

# UCUENCA

Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas

Carrera de Administración de Empresas

Estimación de la tasa de descuento WACC para el sector eléctrico en Ecuador.

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Licenciada en Administración de Empresas.

Autoras:

Angie Lizbeth Herrera Herrera

CI: 0706461167

Correo electrónico: angie\_99hh@hotmail.com

Nancy del Rocío Quito Cambisaca

CI: 0107181802

Correo electrónico: nancy.quito23@gmail.com

Tutor:

Ing. Freddy Benjamín Naula Sigua

CI: 0104124813

**Cuenca, Ecuador**

19-septiembre-2022

## Resumen:

El presente trabajo estima el costo de capital promedio ponderado (WACC) para el sector eléctrico del Ecuador. Con este fin se recurre a la información disponible de empresas que se dedican a la generación y/o distribución de energía eléctrica a nivel de Latinoamérica, estas empresas sirven como comparables al caso ecuatoriano debido a que en el Ecuador no existen empresas del sector eléctrico que coticen en bolsa, y aun cuando lo hubiera, el mercado accionario ecuatoriano no es lo suficientemente líquido. De tal forma, se utilizaron 35 empresas de mercados accionarios latinoamericanos con mayor capitalización bursátil. Así, este trabajo se sustenta en el modelo CAPM para el cálculo del costo patrimonial, así como en los fundamentos de Modigliani y Miller para el cálculo del WACC. Posteriormente, se obtiene como principal resultado que el costo de capital promedio ponderado para el sector eléctrico del Ecuador es de 9,67%, lo cual está en línea con los WACC de la Agencia internacional de Energía. En tanto, la tasa estimada podría ser útil como dato de referencia para posibles concesiones, privatizaciones o para inversiones en el sector. Cabe mencionar que la metodología propuesta para la estimación del WACC aún no ha sido realizada a nivel del país.

**Palabras claves:** WACC. Estructura de capital. Modelo CAPM. Sector eléctrico. Ecuador.

## **Abstract:**

This paper estimates the weighted average cost of capital (WACC) for the electricity sector in Ecuador. For this purpose, available information on companies engaged in the generation and/or distribution of electric power in Latin America is used. These companies serve as comparables to the Ecuadorian case because there are no publicly traded companies in the electric power sector in Ecuador, and even if there were, the Ecuadorian stock market is not sufficiently liquid. Thus, 35 companies from Latin American stock markets with the highest market capitalization were used. Thus, this work is based on the CAPM model for the calculation of the cost of equity, as well as on the fundamentals of Modigliani and Miller for the calculation of the WACC. Subsequently, the main result obtained is that the weighted average cost of capital for the electricity sector in Ecuador is 9.67%, which is in line with the WACC of the International Energy Agency. Therefore, the estimated rate could be useful as reference data for possible concessions, privatizations or investments in the sector. It is worth mentioning that the proposed methodology for estimating the WACC has not yet been carried out at the country level.

**Keywords:** WACC. Capital structure. CAPM model. Electricity sector. Ecuador.

## Índice

### Índice de Contenido

|       |   |    |
|-------|---|----|
| I.    | INTRODUCCIÓN .....                                      | 10 |
| II.   | REVISIÓN LITERARIA .....                                | 12 |
|       | a) Marco Teórico.....                                   | 12 |
|       | Valoración de las Empresas .....                        | 12 |
|       | Estructura del Costo de Capital .....                   | 13 |
|       | Modelo de Valoración de Activos financieros (CAPM)..... | 13 |
|       | Estimación de Beta.....                                 | 14 |
|       | Modelo de regresión lineal.....                         | 15 |
|       | b) Estado del Arte .....                                | 17 |
|       | Costo de capital promedio ponderado (WACC).....         | 17 |
|       | WACC del Sector Eléctrico .....                         | 18 |
|       | Componentes del WACC.....                               | 18 |
|       | Costo de la Deuda .....                                 | 18 |
|       | Costo de Capital o de los Recursos Propios.....         | 19 |
|       | Modelo de valoración de activos financieros (CAPM)..... | 19 |
|       | CAPM en países emergentes .....                         | 20 |
| III.  | METODOLOGÍA.....  | 22 |
| IV.   | ESTRATEGIA EMPÍRICA .....                               | 23 |
| V.    | DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....                            | 26 |
| VI.   | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....                     | 31 |
| VII.  | BIBLIOGRAFÍA.....                                       | 32 |
| VIII. | ANEXOS .....  | 37 |

### Índice de Tablas

|                |  |    |
|----------------|--|----|
| <b>Tabla 1</b> | Clasificación de los métodos de valoración .....   | 12 |
| <b>Tabla 2</b> | Países, bolsas de valores e índices .....  | 23 |
| <b>Tabla 3</b> | Betas apalancados de los fondos propios de las empresas representativas ( $\beta_p$ )..... | 26 |
| <b>Tabla 4</b> | Betas de la deuda de las empresas representativas ( $\beta_b$ ) .....                      | 27 |

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabla 5</b> Betas desapalancados de los fondos propios de empresas representativas ( $\beta_{pSD}$ ) b ..... | 29 |
| <b>Tabla 6</b> Costo de los fondos propios y costo de la deuda para el caso ecuatoriano. ....                   | 30 |
| <b>Tabla 7</b> Tasa de descuento nominal y real .....   | 30 |

## Índice de Anexos

|   |    |
|---|----|
| <b>Anexo 1</b> Empresas seleccionadas.....  | 37 |
| <b>Anexo 2</b> Estructura de capital ( $R_i$ ) .....                                | 38 |
| <b>Anexo 3</b> Tasa libre de riesgo de cada país ( $R_f$ ).....                     | 39 |
| <b>Anexo 4</b> Costo de la deuda ( $K_b$ ) .....                                    | 40 |
| <b>Anexo 5</b> Tasas impositivas del ejercicio fiscal 2021 .....                    | 41 |
| <b>Anexo 6</b> Componentes para determinar los betas de la deuda ( $\beta_b$ )..... | 42 |

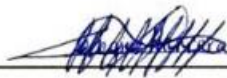
## Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

---

Angie Lizbeth Herrera Herrera en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Estimación de la tasa de descuento WACC para el sector eléctrico en Ecuador", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 19 de septiembre de 2022.



---

Angie Lizbeth Herrera Herrera

C.I: 0706461167

## Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

---

Nancy del Rocío Quito Cambisaca en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Estimación de la tasa de descuento WACC para el sector eléctrico en Ecuador", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 19 de septiembre de 2022.



---

Nancy del Rocío Quito Cambisaca

C.I: 0107181802

## Cláusula de Propiedad Intelectual

---

Angie Lizbeth Herrera Herrera, autora del trabajo de titulación "Estimación de la tasa de descuento WACC para el sector eléctrico en Ecuador", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 19 de septiembre de 2022.



---

Angie Lizbeth Herrera Herrera

C.I: 0706461167



## Cláusula de Propiedad Intelectual

---

Nancy del Rocío Quito Cambisaca, autora del trabajo de titulación “Estimación de la tasa de descuento WACC para el sector eléctrico en Ecuador”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 19 de septiembre de 2022.



---

Nancy del Rocío Quito Cambisaca

C.I: 0107181802

## I. INTRODUCCIÓN

Dentro de la economía mundial, el sector eléctrico es un impulsor fundamental del desarrollo, debido a que promueve el crecimiento del aparato productivo e impulsa la innovación y nuevas industrias, que son los motores de la creación de empleo y del crecimiento para economías enteras (Banco Mundial, 2018). Del mismo modo, en Ecuador, la “generación, captación y distribución de energía eléctrica” es uno de los sectores clave para el país (BCE, 2020), dado que contribuye al progreso, al abastecer de energía a la población para el funcionamiento de sectores clave de la economía. Así, este sector está conformado por empresas generadoras, autogeneradoras, transmisoras, distribuidoras y operadoras de energía eléctrica del país (INEC, 2021). Sin embargo, su desarrollo no siempre ha sido adecuado, así, a finales del siglo XX la matriz energética ecuatoriana estuvo basada principalmente por: petróleo crudo (50%), leña (44%), gas natural (4%) e hidroenergía (2%), fuentes que en su mayoría son recursos no renovables (Ochoa, 2015). Ante esta situación, el gobierno de Rafael Correa planteó un “cambio de matriz energética”, que se expresó en el Plan Nacional para el Buen Vivir 2009 – 2013 (SENPLADES, 2009), el cual tuvo como base crear energía a través de fuentes renovables.

En línea con lo anterior, para la implementación de la soberanía energética (Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, 2020), se planteó la creación de varios programas y proyectos (Vera et al., 2019), entre los que se encuentran los parques eólicos, la utilización de biocombustible, como el aceite de piñón y el proyecto más representativo, las centrales hidroeléctricas. Así, con la puesta en marcha de estas centrales, se duplicó la capacidad instalada del país, teniendo un total de producción de 27.659 GWh para el año 2021, lo cual era conveniente ya que dado el crecimiento de la economía y a su vez de la demanda energética, se hizo indispensable cubrirla de manera efectiva y continua (Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables, 2021). De tal forma, tras abastecer la demanda interna, se exportaron los excedentes de energía eléctrica: 522,87 GWh a Colombia (479,44 GWh) y a Perú (43,43 GWh), registrándose ingresos de alrededor de USD 15 millones en 2021 (MERNNR, 2022).

De manera que, actualmente se cuenta con una capacidad suficiente para abastecer sin problemas a la demanda. Sin embargo, en años posteriores probablemente no sea así debido al crecimiento poblacional (Coba, 2021). Dada esta situación, el gobierno actual contempla un plan de expansión de generación eléctrica que para llevarse a cabo requiere de la participación del sector privado con el fin de incrementar la producción del petróleo, minería y una potencial privatización del sector eléctrico (SWI, 2021). De tal forma, se llevaría a cabo una Alianza Público-

Privada, donde los inversionistas deben cumplir con las características de participación privadas adecuadas con respecto a financiación y gestión, transferencia de riesgos y relación de contratos a largo plazo (Serrano, 2021). Ante ello, se emitió el decreto ejecutivo 238 que busca garantizar el incremento de la capacidad instalada y satisfacer la demanda prevista en el Plan Maestro de Electricidad, así como el óptimo desarrollo de este servicio (MERNNR, 2021).

De modo que, considerando una posible privatización del sector ante la búsqueda de inversión, hace necesario plantearse la interrogante de cuál debería ser la tasa de descuento que permita determinar una valoración justa que se deba conceder a una inversión privada en el sector eléctrico. Esto último, dado que en el Ecuador no existe una tasa de descuento para este sector desde el punto de vista privado. El cálculo de la tasa WACC (del inglés Weighted Average Cost of Capital) es importante en el sentido de que los inversionistas privados requieren evaluar y gestionar sus inversiones, para medir el coste de oportunidad de los fondos y recursos a invertir en determinado proyecto (Herrera, 2008). Así, según Guevara (2017) es importante establecer una tasa que descuenta los flujos de caja futuros al momento de valorar un proyecto de inversión o una empresa. Además, permite conocer cuánto podría valer un proyecto de inversión encaminado a este sector de tal forma que no se perjudique al gobierno ni a la ciudadanía (Guevara, 2017).

Con base en lo anterior, para estimar el WACC se recopila información histórica de las cotizaciones bursátiles de las empresas del sector que pertenecen a una economía similar al caso ecuatoriano, así como su respectiva estructura de capital a través de la base de datos de S&P Capital IQ. Luego, mediante el modelo CAPM (Lintner, 1965; Mossin, 1966; Sharpe, 1964) se calcula el costo de los recursos propios, posteriormente el costo de la deuda y finalmente obtener la tasa de descuento WACC para el sector eléctrico ecuatoriano (Novoa et al., 2018).

En tanto, la información resultante de esta investigación permite aportar con evidencia empírica acerca de cuál sería el costo de capital para el sector eléctrico y que podría utilizarse como referencia para estudios académicos posteriores considerando que cada activo o proyecto debería ser evaluado a su propia tasa de retorno. Así, la tasa de descuento estimada resulta alinearse con el estudio de la Asociación de Energía Internacional, en el sentido de economías emergentes.

Finalmente, el presente artículo está conformado por una introducción del trabajo que se ha desarrollado, seguido de una amplia revisión literaria de varios autores en la que se encuentra el marco teórico y estado del arte, luego se presenta la metodología empleada, la estrategia empírica, los resultados de la investigación, las conclusiones a las que se ha llegado, recomendaciones y anexos.

## II. REVISIÓN LITERARIA

### a) Marco Teórico

#### Valoración de las Empresas

La creación de valor y riqueza para los accionistas es uno de los objetivos más importantes de las empresas (Largani et al., 2012). De tal manera existen varias metodologías para determinar el valor de las empresas; las cuales se clasifican por aquellas que se basan en el método contable hasta llegar a las de aplicación del descuento de los flujos de caja (Parra-Barrios, 2013). Por otra parte, Fernández (2008) realiza una clasificación más detallada en seis grupos como se observa en Tabla 1.

**Tabla 1** Clasificación de los métodos de valoración

| Principales Métodos de Valoración   |                       |                            |                         |                           |                      |
|-------------------------------------|-----------------------|----------------------------|-------------------------|---------------------------|----------------------|
| Balance                             | Cuenta de Resultados  | Mixtos (GOODWILL)          | Descuento de Flujos     | Creación de Valor         | Opciones             |
| Valor contable.                     | Múltiplos de:         | Clásico. Unión de expertos | Free cash flow.         | EVA. Beneficio económico. | Black y Scholes.     |
| Valor contable ajustado.            | Beneficio PER. Ventas | Contables europeos.        | Cash flow actions.      | Cash value added.         | Opción de invertir.  |
| Valor de liquidación.               | EBITDA. Otros         | Renta abreviada            | Dividends.              | CFROI.                    | Ampliar el proyecto. |
| Valor sustancial. Activo neto real. | múltiplos.            | Otros.                     | Capital cash flow. APV. |                           | Usos alternativos.   |

*Nota.* Elaboración a partir de Fernández (2008).

En este trabajo se hace un énfasis especial en el método de descuento de flujos, debido a que, muchas decisiones de inversión se evalúan utilizando el método de descuento de los flujos de fondos, porque constituye el único método de valoración conceptualmente correcto que permite estimar el valor actual neto asociado a la corriente de flujos de dinero futuros debidos, entre otros, a un proyecto, al resultado operativo de la empresa o al rendimiento de los activos (Fernández, 2008; Pereyra-Terra, 2008; Vergara-Novoa et al., 2018). Sin embargo, la estimación del valor de una empresa depende de la actualización de flujos futuros de dinero, donde se necesita de una tasa de descuento -que representa el coste de oportunidad del inversionista o rendimiento de su inversión-, misma que viene dada por la estructura de capital.

## Estructura del Costo de Capital

Una empresa obtiene capital de varias fuentes de financiación, las principales fuentes son los fondos propios y la deuda (Dennis Schlegel, 2015). La combinación de dichas fuentes de financiación se conoce como estructura de capital. De modo que, esta debe ser remunerada a un coste capital adecuado. Es así como, la teoría financiera propone calcular el coste global del capital como una media ponderada del coste de utilizar las diferentes fuentes de capital en relación con el porcentaje de uso de cada fuente, el cual se denomina coste promedio ponderado del capital (WACC). La tasa WACC es la tasa descuento mencionada anteriormente, y que sirve para la actualización de los flujos futuros, que en última instancia determinará el valor de la empresa.

De acuerdo con los estudios iniciales de Modigliani y Miller, y estudios recientes de (Diez, 2016; Murray Z & Tao, 2016; Vergara-Novoa et al., 2018), se utiliza la ecuación (1), para el cálculo del Costo de Capital Promedio Ponderado (WACC).

$$WACC = K_e * \frac{E}{D + E} + K_b * (1 - t_c) * \frac{D}{D + E} \quad (1)$$

En donde;  $E$ , es el valor del patrimonio (equity);  $D$ , es el valor de la deuda;  $D + E$ , es el valor total de la empresa;  $K_e$ , es el costo de capital de los fondos propios;  $K_b$ , es el costo de la deuda y  $t_c$  es la tasa impositiva (propia de cada país).

En línea con lo anterior, el costo de la deuda puede determinarse de manera más sencilla que el costo de los fondos propios, debido a que este costo viene dado, de ser el caso, por el interés bancario al que obtienen los fondos prestados o el rendimiento de la deuda negociada (los bonos) (Dennis Schlegel, 2015; Vergara-Novoa et al., 2018). Por otra parte, para determinar el costo de los fondos propios, existen algunos modelos como la teoría de precios de arbitraje (APT) de Ross (1976), el modelo de tres factores de Fama y French (1993) y el modelo de precios de capital derivado del mercado (MCPM) de McNulty et al. (2002) (Dennis Schlegel, 2015). Sin embargo, Molina A & Del Carpio G (2004), Murray Z & Tao (2016), Schlegel (2015), Vergara-Novoa et al. (2018) consideran que, en la práctica el modelo de valoración de activos de capital (CAPM) es el más usado (Molina & Del Carpio, 2004; Murray & Tao, 2016; Schlegel, 2015; Vergara-Novoa et al., 2018).

## Modelo de Valoración de Activos financieros (CAPM)

El CAPM se basa, entre otros, en el modelo de selección de carteras de Markowitz (1952), Sharpe (1964), Lintner (1965) y Mossin (1966). Este modelo se

basa en el riesgo y el rendimiento de los activos que conforman una cartera o portafolio, la cual es óptima al diversificar el riesgo no sistemático (específico de la empresa), a diferencia del riesgo sistemático que es propio del mercado y no se puede diversificar (Molina & Carpio, 2004; Schlegel, 2015). El Modelo CAPM se muestra en la ecuación (2):

$$R_i = R_f + \beta * (R_m - R_f) \quad (2)$$

Donde  $R_i$ , es la tasa mínima esperada;  $R_f$ , es la tasa Libre de Riesgo; Beta, es el indicador de Riesgo del Activo;  $R_m$  es el Rendimiento del Mercado el cual sirve para calcular la rentabilidad del activo, en función de su riesgo. De tal manera  $R_i = K_e$ ; la diferencia entre  $R_m$  y  $R_f$ , representa la prima de riesgo esperada (ERP), la cual está relacionada con la inversión en un activo cuya rentabilidad será diferente a la tasa libre de riesgo y dependerá de los cambios del mercado. De modo que, el beta mide la sensibilidad de la empresa al riesgo de invertir en el mercado en lugar de un activo libre de riesgo (Vergara-Novoa et al., 2018). Por lo tanto, un  $\beta > 1$ , significa que la rentabilidad de la acción se mueve más rápido que el mercado, siendo más resgoso que un  $\beta < 1$ .

## Estimación de Beta

La estimación de Beta permite inferir el riesgo de la renta variable y se puede determinar mediante el modelo de mínimos cuadrados ordinarios, una regresión lineal de los rendimientos históricos de las acciones de la empresa analizada (Brealey et al., 2009), método aplicable cuando las empresas cotizan en Bolsa. En el caso contrario, se propone tomar empresas representativas o comparables del sector que coticen en bolsa (Schlegel, 2015).

En concordancia con lo anterior, al estimar un beta de los fondos propios de las empresas comparables se obtiene un beta apalancado, el cual debe desapalancarse por dos vías (Vergara-Novoa et al., 2018):

- Cuando la empresa representativa no tiene deuda de riesgo, se usa la ecuación (3) de Hamada (1969):

$$\beta_p^{C/D} = \beta_p^{S/D} \left( 1 + \frac{D}{E} * (1 - t_c) \right) \quad (3)$$

- Cuando la empresa representativa tiene deuda de riesgo, se usa la ecuación (4) propuesta por Rubinstein (1973):

$$\beta_p^{C/D} = \beta_p^{S/D} \left( 1 + \frac{D}{E} * (1 - t_c) \right) - \beta_B * \frac{D}{E} * (1 - t_c) \quad (4)$$

En la que se añade una expresión relacionada a la deuda, donde  $\beta_B$ , es el beta asociado con la deuda de la empresa y se puede calcular mediante la ecuación (5):

$$\beta_B = \frac{K_b - R_f}{PRM} \quad (5)$$

También, es importante mencionar que según Maquieira (2008) el costo de la deuda puede ser estimado por CAPM (Maquieira, 2008).

## Modelo de regresión lineal

El análisis de regresión lineal es considerado una técnica estadística que se usa para investigar la relación que existe entre variables, la cual resulta útil para ser aplicada en diferentes situaciones, debido a que se adapta a ellas, por ejemplo, investigación social, medidas económicas, comportamiento humano y más (Pardo & Ruíz, 2015). Para expresar un modelo de regresión lineal, con un total de  $k$  variables que explican a la variable dependiente se usa la ecuación (6) (Chirivella González, 2018), donde  $Y$  es la variable dependiente, las  $X_j$  son las variables independientes y los parámetros  $\beta_j$  son los que cuantifican la relación existente entre ambas variables. Mientras que, el término  $\epsilon$  representa el error en la predicción de la variable  $Y$ , lo cual se debe a la medición incorrecta que puede existir para esta variable y la influencia de otras variables omitidas por el modelo (Camacho, 2020).

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \epsilon \quad (6)$$

Es necesario considerar que para cada parámetro  $\beta_j$  de la ecuación, se puede calcular su significancia (P-Value) y su intervalo de confianza, para ello se utiliza el estadístico  $t$ , con base a una prueba de hipótesis para los  $\beta_j$ :

- $H_0$ : No hay relación lineal entre ambas variables. La pendiente del modelo lineal es cero.  $\beta_j = 0$ .
- $H_a$ : Si hay relación lineal entre ambas variables. La pendiente del modelo lineal es distinta cero.  $\beta_j \neq 0$ .

De tal forma, es importante el cálculo estadístico de  $T$  y del P-Value, donde el estadístico  $t$  se expresa como se muestra en la ecuación (7):



$$t = \frac{\hat{\beta}_1 - 0}{SE(\hat{\beta}_1)}; t = \frac{\hat{\beta}_0 - 0}{SE(\hat{\beta}_0)} \quad (7)$$

Mientras que el error estándar de  $\hat{\beta}_0$  y  $\hat{\beta}_1$  se calculan a través de la ecuación (8) y (9), respectivamente:

$$SE(\hat{\beta}_0)^2 = \sigma^2 \left[ \frac{1}{n} + \frac{\bar{x}^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \right] \quad (8)$$

$$SE(\hat{\beta}_1)^2 = \frac{\sigma^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (9)$$

Por otra parte, la varianza del error  $\sigma^2$  se estima mediante el Residual Estándar Error (RSE), el cual se entiende como la diferencia promedio que se desvía de la variable respuesta de la línea verdadera de regresión, véase ecuación (10):

$$RSE = \sqrt{\frac{1}{n-2} RSS} = \sqrt{\frac{1}{n-2} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2} \quad (10)$$

Se debe considerar los grados de libertad y el P-Value, el cual se expresa como  $P(|t| > \text{valor calculado de } t)$ .

Así también se recalcan las condiciones necesarias para la regresión lineal:

- **Linealidad:** La relación entre la variable dependiente e independiente debe ser lineal.
- **Distribución normal de los residuos:** Estos deben distribuirse de forma normal, con media igual a cero.
- **Homocedasticidad:** La varianza de los residuos debe ser constante en el eje X.
- **Valores atípicos:** Se debe analizar este tipo de valores con alta influencia dado que pueden generar una falsa correlación que en la realidad no existe o a su vez puede ocultar una existente.
- **Autocorrelación:** Las observaciones deben ser independientes, lo cual es importante considerar en mediciones temporales (James et al., 2021).



## b) Estado del Arte

### Costo de capital promedio ponderado (WACC)

Existen diversos autores que han contribuido al avance y consolidación del WACC que actualmente se conoce. Entre los autores más importantes están Modigliani y Miller quienes en 1958 afirmaron que la estructura financiera óptima es aquella que maximiza el valor de mercado de la empresa y minimiza el costo del capital. Además, defendían el postulado de que el endeudamiento de la empresa tiene una ventaja impositiva, debido a que los intereses son deducibles del impuesto a las ganancias y esto influye en el valor de las acciones (Rivera, 2002). En este sentido, tales autores asumieron la inexistencia de costos de quiebra, simetría de información, que los flujos de fondos operativos no se encuentran afectados por cambios en la estructura de capital de la empresa entre otros supuestos. Sin embargo, los desarrollos teóricos de Jensen y Meckling (1976) respecto a la existencia de los costos de agencia, y los estudios de Stiglitz y Weiss (1981) en relación con los costos de quiebra, demostraron que tales supuestos no se cumplían. Por lo tanto, se evidenció la interrelación entre el comportamiento de los fondos operativos y las decisiones de estructura de capital (Milanesi et al., 2004).

Por otra parte, Harvey (2020) realiza un estudio sobre el WACC para ser aplicado en el contexto práctico, donde afirma que la tasa de rendimiento requerida para el capital y la participación en el capital no son independientes entre sí. Esto debido a que una participación de deuda creciente o a su vez una participación de capital decreciente aumenta el riesgo para el inversionista de capital porque los tenedores de deuda obtienen primer derecho sobre los activos en caso de que se incumpliera el proyecto, lo que aumenta el rendimiento sobre el capital exigido (Harvey, 2020). Así, dado que el WACC se considera una variable de gran relevancia para valorar proyectos, empresas o firmas. Sin embargo, pueden surgir problemas cuando algunas de las variables necesarias para el cálculo son desconocidas por el sector económico; ante tal situación se debe asumir aquellas que pertenezcan al sector que más se parezca con respecto al funcionamiento operativo y financiero de la empresa. En tal contexto, Diez (2016) realiza una demostración de la metodología del WACC de la firma "Lima Airport Partners S.R.L. (LAP)" tomando su información financiera y contable dentro del periodo 2001-2007 y llegando a la conclusión de que, para el correcto desarrollo financiero en el mercado de capitales, los cálculos realizados deben actualizarse cada año, ya que en el entorno económico pueden surgir situaciones cambiantes y, en medida de lo posible, se deben analizar periodos más cortos de tiempo para su actualización (Diez, 2016).

## **WACC del Sector Eléctrico**

Según Suárez y Pierdant (2002) las compañías de generación eléctrica en América Latina han pasado por graves crisis operativas, así como de crecimiento desde la década de 1990. Esta situación ha provocado en algunos casos la creación y el establecimiento de políticas de privatización, las cuales no han generado, ni para las empresas ni para sus países, una solución viable a su problemática. Sin embargo, existe una compañía que se destaca como un caso muy especial de desarrollo, eficiencia y rentabilidad en generación eléctrica, la Comisión Federal de Electricidad de México (Suárez & Pierdant, 2002). Donde, según la Comisión Federal de Electricidad (2017) todas las fuentes de capital, incluyendo acciones ordinarias, acciones preferentes, bonos y cualquier otra deuda a largo plazo, se incluyen en el cálculo del WACC y se realiza un monitoreo constante del mismo ya que si se da un aumento en el resultado significa que hay una disminución en la valuación y un aumento en el riesgo de la empresa (Comisión Federal de Electricidad, 2017).

Por otra parte, Sánchez (2010) desarrolla en Colombia el cálculo de la tasa de descuento aplicada a diferentes sectores y ajustado a las compañías. Para ello, considera la razón deuda/patrimonio (D/P) y aborda las dificultades que se tiene al aplicar modelos teóricos o el procedimiento técnico utilizado para países emergentes, especialmente, el tipo, tratamiento, calidad histórica de la información que se requiere y obtiene del mercado de capitales. En este caso colombiano se logra determinar para el sector eléctrico un beta no apalancado de 0,3866%. Un costo de capital de 11,837% para empresas con un 20% en su razón deuda/patrimonio (D/P), mientras que se estipula un costo de capital de 11,949%; 12,062%; 12,175% para empresas con una razón D/P de 30%, 40% y 50% respectivamente (Sánchez, 2010).

## **Componentes del WACC**

Para la correcta determinación del WACC es necesario considerar el valor de la deuda y del patrimonio de la empresa, además de tener en cuenta dos variables que son el costo de la deuda financiera y el costo del patrimonio o de los recursos propios. Según Montes y Gil (2019), los valores de estas últimas deben estimarse tomando en cuenta el porcentaje de participación de cada una de las obligaciones sobre el monto total de la deuda que tiene la empresa incluyendo la deuda con los socios (Montes & Gil, 2019). A continuación, se desarrollan las dos variables:

### **Costo de la Deuda**

Cuenta con varias complicaciones para ser estimado debido a que según Niño et al. (2010) si una organización carece de acceso a mercados de capital, el

costo de nuevas deudas puede ser usado como el costo de la deuda. De tal forma, este autor realiza un estudio a nivel de las empresas colombianas que no cotizan en bolsa de valores y que pertenecen al sector regulado para la actividad de transporte de GLP (Gas Licuado de Petróleo). Así, para el costo de la deuda se tomaron datos de la Superintendencia de Bancos de un periodo total de sesenta meses con la finalidad de realizar un promedio de tasa de crédito preferencial, expresado en dólares. En este caso, se concluye que, en los sectores regulados, el uso del WACC, puede ser usado para sus fines tradicionales, y también puede servir como referencia para concebir expectativas frente a decisiones financieras (Niño et al., 2010).

## **Costo de Capital o de los Recursos Propios**

Este componente ayuda a determinar el rendimiento mínimo que debe ofrecer una inversión puesto que, según Vélez (2004) y Niño et al. (2010), es el más importante para la determinación del WACC. Sin embargo, su tratamiento es superficial entre lo teórico y lo práctico ya que se ocasiona un problema para obtener la tasa de descuento apropiada y descontar los flujos de caja. En la mayoría de los casos este inconveniente se resuelve escogiendo una tasa, que en ocasiones es lo que al dueño le gustaría ganarse y a eso se le añaden unos puntos porcentuales. Mientras que, otras veces se calcula un promedio ponderado del costo de la deuda y del costo de capital del dueño usando los valores en libros iniciales y se utiliza como tasa única, lo cual para estos autores no es lo ideal, pero es generalmente aceptado (Niño et al., 2010; Vélez, 2004).

## **Modelo de valoración de activos financieros (CAPM)**

El modelo CAPM que actualmente se conoce, se ha formado mediante varios aportes de diversos autores, pudiéndose destacar así, el aporte de Markowitz (1952), quien definió en su teoría que un inversionista basa sus decisiones de acuerdo con la conformación óptima de su portafolio, diversificando mediante el uso de indicadores como la media o rendimiento aritmético como medida de rentabilidad y la varianza o desviación estándar como medidas de riesgos. Además, definió en su teoría que un inversionista basa sus decisiones de acuerdo con la conformación óptima de su portafolio, diversificándolo mediante el uso de indicadores como la media o rendimiento aritmético como medida de rentabilidad y la varianza o desviación estándar como medidas de riesgos. Por lo tanto, la utilidad esperada está determinada en función de la relación existente entre el riesgo y la rentabilidad, tomando en consideración las ponderaciones de los distintos instrumentos financieros. Así, este modelo plantea la existencia de un portafolio eficiente y óptimo, que posea un mínimo riesgo para un retorno dado o de manera equivalente

un portafolio que presente un máximo retorno para cierto nivel de riesgo (Markowitz, 1952).

Más tarde, Sharpe (1964) por su parte, introdujo el llamado “modelo de mercado” que se deriva de la teoría del portafolio de Markowitz, pero introduce dos hipótesis. La primera es que la relación entre dos activos financieros se debe a su común relación con la cartera del mercado y la segunda es que la relación de cada instrumento financiero de la cartera y el mercado es lineal. De tal forma, junto con la teoría de Markowitz, Sharpe señala que la relación directa que existe entre el riesgo y el retorno esperado de una inversión, pero tomando en cuenta los riesgos sistemáticos y no sistemáticos, dan como resultado el riesgo total del portafolio (Sharpe, 1964). Aunque este modelo ha tenido numerosas críticas, Fama y French (2004) aseguran que es el que se concibe de mayor aceptación debido a que brinda una predicción precisa de cómo medir el riesgo y la relación entre la tasa de retorno esperada y el riesgo. Asimismo, es importante recalcar que estos autores diseñaron para la valoración de activos y gestión de cartera el modelo de tres factores, los cuales son el tamaño de las empresas, el exceso de rendimiento de mercado y los valores del libro al mercado con el fin de describir la rentabilidad de las acciones (Fama & French, 2004).

## **CAPM en países emergentes**

Existen varios autores que realizaron sus aportes al CAPM y su aplicación en mercados emergentes, entre los que se destacan:

- Markowitz (1952) con el “Modelo de Eficiencia del Portafolio” donde se analiza la relación riesgo-rendimiento y se concluye que, al unir varios instrumentos financieros en una cartera, se puede optimizar el rendimiento y el riesgo respectivo tomando en cuenta la ponderación de estos en el portafolio y su debida correlación (Markowitz, 1952).
- Sharpe (1964) quien propone el “Modelo de Valoración de Activos Financieros (CAPM)” en donde se introduce un indicador de la volatilidad de un activo con relación al mercado llamado “beta”. Este modelo asume, que el mercado es perfectamente competitivo y no existe asimetría de información. Así, por el efecto de la diversificación, no presenta riesgo no sistemático, solo sistemático, planteando una relación creciente entre beta, rendimiento y riesgo (Sharpe, 1964).
- Merton (1973) con el “Modelo CAPM Multifactor” donde asegura que existen varios riesgos que afectan el poder adquisitivo o recursos del inversionista. Este modelo se enfoca en la prima de riesgo, y aborda el tema acerca de la

compensación que los inversionistas deberían recibir por cada riesgo adicional asumido además del mercado (Merton, 1973).

- Ross (1976) quien propone el “Modelo de la Teoría por Valoración de Arbitraje o APT (Arbitraje Pricing Theory)”, el cual es menos restrictivo en cuanto a la preferencia de los inversionistas con relación al riesgo y al rendimiento ya que se estima la prima de riesgo, y su rentabilidad condicionada por factores anticipables y no anticipables. Los primeros factores se reflejan en el precio, en caso de que el activo se encontrase en un mercado eficiente; y los segundos, donde el inversor podría conocer los riesgos sistemáticos existentes y la sensibilidad de los activos a la exposición de dichos factores (Ross, 1976).
- Mariscal y Lee (1993) quienes proponen la modificación del Modelo CAPM por la adición del indicador de riesgo país donde se procura compensar la exposición al riesgo adicional que inversionistas en países con mercados desarrollados asumen al invertir en mercados emergentes (Mariscal & Lee, 1993).
- Damodaran (2002) indica que al riesgo país, se le debería ajustar la desviación de la prima de riesgo de un mercado accionario emergente, con la prima de riesgo de un mercado desarrollado además de la inclusión de un factor llamado Lambda a la ecuación. Así, debido al ajuste de la relación riesgo y rentabilidad en mercados de economías emergentes, y la ponderación del riesgo país a diferentes industrias y proyectos con la inclusión del factor Lambda, se lograría valorar acertadamente los instrumentos financieros (Damodaran, 2002).

Así también otros autores como Ruíz et al. (2021), defienden que la valoración de proyectos o empresas dentro de la literatura se basa fundamentalmente en la información e indicadores proporcionada por mercados desarrollados como el de la Eurozona o el de Estados Unidos. Incluso se basa en mercados emergentes que son muy desarrollados, como el de la India, Brasil, Argentina o México, omitiendo así el hecho de que factores como el nivel de ingresos, riesgo de liquidez, apalancamiento, apertura a la inversión extranjera, modelos político-económicos, riesgo país, riesgo de pérdidas, volatilidad, tipos de cambio, entre otros, difieren mucho del contexto de mercados emergentes de países como Ecuador, Bolivia, Colombia y Perú, cuyas realidades son muy diferentes a la de los mercados desarrollados (Ruíz et al., 2021). En este contexto, Zúñiga y Soria (2009) indican que la aplicación directa del CAPM tradicional a economías emergentes arrojarán resultados con sesgos significativos, ya que existirá una baja correlación entre los mercados emergentes y los mercados de la economía global (Zúñiga & Soria, 2009). Así también lo menciona Sabal y Sarmiento (2007) al

referirse a que el desarrollo de la tasa de descuento para empresas en países emergentes mediante la adición de una prima por riesgo-país a una tasa de descuento equivalente en un país desarrollado es una metodología débil. De tal manera, afirma que es preferible utilizar un beta propio de cada empresa analizada, puesto que solo así se preserva la consistencia con el CAPM al reflejarse en la tasa de descuento únicamente el componente sistemático del riesgo país (Sabal & Sarmiento, 2007).

### III. METODOLOGÍA

El presente trabajo se realizó bajo un enfoque cuantitativo, con alcance exploratorio ya que anteriormente no se había realizado estimaciones del WACC para el sector eléctrico en el país, con datos del periodo comprendido entre 2017 – 2021. Además, el proceso de investigación se llevó a cabo a través del método deductivo, el cual parte de lo general a lo particular (Hernández Sampieri et al., 2014). Así, para estimar el WACC primeramente se eligió una muestra representativa del sector eléctrico constituida por empresas de energía eléctrica de países que cumplieran con las siguientes características: que coticen en las bolsas de valores, que posean mercados relativamente líquidos lo cual se comprobó mediante sus capitalizaciones bursátiles (Castejón, 2021) y que sean comparables a la realidad del Ecuador. De tal manera, se eligieron los países de Brasil, México, Chile, Perú, Colombia, y Argentina.

Luego, se recolectó mediante fuentes confiables como S&P Capital IQ, bancos centrales de los países y de organismos gubernamentales pertinentes, la siguiente información: cotizaciones diarias de las empresas en el periodo de 2017 – 2021 y de los índices bursátiles más representativos de las bolsas de valores de cada país, la estructura de capital de las empresas mediante porcentajes de patrimonio y deuda, la tasa de interés de los bonos recientemente emitidos por cada país a 10 años plazo, así como el costo de la deuda últimamente emitida por las empresas, las tasas de impuestos a las corporaciones de los diferentes países y del Ecuador. Posteriormente, se procedió a estimar los betas de las acciones de las empresas comparables a través de mínimos cuadrados ordinarios en Stata conforme al CAPM presentado por Sharpe (1964), seguidamente se estimaron los betas de acciones desapalancadas mediante lo propuesto por Hamada (1969), para después estimar el beta promedio de estas. Finalmente, se re-apalancó el beta para Ecuador según lo expuesto por Rubinstein (1973) y se realizó la estimación de la tasa de descuento para el sector eléctrico ecuatoriano.



## IV. ESTRATEGIA EMPÍRICA

Con el fin de estimar la tasa de descuento WACC para el sector Eléctrico en Ecuador, se usó el procedimiento de Schlegel (2011), el cual implica:

- **Identificar empresas comparables:** Dado que las empresas ecuatorianas del sector eléctrico no cotizan en bolsa de valores, se procedió a realizar un muestreo por conveniencia de empresas comparables y representativas que coticen en bolsas de valores de países con economías parecidas al caso ecuatoriano. Para ello, se consideró la clasificación del Banco Mundial de acuerdo con los ingresos, en donde Ecuador se encuentra dentro de la clasificación de América Latina y el Caribe y se ubica en las “Economías de ingresos medianos altos” (Banco Mundial, 2021). De este modo, los países seleccionados fueron Brasil, México, Chile, Perú, Colombia, y Argentina obteniendo como resultado un total de 35 empresas eléctricas pertenecientes a estos países.
- **Obtener betas de las acciones de empresas comparables:** A través de la plataforma de S&P Capital IQ se procedió a recolectar las cotizaciones diarias correspondientes al periodo de estudio de todas las empresas de energía eléctrica de los países elegidos para calcular el rendimiento a través de la ecuación (11), así como de los índices bursátiles más representativos de las bolsas de valores de cada país mediante la ecuación (12). Para mayor detalle, véase Tabla 2. Posteriormente, se descargó la información de la estructura de capital de cada empresa mediante S&P Capital IQ, lo cual corresponde al porcentaje de patrimonio y deuda.

$$Ri_t = \ln\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right) \quad (11)$$

$$Rm_t = \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}} \quad (12)$$

**Tabla 2 Países, bolsas de valores e índices**

| País   | Nombre de la Bolsa de Valores  | Índice              | N° de empresas seleccionadas |
|--------|--------------------------------|---------------------|------------------------------|
| Brasil | Bolsa de Valores de Sao Paulo  | IBOVESPA            | 17                           |
| México | Bolsa Mexicana de Valores      | S&P/BMV IPC         | 1                            |
| Chile  | Bolsa de Comercio de Santiago  | S&P CLX IPSA        | 6                            |
| Perú   | Bolsa de Valores de Lima (BVL) | S&P/BVL Peru Select | 2                            |

|           |  |            |   |
|-----------|--|------------|---|
| Colombia  | Bolsa de Valores de Colombia             | COLCAP     | 4 |
| Argentina | Bolsa de Comercio de Buenos Aires (BCBA) | S&P Merval | 5 |

*Nota.* Elaboración propia.

Después, se buscaron los datos de las tasas de interés de los bonos recientemente emitidos a 10 años plazo, considerados activos libres de riesgo de los países correspondientes. Tales datos se consiguieron a través de S&P Capital IQ y de los respectivos bancos centrales de cada país. Sin embargo, en el caso de Argentina, dado que el gobierno ha incumplido con el pago de sus obligaciones provenientes de la emisión de bonos soberanos, y no posee un bono emitido recientemente, se tomó el bono del tesoro de Estados Unidos, que se considera una de las inversiones más seguras del mundo y se le agrega el EMBI<sup>1</sup> debido a que la suma de ambos valores da como resultado la tasa de interés correspondiente. Luego, se investigó el costo de la última deuda emitida por las empresas de la muestra, dicha información fue consultada en S&P Capital IQ. Por último, se procedió a indagar mediante organismos gubernamentales pertinentes las tasas de impuestos a las corporaciones de los países seleccionados y de Ecuador del año 2021. Una vez obtenidos todos los datos, se procedió a estimar por mínimos cuadrados ordinarios, los betas conforme al modelo CAPM, propuesto por (Sharpe, 1964), véase ecuación (2).

- **Betas desapalancados de las acciones:** Para desapalancar los betas de las acciones es necesario aplicar la ecuación (13) propuesta por Rubinstein (1973):

$$\beta_p^{S/D} = \frac{P}{V^{S/D}} \beta_p^{C/D} + \frac{B(1 - t_c)}{V^{S/D}} \beta_B \quad (13)$$

Donde:

$\beta_p^{S/D}$ : Beta (riesgo sistemático) patrimonial sin deuda

$P$ : Valor de mercado del patrimonio

$V^{S/D}$ : Valor de mercado de una empresa sin deuda

$\beta_p^{C/D}$ : Beta patrimonial con deuda

$B$ : Valor de mercado de la deuda

$t_c$ : Tasa de impuesto a las corporaciones

$\beta_B$ : Beta de la deuda

<sup>1</sup> Emerging Markets Bonds Index que traducido al español significa Indicador de Bonos de Mercados Emergentes.



Sin embargo, para estimar el beta de la deuda  $\beta_B$  de la ecuación 13, se usa la ecuación (14) propuesta por Hamada (1969):

$$\beta_B = \frac{k_b - r_f}{[E(R_m) - r_f]} \quad (14)$$

Donde:

$k_b$ : Costo de la deuda

$r_f$ : Tasa libre de riesgo

$[E(R_m) - r_f]$ : Premio por riesgo de mercado

$\beta_B$ : Beta de la deuda

De tal forma, se obtienen los betas desapalancados.

- **Estimar la beta promedio:** Una vez obtenidos los betas desapalancados de todas las empresas, se calculó un promedio general de estos.
- **Re-apalancar beta para Ecuador:** Con los promedios de los betas desapalancados, de los porcentajes de deuda y capital de las empresas de la muestra y la tasa impositiva para Ecuador, se re-apalancó el beta para el sector eléctrico en Ecuador. Para ello se utilizó la ecuación (15) propuesta por Rubinstein (1973):

$$\beta_p^{C/D} = \beta_p^{S/D} \left[ 1 + (1 - t_c) \left( \frac{B}{P} \right) \right] - (1 - t_c) \beta_B \left( \frac{B}{P} \right) \quad (15)$$

Donde:

$\beta_p^{C/D}$ : Beta patrimonial con deuda

$\beta_p^{S/D}$ : Beta (riesgo sistemático) patrimonial sin deuda

$t_c$ : Tasa de impuesto a las corporaciones

$B$ : Valor de mercado de la deuda

$P$ : Valor de mercado del patrimonio

$\beta_B$ : Beta de la deuda

- **Cálculo del WACC para Ecuador:** Los resultados obtenidos se reemplazaron en la ecuación (16) correspondiente al rendimiento patrimonial propuesto por Hamada (1969):

$$k_p = r_f + [E(R_m) - r_f] \beta_p^{C/D} \quad (16)$$

Cabe mencionar que el WACC que se calcula, se realiza con el promedio del costo de la deuda de las empresas y una tasa de impuesto a las corporaciones del

25% para el caso de Ecuador. Debido a que en el país no existen bonos emitidos por el Estado, se procedió a tomar la tasa de interés de los bonos del tesoro de Estados Unidos y se le adicionó el EMBI correspondiente, como se explicó anteriormente. Al final, se obtienen los resultados del WACC para las empresas del sector Eléctrico en Ecuador.

## V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Conforme a la metodología, en el Anexo 1 se presentan las empresas representativas seleccionadas, en el Anexo 2 se visualiza la respectiva Estructura de Capital de las empresas, en el Anexo 3 se observan los respectivos rendimientos de los bonos de cada país ( $R_f$ ), en el Anexo 4 se presenta el Costo de la deuda de las empresas representativas ( $k_b$ ), finalmente, en el Anexo 5 se exponen las Tasas impositivas de cada país correspondientes al ejercicio fiscal 2021.

Así, con base a los datos recolectados presentados en los anexos, se ha procedido a estimar los betas de las empresas representativas, los cuales se muestran en la Tabla 3.

**Tabla 3** *Betas apalancados de los fondos propios de las empresas representativas ( $\beta_p$ )*

| Empresa                                       | Beta apalancado<br>( $\beta_{p1}$ ) |
|---|-------------------------------------|
| Braskem S.A.                                  | 0,96***                             |
| CEMIG.  | 1,03***                             |
| Centrais Elétricas Brasileiras S.A.           | 1,10***                             |
| COPEL   | 0,88***                             |
| COSAN   | 0,90***                             |
| CPFL ENERGIA                                  | 0,65***                             |
| Energias do Brasil SA.                        | 0,69***                             |
| Energisa SA                                   | 0,60***                             |
| Eneva SA                                      | 0,70***                             |
| Engie Brasil Energía S.A.                     | 0,65***                             |
| Equatorial Energía S.A.                       | 0,66***                             |
| Minerva ON                                    | 0,59***                             |
| Petro Rio SA                                  | 1,12***                             |
| Petróleo Brasileiro S.A.                      | 1,20***                             |
| Sabesp ON                                     | 0,90***                             |
| Companhia Siderúrgica Nacional                | 1,18***                             |
| Transmissora Alianca de Energía Eléctrica S.A | 0,55***                             |
| Grupo Carso SAB de CV                         | 1,06***                             |

|                                     |         |
|-------------------------------------|---------|
| Colbun S.A.                         | 0,93*** |
| Engie Energía Chile S.A.            | 0,95*** |
| Enel Américas S.A.                  | 0,87*** |
| Enel Chile S.A.                     | 0,86*** |
| AES Gener S.A.                      | 0,80*** |
| Empresas Copec S.A.                 | 1,06*** |
| Aenza S.A.                          | 1,04*** |
| Volcán                              | 1,53*** |
| Ecopetrol                           | 1,18*** |
| Interconexion Eléctrica S.A. E.S.P. | 0,95*** |
| Grupo Energía Bogotá S.A. E.S.P.    | 0,66*** |
| Celsia                              | 0,68*** |
| Pampa energía S.A.                  | 1,16*** |
| YPF S.A.                            | 0,97*** |
| Central Puerto S.A.                 | 1,18*** |
| Transener                           | 1,20*** |
| Edenor                              | 1,13*** |

*Nota.* Elaboración propia. En donde, \* es un nivel de significancia del 10%, \*\* del 5% y \*\*\* del 1%.

En la Tabla 3 se puede observar que 12 de las 35 empresas tienen betas de capital apalancados que son mayores a uno, lo cual indica que el rendimiento de sus acciones se mueve más que lo esperado por el mercado, es decir, sus acciones son más riesgosas que las del mercado.

Dado que los betas anteriores estaban apalancados, fue necesario desapalancarlos, de tal manera en el

Anexo 6 se observan los componentes de la ecuación (14), con el fin de estimar los betas de la deuda necesarios para desapalancar los betas de capital, los cuales se visualizan en la Tabla 4.

**Tabla 4** *Betas de la deuda de las empresas representativas ( $\beta_b$ )*

| <b>Empresa</b>                      | <b>Beta de la deuda (<math>\beta_b</math>)</b> |
|-------------------------------------|--|
| Braskem S.A.                        | -0,83  |
| CEMIG                               | -0,25  |
| Centrais Elétricas Brasileiras S.A. | -1,40  |
| COPEL                               | -0,94  |
| COSAN                               | -1,28  |
| CPFL ENERGIA                        | -1,59  |
| Energias do Brasil SA.              | -2,10  |

|  |             |
|--|-------------|
| Energisa S.A.                                  | -1,24       |
| Eneva S.A.                                     | -0,37       |
| Engie Brasil Energía S.A.                      | -1,44       |
| Equatorial Energía S.A.                        | -1,19       |
| Minerva ON                                     | -1,63       |
| Petro Rio S.A.                                 | -0,35       |
| Petróleo Brasileiro S.A.                       | -1,05       |
| Sabesp ON                                      | -0,18       |
| Companhia Siderúrgica Nacional                 | -0,58       |
| Transmissora Alianca de Energía Eléctrica S.A. | -0,94       |
| Grupo Carso SAB de CV                          | -0,33       |
| Colbun S.A.                                    | 6,72        |
| Engie Energía Chile S.A.                       | 6,47        |
| Enel Américas S.A.                             | 10,00       |
| Enel Chile S.A.                                | 7,69        |
| AES Gener S.A.                                 | 8,39        |
| Empresas Copec S.A.                            | 2,26        |
| Aenza S.A.                                     | 0,87        |
| Volcán   | -0,14       |
| Ecopetrol                                      | 1,03        |
| Interconexion Eléctrica S.A. E.S.P.            | 0,57        |
| Grupo Energía Bogotá S.A. E.S.P.               | 0,90        |
| Celsia   | 0,28        |
| Pampa energía S.A.                             | -1,55       |
| YPF S.A.                                       | 6,49        |
| Central Puerto S.A.                            | -1,73       |
| Transener                                      | -1,45       |
| Edenor   | -1,45       |
| <b>Promedio</b>                                | <b>0,79</b> |

*Nota.* Elaboración propia.

En la tabla 4 se puede observar la existencia de betas negativos, lo cual indicaría que el rendimiento de la deuda de estas empresas va en sentido contrario al desempeño de la economía en general. Esto se podría explicar hasta cierto punto, considerando que cuando una economía va bien, los agentes económicos pueden cumplir con sus pagos, entre ellos los del servicio eléctrico. Es decir, no tienen problemas de liquidez, y por lo tanto el costo de endeudamiento se reduce, lo contrario sucede cuando la economía va mal. Los agentes económicos no pueden pagar sus obligaciones, entre ellas las del servicio eléctrico y por lo tanto entran en problemas de liquidez requiriendo endeudarse. Ante ello los prestamistas asumen que se deterioran, por lo cual requieren una mayor tasa de interés.

Una vez obtenidos los betas de la deuda se procede a desapalancar conforme a la ecuación (13), como se muestra en la Tabla 5.

**Tabla 5** Betas desapalancados de los fondos propios de empresas representativas ( $\beta_{p^{SD}}$ ) b

| Empresa                                       | $\beta_{p^{CD}}$ | $\frac{P}{V}$ | $\frac{B}{V}$ | $t_c$       | $\beta_b$   | $\beta_{p^{SD}}$ |
|---|------------------|---------------|---------------|-------------|-------------|------------------|
| Braskem S.A.                                  | 0,96             | 0,08          | 0,92          | 0,34        | -0,83       | -0,43            |
| CEMIG.  | 1,03             | 0,54          | 0,46          | 0,34        | -0,25       | 0,48             |
| Centrais Elébricas Brasileiras S.A.           | 1,10             | 0,56          | 0,44          | 0,34        | -1,40       | 0,21             |
| COPEL   | 0,88             | 0,62          | 0,38          | 0,34        | -0,94       | 0,31             |
| COSAN   | 0,90             | 0,47          | 0,53          | 0,34        | -1,28       | -0,02            |
| CPFL ENERGIA                                  | 0,65             | 0,39          | 0,61          | 0,34        | -1,59       | -0,39            |
| Energias do Brasil SA.                        | 0,69             | 0,56          | 0,44          | 0,34        | -2,10       | -0,22            |
| Energisa SA                                   | 0,60             | 0,29          | 0,71          | 0,34        | -1,24       | -0,40            |
| Eneva SA                                      | 0,70             | 0,54          | 0,46          | 0,34        | -0,37       | 0,27             |
| Engie Brasil Energía S.A.                     | 0,65             | 0,36          | 0,64          | 0,34        | -1,44       | -0,38            |
| Equatorial Energía S.A.                       | 0,66             | 0,39          | 0,61          | 0,34        | -1,19       | -0,22            |
| Minerva ON                                    | 0,59             | 0,01          | 0,99          | 0,34        | -1,63       | -1,06            |
| Petro Rio SA                                  | 1,12             | 0,67          | 0,33          | 0,34        | -0,35       | 0,67             |
| Petróleo Brasileiro S.A.                      | 1,20             | 0,47          | 0,53          | 0,34        | -1,05       | 0,19             |
| Sabesp ON                                     | 0,90             | 0,59          | 0,41          | 0,34        | -0,18       | 0,49             |
| Companhia Siderúrgica Nacional                | 1,18             | 0,28          | 0,72          | 0,34        | -0,58       | 0,06             |
| Transmissora Alianca de Energía Eléctrica S.A | 0,55             | 0,53          | 0,47          | 0,34        | -0,94       | 0,00             |
| Grupo Carso SAB de CV                         | 1,06             | 0,81          | 0,19          | 0,30        | -0,33       | 0,81             |
| Colbun S.A.                                   | 0,93             | 0,66          | 0,34          | 0,27        | 6,72        | 2,27             |
| Engie Energía Chile S.A.                      | 0,95             | 0,68          | 0,32          | 0,27        | 6,47        | 2,15             |
| Enel Américas S.A.                            | 0,87             | 0,61          | 0,39          | 0,27        | 10,00       | 3,35             |
| Enel Chile S.A.                               | 0,86             | 0,60          | 0,40          | 0,27        | 7,69        | 2,75             |
| AES Gener S.A.                                | 0,80             | 0,37          | 0,63          | 0,27        | 8,39        | 4,17             |
| Empresas Copec S.A.                           | 1,06             | 0,57          | 0,43          | 0,27        | 2,26        | 1,31             |
| Aenza S.A.                                    | 1,04             | 0,48          | 0,52          | 0,295       | 0,87        | 0,82             |
| Volcán  | 1,53             | 0,39          | 0,61          | 0,295       | -0,14       | 0,53             |
| Ecopetrol                                     | 1,18             | 0,55          | 0,45          | 0,31        | 1,03        | 0,97             |
| Interconexion Eléctrica S.A. E.S.P.           | 0,95             | 0,50          | 0,50          | 0,31        | 0,57        | 0,67             |
| Grupo Energía Bogotá S.A. E.S.P.              | 0,66             | 0,55          | 0,45          | 0,31        | 0,90        | 0,64             |
| Celsia  | 0,68             | 0,58          | 0,42          | 0,31        | 0,28        | 0,48             |
| Pampa energía S.A.                            | 1,16             | 0,52          | 0,48          | 0,25        | -1,55       | 0,04             |
| YPF S.A.                                      | 0,97             | 0,49          | 0,51          | 0,25        | 6,49        | 2,96             |
| Central Puerto S.A.                           | 1,18             | 0,70          | 0,30          | 0,25        | -1,73       | 0,43             |
| Transener                                     | 1,20             | 0,81          | 0,19          | 0,25        | -1,45       | 0,76             |
| Edenor  | 1,13             | 0,82          | 0,18          | 0,25        | -1,45       | 0,73             |
| Mínimo  | 0,55             | 0,01          | 0,18          | 0,25        | -2,10       | -1,06            |
| Máximo  | 1,53             | 0,82          | 0,99          | 0,34        | 10,00       | 4,17             |
| <b>Promedio</b>                               | <b>0,93</b>      | <b>0,52</b>   | <b>0,48</b>   | <b>0,31</b> | <b>0,79</b> | <b>0,73</b>      |

Nota. Elaboración propia.

Una vez calculados los betas apalancados, es necesario volver a apalancar para el caso ecuatoriano mediante la respectiva ecuación (15). En donde  $\beta_b$  y  $\beta_{pSD}$  son los promedios de los datos de las empresas representativas.

$$\beta_p^{C/D} = (0,73)[1 + (1 - 0,25)(1,59)] - (1 - 0,25)(0,79)(1,59)$$

$$\beta_p^{C/D} = 0,65$$

Continuando, para calcular el costo de los recursos propios para el caso de Ecuador, se lo realiza mediante la ecuación (16) y se tiene:

$$k_p = 0,0152 + [0,0989](0,65)$$

$$k_p = 0,0794$$

Finalmente, mediante la ecuación (1), se obtiene la tasa de descuento para Ecuador, como se visualiza en la Tabla 6.

**Tabla 6** Costo de los fondos propios y costo de la deuda para el caso ecuatoriano.

| Escenario                | $K_p$  | $P$  | $K_b$  | $(1 - t)$ | $B$  | WACC   |
|--------------------------|--------|------|--------|-----------|------|--------|
| Kb promedio más EMBI (1) | 0,0794 | 0,52 | 0,1537 | 0,75      | 0,48 | 0,0967 |
| Kb empresarial (2)       | 0,0794 | 0,52 | 0,1274 | 0,75      | 0,48 | 0,0872 |

*Nota.* Elaboración propia. Donde, en el primer caso se considera para el costo de la deuda, el promedio de las empresas representativas más el EMBI de Ecuador; en el segundo, se toma la tasa del costo de la deuda de las empresas ecuatorianas, de acuerdo con la (Bolsa de Valores de Quito (BVQ), 2019).

Los resultados obtenidos son comparables a los obtenidos por la Agencia Internacional de Energía (AIE, por sus siglas en inglés de International Energy Agency) que se muestran en la Tabla 7.

**Tabla 7** Tasa de descuento nominal y real

| Región/ País  | WACC nominal (%) | WACC real (%) |
|---|------------------|---------------|
| Ingresos soportados (contrato por diferencia, PPA a largo plazo, acuerdo bilateral) |                  |               |
| Europa  | 2,6 - 4,3        | 2,4 - 4,0     |
| Estados Unidos  | 3,3 - 5,0        | 2,9 - 4,5     |
| China   | 4,4 - 5,4        | 3,4 - 3,6     |
| India   | 8,8 - 10,0       | 5,0 - 6,6     |
| Riesgo comercial (ingresos basados en el mercado)                                   |                  |               |
| Europa  | 6,5 - 9,6        | 5,9 - 8,8     |

China

6,4- 6,9

4,9 - 8,9

---

*Nota.* Elaborado a partir de (AIE, 2021). PPA = acuerdo de compra de energía.

De tal manera, los resultados obtenidos están alineados a los de una economía emergente, en donde la tasa de descuento que ofrecen los proyectos de energía tiene una mayor tasa en comparación a las potencias. Así, Ecuador debe ofrecer una tasa de entre el 8,72% - 9,67% debido al riesgo propio de su mercado.

## VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En la tabla 6, se puede observar que el costo de los fondos propios medios de las empresas representativas del sector es del 7,94% y el costo de la deuda medio más el riesgo país es de 15,37%, lo cual junto con una estructura de capital del 52% y 48% dan como resultado una tasa de descuento del 9,67%. De tal manera, el costo de capital promedio ponderado que se ha estimado se puede considerar como una aproximación razonable o bastante precisa de lo que podría ser considerado como costo de capital del sector eléctrico a nivel de Ecuador, teniendo en cuenta que se encuentra dentro de los rangos que establece la Agencia Internacional de Energía.

Se concluye que el costo de capital promedio ponderado estimado, está por debajo de la tasa social de descuento a nivel del Ecuador, la cual es del 12%, debido a que por su naturaleza el sector es relativamente de bajo riesgo, dado que la energía eléctrica se constituye como un recurso primordial para las industrias y los hogares. En tal sentido, el gobierno en futuras decisiones podría realizar mejores negociaciones en cuanto a posibles concesiones, al tener como referencia el método llevado a cabo y el resultado obtenido.

En el sentido anterior, la presente tasa serviría para evidenciar la tasa descuento mínima a la que los inversionistas deben exigir para proyectos o concesiones en el sector eléctrico como una aproximación, considerando a futuro ajustes conforme a los requerimientos de rendimiento de los inversionistas.

Por otra parte, debe tenerse presente que la tasa de descuento estimada no es fija, es una aproximación que podría servir para negociaciones, valoración de las empresas en una instancia inicial, y que dado lo cambiante de los datos e insumos necesarios para su cálculo, también podría variar el WACC.

Se recomienda que para efectos de levantamiento de información se seleccione de manera pertinente las empresas que van a servir como comparables y que las acciones de dichas empresas sean los suficientemente liquidas. Se recomienda, para el caso del levantamiento de información, recolectar los datos, en



la medida de lo posible, de una sola fuente, para evitar discrepancias. Además, para llevar a cabo futuras investigaciones del cálculo del WACC para los sectores que se considere pertinente, se recomienda plantear distintos supuestos de una estructura de capital objetivo con el fin de determinar cómo variaría la tasa de descuento.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables. (2021). *Estadística anual y multianual del sector eléctrico ecuatoriano*. <https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/09/Estadistica-2020-baja.pdf>

AIE. (2021). *The cost of capital in clean energy transitions*. International Energy Agency. <https://www.iea.org/articles/the-cost-of-capital-in-clean-energy-transitions>

Banco Mundial. (2018). *Energía: panorama general*. <https://www.bancomundial.org/es/topic/energy/overview#1>

Banco Mundial. (2021, July 3). *World bank country and lending groups*. <https://datahelpdesk.worldbank.org/knowledgebase/articles/906519>

BCE. (2020, March 4). *La generación de energía eléctrica es líder entre las industrias clave del país*. <https://www.bce.fin.ec/index.php/boletines-de-prensa-archivo/item/1355-la-generacion-de-energia-electrica-es-lider-entre-las-industrias-clave-del-pais>

Bolsa de Valores de Quito (BVQ). (2019). *Planeación de Finanzas Corporativas-Ecuador*. <https://www.bolsadequito.com/images/2019/Reporte-Planeacion-Financiera-Corporativa-Ecuador-2019.pdf>

Brealey, R., Myers, S., & Allen, F. (2009). *Principles of corporate finance*. (1o ed.). McGraw-Hill/Irwin. [https://marcelodelfino.net/files/Brealey\\_\\_Myers\\_y\\_Allen\\_2009\\_Principles\\_of\\_corporate\\_finance.pdf](https://marcelodelfino.net/files/Brealey__Myers_y_Allen_2009_Principles_of_corporate_finance.pdf)

Camacho, C. (2020). Regresión lineal simple. *Universidad de Sevilla*. <https://personal.us.es/vararey/regresion-simple.pdf>

Castejón, E. (2021). *Bolsa de Valores Latinoamericana*.

Chirivella González, V. (2018). Hipótesis en el modelo de regresión lineal por Mínimos Cuadrados Ordinarios. *Universitat Politècnica de Valencia*. [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/53302/Hip%F3tesis en el modelo de regresi%F3n lineal por M%EDnimos Cuadrados Ordinarios.pdf?sequence=1](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/53302/Hip%F3tesis%20en%20el%20modelo%20de%20regresi%F3n%20lineal%20por%20M%EDnimos%20Cuadrados%20Ordinarios.pdf?sequence=1)

Coba, G. (2021, October). *Plan de expansión eléctrico no contempla privatizaciones, dice Energía*.



<https://www.primicias.ec/noticias/economia/ministerio-energia-privatizacion-sector-electrico/>

Comisión Federal de Electricidad. (2017). *Comisión de inversiones*. [https://potcorporativo.cfe.mx/I Marco normativo/Documento completo de cada norma/Lineamientos para la planeación, evaluación, aprobación, financiamiento y seguimiento.pdf](https://potcorporativo.cfe.mx/I%20Marco%20normativo/Documento%20completo%20de%20cada%20norma/Lineamientos%20para%20la%20planeaci%C3%B3n,%20evaluaci%C3%B3n,%20aprobaci%C3%B3n,%20financiamiento%20y%20seguimiento.pdf)

Damodaran, A. (2002). *Investment valuation: tools and techniques for determining the value of any asset*. John Wiley and Sons. <https://www.wiley.com/en-us/Investment+Valuation%3A+Tools+and+Techniques+for+Determining+the+Value+of+Any+Asset%2C+3rd+Edition-p-9781118011522>

Diez Farhat, S. (2016). Metodología de cálculo del costo promedio ponderado de capital en el modelo del WACC. *Revista Empresarial*, 10, 33–45.

Diez, S. (2016). Metodología de cálculo del costo promedio ponderado de capital en el modelo del WACC. *Revista Empresarial, ICE-FEE-UCSG*, 10(3), 33–45. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5743638.pdf>

Fama, E., & French, K. (2004). The capital asset pricing model: theory and evidence. *Journal of Economic Perspectives*, 18(3), 25–46. <https://doi.org/10.1257/0895330042162430>

Fernández, P. (2008). *Métodos de valoración de empresas*. [https://www.researchgate.net/publication/28234670\\_Metodos\\_de\\_valoracion\\_de\\_empresas](https://www.researchgate.net/publication/28234670_Metodos_de_valoracion_de_empresas)

Guevara, M. (2017). *El efecto de la profundidad del mercado en el WACC óptimo*. <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/36347/A.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Hamada, R. S. (1969). Portfolio analysis, market equilibrium and corporation finance. *The Journal of Finance*, 24(1), 13–31.

Harvey, D. (2020). Clarifications of and improvements to the equations used to calculate the levelized cost of electricity (LCOE), and comments on the weighted average cost of capital (WACC). *Energy*, 207, 118340. <https://doi.org/10.1016/J.ENERGY.2020.118340>

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación*. (6th ed.). McGRAW-HILL. <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

Herrera, B. (2008). *Acerca de la tasa de descuento en proyectos*. [https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/quipukamayoc/2008\\_1/a11.pdf](https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/quipukamayoc/2008_1/a11.pdf)

INEC. (2021). *Ecuador - Estadística del Sector Eléctrico Ecuatoriano 2021*.

<https://anda.inec.gob.ec/anda/index.php/catalog/907>

James, G., Witten, D., Hastie, T., & Tibshirani, R. (2021). *An Introduction to Statistical Learning with Applications in R Second Edition*. (Second Edi). [https://hastie.su.domains/ISLR2/ISLRv2\\_website.pdf](https://hastie.su.domains/ISLR2/ISLRv2_website.pdf)

Jensen, M. C., & Meckling, W. H. (1976). Theory of the firm: Managerial behavior, agency costs and ownership structure. *Journal of Financial Economics*, 3(4), 305–360. [https://doi.org/10.1016/0304-405X\(76\)90026-X](https://doi.org/10.1016/0304-405X(76)90026-X)

JP Morgan. (2021). *Riesgo País EMBI – América Latina – Serie Histórica*. <http://www.invenomica.com.ar/riesgo-pais-emb-america-latina-serie-historica/>

Largani, M. S., Kaviani, M., & Abdollahpour, A. (2012). A review of the application of the concept of shareholder value added (SVA) in financial decisions. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 40, 490–497. <https://doi.org/10.1016/J.SBSPRO.2012.03.221>

Lintner, J. (1965). The valuation of risk assets and the selection of risky investments in stock portfolios and capital budgets. *The Review of Economics and Statistics*, 47(1), 13–37. [http://efinance.org.cn/cn/fm/The Valuation of Risk Assets and the Selection of Risky Investments in Stock Portfolios and Capital budgets.pdf](http://efinance.org.cn/cn/fm/The%20Valuation%20of%20Risk%20Assets%20and%20the%20Selection%20of%20Risky%20Investments%20in%20Stock%20Portfolios%20and%20Capital%20budgets.pdf)

Maquieira, C. (2008). *Finanzas corporativas*. Editorial Andrés Bello. [https://www.academia.edu/23152274/FINANZAS\\_CORPORATIVAS\\_MAQUIEIRA](https://www.academia.edu/23152274/FINANZAS_CORPORATIVAS_MAQUIEIRA)

Mariscal, J., & Lee, R. (1993, June). *The valuation mexican stock an extension of the cap asset pricing model to emerging markets*. Investment Research. [https://faculty.fuqua.duke.edu/~charvey/Teaching/BA456\\_2006/GS\\_The\\_valuation\\_of\\_mexican\\_stocks.pdf](https://faculty.fuqua.duke.edu/~charvey/Teaching/BA456_2006/GS_The_valuation_of_mexican_stocks.pdf)

Markowitz, H. (1952). Portfolio selection. *Harry Markowitz: Selected Works*, 15–30. <https://doi.org/10.2307/2975974>

MERNNR. (2021, October 27). *Gobierno expide las nuevas políticas para el desarrollo del sector eléctrico*. [https://www.rekursyenergia.gob.ec/gobierno-expide-las-nuevas-politicas-para-el-desarrollo-del-sector-electrico/#:~:text=238%2C suscrito este 26 de,garantice la seguridad jurídica y](https://www.rekursyenergia.gob.ec/gobierno-expide-las-nuevas-politicas-para-el-desarrollo-del-sector-electrico/#:~:text=238%2C%20suscrito%20este%2026%20de,%20garantice%20la%20seguridad%20jur%C3%ADdica%20y%20la%20estabilidad%20del%20sector%20el%C3%A9ctrico)

MERNNR. (2022). *En 2021 el sector eléctrico dinamizó la economía nacional con un 93.2 % de generación renovable y la exportación de más de 500 GWh*. <https://www.rekursyenergia.gob.ec/en-2021-el-sector-electrico-dinamizo-la-economia-nacional-con-un-93-2-de-generacion-renovable-y-la-exportacion-de-mas-de-500-gwh/>

Merton, R. (1973). An intertemporal capital asset pricing model. *Econometrica*, 41(5), 867. <https://doi.org/10.2307/1913811>

- Milanesi, G., Briozzo, A., Rotstein, F., Esandi, J., & Perotti, R. (2004). La estructura de capital y el estado del arte: Una revisión. *UNS*. <http://repositoriodigital.uns.edu.ar/handle/123456789/4588>
- Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables. (2020). *Transformación y situación actual del sector eléctrico*. <https://www.recursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2020/01/2.-TRANSFORMACION-Y-SITUACION-ACTUAL-DEL-SECTOR-ELECTRICO.pdf>
- Molina A, H., & Del Carpio G, J. (2004). La tasa de descuento en la evaluación de proyectos y negocios empresariales. *Industrial Data*, 7, 42–54. <https://www.redalyc.org/pdf/816/81670107.pdf>
- Molina, H., & Carpio, J. (2004). *La tasa de descuento en la evaluación de proyectos y negocios empresariales*. 7, 42–54. <http://www.redalyc.org/pdf/816/81670107.pdf>
- Montes, H., & Gil, O. (2019). Evaluación del impacto de los costos adicionales de la deuda en la generación de valor económico EVA en una empresa del sector manufacturero en Colombia. *Espacios*, 40(35). <https://www.revistaespacios.com/a19v40n35/a19v40n35p04.pdf>
- Mossin, J. (1966). Equilibrium in a Capital Asset Market. . *Econometrica*, 34(4), 768–783. [http://efinance.org.cn/cn/fm/Equilibrium in a Capital Asset Market.pdf](http://efinance.org.cn/cn/fm/Equilibrium%20in%20a%20Capital%20Asset%20Market.pdf)
- Murray Z, F., & Tao, S. (2016). Investment and the weighted average cost of capital. *Journal of Financial Economics*, 119(2), 300–315. <https://doi.org/10.1016/j.jfineco.2015.09.001>
- Niño, E., Rojas, S., & Montoya, A. (2010). Aproximaciones conceptuales y prácticas para el cálculo aplicado del costo de capital promedio ponderado WACC, para empresas colombianas, que no cotizan en bolsa de valores, y pertenecen al sector regulado para la actividad de transporte de GLP. *Dialnet*, 6(11). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4784485>
- Novoa, C., Sepúlveda, J., Alfaro, M., & Riveros, N. (2018). Cost of capital estimation for highway concessionaires in Chile. *Journal of Advanced Transportation*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/2153536>
- Ochoa, N. (2015). *Análisis de la situación energética 2007-2013 en el Ecuador*. [http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/9979/Disertación de Grado Nicole Ochoa VF.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/9979/Disertación%20de%20Grado%20Nicole%20Ochoa%20VF.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Pardo, A., & Ruíz, M. (2015). *Análisis de datos con SPSS 13 Base*. [https://www.mhe.es/ceo\\_tabla.php?tipo=1\\_03\\_TC&isbn=8448145364&sub\\_materia=105&materia=23&nivel=U&comunidad=Castellano&ciclo=0&portal=&letero=&cabecera=](https://www.mhe.es/ceo_tabla.php?tipo=1_03_TC&isbn=8448145364&sub_materia=105&materia=23&nivel=U&comunidad=Castellano&ciclo=0&portal=&letero=&cabecera=)
- Parra-Barrios, A. (2013). Valoración de empresas: métodos de valoración. *Revista*

- de *Investigación UGC*, 2, 87–100.  
<https://core.ac.uk/download/pdf/268087906.pdf>
- Pereyra-Terra, M. (2008). Valoración de empresas: una revisión de los métodos actuales. *Revista UORT*, 41. [www.iese.es](http://www.iese.es)
- Rivera, J. (2002, July). *Teoría sobre la estructura de capital*. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0123-59232002000300002](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-59232002000300002)
- Ross, S. A. (1976). The arbitrage theory of capital asset pricing. *Journal of Economic Theory*, 13(3), 341–360. [https://doi.org/10.1016/0022-0531\(76\)90046-6](https://doi.org/10.1016/0022-0531(76)90046-6)
- Rubinstein, M. E. (1973). The fundamental theorem of parameter-preference security valuation. *The Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 8, 61–69.
- Ruiz, J., Altamirano, J., & Tonon, L. (2021). Aplicación del CAPM en Mercados Emergentes: Una revisión teórica. *Scielo*, 39(39), 53–70. <https://doi.org/10.31095/PODIUM.2021.39.4>
- S&P Capital IQ. (2022). *CIQ Pro: Financial Institutions List Monitoring*. <https://www.capitaliq.spglobal.com/web/client?auth=inherit#dashboard/sfi>
- Sabal, J., & Sarmiento, A. (2007). Riesgo-país y tasas de descuento para empresas latinoamericanas. *Journal of Economics, Finance and Administrative Science*, 12(22). <https://www.redalyc.org/pdf/3607/360733602005.pdf>
- Sánchez, J. (2010). La tasa de descuento en países emergentes aplicación al caso colombiano. *Revista EAN*, 60. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-81602010000200008](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-81602010000200008)
- Schlegel, D. (2011). Control de subsidiarias con sistemas de medición de desempeño alineados estratégicamente. *Int J Bus Glob*, 12(1), 53–62.
- Schlegel, Dennis. (2015). Background: cost-of-capital in the finance literature. In *Contributions to Management Science* (pp. 9–70). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-15135-9\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-319-15135-9_2)
- SENPLADES. (2009). *Plan nacional para el buen vivir, 2009-2013: construyendo un estado plurinacional e intercultural*. Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, SENPLADES. [https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/07/Plan\\_Nacional\\_para\\_el\\_Buen\\_Vivir.pdf](https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/07/Plan_Nacional_para_el_Buen_Vivir.pdf)
- Serrano, D. (2021, November 14). *Alianzas Público-Privadas se analizan para infraestructura y servicios públicos*. <https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/alianzas-privadas-servicios-infraestructura.html>

- Sharpe, W. (1964). Capital asset prices: a theory of market equilibrium under conditions of risk. *The Journal of Finance*, 19(3), 425–442. <https://doi.org/10.1111/J.1540-6261.1964.TB02865.X>
- Stiglitz, J. E., & Weiss, A. (1981). Credit Rationing in Markets with Rationing Credit Information Imperfect. *The American Economic Review*, 71(3), 393–410. <https://doi.org/10.2307/1802787>
- Suárez, J., & Pierdant, A. (2002). México: eficiencia y rentabilidad del sector eléctrico. *Redalyc*, 17, 117–142. <https://www.redalyc.org/pdf/267/26701707.pdf>
- SWI. (2021, May 24). *Lasso apostará por más petróleo, minería y privatizaciones en Ecuador*. [https://www.swissinfo.ch/spa/ecuador-investigacion\\_lasso-apostará-por-más-petróleo--minería-y-privatizaciones-en-ecuador/46643560](https://www.swissinfo.ch/spa/ecuador-investigacion_lasso-apostará-por-más-petróleo--minería-y-privatizaciones-en-ecuador/46643560)
- Vélez, I. (2004). *Cálculo correcto y sencillo del valor a precios de mercado, una comparación con otros métodos*. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.571381>
- Vera, A., Balderramo, N., Pico, G., Rodríguez, E., & Dávila, M. (2019). Realidad actual del sector eléctrico ecuatoriano. *Revista de Investigaciones En Energía, Medio Ambiente y Tecnología: RIEMAT ISSN: 2588-0721*, 4(1), 6. <https://doi.org/10.33936/riemat.v4i1.1939>
- Vergara-Novoa, C., Sepúlveda-Rojas, J. P., Alfaro, M. D., & Riveros, N. (2018). Cost ocapital estimation for highway concessionaires in chile. *Journal of Advanced Transportation*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/2153536>
- Zúñiga, S., & Soria, K. (2009). *Costo del capital en el sector pesquero-acuícola Chileno*. Scielo. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-18442009000800006&lang=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442009000800006&lang=es)

## VIII. ANEXOS

### Anexo 1 Empresas seleccionadas

| N° | País   | Empresa                             |
|----|--------|-------------------------------------|
| 1  |        | Braskem S.A.                        |
| 2  |        | CEMIG.                              |
| 3  |        | Centrais Elétricas Brasileiras S.A. |
| 4  |        | COPEL                               |
| 5  |        | COSAN                               |
| 6  |        | CPFL ENERGIA                        |
| 7  |        | Energias do Brasil SA.              |
| 8  | Brasil | Energisa SA                         |
| 9  |        | Eneva SA                            |

|    |           |   |
|----|-----------|---|
| 10 |           | Engie Brasil Energía S.A.                     |
| 11 |           | Equatorial Energía S.A.                       |
| 12 |           | Minerva ON                                    |
| 13 |           | Petro Rio SA                                  |
| 14 |           | Petróleo Brasileiro S.A.                      |
| 15 |           | Sabesp ON                                     |
| 16 |           | Companhia Siderúrgica Nacional                |
| 17 |           | Transmissora Aliança de Energia Eléctrica S.A |
| 18 | México    | Grupo Carso SAB de CV                         |
| 19 |           | Colbun S.A.                                   |
| 20 |           | Engie Energía Chile S.A.                      |
| 21 | Chile     | Enel Américas S.A.                            |
| 22 |           | Enel Chile S.A.                               |
| 23 |           | AES Gener S.A.                                |
| 24 |           | Empresas Copec S.A.                           |
| 25 | Perú      | Aenza S.A.                                    |
| 26 |           | Volcán  |
| 27 |           | Ecopetrol                                     |
| 28 | Colombia  | Interconexion Eléctrica S.A. E.S.P.           |
| 29 |           | Grupo Energía Bogotá S.A. E.S.P.              |
| 30 |           | Celsia  |
| 31 |           | Pampa energía S.A.                            |
| 32 |           | YPF S.A.                                      |
| 33 | Argentina | Central Puerto S.A.                           |
| 34 |           | Transener                                     |
| 35 |           | Edenor  |

*Nota.* Elaborado con base en Banco Mundial (2021) y Castejón (2021).

## **Anexo 2 Estructura de capital (Ri)**

| N° | Empresa                              | E    | D    |
|----|--------------------------------------|------|------|
| 1  | Braskem S.A.                         | 0,08 | 0,92 |
| 2  | CEMIG.                               | 0,54 | 0,46 |
| 3  | Centrais Eléctricas Brasileiras S.A. | 0,56 | 0,44 |
| 4  | COPEL                                | 0,62 | 0,38 |
| 5  | COSAN                                | 0,47 | 0,53 |
| 6  | CPFL ENERGIA                         | 0,39 | 0,61 |
| 7  | Energias do Brasil SA.               | 0,56 | 0,44 |
| 8  | Energisa SA                          | 0,29 | 0,71 |



|                 |   |             |             |
|-----------------|---|-------------|-------------|
| 9               | Eneva SA                                      | 0,54        | 0,46        |
| 10              | Engie Brasil Energía S.A.                     | 0,36        | 0,64        |
| 11              | Equatorial Energía S.A.                       | 0,39        | 0,61        |
| 12              | Minerva ON                                    | 0,01        | 0,99        |
| 13              | Petro Rio SA                                  | 0,67        | 0,33        |
| 14              | Petróleo Brasileiro S.A.                      | 0,47        | 0,53        |
| 15              | Sabesp ON                                     | 0,59        | 0,41        |
| 16              | Companhia Siderúrgica Nacional                | 0,28        | 0,72        |
| 17              | Transmissora Alianca de Energía Eléctrica S.A | 0,53        | 0,47        |
| 18              | Grupo Carso SAB de CV                         | 0,81        | 0,19        |
| 19              | Colbun S.A.                                   | 0,66        | 0,34        |
| 20              | Engie Energía Chile S.A.                      | 0,68        | 0,32        |
| 21              | Enel Américas S.A.                            | 0,61        | 0,39        |
| 22              | Enel Chile S.A.                               | 0,60        | 0,40        |
| 23              | AES Gener S.A.                                | 0,37        | 0,63        |
| 24              | Empresas Copec S.A.                           | 0,57        | 0,43        |
| 25              | Aenza S.A.                                    | 0,48        | 0,52        |
| 26              | Volcán  | 0,39        | 0,61        |
| 27              | Ecopetrol                                     | 0,55        | 0,45        |
| 28              | Interconexion Eléctrica S.A. E.S.P.           | 0,50        | 0,50        |
| 29              | Grupo Energía Bogotá S.A. E.S.P.              | 0,55        | 0,45        |
| 30              | Celsia  | 0,58        | 0,42        |
| 31              | Pampa energía S.A.                            | 0,52        | 0,48        |
| 32              | YPF S.A.                                      | 0,49        | 0,51        |
| 33              | Central Puerto S.A.                           | 0,70        | 0,30        |
| 34              | Transener                                     | 0,81        | 0,19        |
| 35              | Edenor  | 0,82        | 0,18        |
| <b>Promedio</b> |   | <b>0,52</b> | <b>0,48</b> |

Nota. Elaboración propia.

### Anexo 3 Tasa libre de riesgo de cada país (Rf)

| País      | Años | Rendimiento de Bono a 10 años | EMBI   | Rf anual | Rf diario |
|-----------|------|-------------------------------|--------|----------|-----------|
| Argentina | 2017 | 0,0240                        | 0,0351 | 0,0591   | 0,0002    |
|           | 2018 | 0,0269                        | 0,0817 | 0,1086   | 0,0003    |
|           | 2019 | 0,0192                        | 0,1744 | 0,1936   | 0,0005    |
|           | 2020 | 0,0065                        | 0,1368 | 0,1433   | 0,0004    |
|           | 2021 | 0,0152                        | 0,1688 | 0,1840   | 0,0005    |
| Brasil    | 2017 | 10,21                         |        | 0,1021   | 0,0003    |

|          |      |       |        |        |
|----------|------|-------|--------|--------|
|          | 2018 | 9,24  | 0,0924 | 0,0003 |
|          | 2019 | 6,81  | 0,0681 | 0,0002 |
|          | 2020 | 6,90  | 0,0690 | 0,0002 |
|          | 2021 | 10,31 | 0,1031 | 0,0003 |
| Chile    | 2017 | 4,53  | 0,0453 | 0,0001 |
|          | 2018 | 4,21  | 0,0421 | 0,0001 |
|          | 2019 | 3,14  | 0,0314 | 0,0001 |
|          | 2020 | 2,65  | 0,0265 | 0,0001 |
|          | 2021 | 5,65  | 0,0565 | 0,0002 |
| Colombia | 2017 | 6,464 | 0,0646 | 0,0002 |
|          | 2018 | 7,09  | 0,0709 | 0,0002 |
|          | 2019 | 6,078 | 0,0608 | 0,0002 |
|          | 2020 | 4,84  | 0,0484 | 0,0001 |
|          | 2021 | 8,135 | 0,0814 | 0,0002 |
| México   | 2017 | 7,72  | 0,0772 | 0,0002 |
|          | 2018 | 8,62  | 0,0862 | 0,0002 |
|          | 2019 | 6,84  | 0,0684 | 0,0002 |
|          | 2020 | 5,25  | 0,0525 | 0,0001 |
|          | 2021 | 7,556 | 0,0756 | 0,0002 |
| Perú     | 2017 | 5,813 | 0,0581 | 0,0002 |
|          | 2018 | 5,7   | 0,0570 | 0,0002 |
|          | 2019 | 4,211 | 0,0421 | 0,0001 |
|          | 2020 | 3,52  | 0,0352 | 0,0001 |
|          | 2021 | 5,915 | 0,0592 | 0,0002 |

*Nota.* EMBI representa el principal indicador del riesgo país y  $r_f$  significa la rentabilidad del activo sin riesgo. Datos adaptados de los diferentes bancos centrales de cada país, JP Morgan (2021).

#### Anexo 4 Costo de la deuda ( $K_b$ )

| N° | Empresa                             | $K_b$ |
|----|-------------------------------------|-------|
| 1  | Braskem S.A.                        | 0,07  |
| 2  | CEMIG.                              | 0,09  |
| 3  | Centrais Elétricas Brasileiras S.A. | 0,04  |
| 4  | COPEL                               | 0,06  |
| 5  | COSAN                               | 0,04  |
| 6  | CPFL ENERGIA                        | 0,03  |
| 7  | Energias do Brasil SA.              | 0,01  |
| 8  | Energisa SA                         | 0,05  |
| 9  | Eneva SA                            | 0,09  |



|    |   |      |
|----|---|------|
| 10 | Engie Brasil Energía S.A.                     | 0,04 |
| 11 | Equatorial Energía S.A.                       | 0,05 |
| 12 | Minerva ON                                    | 0,03 |
| 13 | Petro Rio SA                                  | 0,09 |
| 14 | Petróleo Brasileiro S.A.                      | 0,06 |
| 15 | Sabesp ON                                     | 0,10 |
| 16 | Companhia Siderúrgica Nacional                | 0,08 |
| 17 | Transmissora Alianca de Energía Eléctrica S.A | 0,06 |
| 18 | Grupo Carso SAB de CV                         | 0,06 |
| 19 | Colbun S.A.                                   | 0,02 |
| 20 | Engie Energía Chile S.A.                      | 0,02 |
| 21 | Enel Américas S.A.                            | 0,00 |
| 22 | Enel Chile S.A.                               | 0,02 |
| 23 | AES Gener S.A.                                | 0,01 |
| 24 | Empresas Copec S.A.                           | 0,04 |
| 25 | Aenza S.A.                                    | 0,09 |
| 26 | Volcán  | 0,05 |
| 27 | Ecopetrol                                     | 0,00 |
| 28 | Interconexion Eléctrica S.A. E.S.P.           | 0,04 |
| 29 | Grupo Energía Bogotá S.A. E.S.P.              | 0,01 |
| 30 | Celsia  | 0,06 |
| 31 | Pampa energía S.A.                            | 0,09 |
| 32 | YPF S.A.                                      | 0,57 |
| 33 | Central Puerto S.A.                           | 0,08 |
| 34 | Transener                                     | 0,10 |
| 35 | Edenor  | 0,10 |

*Nota.* Elaborado con base en S&P Capital IQ (2022).

## **Anexo 5** *Tasas impositivas del ejercicio fiscal 2021*

| <b>País</b> | <b>Tasa impositiva</b> |
|-------------|------------------------|
| Argentina   | 25,00%                 |
| Brasil      | 34,00%                 |
| Chile       | 27,00%                 |
| Colombia    | 31,00%                 |
| Ecuador     | 25,00%                 |
| México      | 30,00%                 |
| Perú        | 29,50%                 |

*Nota.* Elaborado con base en los regímenes tributarios de cada país.

## Anexo 6 Componentes para determinar los betas de la deuda ( $\beta_b$ )

| Empresa  | $K_b$ | $R_f$ | $R_m$ | $K_b - R_f$ | $R_m - R_f$ | $\beta_b$ |
|--|-------|-------|-------|-------------|-------------|-----------|
| Braskem S.A.                                   | 0,07  | 0,10  | 0,15  | -0,04       | 0,05        | -0,83     |
| CEMIG  | 0,09  | 0,10  | 0,15  | -0,01       | 0,05        | -0,25     |
| Centrais Eléctricas Brasileiras S.A.           | 0,04  | 0,10  | 0,15  | -0,06       | 0,05        | -1,40     |
| COPEL  | 0,06  | 0,10  | 0,15  | -0,04       | 0,05        | -0,94     |
| COSAN  | 0,04  | 0,10  | 0,15  | -0,06       | 0,05        | -1,28     |
| CPFL ENERGIA                                   | 0,03  | 0,10  | 0,15  | -0,07       | 0,05        | -1,59     |
| Energias do Brasil SA.                         | 0,01  | 0,10  | 0,15  | -0,10       | 0,05        | -2,10     |
| Energisa S.A.                                  | 0,05  | 0,10  | 0,15  | -0,06       | 0,05        | -1,24     |
| Eneva S.A.                                     | 0,09  | 0,10  | 0,15  | -0,02       | 0,05        | -0,37     |
| Engie Brasil Energía S.A.                      | 0,04  | 0,10  | 0,15  | -0,07       | 0,05        | -1,44     |
| Equatorial Energía S.A.                        | 0,05  | 0,10  | 0,15  | -0,05       | 0,05        | -1,19     |
| Minerva ON                                     | 0,03  | 0,10  | 0,15  | -0,08       | 0,05        | -1,63     |
| Petro Rio S.A.                                 | 0,09  | 0,10  | 0,15  | -0,02       | 0,05        | -0,35     |
| Petróleo Brasileiro S.A.                       | 0,06  | 0,10  | 0,15  | -0,05       | 0,05        | -1,05     |
| Sabesp ON                                      | 0,10  | 0,10  | 0,15  | -0,01       | 0,05        | -0,18     |
| Companhia Siderúrgica Nacional                 | 0,08  | 0,10  | 0,15  | -0,03       | 0,05        | -0,58     |
| Transmissora Alianca de Energía Eléctrica S.A. | 0,06  | 0,10  | 0,15  | -0,04       | 0,05        | -0,94     |
| Grupo Carso SAB de CV                          | 0,06  | 0,08  | 0,11  | -0,01       | 0,03        | -0,33     |
| Colbun S.A.                                    | 0,02  | 0,06  | 0,05  | -0,04       | -0,01       | 6,72      |
| Engie Energía Chile S.A.                       | 0,02  | 0,06  | 0,05  | -0,03       | -0,01       | 6,47      |
| Enel Américas S.A.                             | 0,00  | 0,06  | 0,05  | -0,05       | -0,01       | 10,00     |
| Enel Chile S.A.                                | 0,02  | 0,06  | 0,05  | -0,04       | -0,01       | 7,69      |
| AES Gener S.A.                                 | 0,01  | 0,06  | 0,05  | -0,05       | -0,01       | 8,39      |
| Empresas Copec S.A.                            | 0,04  | 0,06  | 0,05  | -0,01       | -0,01       | 2,26      |
| Aenza S.A.                                     | 0,09  | 0,06  | 0,10  | 0,03        | 0,04        | 0,87      |
| Volcán   | 0,05  | 0,06  | 0,10  | -0,01       | 0,04        | -0,14     |
| Ecopetrol                                      | 0,00  | 0,08  | 0,01  | -0,08       | -0,08       | 1,03      |
| Interconexion Eléctrica S.A. E.S.P.            | 0,04  | 0,08  | 0,01  | -0,04       | -0,08       | 0,57      |
| Grupo Energía Bogotá S.A. E.S.P.               | 0,01  | 0,08  | 0,01  | -0,07       | -0,08       | 0,90      |
| Celsia   | 0,06  | 0,08  | 0,01  | -0,02       | -0,08       | 0,28      |
| Pampa energía S.A.                             | 0,09  | 0,18  | 0,24  | -0,09       | 0,06        | -1,55     |
| YPF S.A.                                       | 0,57  | 0,18  | 0,24  | 0,39        | 0,06        | 6,49      |
| Central Puerto S.A.                            | 0,08  | 0,18  | 0,24  | -0,10       | 0,06        | -1,73     |
| Transener                                      | 0,10  | 0,18  | 0,24  | -0,09       | 0,06        | -1,45     |
| Edenor   | 0,10  | 0,18  | 0,24  | -0,09       | 0,06        | -1,45     |

Nota. Elaboración propia.