



Pontificia Universidad Católica de Chile  
Ingeniería Industrial y de Sistemas  
ICS 3413 Finanzas  
Prof. Tomás Reyes  
Examen – 05/07/2023

El examen tiene cinco preguntas, pero **debe elegir dos entre las tres primeras**. Es decir, el puntaje final se calculará sumando los puntajes obtenidos en las dos preguntas elegidas entre las tres primeras, junto con los puntajes de las dos últimas preguntas.

**Pregunta 1 [20 pts.]**

Ud. tiene hoy \$10 millones (MM) y debe decidir en qué invertirlos, con el objetivo de financiar parte de sus estudios de postgrado en 6 años más. Ud. sabe que el dólar vale hoy \$800 y que subirá 3% anual compuesto anual (ACA). También sabe que la UF vale hoy \$36.000 y que subirá 4% ACA. Suponga que tiene disponibles las siguientes alternativas de inversión.

- a) [3 pts.] Un depósito en pesos que renta un 9% ACA
- b) [3 pts.] Un depósito en dólares que renta un 5% ACA
- c) [4 pts.] Un depósito en UF que renta un 6% ACA
- d) [3 pts.] Un depósito en pesos que renta un 8,5% anual compuesto mensual
- e) [4 pts.] Un depósito en dólares que renta un 4,5% anual compuesto trimestralmente
- f) [3 pts.] Un depósito en UF que renta un 6% anual simple

Calcule para cada alternativa cuánto obtendría al final del año 6 si invierte hoy los \$10MM.

a)

**(2 puntos por plantear bien el problema, 1 punto por resultado correcto)**

$$10 \text{ MM} * (1,09)^6 = \$16,77100 \text{ MM} = \$16.771.001$$

b)

Transformamos los pesos a dólares:

**(1 punto por convertir pesos a dólares, 1 punto por plantear bien el problema, 1 punto por resultado correcto)**

$$\frac{10.000.000}{800} = 12.500 \text{ USD}$$

$$12.500 * (1,05)^6 = 16.751,2 \text{ USD}$$

El dólar subirá 3% ACA:

$$800 * (1,03)^6 = 955,24$$

El valor futuro en pesos es:

$$16.751,2 * 955,24 = \$16.001.416,29$$

c) Convertimos los 10 MM en UF:

**(1 punto por pasar de pesos a UF, 2 puntos por plantear bien el problema, 1 punto por resultado correcto)**

$$\frac{10.000.000}{36.000} = 277,8 \text{ UF}$$

$$277,8 * (1,06)^6 = 394,06 \text{ UF}$$

La UF subirá 4% ACA:

$$36.000 * (1,04)^6 = 45.551,5$$

El valor futuro en pesos es:

$$394,06 * 45.551,5 = \$17.950.024,09$$

d)

**(1 punto por calcular la tasa, 1 punto por plantear bien el problema, 1 punto por resultado correcto)**

Convertimos la tasa a una ACA:

$$\left(1 + \frac{0.085}{12}\right)^{12} = 1 + r_{ACA}$$

$$r_{ACA} = 0,08839$$

Calculamos el valor futuro:

$$10 \text{ MM} * (1,08839)^6 = \$16.622.917,8$$

e)

**(1 punto por calcular la tasa, 2 puntos por plantear bien el problema, 1 punto por resultado correcto)**

Convertimos la tasa a una ACA:

$$\left(1 + \frac{0.045}{4}\right)^4 = 1 + r_{ACA}$$

$$r_{ACA} = 0,0457$$

$$\frac{10.000.000}{800} = 12.500 \text{ USD}$$

Llevamos los USD a valor futuro:

$$12.500 * (1,0457)^6 = \$16.343,8$$

El dólar subirá 3% ACA:

$$800 * (1,03)^6 = 955,24$$

El valor futuro en pesos es:

$$16.343,8 * 955,24 = \$15.612.251,51$$

f)

**(2 puntos por plantear bien el problema, 1 punto por resultado correcto)**

Convertimos los \$10MM de pesos a UF (mismo calculo inciso c), obtenemos \$277,8 UF.

Llevamos los UF a valor futuro:

$$277.8 \text{ UF} * (1 + (0,06 * 6)) = 377,808 \text{ UF}$$

La UF subirá 4% ACA:

$$36.000 \cdot (1,04^6) = 45.551,5$$

El valor futuro en pesos es:

$$377,808 * 45.551,5 = \$17.209.721,11$$

## Pregunta 2 [20 pts.]

Suponga que en el mercado Ud. hay tres bonos X, Y y Z.

- X es un bono amortizable a 2 años, recién emitido, con cupones anuales e iguales cuya tasa de emisión es 4% anual compuesta anual (ACA), y TIR de 2,9% ACA.
- Y es un bono *bullet* que le queda solo 1 año, con cupones anuales (solo pagará un flujo más), tasa cupón de 3% ACA, y TIR de 5,2% ACA.
- Z es un bono cero cupón a 2 años, recién emitido.

Todos los bonos tienen valor nominal (principal) de \$1.000.

a) [8 pts.] Determine cuánto debería invertir (comprar o vender en pesos hoy) en los bonos X e Y para replicar los flujos de un bono Z.

b) [6 pts.] Determine cuál es la tasa libre de riesgo ACA a 2 años. ¿Cómo se le denomina en el mercado a esta tasa?

c) [6 pts.] Suponga que Z se transa en \$800. Determine si existen oportunidades de arbitraje. Si las hay, indique qué posiciones debería tomar en cada bono (como fracción de los valores nominales) y cuánta ganancia puede generar sin riesgo hoy (por cada bono Z arbitrado).

a) Determinamos el cupón del bono amortizable:

(2 pts. por calcular el cupón)

$$1.000 = \frac{C}{0,04} * \left(1 - \frac{1}{1,04^2}\right)$$

$$C = 530,196$$

Pagos:

	Año 1	Año 2
Bono X	530,196	530,196
Bono Y	1030	
Bono Z		1000

(2 pts. por calcular los pagos de los bonos)

Para replicar los pagos de Z comprando “a” bonos X y “b” bonos Y necesitamos que:

$$530,196 a + 1030 b = 0$$

$$530,196 a = 1000$$

De lo anterior obtenemos  $a = 1,886$  y  $b = -0,9709$

**(2 pts. por obtener a y b)**

Calculamos los precios:

$$P_X = \frac{530,196}{1,029} + \frac{530,196}{1,029^2} = 1015,986$$

$$P_Y = \frac{1030}{1,052} = 979,087$$

Se compra \$1.916,15 de X y se vende \$950,60 de Y.

**(2 pts. por obtener los montos)**

b) El precio de Z es  $\$1.916,15 - 950,60 = 965,55$ . Por lo tanto:

$$965,55 = \frac{1.000}{(1 + r_2)^2}$$

$$r_2 = \sqrt{\frac{1.000}{965,55}} - 1 = 1,77\%$$

**(3 pts. por aplicar la fórmula)**

**(3 pts. por obtener el resultado correcto)**

c) Existen oportunidades de arbitraje, el bono Z está muy barato. Compro 1 bono Z y vendo 1,886 de nominal de X y compro 0,9709 de nominal de Y. Hago una ganancia de \$165,6 aprox. sin riesgo.

**(2 pts. por decir que hay oportunidad de arbitraje)**

**(4 pts. por indicar las posiciones y la ganancia)**

### Pregunta 3 [20 pts.].

Considere que en un mercado existen solo 3 activos: los activos riesgosos  $A$  y  $B$ , y un activo libre de riesgo. El activo  $A$  retorna un 10% anual y su volatilidad es 3% anual. El activo  $B$  retorna un 16% anual y su volatilidad es 9% anual. Los retornos de los activos  $A$  y  $B$  son independientes. Por otro lado, el activo libre de riesgo retorna un 4% anual. Usted sabe que el Sharpe Ratio del portafolio de mercado es 2,4 y que se cumplen los supuestos del CAPM.

a) [10 pts.] Determine la composición, retorno y volatilidad del portafolio de mercado.

De la fórmula del Sharpe Ratio:

$$SR_p = \frac{E[R_p] - r_f}{SD(R_p)}$$

Al reemplazar la fórmula con los datos del enunciado

**(2 pts por reemplazar correctamente los valores en la fórmula del sharpe ratio)**

$$2,4 = \frac{w_A \cdot 10\% + (1 - w_A) \cdot 16\% - 4\%}{\sqrt{w_A^2 \cdot 0,03^2 + (1 - w_A)^2 \cdot 0,09^2}}$$

Despejando  $w_A$ , al resolver la ecuación cuadrática se pueden obtener los siguientes valores:

**(1,5 pt por determinar correctamente cualquiera de los dos valores de  $w_A$ , 1,5 pt por  $w_B$ )**

$$\begin{aligned} w_{A1} &= 0,8 \rightarrow w_{B1} = 0,2 \\ w_{A2} &= 0,836 \rightarrow w_{B2} = 0,164 \end{aligned}$$

Con lo anterior, el retorno del portafolio de mercado está dado por:

**(2 pt por determinar el retorno del portafolio de mercado correctamente)**

$$\begin{aligned} E[R_p] &= w_{A1}r_A + w_{B1}r_B = 0,112 \\ E[R_p] &= w_{A2}r_A + w_{B2}r_B = 0,11 \end{aligned}$$

Para ambas soluciones el retorno del portafolio de mercado es aproximadamente 11%

La volatilidad del portafolio de mercado está dada por:

**(3 pt por determinar la volatilidad del portafolio de mercado correctamente)**

$$\sigma_p = \sqrt{w_A^2 \cdot 0,03^2 + (1 - w_A)^2 \cdot 0,09^2} = 3\%$$

Para ambas soluciones la volatilidad del portafolio de mercado es aproximadamente 3%.

b) **[10 pts.]** Determine la composición, retorno y volatilidad del portafolio eficiente que tiene la misma volatilidad que el portafolio de mínima varianza de activos riesgosos.

El portafolio de mínima varianza está dado por:

**(2 pts. por plantear correctamente la ecuación a resolver para determinar la mínima varianza)**

$$\begin{aligned}\sigma^2 &= w_A^2 \cdot 0,03^2 + (1 - w_A)^2 \cdot 0,09^2 \\ \frac{\partial \sigma^2}{\partial w_A} &= 0,0018 \cdot w_A - 0,0162 \cdot (1 - w_A) = 0\end{aligned}$$

Resolviendo la ecuación anterior:

**(1,5 pts. por encontrar el valor correcto de  $w_A$ ; 1,5 pts. por encontrar la varianza mínima)**

$$\begin{aligned}w_A &= 0,9 \rightarrow \sigma_{\text{mínimo}}^2 = 0,00081 \\ \sigma_{\text{mínimo}} &= \sqrt{0,00081} = 0,0285\end{aligned}$$

Como la varianza mínima corresponde a la varianza del portafolio eficiente, entonces para encontrar la composición de este:

**(1 pt por  $w_p$  y 1 pt por  $w_f$ )**

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{mínimo}}^2 &= w_p^2 \cdot \sigma_p^2 + w_f^2 \cdot 0^2 \\ w_p^2 \cdot \sigma_p^2 &= \sigma_{\text{mínimo}}^2 \\ w_p &= \frac{\sqrt{0,00081}}{0,03} = 0,95 \rightarrow w_f = 0,05\end{aligned}$$

El retorno del portafolio eficiente está dado por:

$$\begin{aligned}E[R_{\text{eficiente}}] &= w_p \cdot r_p + w_f \cdot r_f \\ 0,95 \cdot 11\% + 0,05 \cdot 4\% &= 10,65\%\end{aligned}$$

La composición final del portafolio eficiente está dada por:  
**(1 pt por cada valor correcto, 3 pts en total)**

$$\% \text{ libre de riesgo} = 5\%$$

$$\% \text{ Activo A} = 0,95 \cdot w_{A1} \text{ ó } 0,95 \cdot w_{A2} = 76\% \text{ ó } 79,4\%$$

$$\% \text{ Activo B} = 0,95 \cdot w_{B1} \text{ ó } 0,95 \cdot w_{B2} = 19\% \text{ ó } 15,6\%$$

**Pregunta 4 [25 pts.].**

Una empresa tiene deuda perpetua y razón deuda-a-capital propio (D/E) de 2,5. Además, la empresa cuenta con 4 millones (MM) de acciones en circulación, de serie única A. Estas acciones se transan hoy a un precio de \$60 cada una. La empresa anuncia que está considerando hacer un prepago de \$300MM de deuda, financiado por la emisión de una nueva serie de acciones, la serie B. Las acciones serie B tendrán los mismos derechos que las serie A, pero recibirán solo un tercio de los dividendos por acción que reciben las acciones serie A. Suponga que ni la estructura (perpetua) ni el riesgo de la deuda cambian con la reestructuración de capital y que la tasa de impuestos corporativos es 27%.

a) [9 ptos.] ¿En qué monto cambia el valor de la firma producto de la reestructuración?

b) [8 ptos.] ¿Cuál es el precio de cada acción serie A justo después del anuncio de la reestructuración?

c) [8 ptos.] ¿Cuántas acciones serie B se deben emitir producto de la reestructuración?

a) En una empresa con deuda perpetua el tax shield se obtiene como  $\tau \cdot Deuda$ . En este caso, al anunciar que la deuda disminuirá en \$300MM, la disminución en el valor de la empresa es:

**(4,5 pt por plantear la disminución del valor de la empresa ; 4,5 pt por el valor correcto)**

$$\Delta \text{Valor de la empresa} = \Delta \text{Tax Shield} = 0,27 \cdot 300MM = 81MM$$

b) Antes del anuncio se tiene que:

**(1 pt por determinar E antes del anuncio)**

$$E = 4MM \cdot \$60 = \$240MM$$

Sabemos que (D/E) es 2,5, por lo tanto, D = \$600MM

**(1 pt por determinar D antes del anuncio)**

$$A = D + E = \$840MM$$

**(1 pt por determinar A antes del anuncio)**

Luego del anuncio la empresa pierde valor debido a la perdida proveniente del tax shield:

$$A = \$840MM - \$81MM = \$759MM$$

**(1 pt por determinar A después del anuncio)**

La deuda aún no se ha pagado, por lo que se mantiene igual, con esto:

$$E = A - D = \$759MM - \$600MM = \$159MM$$

**(1 pt por determinar E después del anuncio)**

Por lo tanto, el precio de la acción A justo después del anuncio es:

$$Pa = \frac{159MM}{4MM} = 39,75$$

**(3 pts por determinar el precio de la acción A después del anuncio)**

- c) Debido a que el dividendo que recibe la serie B es un tercio del dividendo que recibe la serie A, el precio por acción de la serie B es un tercio del precio por acción de la serie A:  
**(4 pts por determinar correctamente el precio de B; 4 pts por determinar la #Acciones de B correctamente)**

$$\#AccionesB = \$300MM / \$13,25 = 22.64MM \text{ acciones a emitir de B.}$$

**Pregunta 5 [25 pts.].**

Ud. posee una mina de oro y espera extraer durante este año un total de 1.000 onzas para venderlas en un año más. Sin embargo, está muy preocupado porque la inestabilidad de la economía mundial podría provocar grandes variaciones en el precio del oro. El precio del oro hoy es USD\$1.900/oz y la volatilidad (instantánea) anualizada de sus retornos es 15%. La tasa libre de riesgo en USD es 4% anual compuesta anual.

Su asesor de inversiones le comenta sobre dos alternativas usando derivados para cubrirse del riesgo del cambio de precio del oro: (i) *forwards*, y (ii) opciones.

a) **[10 pts.]** Determine qué posición tomaría (larga o corta) en *forwards* para transar 1 onza de oro en 1 año más y qué precio fijaría para esta transacción (precio *forward*). ¿Cuánto pagaría hoy por ese contrato?

Pasamos la tasa 4 ACA a anual compuesta continua:

$$1,04 = e^{r_{ACC}} \rightarrow r_{ACC} = 3,92\%$$

$$\text{Para precio forward } F = Se^{r \cdot t} = 1900 \cdot e^{0,0392 \cdot 1} = 1975,96$$

Se deben vender 1.000 contratos forward (posición corta) a precio \$1975,96 cada uno, pagando \$0 por el contrato.

**(4 pts. por obtener la tasa ACC)**

**(4 pts. por obtener el precio del forward)**

**(2 pts por indicar la posición y cantidad de contratos forward)**

b) **[8 pts.]** Usando la fórmula de Black & Scholes y la *Put-Call Parity* determine cuánto pagaría por una opción para vender 1 onza de oro en 1 año más con precio de ejercicio igual al precio *forward* calculado en (a).

Para la put primer se debe calcular la call:

$$d1 = \frac{\ln\left(\frac{S}{K}\right) + rt}{\sigma \cdot \sqrt{t}} + \frac{1}{2}\sigma\sqrt{t} = \frac{\ln\left(\frac{1900}{1975.96}\right) + 0,0392}{0,15} + \frac{1}{2}0,15 = 0,075$$

$$d2 = d1 - \sigma\sqrt{t} = 0,075 - 0,15 = -0,075$$

$$N(d1) = 0,5299$$

$$N(d2) = 0,4701$$

$$C = S \cdot N(d1) - K \cdot e^{(-rt)} \cdot N(d2) = 1900 \cdot 0,5299 - 1975,96 \cdot e^{-0,0392} \cdot 0,4701 = 113,62$$

$$\text{Valor del Forward: } S - \frac{K}{e^{(rt)}} = 1900 - \frac{1975,96}{e^{(0,0392)}} = 0,00089$$

$$\text{El precio a pagar por la opción es: } P = C - \text{valor forward} = 113,62 - 0,0045 = 113,6209$$

**(2 pt. por obtener d1)**

**(2 pt. por obtener d2)**

**(2 ptos. por obtener C)**

**(1 ptos. por obtener Valor del forward)**

**(1 ptos. por obtener P)**

**Se consideró descuentos correspondientes en caso de considerar el rf incorrecto**

c) [7 ptos.] ¿Cuál es la diferencia entre los precios de una *Put* y una *Call* con precios de ejercicio iguales al precio *forward* calculado en (a)? Explique intuitivamente su resultado. (Hint: puede ayudar dibujar el diagrama de pagos de un portafolio largo en una *Call* y corto en una *Put*).

$$C + Ke^{-rt} = P + S$$

Si despejamos para la diferencia entre los precios de una opción de venta y una opción de compra, obtenemos:

$$S - Ke^{-rt} = P - S$$

Cuando el precio de ejercicio es igual al precio forward, tenemos que  $S = Ke^{-rt}$  Por lo tanto, la diferencia entre los precios de una opción de venta y una opción de compra sería:

$$P - S = S - S = 0$$

No hay diferencias en precios.

**(4 ptos. por indicar que no hay diferencias en precios)**

**(3 ptos. por entregar una justificación válida)**