

Evaluación de Proyectos [CI4152-1]

Evaluación de Proyectos Bajo Incertidumbre – CAPM y WACC

Semestre de Primavera 2025.

Profesor de Cátedra: Diego Gutiérrez Alegría.

Resumen Clase Anterior

Motivos principales – Quiebra CVV

- Naturaleza no reajutable en algunos de los contratos adjudicados por CVV.
- Alza en los precios de los materiales de construcción. Baja disponibilidad de mano de obra por COVID-19.
- No retroactividad de medidas implementadas por el Estado al inicio de la Pandemia.
- Pasivos de la empresa por sobre los USD 60 millones.
- Inflación en 2 dígitos. TPM en su máximo histórico al momento de solicitar la quiebra (11,25 puntos), lo que implicó altas tasas de interés comercial.
- Confinamiento en China por COVID-19. Debilitamiento de la moneda nacional (alza en el precio del dólar).
- Endeudamiento del MOP con CVV. Atrasos en el pago de EDPs.



Resumen Clase Anterior

CAPM: Capital Assets Pricing Model (CAPM) – Para Capital Propio.

Este modelo considera que las rentabilidades futuras de las distintas alternativas de inversión son variables aleatorias.

Se utiliza para determinar una tasa de retorno teóricamente apropiada para un determinado activo / proyecto, considerando su riesgo.

Sugiere que los inversionistas escogerán ya sea un portafolio que minimice la varianza de retornos de este, dado un nivel específico de retorno esperado, o maximizar los retornos esperados, dado un nivel específico de varianza.

Resumen Clase Anterior

$$r_{\text{con riesgo}} = r_{\text{sin riesgo}} + \text{premio por riesgo}$$

Si me ofrecen un **proyecto cuya rentabilidad es de un 3% real anual pero además tengo la alternativa de invertir mi capital en un Depósito a Plazo con una rentabilidad de UF+4% anual** ¿Qué alternativa debo elegir?

Y si la rentabilidad esperada de otro proyecto es de un 4% real anual ¿Qué alternativa debo elegir?

Finalmente, **para el caso de un 3er proyecto con rentabilidad esperada de un 6% real anual** ¿Qué alternativa debo elegir?

Resumen Clase Anterior

$$CAPM = r_e = r_f + \beta \cdot (E(r_m) - r_f) = r_f + \beta \cdot PRM$$

Donde:

r_f : Tasa libre de riesgo.

β : Beta del activo.

$E(r_m)$: Esperanza del retorno del mercado.

r_e : Rentabilidad esperada del capital propio utilizando CAPM.

PRM: Prima por Riesgo de Mercado.

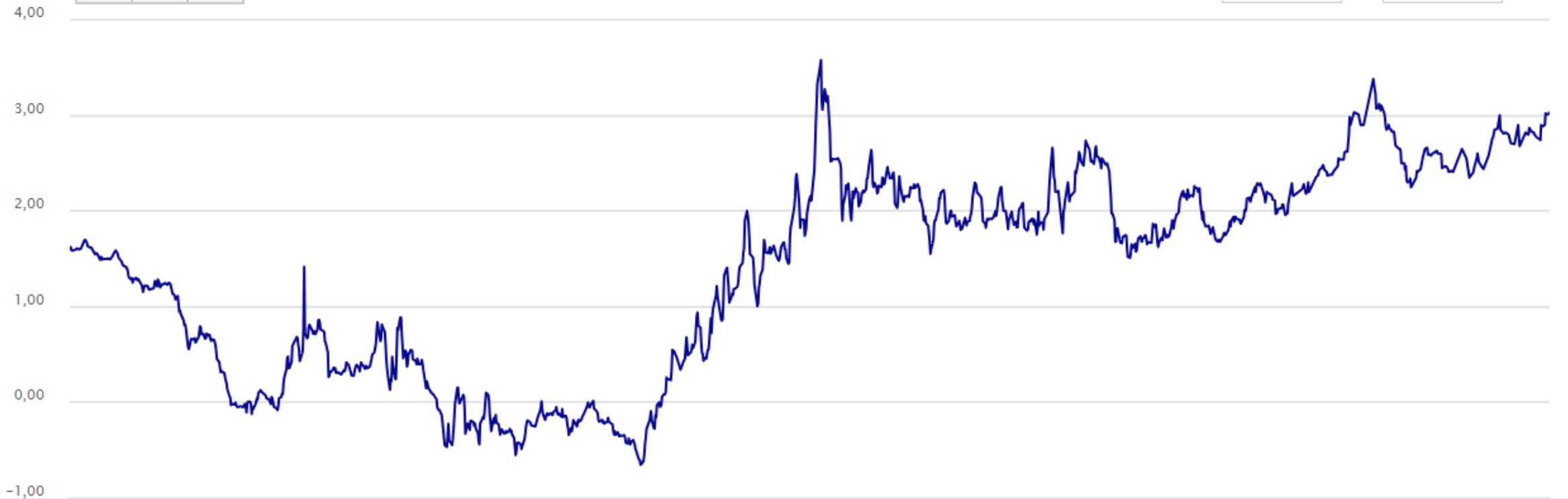
Resumen Clase Anterior

Tasas de interés mercado secundario, bonos, en UF (porcentaje)



6m 1A Todo

De: 01-Ene-2019 A: 28-Jun-2024



Resumen Clase Anterior



Sel.	Serie	023	24.Feb.2023	27.Feb.2023	28.Feb.2023	01.Mar.2023	02.Mar.2023	03.Mar.2023	06.Mar.2023	07.Mar.2023	08.Mar.2023
☐	Bonos en UF a 1 año (BCU, BTU)										
☐	Bonos en UF a 2 años (BCU, BTU)										
☐	Bonos en UF a 5 años (BCU, BTU)										
☐	Bonos en UF a 10 años (BCU, BTU)	2,15	2,16	2,17	2,15	2,17	2,26	2,24	2,24	2,20	
☐	Bonos en UF a 20 años (BCU, BTU)		2,14	2,15	2,11	2,19	2,22			2,21	
☒	Bonos en UF a 30 años (BCU, BTU)	2,14		2,12	2,09	2,16		2,16	2,19	2,21	

Si queremos conocer la Tasa Libre de Riesgo del mes (por ejemplo, para febrero de 2023), se promedian los valores a lo largo de dicho mes. De esta forma tenemos la TLR de marzo de 2023 con una tasa de UF + 2,127% (tasa real).

Resumen Clase Anterior

International Conference on Data Science 2023

A Comparison of Methods for Time Series Cross-Validation

Brian Vergara Bravo, Alba Martínez Ruiz, Pablo Lemus Henriquez

Universidad Diego Portales, Chile

This research aims to compare and evaluate four procedures for time series cross-validation: splitting, growing and sliding window approach, and the nested forward-chaining system. These methods mainly attempt to preserve the temporal structure of the data, which is affected by resampling. However, there is little evidence about which approach is more appropriate given the nature of the data. We implemented the procedures to validate a feedforward multilayer neural network and a support vector machine. These supervised learning models are trained to predict the IPSA (índice de precios selectivo de acciones) financial series and components. Predictive performance is reported in terms of mean square error and mean absolute percentage error.

Keywords: Neural network, Support vector machine, Cross-validation, Financial time series



En el caso de no tener como dato la PRM, podemos calcular la esperanza de la rentabilidad del mercado, utilizando proyecciones del IPSA.

$$PRM = E(r_m) - r_f$$

Resumen Clase Anterior

IPSA

Índice de Precios Selectivo de Acciones, mide las variaciones de precios de 30 sociedades con mayor presencia bursátil en la Bolsa de Comercio de Santiago. La selección de sociedades se efectúa trimestralmente en los meses de marzo, junio, septiembre y diciembre de cada año.

Ejemplos de sociedades que forman parte del IPSA: CMPC, Colbún, Enel, Quiñenco, SQM, CAP, Latam, Cencosud.

Resumen Clase Anterior

Pablo Fernández, Diego García and Lucía F. Acín
IESE Business School

Market Risk Premium and Risk-Free Rate used for
96 countries in 2024

Survey: Market Risk Premium and Risk-Free Rate used for 96 countries in 2024

Pablo Fernández, Professor of Finance, IESE Business School, fernandezp@iese.edu
Diego García de la Garza, Research assistant, IESE, DGarciaD@iese.edu
Lucía Fernández Acín, Independent researcher, lfernandezacin@gmail.com

ABSTRACT

This paper contains the statistics of a survey about the Risk-Free Rate (**R_f**) and the Market Risk Premium (**MRP**) used in 2024 for **96 countries**. We got answers for 104 countries, but we only report the results for 96 countries with more than 6 answers.

The paper also contains the links to previous years surveys, from 2008 to 2023.

1. Market Risk Premium (MRP), Risk Free Rate (R_f) and Km [R_f + MRP] used in 2024 in 96 countries
 2. Changes from 2015 to 2018, 2019, 2020, 2021, 2022 and 2023
 3. Previous surveys
 4. Expected and Required Equity Premium: different concepts
 5. Conclusion
- Exhibit 1. Mail sent in February 2024.
Exhibit 2. Some comments and webs recommended by respondents.

JEL Classification: G12, G31, M21

Keywords: equity premium; required equity premium; expected equity premium; risk-free rate

March 11, 2024

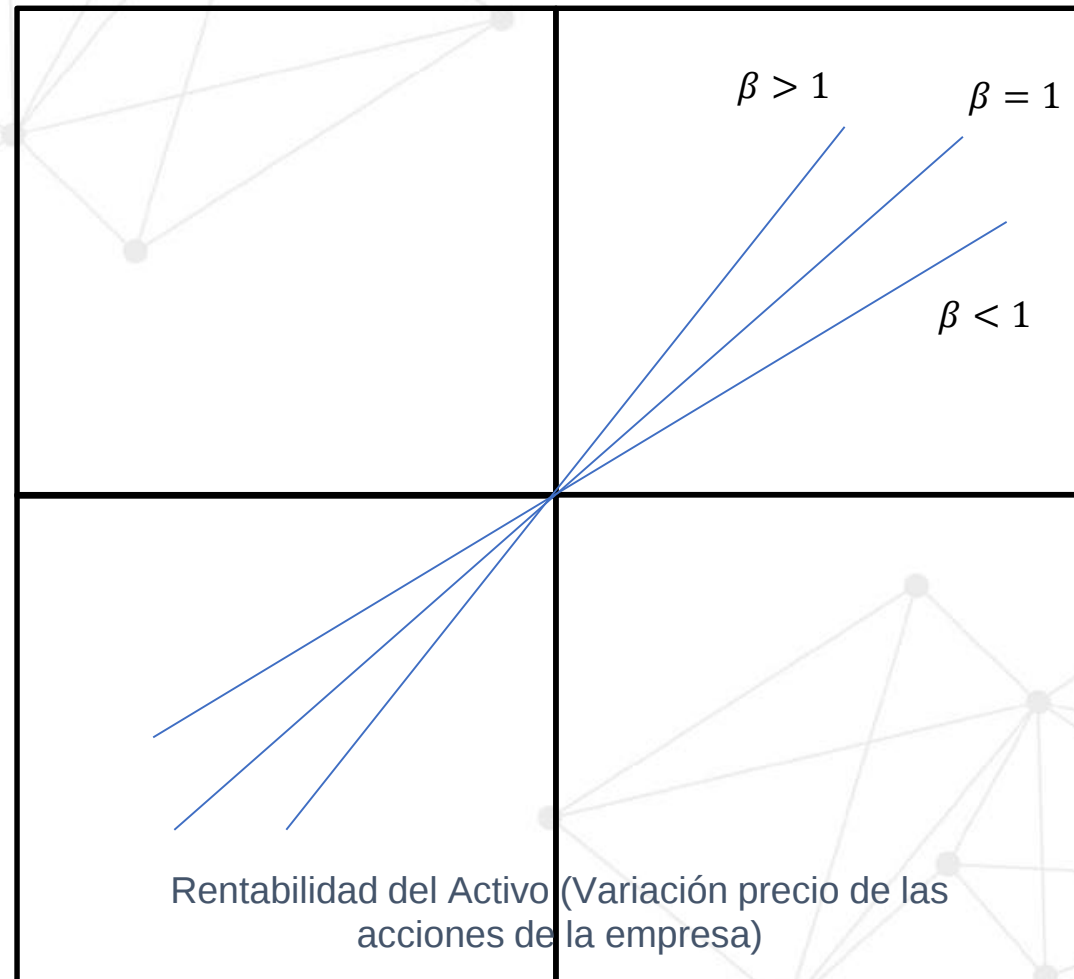
xPpLmmlsj

Table 2. Market Risk Premium (MRP) used for 96 countries in 2024

MRP	Number of Answers	Average	Median	MAX	min
USA	1287	5,5%	5,5%	16,0%	3,0%
Spain 2024	413	6,4%	6,0%	15,0%	3,0%
AbuDhabi	6	6,0%	6,3%	6,5%	5,1%
Andorra	6	8,2%	8,7%	8,9%	7,0%
Argentina	13	21,3%	21,1%	26,7%	13,0%
Australia	34	5,5%	5,4%	10,0%	2,0%
Austria	56	5,9%	5,9%	10,2%	3,0%
Bangladesh	6	11,6%	11,6%	12,9%	10,6%
Barbados	6	16,3%	17,1%	18,2%	13,4%
Belgium	68	5,7%	5,5%	8,0%	3,0%
Bolivia	8	15,1%	14,8%	17,9%	13,0%
Bosnia	21	7,9%	6,0%	16,6%	3,0%
Brazil	56	7,6%	8,3%	11,1%	3,5%
Bulgaria	11	6,8%	7,3%	8,3%	3,0%
Canada	60	5,2%	5,5%	7,5%	0,5%
Chile	21	6,3%	6,3%	7,4%	5,2%
China	36	6,6%	6,0%	13,0%	2,0%
Colombia	19	7,4%	7,4%	9,2%	4,6%
Costa Rica	10	12,2%	12,9%	14,7%	8,8%
Croatia	22	6,2%	6,0%	9,0%	3,0%
Cyprus	7	7,8%	7,4%	9,0%	7,0%

Resumen Clase Anterior

A mayor beta, mayor es la variación de la rentabilidad esperada del activo con respecto al mercado. Lo anterior implica mayor riesgo.



Resumen Clase Anterior

Investing.com

S&P CLX IPSA 6.508,82 -30,53 (-0,47%)

Datos históricos del S&P CLX IPSA ⓘ

Plazo: [Descargar](#) 13.10.2024 - 12.11.2024

Fecha ↕	Último ↕	Apertura ↕	Máximo ↕	Mínimo ↕	Vol. ↕	% var. ↕
11.11.2024	6.508,82	6.539,35	6.556,41	6.500,97	0,00K	-0.47%
10.11.2024	6.539,35	6.519,72	6.563,58	6.519,72		+0.30%
07.11.2024	6.519,72	6.561,83	6.563,23	6.498,48		-0.64%
06.11.2024	6.561,83	6.579,65	6.620,10	6.550,57		-0.27%
05.11.2024	6.579,65	6.525,38	6.586,70	6.469,32		+0.83%
04.11.2024	6.525,38	6.629,96	6.644,20	6.524,21		-1.58%
03.11.2024	6.629,96	6.550,32	6.649,37	6.537,89		+1.22%

Investing.com

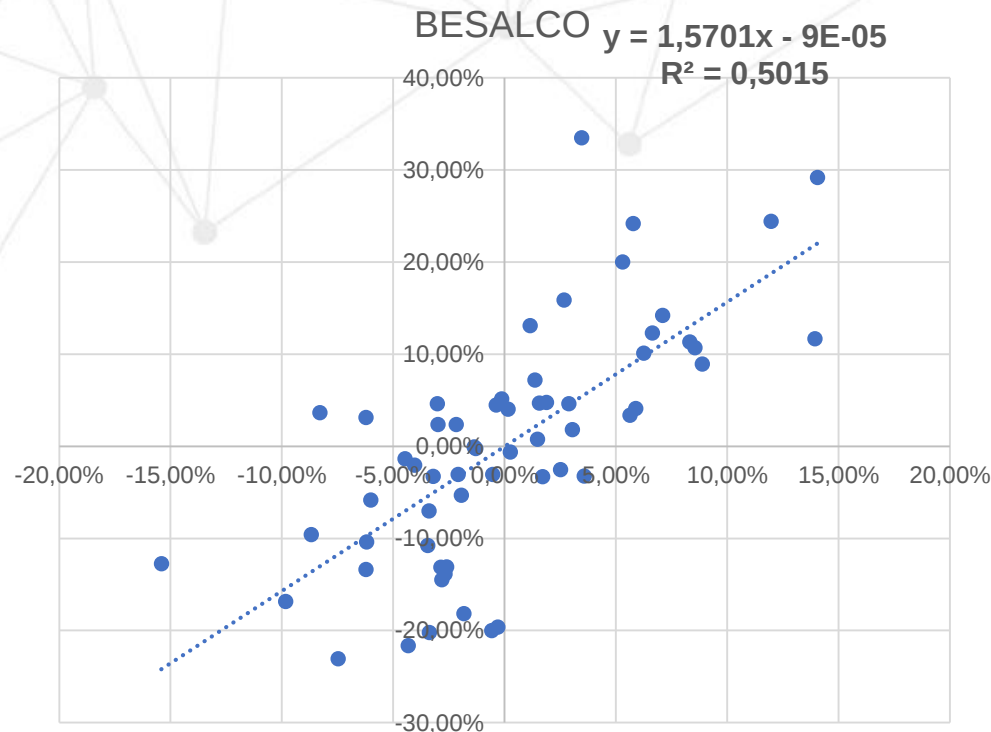
Besalco Sa 579,97 +4,90 (+0,85%)

Datos históricos de Besalco Sa (BESALCO) ⓘ

Plazo: [Descargar](#) 13.10.2024 - 12.11.2024

Fecha ↕	Último ↕	Apertura ↕	Máximo ↕	Mínimo ↕	Vol. ↕	% var. ↕
11.11.2024	579,97	580,00	580,00	578,00	1,91M	+0.85%
10.11.2024	575,07	590,00	590,00	590,00	9,01K	0.00%
07.11.2024	575,07	575,00	580,00	564,00	3,52M	+0.55%
06.11.2024	571,95	564,08	578,25	564,08	144,08K	-1.01%
05.11.2024	577,79	577,79	577,79	577,79	0,03K	0.00%
04.11.2024	577,79	577,79	577,79	577,79		0.00%
03.11.2024	577,79	578,00	578,00	578,00	87,51K	-0.11%

Resumen Clase Anterior



$$\beta_i = \frac{Cov(R_i, R_m)}{Var(R_m)}$$

	IPSA	BESALCO
Rentabilidad Esperada	0,09%	0,14%
Volatilidad	5,69%	12,61%
Coefficiente de variacion	1,66%	1,10%
Varianza	0,32%	1,59%
Covarianza		0,51%
Beta		1,5701

$$\beta_i = \frac{0,5081}{0,3236} = 1,5701$$

Resumen Clase Anterior

De esta forma, ya tenemos todas las variables para el cálculo de la tasa de descuento sobre el capital:

$$CAPM = E(r_i) = 2,127\% + 1,5701 \cdot (6,3\%) = 12,02\%$$

Pero lo anterior sólo sirve si yo puedo calcular el beta, y este puede ser calculado directamente en base al rendimiento del precio de las acciones de la empresa analizada vs las variaciones del IPSA.

Empresas constructoras / inmobiliarias que cotizan en la Bolsa de Comercio de Santiago: Besalco, Echeverría Izquierdo, Moller & Pérez-Cotapos, Ingevec, Salfacorp, Paz y Socovesa.

Ajustes a la Tasa de Descuento (CAPM y WACC)

$$WACC = \left(\frac{P}{D + P} \cdot r_e \right) + \left(\frac{D}{D + P} \cdot r_d \cdot (1 - T) \right)$$

$$CAPM = r_e = r_f + \beta \cdot (E(r_m) - r_f)$$

Donde:

r_f : Tasa libre de riesgo.

β : Beta del activo.

$E(r_m)$: Esperanza del retorno del mercado.

P : Equity o patrimonio de la empresa.

D : Deuda financiera contraída.

r_d : Costo de la deuda.

T : Tasa impositiva.

$WACC$: Costo Promedio Ponderado del Capital.

r_e : Rentabilidad esperada del capital propio utilizando CAPM.

Para mayor precisión al r_e se le incluye una prima por tamaño de la empresa, llamada Size Premium.

Beta de Riesgo

Entonces ¿Cómo puedo calcular el beta de las empresas que no cotizan en la Bolsa de Comercio de Santiago?

Para lo anterior, se deben desarrollar una serie de pasos adicionales.

1. Calcular betas de empresas parecidas a la empresa analizada (rubro, tamaño, etc.).
2. Desapalancar los betas en base a los estados financieros de cada una de estas empresas.
3. Promediar estos betas desapalancados.
4. Apalancar el beta promedio obtenido en el paso 3, en base a los estados financieros de la empresa analizada.

Beta de Riesgo

1. Calcular betas de empresas parecidas a la empresa analizada (rubro, tamaño, etc.).

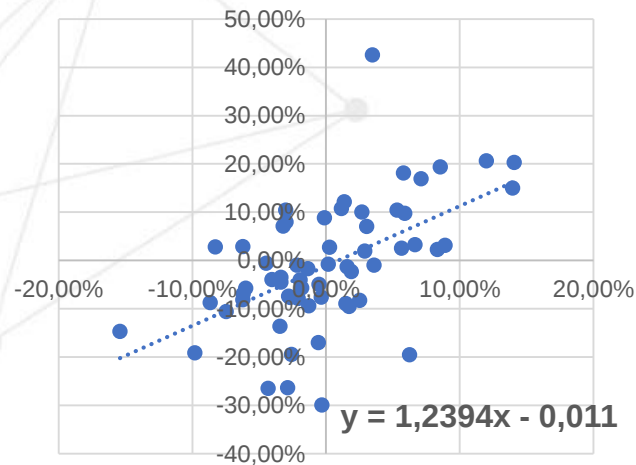
β Socovesa: 1,2394

β Paz: 1,4667

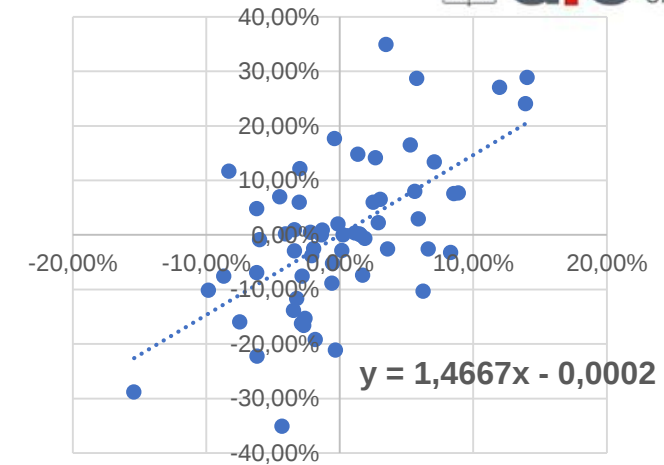
β Salfa: 1,553

β Besalco: 1,5701

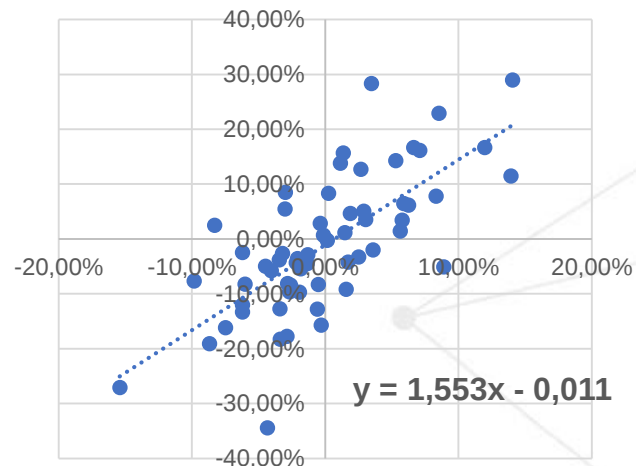
SOCOYESA



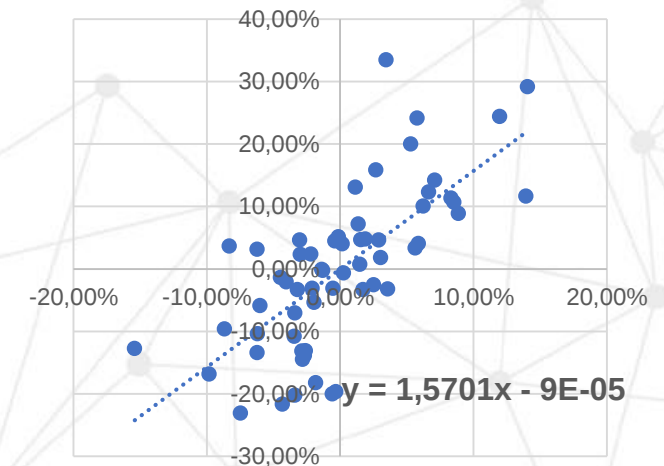
PAZ



SALFA



BESALCO



Beta de Riesgo

2. Desapalancar los betas en base a los estados financieros de cada una de estas empresas.

Dentro de los EEFF, nos importan las variables: Efectivo y Equivalente en Efectivo, Patrimonio Neto y Pasivo Corriente:

Estados de Situación Financiera Consolidados

Al 31 de diciembre de 2023 y 31 de diciembre de 2022

ACTIVOS	31/12/2023 M\$	31/12/2022 M\$
Activos Corrientes		
Efectivo y Equivalentes al Efectivo	85.543.277	98.460.636
Otros Activos Financieros, Corrientes	200.238	1.372.778
Otros Activos No Financieros, Corrientes	2.786.906	2.153.630
Deudores Comerciales y Otras Cuentas por Cobrar, Corrientes	262.438.675	256.129.247
Cuentas por Cobrar a Entidades Relacionadas, Corrientes	52.608.304	26.317.329
Inventarios, Corrientes	189.280.576	163.021.621
Activos por Impuestos, Corrientes	31.440.207	29.371.848
Activos No Corrientes Mantenedos para la Venta	2.267.526	7.387.450
Total Activos Corrientes	626.565.709	584.214.539

Beta de Riesgo

ACTIVOS	31/12/2023 M\$	31/12/2022 M\$
Activos Corrientes		
Efectivo y Equivalentes al Efectivo	85.543.277	98.460.636
Otros Activos Financieros, Corrientes	200.238	1.372.778
Otros Activos No Financieros, Corrientes	2.786.906	2.153.630
Deudores Comerciales y Otras Cuentas por Cobrar, Corrientes	262.438.675	256.129.247
Cuentas por Cobrar a Entidades Relacionadas, Corrientes	52.608.304	26.317.329
Inventarios, Corrientes	189.280.576	163.021.621
Activos por Impuestos, Corrientes	31.440.207	29.371.848
Activos No Corrientes Mantenidos para la Venta	2.267.526	7.387.450
Total Activos Corrientes	626.565.709	584.214.539

PASIVOS Y PATRIMONIO NETO	31/12/2023 M\$	31/12/2022 M\$
Pasivos Corrientes		
Otros Pasivos Financieros, Corrientes	161.266.605	148.920.387
Cuentas por Pagar Comerciales y Otras Cuentas por Pagar, Corrientes	191.482.092	129.206.236
Cuentas por Pagar a Entidades Relacionadas, Corrientes	36.388.501	35.429.104
Otras Provisiones, Corrientes	1.393.551	1.525.207
Pasivos por Impuestos, Corrientes	20.717.150	26.619.975
Provisión Corriente por Beneficios a los Empleados	18.479.215	15.630.651
Otros Pasivos No Financieros, Corrientes	71.290.584	122.161.416
Total Pasivos Corrientes	501.017.698	479.492.976
Patrimonio		
Capital Emitido	59.047.773	59.047.773
Prima de Emisión	9.867.228	9.867.228
Otras Reservas	20.079.175	21.607.923
Ganancias Acumuladas	194.008.801	163.115.714
Patrimonio Neto Atribuible a los Propietarios de la Controladora	283.002.977	253.638.638
Participaciones No Controladoras	12.708.826	11.289.711
Total Patrimonio	295.711.803	264.928.349
Total Patrimonio y Pasivos	1.081.776.732	1.030.235.577

Beta de Riesgo

Balance de Besalco:

Efectivos y Equivalentes al Efectivo: CLP 98.461 MM.

Total Pasivo Corriente: CLP 479.493 MM.

Patrimonio Neto: CLP 264.928 MM.

Proporción Deuda / Patrimonio:

$$\frac{D}{P} = \frac{CLP\ 479.493\ MM - CLP\ 98.461\ MM}{CLP\ 264.928\ MM} = 1,44$$

Beta de Riesgo

Lo anterior se puede hacer para balances de varios años. En el caso de **Besalco**:

Año	D/P
2019	1,04
2020	1,14
2021	1,62
2022	1,44
Promedio	1,31

Beta de Riesgo

Finalmente, estos promedios de proporción Deuda - Patrimonio se obtienen para las diferentes empresas a las que se les calculó el Beta de Riesgo.

Empresa	D/P Promedio
Socovesa	1,27
Paz	0,80
Salfacorp	0,66
Besalco	1,31

Beta de Riesgo

Esto se hace, para poder utilizar la fórmula de Beta Apalancado y Desapalancado.

$$\beta_L = \beta_U \cdot \left(1 + (1 - T) \left(\frac{D}{P} \right) \right)$$

$$\beta_U = \frac{\beta_L}{1 + (1 - T) \left(\frac{D}{P} \right)}$$

β_U : Beta desapalancado (Unlevered Beta).

β_L : Beta apalancado (Levered Beta)

T: Tasa impositiva.

D: Deuda

P: Patrimonio (Equity)

Beta de Riesgo

Esto se hace, para poder utilizar la fórmula de Beta Apalancado y Desapalancado.

Empresa	D/P Promedio	Beta Apalancado	Beta Desapalancado
Socovesa	1,27	1,2394	0,64
Paz	0,80	1,4667	0,93
Salfacorp	0,66	1,5530	0,55
Besalco	1,31	1,5701	0,80

$$\beta_U = \frac{\beta_L}{1 + (1 - T) \left(\frac{D}{P} \right)}$$

$$\beta_U = \frac{1,5701}{1 + (1 - 0,27)(1,31)} = 0,80$$

Beta de Riesgo

3. Promediar estos betas desapalancados.

Empresa	D/P Promedio	Beta Apalancado	Beta Desapalancado
Socovesa	1,27	1,2394	0,64
Paz	0,80	1,4667	0,93
Salfacorp	0,66	1,5530	0,55
Besalco	1,31	1,5701	0,80
Promedio			0,73

Podríamos afirmar que el objetivo sería obtener el beta promedio de la industria, aunque en realidad, sólo se consideran los betas de empresas de similares características, con tamaño parecido a la que se quiere analizar, vinculada al mismo rubro, etc.

Beta de Riesgo

4. Apalancar el beta promedio obtenido en el paso 3, en base a los estados financieros de la empresa analizada.

La empresa que no cotiza en la Bolsa de Comercio de Santiago tendrá cierta proporción Deuda - Patrimonio, entonces podemos aplicar directamente:

$$\beta_L = \beta_U \cdot \left(1 + (1 - T) \left(\frac{D}{P} \right) \right)$$

De esta forma, tendremos el Beta de Riesgo de la empresa.

WACC

WACC: Los proyectos se financian tanto con el capital propio de los aportantes de una empresa (por ejemplo, accionistas en una Sociedad Anónima), pero también con deuda.

Luego, el capital propio (Patrimonio o Equity) tiene un costo al ser utilizado en un proyecto. Este costo, es el Costo de Oportunidad que, además, debe tomar en cuenta el riesgo asociado (lo visto en CAPM).

Por otra parte, la deuda también tiene un costo, asociado al interés pagado al acreedor.

De esta forma, para calcular la tasa de descuento más apropiada, para descontar los flujos de un FDC, uno debe considerar ambos costos, pero de manera proporcional

WACC

$$WACC = \left(\frac{P}{D + P} \cdot r_e \right) + \left(\frac{D}{D + P} \cdot r_d \cdot (1 - T) \right)$$

$$CAPM = r_e = r_f + \beta \cdot (E(r_m) - r_f)$$

Donde:

r_f : Tasa libre de riesgo.

β : Beta del activo.

$E(r_m)$: Esperanza del retorno del mercado.

P : Equity o patrimonio de la empresa.

D : Deuda financiera contraída.

r_d : Costo de la deuda.

T : Tasa impositiva.

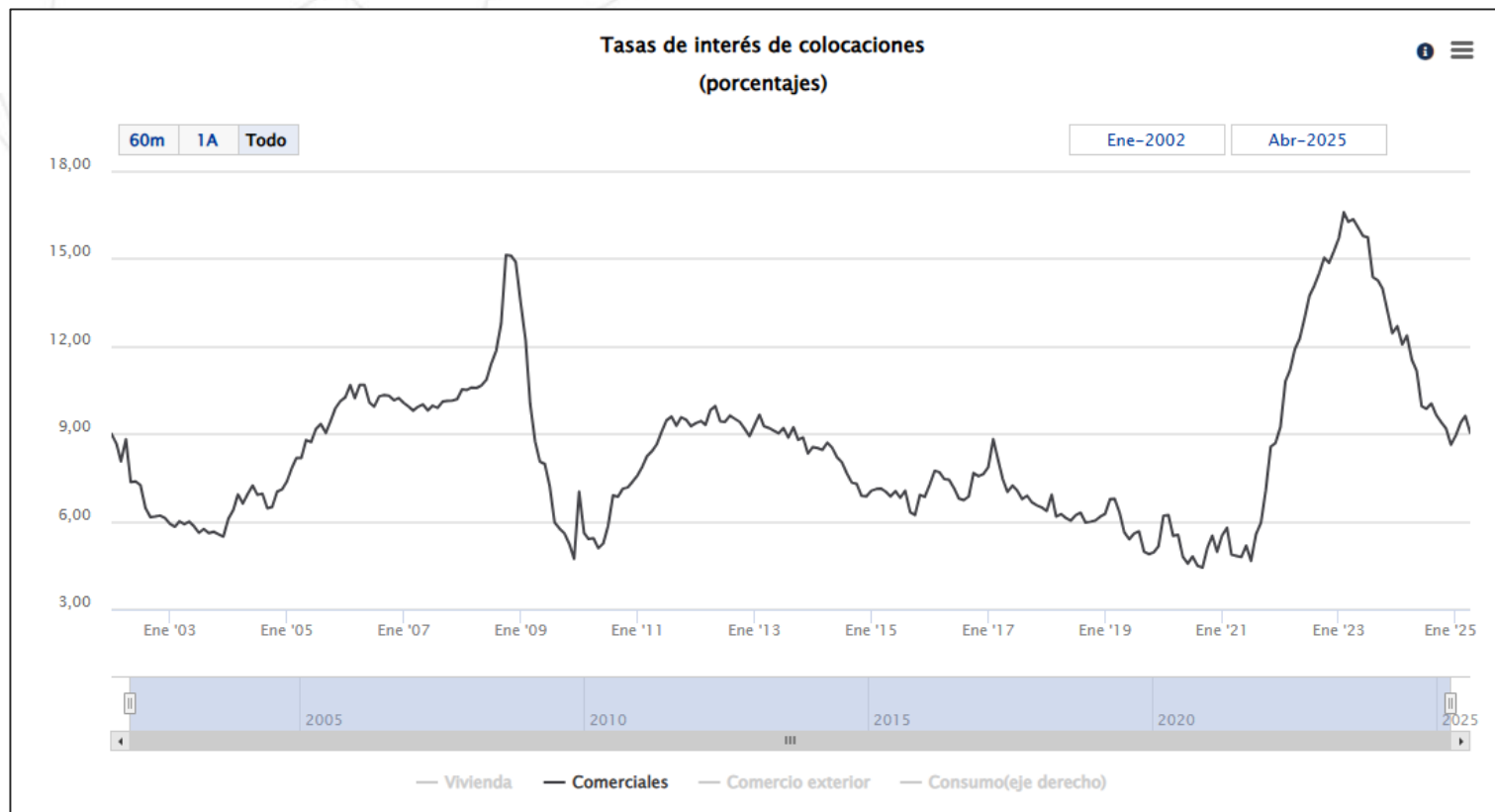
$WACC$: Costo Promedio Ponderado del Capital.

r_e : Rentabilidad esperada del capital propio utilizando CAPM.

Para mayor precisión al r_e se le incluye una prima por tamaño de la empresa, llamada Size Premium.

WACC

r_d : Costo de la Deuda, que puede ser definida como la Tasa de Interés Bancario.



WACC

Para mayor precisión en el cálculo de la tasa de descuento, considerar Size Premium

Ibbotson Atual (in millions US\$)			
Decile	Smallest Comp.	Largest Comp.	Size Premium
Mid - Cap (3-5)	2.552,441	10.105,622	1,07%
Low - Cap (6-8)	549,056	2.542,913	1,80%
Micro - Cap (9-10)	3,037	548,839	3,74%
Breakdown of Deciles 1- 10			
1 - Largest	24.428,848	591.015,721	-0,36%
2	10.170,746	24.272,837	0,63%
3	5.864,266	10.105,622	0,91%
4	3.724,624	5.844,592	1,06%
5	2.552,441	3.724,186	1,60%
6	1.688,895	2.542,913	1,74%
7	1.011,278	1.686,860	1,71%
8	549,056	1.010,634	2,15%
9	300,752	548,839	2,69%
10 -Smallest	3,037	300,725	5,78%
Breakout of 10th decile			
10a	211,63	363,48	3,99%
10b	1,92	211,59	9,73%
Fonte: Ibbotson Premia Over time Report			
Valuation Handbook: Guide to Cost of Capital 2015			
Roger J. Grabowski, James P. Harrington, Carla Nunes, Duff & Phelps			

Ajustado para Chile			
Adjusted Duff and Phelps (in millions US\$)			
Decile	Smallest Comp.	Largest Comp.	Size Premium
Mid - Cap (3-5)	28,2517	111,8543	1,07%
Low - Cap (6-8)	6,0772	28,1463	1,80%
Micro - Cap (9-10)	0,0336	6,0748	3,74%
Breakdown of Deciles 1- 10			
1 - Largest	270,3912	6.541,6691	-0,36%
2	112,5751	268,6644	0,63%
3	64,9087	111,8543	0,91%
4	41,2261	64,6910	1,06%
5	28,2517	41,2212	1,60%
6	18,6936	28,1463	1,74%
7	11,1934	18,6710	1,71%
8	6,0772	11,1862	2,15%
9	3,3289	6,0748	2,69%
10 -Smallest	0,0336	3,3286	5,78%
Breakout of 10th decile			
10a	2,3424	4,0232	3,99%
10b	0,0213	2,3420	9,73%

Ajuste se hace, ponderando la proporción PIB EEUU vs PIB Chile, con los rangos de cada uno de los deciles.



dic INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD DE CHILE



SECCIÓN INGENIERÍA CIVIL