fuente: Elaboración Propia

Resultado de hacer funcionar el programa antes mencionado en el valor de la opción es:

VALOR OPCION =1.5844e+03

Que es un valor muy próximo al desarrollado por el método de Black-Scholes.

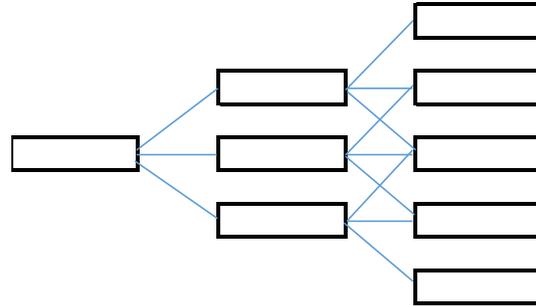
(Método binomial Matlab)\$1,554.4≈ \$1.559.9 (Método Black-Scholes)

### 2.4.3 MÉTODO TRINOMIAL

El método propuesto por Rubinstein y después adoptado por Derman, Kani y Chriss N. (1996). Es muy similar al modelo binomial, solo que en lugar de nacer dos ramas como se ha visto anteriormente, este tiene 3 ramificaciones (ver ilustración 14 y 15), en la cual una rama asciende, otra descende y una tercera queda como central que no varía, de esta forma el activo subyacente no se mueve.



Ilustración 14. Evolución de un árbol trinomial

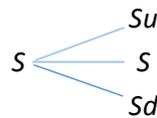


Fuente: Elaboración Propia

El modelo trinomial que no es más que una evolución del modelo binomial, debido a que en cada instante de tiempo, el precio del activo subyacente evoluciona a tres estados posibles, dan una ventaja en cuanto a grados de libertad, por lo que este modelo ofrece mayor flexibilidad.

Ilustración 15. Evolución activo subyacente trinomial

| Tiempo |     |
|--------|-----|
| t=0    | t=1 |



Fuente: Elaboración Propia

De donde:

$$u = e^{\lambda\sigma\sqrt{\frac{T}{n}}}, \lambda \in \mathfrak{R} \quad (81)$$

$\lambda > 1$  : para evitar probabilidades negativas  $P_i < 0$  ( $i = u, m, d$ )

$$d = \frac{1}{u} \quad (82)$$

$T$ =tiempo de vencimiento

$n$ =número de periodos en el árbol

$\delta t=T/n$  paso temporal

$P_u$ =Probabilidad de subida en nodo

$P_m$ =Probabilidad neutral sobre nodo medio

$P_d$ =Probabilidad de bajada en nodo

De acuerdo a las leyes de la probabilidad, la sumatoria debe dar por consiguiente 1 esto es:



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

$$P_u + P_m + P_d = 1 \quad (83)$$

Haciendo un cambio de variables para los tres estados de probabilidad, propuestos por Boyle tenemos que:

$$M = e^{r^* \frac{T}{n}} \quad (84)$$

$$V = M^2(e^{\sigma^2 \frac{T}{n}} - 1) \quad (85)$$

$r = \text{tasa de intereses}$

La tasa de interés deberá pasarse a forma continua esto se logra con el logaritmo natural:

$$r_c = \ln(1 + r_d) \quad (86)$$

Resultando las ecuaciones de probabilidades ascendente, media y descendente respectivamente:

$$P_u = \frac{(V + M^2 - M)u - (M - 1)}{(u - 1)(u^2 - 1)} \quad (87)$$

$$P_u = \frac{(V + M^2 - M)u - (M - 1)}{(u - 1)(u^2 - 1)} \quad (88)$$

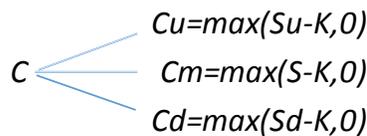
$$P_m = 1 - P_u - P_d \quad (89)$$

$$P_d = \frac{(V + M^2 - M)u^2 - (M - 1)u^3}{(u - 1)(u^2 - 1)} \quad (90)$$

La evolución del precio del activo subyacente para un periodo está determinado como sigue a continuación en ilustración 16:

Ilustración 16. Función de pago en árbol trinomial

| Tiempo |     |
|--------|-----|
| t=0    | t=1 |



Fuente: Elaboración Propia

El cual el resultado de la opción *call* tipo europeo y un *put* queda respectivamente:

$$C = e^{-r\delta t}(P_u C_u + P_m C_m + P_d C_d) \quad (91)$$

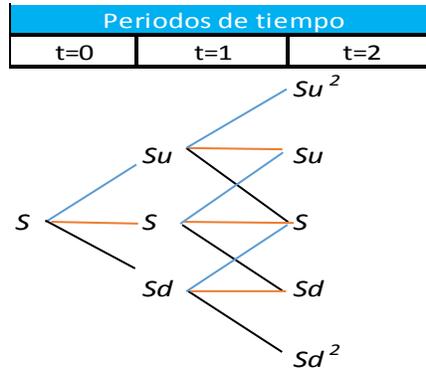


Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

$$P = e^{-r\delta t}(P_u P_u + P_m P_m + P_d P_d) \quad (92)$$

Para el caso en que existan 2 periodos la evolución del activo subyacente queda de la siguiente manera (ver ilustración 17):

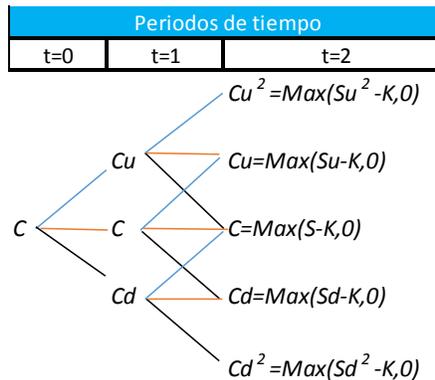
Ilustración 17. Evolución de activo subyacente n=2



Fuente: Elaboración Propia

El valor de la opción *call*, con sus respectivos pagos “*payoff*” queda de esta manera (ver ilustración 18):

Ilustración 18. Función de pago árbol trinomial



Fuente: Elaboración Propia

Por lo tanto el call para este nos resulta como:

$$C = e^{-r\delta t}(P_u^2 C_u^2 + 2P_u P_m C_u + 2P_u P_d C + P_m^2 C + 2P_u P_m C_u + P_d^2 C_d^2) \quad (93)$$

Desarrollado nos queda de este modo:

$$C = e^{-r\delta t} \sum_{j=0}^2 \sum_{i=0}^2 \frac{2!}{(2-j-i)!} P_u^{2-j-i} P_m^j P_d^i \text{Max}(0, u^{2-j-i} d^i S - K) \quad (94)$$



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

Y generalizado para "n" periodos el resultado del precio de la opción *Call* y *Put* respectivamente resulta:

$$C = e^{-r\delta t} \sum_{j=0}^n \sum_{i=0}^n \sum_{n \geq k+j} \frac{n!}{(n-j-i)!} P u^{n-j-i} P m^j P d^i \text{Max}(0, u^{n-j-i} d^i S - K) \quad (95)$$

$$P = e^{-r\delta t} \sum_{j=0}^n \sum_{i=0}^n \sum_{n \geq k+j} \frac{n!}{(n-j-i)!} P u^{n-j-i} P m^j P d^i \text{Max}(0, K - u^{n-j-i} d^i S) \quad (96)$$

El modelo trinomial es matemáticamente más preciso que el modelo binomial debido a su capacidad de manejar 3 probabilidades en lugar de dos, la desventaja que maneja este modelo es el uso de  $\lambda$ , que es un parámetro usado arbitrariamente para mejorar la exactitud del modelo, entonces la precisión dependerá de dos factores importantes el número de periodos en que se desarrollará el árbol trinomial y el parámetro  $\lambda$ , por lo cual se desarrolla y compara el error asociado a cada uno de los métodos propuestos en esta tesis.

## Ejemplo

Siguiendo con los valores de la fusión banco Ixe y Banorte, se tienen las variables, para un árbol trinomial de 2 periodos y una lambda de 1.5:

$$\lambda = 1.5$$

$$u = e^{\lambda \sigma \sqrt{\frac{t}{n}}} = e^{1.5 \cdot 0.3922 \sqrt{\frac{0.5}{2}}} = 1.342$$

$$d = \frac{1}{1.2166} = 0.745$$

$$r_c(\text{continuo}) = \ln(1+r) = \ln(1+0.0416) = 0.0407$$

$$M = e^{r_c \cdot \frac{t}{n}} = e^{0.0406 \cdot \frac{0.5}{2}} = 1.0102$$

$$V = 1.0102^2 \left( e^{0.3922^2 \cdot \frac{0.5}{2}} - 1 \right) = 0.04001$$

$$P_u = \frac{(V+M^2-M)u-(M-1)}{(u-1)(u^2-1)} = \frac{(0.04+1.01^2-1.01)1.34-(1.01-1)}{(1.34-1)(1.34^2-1)} = 0.209$$

$$P_m = 1 - P_u - P_d = 0.549$$

$$P_d = \frac{(V+M^2-M)u^2-(M-1)u^3}{(u-1)(u^2-1)} = \frac{(0.04+1.01^2-1.01) \cdot 1.34^2 - (1.01-1) \cdot 1.34^3}{(1.34-1)(1.34^2-1)} = 0.240$$

$$C = e^{-r\delta t} (P u^2 C u^2 + 2 P_u P_m C u + 2 P_u P_d C + P m^2 C + 2 P_u P_m C u + P d^2 C d^2) = \$1,548.31$$

La construcción del árbol trinomial es similar al del binomial solo que para su construcción parten 3 nodos como se muestra en ilustración 19.



Ilustración 19. Árbol trinomial con 2 periodos Ejemplo

| arbol trinomial de 2 periodos |              |              |
|-------------------------------|--------------|--------------|
| t=0                           | t=1          | t=2          |
|                               |              | \$ 27,949.46 |
|                               |              | \$ 11,749.46 |
|                               | \$ 20,826.95 | \$ 20,826.95 |
|                               | \$ 4,953.34  | \$ 4,626.95  |
| \$ 15,519.51                  | \$ 15,519.51 | \$ 15,519.51 |
| \$ 1,548.31                   | \$ 958.77    | \$ -         |
|                               | \$ 11,564.59 | \$ 11,564.59 |
|                               | \$ -         | \$ -         |
|                               |              | \$ 8,617.53  |
|                               |              | \$ -         |

Fuente: Elaboración Propia

Al igual que se realizó el árbol binomial, este árbol también se empieza con la evolución del activo subyacente el cual se inicia multiplicando su valor inicial por su parámetro de ascenso, descenso y un tercero que no varía, es decir neutral o medio hasta llegar al periodo que se analice, para este caso serán 2 periodos.

Para el caso del primer periodo se desarrolla (ver ilustración 20):

Ilustración 20. Evolución de activo subyacente en n=1

| t=0          | t=1          |
|--------------|--------------|
|              | \$ 20,826.95 |
|              | \$ 4,953.34  |
| \$ 15,519.51 | \$ 15,519.51 |
| \$ 1,548.31  | \$ 958.77    |
|              | \$ 11,564.59 |
|              | \$ -         |

Fuente: Elaboración Propia

- $S_u = S_0 * u = \$15,519.510 * 1.342 = \$20.826$
- $S_m = S_0 = \$15,519.51$
- $S_d = S_0 * d = \$15,519.51 * 0.745 = \$11,564.59$

Para el segundo periodo (t=2) se muestra en ilustración 21.



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

Ilustración 21. Evolución de activo subyacente en n=2

| t=0          | t=1          | t=2          |
|--------------|--------------|--------------|
|              |              | \$ 27,949.46 |
|              |              | \$ 11,749.46 |
|              | \$ 20,826.95 | \$ 20,826.95 |
|              | \$ 4,953.34  | \$ 4,626.95  |
| \$ 15,519.51 | \$ 15,519.51 | \$ 15,519.51 |
| \$ 1,548.31  | \$ 958.77    | \$ -         |

Fuente: Elaboración Propia

Del cual sus valores y resultados son:

- $Su^2 = Su * u = \$20,826 * 1.342 = \$27,949.46$
- $Su = S_m = \$20,826.95$
- $S = Su * d = \$20,826 * 0.745 = \$15,519.51$

Para la función de pago no es más que encontrar el máximo entre el valor de evolución del activo subyacente y el precio de ejercicio y cero, con el cual se tiene para estos últimos nodos, Es decir en t=2( ver ilustración 22).

Ilustración 22. Función de pago en n=2

| árbol trinomial de 2 periodos |              |              |
|-------------------------------|--------------|--------------|
| t=0                           | t=1          | t=2          |
|                               |              | \$ 27,949.46 |
|                               |              | \$ 11,749.46 |
|                               | \$ 20,826.95 | \$ 20,826.95 |
|                               | \$ 4,953.34  | \$ 4,626.95  |
| \$ 15,519.51                  | \$ 15,519.51 | \$ 15,519.51 |
| \$ 1,548.31                   | \$ 958.77    | \$ -         |
|                               | \$ 11,564.59 | \$ 11,564.59 |
|                               | \$ -         | \$ -         |
|                               | \$ 8,617.53  | \$ -         |
|                               | \$ -         | \$ -         |

Fuente: Elaboración Propia

Sus respectivos resultados son:

- $Cu^2 = \max(Su^2 - K, 0) = \max(\$27,949.46 - \$16,200, 0) = \$11,749.46$
- $Cu = \max(Su - K, 0) = \max(\$20,826.95 - \$16,200, 0) = \$4,626.95$
- $C = \max(S - K, 0) = \max(\$15,519.51 - \$16,200, 0) = \$0.00$
- $Cd = \max(Sd - K, 0) = \max(\$11,564.59 - \$16,200, 0) = \$0.00$
- $Cd^2 = \max(Sd^2 - K, 0) = \max(\$8,617.53 - \$16,200, 0) = \$0.00$



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

Ahora solo falta por encontrar el valor de la opción de compra en  $t=1$ , para ello es necesario iterar con las probabilidades ascendente, media y descendente.

$$C = e^{-r\delta t}(P_u C_u + P_m C_m + P_d C_d) \quad (97)$$

Para periodo  $t=1$

- $C_u = e^{-0.0407 \cdot 0.25} (0.209(11,749.46) + 0.549(4,626.95) + 0.24(0.00)) = 4,953.34$
- $C = e^{-0.0407 \cdot 0.25} (0.209(4,626.95) + 0.549(0) + 0.24(0)) = 958.77$
- $C_d = e^{-0.0407 \cdot 0.25} (0.209(0) + 0.549(0) + 0.24(0)) = 0$

Para  $t=0$

- $C = e^{-0.0407 \cdot 0.25} (0.209(4,953.34) + 0.549(958.77) + 0.24(0.00)) = 1,548.31$

Llegando al valor final de la opción de compra para este método de 2 periodos, el siguiente paso es elaborar el árbol trinomial para 3 y 6 periodos, para verificar su exactitud y comparar estos árboles binomiales vs árboles trinomiales para encontrar su error relativo cuando varía el parámetro lambda, encontrar sus valores máximos y mínimos de cada árbol trinomial variando el parámetro lambda "λ".

Se hace la comparativa para estos árboles trinomiales cuando lambda se fijó a 1.5, es decir  $\lambda=1.5$ , los parámetros entonces quedan como se aprecia en tabla 8:

Tabla 8. Variables de salida árbol trinomial

| Parámetros de árboles trinomiales |              |              |              |
|-----------------------------------|--------------|--------------|--------------|
| Número de periodos (n)            | 2            | 3            | 6            |
| Precio de ejercicio (K)           | \$ 16,200.00 | \$ 16,200.00 | \$ 16,200.00 |
| Precio del activo subyacente(S)   | \$ 15,519.51 | \$ 15,519.51 | \$ 15,519.51 |
| Días para vencimiento             | 126          | 126          | 126          |
| Número de días hábiles año        | 252          | 252          | 252          |
| Tiempo de vencimiento en años (T) | 0.5          | 0.5          | 0.5          |
| Tasa de interés anual( $\mu$ )    | 0.0416       | 0.0416       | 0.0416       |
| $r$ (continuo)                    | 0.040757992  | 0.040757992  | 0.040757992  |
| Volatilidad anual( $\sigma$ )     | 0.3922       | 0.3922       | 0.3922       |
| Volatilidad <sup>2</sup>          | 0.15382084   | 0.15382084   | 0.15382084   |
| $e^{-r\delta t}$                  | 0.989862239  | 0.993230022  | 0.996609262  |
| Lambda $\lambda$                  | 1.5          | 1.5          | 1.5          |
| $\delta t=T/n$                    | 0.25         | 0.166666667  | 0.083333333  |



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

| Árboles trinomiales                             |             |             |             |
|---|-------------|-------------|-------------|
| Variables                                       | n=2         | n=3         | n=6         |
| M   | 1.010241588 | 1.006816123 | 1.003402274 |
| V   | 0.04001132  | 0.026323468 | 0.012988845 |
| Factores de escalonamiento ( <i>up y down</i> ) |             |             |             |
| u   | 1.341985186 | 1.271468421 | 1.185100501 |
| d   | 0.745164708 | 0.786492204 | 0.843810292 |
| Probabilidades ( <i>up, medium y down</i> )     |             |             |             |
| pu  | 0.209335327 | 0.211348368 | 0.214202643 |
| pm  | 0.549928814 | 0.551853328 | 0.553728657 |
| pd  | 0.240735859 | 0.236798304 | 0.2320687   |
| pu+pm+pd  | 1           | 1           | 1           |
| Valor de compra                                 | \$ 1,548.31 | \$ 1,567.53 | \$ 1,577.84 |
| Error relativo                                  | 0.74%       | 0.49%       | 1.15%       |

Fuente: Elaboración Propia

Se puede ver claramente que el error relativo para el árbol trinomial es más alto en 1.15% para nuestro árbol con 6 periodos que con el de dos periodos con 0.74% y se sabe que este valor tendría que mejorar cuando es aumentado el número de periodos, el detalle recae en el valor de  $\lambda=1.5$  que se fijó en los tres arboles trinomiales, por lo tanto no se puede dar una afirmación aún, este se detallara más adelante donde se varia el parámetro de  $\lambda$ , lo que se agrega a continuación es la evolución del activo subyacente en las casillas de color amarillo y la evolución de la opción de compra en casillas de color blanco.

Ilustración 23. Árbol trinomial n=2

| árbol trinomial de 2 periodos |              |              |
|-------------------------------|--------------|--------------|
| t=0                           | t=1          | t=2          |
|                               |              | \$ 27,949.46 |
|                               |              | \$ 11,749.46 |
|                               | \$ 20,826.95 | \$ 20,826.95 |
|                               | \$ 4,953.34  | \$ 4,626.95  |
| \$ 15,519.51                  | \$ 15,519.51 | \$ 15,519.51 |
| \$ 1,548.31                   | \$ 958.77    | \$ -         |
|                               | \$ 11,564.59 | \$ 11,564.59 |
|                               | \$ -         | \$ -         |
|                               |              | \$ 8,617.53  |
|                               |              | \$ -         |

Fuente: Elaboración Propia



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

Ilustración 24. Árbol trinomial n=3

| Arbol trinomial de 3 periodos |              |              |              |
|-------------------------------|--------------|--------------|--------------|
| periodo 0                     | t=1          | t=2          | t=3          |
|                               |              |              | \$ 31,900.30 |
|                               |              |              | \$ 15,700.30 |
|                               |              | \$ 25,089.34 | \$ 25,089.34 |
|                               |              | \$ 8,999.01  | \$ 8,889.34  |
|                               | \$ 19,732.57 | \$ 19,732.57 | \$ 19,732.57 |
|                               | \$ 4,147.56  | \$ 3,802.29  | \$ 3,532.57  |
| \$ 15,519.51                  | \$ 15,519.51 | \$ 15,519.51 | \$ 15,519.51 |
| \$ 1,567.53                   | \$ 1,204.62  | \$ 741.55    | \$ -         |
|                               | \$ 12,205.97 | \$ 12,205.97 | \$ 12,205.97 |
|                               | \$ 155.66    | \$ -         | \$ -         |
|                               |              | \$ 9,599.90  | \$ 9,599.90  |
|                               |              | \$ -         | \$ -         |
|                               |              |              | \$ 7,550.25  |
|                               |              |              | \$ -         |

Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 25. Árbol trinomial n=6

| Arbol trinomial de 6 periodos |              |              |              |              |              |              |
|-------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| periodo 0                     | t=1          | t=2          | t=3          | t=4          | t=5          | t=6          |
|                               |              |              |              |              |              | \$ 42,994.12 |
|                               |              |              |              |              |              | \$ 26,794.12 |
|                               |              |              |              |              | \$ 36,278.88 | \$ 36,278.88 |
|                               |              |              |              |              | \$ 20,133.81 | \$ 20,078.88 |
|                               |              |              |              | \$ 30,612.50 | \$ 30,612.50 | \$ 30,612.50 |
|                               |              |              |              | \$ 14,522.17 | \$ 14,467.43 | \$ 14,412.50 |
|                               |              |              | \$ 25,831.14 | \$ 25,831.14 | \$ 25,831.14 | \$ 25,831.14 |
|                               |              |              | \$ 9,803.79  | \$ 9,740.81  | \$ 9,686.07  | \$ 9,631.14  |
|                               |              | \$ 21,796.58 | \$ 21,796.58 | \$ 21,796.58 | \$ 21,796.58 | \$ 21,796.58 |
|                               |              | \$ 5,988.40  | \$ 5,859.48  | \$ 5,742.65  | \$ 5,651.51  | \$ 5,596.58  |
|                               | \$ 18,392.18 | \$ 18,392.18 | \$ 18,392.18 | \$ 18,392.18 | \$ 18,392.18 | \$ 18,392.18 |
|                               | \$ 3,251.92  | \$ 3,064.59  | \$ 2,862.15  | \$ 2,641.62  | \$ 2,404.49  | \$ 2,192.18  |
| \$ 15,519.51                  | \$ 15,519.51 | \$ 15,519.51 | \$ 15,519.51 | \$ 15,519.51 | \$ 15,519.51 | \$ 15,519.51 |
| \$ 1,577.84                   | \$ 1,407.10  | \$ 1,220.77  | \$ 1,012.81  | \$ 771.56    | \$ 467.98    | \$ -         |
|                               | \$ 13,095.52 | \$ 13,095.52 | \$ 13,095.52 | \$ 13,095.52 | \$ 13,095.52 | \$ 13,095.52 |
|                               | \$ 463.17    | \$ 342.46    | \$ 219.84    | \$ 99.90     | \$ -         | \$ -         |
|                               |              | \$ 11,050.14 | \$ 11,050.14 | \$ 11,050.14 | \$ 11,050.14 | \$ 11,050.14 |
|                               |              | \$ 58.70     | \$ 21.33     | \$ -         | \$ -         | \$ -         |
|                               |              |              | \$ 9,324.22  | \$ 9,324.22  | \$ 9,324.22  | \$ 9,324.22  |
|                               |              |              | \$ -         | \$ -         | \$ -         | \$ -         |
|                               |              |              |              | \$ 7,867.87  | \$ 7,867.87  | \$ 7,867.87  |
|                               |              |              |              | \$ -         | \$ -         | \$ -         |
|                               |              |              |              |              | \$ 6,638.99  | \$ 6,638.99  |
|                               |              |              |              |              | \$ -         | \$ -         |
|                               |              |              |              |              |              | \$ 5,602.05  |
|                               |              |              |              |              |              | \$ -         |

Fuente: Elaboración Propia



### Comparativo entre los árboles trinomiales

El parámetro lambda que se tiene en el modelo , se puede ajustar aumentando o disminuyendo , es claro que en el ejemplo donde se fijó esta parámetro para una lambda de 1.5 ( $\lambda=1.5$ ) , el error relativo para un árbol construido de 6 periodos fue menos preciso que para uno de 2 o de 3 periodos, por esta razón se realizó un comparativo más a fondo variando esta significativa variable , para dar un argumento más veraz , se inició estas iteraciones con una  $\lambda=1.1$  aumentado en proporciones de un décimo hasta llegar a  $\lambda=2$ .

Los valores son acotados en la tabla 9 y se pueden apreciar valores mínimos, máximos y el promedio al variar el parámetro  $\lambda$ , las iteraciones empezaron en 1.1 y no en 1, porque las probabilidades al ser tener el valor igual a 1 estas quedan negativas y como se sabe no existen probabilidades negativas.

Tabla 9. Error relativo en los diversos árboles trinomial variando Lambda

| Comparativo entre árboles trinomiales |              |              |              |
|---------------------------------------|--------------|--------------|--------------|
| periodos                              | n=2          | n=3          | n=6          |
| lambda $\lambda=1.1$                  | 1.56%        | 5.48%        | 2.29%        |
| lambda $\lambda=1.2$                  | 2.96%        | 3.65%        | 2.18%        |
| lambda $\lambda=1.3$                  | 2.65%        | 2.58%        | 1.90%        |
| lambda $\lambda=1.4$                  | 1.28%        | 1.61%        | 1.55%        |
| lambda $\lambda=1.5$                  | 0.74%        | 0.49%        | 1.15%        |
| lambda $\lambda=1.6$                  | 3.14%        | 0.84%        | 0.68%        |
| lambda $\lambda=1.7$                  | 5.75%        | 2.39%        | 0.14%        |
| lambda $\lambda=1.8$                  | 8.45%        | 4.10%        | 0.48%        |
| lambda $\lambda=1.9$                  | 11.18%       | 5.95%        | 1.19%        |
| lambda $\lambda=2.0$                  | 13.87%       | 7.88%        | 1.99%        |
| <b>promedio</b>                       | <b>5.16%</b> | <b>3.50%</b> | <b>1.36%</b> |
| mínimo                                | 0.74%        | 0.49%        | 0.14%        |
| máximo                                | 13.87%       | 7.88%        | 2.29%        |

Fuente: Elaboración Propia

Los valores encontrados en dicha tabla 9 muestran que error relativo promedio fue menor en el árbol trinomial de 6 periodos que en cualquier otro árbol construido de estos tres ,el error relativo se tomó considerando el método de Black-Scholes como comparativo, la siguiente conclusión sería decir que para  $\lambda=1.5$  fue más exacto para el árbol trinomial de 3



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

periodos, pero el valor más exacto de todas las iteraciones, es cuando  $\lambda=1.7$  y 6 periodos, el máximo error relativo lo tiene el árbol trinomial de 2 periodos cuando  $\lambda= 2$ .

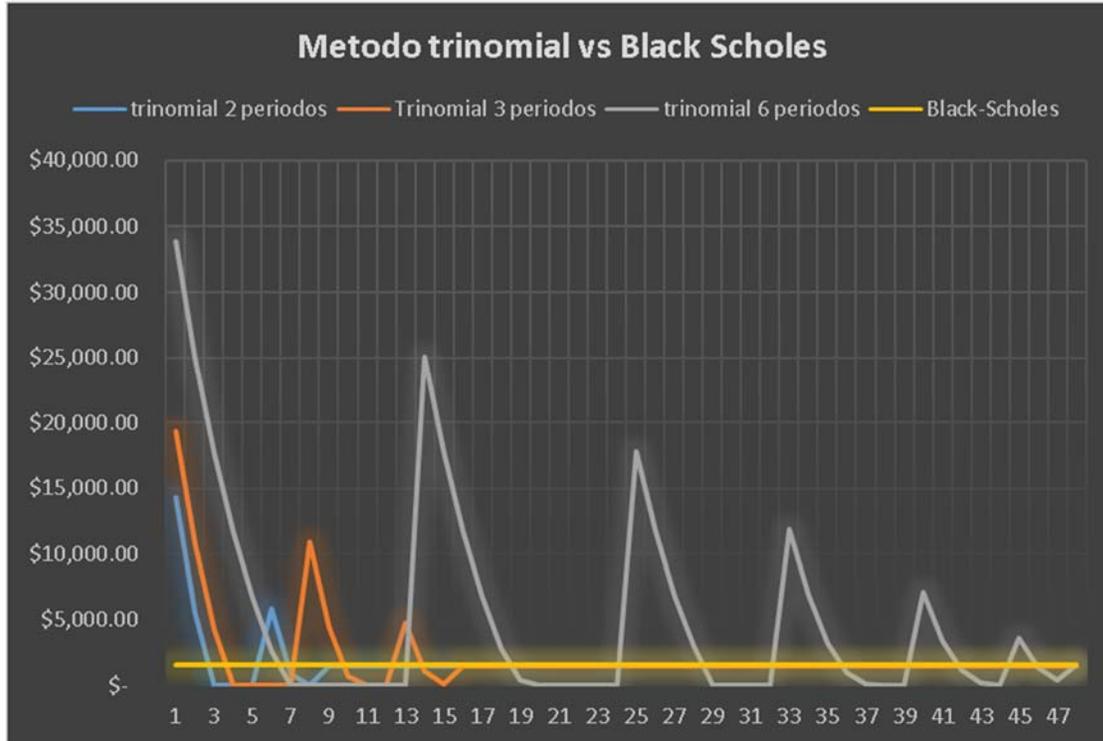
También se resolvió por el método de “*solver* de Excel”, para determinar el valor del error relativo fuese cero en comparación del método Black –Scholes, se cambiara la variables lambda hasta que se ajustara obteniéndose un valor de  $\lambda=1.7236742$  para el árbol de 6 periodos, con el cual el valor de la opción de compra quedo en \$1,559.89.

Tabla 10. Valor de call fijando lambda

| Probabilidades (up,medium y down) |             |            |            |
|-----------------------------------|-------------|------------|------------|
| numero de periodos (n)            | 2           | 3          | 6          |
| pu                                | 0.15538594  | 0.1576746  | 0.1607168  |
| pm                                | 0.66244658  | 0.6627992  | 0.6631232  |
| pd                                | 0.18216748  | 0.1795262  | 0.17616    |
| pu+pm+pd                          | 1           | 1          | 1          |
| Valor de compra                   | \$ 1,460.30 | \$1,516.55 | \$1,559.89 |
| Error relativo                    | 6.38%       | 2.78%      | 0.00%      |
| lambda $\lambda$                  | 1.72        | 1.72       | 1.72       |

Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 7. Método trinomial Vs Black Scholes



Fuente: Elaboración Propia



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

En el grafico no se ve la diferencia entre el valor de la opción del método Black Scholes y los trinomiales, debido a que la variación es mínima entre un 1% a 5%, es por esta razón que se hizo el análisis con los errores relativos, ya que la gráfica no da la información que se necesita.

#### 2.4.4 MÉTODO SIMULACIÓN POR MONTE CARLO

Dentro los modelos que existen para valuar una opción financiera, existe una alternativa propuesta por Boyle en el año de 1977, utilizada también en las opciones reales, en específico cuando éstas son muy complejas.

Al igual que la mayoría de los métodos de valoración de las opciones, este método también tiene la particularidad de los principios de valoración neutral al riesgo y la ausencia de arbitraje.

Estos métodos de simulación comprenden miles de trayectorias sobre la evolución del activo subyacente de la opción, desde el inicio en que se plantea el problema hasta la fecha en la que se realiza la toma de decisión.

Esta simulación se utiliza para simular un conjunto muy grande procesos estocásticos, esta se realiza con una tasa libre de riesgo en la valoración de las opciones y una importante hipótesis que recae en este método, es el uso del logaritmo natural del activo subyacente sigue una procesos geométrico Browniano es decir:

$$S + dS = S * e^{\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)dt + \sigma dz} \quad (98)$$

Los valores de dichas variables son:  $S$  el precio del activo subyacente,  $\mu$ : es la tasa de retorno del activo subyacente,  $\sigma$  es la volatilidad del activo subyacente y  $dz$  es un proceso de Wiener con una media de 0 y desviación estándar de 1.

Una manera para cambiar su forma continua de este modelo a uno discreto, consiste en dividir el tiempo en intervalos  $\Delta t$ , por lo cual el modelo resulta:

$$S + \Delta S = S * e^{\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)\Delta t + \sigma \xi_t \sqrt{\Delta t}} \quad (99)$$

De donde  $\mu$  es la tasa de retorno libre de riesgo del activo subyacente,  $\sigma$  es la volatilidad del activo subyacente,  $\xi$  es un aleatorio que se distribuye en forma normal estándar con media 0 y desviación estándar de 1, es decir  $N(0,1)$  y  $\Delta S$  es nuestra variación en tiempo discreto para  $S$  con el intervalo de tiempo elegido  $\Delta t$ .

Entonces la ecuación para un salto temporal que no paga dividendos es:

$$S_{t+1} = S_t * e^{\left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right)\Delta t + \sigma \sqrt{\Delta t} \varepsilon_t} \quad (100)$$



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

Para el cual  $S_t$  es el precio del activo subyacente,  $r=\mu$  es la tasa de interés libre de riesgo,  $\sigma$  sigue siendo el valor de la volatilidad del activo subyacente y  $\xi$  es un número procedente de una distribución  $N(0,1)$  y  $\Delta t$  es el vencimiento de la opción.

Para el modelo que paga dividendos la ecuación será:

$$S_{t+1} = S_t * e^{\left(r - q - \frac{\sigma^2}{2}\right)\Delta t + \sigma\sqrt{\Delta t}\xi_t} \quad (101)$$

De donde  $q$  es el dividendo generado por el activo subyacente.

La exactitud que se quiera obtener con el método de Monte Carlo dependerá de la cantidad de simulaciones es decir a mayor cantidad de simulaciones mayor exactitud, la desventaja es la rapidez con la que el programa desempeñe la tarea de simulación.

Ejemplo:

Este es el método más comprensible de los métodos vistos en esta tesis y tiene una aproximación más exacta cuando se modela para una cantidad arriba de 1000 simulaciones, este método se desarrolla en Excel, con una cantidad de 1000 simulaciones. Siendo lo más complejo de realizar el número aleatorio que tiene media 0 y una desviación estándar de 1.

La ecuación (100) para modelar este será

$$S_{t+1} = S_t * e^{\left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right)\Delta t + \sigma\sqrt{\Delta t}\xi_t}$$

La cual al introducir las variables del ejemplo:

Tabla 11. Variables de entrada Método Montecarlo

| Método Montecarlo                            |              |
|--|--------------|
| precio de ejercicio (K)                      | \$ 16,200.00 |
| precio del activo subyacente(S)              | \$ 15,519.51 |
| días para vencimiento                        | 126          |
| número de días hábiles año                   | 252          |
| tiempo de vencimiento en años ( $\Delta T$ ) | 0.5          |
| tasa de interés anual( $\mu$ )               | 0.0416       |
| volatilidad anual( $\sigma$ )                | 0.3922       |

Fuente: Elaboración Propia

Introduciendo las variables nos queda, nuestra ecuación:

$$S_{t+1} = 15,519.51 * e^{\left(0.5 - \frac{0.3922^2}{2}\right)0.5 + 0.3922\sqrt{0.5}\xi_t}$$



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

La variable  $\varepsilon_t$  es la que se generara a través de un aleatorio  $N(0,1)$ , el cual esta formulado en Excel como:

$$=DISTR.NORM.INV(ALEATORIO(),0,1)$$

El valor resultante de esta ecuación en las 1000 iteraciones, será la evolución de nuestro activo subyacente, es decir la madurez del precio:

$$C = \max(S_{t+1} - k, 0)$$

El valor de la opción presente

$$v = C * e^{-rt}$$

Por simplicidad se muestra solo algunos valores de la simulación de 1000 datos, cómo se muestra en tabla 12 con 18 valores:

Tabla 12. Simulación de método Montecarlo en Excel

| Método Montecarlo |                   |                      |                    |
|-------------------|-------------------|----------------------|--------------------|
| numero aleatorio  | precio de madurez | función de pago call | valor de la opción |
| -1.898743186      | 9005.805724       | \$ -                 | \$ -               |
| 1.444645799       | 22761.77108       | \$ 6,561.77          | \$ 6,426.70        |
| 0.401111432       | 17042.01685       | \$ 842.02            | \$ 824.68          |
| -1.151522819      | 11079.47216       | \$ -                 | \$ -               |
| -1.277722867      | 10698.41207       | \$ -                 | \$ -               |
| -0.980499195      | 11617.62751       | \$ -                 | \$ -               |
| 0.929538614       | 19731.75264       | \$ 3,531.75          | \$ 3,459.05        |
| 0.215688489       | 16187.81881       | \$ -                 | \$ -               |
| -1.935881352      | 8913.527112       | \$ -                 | \$ -               |
| 0.027492686       | 15364.61601       | \$ -                 | \$ -               |
| 0.582292052       | 17920.19345       | \$ 1,720.19          | \$ 1,684.78        |
| 0.165350161       | 15963.40384       | \$ -                 | \$ -               |
| 1.215777949       | 21361.94618       | \$ 5,161.95          | \$ 5,055.69        |
| -2.394481088      | 7849.013114       | \$ -                 | \$ -               |
| 1.827461867       | 25311.21961       | \$ 9,111.22          | \$ 8,923.66        |
| -1.663423171      | 9613.132279       | \$ -                 | \$ -               |
| 0.565546766       | 17837.16636       | \$ 1,637.17          | \$ 1,603.47        |
| 0.598106304       | 17998.95906       | \$ 1,798.96          | \$ 1,761.93        |

Fuente: Elaboración Propia



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

Con lo cual se obtiene el valor promedio del valor de la opción y se deduce que es el valor que se genera por medio de este método la opción de compra, el valor generado por este modelo varía de acuerdo a las simulaciones, por lo tanto solo se menciona algún resultado posible como \$1,561.59.

El método alternativo para hacer esta simulación en Matlab es el programa (ver ilustración 26):

Ilustración 26. Método Matlab Montecarlo

```
%%%%%%%%%% parámetros de la opción
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
S = 15519.51; % valor del activo subyacente
K = 16200; % precio de ejercicio
r = 0.0416; % tasa libre de riesgo
sigma = 0.3922; % volatilidad
T = 0.5; % tiempo de vencimiento
%%%%%%%%%% método Montecarlo%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% randn('state',0) % número de aleatorios
M=1000000; % número de simulaciones
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
valorfinal=S*exp((r-0.5*sigma^2)*T + sigma*sqrt(T)*randn(M,1));
valoropcion=max(valorfinal-K,0); % opción de compra
valorpresente=exp(-r*T)*valoropcion;

valor_de_opcion=mean(valorpresente); % promedio de las simulaciones
display(valor_de_opcion)
```

Fuente: Elaboración Propia

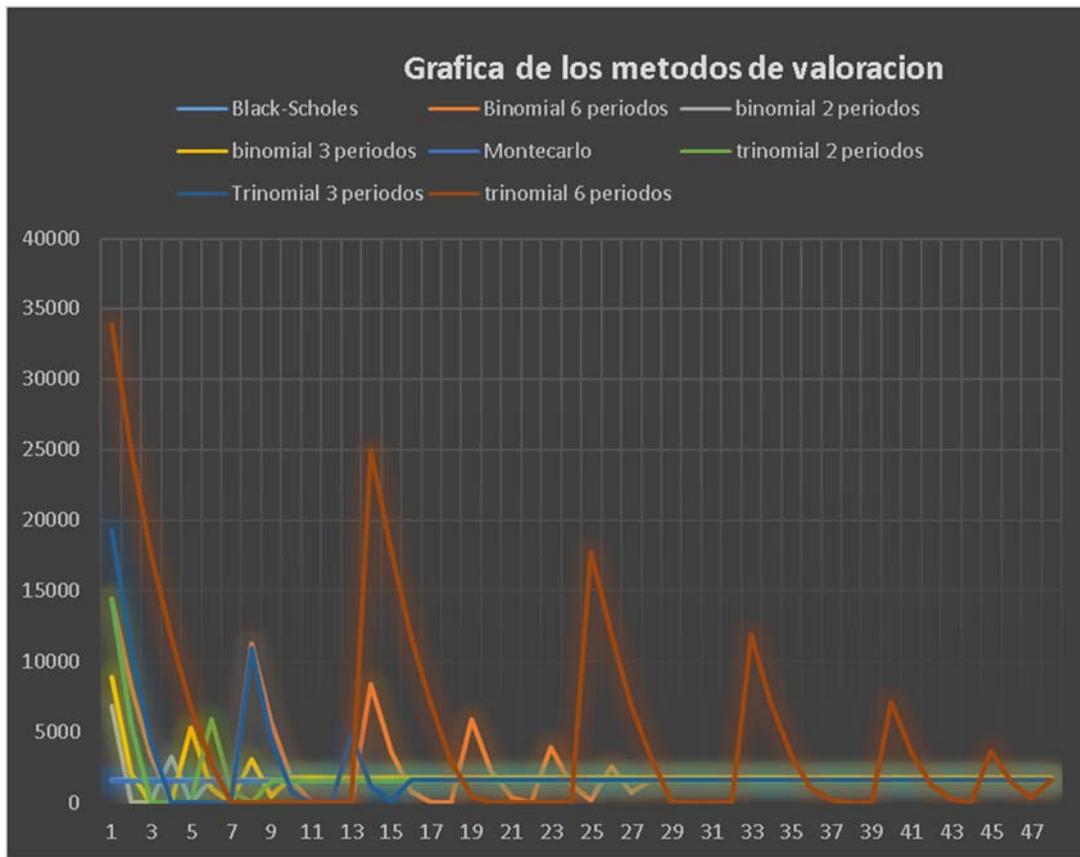
Nuestro resultado es:  
valor\_de\_opcion =1.5657e+03,

El cual traducido es \$1,565.7, el cual resulta muy próximo al valor que nos arroja el método de Black-Scholes con \$1,559,98. Se realiza un comparativo (ver grafica 8) de los métodos utilizados para verificar su convergencia.



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

Gráfica 8. Comparativo de modelos



Fuente: Elaboración Propia

Se detalla la gráfica de los diversos métodos presentados, demostrando que para los árboles binomiales y trinomiales para obtener un mejor desempeño y exactitud, los valores de  $n$ , tiene que ser más grande, el proceso del árbol trinomial se acerca más rápido a la convergencia con menos pasos temporales o periodos en contra del binomial, pero se realizan más iteraciones si se quiere comparar un modelo contra el otro con el mismo número de pasos temporales.

Tabla 13. Error relativo métodos analizados

| Error relativo entre los diferentes metodos de valoración |                     |                     |                     |            |                      |                      |                      |               |
|---|---------------------|---------------------|---------------------|------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------|
| Metodo  | Binomial 6 periodos | binomial 2 periodos | binomial 3 periodos | Montecarlo | Trinomial 2 periodos | Trinomial 3 periodos | Trinomial 6 periodos | Black Scholes |
| error%  | 1.1%                | 3.0%                | 8.0%                | 0.3%       | 5.2%                 | 3.5%                 | 1.4%                 | 0.0%          |

Fuente: Elaboración Propia

Donde nos advierte que el valor del método binomial tiene menos error relativo, pero este valor es debido a que en el error relativo en el modelo trinomial es por promedios de varias



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

iteraciones variando las  $\lambda$  y que si se escoge bien este parámetro este puede superar al valor del árbol binomial en el caso de lambda para 1.7 el método trinomial obtuvo 0.14% error relativo cuando se hace para 6 pasos temporales superando al árbol binomial de 6 pasos temporales.

El método de Monte Carlo puede acercarse a valores muy cercanos al del modelo de Black-Scholes, concurriendo que es un buen método para comparar siempre y cuando existan una cantidad suficiente de simulaciones para que el valor converge con el modelo de Black-Scholes, es decir con más 1000 simulaciones.



## *Capítulo 3*

# *Metodología de las Opciones Reales*



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

### 3. METODOLOGÍA DE LAS OPCIONES REALES

#### INTRODUCCIÓN

El presente capítulo explica la importancia de la metodología de las opciones reales (OR) y su vinculación con las opciones financieras, resaltando su aplicación para la valuación financiera en proyectos de inversión con intenciones de fusión y/o adquisición de las empresas analizadas, justificando la opción aplicable por sus características debido al problema planteado en el trabajo de investigación.

El análisis de las opciones reales es uno de los temas que ha causado interés en la teoría y práctica financieras desde las últimas tres décadas del siglo pasado, convirtiéndose en una de las teorías más importantes por sus cualidades dinámicas que algunas metodologías no ofrecen.

En la actualidad existe una mayor competitividad debida a la globalización económica e incertidumbre existente; así una decisión estratégica llevada a cabo en el presente podría no ser idónea para cambiantes situaciones futuras.

Por esta razón, a la habilidad de seleccionar una adecuada solución se le conoce como flexibilidad administrativa, poderosa herramienta por sus ventajas de adopción temporal debido a cambios o actualizaciones en la información circundante.

Sin embargo, para aplicar correctamente la metodología de opciones reales es preciso identificar bien los parámetros involucrados y características de flexibilidad en los proyectos de inversión.

El propósito de este capítulo es revisar la metodología OR para resaltar su relevancia y aplicación en este trabajo. El punto de partida es el **VPNE** (Valor Presente Neto Extendido), fundamento de las opciones reales; esto permite contar con un mejor panorama sobre la importancia de adoptar OR para el éxito en las diversas estrategias en la toma de decisiones empresariales.

#### CONCEPTOS BÁSICOS

Para entender las metodología de las opciones reales se debe hacer una identificación de todo los aspectos que han hecho de esta metodología parte complementaria de los análisis de inversiones tradicionales; una de características más importantes que tiene este enfoque es la flexibilidad, la cual se deja a un lado visto en enfoques tradicionales; la flexibilidad ofrece beneficios en la toma de decisiones puesto que puede mejorar las características financieras y económicas de las inversiones, conllevando decisiones más oportunos y reduciendo en alguna medida el riesgo involucrado en este capítulo



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

### 3.1 LA INTRODUCCIÓN DE LA FLEXIBILIDAD

Las metodologías tradicionales<sup>19</sup> revisadas en los capítulos anteriores como; el Valor Presente Neto, es uno de los criterios de comparación con OR más empleado por las empresas y altos directivos, debido a su objetivo generalizado “maximizar el valor de la empresa, para sus dueños o accionistas”, debido a que la metodología indica en cuanto se prevé que aumente el valor de una empresa si se realiza dichos proyectos que se están valorando, aunque no toma en cuenta riesgo y flexibilidad.

El criterio considerado para esta metodología en un proyecto de inversión es cuando el VPN (Valor Presente Neto) es positivo o cercano a cero, es decir cuando la suma de la totalidad de los flujos de caja esperados descontados a una tasa apropiada al riesgo del proyecto supera al costo de dicho proyecto, y por el contrario, si el VPN fuese negativo es recomendable no invertir en dicho proyecto de inversión.

Sin embargo, bajo esta metodología del VPN existen supuestos por lo cual el resultado puede estar afectado por las siguientes variables:

El valor que promete generar los flujos de caja del análisis de VPN, pueden ser reemplazados por valores medios esperados y estos se pueden tratar como valores conocidos y estables desde un principio. Con OR quienes evalúan proyecto bajo esta aseveración, dejan la posibilidad de modificar o adaptar dicha gestión a largo de la vida del proyecto, siendo aquí donde la flexibilidad operativa pueda agregar valor al proyecto.

La tasa de descuento es conocida y se mantiene a lo largo de la vida del proyecto y este bajo ciertos casos, puede ser distinto o variable en lo que es llevado a cabo el proyecto, discusión por la cual el riesgo no es constante y deja de ser práctico.

La necesidad de proyectar los precios esperados a lo largo del horizonte planificado puede ser limitada, ya que los flujos podrían cambiar de forma estocástica.

Sin embargo cabe mencionar que la metodología de VPN, se adapta a proyectos de inversión sin demora, que se ajusta a circunstancias propias en un periodo de corto plazo, Con la metodología de OR se puede tomar en cuenta la flexibilidad operativa que da al proyecto esa oportunidad de manejar la estrategia de diversas maneras, ajustándose y sacando partido de la eventualidad a futuro para maximizar los flujos y minimizar riesgos.

Entonces la regla general del VPN, como se mencionó, conviene usar cuando el valor supera a los costos propios del proyecto, pero es incorrecto en horizontes de mayor duración, ya que se ignoran

---

<sup>19</sup> Métodos tradicionales para evaluación de proyectos de inversión: Valor Presente Neto, Tasa Interna de Retorno, Periodo de Recuperación de la inversión, Razón costo Beneficio e Índice de Rentabilidad, Los cuales se basan en descontar flujos esperados dado una tasa de descuento.



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

detalles como los riesgos y costos de oportunidad asociados a la eventualidad de nuevos sucesos e información reciente.

Esta adopción de agregar al análisis riesgo y flexibilidad al valor presente neto, es el enfoque de las opciones reales y se le conoce como Valor Presente Neto Extendido (VPNE)<sup>20</sup>.

$$VPNE = VPN + VALOR DE LA OPCION^{21} \quad (102)$$

### 3.2 LIMITACIONES DEL VALOR PRESENTE NETO

Las principales limitaciones del VPN surgen debido a que este es un método desarrollado inicialmente para la valuación de los bonos sin riesgo y cuya utilización se extendió también a la valuación de los proyectos de inversión reales (se hace una analogía entre los cupones del bono y los flujos de efectivo del proyecto). Sin embargo, la analogía apropiada dependerá del tipo de proyecto analizado; así, en el caso de los recursos naturales, en los proyectos I+D y en general proyectos de inversión empresarial, las opciones reales resultan ser una mejor alternativa de valuación.

Como se ha indicado, las Opciones Reales son aquellas cuyo activo subyacente es un activo real como por ejemplo: un inmueble, un proyecto de inversión, una empresa, una patente, etc.

El VPN estático (pasivo) sólo es capaz de valorar proyectos de inversión con baja incertidumbre y sin flexibilidad administrativa. Así pues, el VPN de un proyecto puede verse como un valor base que debe ser extendido al añadir el valor de la flexibilidad para limitar las pérdidas así como para incrementar las ganancias potenciales. Como la flexibilidad administrativa da el derecho, pero no la obligación de ejercer, el comportamiento tipo opción se vuelve claro, la prima de una opción (*option premium*) necesita ser agregada al VPN estático, i.e. esta prima refleja el valor de la flexibilidad administrativa. Por lo tanto, el verdadero valor (o valor global) de un proyecto de inversión en la actualidad se ve reflejado en el Valor Presente Neto Extendido o Estratégico, como ya se había planteado anteriormente.

Consecuentemente, la regla del VPN para valorar proyectos se mantiene. No obstante, es necesario agregar un componente dinámico que contenga el valor de las opciones reales de una administración activa o dinámica. Esto es, para que un proyecto de inversión sea realizable el valor

---

<sup>20</sup> También conocido por algunos autores como valor presente neto total o VAN total.

<sup>21</sup> Conocido también por sus siglas en inglés (*Extended Net Present Value, ENPV*), traducido al español Valor Presente Neto Extendido y *NPV*; *net present value* (Valor Presente Neto) estático.



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

presente de los flujos de efectivo esperados deberá ser superior a su costo de adquisición e instalación, al menos, en una cantidad igual al valor de mantener viva la opción de inversión.

Como el valor de las opciones tiende a ser positivo, el VPN estático (pasivo) conduce a una infravaloración de los proyectos de inversión. Incluso puede ser útil tomar un proyecto aun cuando su VPN estático sea negativo, siempre y cuando el valor de las opciones reales sea lo suficientemente grande como para proporcionar un Valor Presente Neto Extendido positivo el cual se puede resumir en las siguientes formulaciones para su mejor comprensión:

$$\begin{aligned}
 VPNE &= (VPN +) + (OR+) \\
 VPNE &= (VPN +) + (OR-) \\
 VPNE &= (VPN -) + (OR+)
 \end{aligned}
 \tag{103}$$

### 3.3 LA IMPORTANCIA DE LA FLEXIBILIDAD

La valoración existente en un proyecto de inversión a través de la metodología de las OR puede ser afectada por el grado de; incertidumbre, irreversibilidad, experiencia y / o habilidad del decisor.

Si el valor determinado por el proyecto de inversión fuese muy elevado, carecería de sentido hacer valida la flexibilidad, sea cual sea la postura de esta, muy seguramente el proyecto no sería cuestionable y este sería aceptado para realizarlo. Y cuando el VPN fuese cercano a cero y se tenga una flexibilidad donde se pueda obtener un gran beneficio, este podrá entrar como una opción de diferir, el cual creara un gran valor, al permitir ver cómo se desarrolla dicho proyecto en un futuro.

Ilustración 27. El valor de la flexibilidad operativa

|  |      | INCERTIDUMBRE PROBABILIDAD DE RECIBIR NUEVA INFORMACION |  |
|--|------|---|--|
|  |      | BAJA  | ALTA                                     |
| ESPACIO PARA LA FLEXIBILIDAD OPERATIVA | ALTA | VALOR DE LA FLEXIBILIDAD <b>MODERADO</b>                | VALOR DE LA FLEXIBILIDAD <b>ALTO</b>     |
|  | BAJA | VALOR DE LA FLEXIBILIDAD <b>BAJO</b>                    | VALOR DE LA FLEXIBILIDAD <b>MODERADO</b> |
| POSIBILIDAD PARA RESPONDER             |      |   |  |

Fuente: Juan Mascareñas (2004)

La *incertidumbre* como se ha mencionado, es analizada por los directivos y este es identificable en algunos casos con una función de distribución probabilística, pero en los casos que no exista la



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

información pertinente para poder reconocer dicha distribución, será muy difícil atacar el problema desde un punto de vista científico, ya que es difícil modelar una decisión cuando no se puede valorar.

Otro punto importante al igual que la incertidumbre es la **irreversibilidad**, la cual debe de ser manejada con un análisis cauteloso, debido a que en gran medida las inversiones suelen ser irreversibles y una vez adjudicado el proceso de inversión estas no pueden regresar a su estado original sin perder gran parte de su valor inicial, por lo que esta incertidumbre se trata de minimizar aplazando el proyecto o descomponiendo en varias etapas el proyecto hasta lograr disminuir en gran medida la incertidumbre.

También existen situaciones en la que la flexibilidad administrativa, no afecta las decisiones de inversión de las empresas, y están ocurren en casos como cuando los altos directivos tienen concentrada y perfectamente reconocida la información, el proceso de selección se reduce a elegir la que más convenga de entre todas las alternativas posibles y no existe la necesidad de una administración activa que mejore el desempeño de dicha inversión, como se puede notar este no es el caso de ningún negocio actual ya que no se cuenta con dichos privilegios en la información.

Por lo tanto para mitigar los efectos de pérdida y riesgo en los proyectos de inversión, es necesario saber explotar esta flexibilidad administrativa, y por consiguiente la podemos definir como la habilidad con la que un sistema económico reacciona ante cambios inesperados desde su interior y exterior para alcanzar o reformular una meta específica a lo largo de una estrategia de inversión, es decir la flexibilidad adopta información reciente y la convierte para su conveniencia de éxito en respuesta a cambios que alteran una estrategia base.

### 3.4 ESTRUCTURA DE LA FLEXIBILIDAD ADMINISTRATIVA

La flexibilidad administrativa contiene diversas facetas dentro de su estructura, ya que se puede descomponer; en operativa, financiera y estratégica, siendo cada una tan importante por su papel que juega en un proyecto.

- **Flexibilidad operativa:** Referente a la forma de operar en un proyecto, la forma en cuanto se ejecuta una acción y se ajusta a lo demandado por información reciente, optimizando las operaciones para dar respuesta a estos cambios imprevistos, esto es, se identifica e implementa las iniciativas de flexibilidad.
- **Flexibilidad estratégica:** Es la capacidad de reestructurar el proyecto o empresa, en cuanto a un cambio, La flexibilidad estratégica consiste en la identificación de los factores externos que podrían inducir el cambio dentro de una empresa, la asignación de recursos para hacer frente a las amenazas potenciales y actuar rápidamente para afinar las estrategias actuales para una mayor adaptación a estos cambios. Una de las ventajas asociadas con la flexibilidad estratégica como una estrategia de gestión es que permite a los administradores realizar ajustes a las metas y asignación de recursos para hacer frente a las siempre cambiantes



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

circunstancias, en vez de adherir ciegamente a los planes y metas obsoletas o irrelevantes. Una debilidad asociada a esta estrategia es la incertidumbre. Los administradores no pueden saber con certeza si los planes y metas que cambiaron serán eficaces.

- **Flexibilidad financiera:** Referente a la capacidad de gestionar las estructura de capital de la empresa, para incrementar su valor y disminuir riesgos en circunstancias dinámicas.

Por lo tanto su validez e importancia que genera la flexibilidad, debe de ser considerada en las empresas y/o proyectos que tienen un ambiente de incertidumbre e irreversibilidad, ya que se crea un nuevo panorama en la inversión sobre expectativas a mejorar en situaciones de desempeño de las empresas, esta es un razón suficiente para que los administradores, contemplen en los proyectos de inversión real, ya que la flexibilidad agrega valor a la empresa.

### 3.5 VALUACIÓN FINANCIERA

La valuación de una empresa o proyecto de inversión que contiene la posibilidad de flexibilidad futura no puede realizarse solamente a través de las técnicas de actualización de flujos futuros. La consideración de las opciones reales supone una modificación importante en la cuantificación de los flujos de caja esperados por la empresa tomando en cuenta las volatilidades. La principal crítica que se les atribuye a los criterios clásicos es que no consideran la modificación en las decisiones de gestión conforme se resuelven las fuentes de incertidumbre bajo las que se tomaron las decisiones iniciales, y por tanto no se asigna adecuadamente el valor que de tales decisiones se deriva.

Los criterios tradicionales de valuación de inversiones realizan supuestos implícitos sobre el escenario esperado de los flujos de caja y presuponen que los directivos se mantendrán pasivos una vez decidida la estrategia o la puesta en marcha del proyecto. Para tratar de paliar esta deficiencia, en la literatura se propone la utilización de modelos de descomposición, como los árboles de decisión, que permiten reconocer la flexibilidad de la empresa en su toma de decisiones. Sin embargo, para poder calcular el beneficio esperado, es necesario asignar a priori probabilidades de ocurrencia a cada posible estado de la naturaleza.

La metodología basada en las opciones reales posibilita reconocer la flexibilidad de las decisiones de la empresa sin que afecte la probabilidad de ocurrencia de los sucesos, ya que permiten obtener probabilidades 'neutrales al riesgo'. Esta importante ventaja sobre los métodos anteriores, ha hecho que sean múltiples los trabajos de opciones reales que se han centrado en contrastar las deficiencias en la valoración a través de los modelos clásicos cuando los proyectos de inversión encierran opciones futuras.

No obstante, la valoración a través de opciones reales supone una complejidad analítica mayor que la de los métodos clásicos o los árboles de decisión. Destacan en este sentido los trabajos realizados por Trigeorgis (1991 y 1993) y Perlitz, Peske y Schrank (1999) en los que se reconoce la dificultad existente en la valoración de opciones reales, la importancia que representa la interacción entre las



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

distintas opciones de un mismo proyecto o la existencia de múltiples modelos de valoración, cada uno de ellos más o menos apropiado teniendo en cuenta las características de los datos que se utilizan como insumos del modelo. Todos estos problemas han llevado a que distintos autores traten de estimar el valor de la cartera de opciones de una empresa de forma indirecta.

Desde que Myers (1977) destacó la importancia de las opciones reales en el valor de la empresa, han aparecido diversos trabajos que introducen el valor de las opciones reales de la empresa como una parte importante dentro del valor de sus activos. Así, siguiendo a Myers (1977 y 1996), el activo total de la empresa se compone de dos elementos básicos: inversiones ejecutadas y en funcionamiento (que recoge el valor de los activos tangibles e intangibles que actualmente posee y utiliza la empresa) y oportunidades futuras de inversión (opciones reales).

### **3.6 LAS OPCIONES REALES COMO UNA EXTENSIÓN DE LAS OPCIONES FINANCIERAS**

La metodología de las opciones reales es la extensión de la teoría de las opciones financieras a las opciones sobre activos reales (no financieros). Mientras que las opciones financieras se detallan en un contrato y son negociables en los mercados, las opciones reales son objeto de estudio por las empresas, las cuales deben de realizar inversiones estratégicas, bien identificadas y bien especificadas. El paso de las opciones financieras a las opciones reales requiere una filosofía determinada, una forma de ver las cosas que introduzca la disciplina de los mercados reales en las decisiones internas de la inversión estratégica. Es decir, las opciones reales constituyen una filosofía importante en relación a la valuación y a la toma de decisiones estratégicas.

Esta metodología tiene una vital importancia sobre las demás metodologías porque proporciona a los directivos e inversionistas, la adecuada información para seleccionar entre diversas oportunidades de planificación y gestión de estas inversiones estratégicas, es decir flexibilidad, como ya se ha resumido en secciones anteriores.

### **3.7 DEFINICIÓN DE LAS OPCIONES REALES**

Las opciones reales tienen una íntima relación con las opciones financieras por lo cual se debe hacer hincapié a sus similitudes y a su planteamiento de solución, con lo cual la definición de una opción financiera es:

- ***“Títulos financieros derivados que por el pago de una prima (precio de la opción) se le da a su comprador el derecho, más no la obligación de comprar o vender un activo subyacente a un precio de ejercicio determinado”.***

Este termino de opciones reales fue introducido por Stewart C. Myers de la *sloan school of management del MIT* [Myers, 1977], y fue utilizado para referirse a la aplicación de opciones



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

financieras en la valoración de bienes no financieros, en específico a la inversión en activos reales que presentan un campo de flexibilidad. Y así adoptar el vacío que existía entre planeación estratégica y las finanzas.

En este sentido y análogamente, una opción real se define como:

- *“Una opción real es el derecho, pero no la obligación, de tomar una acción (por ejemplo, diferir, expandir, contratar, o abandonar) a un precio determinado llamado precio de ejercicio, durante un periodo de tiempo determinado (vida de la opción).”*

### **3.8 MÉTODO DE VALUACIÓN (VALOR PRESENTE NETO EXTENDIDO)**

El método de las opciones reales valúa la flexibilidad administrativa mediante la interpretación de esta como opciones sobre valores reales, las cuales pueden ser valuadas con métodos muy similares a los utilizados para valorar opciones financieras.

La idea de las opciones reales descansa sobre tres pilares básicos:

1. Identificar la flexibilidad administrativa como opciones, la función de valor, en comparación a la del VPN (estático) debe contar con un sumando extra, una prima representando el valor de la flexibilidad.
2. La analogía entre las opciones reales y las financieras, y sus respectivas limitaciones deben ser establecidas.
3. Las hipótesis que deben cumplirse para poder valorar las opciones reales como opciones financieras deben especificarse.

### **3.9 ANALOGÍA ENTRE LAS OPCIONES FINANCIERAS Y OPCIONES REALES Y LA CARACTERÍSTICA DE SUS VARIABLES**

Para entender el funcionamiento de las opciones reales, primeramente tenemos que recurrir a la analogía que existe entre una inversión real y una inversión financiera, que es el fundamento sobre el que recae nuestro tema de interés, cuando existen contratos financieros y estos tengan una estructura de riesgo, que las opciones reales asociadas con una flexibilidad administrativa, los modelos que usan para valorar estos también pueden ser considerados para valorar la flexibilidad, queda claro que desde este punto de vista se interpretaría a la flexibilidad como opciones de activos reales y estos ser valuados con la teoría de valoración de opciones.

La analogía entre el concepto de las opciones financieras y la flexibilidad administrativa descansan en la similitud entre el pago y la estructura del riesgo.



## Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

Para entender más sobre esto supónganse que existen alternativas de inversión en una empresa, que desde luego, que si se tiene un esquema favorable, la decisión en el momento indicado este puede atraer ventajas hacia los administradores, dueños e inversionistas, pero que quizás también al realizar esta decisión en un periodo posterior podría tener o no dichas ventajas, bajo el esquema de valuación de opciones, se tendrá entonces la opción de adquirir dicho proyecto de inversión (precio de activo subyacente) y un costo de dicha inversión hasta que se termine el plazo de vencimiento (precio de ejercicio), bajo estas premisas, se puede considerar a que el comportamiento de la inversión real, ahora llamada opción real tiene un comportamiento asimétrico con la de pago observada en las opciones financieras.

Como ya se tratado el tema de las opciones financieras, la similitud que recae en las opciones reales también tiene 6 variables:

El precio del activo subyacente (S): Este indica el precio actual de activo real que se esté tratando, tal puede ser el valor presente de los flujos de efectivos que se espera generar del activo subyacente, en el caso de la opción financiera este valor se puede conocer exactamente, mientras en la opción real, el valor que se trata puede ser propuesto por expertos o quizás aproximado del valor actual/ presente del activo subyacente real.

El precio de ejercicio (K): En la opción real indica el precio a pagar por hacerse con el activo real subyacente, es decir, cuando es una compra (*call*) de un activo real subyacente o una venta (*put*) cuando se vende dicho activo real subyacente, es decir mediante el uso de los flujos de efectivo, este se verá reflejado en un desembolso inicial, cuando se realice la compra o proyecto de inversión o el precio al que el propietario del activo real subyacente tiene derecho a venderlo, si la opción es de venta.

El tiempo hasta el vencimiento (T): Tiempo de que dispone su propietario para poder ejercer la opción. En el caso de las opciones reales, cuanto mayor sea el intervalo de tiempo que se tiene de margen para demorar la decisión final, mayor será la posibilidad de que los acontecimientos se desarrollen de forma favorable aumentando la rentabilidad del proyecto. Es claro que si dichos acontecimientos fueran contrarios a los intereses de los directivos, estos renunciarían a realizar el proyecto evitando así una pérdida innecesaria.

El riesgo o volatilidad ( $\sigma$ ): Desde el punto de vista de las opciones reales, la volatilidad indica cuán equivocadas pueden estar las estimaciones acerca del valor promedio del activo real subyacente. Cuanta más incertidumbre exista acerca de su valor mayor será el beneficio que se obtendrá de la captación de información antes de decidir a realizar, o no, el proyecto de inversión.

Tasa de interés libre de riesgo (r): Refleja el valor temporal del dinero. Un aumento en la tasa de interés libre de riesgo produce un descenso del valor del activo subyacente (al penalizar el valor presente de los flujos de efectivo esperados) y, al mismo tiempo, reduce el valor presente del precio de ejercicio. Por lo general, pero no siempre, el efecto neto resultante induce a pensar que un



## Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

aumento de la tasa de interés libre de riesgo provoca un aumento del valor de la opción de compra (y un descenso en el valor de la opción de venta).

Los dividendos (D): Dinero líquido generado por el activo subyacente durante el tiempo que el propietario de la opción la posee y no la ejerce. Si la opción es de compra, este dinero lo pierde el propietario de la opción (porque si se habla de una opción de compra de acciones, mientras esta no se ejerza su propietario no será accionista y por tanto, no tendrá derecho a los dividendos). En el caso de las opciones reales de compra, es el dinero que genera el activo real subyacente (o al que se renuncia) mientras que el propietario de aquella no la ejerza.

La analogía que se tiene entre las opciones financieras y las opciones reales no es exacta, no se obliga a las opciones reales a encuadrarse en un marco de opciones financieras convencionales, los resultados pueden ser engañosos. Una diferencia clave entre las dos es el precio de ejercicio mientras en una opción financiera este es normalmente fijo, en una opción real, este asociado a un costo de desarrollo y puede ser volátil, fluctuando con las condiciones del mercado.

Otra diferencia clave que tienen es la incertidumbre que rodea al activo subyacente, en una opción financiera, la incertidumbre es externa, el arreglo es entre dos el oferente y el comprador de la opción, ninguno de los puede influir en la tasa de retorno sobre las acciones de la compañía<sup>22</sup>, por el contrario una compañía que tenga una opción real puede incidir en el activo subyacente, por ejemplo mediante el desarrollo de nuevas tecnologías para el activo y en las acciones de los competidores, ya que esta puede desarrollar una propiedad adyacente en un instante y esta afectara la naturaleza de la incertidumbre con que se enfrenta la compañía.<sup>23</sup>

Estas seis variables de las opciones financieras y reales se pueden resumir como se muestra:

Ilustración 28. Opción financiera Vs. Opciones reales

| Opción financiera de compra  | Variable | Opción real "compra"   |
|------------------------------|----------|--|
| Precio del activo financiero | S        | Valor presente de los activos operativos que se van a adquirir               |
| Precio de ejercicio          | K        | Gastos requeridos para adquirir los activos del proyecto (inversión inicial) |
| Tiempo hasta el vencimiento  | T        | Tiempo que se puede demorar la decisión de inversión                         |

<sup>22</sup> El caso de los ejecutivos de una empresa que reciben opciones sobre acciones como incentivo para mejorar el valor de la compañía constituye una excepción.

<sup>23</sup> Copeland y Antikarov 111-112



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

| Opción financiera de compra                        | Variable   | Opción real "compra"  |
|--|------------|---|
| Varianza de los rendimientos del activo financiero | $\sigma^2$ | Riesgo de los activos del proyecto                                |
| Tasa de interés libre de riesgo                    | r          | Valor del dinero en el tiempo                                     |
| Dividendos del activo subyacente                   | D          | Flujos de efectivo a los que se renuncia por no ejercer la opción |

Fuente: Elaboración Propia

No obstante, la analogía entre las opciones reales y financieras no es completa. Aunque las opciones reales pueden, como las opciones financieras, ser contratos específicos, también suelen ser oportunidades de tomar alguna acción en particular. Esto implica que los parámetros que determinan el valor de la opción no necesariamente se encuentran predeterminados. Por último, el término "opción sobre un activo real" debe ser definido adecuadamente. El valor de un activo queda determinado por el valor presente de los flujos de efectivo futuros generados por dicho activo. Esto implica que una secuencia de flujos de efectivo futuros está asociada a cada activo.

En resumen, las opciones reales representan las oportunidades de actuar, las cuales dan a su poseedor el derecho y la posibilidad de intercambiar el valor de los flujos de efectivo de un activo subyacente por el costo necesario para ejercer la opción.

Por lo que en principio una empresa se compone de un portafolio de opciones reales, el cual debe ser administrado de manera óptima.

En la literatura, existen distintas variantes a las opciones reales por lo que se pueden mencionar entre las más sobresalientes:

- Opción de invertir
- Opción de diferir (*option to defer*)
- Opción de aprendizaje (*learning option*)
- Opción de ampliar (*scale up option*)
- Opción de abandono (*option to abandon*)
- Opción de alterar la escala de producción (*option to alter operating scale*)
- Opción de intercambio (*switch up option or switch down option*)
- Opción de reducir (*scale down option*)
- Opción de crecimiento (*growth option*)
- Opción de cierre temporal (*option to temporarily shut down*)
- Opción compuesta (*compound option*)
- Opción arco iris compuesta (*compound rainbow option*)



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

A partir de la clasificación anterior, se puede concluir que casi todo tipo de flexibilidad administrativa puede ser interpretada como una opción real y de este modo, la analogía entre las opciones reales y financieras se mantiene al menos en un nivel conceptual. De esta manera, para valuar la flexibilidad administrativa, es necesario revisar que las hipótesis para valuar opciones financieras también se cumplan para las opciones reales.

Algunos ejemplos de las anteriores clasificaciones son acotadas en la ilustración 29 y se describe brevemente<sup>24</sup>.

Ilustración 29. Opciones y ejemplos

| TIPO DE OPCIÓN        | INDUSTRIAS A LA QUE SE PERTENECE  |
|-----------------------|---|
| CRECIMIENTO           | PROYECTOS DE INVERSION QUE SE DIVIDE EN VARIAS FASES COMUNMENTE EN INVESTIGACION Y DESARROLLO I+D     |
| APLAZO                | RECURSOS NATURALES Y CONSTRUCCION   |
| EXPANSION/CONTRACCION | INDUSTRIAS DONDE SE PUEDE REGULAR LA TASA DE PRODUCCIÓN   |
| ABANDONO              | CAPITAL INTENSIVO E INDUSTRIAS CON ALTOS COSTOS VARIABLES   |
| SWITCHING             | INDUSTRIAS CON DIFERENTES METODOS DE PRODUCCION   |
| COMPUESTAS            | PROYECTOS DE INVERSION CON DIVERSAS FASES   |
| ARCOIRIS              | INDUSTRIA FARMACEUTICA DONDE EXISTEN DIVERSAS FUENTES DE INCERTIDUMBRE;RIESGO DE MERCADO Y DE MERCADO |

Fuente: Elaboración Propia

### 3.10 TIPOS DE OPCIONES REALES DE ACUERDO CON SU FLEXIBILIDAD ADMINISTRATIVA

La valuación y gestión de las opciones reales con la flexibilidad, es muy importante, primero identificarlas, clasificarlas y tratar cada uno de los casos de acuerdo a sus particularidades de evaluación. De esta forma, se puede hacer una clasificación de acuerdo a la perspectiva administrativa, así como una respecto a la perspectiva de evaluación. Aunque las dos visiones están íntimamente relacionadas, esta diferenciación permite hacer hincapié en las implicaciones económicas del método de opciones reales sin dejar de lado las particularidades del proceso de valuación. Es fundamentalmente importante tener en mente estas dos visiones y poder relacionar

<sup>24</sup> En secciones posteriores se detallara con más profundidad el tipo de opción



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

la visión administrativa de la flexibilidad con la visión de su valuación, para facilitar la aplicación del método y utilizar adecuadamente las herramientas de valuación.

De este modo se desarrollara la clasificación de las opciones reales desde la perspectiva de flexibilidad administrativa.

La flexibilidad administrativa, puede relacionarse con proyectos de inversión futuros (opciones reales estratégicas (*strategic real options*) o con proyectos que ya están en marcha (opciones reales operativas (*operative real options*)). Mientras que estos dos tipos de opciones hacen referencia a los activos de la empresa, las opciones reales de financiamiento (*financial real options*) se refieren a la flexibilidad del capital de la empresa.

### 3.10.1 OPCIONES REALES ESTRATÉGICAS

Las opciones reales estratégicas son llevadas a cabo por empresas que implementan nuevos proyectos de inversión para explorar y evaluar futuras y potenciales estrategias de negocios. Este tipo de proyectos son difíciles de analizar con los modelos basados en los flujos de caja descontados, ya que la mayor parte de los beneficios se reciben en forma de opciones para acciones futuras relacionadas con el negocio. Los proyectos que crean este tipo de opciones quizá sean muy valiosos, pero resulta difícil medir dicho valor. El ejemplo típico son los proyectos de I+D, importantes y valiosos para muchas empresas porque crean opciones para nuevos productos y procesos de fabricación. Otro ejemplo característico es el de los programas piloto. En estos casos, el programa piloto es una opción valiosa para la dirección. La empresa no está obligada a tener un programa piloto, pero es posible que el nuevo producto o proceso no sea exitoso y, en este caso, el gasto de la operación piloto podría haber ayudado a la empresa a evitar un costoso fracaso. El valor de la posibilidad de tomar proyectos adicionales o de eliminar algunos previamente tomados en el futuro para crear nuevos activos estratégicos. Estos activos estratégicos pueden ser tangibles como las unidades de producción, o intangibles, como la capacidad de organización, la tecnología, la posición en el mercado, etc. Las opciones estratégicas pueden entenderse como la flexibilidad que la empresa tiene para crear y explotar sus oportunidades de negocios futuras.

Algunos ejemplos de opciones reales estratégicas son:

- Opciones de crecimiento (*growth options*)
- Opciones de fusión y adquisición (*Mergers and acquisitions options*)<sup>25</sup>
- Empresa en conjunto (*Joint venture options*)<sup>26</sup>
- Seguros y alianzas estratégicas (*strategic alliances and insurances*)

---

<sup>25</sup> Acrónimo del inglés *M&A options*

<sup>26</sup> *joint venture* significa, literalmente, ‘aventura conjunta’ o ‘aventura en conjunto’. Sin embargo, en el ámbito de lo jurídico no se utiliza ese significado: se utilizan, por ejemplo, términos como «alianza estratégica» y «alianza comercial», o incluso el propio término en inglés. El *joint venture* también es conocido como «riesgo compartido»



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

- Opciones de desinversión (*divestment options*)

### 3.10.2 OPCIONES REALES OPERATIVAS

En contraste con las opciones estratégicas, las opciones operativas reflejan el valor de la flexibilidad de administrar los activos existentes. Esto quiere decir que la estrategia operativa puede ser ajustada en respuesta a los cambios graduales de la incertidumbre y consecuentemente se puede generar una influencia positiva en los flujos de efectivo futuros. Las opciones operativas no crean nuevos activos pero mejoran el desempeño de los activos existentes. Aún más, las opciones operativas pueden añadirse al proyecto, como la opción de parar la producción temporalmente, la opción de intercambiar una parte del proceso de manufactura, etc.

Las opciones reales operativas pueden ser clasificadas en:

- Opciones de entrada (*input options*)
- Opciones de proceso (*process options*)
- Opciones de salida (*output options*)
- Opciones de incrementar o disminuir (*expansion/contraction options*)

Frecuentemente, las opciones operativas y estratégicas se encuentran muy relacionadas, debido a que si se tiene flexibilidad en los activos reales (existentes/operativos), implica tener flexibilidad estratégica futura.

### 3.10.3 OPCIONES REALES DE FINANCIAMIENTO

El último tipo de opción (opciones reales de financiamiento) que proporciona valor, es la habilidad de cambiar la estructura de capital de una empresa durante el curso del proyecto. Básicamente, hay dos fuentes de valor en las decisiones de financiamiento. La primera tiene que ver con el comportamiento (tipo opción) del valor líquido a causa de sus responsabilidades limitadas. La segunda es causa de la flexibilidad de recapitalización, i.e., emitir nuevas acciones, instrumentos de deuda, cambiar la fecha de vencimiento de los instrumentos, etc. El considerar las opciones reales de financiamiento puede tener implicaciones muy importantes. Salvo en ciertos casos; en los que la habilidad de recapitalizar durante un proyecto puede contener otras opciones operativas, en esencia, la política operativa optima no cambia, ya que, se puede considerar, que la flexibilidad de financiamiento solo añade cierto valor adicional a la empresa. Por esta razón, pueden surgir problemas con el financiamiento de la deuda y, generalmente, la estrategia optima adoptada por la



## Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

empresa es diferente si la opción real es ejercida de manera tal que su valor líquido sea máximo, en lugar de considerar el valor completo de la empresa (considerando su endeudamiento).

Como se ha visto, la clasificación desde una perspectiva administrativa abarca la mayoría de flexibilidades que pueden modelarse como opciones reales. Así pues, para comprender con más detalle los tipos de opciones reales que, comúnmente, se pueden encontrar en los proyectos de inversión, se analizan en seguida algunas de las ya aludidas.

### **La Opción de Diferir un Proyecto**

La opción de diferir un proyecto de inversión proporciona a su propietario el derecho a posponer su realización durante un plazo de tiempo determinado. Esta opción es más valiosa en proyectos donde una empresa tiene derechos exclusivos para invertir y va perdiendo valor conforme las barreras de entrada desaparecen. Es similar a una opción de compra sobre el valor presente de los flujos de efectivo esperados del proyecto y cuyo precio de ejercicio es el valor de realizar el proyecto en la fecha de vencimiento de la opción. Así pues, y en correspondencia con la expresión del VPNE un proyecto que puede ser diferido tiene más valor que el mismo proyecto sin la posibilidad de prórroga.

La opción de diferir un proyecto es particularmente valiosa en todas las industrias de extracción de recursos naturales, agrícolas, papeleros e inmobiliarios.

Debido a que la realización anticipada del proyecto implica renunciar a la opción de diferirlo, el valor de esta última actúa como un costo de oportunidad, justificando la realización del proyecto sólo cuando el valor presente de los flujos de efectivo excede el valor presente de la inversión inicial por una cantidad igual al valor de la opción de diferirlo.

El objeto de esta opción es reducir la incertidumbre sobre el comportamiento del valor del activo subyacente en el futuro próximo, de tal manera que se valore a la posibilidad de realizar el proyecto en la fecha de vencimiento de la opción o, por el contrario, la de abandonarlo definitivamente. El análisis de opciones reales contrapone los potenciales beneficios de realizar el proyecto ahora contra las pérdidas que pueden ser evitadas si se espera a resolver la incertidumbre.

La mayoría de las opciones de diferir un proyecto son Americanas e incorporan costos de retraso, por lo que la decisión de hasta cuándo se puede retrasar el proyecto vendrá por la contraposición entre los costos y los beneficios de hacerlo. La decisión sobre si ejercer o no la opción deberá posponerse hasta que el valor por tiempo de esta sea nulo.

El valor de esperar a realizar el proyecto debe contemplarse dentro del contexto de la estrategia global de la empresa y puede verse perjudicado, incluso, gravemente por la acción de la competencia o por una estrategia de anticipación que no dé lugar a la espera. Y en todo caso, el valor de la opción de diferir el proyecto valdrá más para una compañía que la posea en exclusiva, valiendo mucho menos e incluso nada si es compartida.



## Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

Por otra parte, es importante señalar que las innovaciones tecnológicas súbitas aceleran la depreciación económica y esta, a su vez, afecta la opción de diferir. Primero, el costo de oportunidad perdido debido a diferir la decisión de inversión, y al consiguiente lanzamiento del producto, es particularmente alto en el periodo inminente, mientras va declinando en los periodos sucesivos. Segundo, si la depreciación económica es rápida el valor de los activos descenderá velozmente y la opción de diferir tendrá un valor nulo. En este caso, las empresas invertirán rápidamente si la opción tiene aún un valor positivo (*in the money*) o ejercerán su opción de abandono. Por otro lado, diferirán los proyectos si percibe que el mercado aún se está expandiendo.

### La Opción de Aprendizaje

Las opciones de aprendizaje surgen cuando una empresa se encuentra ante la posibilidad de invertir dinero con objeto de acelerar la adquisición de conocimiento o información y utilizar lo que ha aprendido con objeto de calcular mejor la demanda de su producto y, por tanto, rectificar o confirmar sus expectativas acerca de los flujos de efectivo previstos.

Las opciones de aprendizaje surgen cuando una empresa puede acelerar la obtención de información relevante a través de la realización de una inversión. La empresa debe contraponer el valor de la opción para actuar con la información obtenida contra el costo de adquirir esta última.

Las opciones de aprendizaje son de dos tipos: a) proporcionan una predicción más fidedigna del verdadero valor futuro del activo (investigación inicial del mercado, por ejemplo), o b) cambian el valor presente del activo alterando la probabilidad de éxito (realización de experimentos con objeto de mejorar la exactitud de las probabilidades de los diversos escenarios).

El valor de aprender mediante la reducción de la incertidumbre depende de dos variables clave:

a) la exactitud de la información recibida a través del aprendizaje con relación a los costos de obtenerla, y

b) el impacto del aprendizaje en la toma de decisiones. Aunque en unos términos más genéricos, el valor de la opción de aprender es función del precio de ejercicio, que es el costo de aprender, del nivel de incertidumbre que se crea con el aprendizaje, y de cómo esto se traduce en una mejora de la toma de decisiones para crear valor.

Los proyectos I+D multietapa suelen contener una serie de opciones de aprendizaje implícitas basadas en la incertidumbre sobre la tecnología y el comportamiento del mercado. La realización de proyectos I+D da al equipo directivo el derecho pero no la obligación de comercializar el producto desarrollado. Aunque un proyecto I+D aisladamente considerado pueda tener un VPN negativo, la opción de comercializarlo puede ser muy valiosa, al igual que la opción de aprendizaje tecnológico. Esto es, una empresa que desarrolla una tecnología determinada puede renunciar a comercializar un producto porque perdería dinero, pero el conocimiento tecnológico adquirido con



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

su desarrollo le permite lanzar un nuevo proceso de investigación más ambicioso del que resultara otro producto de tecnología superior que tal vez si puede ser comercializado en su momento.

### **La Opción de Crecimiento o de Ampliar un Proyecto**

La opción de crecimiento o de ampliar un proyecto de inversión proporciona a su poseedor el derecho a adquirir una parte adicional del mismo a cambio de un costo adicional (el precio de ejercicio). Es lo mismo que adquirir una opción de compra sobre una parte adicional del proyecto base con un precio de ejercicio, debido a que la opción de crecimiento proporciona la posibilidad de realizar inversiones adicionales de seguimiento si las condiciones son favorables. De esta forma, un proyecto que pueda ampliarse tiene más valor que el mismo proyecto sin esa posibilidad.

La opción de ampliar la escala productiva puede ser estratégicamente importante de cara a posibilitar a la compañía la capitalización de las futuras oportunidades de crecimiento. Esta opción, que sólo será ejercida cuando el comportamiento futuro del mercado se vuelva claramente favorable, puede hacer que un proyecto de inversión aparentemente desaconsejable (basado en el VPN estático) tenga un valor positivo. En este caso el análisis de opciones reales muestra que la inversión inicial crea la oportunidad de crecer en el futuro (la opción de crecimiento o ampliación) lo que se llevará a cabo si dicha inversión inicial funciona bien.

Estas opciones crean infraestructura y oportunidades para una expansión posterior y, por ello, son un valor estratégico. Son opciones secuenciales que enlazan distintas fases de crecimiento y expansión al mismo tiempo que preservan la flexibilidad administrativa para continuar con la fase siguiente dependiendo de las condiciones imperantes del mercado. Incluso si el proyecto piloto resulta ser un fracaso, la empresa ganara experiencia y comprensión lo que puede ser útil para valorar o planificar otras opciones de crecimiento futuras que se pueden plantear.

Este tipo de opción es más valiosa, por lo general, para las empresas con mayor riesgo y que generan un mayor rendimiento con sus proyectos (tecnológicas, software, farmacéuticas, etc.) que para las que son más estables. Y en particular, hay tres casos en los que el análisis de opciones reales es realmente útil para analizar opciones de crecimiento.

1. Adquisiciones de tipo estratégico. La empresa adquirente suele pensar que la operación le va a proporcionar unas ventajas competitivas en el futuro como, por ejemplo, la entrada en un mercado de rápido crecimiento o de gran tamaño, la compra de conocimiento tecnológico, y la adquisición de una marca reconocida.
2. Investigación y desarrollo. El dinero invertido en I+D<sup>27</sup> representa el valor de la opción de compra y los productos que surjan de la misma representan los flujos de efectivo de la opción. Es necesario

---

<sup>27</sup> I+D( investigación y desarrollo) o por sus siglas en ingles *R&D (research and development)*



## Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

considerar que la relación entre el valor de la investigación y la cantidad óptima a invertir variara conforme el negocio madure.

3. Proyectos multietapa. Este tipo de proyectos reduce el potencial de crecimiento de la empresa a cambio de protegerla del riesgo de caída, permitiendo a cada etapa juzgar la demanda y decidir si se pasa a la siguiente o se abandona.

Muchas veces, las opciones de crecimiento se han utilizado para justificar fuertes primas en los precios de adquisición de empresas que acabaron siendo una inversión penosa. Por lo tanto, se debe tener cuidado al evaluarlas aunque sea más fácil de decir que de hacer; el propio proceso de su valuación enseña mucho acerca de las variables de las que depende su valor.

Cuando se valúa una empresa que posee opciones de crecimiento se debe estar atento de no duplicar el valor de las opciones, lo que puede ocurrir si se utiliza una tasa de crecimiento de los flujos de efectivo más alta de lo normal porque ya está incluyendo el valor de dicha opción, así que si además se añade el valor de la opción de crecimiento, de forma adicional, se duplica el efecto.

### **La opción para Reducir un Proyecto**

La opción de reducir la escala operativa de un proyecto de inversión proporciona a su poseedor el derecho, pero no la obligación, de reducir el tamaño de las operaciones a cambio de un ahorro adicional (precio de ejercicio) si las condiciones resultan desfavorables. Es decir, si tales condiciones del mercado resultaran ser peores que las esperadas, la empresa podría operar con menor capacidad productiva e, incluso, podría optar por reducirla en un porcentaje determinado, lo que permitirá ahorrar parte de los desembolsos iniciales previstos.

Esta flexibilidad para reducir las pérdidas se puede contemplar como una opción de venta sobre parte del proyecto inicialmente previsto, con un precio de ejercicio igual al ahorro de los costos potenciales. Este tipo de opción puede ser muy útil en el caso de la introducción de nuevos productos en mercados inciertos, o en el caso de tener que elegir entre tecnologías o plantas industriales con diferentes relaciones construcción-mantenimiento en cuanto a costos.

### **La opción de Cerrar Temporalmente las Operaciones**

En cierto tipo de industrias como las de extracción de recursos naturales (minería, petróleo, gas, etc.), o en la planeación y construcción de industrias cíclicas, moda, bienes de consumo, etc., existe la posibilidad de parar temporalmente la totalidad del proceso productivo cuando los ingresos obtenidos son insuficientes para hacer frente a los costos variables operativos y de volver a producir cuando la situación se haya invertido.



## Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

Ciertamente, el análisis se puede extender a una serie de cierres y reaperturas según que el precio sea inferior, o superior, a los costos variables; pero, en este caso, se debe considerar que el precio ascienda por encima de una cantidad determinada sobre el costo variable antes de reiniciar la producción con objeto de minimizar el riesgo de que se produzca una pérdida seguidamente.

Así pues, se pueden contemplar las operaciones anuales como opciones de compra de los ingresos de ese año y cuyo precio de ejercicio viene dado por los costos variables operativos.

### **La opción de Abandono**

Esta opción proporciona a su poseedor el derecho a vender, liquidar, cerrar y para ser exactos abandonar un proyecto determinado a cambio de una prima. De este modo, un proyecto que puede ser liquidado vale más que el mismo proyecto sin la posibilidad de abandono.

Muchas veces, los directivos son propensos a elegir determinados proyectos que, aun siendo menos rentables que otros, tienen la ventaja intangible de su mayor flexibilidad. El valor de esa mayor flexibilidad puede tratarse como si fuera una opción de venta sobre una acción que paga dividendos. Sin embargo, esta opción no es sencilla, ya que un proyecto proporciona unos flujos de efectivo inciertos y tiene un valor terminal o residual (valor presente de los flujos de efectivo libres restantes) también incierto, y esto complica enormemente el procedimiento de solución.

Las opciones de abandono, aparecen en muchos tipos de negocios. Por ejemplo, los capitalistas-riesgo cuando comprometen una determinada cantidad de dinero en una nueva empresa lo suelen hacer por etapas, lo que les permite mantener la opción de abandonar el proyecto en cuanto consideren que su futuro es bastante oscuro. De hecho, la principal razón de racionar el dinero invertido a través de su reparto por etapas es precisamente el mantenimiento de la opción de abandono. Por ejemplo, las empresas que intentan ingresar más, a base de ofrecer a sus clientes la opción de abandono de sus compromisos, tendrán que comparar los mayores ingresos esperados con el valor de las opciones de abandono entregadas, lo que suele volver contra la empresa en épocas de recesión porque los clientes ejercen sus opciones de abandono justo cuando más necesidad tiene la empresa de vender.

Las “cláusulas de escape” son la forma más directa de construir opciones de abandono porque crean una flexibilidad operativa de forma contractual con otras partes implicadas en el proyecto. Los contratos con proveedores pueden tener una base anual y no a largo plazo, o los empleados pueden ser contratados mediante contratos temporales en lugar de indefinidos. Ciertamente, hay un precio a pagar en la creación de esta flexibilidad pero los beneficios pueden ser grandes, sobre todo en los negocios con más riesgo o volátiles.

La existencia de una valiosa opción de abandono aumenta el deseo de invertir en un proyecto (lo mismo que una valiosa opción de reinvertir reduce las ganas de abandonar). Por ello, la opción de abandono tiene un efecto económico sobre las decisiones y, por lo general, no debe valorarse



## Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

aisladamente. La razón económica del abandono es la misma que la de la inversión. Se debe desinvertir cuando el proyecto no se justifica económicamente. Así pues, el valor de la opción de abandono aumenta:

1. Cuanto mayor sea la incertidumbre sobre el valor futuro del negocio.
2. Cuanto mayor sea la cantidad de tiempo de que se dispone para ejercer dicha opción.
3. Cuanto mayor sea la relación entre el valor de abandono del proyecto (su valor de liquidación) respecto de su valor terminal o residual.

El precio de ejercicio o valor de liquidación de la empresa o proyecto puede ser constante si así se ha especificado en un contrato previo pero, lo normal, es que sea variable, lo que dificulta su estimación a priori. Además, el mero abandono implica unos costos de cierre o liquidación. Claro que esto puede ser un elemento de comparación con el valor de la decisión de abandonar de tal manera que sólo si este último supera a aquél se dejara el negocio.

La opción de abandono proporciona un valor mínimo al proyecto, valor que no tiene porque depender del valor del propio proyecto. Existe el riesgo de duplicar el efecto de las opciones de abandono porque, a veces, se sobreponen las áreas de ejercicio o los beneficios. En particular, puede ser incorrecto añadir los flujos de efectivo de una opción de abandono (aisladamente considerada) a la valuación de un proyecto que ya ha tenido en cuenta uno o más valores mínimos.

### **La opción Compuesta**

Las opciones compuestas son aquellas que cuando se ejercen generan otra opción al mismo tiempo que un flujo de efectivo. En general, implican inversiones secuenciales o por etapas. Esto es, la realización de la primera inversión da a la empresa la posibilidad, pero no la obligación de realizar una segunda inversión que, a su vez, posibilita realizar una tercera, etc.

Las inversiones secuenciales proporcionan a los directivos la posibilidad de abandonar o ampliar los proyectos a lo largo de su vida. Se pueden encontrar en cualquier industria manufacturera cuando se está pensando en construir una nueva fábrica o en realizar una gran inversión. Las decisiones de expansión en nuevas áreas geográficas y la inversión en R&D también implican inversiones secuenciales de este tipo.

Un ejemplo de opción compuesta viene dado por la adquisición de una empresa, que posee una tecnología propia, por otra más grande que no puede desarrollar esa tecnología. El comprador no sólo obtiene el valor de las operaciones actuales de la empresa adquirida sino también el valor de la opción para desarrollar y vender una versión con tecnología de punta. En este caso, la adquisición puede crear valor debido a que el valor de mercado de la empresa pequeña no refleja el valor de la opción de crecimiento. Tomando en consideración las proyecciones o la información histórica sobre la incertidumbre que rodea a la nueva tecnología, el análisis de opciones reales puede ser utilizado para valuar los beneficios potenciales de la adquisición.



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

### **Fundamentos de la Valuación de Opciones Reales**

El método de las opciones reales amplía el modelo de valuación de opciones financieras para incorporar tanto los efectos del riesgo de mercado como los efectos del riesgo privado en la valuación de oportunidades de inversión estratégica.

En este apartado, se exponen los fundamentos (cualitativos) que existen para poder valorar las opciones reales y se dejan para el siguiente capítulo los detalles matemáticos propios de la teoría de valuación de opciones.

### **Hipótesis para Valorar Opciones Reales como Opciones Financieras**

La habilidad de valorar la flexibilidad administrativa como opciones reales depende de las hipótesis necesarias para aplicar la OPT.

En términos generales, las hipótesis para valorar opciones financieras son las siguientes:

- Los mercados son completos.
- En los mercados no hay costos de transacción, no hay restricciones para las ventas en corto, todos los activos son infinitamente divisibles, financiar y obtener financiamiento (a la misma tasa) es posible.
- La tasa de interés (a corto plazo) libre de riesgo es constante durante la vida de la opción (O conocida a lo largo del periodo).
- Todos los dividendos son conocidos en cantidad y fecha de pago.
- Los activos subyacentes siguen el comportamiento de un proceso estocástico conocido.
- Los inversionistas son racionales y prefieren más a menos.

Si estas hipótesis se cumplen la idea de la valuación de las opciones financieras, se basa en el hecho de que el vendedor de la opción puede duplicar la estructura de pago (rendimiento) de la opción en cualquier estado, al invertir el monto (obtenido al vender la opción) en un portafolio replicador que está conformado por bonos (sin riesgo) y por el activo subyacente. De este modo, el portafolio general formado por el valor actual de mercado de la opción y el portafolio replicador, está siempre libre de riesgo. Además, si se supone que no hay oportunidades de arbitraje, entonces el portafolio replicador proporciona el rendimiento de la tasa libre de riesgo. El problema de valorar la opción es llevado a un mundo sin riesgo, donde descontar con la tasa libre de riesgo es posible. Lo más interesante de este método, recae en el hecho de que en un mundo libre de riesgo todos los inversionistas tienen las mismas preferencias, i.e., todo inversionista, sin importar su actitud ante el riesgo, asigna el mismo valor a la opción y finalmente queda determinado el precio de mercado único de la opción.

Para poder replicar el portafolio es necesario ajustarlo constantemente (continuamente) ya que, cada cambio en la evolución del precio del activo subyacente conduce a un cambio en el valor de la opción. Esto es consecuencia de la segunda suposición, la cual conduce a la necesidad de ajustar el



## Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

portafolio de acuerdo a los cambios en el precio del activo subyacente. Es decir, el portafolio replicador imita las fluctuaciones del valor de la opción a lo largo del tiempo y a esto se le conoce como seguimiento dinámico de la trayectoria de los valores.

La hipótesis más importante para la valuación de opciones es la del mercado completo. Se dice que un mercado es completo si existen al menos, tantos bienes primarios (portafolios de acciones y bonos) no correlacionados como fuentes de riesgo. Si esta hipótesis es violada, entonces pueden existir instrumentos financieros (opciones) que no pueden ser cubiertos en su totalidad al construir un portafolio replicador. Por consiguiente, el portafolio general (la opción y el portafolio replicador) conservara cierto residuo de riesgo que no podrá ser valuado sin tomar en cuenta la actitud ante el riesgo de los inversionistas. Así pues, en los mercados incompletos, la capacidad de asignar un racional y único precio a las opciones no existe. En los mercados incompletos los precios de las opciones no pueden ser interpretados como valores de mercado sino como límites inferiores.

Por supuesto, la validez de las hipótesis para valuar opciones financieras debe corroborarse en el caso de las opciones reales, con lo cual, finalmente, es posible determinar el valor de mercado de la flexibilidad administrativa. De nueva cuenta, el hecho de contar con un mercado completo es de vital importancia. En el caso de las opciones reales dicha hipótesis se traduce en la condición de negociabilidad, ésta exige que el bien subyacente de la opción real o algún otro portafolio de activos se negocie como si la estructura de riesgo del activo subyacente pudiera ser duplicada. En concreto la hipótesis de mercado completo, asegura que el valor de mercado del portafolio replicador y consecuentemente el de la opción puede ser determinado.

Aunque las opciones reales y sus activos subyacentes no son negociados en los mercados, esto no implica que la hipótesis de mercado completo para los activos subyacentes sea violada, pues basta con encontrar activos negociables con la misma estructura de riesgo tanto del proyecto de inversión así como de sus opciones reales. Por consiguiente, la valuación de opciones reales no está restringida por la falta de liquidez como sucede con las opciones financieras. Lo que resulta más problemático en el caso de las opciones reales, es el encontrar activos o portafolios (negociados) con la misma estructura de riesgo del activo subyacente de la opción real. Aún más, la fuente de riesgo del activo subyacente podrá ni siquiera existir en el mercado, como en la opción de diferir, donde el valor del proyecto subyacente aún no existe.

En resumen, la valuación de opciones reales no está limitada por ciertas hipótesis sobre los mercados pero sí lo está por el problema de identificar el activo (negociable) con la misma estructura de riesgo que el activo subyacente de la opción real.

Cuando la condición de negociabilidad no se satisface, no es posible aplicar la teoría de valuación de opciones, pero tampoco es apropiado utilizar otros métodos de valuación, como el VPN o la TIR. Cada uno de estos métodos busca evadir el uso de las preferencias del inversionista, al trasladar el problema a los mercados de capital para poder determinar el valor de mercado de los proyectos. En cualquier caso, la hipótesis de que el mercado es completo es necesaria.



## Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

Así pues, el VPN utiliza la condición de negociabilidad para encontrar un activo con la misma estructura de riesgo, con la cual es posible determinar el valor del proyecto en cuestión. Del mismo modo, el método de las opciones reales, valúa la flexibilidad administrativa de un proyecto, calculando el valor de mercado de una opción tradicional sobre el activo replicador (negociable). Por consiguiente, se concluye que los dos métodos utilizan las mismas hipótesis.

Resumiendo, no hay objeción alguna para valorar las opciones reales con la analogía del mercado de capital, siempre y cuando, las diferencias no se dejen de lado, sino más bien, se utilicen para ajustar el modelo. La valuación de opciones reales utiliza las mismas hipótesis de los métodos clásicos de valuación, por tanto, este método representa una importante extensión que permite valorar adecuadamente la flexibilidad administrativa, la cual, como ya se vio, tiene especial importancia bajo la presencia de incertidumbre e irreversibilidad.

### **Perspectiva de Valuación de las Opciones Reales**

La perspectiva de la valuación de las opciones reales, trata las particularidades de las opciones reales necesarias a considerar para aplicar la OPT. La perspectiva de valuación, puede discutirse en dos direcciones básicas. La primera apunta a las diferencias entre los parámetros de entrada utilizados en la teoría de valuación de opciones financieras y los usados en la teoría de opciones reales. En lo que respecta al razonamiento económico, existe cierta diferencia entre las opciones reales y las financieras, estas diferencias pueden utilizarse para crear un esquema de clasificación, que resuma las propiedades principales de la perspectiva de valuación.



# *Capítulo 4*

## *Aplicación de las*

## *Opciones Reales en*

## *Javer y Vive ICA*



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

## 4. APLICACIÓN DE LAS OPCIONES REALES EN JAVER Y VIVEICA

En capítulos anteriores se realizó un marco teórico para establecer las diferentes metodologías de valuación financiera, la cual es de suma importancia para la toma de decisión de los altos directivos, también se identificó los inconvenientes y limitaciones existentes entre las metodologías tradicionales en comparativa con las opciones reales. En este capítulo se realizará la aplicación de la metodología de las opciones reales en las industrias del sector de construcción de vivienda “Grupo JAVER e ICA con su subsidiaria VIVEICA”, la cual se presenta información pertinente para el desarrollo de la metodología así como información relevante para comprender más a fondo la situación histórica y contemporánea de estas empresas, para el caso de las opciones reales se usa el método de árboles binomiales en hoja de cálculo.

### 4.1 EMPRESA FUSIONANTE



#### 4.1.1 ANTECEDENTES

Javer es uno de los desarrolladores de vivienda más grande en México. Se distingue por ser el proveedor líder de viviendas del sistema INFONAVIT<sup>28</sup> en todo el país y se especializa en la construcción de vivienda de interés social, media y residencial en México. Con sede en Monterrey, México, Javer inició operaciones en 1973 y es actualmente el promotor líder en términos de unidades vendidas en Nuevo León, Jalisco y Querétaro. En diciembre de 2009 un consorcio de patrocinadores encabezados por *Southern Cross Group* y *Evercore* adquirió el 60% de la Compañía, sin embargo esto no representó cambios en el Equipo de Javer. Eugenio Garza y Felipe Loera, CEO y CFO respectivamente, continuarán liderando la partida de operaciones de la Compañía, junto con el resto del equipo directivo quienes acordaron firmar un acuerdo a largo plazo con incentivos ligados al desempeño de la Compañía. Javer se centra en seis estados clave: Nuevo León, Jalisco,

---

<sup>28</sup> INFONAVIT: El Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores es una institución mexicana tripartita donde participa el sector obrero, el sector empresarial y el gobierno.



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

Aguascalientes, Tamaulipas, Querétaro y Estado de México, con la posibilidad de adquirir más territorio en los diferentes estados de la República en el corto y mediano plazo.

JAVER busca mantener siempre a la vanguardia del desarrollo. Ofrece fraccionamientos cerrados, con casetas de vigilancia y con áreas verdes equipadas para el esparcimiento y convivencia familiar. Y para la familia lo más importante es que en JAVER ha estado por muchos años, y estará por muchos más para atender antes, durante y después de que se adquiera la vivienda.

“Cuando pienses en adquirir una casa, piensa en JAVER, seguramente tendremos una buena alternativa para ti y tu familia. Te invitamos a que conozcas nuestra página explorando nuestros conjuntos habitacionales y desarrollos comerciales.”

### **MISIÓN**

“Nuestra misión integra un compromiso con las diversas áreas que se relacionan con el crecimiento y desarrollo de JAVER.”

**Clientes:** “ofrecer la mejor relación entre precio y producto en cada plaza que participemos.”

**Proveedores:** “establecer relaciones entre empresas de largo plazo, basadas en servicio, calidad y un precio justo.”

**Empleados:** “ofrecer una excelente calidad de vida en el trabajo, con amplias posibilidades de desarrollo y con un ingreso acorde a las responsabilidades y resultados.”

**Gobierno y dependencias oficiales:** “mantener una óptima relación, cumpliendo con todas las regulaciones de ley y apoyándolos en la medida del alcance de los proyectos.”

**Accionistas:** “proporcionar seguridad y un retorno adecuado sobre sus inversiones.”

**Comunidad:** “ser una empresa socialmente responsable brindando apoyo a los organismos y asociaciones de servicio.”

### **VISIÓN**

“Nuestra visión y meta es convertirnos en una empresa inmobiliaria multiregional fundamentada en su personal, procesos operativos y sistemas financieros que garanticen la sustentabilidad en el largo plazo.”

### **FILOSOFÍA**

“En JAVER no sólo vemos metros cuadrados, si no que vemos el espacio donde vivirá tu familia, tus seres queridos. Por esta razón, nuestros fraccionamientos son creados para ofrecer todo lo necesario para el desarrollo de comunidades exitosas, que deriven en una mejor calidad de vida.”



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

### DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

La participación de Javer está dentro de 6 estados claves, en las zonas de nuevo León, Jalisco, Aguascalientes, Tamaulipas, Querétaro y Estado de México (ver ilustración 30).

Ilustración 30. Mapa de los estados donde tiene participación grupo Javer



Fuente: Elaboración Propia con información [www.javer.com](http://www.javer.com)

#### 4.1.2 RESULTADOS FINANCIEROS DE GRUPO JAVER

La tabla 14 representa los resultados financieros UAFIDA de grupo Javer desde el 2008 hasta el año 2012 que es la fecha en la que planeo la fusión con ViveICA.

Tabla 14. UAFIDA Grupo Javer en (mdp).

| Año  | Grupo JAVER MDP |
|------|-----------------|
| 2008 | \$ 1,100,651.00 |
| 2009 | \$ 1,090,472.00 |
| 2010 | \$ 885,574.00   |
| 2011 | \$ 902,227.00   |
| 2012 | \$ 727,697.00   |

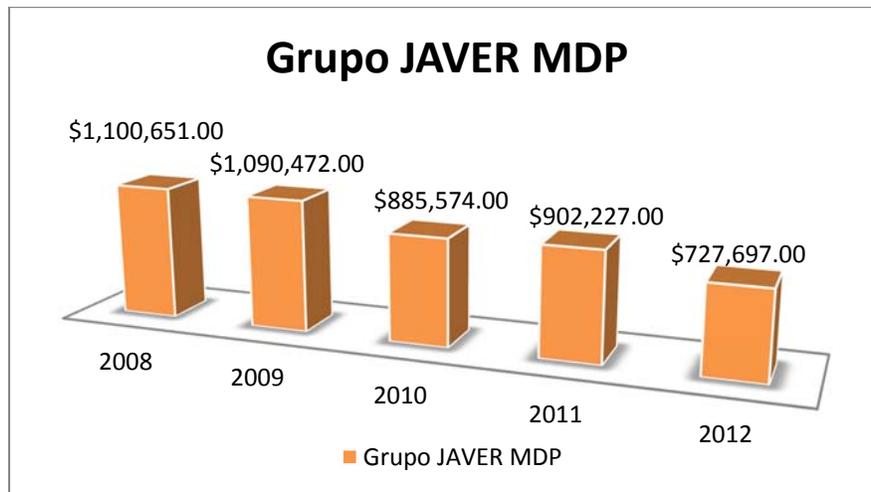
Fuente: Elaboración Propia con información [www.javer.com](http://www.javer.com)



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

De acuerdo a los resultados financieros de grupo Javer, la empresa ha tenido un retroceso, ya que sus valores con respecto a años anteriores del indicador UAFIDA, han bajado, por lo que los inversionistas y directores, buscaban alternativas, para solucionar este decremento que tuvo Javer durante los últimos años 2008-2012 (ver gráfica 9).

Gráfica 9. UAFIDA Grupo Javer 2008-2012



Fuente: Elaboración Propia con información [www.javer.com](http://www.javer.com)

## 4.2 EMPRESA FUSIONADA: ICA CON SU SUBSIDIARIA VIVEICA



### 4.2.1 ANTECEDENTES

Como la propia empresa ViveICA lo indica:

Su historia empezó con un sueño: la intención de impulsar el talento y el desarrollo de la ingeniería nacional. “Corría el año de 1947, un nuevo régimen presidencial estaba en curso y el constante crecimiento de la población demandaba la creación de más infraestructuras. México era un país que debía realizar obras necesarias para progresar y formar profesionistas capaces de tomar las riendas del futuro.”



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

Bajo esta filosofía, un grupo de jóvenes entusiastas y emprendedores formó una asociación de ingenieros civiles, liderados por Bernardo Quintana Arrijoja, un visionario que asumió la misión de contribuir en la modernización y el crecimiento de México. "Nos reunimos 18 ingenieros; algunos renunciaron a sus trabajos, otros pusieron su automóvil, yo tenía las oficinas en mi domicilio. El 4 de julio de 1947 se firmaron las escrituras y el 14 del mismo mes ganamos la licitación del Multifamiliar Alemán."

"Nacimos con la intención de impulsar el talento y el desarrollo de la ingeniería nacional y fue gracias al Multifamiliar Alemán y al liderazgo de Quintana que hoy tenemos más de 65 años de experiencia en dar soluciones integrales a los más grandes retos de construcción."

Bernardo Quintana Arrijoja

## CRONOLOGÍA

- 1947 Se funda ICA con un capital de 100 mil pesos y el alma de 18 ingenieros con un sueño en común: impulsar el crecimiento de México. Meses después, ganamos la licitación para la construcción del Multifamiliar Alemán.
- 1954 Construye el puente Belisario Domínguez, que salva el Cañón del Sumidero en Chiapas. Posteriormente, el Estadio Olímpico de Ciudad Universitaria y Ciudad Satélite
- 1960 Inicia la construcción de la estación hidroeléctrica "Presa El Infiernillo" que fue, durante varios años, la más grande de México.
- 1967 Comienza la planeación y desarrollo de la Línea 1 del Sistema de Transporte Colectivo Metro.
- 1968 Construye el Palacio de los Deportes y Villa Olímpica con motivo de los Juegos Olímpicos en México.
- 1980 Inicia la construcción de un número importante de carreteras y autopistas nacionales, así como la edificación de instalaciones turísticas y hoteles como el Camino Real, Cancún Sheraton, entre otros.
- 1984 Fallece el Ingeniero Bernardo Quintana Arrijoja, fundador de ICA.
- 1985 Crea ICA Fundación para ayudar a la investigación y desarrollo tecnológico de las construcciones después de los desastres del terremoto del '85.
- 1992 Se constituye como la primera empresa mexicana en cotizar en la Bolsa de Valores (BMV) y en el New York Stock Exchange. En la misma década, construimos la Autopista del Sol y el Papalote Museo del Niño.
- 2012 Se entrega la Línea 12 del Sistema de Transporte Colectivo Metro, mejor conocida como la Línea Dorada.
- 2013 Se entrega el proyecto hidroeléctrico la Yesca, la segunda en su tipo más grande del mundo.



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

## Estrategia

“Sabemos que el entorno en el que nos encontramos está en constante evolución. Hoy vivimos en un mundo cada vez más globalizado en el cual, los mercados económicos muestran mayor volatilidad y la competencia, en aquellos en los que participamos, es más voraz.”

“Por ello, para enfrentar los retos que nos presenta este complejo contexto y conseguir incrementar el valor económico, que generamos de manera sostenible y sustentable, hemos reorganizado nuestra estrategia de negocio.”

“En ella definimos dos directrices financieras claras: productividad y crecimiento. Buscamos lograr estos resultados financieros expandiendo nuestra presencia en mercados internacionales, brindando soluciones integrales a través de nuestras alianzas estratégicas, convirtiéndonos en el socio por excelencia de nuestros clientes, y ofreciendo una experiencia única a cualquier grupo que trabaje con nosotros.”

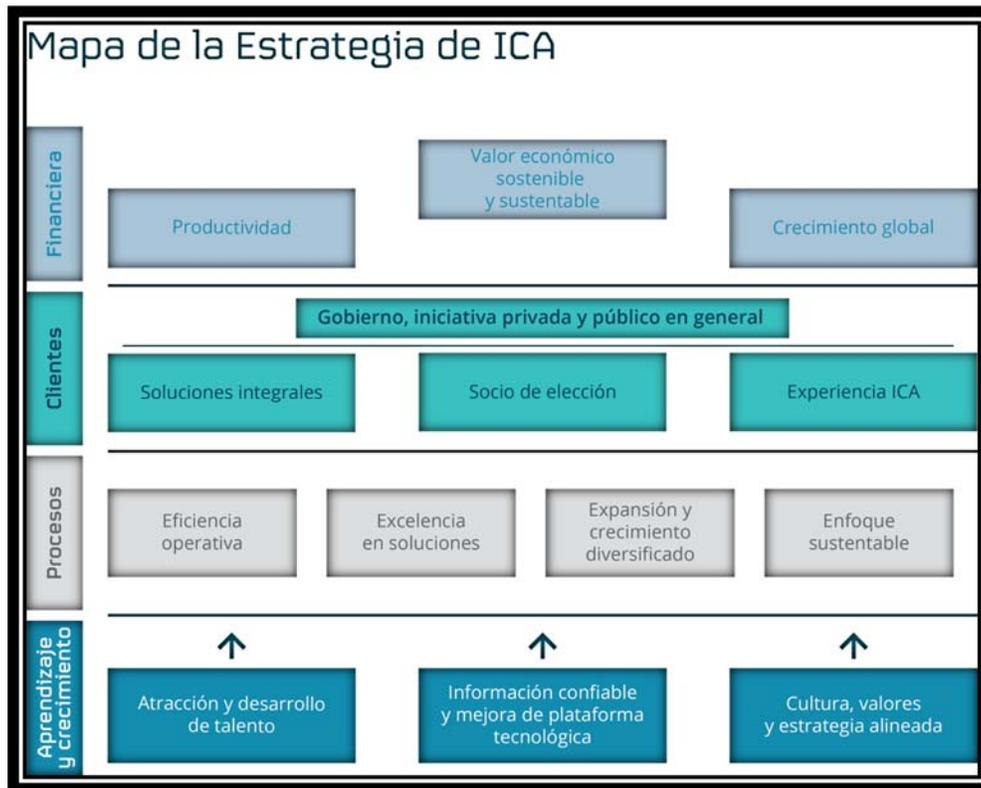
Gráfica 10. Desarrollos de ViveICA en México (zona de expansión para grupo Javer)



Fuente: Gráfico obtenido de viveica.com.mx



Ilustración 31. Mapa de la estrategia Ica



Fuente: Extraído de [www.ica.com.mx](http://www.ica.com.mx)

“Al interior de nuestra compañía los procesos que debemos ejecutar de manera sobresaliente están agrupados en cuatro temas estratégicos: Eficiencia Operativa, Excelencia en Soluciones, Expansión y Crecimiento y Operar con un enfoque Sustentable. Todo lo anterior sostenido en el talento y filosofía humana que integra nuestros equipos de trabajo, una plataforma tecnológica de vanguardia, sistemas de información confiable y una cultura, valores y estrategia alineados a lo largo de toda la organización.”

“Nuestros diversos grupos de interés requieren una empresa que sea responsable con sus recursos, sea confiable con sus necesidades; y por tanto esté en constante búsqueda de soluciones competitivas; y qué mejor opción tienen que la de tener como aliado a una empresa 100% mexicana, que cuenta con experiencia y talento reconocidos a nivel mundial. Trabajamos sobre los mismos pilares que nos definen como la organización experta en soluciones integrales a los retos más grandes de infraestructura.”

Vías terrestres:



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

- Puertos
- Aeropuertos
- Agua
- Energía
- Obras subterráneas
- Transporte masivo
- Edificación social
- Petróleo y gas
- Minería
- Industria
- Desarrollo inmobiliario
- Prefabricación

Empresas subsidiarias de ICA

ICA es una empresa mexicana experta en dar soluciones integrales a los más grandes retos de infraestructura en el país y en el mundo. Sus alianzas han permitido crecer al resto del globo bajo un modelo de negocio efectivo, sustentable y responsable. Desarrolla propuestas innovadoras y eficientes que van desde edificaciones sociales, carreteras, complejos hoteleros, plantas hidroeléctricas hasta aeropuertos y construcciones en el sector minero. Todas sus empresas dedicadas a sus campos trabajan bajo la misma filosofía y estrategia que define a la empresa: El éxito y la satisfacción de sus clientes es su prioridad.

Ilustración 32 Subsidiarias de ICA



Fuente: Elaboración propia con información de ICA



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

#### 4.2.2 RESULTADOS FINANCIEROS

El cuadro resume los flujos de efectivo o utilidades de operación más depreciación y amortización (UAFIDA)<sup>29</sup> para los años 2005 hasta el 2012 teniendo en cuenta que son cifras en millones de pesos.

Tabla 15. UAFIDA en MDP de grupo ICA

| AÑO  | UAFIDA TOTAL ICA (MDP) |
|------|------------------------|
| 2005 | 1785                   |
| 2006 | 2467                   |
| 2007 | 2249                   |
| 2008 | 2942                   |
| 2009 | 4406                   |
| 2010 | 5402                   |
| 2011 | 6217                   |
| 2012 | 7015                   |

Fuente: Elaboración Propia con información [www.ICA.com](http://www.ICA.com)

En tabla 15 se puede observar que el avance que ha tenido la empresa mexicana comprendida en el periodo 2005-2012, tuvo un crecimiento positivo se anexa grafica de dichos valores de la tabla anterior en gráfica 11.

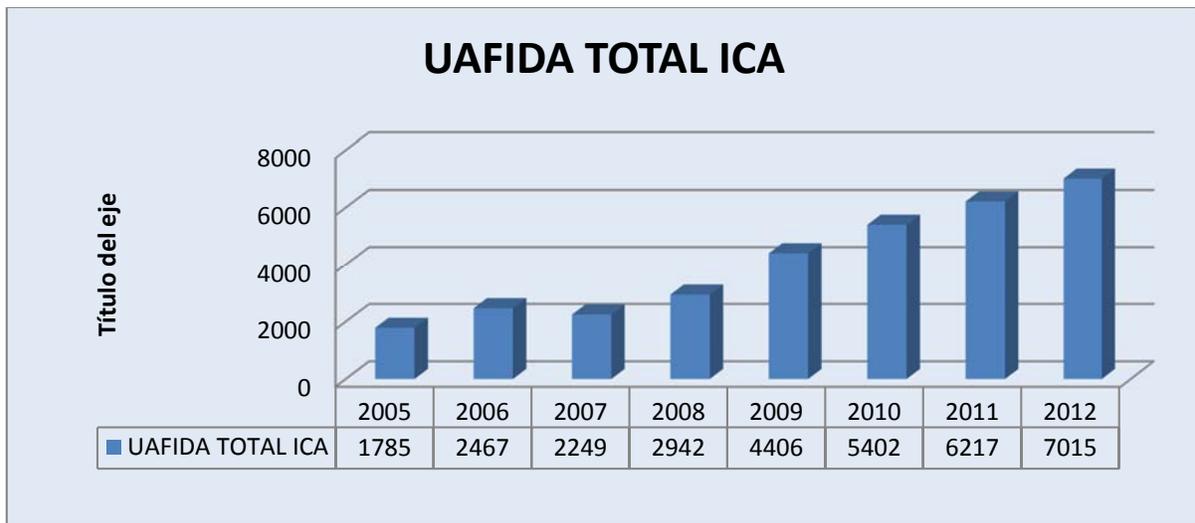
---

<sup>29</sup> También conocido en otros textos como *EBITDA* por sus siglas en inglés "*Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation, and Amortization*"



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

Gráfica 11. Flujos de efectivo (UAFIDA) grupo ICA



Fuente: Elaboración Propia con información [www.javer.com](http://www.javer.com)

Los flujos de efectivo que presenta ICA se pueden observar con una tendencia positiva año tras año, pero al realizar los flujos de efectivo desglosado por las diversas subsidiarias, se encuentran otras tendencias de suma importancia, debido a que el trabajo está relacionada a la vivienda solo se trataran los flujos de vivienda “VIVEICA” resumidos en la tabla 16.

Tabla 16. Flujos de efectivo (UAFIDA) grupo ICA

| AÑOS | UAFIDA VIVIENDA (MDP) |
|------|-----------------------|
| 2005 | 122                   |
| 2006 | 175                   |
| 2007 | 243                   |
| 2008 | 226                   |
| 2009 | 229                   |
| 2010 | 392                   |
| 2011 | 57                    |
| 2012 | 224                   |

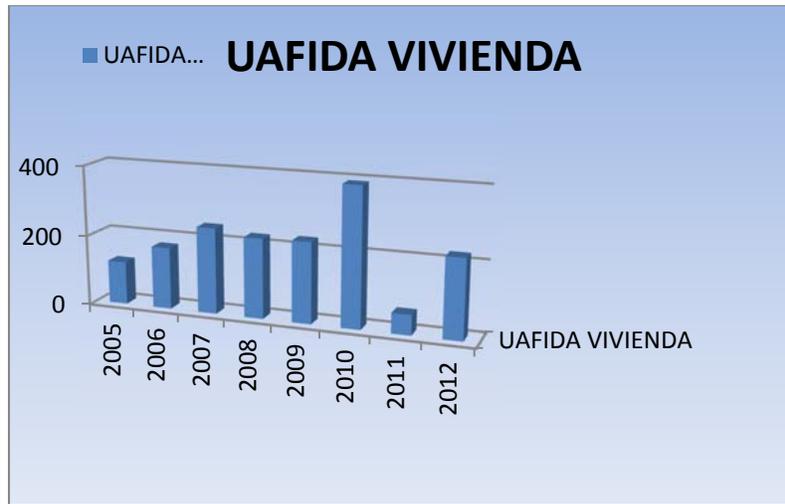
Fuente: Elaboración propia con información de Ica

En este resumen podemos encontrar que en el periodo del año 2011 se encuentran valores por debajo de la media, enfatizando que ICA al ver estos resultados junto con sus especialistas, estaban en busca de alternativas para mejorar la postura en relación con años previos donde el margen de ganancia era prometedor.



## Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

Gráfica 12. UAFIDA de subsidiaria VIVEICA<sup>30</sup>



Fuente: Elaboración propia con información de Ica

Dentro del comportamiento del precio de la acción de ICA, se puede apreciar un crecimiento del 2005 hasta el 2007 en un 150% con respecto al año 2007-2008 este mantuvo altibajos, concentrándose valores promediados con \$25 USD por acción, a finales del 2008 se ve una caída sumamente importante, ya que la Bolsa Mexicana de Valores en todos los sectores perdió \$1.1 billones de pesos, con lo cual cerro con un rendimiento negativo de 24.23%, posteriormente a este año 2008 las acciones de ICA se mantuvieron constantes y a finales del 2011 bajaron estas por un déficit que hubo en las constructoras(ver gráfica 13).

Comportamiento de las acciones de ICA, 2005-2012<sup>31</sup>

Gráfica 13. Comportamiento de las acciones de ICA, 2005-2012



Fuente: Elaboración propia con información de BMV y Yahoo finance.

<sup>30</sup> Elaboración propia con información de estados de resultados de ica.com

<sup>31</sup> Elaboración propia con datos de yahoo finance 2005-2012 ICA, valor en USD



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

### 4.3 ACUERDOS DE FUSION

La fusión entre VIVEICA y Grupo Javer como se ha planteado anteriormente no se concretó, de tal modo que en esta tesis, los supuestos que manejaban para el acuerdo de fusión son los que siguen.

Servicios Corporativos Javer, una de las desarrolladoras privadas de vivienda más grande en México, estableció un acuerdo con Empresas ICA para combinar sus activos de vivienda, lo que llevaría a la nueva empresa resultante de esa alianza a convertirse en el segundo desarrollador de vivienda del sistema INFONAVIT.

Bajo este acuerdo Javer adquiriría los activos y pasivos operativos de 20 desarrollos de vivienda de interés social de ICA, a través de su subsidiaria ViveICA, a cambio de 23% de participación accionaria, detalla en un comunicado la constructora que dirigía Alonso Quintana. Además, asumiría 600 millones de pesos de deuda a nivel proyecto a ser refinanciada.

Los 20 desarrollos de vivienda podrían añadir anualmente hasta 7,000 unidades a las operaciones de Javer y más de 40,000 unidades en reserva territorial. Con la incorporación de los desarrollos y reservas territoriales de ViveICA, se sumarían seis nuevas ciudades a los cinco estados donde actualmente Javer tiene presencia<sup>32</sup>, y se fortalece su posición en los mercados claves del norte y occidente de México.

Al concluirse la transacción, ICA se convertiría en el tercer accionista de Javer y tendría dos lugares en el consejo de administración. Diego Quintana, vicepresidente de Alianzas Estratégicas de ICA, se convertirá en el copresidente del Consejo de Administración de Javer.

Los derechos de ICA como accionistas son similares al resto de los accionistas de Javer. El equipo de administración de Javer permanecería sin cambios, y conduciría la integración de los empleados y operaciones de ViveICA en Javer, dice ICA en el comunicado.

"Al combinar nuestras operaciones de vivienda, Javer e ICA obtendrán una masa crítica para realizar economías de escala y continuar ampliando sus estrategias de mercadotecnia, en una más amplia presencia geográfica. La asociación con Javer le otorga a ICA la mejor oportunidad para detonar valor en nuestros activos de vivienda de interés social, mientras continuamos enfocando recursos en nuestros segmentos de construcción y operación de infraestructura"<sup>33</sup>, Aseguraba que la nueva compañía sería el mejor jugador en la industria de vivienda, soportado por el liderazgo del equipo de administración e inversionistas. "Continuará creando valor para los accionistas de ICA sigue siendo una de nuestras principales iniciativas estratégicas, y esta transacción es un importante logro en nuestra estrategia."<sup>34</sup>

---

<sup>32</sup> Información basada en comunicados de prensa del 2012

<sup>33 y 6</sup> Comunicado del director general de ICA, Alonso Quintana en el 2012.



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

El director general de Javer, Roberto Russildi, indicó que la transacción posicionaría a la compañía en la escala adecuada de su estrategia para los próximos tres años.

"Las capacidades combinadas de Javer para administrar capital de trabajo y modelo de ventas, así como la experiencia y capacidad constructiva de ViveICA, generarán importantes mejoras en la rentabilidad de nuestra empresa".<sup>35</sup>.

Javer se encuentra en el proceso de obtener un crédito para el refinanciamiento de 600 (mdp) de deuda a nivel proyecto y se espera realizarse al concluirse la transacción.

Adicionalmente, esperaría que la nueva empresa generaría flujos de efectivo positivo al cierre de la transacción debido a que la reserva territorial adquirida libera la necesidad de inversión de capital adicional en terrenos. El proforma estimado anual de ventas es de 7,600 (mdp), un volumen de 25,000 unidades de vivienda y una reserva territorial equivalente a aproximadamente 160,000 unidades de vivienda.

La transacción está sujeta a varias condiciones de cierre y ciertas aprobaciones regulatorias, las cuales se esperan sean completadas al final del primer trimestre del 2013

#### **4.4 POSICIONAMIENTO DE LAS EMPRESAS DE DESARROLLO DE VIVIENDAS EN MEXICO**

Como se resume en la tabla 17 y 18 sobre las empresas que compiten en el sector de construcción de viviendas durante el año 2011 y 2012 ,se colocan como las principales a; grupo Homex en primer lugar casas Geo y desarrolladora Urbi en segundo y tercer lugar respectivamente para 2011 y 2012, esto es de suma importancia debido a que la fusión planteada por las empresas ViveICA y Javer ,pretendían colocarse como el segundo lugar dentro de este sector, para formar la segunda empresa desarrolladora de vivienda con más créditos otorgados por el INFONAVIT.

---

<sup>35</sup> Comunicado del Ejecutivo de Grupo Javer ,diciembre 2012



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

Tabla 17. Posicionamiento de empresas desarrolladoras de vivienda, ventas netas durante 2011

| K 11 | RK 10 | Empresa                     | Ubicación | País | Sector                     | Ventas netas (mdd) |
|------|-------|-----------------------------|-----------|------|----------------------------|--------------------|
| 94   | 90    | Homex                       | Sin       | MX   | Desarrolladora de vivienda | 21853              |
| 97   | 92    | Casas GEO                   | DF        | MX   | Desarrolladora de vivienda | 21163              |
| 120  | 114   | Urbi Desarrollos Urbanos    | BC        | MX   | Desarrolladora de vivienda | 16327.8            |
| 214  | 190   | Consortio ARA               | DF        | MX   | Desarrolladora de vivienda | 6837.5             |
| 217  | 217   | Grupo GP                    | NL        | MX   | Desarrolladora de vivienda | 6531.7             |
| 271  | 251   | Grupo Javer                 | NL        | MX   | Desarrolladora de vivienda | 4718.6             |
| 308  | 322   | ViveICA                     | DF        | MX   | Desarrolladora de vivienda | 3506.8             |
| 310  | 297   | Grupo Ruba                  | Chih      | MX   | Desarrolladora de vivienda | 3438               |
| 407  | 343   | SARE                        | DF        | MX   | Desarrolladora de vivienda | 1580.1             |
| 434  | 453   | Vinte, Viviendas Integrales | DF        | MX   | Desarrolladora de vivienda | 1331               |

Fuente: CNN expansión 15 diciembre 2011.

Tabla 18. Posicionamiento de empresas desarrolladoras de vivienda, ventas netas durante 2012

| RK 12 | Empresa                  | Ubicación | País | Sector                     | Ventas netas (mdd) |
|-------|--------------------------|-----------|------|----------------------------|--------------------|
| 84    | Homex                    | Sin.      | MX   | Desarrolladora de vivienda | 19,418.40          |
| 86    | Casas GEO                | DF        | MX   | Desarrolladora de vivienda | 19,210.90          |
| 112   | Urbi Desarrollos Urbanos | BC        | MX   | Desarrolladora de vivienda | 13,057.20          |
| 171   | Consortio ARA            | DF        | MX   | Desarrolladora de vivienda | 7,113.20           |
| 214   | Grupo Garza Ponce        | NL        | MX   | Desarrolladora de vivienda | 5,130.00           |
| 223   | Casas Javer              | NL        | MX   | Desarrolladora de vivienda | 4,931.70           |
| 261   | Grupo Ruba               | Chih.     | MX   | Desarrolladora de vivienda | 3,602.70           |
| 300   | SARE                     | DF        | MX   | Desarrolladora de vivienda | 2,765.80           |
| 324   | ViveICA                  | DF        | MX   | Desarrolladora de vivienda | 2,271.00           |

Fuente: CNN expansión 03 diciembre 2012.

Los créditos que se realizaron durante el 2011 para las diversas empresas de este rubro, se encuentra anexadas en la tabla 19, donde se puede observar que tanto grupo Javer como ViveICA, están en un posicionamiento por debajo de las empresas Homex, casas GEO y URBI respectivamente.



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

Tabla 19. Posicionamientos por créditos otorgados INFONAVIT 2011

| CRÉDITOS 2011       |          |
|---------------------|----------|
| EMPRESA             | CRÉDITOS |
| CORPORACION GEO     | 43992    |
| HOMEX               | 20844    |
| URBI                | 18146    |
| GRUPO JAVER         | 15271    |
| CONSORCIO ARA       | 11538    |
| GRUPO RUBA          | 9871     |
| GRUPO SADASI        | 9255     |
| CADU INMOBILIARIA   | 6141     |
| VIVEICA             | 5575     |
| HOGARES UNION       | 5551     |
| FOMENTO EMP. INMOB. | 4897     |
| VIDUSA              | 3285     |

Fuente: Equipo Editorial Real Estrategy con información del INFONAVIT

## 4.5 APLICACIÓN DE LAS OPCIONES REALES

### 4.5.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Bajo el planteamiento de fusión de estas empresas Javer (fusionante) e ICA con su subsidiaria ViveICA (fusionada), se verificará que el efecto de fusión, por medio de opciones reales, tiene un verdadero sentido, ya que esta fusión no se celebró por desacuerdos internos de ambas empresas en mayo del 2013. Se determinara si la estrategia generaría valor o no. De acuerdo a información de especialistas para efectos de la fusión, se pretendía que esta sinergia generaría en su primer año de ventas anuales, por 7600 (mdp) y EBITDA de 1100 (mdp).

### 4.5.2 VALORACION A TRAVÉS DE OPCIONES REALES

La decisión estratégica de fusión entre estas dos constructoras en el ramo de la vivienda ViveICA y Javer, representa una oportunidad para ambas de empresas, la cual le permitirá a la empresa fusionante el adquirir el proyecto en la espera de mejorar sus beneficios financieros y por ende mejorar el desempeño en varios niveles, como expandir su mercado a otros sectores poblacionales dentro del bajo, zona centro, costas del océano pacífico y golfo de México donde ViveICA tiene participación en estas zonas en desarrollo, para así ampliar su cobertura de operación en México (ver Ilustración 33).



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

Esta decisión tendrá que fundamentar su importancia en términos cuantitativos, el cual emitirá datos contables para los accionistas y directivos, los cuales se analizarán comparando con otras alternativas para justificar su decisión, dicha estrategia como se menciona será por el método de las opciones reales, el cual cuantificara el valor estratégico de tal decisión, se determinaran sus parámetros para el uso de las opciones reales.

Ilustración 33. Expansión de mercado que obtendría grupo Javer en la fusión



Fuente: Ilustración obtenida de Javer.com.mx

### DETERMINACIÓN DEL VALOR DE LA SUBSIDIARIA VIVEICA

La información que se tiene de la subsidiaria ViveICA, no presenta datos en el mercado accionario como empresa independiente, pero se cuenta con información general del consorcio Ica en la Bolsa Mexicana de Valores, con lo cual es el punto de partida para representar objetivamente la participación de ViveICA dentro del consorcio Ica, es decir, la proporción que participa dentro de la BMV.

Se recolecto la información de las subsidiarias del consorcio y se agrupo de acuerdo a los estados financieros del 2011, para determinar qué proporción participaba cada una, con lo cual tabla 20 representa estas cantidades en millones de pesos.



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

Tabla 20. Integraciones de las subsidiarias del consorcio ICA 2011

| SUBSIDIARIAS            | PROPORCION EN INGRESO TOTAL | PROPORCION UAFIDA |
|-------------------------|-----------------------------|-------------------|
| CONSTRUCCION CIVIL      | 28,710                      | 2,487             |
| CONSTRUCCION INDUSTRIAL | 5,210                       | 406               |
| CONCESIONES             | 3,130                       | 2,071             |
| AEROPUERTOS             | 2,776                       | 1,077             |
| VIVIENDAS               | 3,507                       | 489               |
| OTROS                   | 7                           | 58                |
| ELIMINACIONES           | -571                        | -                 |
| TOTAL                   | 42,769                      | 6,588             |

Fuente: Elaboración Propia con Información de estados de resultados Ica 2011.

La proporción que tiene ViveICA dentro del consorcio ICA de acuerdo a información financiera del 2011<sup>36</sup>, fue del 7.42%<sup>37</sup> del UAFIDA total del consorcio ICA y el 8.2% del ingreso captado para el consorcio, por lo que el valor de mercado proporcional para la subsidiaria ViveICA fue el promedio de estos dos valores, resultando el 7.81% el valor total del consorcio ICA (ver tabla 21).

Tabla 21. UAFIDA y proporción de ingreso consolidado 2011

| SUBSIDIARIAS                     | PROPORCION EN INGRESO TOTAL | PROPORCION UAFIDA |
|----------------------------------|-----------------------------|-------------------|
| CONSTRUCCION CIVIL               | 67.13%                      | 37.75%            |
| CONSTRUCCION INDUSTRIAL          | 12.18%                      | 6.16%             |
| CONCESIONES                      | 7.32%                       | 31.44%            |
| AEROPUERTOS                      | 6.49%                       | 16.35%            |
| VIVIENDAS                        | 8.20%                       | 7.42%             |
| OTROS                            | 0.02%                       | 0.88%             |
| ELIMINACIONES                    | -1.34%                      | 0.00%             |
| <b>PROMEDIO ING.TOT Y UAFIDA</b> | <b>7.81%</b>                |                   |

Fuente: Elaboración propia con datos de ViveICA.

<sup>36</sup> La información de los estados financieros del 2012 era incompleta en ese momento del acuerdo de fusión se optó por usar los estados financieros del 2011.

<sup>37</sup> UAFIDA Proporción de acuerdo al informe anual 2011 de ICA y sus subsidiarias tabla 16.



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

La proporción que se tenía en el año 2011 para los diversos subsidiarios de Ica, se agruparon de acuerdo a su proporción de ingreso y UAFIDA, para determinar cómo se ajustaba mejor el parámetro de **activo subyacente** con la información recolectada, se tenía que dicha participación de la subsidiaria de ViveICA con respecto a ICA, era de 8.20% y 7.42% de acuerdo a la proporción de ingreso consolidado y al UAFIDA respectivamente.

#### 4.5.3 ACTIVO SUBYACENTE

El valor de este parámetro se consideró como el precio de la empresa ViveICA por ser la parte fusionante, pero para entender este parámetro debido a que es una subsidiaria y esta no participa en la bolsa de valores. Se ajustó al nivel de participación del consorcio ICA en el momento del comunicado en noviembre 2012, por lo cual este parámetro del activo subyacente es el promedio de la proporción del indicador financiero UAFIDA<sup>38</sup> y del ingreso total captado para el año 2011.

#### VALOR DE MERCADO DE ICA

El valor de la acción de ICA era de \$29.26 MXN<sup>39</sup> y con información de los estados financieros del consorcio ICA en 2012 el número de acciones en circulación era 607, 357,582. por lo que su valor de mercado del consorcio al 20 de noviembre del 2012, fue de \$18, 196, 433,156 pesos, resultado de multiplicar el precio de la acción por el número de acciones (ver tabla 22).

Tabla 22. Valor de la empresa ViveICA 2012

| Datos para valorar precio de mercado de ViveICA(activo subyacente) |                      |
|--|----------------------|
| PRECIO DE ACCION DE ICA AL 20 DE NOVIEMBRE 2012                    | \$29.96              |
| NUMERO DE ACCIONES ICA 2012  | 607,357,582.00       |
| VALOR DE MERCADO DE ICA  | \$ 18,196,433,156.72 |
| PROPORCION DE ACUERDO AI PROMEDIO ING TOT Y UAFIDA                 | 7.81%                |
| VALOR DE MERCADO DE VIVEICA  | \$ 1,421,364,418.52  |

Fuente: Elaboración propia

<sup>38</sup> El UAFIDA se calcula a partir del resultado final de explotación de una empresa, sin incorporar los gastos por intereses o impuestos, ni las disminuciones de valor por depreciaciones o amortizaciones, para mostrar así lo que es el resultado puro de la empresa. Por lo tanto, los elementos financieros (intereses), tributarios (impuestos), externos (depreciaciones) y de recuperación de la inversión (amortizaciones), deben quedar fuera de este indicador. El propósito del UAFIDA es obtener una imagen fiel de lo que la empresa está ganando o perdiendo en el núcleo de su negocio.

<sup>39</sup> El código de la divisa de Pesos es MXN, el precio de la acción es del 20 noviembre de 2012 fuente *Yahoo finance!*



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

#### VALOR CONTABLE DE ICA

El valor contable de ICA también fue calculado para propósitos meramente informativos y comparativos contra el valor de mercado, ya que este indicador no produce un valor muy acertado del valor financiero de la empresa, su cálculo se efectúa mediante el activo total menos el pasivo exigible del mismo año 2012, Estos valores son resumidos en tabla 23.

Tabla 23. Valor contable ICA

| VALOR CONTABLE DE CONSORCIO ICA |                      |
|---------------------------------|----------------------|
| ACTIVO TOTAL                    | \$ 98,888,073,000.00 |
| PASIVO EXIGIBLE                 | \$ 78,063,971,000.00 |
| VALOR CONTABLE                  | \$ 20,824,102,000.00 |

Fuente: Elaboración propia con información de estados financieros de ICA

#### 4.5.4 PRECIO DE EJERCICIO

Este parámetro es el importe pactado por la fusión de las empresas, el cual se le denomina “precio de compra” o “importe de transacción”, este valor se mencionó en algunas noticias del sector financiero de forma especulativa, las cuales se encuentran mejor descritos en el apéndice B.

Los parámetros del precio de la compra en estas noticias, tuvieron mucha incertidumbre por las diferentes fuentes, pero para cuando estuvieron formalizados los estados financieros de ICA del 2012, se menciona dicho precio que se elevaba a 1441 (mdp). Estos documentos se pueden revisar en el apéndice “C”, el resumen de este precio es el que a continuación se describe:

- El “Precio de Compra” será de \$1,441 millones de pesos. En la “Fecha de Cierre” que se describe más adelante, Javer entregará dos pagarés a favor de ViveICA, uno por \$436 millones de pesos y otro por \$405 millones de pesos, este último, equivalente al monto de la deuda al subcontratista, así como \$600 millones de pesos en efectivo destinados a cubrir deuda bancaria relacionada con los activos. Simultáneamente, a la recepción del pagaré por \$436 millones de pesos.

#### 4.5.5 TASA DE DESCUENTO EN LOS FLUJOS

La determinación de este parámetro está ligada al proyecto de inversión que se pretendía al fusionarse estas empresas, por lo cual se determinara cuál es la tasa que mejor describiría este proyecto, lo cual serían los flujos esperados a la tasa adecuada que se obtendrían en el futuro considerando que hubiera esta sinergia entre las empresas de desarrollo de viviendas.



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

Los montos de pago para la fusión entre estas empresas son desconocidos, es decir no se tiene una fuente fidedigna de como operarían dichos pagos, por lo que para efectos en esta tesis, se consideró que no se adquiriría algún tipo de deuda, por lo que se usara el costo de capital propio de la empresa.

El intento de fusión y sus flujos se podrían determinar por medio del modelo de la valuación de activos de capital, los cuales como se sabe, están basados en la información del mercado.

El modelo de activos de capital calcula una tasa apropiada y requerida para descontar los flujos de caja proyectadas, es decir futuros que nos producirá un activo, dada la apreciación de riesgo que tiene este activo.

El modelo de CAPM<sup>40</sup>, nos serviría para determinar esta tasa, para el caso del modelo un retorno esperado  $E(r_i)$ , donde los futuros de caja que producirá este activo pueden ser descontados a su valor actual neto, para así determinar el precio adecuado del activo o título del valor.

$$E(r_i) = r_f + \beta_{im} (E(r_m) - r_f) \quad (104)$$

Donde las variables son:

- $E(r_i)$  Es la tasa de rendimiento esperada de capital sobre el activo  $i$   
 $\beta_{im}$  Es el *beta* (cantidad de riesgo con respecto al Portafolio de Mercado)

$$\beta_{im} = \frac{cov(r_i, r_m)}{Var(r_m)} \quad (105)$$

La  $\beta$ <sup>41</sup> en este modelo nos indica si el activo es riesgoso en el mercado, siendo un buen indicador de sensibilidad.

- $(E(r_m) - r_f)$  Es el exceso en la rentabilidad del portafolio de mercado  
 $(r_m)$  Rendimiento de mercado  
 $(r_f)$  Rendimiento del activo libre de riesgo

Los cálculos realizados se encuentran en la parte del apéndice A.

---

<sup>40</sup> *Capital Asset Pricing Model (CAPM)* es un modelo introducido por Jack L. Trainor. William Sharpe, Jhon Liner y Jan Mossin de forma independiente, basado en trabajos que había realizado Harry Markowitz

<sup>41</sup> El **coeficiente Beta ( $\beta$ )** es una medida de la volatilidad de un activo (una acción o un valor) relativa a la variabilidad del mercado, de modo que valores altos de **Beta** denotan más volatilidad y **Beta** 1,0 es equivalencia con el mercado. Levinson, Mark (2006). *Guide to Financial Markets. London: The Economist (Profile Books)*.



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

### Resultados del modelo

- $r_f = 0.0432$  valor de los cetes 28 días anualizado periodo 2011
- $\beta_{im} = 1.189$  Valor calculado como el promedio de las 5 principales empresas del sector
- $r_m = 0.153$  Valor del mercado durante 2011

El resultado de nuestro activo

$$E(r_i) = r_f + \beta_{im} (E(r_m) - r_f)$$

$$E(r_i) = 0.0432 + 1.189(0.153 - 0.0432)$$

$$E(r_i) = 0.173$$

El cual el resultado será nuestra tasa de los flujos de descuento para el proyecto de fusión entre estas constructoras de vivienda.

#### 4.5.6 VALOR PRESENTE NETO CONVENCIONAL

Analizando la decisión por el método tradicional del VPN, para la fusión planteada por Grupo Javer y ViveICA, este método obtuvo los siguientes resultados, de acuerdo al valor de los flujos de efectivo esperados y llevados al valor presente planteado por ViveICA y al costo de la inversión por llevar a cabo dicho proyecto, con lo cual el resultado del Valor presente Neto, tiene un valor negativo - \$93,399,180.88, lo cual es un buen criterio para formalizar el uso de las opciones reales (ver tabla 24).

Tabla 24. Valor Presente Neto

| VALOR PRESENTE NETO DE LA INVERSION (MDP) |                     |
|---|---------------------|
| VALOR PRESENTE DE LOS FLUJOS ESPERADOS    | \$ 1,347,600,819.12 |
| COSTO DE LA INVERSION                     | \$ 1,441,000,000.00 |
| VPN                                       | -\$ 93,399,180.88   |

Fuente: Elaboración propia

Como se ha observado el VPN en la tabla 24 nos advierte ser negativo, por lo cual no sería conveniente realizar dicha fusión, debido a que esta metodología no representaría algún beneficio para los accionistas, sin embargo es evidente que existen expectativas de crecimiento a largo plazo, la cual los directivos de ambas empresas, esperarían tener beneficios que están implícitos en el proyecto, los cuales crean aquella oportunidad que no es apreciada desde un punto de vista como la metodología tradicional del VPN, esto da la posibilidad de justificar la decisión de fusión por la metodología del valor presente neto expandido "VPNE" u Opciones Reales.

#### 4.5.7 VALUACIÓN CON OPCIONES REALES

Como se ha planteado desde el punto de vista del VPN tradicional, la fusión no sería factible ni considerado por los directivos debido a su negatividad y los supuestos de dicha metodología, de



## Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

acuerdo a la flexibilidad involucrada, bajo el criterio de las opciones reales, donde dicha flexibilidad crea valor, al tener aquella incertidumbre con el paso temporal de tiempo, bajo estrategias que se pueden tornar favorables y estas a su vez permitan una sólida expansión o en su defecto exista una contracción cuando el mercado no permita dicha expansión y se tenga que posponer el proyecto o realizar otra estrategia que permita a los directivos una óptima solución.

De acuerdo a la analogía existente entre el proyecto de fusión y los elementos de una opción de compra se puede asociar de la siguiente manera en la tabla 25.

Tabla 25. Comparativa entre opción de compra y parámetro de proyecto de fusión

| ELEMENTOS "OPCIÓN DE COMPRA"       | VALOR               | ELEMENTOS DEL PROYECTO                           |
|------------------------------------|---------------------|--|
| X=PRECIO DE EJERCICIO              | \$ 1,441,000,000.00 | COSTO DE LA TRANSACCIÓN                          |
| S=VALOR DEL ACTIVO SUBYACENTE      | \$ 1,421,364,418.52 | VALOR DE VIVEICA                                 |
| $\sigma$ =VOLATIBILIDAD DEL ACTIVO | 42.87%              | VOLATIBILIDAD DE ACCIONES PROMEDIO DE 5 EMPRESAS |
| Rf=TASA LIBRE DE RIESGO            | 4.24%               | TASA CETES ANUAL A 28 DIAS                       |
| T=TIEMPO AL VENCIMIENTO            | 1 AÑO               | TIEMPO QUE SE DIO PARA EJERCER LA OPCIÓN         |

Fuente: Elaboración propia

### 4.5.8 CONSTRUCCIÓN DEL MÉTODO BINOMIAL

Con base en los parámetros obtenidos y el uso de los árboles binomiales, se construye la valoración de la opción de compra análoga a el proyecto de fusión Javer/ViveICA, por lo cual durante el tiempo de ejercicio de la opción Grupo Javer (fusionante) tiene la posibilidad o el derecho de adquirir /fusionarse con ViveICA (empresa fusionada).

### 4.5.9 PROCEDIMIENTO PARA EL VALOR DE OPCIÓN DE COMPRA

Mediante el uso del método propuesto por Cox, Ross y Rubinstein (1979), siendo un modelo que trabaja en el tiempo de forma discreta, variando el precio del activo subyacente/real dentro de la maduración, esta evolución en el valor del activo subyacente, se realiza por el método de árbol binomial, el cual se realizaron los cálculos para los parámetros de subida y de bajada las probabilidades del escalonamiento.

Para la solución de los parámetros asociados al modelo de CCR, se consideraron valores previamente obtenidos como la volatilidad del precio de las acciones  $\sigma=0.428$ , el tiempo "T" de nuestra opción que durara 12 meses/un año, el número de pasos temporales  $\delta t= 1/12$ , ya que se llevará a cabo mes con mes en el lapso de un año, se tomará en cuenta la tasa libre de riesgo en el periodo comprendido del 2012 de los cetes a 28 días  $r_f= 4.24\%$ , con los cuales se desarrollan los parámetros de salida del método( ver tabla 26).



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

Tabla 26. Cálculos para parámetros de metodología CCR.

| Resultado de los parámetros de CCR*  | Descripción del parámetro                     |
|--|---|
| $u = e^{\sigma\sqrt{\delta t}} = e^{0.428\sqrt{\frac{1}{12}}} = 1.1318$  | Factor a la alza "Up"                         |
| $d = e^{-\sigma\sqrt{\delta t}} = e^{-0.428\sqrt{\frac{1}{12}}} = 0.8836$  | Factor a la baja "Down"                       |
| $p = \frac{e^{r\delta t} - d}{u - d} = \frac{e^{0.0424 \times \frac{1}{12}} - 0.8836}{1.1318 - 0.8836} = 0.4833$ | Probabilidad neutral al riesgo (hacia arriba) |
| $1 - p = 1 - 0.4833 = 0.5167$  | Probabilidad neutral al riesgo (hacia abajo)  |

Fuente: Elaboración propia

#### 4.5.9.1 MODELO DEL ÁRBOL BINOMIAL DE LA ADQUISICIÓN DE VIVEICA

Los valores se tomaron de los parámetros antes vistos en la tabla 25 para la fusión:

- Valor del activo subyacente(s), valor de mercado de ViveICA \$ 1,421,364,418.52
- Precio de ejercicio (x): \$ 1,441,000,000.00.
- Tiempo de vencimiento (T) :1 año
- Volatilidad de las acciones( $\sigma$ ): 42.87%
- Tasa de riesgo anual ( $r_f$ ) : 4.24%

Se resumen los parámetros de entrada y salida en tabla 27.

Tabla 27 Datos y parámetros de cálculo para opción de adquisición

| DATOS   | VALORES             | PARAMETROS | RESULTADOS |
|---|---------------------|------------|------------|
| <b>X=PRECIO DE EJERCICIO</b>                        | \$ 1,441,000,000.00 | <b>U</b>   | 1.1318     |
| <b>S=VALOR DEL ACTIVO SUBYACENTE</b>                | \$ 1,421,364,418.52 | <b>D</b>   | 0.8836     |
| <b><math>\sigma</math>=VOLATIBILIDAD DEL ACTIVO</b> | 42.87%              | <b>P</b>   | 0.4833     |
| <b>Rf=TASA LIBRE DE RIESGO</b>                      | 4.24%               | <b>1-P</b> | 0.5167     |
| <b>T=TIEMPO AL VENCIMIENTO</b>                      | 1 AÑO               |            |            |
| <b>NUMERO DE PASOS POR AÑO</b>                      | 12                  |            |            |

Fuente: Elaboración propia



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

Ilustración 34. Evolución del árbol binomial de la opción de compra

| mes 0               | mes 1               | mes 2               | mes 3               | mes 4               | mes 5               | mes 6               |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|                     |                     |                     |                     |                     |                     | \$ 2,986,840,117.69 |
|                     |                     |                     |                     |                     | \$ 2,639,130,625.83 | \$ 1,459,202,531.35 |
|                     |                     |                     |                     | \$ 2,331,899,326.96 | \$ 1,135,245,145.89 | \$ 2,331,899,326.96 |
|                     |                     |                     | \$ 2,060,433,999.70 | \$ 863,464,465.75   | \$ 2,060,433,999.70 | \$ 867,422,343.89   |
|                     |                     | \$ 1,820,570,990.36 | \$ 641,380,207.46   | \$ 1,820,570,990.36 | \$ 635,009,837.95   | \$ 1,820,570,990.36 |
|                     | \$ 1,608,631,352.14 | \$ 465,293,213.26   | \$ 1,608,631,352.14 | \$ 451,980,243.73   | \$ 1,608,631,352.14 | \$ 435,268,248.04   |
| \$ 1,421,364,418.52 | \$ 329,938,381.79   | \$ 1,421,364,418.52 | \$ 313,289,097.41   | \$ 1,421,364,418.52 | \$ 292,641,981.10   | \$ 1,421,364,418.52 |
| \$ 228,970,718.00   | \$ 1,255,897,945.51 | \$ 211,921,206.15   | \$ 1,255,897,945.51 | \$ 191,313,178.20   | \$ 1,255,897,945.51 | \$ 165,954,030.88   |
|                     | \$ 140,209,718.31   | \$ 1,109,694,058.04 | \$ 122,047,686.09   | \$ 1,109,694,058.04 | \$ 100,604,802.59   | \$ 1,109,694,058.04 |
|                     |                     | \$ 76,218,402.34    | \$ 1,109,694,058.04 | \$ 59,672,266.99    | \$ 1,109,694,058.04 | \$ 41,140,058.50    |
|                     |                     |                     | \$ 980,510,324.79   | \$ 866,365,364.44   | \$ 980,510,324.79   | \$ 866,365,364.44   |
|                     |                     |                     | \$ 34,755,846.67    | \$ 11,930,448.55    | \$ 22,283,953.18    | \$ 4,840,057.83     |
|                     |                     |                     |                     | \$ 866,365,364.44   | \$ 765,508,455.88   | \$ 866,365,364.44   |
|                     |                     |                     |                     | \$ 11,930,448.55    | \$ 2,339,430.46     | \$ 4,840,057.83     |
|                     |                     |                     |                     |                     | \$ 676,392,686.13   | \$ 676,392,686.13   |
|                     |                     |                     |                     |                     | \$ -                | \$ -                |
| mes 7               | mes 8               | mes 9               | mes 10              | mes 11              | mes 12              |                     |
|                     |                     |                     |                     |                     | \$ 6,276,514,152.46 | \$ 6,276,514,152.46 |
|                     |                     |                     |                     | \$ 5,545,841,113.19 | \$ 4,835,514,152.46 | \$ 4,835,514,152.46 |
|                     |                     |                     | \$ 4,900,228,519.47 | \$ 4,051,821,566.52 | \$ 4,900,228,519.47 | \$ 4,900,228,519.47 |
|                     |                     | \$ 4,329,774,159.22 | \$ 3,373,047,848.17 | \$ 4,329,774,159.22 | \$ 2,854,014,856.64 | \$ 3,459,228,519.47 |
|                     | \$ 3,825,728,574.77 | \$ 2,785,517,907.08 | \$ 3,825,728,574.77 | \$ 2,330,574,629.07 | \$ 2,854,014,856.64 | \$ 3,825,728,574.77 |
| \$ 3,380,360,866.32 | \$ 2,277,331,510.17 | \$ 3,380,360,866.32 | \$ 2,330,574,629.07 | \$ 3,380,360,866.32 | \$ 1,918,857,784.11 | \$ 2,384,728,574.77 |
| \$ 1,838,133,084.88 | \$ 2,986,840,117.69 | \$ 1,878,234,283.12 | \$ 2,986,840,117.69 | \$ 1,918,857,784.11 | \$ 1,918,857,784.11 | \$ 2,986,840,117.69 |
|                     | \$ 1,487,705,878.34 | \$ 2,639,130,625.83 | \$ 1,516,690,222.07 | \$ 2,639,130,625.83 | \$ 1,545,840,117.69 | \$ 2,639,130,625.83 |
| \$ 2,639,130,625.83 | \$ 1,487,705,878.34 | \$ 1,169,895,708.33 | \$ 2,639,130,625.83 | \$ 1,188,757,724.47 | \$ 2,639,130,625.83 | \$ 1,545,840,117.69 |
| \$ 1,151,494,784.10 | \$ 2,331,899,326.96 | \$ 872,410,911.05   | \$ 2,331,899,326.96 | \$ 1,188,757,724.47 | \$ 2,331,899,326.96 | \$ 2,331,899,326.96 |
|                     | \$ 872,410,911.05   | \$ 2,060,433,999.70 | \$ 881,270,706.42   | \$ 2,060,433,999.70 | \$ 890,899,326.96   | \$ 2,331,899,326.96 |
| \$ 2,060,433,999.70 | \$ 627,148,849.45   | \$ 619,269,440.99   | \$ 2,060,433,999.70 | \$ 618,750,703.47   | \$ 2,060,433,999.70 | \$ 890,899,326.96   |
|                     | \$ 1,820,570,990.36 | \$ 414,543,791.69   | \$ 1,820,570,990.36 | \$ 390,007,076.41   | \$ 1,820,570,990.36 | \$ 1,820,570,990.36 |
| \$ 1,608,631,352.14 | \$ 414,543,791.69   | \$ 1,608,631,352.14 | \$ 390,007,076.41   | \$ 1,608,631,352.14 | \$ 183,464,737.01   | \$ 379,570,990.36   |
| \$ 266,590,836.27   | \$ 1,421,364,418.52 | \$ 232,462,400.70   | \$ 1,421,364,418.52 | \$ 183,464,737.01   | \$ 1,421,364,418.52 | \$ 1,421,364,418.52 |
|                     | \$ 133,604,924.03   | \$ 1,255,897,945.51 | \$ 88,677,245.05    | \$ 1,255,897,945.51 | \$ -                | \$ -                |
| \$ 1,255,897,945.51 | \$ 74,846,234.17    | \$ 42,861,935.86    | \$ 1,255,897,945.51 | \$ -                | \$ 1,255,897,945.51 | \$ -                |
|                     | \$ 1,109,694,058.04 | \$ 20,717,214.93    | \$ 1,109,694,058.04 | \$ -                | \$ -                | \$ 1,109,694,058.04 |
| \$ 980,510,324.79   | \$ 10,013,616.65    | \$ -                | \$ 980,510,324.79   | \$ -                | \$ 980,510,324.79   | \$ -                |
|                     | \$ 866,365,364.44   | \$ -                | \$ 866,365,364.44   | \$ -                | \$ 866,365,364.44   | \$ -                |
| \$ 765,508,455.88   | \$ -                | \$ -                | \$ 765,508,455.88   | \$ -                | \$ 765,508,455.88   | \$ -                |
| \$ -                | \$ -                | \$ -                | \$ 765,508,455.88   | \$ -                | \$ -                | \$ -                |
|                     | \$ 676,392,686.13   | \$ -                | \$ 676,392,686.13   | \$ -                | \$ 676,392,686.13   | \$ 676,392,686.13   |
| \$ 597,651,224.27   | \$ -                | \$ -                | \$ 597,651,224.27   | \$ -                | \$ -                | \$ -                |
| \$ -                | \$ -                | \$ -                | \$ 597,651,224.27   | \$ -                | \$ 597,651,224.27   | \$ -                |
|                     | \$ 528,076,357.42   | \$ -                | \$ 528,076,357.42   | \$ -                | \$ -                | \$ 528,076,357.42   |
|                     | \$ -                | \$ -                | \$ -                | \$ -                | \$ -                | \$ -                |
|                     | \$ -                | \$ 466,600,967.15   | \$ 466,600,967.15   | \$ -                | \$ 466,600,967.15   | \$ -                |
|                     |                     | \$ -                | \$ -                | \$ -                | \$ -                | \$ -                |
|                     |                     | \$ -                | \$ 412,282,162.40   | \$ -                | \$ 412,282,162.40   | \$ 412,282,162.40   |
|                     |                     |                     | \$ -                | \$ -                | \$ -                | \$ -                |
|                     |                     |                     | \$ -                | \$ 364,286,817.64   | \$ 364,286,817.64   | \$ -                |
|                     |                     |                     |                     | \$ -                | \$ -                | \$ -                |
|                     |                     |                     |                     | \$ -                | \$ 321,878,794.69   | \$ 321,878,794.69   |
|                     |                     |                     |                     |                     | \$ -                | \$ -                |

Fuente: Elaboración propia



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

#### 4.5.9.2 VALORES DE LA OPCIÓN DE COMPRA Y SUS RESULTADOS

La determinación de los valores al alza y baja están determinados como sigue:

$$u = e^{\sigma\sqrt{\delta t}} = e^{0.428\sqrt{\frac{1}{12}}} = 1.1318$$

$$d = e^{-\sigma\sqrt{\delta t}} = e^{-0.428\sqrt{\frac{1}{12}}} = 0.8836$$

El cual corresponde a los valores que serán el multiplicado en cada un paso de avance hacia arriba o hacia abajo según corresponda el árbol binomial este se puede comprobar fácilmente en la subida o bajada del primer paso que es el activo subyacente por “u” o “d” según sea el caso.

|                     |                     |
|---------------------|---------------------|
|                     | \$ 1,608,631,352.14 |
|                     | \$ 329,938,381.79   |
| \$ 1,421,364,418.52 |                     |
| \$ 228,970,718.00   |                     |
|                     | \$ 1,255,897,945.51 |
|                     | \$ 140,209,718.31   |

$$\begin{aligned} \$1,421,364,418.52 \times 1.1318 &= \$1,608,631,352.14 \\ \$1,421,364,418.52 \times 0.8836 &= \$1,255,897,945.51 \end{aligned}$$

Después de finalizar cada iteración por su correspondiente paso temporal hasta el término del árbol se realiza.

Para la determinación del *payoff* se realiza entre el máximo valor del activo subyacente en el mercado menos el precio de ejercicio y 0 si este valor resultara negativo, nuestro valor a tomar sería entonces cero.

|                     |                     |
|---------------------|---------------------|
|                     | \$ 6,276,514,152.46 |
|                     | \$ 4,835,514,152.46 |
| \$ 5,545,841,113.19 |                     |
| \$ 4,051,821,566.52 |                     |
|                     | \$ 4,900,228,519.47 |
|                     | \$ 3,459,228,519.47 |

El cual para este caso se determina mediante la formulación de Excel “max” o máximo entre el valor del activo subyacente final y el valor de la compra, donde si el resultado como se ha planteado es negativo, se tomara el valor 0 para la forma regresiva en la búsqueda del valor de la opción.

$$\begin{aligned} &= \max(6,276,514,152.46 - 1,441,000,000; 0) \\ &= \max(4,835,514,152.46; 0) \\ &= \max(4,835,514,152.46) \end{aligned}$$

Con lo cual se hace para cada nodo final y el resultado de cada uno de ellos se usara para para llegar al principio del árbol y tener el valor de la opción de compra.

Partiendo de la misma parte final de este árbol se ejemplifica el uso de la probabilidad neutral al riesgo para la determinación de los nodos intermedios:



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

$$= \frac{(4,835,514,152.46 \times 0.4833) + (3,459,228,519.47 \times 0.5167)}{e^{0.0424 \times \frac{1}{12}}}$$

Con lo cual el resultado para este nodo será:

**\$4,051,821,566.22**

Siguiendo cada ramificación de los nodos se llega hasta el principio del mismo para encontrar finalmente el valor de la opción de **\$228,970,718.00** (ver ilustración 35).

|                     |                     |
|---------------------|---------------------|
|                     | \$ 1,608,631,352.14 |
|                     | \$ 329,938,381.79   |
| \$ 1,421,364,418.52 |                     |
| \$ 228,970,718.00   |                     |
|                     | \$ 1,255,897,945.51 |
|                     | \$ 140,209,718.31   |

Ilustración 35. Valor Presente Neto Extendido.

|   |                           |
|---|---------------------------|
| VALOR DE VIVEICA 2012   | \$ 1,421,364,418.52       |
| COSTO DE LA FUSIÓN  | \$ 1,441,000,000.00       |
| VALOR PRESENTE DE LOS FLUJOS DE EFECTIVO ESPERADOS POR FUSION | \$ 1,299,484,739.07       |
| VALOR PRESENTE NETO   | <b>-\$ 141,515,260.93</b> |
| VALOR DE LA OPCIÓN DE COMPRA                                  | \$ 228,970,718.00         |
| VALOR PRESENTE NETO EXTENDIDO                                 | <b>\$ 87,455,457.08</b>   |

Fuente: Elaboración propia

#### Resultados de la opción de compra

Al realizar el análisis de fusión con la técnica de las opciones reales el proyecto presenta el resultado positivo y atractivo para los inversionistas, porque el valor de la opción de compra resultante es de \$228,970,718.00, con lo que la información nueva crea flexibilidad que antes no era valorada con la metodología de VPN, la cual resulto ser negativa en \$141,515,260.93, con lo que destaca que nuestro VPNE resulta ser para esta opción de compra en \$87,455,457.08

De la ecuación (104), se resume:



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

$$VPN_{EXTENDIDO} = VPN_{ESTATICO} + \text{valor de la opción de flexibilidad(dinamico)}$$

- $VPN_{ESTATICO} = -\$ 141,515,260.93$
- $\text{Valor de la opción de flexibilidad(dinamico)} = \$228,970,718$

$$VPN_{EXTENDIDO} = -\$ 141,515,260.93 + \$228,970,718$$

$$VPN_{EXTENDIDO} = \$ 87,455,457.08$$

La decisión de los directivos puede cambiar con esta nueva información, y pueden tomar una postura optimista con los nuevos resultados de la fusión de modo que la sinergia que se generarían de la empresa resultante por la fusión, permitirá expandir las operaciones, por lo que es importante evaluar también la opción de crecimiento de Javer al adquirir a VivelCA.

#### 4.5.10 VALUACIÓN DE LA OPCIÓN DE CRECIMIENTO

La fusión entre estas empresas representa una oportunidad de crecimiento para ambas compañías, ya que las cualidades y participación de mercado de cada empresa, amplía el panorama, expectativas, operaciones etc. hacia un horizonte prometedor para sus inversionistas, que es evidentemente lo que se pretende con la fusión.

Para el análisis de esta opción de crecimiento es importante señalar que los métodos tradicionales que se han mencionado en capítulos anteriores, no presentan la flexibilidad que le da la metodología de las opciones reales a los directivos, como fue el caso del VPN en la opción de compra.

De acuerdo a información que presentaron algunas cadenas de noticias y analistas del sector dedicadas a las finanzas, especularon que la fusión de estas empresas, colocaría a esta empresa resultante como la segunda más importante en el sector, con ello las expectativas de la fusión entre los directivos planeaban posicionarse también como el segundo lugar en cuanto al otorgamiento de créditos en INFONAVIT.

Se especuló que la nueva desarrolladora de vivienda tendría ventas anuales de 7600 (mdp) y un flujo operativo EBITDA de 1100 (mdp). Las condiciones de cierre y aprobaciones regulatorias se concretarían en el 2013.

Para verificar la opción de crecimiento de esta fusión, se consideraría en primera instancia el valor de mercado de la empresa. Pero el valor de mercado de Javer no está determinado por ser una empresa que no cotiza en la bolsa y no se puede hacer uso de este indicador en la opción de crecimiento, por lo cual se puede valorizar la empresa por distintos métodos<sup>42</sup>(ver tabla 28).

---

<sup>42</sup> Valoración en apéndice B



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

Tabla 28 Valor Presente Neto Extendido (opción de crecimiento)

| DATOS  | VALORES                           | ELEMENTOS   |
|--|-----------------------------------|---|
| <b><i>X=PRECIO DE EJERCICIO</i></b>                  | <b><i>\$ 1,441,000,000.00</i></b> | <b><i>costo de la fusión (compra)</i></b>                           |
| <b><i>S=VALOR DEL ACTIVO SUBYACENTE</i></b>          | <b><i>\$ 3,855,701,698.83</i></b> | <b><i>valor presente de los flujos de efectivo de Javer</i></b>     |
| <b><i>σ=VOLATIBILIDAD DEL ACTIVO</i></b>             | <b><i>52.26%</i></b>              | <b><i>volatilidad de las acciones de EMPRESA SIMILAR "SARE"</i></b> |
| <b><i>R<sub>f</sub>=TASA LIBRE DE RIESGO</i></b>     | <b><i>4.24%</i></b>               | <b><i>tasa cetes a 28 días</i></b>                                  |
| <b><i>T=TIEMPO AL VENCIMIENTO</i></b>                | <b><i>2 AÑOS</i></b>              | <b><i>tiempo para ejercer la opción</i></b>                         |
| <b><i>NUMERO DE PASOS POR AÑO</i></b>                | <b><i>4</i></b>                   |   |
| <b><i>Δt=</i></b>                                    | <b><i>1/4=0.25</i></b>            |   |
| <b><i>U=factor alza (up)</i></b>                     | <b><i>1.13</i></b>                |   |
| <b><i>D=factor a la baja(down)</i></b>               | <b><i>0.88</i></b>                |   |
| <b><i>P =Prob neutral al riesgo hacia arriba</i></b> | <b><i>48.33%</i></b>              |   |
| <b><i>1-P=Prob neutral al riesgo baja</i></b>        | <b><i>51.67%</i></b>              |   |

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a información financiera y fuentes cercanas, los flujos de efectivo al realizar esta sinergia podrían obtener un crecimiento entre el 50-80% durante los dos primeros años de la fusión, parámetro de tiempo de expansión que se tomara para determinar este crecimiento.



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

#### 4.5.10.1 OPCIÓN DE CRECIMIENTO CON BASE EN LOS FLUJOS DE EFECTIVO

Gráfica 14. Evolución del activo subyacente.

| INICIO              | 1 TRIMESTRE         | 2 TRIMESTRE         | 3 TRIMESTRE         | 4 TRIMESTRE         | 1 TRIMESTRE         | 2 TRIMESTRE         | 3 TRIMESTRE         | 4 TRIMESTRE         |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     | \$ 9,970,457,215.60 |
|                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     | \$ 8,046,656,390.04 | \$ 8,529,457,215.60 |
|                     |                     |                     |                     |                     |                     | \$ 6,494,053,147.14 | \$ 6,582,745,745.82 | \$ 6,494,053,147.14 |
|                     |                     |                     |                     |                     | \$ 5,241,024,872.15 | \$ 5,241,024,872.15 | \$ 3,795,898,721.69 | \$ 5,053,053,147.14 |
|                     |                     |                     |                     | \$ 4,229,768,541.79 | \$ 3,786,367,911.44 | \$ 4,229,768,541.79 | \$ 3,795,898,721.69 | \$ 4,229,768,541.79 |
|                     |                     |                     | \$ 3,413,634,232.54 | \$ 2,796,543,880.80 | \$ 3,413,634,232.54 | \$ 2,793,581,790.68 | \$ 3,413,634,232.54 | \$ 2,788,768,541.79 |
|                     |                     | \$ 2,754,973,128.77 | \$ 2,017,329,608.28 | \$ 2,754,973,128.77 | \$ 1,995,436,758.16 | \$ 2,754,973,128.77 | \$ 1,980,742,977.44 | \$ 2,754,973,128.77 |
|                     | \$ 2,223,400,758.02 | \$ 1,418,656,831.75 | \$ 2,223,400,758.02 | \$ 1,378,876,003.84 | \$ 2,223,400,758.02 | \$ 1,338,468,609.19 | \$ 2,223,400,758.02 | \$ 1,313,973,128.77 |
| \$ 1,794,395,335.17 | \$ 972,544,971.13   | \$ 1,794,395,335.17 | \$ 922,570,473.10   | \$ 1,794,395,335.17 | \$ 864,486,121.55   | \$ 1,794,395,335.17 | \$ 798,478,451.49   | \$ 1,794,395,335.17 |
| \$ 650,662,110.32   | \$ 1,448,166,556.23 | \$ 599,293,813.59   | \$ 1,448,166,556.23 | \$ 537,732,182.03   | \$ 1,448,166,556.23 | \$ 460,764,997.97   | \$ 1,448,166,556.23 | \$ 353,395,335.17   |
|                     | \$ 379,187,545.72   | \$ 1,168,742,658.59 | \$ 324,348,371.61   | \$ 1,168,742,658.59 | \$ 256,948,458.73   | \$ 1,168,742,658.59 | \$ 166,539,220.54   | \$ 1,168,742,658.59 |
|                     |                     | \$ 190,766,069.16   | \$ 943,233,632.99   | \$ 139,849,191.49   | \$ 943,233,632.99   | \$ 78,482,394.13    | \$ 943,233,632.99   | \$ -                |
|                     |                     |                     | \$ 74,745,809.72    | \$ 761,236,598.89   | \$ 36,985,198.85    | \$ 761,236,598.89   | \$ -                | \$ 761,236,598.89   |
|                     |                     |                     |                     | \$ 17,429,449.61    | \$ 614,355,912.71   | \$ -                | \$ 614,355,912.71   | \$ -                |
|                     |                     |                     |                     |                     | \$ -                | \$ 495,815,871.22   | \$ -                | \$ 495,815,871.22   |
|                     |                     |                     |                     |                     |                     | \$ -                | \$ 400,148,143.87   | \$ -                |
|                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     | \$ -                | \$ 322,939,515.13   |
|                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     | \$ -                |

Fuente: Elaboración propia

Debido a la operación de fusión de las empresas constructoras se dispone de la inversión o desembolso por adquirir a la empresa fusionada en nuestro caso Grupo Javer en la adquisición de VIVEICA.

Para la valoración en el nuevo árbol se debe realizar la operación con un factor de crecimiento, por el respectivo valor de la evolución del activo subyacente y descontando el precio de ejercicio por la fusión en este caso \$1441 (mdp) que es precio pactado por la fusión ( $X=1441 ((MDP))$ ), la volatilidad se tomara en cuenta de los rendimientos de una empresa del sector similar el cuál será grupo SARE con un valor de 52.6%.

Para el caso de crecimiento, si en un caso los precios y condiciones del mercado son favorables en un periodo de tiempo, las expectativas de expansión podrían superar los planes actuales, con lo cual incurrirá un crecimiento "C%" con información dada por expertos que en este caso supone un crecimiento del 80%, por ser empresas del mismo sector y de tamaño similar, por lo que el valor  $C=0.8$ .





Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

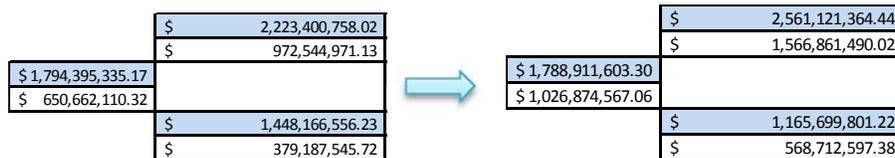
Con lo cual el resultado de la opción de crecimiento, sería el valor presente neto extendido menos el valor presente neto:

$$\text{Valor de opcion} = \text{VPN}_{\text{extendido}} - \text{VPN}_{\text{estatico}}$$

- $\text{VPN}_{\text{ESTATICO}} = \$353,395,335.17$
- $\text{valor de la opcion de flexibilidad(dinamico)} = \$650,662,110$
- $\text{VPN}_{\text{EXTENDIDO}} \$ 1,004,057,445$

Con los valores calculados se determinó que el valor de la opción de crecimiento da \$650 (mdp), este valor representa lo que dicha opción de crecimiento agregaría al valor presente neto estático, el cual el valor presente neto estático arroja valores positivos, pero con la facultad de poseer la opción de crecimiento este valor aumenta en gran proporción debido a que la volatilidad es significativamente alta con un valor de 52%.

Para la determinación de este árbol se hace la misma operación que con el árbol de la opción de compra, se multiplica para cada nodo por su respectivo crecimiento, para efectos de este análisis y como se mencionó de un crecimiento de 80%.



El cuál será el valor del activo subyacente de \$1,794,395,335.17 x su respectivo crecimiento de 100% más el 80%, es decir 1.8, menos el valor del costo de crecimiento, el cual es el precio pagado entre la fusión existente, es decir \$1,441,000,000.00. Este se realiza para cada uno de los nodos y desarrolla hasta el nodo final, para encontrar el *payoff*.

$$\text{Det. primer nodo} = \$1,794,395,335.17 * 1.8 - \$1,441,000,000.00 = \$1,788,911,603.30$$

Determinación del valor de la opción de crecimiento

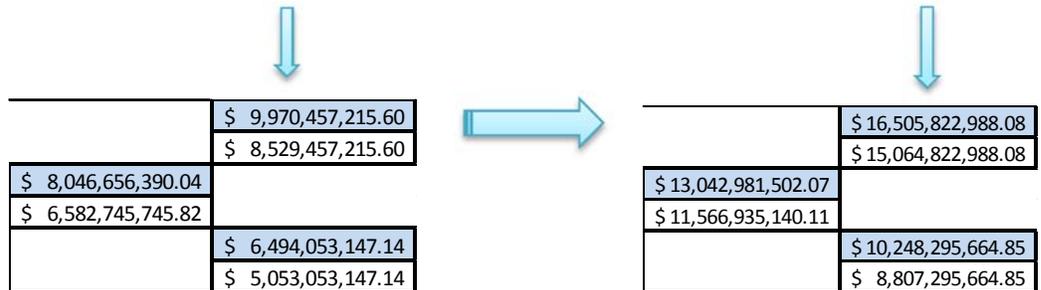
Dentro de los nodos finales de este árbol de crecimiento se realiza con base entre el árbol con su factor de crecimiento y lo que es la evolución del activo subyacente como es el caso:



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

Árbol con evolución del activo

Árbol con factor de crecimiento



Máximo en último nodo señalado  $\max[\$9,970,451,215.60 \text{ y } \$16,505,822,988.08]$

$$\max[\$16,505,822,988.08]$$

Resultado del cual el valor máximo entre estos comparativos se obtiene en el árbol de crecimiento y se desarrolla para los demás nodos.

Con la solución que en ambos casos se genera valor dado que en primer caso de la “opción de compra” el VPN resulto negativo y con el uso de la metodología esta flexibilidad genero una alternativa para la toma decisión, la cual nos argumentó el hecho de generar valor y en caso de “opción de crecimiento “cuando era más que obvio este crecimiento al dar un valor positivo en el VPN, se realizó para comprobar también su flexibilidad.



*Capítulo 5*

*Conclusiones y*

*Recomendaciones*



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Bajo el contexto de valuación de proyectos a través de los métodos tradicionales, se encuentra información valiosa, pero que pierde valor cuando los procesos, inversiones y/o proyectos dejan de ser vistos como estáticos, ya que existen variables que cambian durante y después de una toma de decisión ante una incertidumbre desconocida, es por esto que se amplía la posibilidad de valuación con métodos alternos que complementen la valuación estática tradicional para integrarla a la parte dinámica que llamamos flexibilidad.

Bajo este sentido tenemos que la metodología de las Opciones Reales, nos aportan una gran utilidad para cuantificar en qué medida la gestión estratégica advierte un beneficio o no, ya que se permite ampliar una visión sobre la actitud a tomar de acuerdo a condiciones cambiantes como los del mercado.

En nuestro caso de fusión bajo estas empresas analizadas del sector de construcción de vivienda "Javer y ViveICA", nos advierte que haciendo uso de la valuación estática o Valor Presente Neto, el proyecto resulta con valores negativos, es decir -\$141,515,260 MXN., lo cual bajo la premisa de la metodología, la postura que se tendría que tomar es la del rechazo de fusión, ya que no generaría valor para los accionistas, pero al desarrollar la opción de compra este VPNE resulta en \$87,455,457 MXN. sin embargo es evidente que la unión de las empresas del mismo sector amplía la cobertura de construcción en diferentes estados y se hacen supuestos de economías de escala y que mejor expandirse que entrar en nuevos mercados, esta es la razón por la que se procedió a valorar la opción de crecimiento que aunque la opción de crecimiento vista desde el método VPN resultó ser positivo \$ 353,395,335 se desarrolló encontrando que el valor aumentaría en gran medida con un resultado de \$1,004,057,445 MXN.

Por consiguiente al generar valor con esta metodología de las opciones reales, la estrategia resulta conveniente para la toma de decisión de ejercer la fusión (opción de compra). con la cual se puede resumir de la tabla 19 que al sumarse sus créditos de ambas viviendas se justifica una de las razones principales que tenían los inversionistas para posicionarse en el segundo puesto de créditos que otorga el INFONAVIT para las desarrolladoras de vivienda.

Tabla 29. Posicionamiento de fusión entre Javer y ViveICA tras fusión

| CRÉDITOS 2011 (MODIFICACIÓN) |                  |
|------------------------------|------------------|
| EMPRESA                      | CRÉDITOS         |
| CORPORACION GEO              | 43992            |
| GRUPO JAVER+VIVEICA          | 15271+5575=20846 |
| HOMEX                        | 20844            |
| URBI                         | 18146            |

Fuente: Elaboración propia.



## Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

En toda valuación de proyectos e inversiones es de suma importancia contar con todas las herramientas posibles para una mejor postura en la toma de decisiones, que denoten la claridad y visión para cuantificar y cualificar las diversas alternativas y minimizar los riesgos ante información cambiante relevante.

La metodología de las Opciones Reales debe de ser bien planteada por los administradores a cargo de la valuación, para que su presentación ante los directivos sea comprensible y asimilada.

Aunque la metodología de las Opciones Reales es aplicables en muchos casos, identificar las variables son algunas de las limitaciones que dificultan la tarea de ejecución, no obstante su integración a la valuación tradicional crea una gama de oportunidades que no son reconocidas por otros métodos.

Esta oportunidad de flexibilidad que aporta la metodología de las Opciones Reales, da pauta para su aplicación en diversas investigaciones futuras y al uso para la valuación, donde aparentemente no exista un valor positivo visto desde las metodologías clásicas.

Al paso de tres años desde el planteamiento de fusión entre estas empresas no se ha vuelto a plantear el proyecto de fusión, que desde luego al realizar los cálculos presentados en esta tesis, brindo un panorama alentador sobre la inversión de fusión al arrojar valores positivos con el uso de la metodología de las opciones reales y que quizás fue una de las metodología usadas por los asociados, investigadores e inversionistas para valorarla.

Cabe destacar que los resultados obtenidos por la simulación de datos basados en los modelos aplicados en esta tesis pueden resultar diferentes con respecto a la información que se pueda inferir del campo práctico; lo anterior, debido a una restricción muy importante: que los parámetros y la información que se pudiesen obtener por parte de las empresas resulta ser en la mayoría de los casos, confidencial. Con base en lo anterior, los valores que se usaron para la elaboración de esta investigación fueron consultados y recopilados en las noticias públicas y artículos sobre la fusión de medios de difusión como internet, diarios, de la BMV y revistas (ver apéndice C).

Existen diversos supuestos por lo cual la fusión no se realizó. Quizás el hecho de no haber planteado a los directivos sobre la metodología de las Opciones Reales y sobre la oportunidad que se crearía en un sistema dinámico donde la creación del valor cambia continuamente debido a la incertidumbre existente. Otro supuesto es un repentino cambio en el valor de la compra, un aumento en la petición de la participación de la nueva empresa resultante entre varias situaciones tan complejas que no suelen salir a la luz pública.

Es por este hecho que la tesis se realizó para determinar si existía valor o no en la hipótesis de fusión entre estas empresa y que haciendo uso de la metodología, los resultados fueron satisfactorios para



## Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

llevar a cabo dicha situación en el momento que se planteó la fusión entre Javer y ViveICA en noviembre del 2012.

El impacto que ha tenido el consorcio ICA a través de los últimos años ha sido muy desalentador, para que reviva el planteamiento de fusión por todos los hechos o decisiones equivocadas que ha tenido esta gran empresa mexicana, pero da cavidad a que se plantee una nueva valoración para determinar si resultaría un benéfico con un nuevo planteamiento de fusión con grupo Javer en la actualidad.

Las opciones reales le dan a sus inversionistas un mejor panorama sobre la toma de decisiones debido a que: esta permite administrar activamente el proyecto de inversión, proporciona un modelo analítico y visual a los inversionistas sobre los valores futuros y oportunidades en la inversión, es una herramienta flexible y dinámica para la toma de decisiones.



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

## 5.1 APORTES DE INVESTIGACIÓN

- Aplicación de una opción de compra y de crecimiento a través de la metodología de las Opciones Reales por medio de modelo de Cox Ross y Rubinstein.
- Aplicación por el método de simulación Monte Carlo.
- Presentación de valoración por medio de árboles binomiales.
- Presentación de valoración por medio de árboles trinomiales.
- Comparativos y errores relativos de las metodologías de valuación, Black-Scholes, árbol binomial y trinomial con diferentes periodos y simulación por Monte Carlo.
- Análisis para la toma de decisiones por medio del planteamiento de fusión en empresas reales.
- Análisis de los estados financieros, para determinar diversos indicadores a utilizar
- Aplicación de algunos conceptos de opciones financieras por medio de software Excel y Matlab.

## 5.2 TRABAJOS FUTUROS QUE SE DESPRENDEN DE ESTA TESIS

- Aplicación de otros modelos como método implícito de Euler, método multinomial
- Modelación por medio de árboles trinomiales en otras opciones
- Modelación de otras opciones (abandonar, aplazar, reducir etc.)
- Uso de software para modelar la valoración



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

## 5.3 APÉNDICE

### APÉNDICE A MODELO DE CAPM.

Modelo de CAPM, para determinar el valor del rendimiento de nuestro activo

$$E(r_i) = r_f + \beta_{im} (E(r_m) - r_f)$$

Donde las variables son:

$E(r_i)$  Es la tasa de rendimiento esperada de capital sobre el activo  $i$   
 $\beta_{im}$  Es el *beta* (cantidad de riesgo con respecto al Portafolio de Mercado)

$$\beta_{im} = \frac{cov(r_i, r_m)}{Var(r_m)}$$

$(E(r_m) - r_f)$  Es el exceso en la rentabilidad del portafolio de mercado

$(r_m)$  Rendimiento de mercado

$(r_f)$  Rendimiento del activo libre de riesgo

### Cálculos

$(r_f)$  Los datos son extraídos del banco de México, para el valor de la tasa libre de riesgo en los cetes a 28 días del año en que se realizaría la fusión, es decir en el 2011.

$\beta_{im}$  El valor de la beta se utilizó del promedio de 5 empresas del sector de desarrolladoras de vivienda, es decir el promedio de 5 betas.

$(r_m)$  El valor del mercado, es el rendimiento del IPC durante el mismo periodo de valuación en el 2011, se obtuvo el rendimiento por diferencias logarítmicas entre dos momentos, el día actual y el día anterior  $t_s$  y  $t_{s-1}$  para un total de 252 valores, se hizo el cálculo de esta forma continua, ya que los rendimientos logarítmicos dan la ventaja de poder sumar varias rentabilidades /rendimientos sucesivos de una serie temporal de cotizaciones al igual que el rendimiento logarítmico mediante el cociente de las cotizaciones de un valor inicial y valor final.

$$r_1 + r_2 + r_3 + r_4 = \ln \left( \frac{P_{ts}}{P_{ts-4}} \right) * 100$$

Resultado que no se obtiene de los rendimientos porcentuales, que es de forma discreta.



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

Ejemplo:

Tengamos 5 cotizaciones del precio de las acciones de grupo geo

| FECHA      | GEO<br>MXN |
|------------|------------|
| 02/01/2012 | 17.59      |
| 03/01/2012 | 18.29      |
| 04/01/2012 | 19.45      |
| 05/01/2012 | 19.1       |
| 06/01/2012 | 18.6       |

1.-De tal modo realizado por los rendimientos porcentuales se obtiene

$$R_1 = \frac{18.29 - 17.59}{17.59} * 100 = 3.9795$$
$$R_2 = \frac{19.45 - 18.29}{18.29} * 100 = 6.3422$$
$$R_3 = \frac{19.1 - 19.45}{19.45} * 100 = -1.7994$$
$$R_4 = \frac{18.6 - 19.1}{19.1} * 100 = -0.0261$$

De tal forma que al sumar estas sucesiones que

$$R_1 + R_2 + R_3 + R_4 \neq \frac{P_{ts} - P_{ts-4}}{P_{ts-4}}$$

$$3.9795 + 6.3422 - 1.7994 - 0.0261 \neq \frac{18.6 - 17.59}{17.59} * 100$$
$$8.4962 \neq 5.7419$$

Resultando de este modo discreto que los rendimientos no son los mismos de una serie temporal y el de una fecha de inicio y otra final.

2.- Método logarítmico

$$r_1 = \ln \frac{18.29}{17.59} * 100 = 3.9023$$

$$r_2 = \ln \frac{19.45}{18.29} * 100 = 6.1492$$



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

$$r_3 = \ln \frac{19.10}{19.45} * 100 = -1.8158$$

$$r_4 = \ln \frac{18.6}{19.1} * 100 = -2.6526$$

De este modo se puede comprobar la ventaja del uso logarítmico ante el porcentual

$$r_1 + r_2 + r_3 + r_4 = \ln \frac{P_{ts}}{P_{ts-4}}$$

$$3.9023 + 6.1492 - 1.8158 - 2.6526 = \ln \frac{18.60}{17.59} * 100$$

$$5.5831 = 5.5831$$

Esta propiedad matemática de los logaritmos, ha creado en los rendimientos una forma habitual para que se calculen las rentabilidades de los activos en los mercados financieros.

Teniendo en cuenta que se tiene la información para determinar los rendimientos el segundo paso, es adecuar un grupo de acciones de diferentes empresas pero del mismo sector, con el cual podremos calcular los rendimientos individuales y los rendimientos del mercado con ayuda de la cotización del IPC<sup>43</sup>, Siendo un índice que nos determina como se encuentra la bolsa Mexicana de Valores.

Para el cálculo se usó una hoja de cálculo, lo cual nos permite acelerar el desarrollo de esta tarea y modificar a voluntad los parámetros. Se introdujeron las cotizaciones diarias de las cinco empresas principales del sector de vivienda, las cuales son; Grupo Geo, Homex, Urbi, Ara y Sare, además de que se incluyó paralelamente el IPC, desde la fecha 2/01/2012 hasta el 31/12/2012.

---

<sup>43</sup> Este indicador expresa es el rendimiento que el mercado de acciones muestra en función de las variaciones de los precios en una muestra que representa el conjunto de acciones que cotizan en la Bolsa. Es decir, el **IPC** muestra el funcionamiento y dinamismo del mercado accionario de México desde 1978 y a través de los años. fuente BMV



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

Tabla 30. Cotizaciones de las acciones 2012 en MXN.

| FECHA   | PRECIO ACCIÓN |       |       |      |      |           | RENDIMIENTOS |        |        |        |        |        |
|---------|---------------|-------|-------|------|------|-----------|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|
|         | GEO           | HOME  | URBI  | ARA  | SARE | IPC       | GEO          | HOME   | URBI   | ARA    | SARE   | IPC    |
| 2/1/12  | 17.59         | 39.86 | 16.15 | 3.93 | 1.04 | 37335.03  |              |        |        |        |        |        |
| 3/1/12  | 18.29         | 39.42 | 16.6  | 4.07 | 1.07 | 37384.34  | 3.90%        | -1.10% | 2.70%  | 3.50%  | 2.80%  | 0.10%  |
| 4/1/12  | 19.45         | 40.71 | 17.3  | 4.44 | 1.08 | 37387.63  | 6.10%        | 3.20%  | 4.10%  | 8.70%  | 0.90%  | 0.00%  |
| 5/1/12  | 19.1          | 39.77 | 17.79 | 4.28 | 1.18 | 37017.95  | -1.80%       | -2.30% | 2.80%  | -3.70% | 8.90%  | -1.00% |
| 9/1/12  | 19.1          | 38.98 | 17.69 | 4.05 | 1.14 | 36785.34  | 2.70%        | -1.40% | 0.80%  | -2.00% | 0.90%  | -0.10% |
| 10/1/12 | 19.22         | 39.83 | 18.26 | 4.06 | 1.12 | 37190.9   | 0.60%        | 2.20%  | 3.20%  | 0.20%  | -1.80% | 1.10%  |
| 11/1/12 | 19.17         | 40.6  | 18.7  | 4.1  | 1.12 | 37307.64  | -0.30%       | 1.90%  | 2.40%  | 1.00%  | 0.00%  | 0.30%  |
| 12/1/12 | 19.32         | 42    | 18.6  | 4.18 | 1.14 | 37320.97  | 0.80%        | 3.40%  | -0.50% | 1.90%  | 1.80%  | 0.00%  |
| 13/1/12 | 18.76         | 41.89 | 18.23 | 4.04 | 1.13 | 36548.56  | -2.90%       | -0.30% | -2.00% | -3.40% | -0.90% | -2.10% |
| 16/1/12 | 18.81         | 42    | 18.33 | 4.04 | 1.14 | 36916.16  | 0.30%        | 0.30%  | 0.50%  | 0.00%  | 0.90%  | 1.00%  |
| 17/1/12 | 19.11         | 42    | 18.59 | 4    | 1.15 | 36601.2   | 1.60%        | 0.00%  | 1.40%  | -1.00% | 0.90%  | -0.90% |
| 18/1/12 | 20.1          | 43.48 | 19.12 | 4    | 1.16 | 37506.76  | 5.10%        | 3.50%  | 2.80%  | 0.00%  | 0.90%  | 2.40%  |
| 19/1/12 | 20.19         | 44.42 | 19.02 | 3.97 | 1.15 | 37680.06  | 0.40%        | 2.10%  | -0.50% | -0.80% | -0.90% | 0.50%  |
| 20/1/12 | 19.95         | 44.15 | 18.97 | 3.96 | 1.16 | 37384.21  | -1.20%       | -0.60% | -0.30% | -0.30% | 0.90%  | -0.80% |
| 23/1/12 | 20.29         | 44.59 | 19.25 | 3.91 | 1.14 | 37195.73  | 1.70%        | 1.00%  | 1.50%  | -1.30% | -1.70% | -0.50% |
| 24/1/12 | 20.77         | 44.91 | 19.27 | 4    | 1.15 | 36853.3   | 2.30%        | 0.70%  | 0.10%  | 2.30%  | 0.90%  | -0.90% |
| 25/1/12 | 21.36         | 45    | 19.28 | 4.11 | 1.16 | 37212.86  | 2.80%        | 0.20%  | 0.10%  | 2.70%  | 0.90%  | 1.00%  |
| 26/1/12 | 20.96         | 44.57 | 19.3  | 4.3  | 1.15 | 37240.78  | -1.90%       | -1.00% | 0.10%  | 4.50%  | -0.90% | 0.10%  |
| 27/1/12 | 21.2          | 44    | 19.3  | 4.3  | 1.16 | 37184.71  | 1.10%        | -1.30% | 0.00%  | 0.00%  | 0.90%  | -0.20% |
| 30/1/12 | 20.97         | 44.2  | 19.1  | 4.39 | 1.15 | 37241.61  | -1.10%       | 0.50%  | -1.00% | 2.10%  | -0.90% | 0.20%  |
| 31/1/12 | 20.69         | 43.83 | 18.59 | 4.41 | 1.15 | 37422.68  | -1.30%       | -0.80% | -2.70% | 0.50%  | 0.00%  | 0.50%  |
| 1/2/12  | 20.56         | 43.89 | 18.79 | 4.41 | 1.15 | 37709.65  | -0.60%       | 0.10%  | 1.10%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.80%  |
| 2/2/12  | 20.69         | 43.17 | 19    | 4.3  | 1.16 | 37711.16  | 0.60%        | -1.70% | 1.10%  | -2.50% | 0.90%  | 0.00%  |
| 3/2/12  | 21.63         | 43.71 | 19.5  | 4.37 | 1.19 | 38092.81  | 4.40%        | 1.20%  | 2.60%  | 1.60%  | 2.60%  | 1.00%  |
| 6/2/12  | 21.63         | 43.71 | 19.5  | 4.37 | 1.19 | 38077.615 | 0.00%        | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  |
| 7/2/12  | 21.96         | 45.05 | 19.9  | 4.39 | 1.23 | 38062.42  | 1.50%        | 3.00%  | 2.00%  | 0.50%  | 3.30%  | 0.00%  |
| 8/2/12  | 21.8          | 45.44 | 19.9  | 4.32 | 1.4  | 38140.55  | -0.70%       | 0.90%  | 0.00%  | -1.60% | 12.90% | 0.20%  |
| 9/2/12  | 22.45         | 46.41 | 20.4  | 4.39 | 1.62 | 38242.28  | 2.90%        | 2.10%  | 2.50%  | 1.60%  | 14.60% | 0.30%  |
| 10/2/12 | 22.12         | 47.1  | 20.37 | 4.34 | 1.61 | 38149.22  | -1.50%       | 1.50%  | -0.10% | -1.10% | -0.60% | -0.20% |
| 13/2/12 | 22.25         | 47.33 | 21.01 | 4.64 | 1.65 | 38204.33  | 0.60%        | 0.50%  | 3.10%  | 6.70%  | 2.50%  | 0.10%  |
| 14/2/12 | 19.2          | 42.83 | 16.87 | 4.45 | 1.5  | 37831.87  | 14.70%       | 10.00% | 21.90% | -4.20% | -9.50% | -1.00% |
| 15/2/12 | 19.22         | 43.14 | 17.23 | 4.37 | 1.49 | 37864.55  | 0.10%        | 0.70%  | 2.10%  | -1.80% | -0.70% | 0.10%  |
| 16/2/12 | 18.78         | 43.12 | 16.89 | 4.27 | 1.45 | 38212.24  | -2.30%       | 0.00%  | -2.00% | -2.30% | -2.70% | 0.90%  |
| 17/2/12 | 18.94         | 44.19 | 16.84 | 4.28 | 1.44 | 37914.7   | 0.80%        | 2.50%  | -0.30% | 0.20%  | -0.70% | -0.80% |
| 20/2/12 | 19.65         | 44.65 | 16.89 | 4.3  | 1.44 | 38296.68  | 3.70%        | 1.00%  | 0.30%  | 0.50%  | 0.00%  | 1.00%  |



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

| FECHA   | PRECIO ACCIÓN |       |       |      |      |          | RENDIMIENTOS |        |        |        |        |        |
|---------|---------------|-------|-------|------|------|----------|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|
|         | GEO           | HOME  | URBI  | ARA  | SARE | IPC      | GEO          | HOME   | URBI   | ARA    | SARE   | IPC    |
| 21/2/12 | 19.3          | 44.38 | 16.41 | 4.21 | 1.41 | 37859.48 | -1.80%       | -0.60% | -2.90% | -2.10% | -2.10% | -1.10% |
| 22/2/12 | 19.43         | 44.9  | 16.42 | 4.19 | 1.4  | 37912.55 | 0.70%        | 1.20%  | 0.10%  | -0.50% | -0.70% | 0.10%  |
| 23/2/12 | 19.35         | 44.89 | 16.36 | 4.24 | 1.35 | 38027.84 | -0.40%       | 0.00%  | -0.40% | 1.20%  | -3.60% | 0.30%  |
| 24/2/12 | 19.15         | 43.55 | 16.31 | 4.19 | 1.42 | 37945.22 | -1.00%       | -3.00% | -0.30% | -1.20% | 5.10%  | -0.20% |
| 27/2/12 | 18.7          | 43.91 | 15.93 | 4.19 | 1.4  | 37785.72 | -2.40%       | 0.80%  | -2.40% | 0.00%  | -1.40% | -0.40% |
| 28/2/12 | 18.1          | 38.63 | 15.2  | 4.1  | 1.27 | 38021.42 | -3.30%       | -      | -4.70% | -2.20% | -9.70% | 0.60%  |
| 29/2/12 | 18.44         | 38.54 | 14.95 | 4.16 | 1.27 | 37816.69 | 1.90%        | -0.20% | -1.70% | 1.50%  | 0.00%  | -0.50% |
| 1/3/12  | 18.7          | 38.62 | 14.74 | 4.07 | 1.27 | 38033.45 | 1.40%        | 0.20%  | -1.40% | -2.20% | 0.00%  | 0.60%  |
| 2/3/12  | 19.1          | 39.25 | 14.82 | 4.09 | 1.26 | 38327.43 | 2.10%        | 1.60%  | 0.50%  | 0.50%  | -0.80% | 0.80%  |
| 5/3/12  | 19.13         | 38.7  | 14.69 | 4.08 | 1.24 | 38155.27 | 0.20%        | -1.40% | -0.90% | -0.20% | -1.60% | -0.50% |
| 6/3/12  | 18.7          | 37.71 | 14.17 | 4.14 | 1.21 | 37487.63 | -2.30%       | -2.60% | -3.60% | 1.50%  | -2.40% | -1.80% |
| 7/3/12  | 18.74         | 38.31 | 14.37 | 4.13 | 1.18 | 37548.54 | 0.20%        | 1.60%  | 1.40%  | -0.20% | -2.50% | 0.20%  |
| 8/3/12  | 19.32         | 39.06 | 14.5  | 4.19 | 1.18 | 37815.43 | 3.00%        | 1.90%  | 0.90%  | 1.40%  | 0.00%  | 0.70%  |
| 9/3/12  | 20.19         | 39.85 | 14.77 | 4.31 | 1.22 | 37691.01 | 4.40%        | 2.00%  | 1.80%  | 2.80%  | 3.30%  | -0.30% |
| 12/3/12 | 20.35         | 39.59 | 14.74 | 4.24 | 1.19 | 37590.17 | 0.80%        | -0.70% | -0.20% | -1.60% | -2.50% | -0.30% |
| 13/3/12 | 20.32         | 40.41 | 14.59 | 4.32 | 1.2  | 38019.76 | -0.10%       | 2.10%  | -1.00% | 1.90%  | 0.80%  | 1.10%  |
| 14/3/12 | 20.5          | 41.05 | 14.65 | 4.33 | 1.19 | 37971.44 | 0.90%        | 1.60%  | 0.40%  | 0.20%  | -0.80% | -0.10% |
| 15/3/12 | 20.85         | 40.73 | 14.65 | 4.34 | 1.19 | 38134.57 | 1.70%        | -0.80% | 0.00%  | 0.20%  | 0.00%  | 0.40%  |
| 16/3/12 | 20.26         | 40.45 | 14.37 | 4.37 | 1.19 | 38258.45 | -2.90%       | -0.70% | -1.90% | 0.70%  | 0.00%  | 0.30%  |
| 19/3/12 | 20.26         | 40.45 | 14.37 | 4.37 | 1.19 | 38156.86 | 0.00%        | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | -0.30% |
| 20/3/12 | 19.93         | 39.74 | 14.26 | 4.32 | 1.18 | 38055.27 | -1.60%       | -1.80% | -0.80% | -1.20% | -0.80% | -0.30% |
| 21/3/12 | 20.28         | 41    | 14.85 | 4.29 | 1.19 | 38434.51 | 1.70%        | 3.10%  | 4.10%  | -0.70% | 0.80%  | 1.00%  |
| 22/3/12 | 20.26         | 39.96 | 15.11 | 4.34 | 1.19 | 38323.51 | -0.10%       | -2.60% | 1.70%  | 1.20%  | 0.00%  | -0.30% |
| 23/3/12 | 20.34         | 40.37 | 15.32 | 4.34 | 1.19 | 38334.9  | 0.40%        | 1.00%  | 1.40%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  |
| 26/3/12 | 20.11         | 41.2  | 15.32 | 4.37 | 1.2  | 38863.15 | -1.10%       | 2.00%  | 0.00%  | 0.70%  | 0.80%  | 1.40%  |
| 27/3/12 | 20.08         | 40.32 | 15.2  | 4.36 | 1.21 | 38956.32 | -0.10%       | -2.20% | -0.80% | -0.20% | 0.80%  | 0.20%  |
| 28/3/12 | 19.93         | 40.4  | 15.3  | 4.4  | 1.21 | 38910.68 | -0.70%       | 0.20%  | 0.70%  | 0.90%  | 0.00%  | -0.10% |
| 29/3/12 | 19.8          | 39.73 | 15.27 | 4.3  | 1.21 | 39125.35 | -0.70%       | -1.70% | -0.20% | -2.30% | 0.00%  | 0.60%  |
| 30/3/12 | 19.97         | 39.93 | 15.34 | 4.3  | 1.2  | 39521.24 | 0.90%        | 0.50%  | 0.50%  | 0.00%  | -0.80% | 1.00%  |
| 2/4/12  | 20.17         | 39.28 | 15.14 | 4.34 | 1.2  | 39908.54 | 1.00%        | -1.60% | -1.30% | 0.90%  | 0.00%  | 1.00%  |
| 3/4/12  | 20.07         | 39.1  | 15.09 | 4.28 | 1.18 | 39924.93 | -0.50%       | -0.50% | -0.30% | -1.40% | -1.70% | 0.00%  |
| 4/4/12  | 19.35         | 38.11 | 14.84 | 4.15 | 1.16 | 39398.88 | -3.70%       | -2.60% | -1.70% | -3.10% | -1.70% | -1.30% |
| 5/4/12  | 19.35         | 38.11 | 14.84 | 4.15 | 1.16 | 39398.88 | 0.00%        | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  |
| 6/4/12  | 19.35         | 38.11 | 14.84 | 4.15 | 1.16 | 39432.15 | 0.00%        | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.10%  |
| 9/4/12  | 18.85         | 37.16 | 14.46 | 4.06 | 1.16 | 39432.15 | -2.60%       | -2.50% | -2.60% | -2.20% | 0.00%  | 0.00%  |
| 10/4/12 | 18.7          | 35.52 | 14.45 | 4.09 | 1.14 | 39035.17 | -0.80%       | -4.50% | -0.10% | 0.70%  | -1.70% | -1.00% |
| 11/4/12 | 18.92         | 35.95 | 14.84 | 4.19 | 1.15 | 39167.14 | 1.20%        | 1.20%  | 2.70%  | 2.40%  | 0.90%  | 0.30%  |



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

| FECHA   | PRECIO ACCIÓN |       |       |      |      |          | RENDIMIENTOS |        |        |        |        |        |
|---------|---------------|-------|-------|------|------|----------|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|
|         | GEO           | HOME  | URBI  | ARA  | SARE | IPC      | GEO          | HOME   | URBI   | ARA    | SARE   | IPC    |
| 12/4/12 | 18.65         | 36.3  | 14.93 | 4.33 | 1.16 | 39357.81 | -1.40%       | 1.00%  | 0.60%  | 3.30%  | 0.90%  | 0.50%  |
| 13/4/12 | 18.16         | 35.8  | 14.99 | 4.27 | 1.14 | 38444.01 | -2.70%       | -1.40% | 0.40%  | -1.40% | -1.70% | -2.30% |
| 16/4/12 | 18.6          | 35.43 | 15.03 | 4.4  | 1.14 | 39054.84 | 2.40%        | -1.00% | 0.30%  | 3.00%  | 0.00%  | 1.60%  |
| 17/4/12 | 18.68         | 36.85 | 15.25 | 4.4  | 1.13 | 39355.17 | 0.40%        | 3.90%  | 1.50%  | 0.00%  | -0.90% | 0.80%  |
| 18/4/12 | 18.49         | 36.69 | 14.98 | 4.38 | 1.13 | 39330.12 | -1.00%       | -0.40% | -1.80% | -0.50% | 0.00%  | -0.10% |
| 19/4/12 | 18.7          | 36.53 | 14.69 | 4.39 | 1.33 | 39395.64 | 1.10%        | -0.40% | -2.00% | 0.20%  | 16.30% | 0.20%  |
| 20/4/12 | 18.53         | 36.67 | 14.64 | 4.34 | 1.33 | 39354.86 | -0.90%       | 0.40%  | -0.30% | -1.10% | 0.00%  | -0.10% |
| 23/4/12 | 17.52         | 37.38 | 14.76 | 4.26 | 1.29 | 38961.79 | -5.60%       | 1.90%  | 0.80%  | -1.90% | -3.10% | -1.00% |
| 24/4/12 | 16.72         | 36.84 | 14.57 | 4.18 | 1.22 | 38849.08 | -4.70%       | -1.50% | -1.30% | -1.90% | -5.60% | -0.30% |
| 25/4/12 | 16.95         | 36.1  | 14.42 | 4.14 | 1.16 | 39066.01 | 1.40%        | -2.00% | -1.00% | -1.00% | -5.00% | 0.60%  |
| 26/4/12 | 16.7          | 36.49 | 13.9  | 4.18 | 1.24 | 39212.16 | -1.50%       | 1.10%  | -3.70% | 1.00%  | 6.70%  | 0.40%  |
| 27/4/12 | 16.75         | 36.85 | 13.61 | 4.1  | 1.24 | 39324.14 | 0.30%        | 1.00%  | -2.10% | -1.90% | 0.00%  | 0.30%  |
| 30/4/12 | 17.4          | 36.41 | 13.69 | 4.15 | 1.23 | 39461    | 3.80%        | -1.20% | 0.60%  | 1.20%  | -0.80% | 0.30%  |
| 1/5/12  | 17.4          | 36.41 | 13.69 | 4.15 | 1.23 | 39529.21 | 0.00%        | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.20%  |
| 2/5/12  | 17.79         | 37.5  | 14.85 | 4.16 | 1.2  | 39597.42 | 2.20%        | 2.90%  | 8.10%  | 0.20%  | -2.50% | 0.20%  |
| 3/5/12  | 16.4          | 37.44 | 14.55 | 4.13 | 1.16 | 39580.05 | -8.10%       | -0.20% | -2.00% | -0.70% | -3.40% | 0.00%  |
| 4/5/12  | 15.8          | 35.34 | 13.92 | 4.12 | 1.14 | 39408.61 | -3.70%       | -5.80% | -4.40% | -0.20% | -1.70% | -0.40% |
| 7/5/12  | 15.08         | 35.13 | 13.28 | 4.16 | 1.14 | 40045.51 | -4.70%       | -0.60% | -4.70% | 1.00%  | 0.00%  | 1.60%  |
| 8/5/12  | 15.08         | 34.5  | 12.96 | 4.11 | 1.13 | 39214.64 | 0.00%        | -1.80% | -2.40% | -1.20% | -0.90% | -2.10% |
| 9/5/12  | 15.3          | 33.87 | 12.72 | 4.09 | 1.1  | 39122.82 | 1.40%        | -1.80% | -1.90% | -0.50% | -2.70% | -0.20% |
| 10/5/12 | 15.1          | 33.78 | 12.67 | 4.06 | 1.12 | 39170.9  | -1.30%       | -0.30% | -0.40% | -0.70% | 1.80%  | 0.10%  |
| 11/5/12 | 15            | 32.89 | 13.15 | 4.08 | 1.07 | 38888.79 | -0.70%       | -2.70% | 3.70%  | 0.50%  | -4.60% | -0.70% |
| 14/5/12 | 14.47         | 32.49 | 12.75 | 3.94 | 1.05 | 38352.11 | -3.60%       | -1.20% | -3.10% | -3.50% | -1.90% | -1.40% |
| 15/5/12 | 13.97         | 31.73 | 12.02 | 3.83 | 1.03 | 37939.63 | -3.50%       | -2.40% | -5.90% | -2.80% | -1.90% | -1.10% |
| 16/5/12 | 13.75         | 29.91 | 11.55 | 3.79 | 0.99 | 37511.08 | -1.60%       | -5.90% | -4.00% | -1.00% | -4.00% | -1.10% |
| 17/5/12 | 13.9          | 29.13 | 12.07 | 3.8  | 1    | 37261.24 | 1.10%        | -2.60% | 4.40%  | 0.30%  | 1.00%  | -0.70% |
| 18/5/12 | 13.9          | 28.53 | 12.28 | 3.76 | 0.99 | 36875.33 | 0.00%        | -2.10% | 1.70%  | -1.10% | -1.00% | -1.00% |
| 21/5/12 | 14.02         | 30.3  | 12.53 | 3.79 | 1.09 | 37512.41 | 0.90%        | 6.00%  | 2.00%  | 0.80%  | 9.60%  | 1.70%  |
| 22/5/12 | 14.17         | 31.56 | 12.52 | 3.81 | 1.11 | 37481.19 | 1.10%        | 4.10%  | -0.10% | 0.50%  | 1.80%  | -0.10% |
| 23/5/12 | 13.83         | 30.76 | 12.13 | 3.78 | 1.09 | 37422.38 | -2.40%       | -2.60% | -3.20% | -0.80% | -1.80% | -0.20% |
| 24/5/12 | 13.7          | 30.05 | 11.79 | 3.89 | 1.06 | 37553.21 | -0.90%       | -2.30% | -2.80% | 2.90%  | -2.80% | 0.30%  |
| 25/5/12 | 13.68         | 31.69 | 11.95 | 3.88 | 1.05 | 37486.25 | -0.10%       | 5.30%  | 1.30%  | -0.30% | -0.90% | -0.20% |
| 28/5/12 | 14.1          | 31.75 | 12.08 | 3.95 | 1.05 | 37642.8  | 3.00%        | 0.20%  | 1.10%  | 1.80%  | 0.00%  | 0.40%  |
| 29/5/12 | 14.07         | 32.19 | 12.55 | 4    | 1.03 | 38126.85 | -0.20%       | 1.40%  | 3.80%  | 1.30%  | -1.90% | 1.30%  |
| 30/5/12 | 13.8          | 30.96 | 12.47 | 4.04 | 1.01 | 38070.67 | -1.90%       | -3.90% | -0.60% | 1.00%  | -2.00% | -0.10% |
| 31/5/12 | 13.88         | 31.38 | 12.31 | 4.07 | 1.01 | 37872.95 | 0.60%        | 1.30%  | -1.30% | 0.70%  | 0.00%  | -0.50% |
| 1/6/12  | 13.58         | 30.48 | 11.92 | 4.18 | 1.01 | 37182.37 | -2.20%       | -2.90% | -3.20% | 2.70%  | 0.00%  | -1.80% |
| 4/6/12  | 13.54         | 29.34 | 11.17 | 4.16 | 1.01 | 37059.78 | -0.30%       | -3.80% | -6.50% | -0.50% | 0.00%  | -0.30% |



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

| FECHA   | PRECIO ACCIÓN |       |       |      |      |          | RENDIMIENTOS |         |        |        |        |        |
|---------|---------------|-------|-------|------|------|----------|--------------|---------|--------|--------|--------|--------|
|         | GEO           | HOME  | URBI  | ARA  | SARE | IPC      | GEO          | HOME    | URBI   | ARA    | SARE   | IPC    |
| 5/6/12  | 13.36         | 29.25 | 11.52 | 4.12 | 1    | 37089.36 | -1.30%       | -0.30%  | 3.10%  | -1.00% | -1.00% | 0.10%  |
| 6/6/12  | 13.48         | 29.94 | 11.81 | 4.1  | 1    | 37274.79 | 0.90%        | 2.30%   | 2.50%  | -0.50% | 0.00%  | 0.50%  |
| 7/6/12  | 13.45         | 30.54 | 11.85 | 4.2  | 0.99 | 37247.34 | -0.20%       | 2.00%   | 0.30%  | 2.40%  | -1.00% | -0.10% |
| 8/6/12  | 13.36         | 30.92 | 12.24 | 4.31 | 0.99 | 37323.91 | -0.70%       | 1.20%   | 3.20%  | 2.60%  | 0.00%  | 0.20%  |
| 11/6/12 | 12.57         | 29.82 | 11.95 | 4.28 | 0.97 | 37035.75 | -6.10%       | -3.60%  | -2.40% | -0.70% | -2.00% | -0.80% |
| 12/6/12 | 12.68         | 29.79 | 12.05 | 4.36 | 0.97 | 37271    | 0.90%        | -0.10%  | 0.80%  | 1.90%  | 0.00%  | 0.60%  |
| 13/6/12 | 12.11         | 28.4  | 11.19 | 4.35 | 0.94 | 37142.15 | -4.60%       | -4.80%  | -7.40% | -0.20% | -3.10% | -0.30% |
| 14/6/12 | 12.17         | 28.36 | 11    | 4.38 | 0.9  | 37440.48 | 0.50%        | -0.10%  | -1.70% | 0.70%  | -4.30% | 0.80%  |
| 15/6/12 | 12.34         | 28.76 | 11.09 | 4.46 | 0.93 | 37738.58 | 1.40%        | 1.40%   | 0.80%  | 1.80%  | 3.30%  | 0.80%  |
| 18/6/12 | 12.75         | 29.62 | 11.25 | 4.47 | 0.93 | 38060.82 | 3.30%        | 2.90%   | 1.40%  | 0.20%  | 0.00%  | 0.90%  |
| 19/6/12 | 13.43         | 31.1  | 11.79 | 4.4  | 0.97 | 38688.65 | 5.20%        | 4.90%   | 4.70%  | -1.60% | 4.20%  | 1.60%  |
| 20/6/12 | 13.88         | 31.05 | 12.3  | 4.34 | 0.95 | 38973.64 | 3.30%        | -0.20%  | 4.20%  | -1.40% | -2.10% | 0.70%  |
| 21/6/12 | 13.9          | 31.65 | 12.41 | 4.38 | 0.93 | 38515.94 | 0.10%        | 1.90%   | 0.90%  | 0.90%  | -2.10% | -1.20% |
| 22/6/12 | 14.72         | 34.04 | 13.1  | 4.38 | 1    | 39071.5  | 5.70%        | 7.30%   | 5.40%  | 0.00%  | 7.30%  | 1.40%  |
| 25/6/12 | 14.77         | 33.17 | 12.92 | 4.33 | 0.98 | 39157.51 | 0.30%        | -2.60%  | -1.40% | -1.10% | -2.00% | 0.20%  |
| 26/6/12 | 15.19         | 33.55 | 13.1  | 4.37 | 1    | 39339.15 | 2.80%        | 1.10%   | 1.40%  | 0.90%  | 2.00%  | 0.50%  |
| 27/6/12 | 14.7          | 33.38 | 12.9  | 4.37 | 1.18 | 39490.68 | -3.30%       | -0.50%  | -1.50% | 0.00%  | 16.60% | 0.40%  |
| 28/6/12 | 14.49         | 33.45 | 12.7  | 4.39 | 1.17 | 39637.66 | -1.40%       | 0.20%   | -1.60% | 0.50%  | -0.90% | 0.40%  |
| 29/6/12 | 15.01         | 34.19 | 12.84 | 4.46 | 1.18 | 40199.55 | 3.50%        | 2.20%   | 1.10%  | 1.60%  | 0.90%  | 1.40%  |
| 2/7/12  | 15.08         | 34.28 | 13.04 | 4.41 | 1.16 | 40108.92 | 0.50%        | 0.30%   | 1.50%  | -1.10% | -1.70% | -0.20% |
| 3/7/12  | 15.43         | 35.29 | 13.18 | 4.41 | 1.14 | 40434.71 | 2.30%        | 2.90%   | 1.10%  | 0.00%  | -1.70% | 0.80%  |
| 4/7/12  | 15.97         | 35.61 | 13.34 | 4.41 | 1.27 | 40353.43 | 3.40%        | 0.90%   | 1.20%  | 0.00%  | 10.80% | -0.20% |
| 5/7/12  | 15.7          | 35.13 | 12.8  | 4.42 | 1.39 | 40040.69 | -1.70%       | -1.40%  | -4.10% | 0.20%  | 9.00%  | -0.80% |
| 6/7/12  | 15.05         | 33.6  | 12.19 | 4.33 | 1.26 | 39831.65 | -4.20%       | -4.50%  | -4.90% | -2.10% | -9.80% | -0.50% |
| 9/7/12  | 14.81         | 32.45 | 11.82 | 4.27 | 1.21 | 39963.26 | -1.60%       | -3.50%  | -3.10% | -1.40% | -4.00% | 0.30%  |
| 10/7/12 | 15.26         | 33.43 | 12.07 | 4.25 | 1.22 | 40049.59 | 3.00%        | 3.00%   | 2.10%  | -0.50% | 0.80%  | 0.20%  |
| 11/7/12 | 15.65         | 33.13 | 12    | 4.27 | 1.22 | 40221.8  | 2.50%        | -0.90%  | -0.60% | 0.50%  | 0.00%  | 0.40%  |
| 12/7/12 | 15.53         | 32.81 | 12.02 | 4.21 | 1.22 | 40268.41 | -0.80%       | -1.00%  | 0.20%  | -1.40% | 0.00%  | 0.10%  |
| 13/7/12 | 15.85         | 32.91 | 11.88 | 4.35 | 1.27 | 40498.47 | 2.00%        | 0.30%   | -1.20% | 3.30%  | 4.00%  | 0.60%  |
| 16/7/12 | 15.82         | 32.95 | 12.09 | 4.29 | 1.34 | 40910.8  | -0.20%       | 0.10%   | 1.80%  | -1.40% | 5.40%  | 1.00%  |
| 17/7/12 | 15.56         | 33    | 12.07 | 4.28 | 1.32 | 41273.02 | -1.70%       | 0.20%   | -0.20% | -0.20% | -1.50% | 0.90%  |
| 18/7/12 | 15.06         | 32.53 | 11.77 | 4.26 | 1.28 | 40747.47 | -3.30%       | -1.40%  | -2.50% | -0.50% | -3.10% | -1.30% |
| 19/7/12 | 14.9          | 31.85 | 12.09 | 4.27 | 1.26 | 40752.53 | -1.10%       | -2.10%  | 2.70%  | 0.20%  | -1.60% | 0.00%  |
| 20/7/12 | 14.8          | 31.69 | 12.04 | 4.2  | 1.25 | 40808.73 | -0.70%       | -0.50%  | -0.40% | -1.70% | -0.80% | 0.10%  |
| 23/7/12 | 14.31         | 31.08 | 11.73 | 4.11 | 1.25 | 40947.55 | -3.40%       | -1.90%  | -2.60% | -2.20% | 0.00%  | 0.30%  |
| 24/7/12 | 14.26         | 30.7  | 11.81 | 4.04 | 1.28 | 40697.87 | -0.40%       | -1.20%  | 0.70%  | -1.70% | 2.40%  | -0.60% |
| 25/7/12 | 13.81         | 27.7  | 11.1  | 4    | 1.19 | 40435.1  | -3.20%       | -10.30% | -6.20% | -1.00% | -7.30% | -0.60% |



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

| FECHA   | PRECIO ACCIÓN |       |       |      |      |          | RENDIMIENTOS |        |        |        |        |        |
|---------|---------------|-------|-------|------|------|----------|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|
|         | GEO           | HOME  | URBI  | ARA  | SARE | IPC      | GEO          | HOME   | URBI   | ARA    | SARE   | IPC    |
| 26/7/12 | 13.8          | 27.21 | 11.11 | 4.1  | 1.19 | 40977.32 | -0.10%       | -1.80% | 0.10%  | 2.50%  | 0.00%  | 1.30%  |
| 27/7/12 | 14.11         | 27.97 | 11.43 | 4.2  | 1.15 | 41476.48 | 2.20%        | 2.80%  | 2.80%  | 2.40%  | -3.40% | 1.20%  |
| 30/7/12 | 13.48         | 26.3  | 8.92  | 4.04 | 1.06 | 41333.11 | -4.60%       | -6.20% | 24.80% | -3.90% | -8.10% | -0.30% |
| 31/7/12 | 13.98         | 26.15 | 7.78  | 3.69 | 1.04 | 40704.28 | 3.60%        | -0.60% | 13.70% | -9.10% | -1.90% | -1.50% |
| 1/8/12  | 14.05         | 26.76 | 7.89  | 3.85 | 1.09 | 40805.4  | 0.50%        | 2.30%  | 1.40%  | 4.20%  | 4.70%  | 0.20%  |
| 2/8/12  | 13.77         | 26.6  | 7.97  | 3.84 | 1.07 | 40759    | -2.00%       | -0.60% | 1.00%  | -0.30% | -1.90% | -0.10% |
| 3/8/12  | 14.06         | 26.53 | 7.83  | 4    | 1.09 | 40998.4  | 2.10%        | -0.30% | -1.80% | 4.10%  | 1.90%  | 0.60%  |
| 6/8/12  | 13.9          | 27.27 | 7.62  | 4.04 | 1.09 | 41096.44 | -1.10%       | 2.80%  | -2.70% | 1.00%  | 0.00%  | 0.20%  |
| 7/8/12  | 13.93         | 27.44 | 7.55  | 4.1  | 1.08 | 41070.24 | 0.20%        | 0.60%  | -0.90% | 1.50%  | -0.90% | -0.10% |
| 8/8/12  | 13.88         | 27.79 | 7.41  | 4.1  | 1.07 | 40851.18 | -0.40%       | 1.30%  | -1.90% | 0.00%  | -0.90% | -0.50% |
| 9/8/12  | 14.24         | 27.97 | 7.06  | 4.12 | 1.06 | 40677.48 | 2.60%        | 0.60%  | -4.80% | 0.50%  | -0.90% | -0.40% |
| 10/8/12 | 14.1          | 27.45 | 7.05  | 4.08 | 1.07 | 40850    | -1.00%       | -1.90% | -0.10% | -1.00% | 0.90%  | 0.40%  |
| 13/8/12 | 14.12         | 27.12 | 6.87  | 4.02 | 1.06 | 40366.27 | 0.10%        | -1.20% | -2.60% | -1.50% | -0.90% | -1.20% |
| 14/8/12 | 14            | 26.97 | 7.24  | 3.97 | 1.06 | 40644.97 | -0.90%       | -0.60% | 5.20%  | -1.30% | 0.00%  | 0.70%  |
| 15/8/12 | 14            | 26.85 | 7.16  | 4.01 | 1.04 | 40792.59 | 0.00%        | -0.40% | -1.10% | 1.00%  | -1.90% | 0.40%  |
| 16/8/12 | 14.13         | 26.9  | 7.2   | 3.91 | 1.03 | 40714.87 | 0.90%        | 0.20%  | 0.60%  | -2.50% | -1.00% | -0.20% |
| 17/8/12 | 14.26         | 26.76 | 7.34  | 3.87 | 1.01 | 40547.49 | 0.90%        | -0.50% | 1.90%  | -1.00% | -2.00% | -0.40% |
| 20/8/12 | 14.32         | 27.88 | 7.27  | 3.79 | 1    | 40350    | 0.40%        | 4.10%  | -1.00% | -2.10% | -1.00% | -0.50% |
| 21/8/12 | 14.28         | 27.79 | 7.2   | 3.81 | 1.01 | 40096.64 | -0.30%       | -0.30% | -1.00% | 0.50%  | 1.00%  | -0.60% |
| 22/8/12 | 14.69         | 27.87 | 7.32  | 3.78 | 1.02 | 40027.13 | 2.80%        | 0.30%  | 1.70%  | -0.80% | 1.00%  | -0.20% |
| 23/8/12 | 14.45         | 27.87 | 7.28  | 3.73 | 1.01 | 39879.01 | -1.60%       | 0.00%  | -0.50% | -1.30% | -1.00% | -0.40% |
| 24/8/12 | 14.22         | 27.25 | 7.14  | 3.66 | 1.01 | 40211.41 | -1.60%       | -2.20% | -1.90% | -1.90% | 0.00%  | 0.80%  |
| 27/8/12 | 14.08         | 26.87 | 7.03  | 3.69 | 1.01 | 39972.85 | -1.00%       | -1.40% | -1.60% | 0.80%  | 0.00%  | -0.60% |
| 28/8/12 | 13.98         | 26.86 | 6.89  | 3.61 | 1.01 | 39950.9  | -0.70%       | 0.00%  | -2.00% | -2.20% | 0.00%  | -0.10% |
| 29/8/12 | 13.94         | 26.51 | 6.99  | 3.6  | 1    | 39908.9  | -0.30%       | -1.30% | 1.40%  | -0.30% | -1.00% | -0.10% |
| 30/8/12 | 13.97         | 25.86 | 6.82  | 3.6  | 1    | 39925.69 | 0.20%        | -2.50% | -2.50% | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  |
| 31/8/12 | 13.36         | 24.69 | 6.68  | 3.46 | 0.98 | 39421.65 | -4.50%       | -4.60% | -2.10% | -4.00% | -2.00% | -1.30% |
| 3/9/12  | 13.58         | 25.04 | 6.57  | 3.54 | 0.99 | 39802.94 | 1.60%        | 1.40%  | -1.70% | 2.30%  | 1.00%  | 1.00%  |
| 4/9/12  | 13.57         | 24.7  | 6.27  | 3.6  | 0.97 | 39549.43 | -0.10%       | -1.40% | -4.70% | 1.70%  | -2.00% | -0.60% |
| 5/9/12  | 13.39         | 24.93 | 6.3   | 3.57 | 0.95 | 39573.92 | -1.30%       | 0.90%  | 0.50%  | -0.80% | -2.10% | 0.10%  |
| 6/9/12  | 14.19         | 25.15 | 6.2   | 3.59 | 0.95 | 39987.06 | 5.80%        | 0.90%  | -1.60% | 0.60%  | 0.00%  | 1.00%  |
| 7/9/12  | 14.69         | 25.93 | 6.32  | 3.69 | 0.96 | 40043.87 | 3.50%        | 3.10%  | 1.90%  | 2.70%  | 1.00%  | 0.10%  |
| 10/9/12 | 14.95         | 26.72 | 6.32  | 3.59 | 0.95 | 39991.19 | 1.80%        | 3.00%  | 0.00%  | -2.70% | -1.00% | -0.10% |
| 11/9/12 | 15.18         | 27.31 | 6.8   | 3.76 | 0.99 | 39998.97 | 1.50%        | 2.20%  | 7.30%  | 4.60%  | 4.10%  | 0.00%  |
| 12/9/12 | 15.97         | 28.93 | 7.08  | 4.06 | 0.99 | 40248.38 | 5.10%        | 5.80%  | 4.00%  | 7.70%  | 0.00%  | 0.60%  |
| 13/9/12 | 16.14         | 28.88 | 7.06  | 4.03 | 0.99 | 40655.61 | 1.10%        | -0.20% | -0.30% | -0.70% | 0.00%  | 1.00%  |
| 14/9/12 | 15.68         | 29.03 | 6.91  | 4.09 | 0.96 | 40693.47 | -2.90%       | 0.50%  | -2.10% | 1.50%  | -3.10% | 0.10%  |



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

| FECHA    | PRECIO ACCIÓN |       |      |      |      |          | RENDIMIENTOS |        |        |        |        |        |
|----------|---------------|-------|------|------|------|----------|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|
|          | GEO           | HOME  | URBI | ARA  | SARE | IPC      | GEO          | HOME   | URBI   | ARA    | SARE   | IPC    |
| 17/9/12  | 15.58         | 29.55 | 7.04 | 4.07 | 0.98 | 40621.46 | -0.60%       | 1.80%  | 1.90%  | -0.50% | 2.10%  | -0.20% |
| 18/9/12  | 15.9          | 29.71 | 7.14 | 4.14 | 0.96 | 40590.96 | 2.00%        | 0.50%  | 1.40%  | 1.70%  | -2.10% | -0.10% |
| 19/9/12  | 16.56         | 30.79 | 7.53 | 4.14 | 0.99 | 40941.31 | 4.10%        | 3.60%  | 5.30%  | 0.00%  | 3.10%  | 0.90%  |
| 20/9/12  | 16.28         | 31.03 | 7.43 | 4.06 | 0.97 | 40500.35 | -1.70%       | 0.80%  | -1.30% | -2.00% | -2.00% | -1.10% |
| 21/9/12  | 16.16         | 31.78 | 7.58 | 4.03 | 0.97 | 40338.7  | -0.70%       | 2.40%  | 2.00%  | -0.70% | 0.00%  | -0.40% |
| 24/9/12  | 15.85         | 31.54 | 7.72 | 4.01 | 0.97 | 40561.22 | -1.90%       | -0.80% | 1.80%  | -0.50% | 0.00%  | 0.60%  |
| 25/9/12  | 15.74         | 29.65 | 7.28 | 4.01 | 0.97 | 40215.35 | -0.70%       | -6.20% | -5.90% | 0.00%  | 0.00%  | -0.90% |
| 26/9/12  | 15.6          | 28.85 | 7.28 | 3.91 | 0.97 | 40332.98 | -0.90%       | -2.70% | 0.00%  | -2.50% | 0.00%  | 0.30%  |
| 27/9/12  | 15.74         | 29.97 | 7.59 | 3.99 | 1    | 40729.7  | 0.90%        | 3.80%  | 4.20%  | 2.00%  | 3.00%  | 1.00%  |
| 28/9/12  | 15.79         | 29.5  | 7.93 | 4.02 | 0.99 | 40799.24 | 0.30%        | -1.60% | 4.40%  | 0.70%  | -1.00% | 0.20%  |
| 1/10/12  | 15.97         | 30.42 | 8.26 | 4.04 | 1    | 41124.56 | 1.10%        | 3.10%  | 4.10%  | 0.50%  | 1.00%  | 0.80%  |
| 2/10/12  | 15.97         | 29.66 | 8.28 | 4.16 | 0.98 | 41199.29 | 0.00%        | -2.50% | 0.20%  | 2.90%  | -2.00% | 0.20%  |
| 3/10/12  | 15.78         | 30.16 | 8.11 | 4.13 | 0.98 | 41004.84 | -1.20%       | 1.70%  | -2.10% | -0.70% | 0.00%  | -0.50% |
| 4/10/12  | 16.03         | 30.62 | 8.68 | 4.1  | 0.98 | 41421.74 | 1.60%        | 1.50%  | 6.80%  | -0.70% | 0.00%  | 1.00%  |
| 5/10/12  | 16.39         | 30.02 | 8.36 | 4.05 | 0.98 | 41934.08 | 2.20%        | -2.00% | -3.80% | -1.20% | 0.00%  | 1.20%  |
| 8/10/12  | 16.69         | 29.42 | 8.65 | 3.97 | 1    | 41756.96 | 1.80%        | -2.00% | 3.40%  | -2.00% | 2.00%  | -0.40% |
| 9/10/12  | 16.49         | 29.51 | 8.79 | 3.93 | 0.98 | 41755.16 | -1.20%       | 0.30%  | 1.60%  | -1.00% | -2.00% | 0.00%  |
| 10/10/12 | 16.2          | 29.1  | 8.71 | 3.97 | 0.97 | 41470.05 | -1.80%       | -1.40% | -0.90% | 1.00%  | -1.00% | -0.70% |
| 11/10/12 | 16.73         | 29.59 | 9.02 | 4    | 0.98 | 41745.39 | 3.20%        | 1.70%  | 3.50%  | 0.80%  | 1.00%  | 0.70%  |
| 12/10/12 | 16.5          | 29.03 | 8.92 | 3.91 | 0.97 | 41665.48 | -1.40%       | -1.90% | -1.10% | -2.30% | -1.00% | -0.20% |
| 15/10/12 | 16.72         | 29.08 | 8.94 | 4.04 | 0.97 | 42008.55 | 1.30%        | 0.20%  | 0.20%  | 3.30%  | 0.00%  | 0.80%  |
| 16/10/12 | 17.48         | 29.66 | 8.87 | 4.11 | 0.96 | 42518.35 | 4.40%        | 2.00%  | -0.80% | 1.70%  | -1.00% | 1.20%  |
| 17/10/12 | 17.87         | 30.8  | 8.87 | 4.1  | 0.97 | 42559.98 | 2.20%        | 3.80%  | 0.00%  | -0.20% | 1.00%  | 0.10%  |
| 18/10/12 | 17.6          | 31.25 | 8.7  | 4.32 | 0.95 | 42592.78 | -1.50%       | 1.50%  | -1.90% | 5.20%  | -2.10% | 0.10%  |
| 19/10/12 | 17.39         | 30.71 | 8.43 | 4.16 | 0.95 | 42386.83 | -1.20%       | -1.70% | -3.20% | -3.80% | 0.00%  | -0.50% |
| 22/10/12 | 16.77         | 29.75 | 8.23 | 4.22 | 0.94 | 42122.25 | -3.60%       | -3.20% | -2.40% | 1.40%  | -1.10% | -0.60% |
| 23/10/12 | 16.86         | 28.95 | 8.31 | 4.14 | 0.94 | 42041.14 | 0.50%        | -2.70% | 1.00%  | -1.90% | 0.00%  | -0.20% |
| 24/10/12 | 17.21         | 30.62 | 8.42 | 4.15 | 0.95 | 42095.16 | 2.10%        | 5.60%  | 1.30%  | 0.20%  | 1.10%  | 0.10%  |
| 25/10/12 | 17.4          | 30.65 | 8.51 | 4.09 | 0.97 | 41877.27 | 1.10%        | 0.10%  | 1.10%  | -1.50% | 2.10%  | -0.50% |
| 26/10/12 | 16.55         | 29.48 | 8.48 | 4.1  | 0.97 | 41836.92 | -5.00%       | -3.90% | -0.40% | 0.20%  | 0.00%  | -0.10% |
| 29/10/12 | 16.14         | 29.03 | 8.23 | 4.14 | 0.96 | 41817.11 | -2.50%       | -1.50% | -3.00% | 1.00%  | -1.00% | 0.00%  |
| 30/10/12 | 15.86         | 29.12 | 8.2  | 4.15 | 0.95 | 41599    | -1.80%       | 0.30%  | -0.40% | 0.20%  | -1.00% | -0.50% |
| 31/10/12 | 15.74         | 28.88 | 8.17 | 4.11 | 0.95 | 41619.96 | -0.80%       | -0.80% | -0.40% | -1.00% | 0.00%  | 0.10%  |
| 1/11/12  | 15.62         | 29.1  | 8.28 | 4.01 | 0.95 | 41761.78 | -0.80%       | 0.80%  | 1.30%  | -2.50% | 0.00%  | 0.30%  |
| 2/11/12  | 15.62         | 29.1  | 8.28 | 4.01 | 0.95 | 41741.96 | 0.00%        | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  |
| 5/11/12  | 15.44         | 27.6  | 8.03 | 4.03 | 0.94 | 41722.14 | -1.20%       | -5.30% | -3.10% | 0.50%  | -1.10% | 0.00%  |
| 6/11/12  | 15.55         | 28.26 | 8.09 | 4.01 | 0.94 | 41720.62 | 0.70%        | 2.40%  | 0.70%  | -0.50% | 0.00%  | 0.00%  |
| 7/11/12  | 15.37         | 27.72 | 8.14 | 3.99 | 0.93 | 41010.98 | -1.20%       | -1.90% | 0.60%  | -0.50% | -1.10% | -1.70% |



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

| FECHA    | PRECIO ACCIÓN |       |      |      |      |           | RENDIMIENTOS |        |        |        |        |        |
|----------|---------------|-------|------|------|------|-----------|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|
|          | GEO           | HOME  | URBI | ARA  | SARE | IPC       | GEO          | HOME   | URBI   | ARA    | SARE   | IPC    |
| 8/11/12  | 15.25         | 27.84 | 8.11 | 4    | 0.93 | 40830.65  | -0.80%       | 0.40%  | -0.40% | 0.30%  | 0.00%  | -0.40% |
| 9/11/12  | 15.14         | 27.52 | 8.12 | 3.95 | 0.89 | 40677.07  | -0.70%       | -1.20% | 0.10%  | -1.30% | -4.40% | -0.40% |
| 12/11/12 | 15.39         | 26.91 | 8.12 | 3.9  | 0.89 | 40859.9   | 1.60%        | -2.20% | 0.00%  | -1.30% | 0.00%  | 0.40%  |
| 13/11/12 | 15.16         | 27.22 | 7.81 | 3.86 | 0.86 | 41078.5   | -1.50%       | 1.10%  | -3.90% | -1.00% | -3.40% | 0.50%  |
| 14/11/12 | 14.93         | 25.81 | 7.5  | 3.81 | 0.76 | 40750.42  | -1.50%       | -5.30% | -4.10% | -1.30% | -12%   | -0.80% |
| 15/11/12 | 14.7          | 25.64 | 7.64 | 3.88 | 0.75 | 40573.66  | -1.60%       | -0.70% | 1.80%  | 1.80%  | -1.30% | -0.40% |
| 16/11/12 | 14.85         | 25.73 | 7.93 | 3.93 | 0.72 | 40830.6   | 1.00%        | 0.40%  | 3.70%  | 1.30%  | -4.10% | 0.60%  |
| 19/11/12 | 14.85         | 25.73 | 7.93 | 3.93 | 0.72 | 41007.3   | 0.00%        | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.40%  |
| 20/11/12 | 15.04         | 26.67 | 8    | 4.01 | 0.77 | 41184     | 1.30%        | 3.60%  | 0.90%  | 2.00%  | 6.70%  | 0.40%  |
| 21/11/12 | 15.01         | 26.98 | 8    | 4.15 | 0.81 | 41668.06  | -0.20%       | 1.20%  | 0.00%  | 3.40%  | 5.10%  | 1.20%  |
| 22/11/12 | 15.27         | 27.31 | 7.99 | 4.08 | 0.84 | 42032.35  | 1.70%        | 1.20%  | -0.10% | -1.70% | 3.60%  | 0.90%  |
| 23/11/12 | 15.39         | 26.98 | 7.87 | 4.09 | 0.83 | 41919.55  | 0.80%        | -1.20% | -1.50% | 0.20%  | -1.20% | -0.30% |
| 26/11/12 | 15.53         | 27.27 | 7.72 | 4.07 | 0.83 | 41878.27  | 0.90%        | 1.10%  | -1.90% | -0.50% | 0.00%  | -0.10% |
| 27/11/12 | 15.45         | 27.15 | 7.56 | 3.99 | 0.82 | 41769.38  | -0.50%       | -0.40% | -2.10% | -2.00% | -1.20% | -0.30% |
| 28/11/12 | 15.34         | 27.19 | 7.6  | 3.95 | 0.8  | 41912.95  | -0.70%       | 0.10%  | 0.50%  | -1.00% | -2.50% | 0.30%  |
| 29/11/12 | 15.47         | 27.88 | 7.61 | 3.93 | 0.79 | 42090.69  | 0.80%        | 2.50%  | 0.10%  | -0.50% | -1.30% | 0.40%  |
| 30/11/12 | 15.05         | 28.36 | 7.47 | 3.84 | 0.79 | 41833.52  | -2.80%       | 1.70%  | -1.90% | -2.30% | 0.00%  | -0.60% |
| 3/12/12  | 15.35         | 29.79 | 7.57 | 3.86 | 0.8  | 42323.84  | 2.00%        | 4.90%  | 1.30%  | 0.50%  | 1.30%  | 1.20%  |
| 4/12/12  | 15.79         | 29.59 | 7.7  | 3.92 | 0.79 | 42337.82  | 2.80%        | -0.70% | 1.70%  | 1.50%  | -1.30% | 0.00%  |
| 5/12/12  | 15.21         | 26.67 | 7.42 | 3.82 | 0.78 | 42416.29  | -3.70%       | -      | -3.70% | -2.60% | -1.30% | 0.20%  |
| 6/12/12  | 14.79         | 25.38 | 7.41 | 3.76 | 0.77 | 42589.68  | -2.80%       | -5.00% | -0.10% | -1.60% | -1.30% | 0.40%  |
| 7/12/12  | 14.91         | 26.22 | 7.5  | 3.78 | 0.77 | 42797.67  | 0.80%        | 3.30%  | 1.20%  | 0.50%  | 0.00%  | 0.50%  |
| 10/12/12 | 14.2          | 25.97 | 7.54 | 3.83 | 0.76 | 43134.51  | -4.90%       | -1.00% | 0.50%  | 1.30%  | -1.30% | 0.80%  |
| 11/12/12 | 13.97         | 25.6  | 7.52 | 3.91 | 0.75 | 43183.28  | -1.60%       | -1.40% | -0.30% | 2.10%  | -1.30% | 0.10%  |
| 12/12/12 | 13.97         | 25.6  | 7.52 | 3.91 | 0.75 | 43094.795 | 0.00%        | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | -0.20% |
| 13/12/12 | 14.35         | 25.66 | 7.61 | 4.01 | 0.77 | 43006.31  | 2.70%        | 0.20%  | 1.20%  | 2.50%  | 2.60%  | -0.20% |
| 14/12/12 | 14.25         | 25.97 | 7.9  | 4.09 | 0.77 | 43050.92  | -0.70%       | 1.20%  | 3.70%  | 2.00%  | 0.00%  | 0.10%  |
| 17/12/12 | 14.92         | 26    | 8.12 | 4.14 | 0.76 | 43338.33  | 4.60%        | 0.10%  | 2.70%  | 1.20%  | -1.30% | 0.70%  |
| 18/12/12 | 14.99         | 25.95 | 8.14 | 4.2  | 0.75 | 43825.97  | 0.50%        | -0.20% | 0.20%  | 1.40%  | -1.30% | 1.10%  |
| 19/12/12 | 14.99         | 26.66 | 7.97 | 4.28 | 0.74 | 43647.99  | 0.00%        | 2.70%  | -2.10% | 1.90%  | -1.30% | -0.40% |
| 20/12/12 | 15.27         | 26.52 | 8.02 | 4.29 | 0.74 | 43637.68  | 1.90%        | -0.50% | 0.60%  | 0.20%  | 0.00%  | 0.00%  |
| 21/12/12 | 15.12         | 26.25 | 8.12 | 4.17 | 0.74 | 43621.62  | -1.00%       | -1.00% | 1.20%  | -2.80% | 0.00%  | 0.00%  |
| 24/12/12 | 15.05         | 26.24 | 8.1  | 4.14 | 0.74 | 43533.45  | -0.50%       | 0.00%  | -0.20% | -0.70% | 0.00%  | -0.20% |
| 25/12/12 | 15.05         | 26.24 | 8.1  | 4.14 | 0.74 | 43514.595 | 0.00%        | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  |
| 26/12/12 | 15.02         | 26.39 | 7.98 | 4.11 | 0.73 | 43495.74  | -0.20%       | 0.60%  | -1.50% | -0.70% | -1.40% | 0.00%  |
| 27/12/12 | 15.05         | 26.53 | 8.11 | 4.14 | 0.76 | 43469.89  | 0.20%        | 0.50%  | 1.60%  | 0.70%  | 4.00%  | -0.10% |
| 28/12/12 | 15.08         | 26.55 | 7.99 | 4.19 | 0.75 | 43721.93  | 0.20%        | 0.10%  | -1.50% | 1.20%  | -1.30% | 0.60%  |



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

| FECHA    | PRECIO ACCIÓN |       |      |      |      |          | RENDIMIENTOS |       |       |        |       |       |
|----------|---------------|-------|------|------|------|----------|--------------|-------|-------|--------|-------|-------|
|          | GEO           | HOME  | URBI | ARA  | SARE | IPC      | GEO          | HOME  | URBI  | ARA    | SARE  | IPC   |
| 31/12/12 | 15.12         | 26.72 | 8.09 | 4.13 | 0.75 | 43705.83 | 0.30%        | 0.60% | 1.20% | -1.40% | 0.00% | 0.00% |

Fuente: Elaboración propia.

Con base en esta información y los rendimientos obtenidos diarios de las cotizaciones de las empresas, se calculó el promedio para cada uno de estos rendimientos individuales y se obtuvo su tasa anual de dichos rendimientos al multiplicar por 252, que son los días que tiene por convención para las finanzas.

#### RENDIMIENTOS ANUALES PARA LAS CINCO EMPRESAS DESARROLLADORAS DE VIVIENDA

| GEO<br>MXN                 | HOME<br>MXN | URBI<br>MXN | ARA<br>MXN | SARE<br>MXN | IPC<br>MXN |
|----------------------------|-------------|-------------|------------|-------------|------------|
| RENDIMIENTO PROMEDIO ANUAL |             |             |            |             |            |
| -0.147                     | -0.388      | -0.67       | 0.048      | -0.32       | 0.153      |
| DESVIACION ESTANDAR ANUAL  |             |             |            |             |            |
| 0.3824                     | 0.4119      | 0.5164      | 0.31       | 0.523       | 0.114      |

| BETA   |        |        |      |       |   | BETA<br>PROMEDIO |
|--------|--------|--------|------|-------|---|------------------|
| 1.3514 | 1.3156 | 1.4571 | 0.84 | 0.986 | 1 | 1.189908524      |

El valor de la “ $\beta$ ” se obtuvo mediante:

$$\beta_{im} = \frac{cov(r_i, r_m)}{Var(r_m)}$$

Para cada una de las empresas, aunque para facilitar el cálculo se ocupó la formulación de la hoja de cálculo, pendiente (rendimientos de cada serie de empresa contra la serie de rendimientos del IPC).

Por ejemplificar la forma de usar la instrucción, podría ser:

**=PENDIENTE(I4:I263,\$N\$4:\$N\$263)**

Rto. Empresa Vs. Rto. IPC

Finalmente solo agregamos cada valor a nuestro modelo:

$$E(r_i) = r_f + \beta_{im} (E(r_m) - r_f)$$

$$E(r_i) = 0.0432 + 1.1899(0.153 - 0.0432)$$



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

$$E(r_i) = 0.1738$$

La cual será nuestra tasa de descuentos para nuestros flujos del proyecto de fusión.



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

## APÉNDICE B VALORACIÓN DE EMPRESAS

La valoración de empresas es una necesidad que se tiene que argumentar cuando existen casos de ventas, compras o casos de estudios entre diversos usos que puedan hacerse con ellos, esta valoración puede ser acertada y justificada en relación a lo que se requiera y solo la experiencia y el sentido común serán los que nos adviertan del uso correcto a la hora de la valoración.

Los métodos de valoración más comunes como se mencionan por parte de (Fernández 2008)<sup>44</sup>

Tabla 31. Métodos de valoración de empresas

| <b>PRINCIPALES METODOS DE VALORACION</b> |                             |                           |                           |                        |
|--|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|------------------------|
| <b>BALANCE</b>                           | <b>CUENTA DE RESULTADOS</b> | <b>MIXTOS(GOODWILL)</b>   | <b>FLUJOS DESCONTADOS</b> | <b>OPCIONES REALES</b> |
| <b>VALOR CONTABLE</b>                    | <b>MULTIPLoS DE :</b>       | <b>CLASICO</b>            | <b>FREE CASH FLOW</b>     | <b>BLACK SCHOLES</b>   |
| <b>VALOR CONTABLE AJUSTADO</b>           | <b>BENEFICO :PER</b>        | <b>UNION DE EXPERTOS</b>  | <b>ACCIONES</b>           | <b>CCR</b>             |
| <b>VALOR DE LIQUIDACION</b>              | <b>VENTAS</b>               | <b>CONTABLES EUROPEOS</b> | <b>DIVIDENDOS</b>         |                        |
| <b>VALOR SUSTANCIAL</b>                  | <b>EBITDA</b>               | <b>RENTA ABREVIADA</b>    | <b>CAPITAL CASH FLOW</b>  |                        |
| <b>ACTIVO NETO REAL</b>                  | <b>OTROS MULTIPLoS</b>      |                           | <b>APV</b>                |                        |

Fuente: Pablo Fernández Valoración de empresa 2008

La valoración de empresas es una necesidad que se tiene que argumentar cuando existen casos de ventas, compras o casos de estudios entre diversos usos que puedan hacerse con ellos, esta valoración puede ser acertada y justificada en relación a lo que se requiera y solo la experiencia y el sentido común serán los que nos adviertan del uso correcto a la hora de la valoración.

Los flujos de efectivo por operación de grupo Javer se desarrollan con valores trimestrales desde el 2010 hasta el 2012 para obtener una tendencia de los flujos en este periodo y poder pronosticar los flujos futuros hasta el 2016 con la tendencia resultante.

<sup>44</sup> Pablo Fernández 2008 Valoración de empresas



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

Tabla 32. Flujos de Efectivo Proyectados

| AÑO  | TRIMESTRE | FLUJO DE EFECTIVO OPERATIVO | FEO PROYECTADO (TENDENCIA) |
|------|-----------|-----------------------------|----------------------------|
| 2010 | 1t        | -\$ 142,039,000.00          | -\$ 363,189,691.18         |
| 2010 | 2t        | -\$ 315,611,000.00          | -\$ 303,414,032.35         |
| 2010 | 3t        | -\$ 303,837,000.00          | -\$ 243,638,373.53         |
| 2010 | 4t        | -\$ 228,374,000.00          | -\$ 183,862,714.71         |
| 2011 | 1t        | -\$ 227,612,000.00          | -\$ 124,087,055.88         |
| 2011 | 2t        | -\$ 179,719,000.00          | -\$ 64,311,397.06          |
| 2011 | 3t        | -\$ 79,074,000.00           | -\$ 4,535,738.24           |
| 2011 | 4t        | \$ 98,535,000.00            | \$ 55,239,920.59           |
| 2012 | 1t        | \$ 165,513,000.00           | \$ 115,015,579.41          |
| 2012 | 2t        | \$ 224,321,000.00           | \$ 174,791,238.24          |
| 2012 | 3t        | \$ 348,056,000.00           | \$ 234,566,897.06          |
| 2012 | 4t        | \$ 520,095,000.00           | \$ 294,342,555.88          |
| 2013 | 1t        | \$ 21,879,000.00            | \$ 354,118,214.71          |
| 2013 | 2t        | \$ 267,164,000.00           | \$ 413,893,873.53          |
| 2013 | 3t        | \$ 430,280,000.00           | \$ 473,669,532.35          |
| 2013 | 4t        | \$ 762,467,000.00           | \$ 533,445,191.18          |
| 2014 | 1t        |                             | \$ 593,220,850.00          |
| 2014 | 2t        |                             | \$ 652,996,508.82          |
| 2014 | 3t        |                             | \$ 712,772,167.65          |
| 2014 | 4t        |                             | \$ 772,547,826.47          |
| 2015 | 1t        |                             | \$ 832,323,485.29          |
| 2015 | 2t        |                             | \$ 892,099,144.12          |
| 2015 | 3t        |                             | \$ 951,874,802.94          |
| 2015 | 4t        |                             | \$ 1,011,650,461.76        |
| 2016 | 1t        |                             | \$ 1,071,426,120.59        |
| 2016 | 2t        |                             | \$ 1,131,201,779.41        |
| 2016 | 3t        |                             | \$ 1,190,977,438.24        |
| 2016 | 4t        |                             | \$ 1,250,753,097.06        |

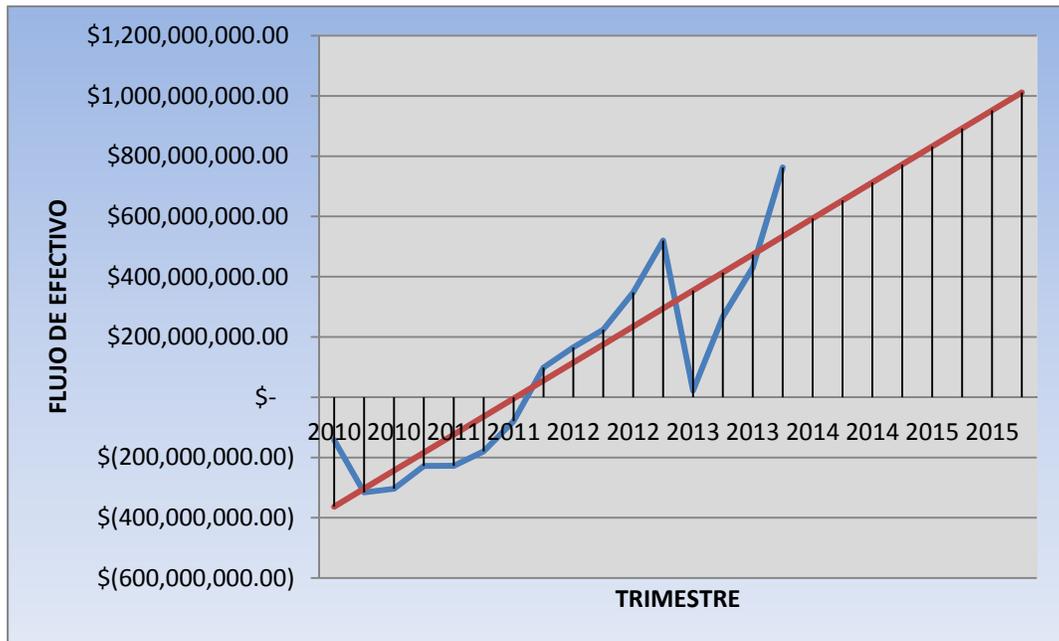
Fuente: Elaboración propia con información de Grupo Javer



## Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

La grafica de estos flujos que se tomaron de los estados financieros del 2012 d grupo Javer y los proyectados con la línea de tendencia hasta el año 2016 se muestra en la gráfica 16.

Gráfica 16. Flujos de efectivos históricos y proyección de flujos futuros



Fuente: Elaboración propia con información de los estados financieros de grupo Javer

Para la elaboración de los flujos futuros se hizo la proyección con la tendencia que seguirían, por medio de hoja de cálculo y el uso de la formulación “tendencia” en Excel.



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

## Tasa de interés cetes a 28 días 1998-2014

Tabla 33. Tasa de interés CETES anual

| Periodo | Nominal 1/ | Anualizada 2/ | Real 3/ |
|---------|------------|---------------|---------|
| 1998    | 0.2476     | 0.2812        | 0.0799  |
| 1999    | 0.2141     | 0.2375        | 0.1014  |
| 2000    | 0.1524     | 0.1637        | 0.0682  |
| 2001    | 0.1131     | 0.1199        | 0.0734  |
| 2002    | 0.0709     | 0.0732        | 0.0158  |
| 2003    | 0.0623     | 0.0642        | 0.0240  |
| 2004    | 0.0682     | 0.0704        | 0.0182  |
| 2005    | 0.0920     | 0.0960        | 0.0613  |
| 2006    | 0.0719     | 0.0744        | 0.0334  |
| 2007    | 0.0719     | 0.0743        | 0.0362  |
| 2008    | 0.0768     | 0.0796        | 0.0140  |
| 2009    | 0.0543     | 0.0557        | 0.0196  |
| 2010    | 0.0440     | 0.0449        | 0.0025  |
| 2011    | 0.0424     | 0.0432        | 0.0063  |
| 2012    | 0.0424     | 0.0432        | 0.0080  |

Fuente: Elaboración propia



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

## Tasa de interés cetes a 28 días 1998-2014

Tabla 34. Tasa de interés CETES por trimestre

| Periodo  | Nominal 1/ | Anualizada |         |
|----------|------------|------------|---------|
|          |            | 2/         | Real 3/ |
| 1998/I   | 7.360      | 7.615      | -2.510  |
| 1998/II  | 7.760      | 8.044      | -0.544  |
| 1998/III | 8.200      | 8.518      | -1.998  |
| 1998/IV  | 8.500      | 8.842      | 6.180   |
| 1999/I   | 8.600      | 8.950      | 8.903   |
| 1999/II  | 9.150      | 9.547      | 5.260   |
| 1999/III | 9.410      | 9.830      | 4.060   |
| 1999/IV  | 9.630      | 10.070     | 5.473   |
| 2000/I   | 9.750      | 10.201     | 13.578  |
| 2000/II  | 9.630      | 10.070     | 11.346  |
| 2000/III | 9.610      | 10.048     | 5.009   |
| 2000/IV  | 9.600      | 10.037     | 8.473   |
| 2001/I   | 9.210      | 9.612      | 4.475   |
| 2001/II  | 8.910      | 9.286      | 6.118   |
| 2001/III | 8.710      | 9.069      | 0.075   |
| 2001/IV  | 8.220      | 8.539      | 0.850   |
| 2002/I   | 7.880      | 8.173      | 0.843   |
| 2002/II  | 7.610      | 7.883      | 5.922   |
| 2002/III | 7.370      | 7.626      | 6.019   |
| 2002/IV  | 7.170      | 7.412      | 5.540   |
| 2003/I   | 7.020      | 7.252      | 13.151  |
| 2003/II  | 7.020      | 7.252      | 6.147   |
| 2003/III | 7.030      | 7.263      | 3.795   |
| 2003/IV  | 7.030      | 7.263      | 0.907   |
| 2004/I   | 7.060      | 7.295      | -4.889  |
| 2004/II  | 7.050      | 7.284      | 1.812   |
| 2004/III | 7.040      | 7.273      | 0.744   |
| 2004/IV  | 7.040      | 7.273      | 0.100   |
| 2005/I   | 7.040      | 7.273      | 0.843   |
| 2005/II  | 7.040      | 7.273      | 3.740   |
| 2005/III | 7.040      | 7.273      | 4.526   |
| 2005/IV  | 7.010      | 7.241      | 8.013   |
| 2006/I   | 7.240      | 7.487      | 13.984  |



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

| Periodo         | Nominal 1/   | Anualizada 2/ | Real 3/       |
|-----------------|--------------|---------------|---------------|
| <b>2006/II</b>  | <b>7.200</b> | <b>7.444</b>  | <b>5.908</b>  |
| <b>2006/III</b> | <b>7.190</b> | <b>7.434</b>  | <b>2.106</b>  |
| <b>2006/IV</b>  | <b>7.200</b> | <b>7.444</b>  | <b>2.328</b>  |
| <b>2007/I</b>   | <b>7.210</b> | <b>7.455</b>  | <b>-2.070</b> |
| <b>2007/II</b>  | <b>7.200</b> | <b>7.444</b>  | <b>2.545</b>  |
| <b>2007/III</b> | <b>7.440</b> | <b>7.701</b>  | <b>-1.012</b> |
| <b>2007/IV</b>  | <b>7.440</b> | <b>7.701</b>  | <b>2.498</b>  |
| <b>2009/Ene</b> | <b>7.590</b> | <b>7.862</b>  | <b>4.907</b>  |
| <b>2009/Feb</b> | <b>7.120</b> | <b>7.359</b>  | <b>4.555</b>  |
| <b>2009/Mar</b> | <b>7.030</b> | <b>7.263</b>  | <b>0.127</b>  |
| <b>2009/I</b>   | <b>7.247</b> | <b>7.494</b>  | <b>3.196</b>  |
| <b>2009/Abr</b> | <b>6.050</b> | <b>6.222</b>  | <b>1.860</b>  |
| <b>2009/May</b> | <b>5.290</b> | <b>5.421</b>  | <b>9.177</b>  |
| <b>2009/Jun</b> | <b>4.980</b> | <b>5.096</b>  | <b>2.801</b>  |
| <b>2009/II</b>  | <b>5.440</b> | <b>5.580</b>  | <b>4.613</b>  |
| <b>2009/Jul</b> | <b>4.590</b> | <b>4.689</b>  | <b>1.326</b>  |
| <b>2009/Ago</b> | <b>4.490</b> | <b>4.584</b>  | <b>1.628</b>  |
| <b>2009/Sep</b> | <b>4.480</b> | <b>4.574</b>  | <b>-1.520</b> |
| <b>2009/III</b> | <b>4.520</b> | <b>4.616</b>  | <b>0.478</b>  |
| <b>2009/Oct</b> | <b>4.510</b> | <b>4.605</b>  | <b>0.881</b>  |
| <b>2009/Nov</b> | <b>4.510</b> | <b>4.605</b>  | <b>-1.692</b> |
| <b>2009/Dic</b> | <b>4.500</b> | <b>4.595</b>  | <b>-0.463</b> |
| <b>2009/IV</b>  | <b>4.507</b> | <b>4.602</b>  | <b>-0.425</b> |
| <b>2010/Ene</b> | <b>4.490</b> | <b>4.584</b>  | <b>-8.141</b> |
| <b>2010/Feb</b> | <b>4.490</b> | <b>4.584</b>  | <b>-2.409</b> |
| <b>2010/Mar</b> | <b>4.448</b> | <b>4.540</b>  | <b>-3.968</b> |
| <b>2010/I</b>   | <b>4.476</b> | <b>4.569</b>  | <b>-4.839</b> |
| <b>2010/Abr</b> | <b>4.438</b> | <b>4.529</b>  | <b>8.610</b>  |
| <b>2010/May</b> | <b>4.515</b> | <b>4.610</b>  | <b>12.854</b> |
| <b>2010/Jun</b> | <b>4.590</b> | <b>4.688</b>  | <b>5.083</b>  |
| <b>2010/II</b>  | <b>4.514</b> | <b>4.609</b>  | <b>8.849</b>  |
| <b>2010/Jul</b> | <b>4.594</b> | <b>4.692</b>  | <b>2.003</b>  |
| <b>2010/Ago</b> | <b>4.518</b> | <b>4.613</b>  | <b>1.188</b>  |
| <b>2010/sep</b> | <b>4.426</b> | <b>4.518</b>  | <b>-1.838</b> |
| <b>2010/III</b> | <b>4.513</b> | <b>4.607</b>  | <b>0.451</b>  |
| <b>2010/oct</b> | <b>4.025</b> | <b>4.100</b>  | <b>-3.310</b> |
| <b>2010/nov</b> | <b>3.970</b> | <b>4.043</b>  | <b>-5.458</b> |



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

| Periodo         | Nominal 1/   | Anualizada 2/ | Real 3/       |
|-----------------|--------------|---------------|---------------|
| <b>2010/dic</b> | <b>4.304</b> | <b>4.390</b>  | <b>-1.620</b> |
| <b>2010/IV</b>  | <b>4.100</b> | <b>4.178</b>  | <b>-3.463</b> |
| <b>2011/Ene</b> | <b>4.135</b> | <b>4.210</b>  | <b>-1.689</b> |
| <b>2011/Feb</b> | <b>4.040</b> | <b>4.120</b>  | <b>-0.456</b> |
| <b>2011/Mar</b> | <b>4.268</b> | <b>4.353</b>  | <b>1.980</b>  |
| <b>2011/I</b>   | <b>4.148</b> | <b>4.228</b>  | <b>-0.055</b> |
| <b>2011/Abr</b> | <b>4.278</b> | <b>4.362</b>  | <b>4.462</b>  |
| <b>2011/May</b> | <b>4.310</b> | <b>4.396</b>  | <b>14.090</b> |
| <b>2011/Jun</b> | <b>4.370</b> | <b>4.461</b>  | <b>4.524</b>  |
| <b>2011/II</b>  | <b>4.319</b> | <b>4.407</b>  | <b>7.692</b>  |
| <b>2011/Jul</b> | <b>4.140</b> | <b>4.220</b>  | <b>-1.598</b> |
| <b>2011/Ago</b> | <b>4.053</b> | <b>4.129</b>  | <b>2.173</b>  |
| <b>2011/Sep</b> | <b>4.228</b> | <b>4.312</b>  | <b>1.289</b>  |
| <b>2011/III</b> | <b>4.140</b> | <b>4.220</b>  | <b>0.621</b>  |
| <b>2011/Oct</b> | <b>4.360</b> | <b>4.449</b>  | <b>-3.649</b> |
| <b>2011/Nov</b> | <b>4.350</b> | <b>4.438</b>  | <b>-8.210</b> |
| <b>2011/Dic</b> | <b>4.338</b> | <b>4.426</b>  | <b>-5.340</b> |
| <b>2011/IV</b>  | <b>4.349</b> | <b>4.438</b>  | <b>-5.733</b> |
| <b>2012/Ene</b> | <b>4.273</b> | <b>4.358</b>  | <b>-4.070</b> |
| <b>2012/Feb</b> | <b>4.323</b> | <b>4.410</b>  | <b>1.800</b>  |
| <b>2012/Mar</b> | <b>4.242</b> | <b>4.326</b>  | <b>3.610</b>  |
| <b>2012/I</b>   | <b>4.279</b> | <b>4.365</b>  | <b>0.447</b>  |
| <b>2012/Abr</b> | <b>4.293</b> | <b>4.379</b>  | <b>8.390</b>  |
| <b>2012/May</b> | <b>4.378</b> | <b>4.467</b>  | <b>8.510</b>  |
| <b>2012/Jun</b> | <b>4.335</b> | <b>4.423</b>  | <b>-1.180</b> |
| <b>2012/II</b>  | <b>4.335</b> | <b>4.423</b>  | <b>5.240</b>  |
| <b>2012/Jul</b> | <b>4.150</b> | <b>4.230</b>  | <b>-2.540</b> |
| <b>2012/Ago</b> | <b>4.130</b> | <b>4.210</b>  | <b>0.529</b>  |
| <b>2012/Sep</b> | <b>4.168</b> | <b>4.249</b>  | <b>-1.110</b> |
| <b>2012/III</b> | <b>4.149</b> | <b>4.230</b>  | <b>-1.040</b> |
| <b>2012/Oct</b> | <b>4.205</b> | <b>4.288</b>  | <b>-1.841</b> |
| <b>2012/Nov</b> | <b>4.286</b> | <b>4.372</b>  | <b>-3.773</b> |
| <b>2012/Dic</b> | <b>4.053</b> | <b>4.129</b>  | <b>1.299</b>  |
| <b>2012/IV</b>  | <b>4.181</b> | <b>4.263</b>  | <b>-1.438</b> |
| <b>2013/Ene</b> | <b>4.154</b> | <b>4.235</b>  | <b>-0.674</b> |
| <b>2013/Feb</b> | <b>4.185</b> | <b>4.267</b>  | <b>-1.699</b> |
| <b>2013/Mar</b> | <b>3.983</b> | <b>4.057</b>  | <b>-4.683</b> |
| <b>2013/I</b>   | <b>4.107</b> | <b>4.186</b>  | <b>-2.352</b> |



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

| Periodo  | Nominal 1/ | Anualizada 2/ | Real 3/  |
|----------|------------|---------------|----------|
| 2013/Abr | 3.815      | 3.883         | 3.063    |
| 2013/May | 3.724      | 3.789         | 8.025    |
| 2013/Jun | 3.778      | 3.844         | 4.604    |
| 2013/II  | 3.772      | 3.839         | 5.230    |
| 2013/Jul | 3.845      | 3.914         | 4.328    |
| 2013/Ago | 3.844      | 3.913         | 0.430    |
| 2013/Sep | 3.635      | 3.697         | -0.875   |
| 2013/III | 3.775      | 3.841         | 1.294    |
| 2013/Oct | 3.393      | 3.446         | -2.280   |
| 2013/Nov | 3.388      | 3.441         | -7.459   |
| 2013/Dic | 3.293      | 3.343         | -3.512   |
| 2013/IV  | 3.358      | 3.410         | -4.417   |
| 2014/Ene | 3.138      | 3.184         | -7.270   |
| 2014/Feb | 3.158      | 3.204         | 0.118    |
| 2014/Mar | 3.170      | 3.217         | -0.117   |
| 2014/I   | 3.155      | 3.202         | -2.423   |
| 2014/Abr | 3.223      | 3.279         | 5.617    |
| 2014/May | 3.275      | 3.330         | 7.374    |
| 2014/Jun | 3.015      | 3.062         | 0.938    |
| 2014/II  | 3.171      | 3.224         | 4.643    |
| 2014/Jul | 2.830      | 2.867         | -0.468   |
| 2014/ago | 2.768      | 2.803         | -1.526   |
| 2014/sep | 2.830      | 2.867         | -2.431   |
| 2014/III | 2.809      | 2.846         | -1.475   |
| 2014/oct | 2.900      | 2.939         | -3.652   |
| 2014/nov | 2.850      | 2.890         | -6.570   |
| 2014/dic | 2.810      | 2.850         | -3.010   |
| 2014/IV  | 2.853      | 2.893         | -4.411   |
| 2015/Ene | 2.670      | 2.700         | 3.820    |
| 2015/Feb | 2.810      | 2.850         | del 2009 |

Fuente: Elaborado por el Centro de Estudios de las Finanzas Públicas de la Cámara de Diputados con datos del Banco de México.

1/ Certificados de la Tesorería de la Federación a 28 días; es una tasas de interés pasiva -Instituciones de ahorro no bancarios- en México. Títulos de crédito al portador denominados en moneda nacional a cargo del Gobierno Federal.

2/ Calculada en base a la siguiente ecuación:  $ra = ((1 + ((rn/100)/(365/28)))^{(365/28)} - 1) * 100$ ; donde ra es la tasa de rendimiento anualizado e rn es la tasa de rendimiento nominal anual.



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

**3/ Calculada en base a la siguiente ecuación:  $rr=(1+ra)/(1+ia)$ ; donde rr es la tasa de interés real anual, ra es la tasa de rendimiento anualizado e ia es la inflación mensual anualizada (se estima a partir de  $((1+im)^{12}-1)*100$ ; donde im es la inflación mensual).**



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

## APÉNDICE C ARTÍCULOS RELACIONADAS DE LA FUSIÓN JAVER Y VIVEICA

BUSCA JAVER FUSIÓN CON UNIDAD DE ICA

**Monterrey, México (15 noviembre 2012).**- Las desarrolladoras de vivienda ViveICA -filial de la constructora ICA- y la regiomontana Javer perfilan una fusión, revelaron fuentes allegadas.

Esta última se quedaría con el 90 por ciento de los activos de ViveICA y a cambio le entregaría entre un 20 y 25 por ciento del capital de la nueva empresa que se conformara.

Es decir, Javer se quedaría con entre el 75 y 80 por ciento de la compañía resultante.

El valor de la operación oscilará entre los 100 millones y 125 millones de dólares, considerando un capital conjunto de ambas empresas de 500 millones de dólares.

Los términos finales de la fusión se espera que se den a conocer en unos 10 días más.

El capital social de Javer está conformado hoy día por accionistas regios, liderados por Salomón Marcuschamer, con un 40 por ciento, y por los fondos privados Southern Cross Group y Evercore México Capital Partners (éste de Pedro Aspe), con participaciones de 40 y 20 por ciento, respectivamente.

De quedarse ICA con un 20 por ciento de la nueva desarrolladora, los inversionistas representados por Marcuschamer poseerán el 32 por ciento de la nueva empresa, Southern Cross Group otro 32 y Evercore México un 16 por ciento.

Fuentes cercanas al proceso detallaron que los mandos directivos de las dos compañías prevalecerían, pero Javer llevaría mano en la estrategia y conducción, dada su mayoría accionaria.

"El objetivo de ambas empresas es complementar operaciones en los estados en los que no tienen presencia y aprovechar economías de escala", dijo una persona allegada a las negociaciones.

Javer y ViveICA están enfocadas principalmente a la vivienda de interés social.

La primera tiene presencia en Nuevo León, Tamaulipas, Aguascalientes, Estado de México, Jalisco y Querétaro.

La filial de ICA en Aguascalientes, Quintana Roo, Chihuahua, Jalisco, Querétaro Guanajuato, Nuevo León, Baja California, Estado de México, Veracruz e Hidalgo.

Así, de concretarse la nueva empresa, Javer estaría llegando en automático a seis nuevos estados.

Además hoy ViveICA tiene operaciones en Perú, a través de su filial Los Portales.



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

En el 2011, el negocio de vivienda de ICA, integrado por ViveICA y Los Portales, contribuyó con el 6.5 y 7.8 por ciento del flujo de operación (Ebitda) e ingresos consolidados de todo el grupo, respectivamente.

En términos de pesos, esos porcentajes del año pasado representaron 428.2 millones de pesos de Ebitda y 3 mil 355 millones de pesos en ingresos.

Javer, por su parte, acumuló en el 2011 un Ebitda por 902.2 millones de pesos e ingresos por 4 mil 719 millones de pesos.

José Espitia Hernández, analista de Casa de Bolsa Banorte-IXE, indicó que en el ICA Day, realizado la semana pasada en la Ciudad de México, directivos de esta constructora le confirmaron del interés de fusionar a ViveICA con otra desarrolladora.

"Es de esperarse que Javer vaya también por el negocio de Perú, lo que implicaría su internacionalización", comentó en entrevista telefónica.

Cecilia Hernández, analista de Invex, refirió que a pregunta directa de los analistas de si ICA "estaba en pláticas" con Javer, los directivos de la mayor constructora de México respondieron que sí. A mediados de julio, directivos de Javer revelaron que ICA se acercó a esta empresa regia con el fin de explorar alguna posibilidad de negocio, sin llegar a algún acuerdo en aquella ocasión.

Por otra parte, directivos de Javer han comentado el interés de la compañía por cotizar en Bolsa

**Fuente** Moisés Ramírez

<http://www.reforma.com/aplicacioneslibre/articulo/default.aspx?id=95805&md5=d95e4dd4e84a04a89de6d8749fa0d54d&ta=0dfdbac11765226904c16cb9ad1b2efe>



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

## **ICA Y JAVER CREAN EMPRESA VIVIENDERA**

Javer adquirió los activos de vivienda de la constructora y entregó a cambio 23% de sus acciones; con la transacción, el nuevo grupo será el segundo desarrollador de vivienda del sistema Infonavit

**CIUDAD DE MÉXICO** 03 de diciembre de 2012 (**CNNExpansión**) — Servicios Corporativos Javer, una de las desarrolladoras privadas de vivienda más grande en México, estableció un acuerdo definitivo con Empresas ICA para combinar sus activos de vivienda, lo que llevará a la nueva empresa resultante de esa alianza a convertirse en [el segundo desarrollador de vivienda del sistema Infonavit](#).

Bajo este acuerdo Javer adquiere los activos y pasivos operativos de 20 desarrollos de vivienda de interés social de ICA, a través de su subsidiaria ViveICA, a cambio de 23% de participación accionaria, detalla en un comunicado la constructora que dirige [Alonso Quintana](#). Además, asumirá 600 millones de pesos (mdp) de deuda a nivel proyecto a ser refinanciada.

Los 20 desarrollos de vivienda podrían añadir anualmente hasta 7,000 unidades a las operaciones de Javer y más de 40,000 unidades en reserva territorial. Con la incorporación de los desarrollos y reservas territoriales de ViveICA, se suman seis nuevas ciudades a los cinco estados donde actualmente Javer tiene presencia, y se fortalece su posición en los mercados claves del norte y occidente de México.

Al concluirse la transacción, ICA se convertirá en el tercer accionista de [Javer](#) y tendrá dos lugares en el consejo de administración. Diego Quintana, vicepresidente de Alianzas Estratégicas de ICA, se convertirá en el copresidente del Consejo de Administración de Javer.

Los derechos de ICA como accionistas son similares al resto de los accionistas de Javer. El equipo de administración de Javer permanecerá sin cambios, y conducirá la integración de los empleados y operaciones de ViveICA en Javer, dice ICA en el comunicado.

"Al combinar nuestras operaciones de vivienda, Javer e ICA obtendrán una masa crítica para realizar economías de escala y continuar ampliando sus estrategias de mercadotecnia, en una más amplia presencia geográfica. La asociación con Javer le otorga a ICA la mejor oportunidad para detonar valor en nuestros activos de vivienda de interés social, mientras continuamos enfocando recursos en nuestros segmentos de construcción y operación de infraestructura", comenta en el comunicado el director general de ICA, Alonso Quintana.

Asegura que la nueva compañía será el mejor jugador en la industria de vivienda, soportado por el liderazgo del equipo de administración e inversionistas. Continuar creando valor para los accionistas de ICA sigue siendo una de nuestras principales iniciativas estratégicas, y esta transacción es un importante logro en nuestra estrategia, menciona.

El director general de Javer, Roberto Russildi, indica que la transacción posiciona a la compañía en la escala adecuada de su estrategia para los próximos tres años.



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

"Las capacidades combinadas de Javer para administrar capital de trabajo y modelo de ventas, así como la experiencia y capacidad constructiva de ViveICA, generarán importantes mejoras en la rentabilidad de nuestra empresa", señala el ejecutivo.

Javer se encuentra en el proceso de obtener un crédito para el refinanciamiento de 600 (mdp) de deuda a nivel proyecto y se espera realizarse al concluirse la transacción.

Adicionalmente, espera que la nueva empresa genere flujo de efectivo positivo al cierre de la transacción debido a que la reserva territorial adquirida libera la necesidad de inversión de capital adicional en terrenos. El proforma estimado anual de ventas es de 7,600 (mdp), un volumen de 25,000 unidades de vivienda y una reserva territorial equivalente a aproximadamente 160,000 unidades de vivienda.

La transacción está sujeta a varias condiciones de cierre y ciertas aprobaciones regulatorias, las cuales se esperan sean completadas al final del primer trimestre del 2013.

Servicios Corporativos Javer S.A.P.I. de C.V. es una de las desarrolladoras privadas de vivienda más grande en México, especializada en la construcción de vivienda de interés social, vivienda media y residencial.

Inició operaciones en 1973 en la ciudad de Monterrey, Nuevo León, en donde se localizan sus oficinas corporativas. La compañía es el desarrollador líder de vivienda en el estado de Nuevo León, en donde mantiene el 15% de participación de mercado, de acuerdo a los programas de financiamiento de Infonavit y ocupa el segundo lugar a nivel nacional como originador de créditos del mismo organismo.

Actualmente opera en los estados de Nuevo León, Aguascalientes, Tamaulipas, Jalisco, Querétaro y el Estado de México. Durante 2011, la Compañía reportó ventas de 4,718.9 (mdp) y un total de 16,339 unidades.

Fuente Jesús Ugarte CNN expansión

<http://www.cnnexpansion.com/negocios/2012/12/03/ica-y-javer-crean-segunda-viviendera>



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

#### ICA VE A VIVIENDERA JAVER EN LA BOLSA

Gracias al tamaño que tendrá por su fusión con ViveICA puede cotizar en el mercado, dicen analistas; en la jornada de este lunes, el valor de la acción de ICA sube 3% en la Bolsa Mexicana de Valores

CIUDAD DE MÉXICO (CNNExpansión) — Servicios Corporativos Javer cotizará en la Bolsa Mexicana de Valores (BMV) en el mediano o largo plazo con una escala más grande por su fusión con ViveICA, revelaron directivos de ambas empresas este lunes en una conferencia telefónica con analistas del sector de la construcción.

Ejecutivos de ICA recordaron que siempre ha habido la intención el colocar a ViveICA en la BMV; sin embargo, no tenía la escala para hacerlo.

Analistas del sector de la construcción consideraron que esto se materializará cuando mejoren las valuaciones que tienen las empresas vivienderas, las cuáles han visto muy castigados los precios de sus acciones en la BMV ante los resultados débiles que han mostrado y sus perspectivas difíciles de corto plazo.

Este lunes, ICA y Servicios Corporativos Javer -una de las desarrolladoras privadas de vivienda más grande en México- anunciaron un acuerdo definitivo para combinar sus activos de vivienda en México, lo que llevará a la nueva empresa resultante de esa alianza a convertirse en el segundo desarrollador de vivienda del sistema Infonavit.

Bajo este acuerdo, Javer adquiere los activos y pasivos operativos de 20 desarrollos de vivienda de interés social de ICA, a través de su subsidiaria ViveICA, a cambio del 23% de participación accionaria en Javer. Además, asumirá 600 millones de pesos (mdp) de deuda a nivel proyecto a ser refinanciada.

En la conferencia telefónica, directivos de Javer dijeron que con base en cifras a septiembre de 2012, la nueva viviendera tendrá ventas anuales de 7,600 (mdp) y un flujo operativo (EBITDA por sus siglas en inglés) de 1,000 a 1,100 (mdp).

Asimismo, dejaron en claro que aunque la nueva compañía que nace de la fusión ViveICA y Javer tendrá márgenes de ganancia más bajos respecto a los que ha venido mostrando Javer, hacia adelante las sinergias y eficiencias a desarrollar permitirán mejorar la rentabilidad.

La nueva empresa alcanzará un volumen de 25,000 unidades de vivienda y una reserva territorial equivalente a aproximadamente 160,000 de viviendas. La transacción está sujeta a varias condiciones de cierre y ciertas aprobaciones regulatorias, las cuales esperan concretar hacia finales del primer trimestre del 2013.

Actualmente Javer está presente en los estados de Nuevo León, Aguascalientes, Tamaulipas, Jalisco, Querétaro y el Estado de México. Junto con ViveICA llegarán a Veracruz, Hidalgo, Guanajuato y



## Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

Quintana Roo. Durante 2011 la compañía reportó ventas de 4,718.9 (mdp) y un total de 16,339 unidades.

Analistas ven positivo el acuerdo

El acuerdo con el que ICA cede sus activos de vivienda a cambio del 23% del capital de Javer es positivo para la constructora más grande de México y América Latina al permitirle enfocarse más en sus negocios principales (construcción y concesiones) y más adelante tener la posibilidad de monetizar o hacer líquida esta inversión, consideraron analistas.

"Es una noticia que ya se venía descontando, incluso se decía que iban a tener 25% de la nueva empresa. Creo que es un acuerdo positivo para ICA porque son recursos (activos de vivienda) que quizá le estaban distrayendo, y que por otro lado los deja en quien está más enfocado en ese negocio (Javer)", dijo el director de Análisis de Monex Casa de Bolsa.

Agregó que sin salirse por completo de la vivienda, ICA podrá ahora recibir recursos para canalizarlos a otros proyectos.

"Se trata de convenio positivo para ICA, porque al final del día puede ser muy bueno para el precio de sus acciones. Aunque en el corto plazo la operación no implica la entrada de efectivo para ICA, adiciona escala y más adelante tendrá la posibilidad de acrecentar el valor de inversión en vivienda al colocarse Javer en Bolsa", dijo un analista de una casa de bolsa que solicitó el anonimato.

Hasta las 12:20 horas, la acción de ICA serie única cotizaba en los 9.39 pesos para una ganancia de 2.93% comparado con nivel de cierre del pasado viernes. "En cierta forma la noticia ya estaba descontada, es un hecho que se rumoró desde hace varias semanas", mencionó el analista.

La analista de *Moody's Investors Service, Inc.*, Griselda Bisono, considera que si bien aumentará su tamaño y se diversificará geográficamente con el acuerdo, Javer continúa enfrentando dificultades para lograr sus objetivos de volumen de ventas y EBITDA, lo cual ha generado presión negativa en sus márgenes.

"La compañía ha enfrentado diversas dificultades en los últimos dos años con volúmenes de ventas más lentos, que principalmente se le pueden atribuir a la concentrada exposición geográfica de la compañía en el noreste de México", agrega en un reporte.

No obstante, dice, de cerrarse esta transacción con ViveICA, Javer tendrá 46 desarrollos en 11 estados diferentes, 20 de los cuales provienen de ViveICA. Además, después de la adquisición los indicadores de apalancamiento y de cobertura de intereses de la compañía podrían permanecer sin cambio o ser ligeramente positivos.

Servicios Corporativos Javer S.A.P.I. de C.V. es una de las desarrolladoras privadas de vivienda más grande en México, especializada en la construcción de vivienda de interés social, vivienda media y



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

residencial. Inició operaciones en 1973 en la ciudad de Monterrey, Nuevo León, en donde se localizan sus oficinas corporativas.

La compañía es el desarrollador líder de vivienda en el estado de Nuevo León, en donde mantiene el 15% de participación de mercado, de acuerdo a los programas de financiamiento de Infonavit y ocupa el segundo lugar a nivel nacional como originador de créditos del mismo organismo.

Empresas ICA (la empresa número 53 de 'Las 500' de Expansión) fue fundada en 1947. Sus principales líneas de negocio son la ingeniería, procuración y construcción, la vivienda y la operación de infraestructura, incluyendo aeropuertos, autopistas, carreteras y servicios municipales.

Fuente Jesús Ugarte CNN expansión <http://www.cnnexpansion.com/negocios/2012/12/03/ica-ve-a-viviendera-javer-en-la-bolsa>



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

## **ROMPEN ICA Y JAVER ACUERDO DE FUSIÓN**

**Monterrey, México (31 mayo 2013).**- Las desarrolladoras de vivienda Javer, de Monterrey, y ViveICA, filial de ICA, rompieron el acuerdo que pactaron en noviembre pasado para que la empresa regia fusionara a la capitalina, en una operación valuada en 126 millones de dólares.

El proyecto con ViveICA ya había sido aprobado por la Comisión Federal de Competencia y a principios de mayo, directivos de Javer comentaron que sólo faltaban algunos detalles de trámites para concretar de manera definitiva la fusión.

Pero ayer, de manera sorpresiva para analistas y empresarios del sector, Javer informó que ambas partes decidieron no seguir adelante con esta transacción.

Fuentes de Javer explicaron que el acuerdo fue desecho porque no pudieron ponerse de acuerdo en la valuación del número de fraccionamientos que ViveICA le iba a traspasar y que resultaron ser menores a los 20 que originalmente pactaron en noviembre de 2012.

En un comunicado, Eugenio Garza, director general de Javer, informó que seguirá buscando oportunidades atractivas que puedan surgir a raíz de la crisis que enfrentan empresas del sector vivienda en México, como son Geo, Homex y Urbi.

Carlos Hermosillo, analista de Banorte-IXE, consideró que posiblemente la evolución del sector de vivienda, de los últimos meses, haya sido una de las razones por las que se desplomó la fusión entre Javer y ViveICA.

Fuente Moisés Ramírez

<http://www.reforma.com/aplicacioneslibre/articulo/default.aspx?id=125867&md5=df270438cc6329c55d308aabed00b2f4&ta=0dfdbac11765226904c16cb9ad1b2efe>

Empresas ICA, S.A.B. de C.V. y Subsidiarias

### **Notas a los estados financieros consolidados**

*Por los años que terminaron el 31 de diciembre de 2012, 2011 y 2010 (En miles de pesos excepto cuando así se indique)*



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

## VENTA DE LÍNEA DE NEGOCIO DE VIVIENDA HORIZONTAL

Los activos objeto del Acuerdo celebrado por ViveICA con Javer, mencionado en la nota 2, se integran principalmente de: terrenos, obras en proceso, proyectos terminados, saldos de efectivo en cuentas bancarias y cuentas por cobrar. Las obligaciones transferidas se relacionan principalmente con los empleados transferidos y la obligación o responsabilidad en relación con pólizas de seguros de ViveICA, así como la asunción de cierta deuda, que se describe más adelante. El precio a pagar como contraprestación por la venta, transferencia, cesión y entrega de los bienes adquiridos y la asunción de los pasivos asumidos (“Precio de Compra”) será de \$1,441 millones de pesos más el impuesto al valor agregado. En la “Fecha de Cierre” que se describe más adelante, Javer entregará dos pagarés a favor de ViveICA, uno por \$436 millones de pesos y otro por \$405 millones de pesos, este último, equivalente al monto de la deuda al subcontratista, así como \$600 millones de pesos en efectivo destinados a cubrir deuda bancaria relacionada con los activos. Simultáneamente, a la recepción del pagaré por \$436 millones de pesos, ViveICA lo capitalizará en Javer y ésta expedirá a su favor, 1,740,407,501 acciones de la serie B, las cuales equivalen al 23% de su capital social. La conclusión de la operación de venta de activos está sujeta al cumplimiento de lo siguiente:

**Condiciones de cierre**, la transacción de compra de activos y cesión de pasivos se perfeccionará sujeta al cumplimiento de las obligaciones establecidas en el contrato.

La obligación más importante del comprador está relacionada con la obtención de recursos para realizar el pago en efectivo por \$600 millones de pesos establecido en el pago de la contraprestación. La operación realizada entre ViveICA y Javer está sujeta a la obtención de la autorización de la COFECO, la cual se recibió en febrero 2013.

**Fecha de cierre**, el cierre de la transacción se realizará dentro los 20 días hábiles siguientes a la fecha en la que las “Condiciones de Cierre”, descritas anteriormente, se cumplan totalmente. En la fecha de cierre, ViveICA deberá, principalmente transferir a Javer los permisos y autorizaciones de las autoridades gubernamentales, los contratos asignados y un certificado de cierre que establezca que, a partir de la fecha de cierre, las declaraciones realizadas por ella son verdaderas y correctas. Asimismo, en la fecha de cierre, Javer entregará a ViveICA los pagarés y las actas de asamblea de accionistas en la cual se formaliza la capitalización por el 23% de sus acciones. Javer también proporcionará un Certificado de cierre en donde se establezca que las declaraciones realizadas por ella son verdaderas y correctas.

**Ajuste al precio de compra**, el valor del Inventario de Vivienda se determinará por acuerdo mutuo entre el comprador y el vendedor o mediante resolución de un Ingeniero Independiente. Aunque la Fecha de Determinación del Valor del Inventario de Vivienda tenga lugar después de la Fecha de Cierre, todos los cálculos del valor del inventario se efectuarán con base en la Fecha de Cierre proyectada; en el entendido que la Fecha de Cierre real será diferida a la Fecha de Determinación del Valor del Inventario de Vivienda. En caso de que, el valor del inventario de vivienda en cualquiera de los proyectos, sea menor al valor mínimo y/o la urbanización mínima no es alcanzada en



## Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

cualquiera de los proyectos, ambos mínimos establecidos por el comprador y el vendedor; el precio de compra se reducirá al importe del pagaré para pagos al subcontratista.

A la fecha de emisión de los estados financieros, las Condiciones y la Fecha de Cierre no han sido cumplidas, por lo que los activos netos de ViveICA en proceso de discontinuación fueron clasificados en el estado de situación financiera consolidado como activos disponibles para la venta.

|  | Diciembre 31, 2012<br>(Millones de pesos) |
|--|---|
| Inventarios inmobiliarios  | \$ 3,090                                  |
| Fideicomisos   | 213                                       |
| Activo fijo  | 51  |
| Valor en libros de activos   | 3,354                                     |
| Valor razonable de la participación en el capital contable de JAVER              | 1,679                                     |
| Efectivo   | 600                                       |
| Pagaré subcontratista  | 405                                       |
| Contraprestación a valor razonable   | 2,684                                     |
| Ajuste a valor razonable   | 670                                       |
| Impuestos  | (194)                                     |
| Ajuste a valor razonable de los activos disponibles para la venta <sup>(1)</sup> | \$ 476                                    |

Determinación del valor razonable de los activos disponibles para la venta:

(1) Se presenta en operaciones discontinuadas en el estado consolidado de resultados y otras partidas de utilidad integral.

**INFORME ANUAL 2012 ICA**  
Empresas ICA, S.A.B. de C.V. y Subsidiarias  
Estados Financieros Consolidados  
Por los años que terminaron el 31 de diciembre de 2012, 2011 y 2010)



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

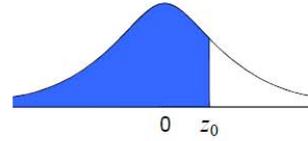
## APÉNDICE D TABLA DISTRIBUCIÓN NORMAL

### Probabilidad acumulada inferior para distribución normal N(0,1)

$\mu$  = Media

$\sigma$  = Desviación típica

$$P(z \leq z_0) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{z_0} e^{-\frac{z^2}{2}} dz$$



Tipificación:  $z_0 = \frac{x - \mu}{\sigma}$

| $z_0$ | 0,00    | 0,01    | 0,02    | 0,03    | 0,04    | 0,05    | 0,06    | 0,07    | 0,08    | 0,09    | $z_0$ |
|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|
| 0,0   | 0,5000  | 0,5040  | 0,5080  | 0,5120  | 0,5160  | 0,5199  | 0,5239  | 0,5279  | 0,5319  | 0,5359  | 0,0   |
| 0,1   | 0,5398  | 0,5438  | 0,5478  | 0,5517  | 0,5557  | 0,5596  | 0,5636  | 0,5675  | 0,5714  | 0,5753  | 0,1   |
| 0,2   | 0,5793  | 0,5832  | 0,5871  | 0,5910  | 0,5948  | 0,5987  | 0,6026  | 0,6064  | 0,6103  | 0,6141  | 0,2   |
| 0,3   | 0,6179  | 0,6217  | 0,6255  | 0,6293  | 0,6331  | 0,6368  | 0,6406  | 0,6443  | 0,6480  | 0,6517  | 0,3   |
| 0,4   | 0,6554  | 0,6591  | 0,6628  | 0,6664  | 0,6700  | 0,6736  | 0,6772  | 0,6808  | 0,6844  | 0,6879  | 0,4   |
| 0,5   | 0,6915  | 0,6950  | 0,6985  | 0,7019  | 0,7054  | 0,7088  | 0,7123  | 0,7157  | 0,7190  | 0,7224  | 0,5   |
| 0,6   | 0,7257  | 0,7291  | 0,7324  | 0,7357  | 0,7389  | 0,7422  | 0,7454  | 0,7486  | 0,7517  | 0,7549  | 0,6   |
| 0,7   | 0,7580  | 0,7611  | 0,7642  | 0,7673  | 0,7704  | 0,7734  | 0,7764  | 0,7794  | 0,7823  | 0,7852  | 0,7   |
| 0,8   | 0,7881  | 0,7910  | 0,7939  | 0,7967  | 0,7995  | 0,8023  | 0,8051  | 0,8078  | 0,8106  | 0,8133  | 0,8   |
| 0,9   | 0,8159  | 0,8186  | 0,8212  | 0,8238  | 0,8264  | 0,8289  | 0,8315  | 0,8340  | 0,8365  | 0,8389  | 0,9   |
| 1,0   | 0,8413  | 0,8438  | 0,8461  | 0,8485  | 0,8508  | 0,8531  | 0,8554  | 0,8577  | 0,8599  | 0,8621  | 1,0   |
| 1,1   | 0,8643  | 0,8665  | 0,8686  | 0,8708  | 0,8729  | 0,8749  | 0,8770  | 0,8790  | 0,8810  | 0,8830  | 1,1   |
| 1,2   | 0,8849  | 0,8869  | 0,8888  | 0,8907  | 0,8925  | 0,8944  | 0,8962  | 0,8980  | 0,8997  | 0,9015  | 1,2   |
| 1,3   | 0,9032  | 0,9049  | 0,9066  | 0,9082  | 0,9099  | 0,9115  | 0,9131  | 0,9147  | 0,9162  | 0,9177  | 1,3   |
| 1,4   | 0,9192  | 0,9207  | 0,9222  | 0,9236  | 0,9251  | 0,9265  | 0,9279  | 0,9292  | 0,9306  | 0,9319  | 1,4   |
| 1,5   | 0,9332  | 0,9345  | 0,9357  | 0,9370  | 0,9382  | 0,9394  | 0,9406  | 0,9418  | 0,9429  | 0,9441  | 1,5   |
| 1,6   | 0,9452  | 0,9463  | 0,9474  | 0,9484  | 0,9495  | 0,9505  | 0,9515  | 0,9525  | 0,9535  | 0,9545  | 1,6   |
| 1,7   | 0,9554  | 0,9564  | 0,9573  | 0,9582  | 0,9591  | 0,9599  | 0,9608  | 0,9616  | 0,9625  | 0,9633  | 1,7   |
| 1,8   | 0,9641  | 0,9649  | 0,9656  | 0,9664  | 0,9671  | 0,9678  | 0,9686  | 0,9693  | 0,9699  | 0,9706  | 1,8   |
| 1,9   | 0,9713  | 0,9719  | 0,9726  | 0,9732  | 0,9738  | 0,9744  | 0,9750  | 0,9756  | 0,9761  | 0,9767  | 1,9   |
| 2,0   | 0,9772  | 0,9778  | 0,9783  | 0,9788  | 0,9793  | 0,9798  | 0,9803  | 0,9808  | 0,9812  | 0,9817  | 2,0   |
| 2,1   | 0,9821  | 0,9826  | 0,9830  | 0,9834  | 0,9838  | 0,9842  | 0,9846  | 0,9850  | 0,9854  | 0,9857  | 2,1   |
| 2,2   | 0,9861  | 0,9864  | 0,9868  | 0,9871  | 0,9875  | 0,9878  | 0,9881  | 0,9884  | 0,9887  | 0,9890  | 2,2   |
| 2,3   | 0,9893  | 0,9896  | 0,9898  | 0,9901  | 0,9904  | 0,9906  | 0,9909  | 0,9911  | 0,9913  | 0,9916  | 2,3   |
| 2,4   | 0,9918  | 0,9920  | 0,9922  | 0,9925  | 0,9927  | 0,9929  | 0,9931  | 0,9932  | 0,9934  | 0,9936  | 2,4   |
| 2,5   | 0,9938  | 0,9940  | 0,9941  | 0,9943  | 0,9945  | 0,9946  | 0,9948  | 0,9949  | 0,9951  | 0,9952  | 2,5   |
| 2,6   | 0,9953  | 0,9955  | 0,9956  | 0,9957  | 0,9959  | 0,9960  | 0,9961  | 0,9962  | 0,9963  | 0,9964  | 2,6   |
| 2,7   | 0,9965  | 0,9966  | 0,9967  | 0,9968  | 0,9969  | 0,9970  | 0,9971  | 0,9972  | 0,9973  | 0,9974  | 2,7   |
| 2,8   | 0,9974  | 0,9975  | 0,9976  | 0,9977  | 0,9977  | 0,9978  | 0,9979  | 0,9979  | 0,9980  | 0,9981  | 2,8   |
| 2,9   | 0,9981  | 0,9982  | 0,9982  | 0,9983  | 0,9984  | 0,9984  | 0,9985  | 0,9985  | 0,9986  | 0,9986  | 2,9   |
| 3,0   | 0,99865 | 0,99869 | 0,99874 | 0,99878 | 0,99882 | 0,99886 | 0,99889 | 0,99893 | 0,99896 | 0,99900 | 3,0   |
| 3,1   | 0,99903 | 0,99906 | 0,99910 | 0,99913 | 0,99916 | 0,99918 | 0,99921 | 0,99924 | 0,99926 | 0,99929 | 3,1   |
| 3,2   | 0,99931 | 0,99934 | 0,99936 | 0,99938 | 0,99940 | 0,99942 | 0,99944 | 0,99946 | 0,99948 | 0,99950 | 3,2   |
| 3,3   | 0,99952 | 0,99953 | 0,99955 | 0,99957 | 0,99958 | 0,99960 | 0,99961 | 0,99962 | 0,99964 | 0,99965 | 3,3   |
| 3,4   | 0,99966 | 0,99968 | 0,99969 | 0,99970 | 0,99971 | 0,99972 | 0,99973 | 0,99974 | 0,99975 | 0,99976 | 3,4   |
| 3,5   | 0,99977 | 0,99978 | 0,99978 | 0,99979 | 0,99980 | 0,99981 | 0,99981 | 0,99982 | 0,99983 | 0,99983 | 3,5   |
| 3,6   | 0,99984 | 0,99985 | 0,99985 | 0,99986 | 0,99986 | 0,99987 | 0,99987 | 0,99988 | 0,99988 | 0,99989 | 3,6   |
| 3,7   | 0,99989 | 0,99990 | 0,99990 | 0,99990 | 0,99991 | 0,99991 | 0,99992 | 0,99992 | 0,99992 | 0,99992 | 3,7   |
| 3,8   | 0,99993 | 0,99993 | 0,99993 | 0,99994 | 0,99994 | 0,99994 | 0,99994 | 0,99995 | 0,99995 | 0,99995 | 3,8   |
| 3,9   | 0,99995 | 0,99995 | 0,99996 | 0,99996 | 0,99996 | 0,99996 | 0,99996 | 0,99996 | 0,99997 | 0,99997 | 3,9   |

| $1-\alpha$     | 90%   | 92%   | 94%   | 95%   | 96%   | 97%   | 98%   | 99%   |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\alpha$       | 10%   | 8%    | 6%    | 5%    | 4%    | 3%    | 2%    | 1%    |
| $z_{\alpha/2}$ | 1,645 | 1,751 | 1,881 | 1,960 | 2,054 | 2,170 | 2,326 | 2,576 |
| $z_{\alpha}$   | 1,282 | 1,405 | 1,555 | 1,645 | 1,751 | 1,881 | 2,054 | 2,326 |

Siendo:

$1-\alpha$  = Nivel de confianza  
 $\alpha$  = Nivel de significación



Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

## 5.3 BIBLIOGRAFÍA

AMRAM, M. y KULATILAKA, N., Real Options. Managing Strategic Investment in an Uncertain World, (Harvard Business School Press, Boston, Massachusetts, 1999).

BACHELIER, L., "Theorie de la Speculation", Annales Scientifiques de l'Ecole Normale Supérieure (III-17, 1900) pp. 21-86.

BINGHAM, N.H. y KIESEL R., Risk-Neutral Valuation. Pricing and Hedging of Financial Derivatives (Springer, London, 2000).

BJORK, T., Arbitrage Theory in Continuous Time (Oxford University Press, 1998).

BLACK, F. y SCHOLES, M., "The Pricing of Options and Corporate Liabilities", Journal of Political Economy, (vol. 81, 1973) pp. 637-654.

BOYLE, P., "Options: A Monte Carlo Approach", Journal of Financial Economics (vol. 4, 1977) pp. 323-338.

BREALEY, R. A. y MYERS, S. C., Principles of Corporate Finance (McGraw-Hill, Nueva York, 2003).

BRENNAN, M. y TRIGEORGIS, L., Project Flexibility, Agency, and Product Market Competition. New Developments in the Theory and Application of Real Options (Oxford University Press, 2000).

BROYLES, J., Financial Management and Real Options (John Wiley Sussex, Inglaterra, 2003).

COPELAND, T. y ANTIKAROV, V., Real Options. A Practitioner's Guide (TEXERE, 2001). [19] COX, J. C., INGERSOLL, J. E. y ROSS, S. A., "The Relationship between Forward Prices and Futures Prices", Journal of Financial Economics (vol. 9, 1981) pp. 321-346.

COX, J. C. y ROSS, S. A., "The Valuation of Options for Alternative Stochastic Processes", Journal of Financial Economics (vol. 3, 1976) pp. 145-166.

COX, J. C., ROSS, S. A. y RUBINSTEIN, M., "Option Pricing: A Simplified Approach", Journal of Financial Economics (vol. 7, 1979) pp. 229-263.

CRESPO BARRIOS FABIOLA, "Opciones Reales En La Valoración De Decisiones Financieras Estratégicas: Fusión Banorte -Ixe", (Facultad De Ingeniería, tesis UNAM 2013).

DERMAN E, KANI I, NELI CHRISS, "Implied Trinomial Trees of the Volatility Smile, Goldman Sachs 1996

ECHVERRIA de E., J. de J., "Evaluación de Riesgo en Proyectos de Inversión: Una Propuesta de Metodología para la Toma de Decisiones" (Tesis, UNAM, México, 2002).



## Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

FORD, D., LANDER, D. y VOYER, J., "A Real Options Approach to Valuing Strategic Flexibility in Uncertain Construction Projects", *Construction Management and Economics* (no. 20, 2002) pp. 343-351.

GARCIA M., J. J., *Opciones Reales. Aplicaciones de la Teoría de las Opciones a las Finanzas Empresariales* (Ediciones Pirámide, Madrid, 2001).

HULL, J. C., *Fundamentals of Futures and Options Markets* (Prentice Hall, 2002). [38] JORION, P., *Valor en Riesgo* (Limusa y MexDer, México, 2003).

LAMOTHE F., P. Y PEREZ S., M., *Opciones Financieras y Productos Estructurados* (McGraw-Hill, España, 2003).

MARTÍNEZ MIRANDA ELIO AGUSTÍN, "Metodologías de manejo de riesgo utilizando productos derivados en proyectos de inversión pública", facultad de ingeniería, (tesis UNAM 2006).

MACMILLAN, L. W., "Analytic Approximation for the American PUT Option", *Advances in Futures and Options Research* (vol. 1, 1986) pp. 119-139.

MASCAREÑAS JUAN "FINANZAS CORPORATIVAS "1988-1878 ISSN, (universidad Complutense de Madrid, 1999).

MERTON, R. C., "Theory of Rotational Option Pricing", *Bell Journal of Economics and Management Sciences* (vol. 4, 1973) pp. 141-183.

MYERS, S., "Finance Theory and Financial Strategy", *Interfaces* (vol. 14, 1984) pp. 126-137. MYERS, S., "Determination of Corporate Borrowing", *Journal of Financial Economics* (1977) pp.147-175.

ORTIZ, E., *Finanzas y Productos Derivados: Contratos adelantados, Futuros, Opciones y Swaps* (mimeo, UNAM).

ROSEN E., P. I., *Valuación de Estrategias de Inversión mediante Opciones Reales* (Tesis, UNAM, México, 2005).

RODRÍGUEZ HERNÁNDEZ VELDA LILIANA, "opciones reales: aplicación del método binomial caso bimbo -Weston", (tesis UNAM ,2010)

SAMUELSON, P. A., "Rational Theory of Warrant Pricing", *Industrial Management Review* (vol. 6, 1965) pp. 13-31.

SCHWARTZ, E. S. y TRIGEORGIS, L., *Real Options and Investment under Certainty: Classical Reading and Recent Contributions* (The MIT Press, 2001).

SHARPE, W., *Investments* (Englewood Cliffs, NJ, Prentice Hall, 1978).



## Valoración de firmas constructoras ICA y JAVER, mediante el uso de la metodología de opciones reales.

---

STAMPFLI, J. Y GOODMAN V., *The Mathematics of Finance: Modeling and Hedging* (Brooks/Cole, USA, 2001).

TRIGEORGIS, L., *Real Options. Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation* (The MIT Press, 1997).

WESTON, J.F. y BRIGHAM, E.F., *Fundamentos de Administración Financiera*, (McGraw- Hill, México, 1994).

WHALEY, R.E., "On Valuing American Futures Options" (Institute for Financial Research, University of Alberta, Working Paper, 1984).

ZHAO, T., SUNDARARAJAN, S.K. y TSENG, C., "Highway Development Decision-Making under Uncertainty: A Real Option Approach", *Journal of Infrastructure Systems* (marzo, 2004) pp. 23-32.