

**MODELO ECONÓMICO PARA LA INCORPORACIÓN DE GENERACIÓN  
CON FUENTES RENOVABLES NO CONVENCIONALES**



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO**

**CARRERA:  
INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de  
INGENIERO ELÉCTRICO**

**TEMA:  
MODELO ECONÓMICO PARA LA INCORPORACIÓN DE GENERACIÓN CON  
FUENTES RENOVABLES NO CONVENCIONALES**

**AUTOR:  
VINICIO RUBÉN MASABANDA DÁVILA**

**DIRECTOR:  
DIEGO FRANCISCO CARRIÓN GALARZA**

**Quito, Noviembre 2015**

## ***TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN***

### ***MODELO ECONÓMICO PARA LA INCORPORACIÓN DE GENERACIÓN CON FUENTES RENOVABLES NO CONVENCIONALES***

#### ***RESUMEN***

El estudio pretende encontrar los precios óptimos para incentivar la generación de electricidad a través del uso de energías renovables no convencionales tales como: hidráulica, eólica, fotovoltaica y biomasa. Para el efecto, mediante la resolución de un modelo matemático de optimización no lineal, se determinaran los precios que permitan al inversionista recuperar la inversión de forma oportuna y a su vez ofrecer la diversificación del Parque generador tomando en cuenta todos los parámetros necesarios para la favorable obtención de un valor económico acorde con el entorno energético, permitiendo así que la empresa privada invierta en el sector eléctrico. El desarrollo matemático se basa en una evaluación económica, en la cual se toma valores con los cuales se busca obtener un WACC acorde al entorno de mercado definiendo un costo ponderado de capital para encontrar la mínima tasa de retorno aceptable para un determinado proyecto, paralelo a esto, se incluye el modelo de optimización, los datos técnicos por tipo de tecnología, los costos tipo de inversión y operación, plazos de concesión, periodos preferentes de uso de recursos; y, los aspectos normativos que regulan la actividad de generación para la empresa privada.

#### ***ABSTRACT***

The study aims to find the optimal prices to encourage the generation of electricity through the use of non-conventional renewable energies such as hydro, wind, solar and biomass. For this purpose, by solving a mathematical model of nonlinear optimization, prices that allow the investor to recover the investment in a timely manner and in turn provide diversification generator Park taking into account all the parameters necessary for obtaining favorable be determined a commensurate economic value to the energy environment, thus allowing the private sector to invest in the power sector. The mathematical development is based on an economic assessment, in which values taken with which it seeks to obtain a WACC according to market environment by setting a weighted cost of capital to meet the minimum acceptable rate of return for a given project, parallel to this, the optimization model, the technical data by type of technology, the type of investment costs and operating concession terms, preferred resource usage periods included; and normative aspects that regulate the activity of generation for private enterprise

## ***INTRODUCCIÓN***

### ***Planteamiento del Proyecto***

El estudio tiene como finalidad analizar costos mediante un modelo matemático de optimización, la cual obtiene los precios referenciales para la promoción de tecnologías que usan energías renovables no convencionales para generar electricidad en particular la generación eólica, fotovoltaica, hidráulica y biomasa, definiendo costos tipo, y establecer un modelo económico para las tecnologías en mención, y la forma en la cual se fomentaría la construcción de nuevas centrales de generación eléctrica no convencional basado en los valores económicos resultado del modelo propuesto[1][2].

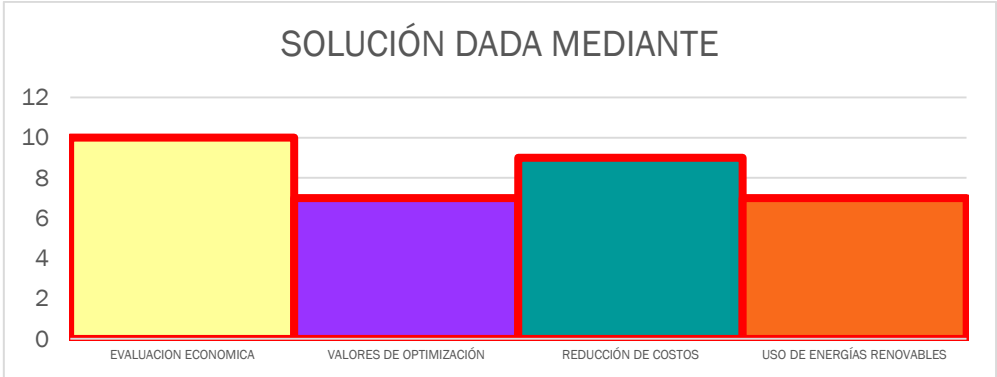
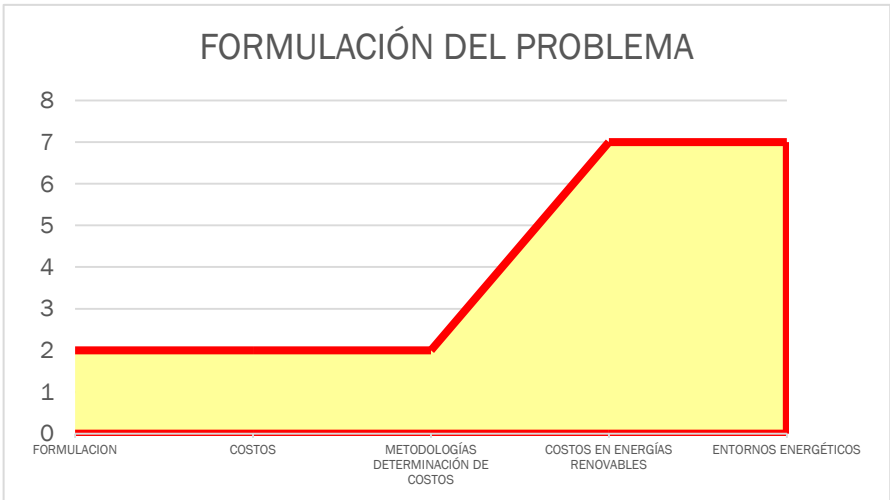
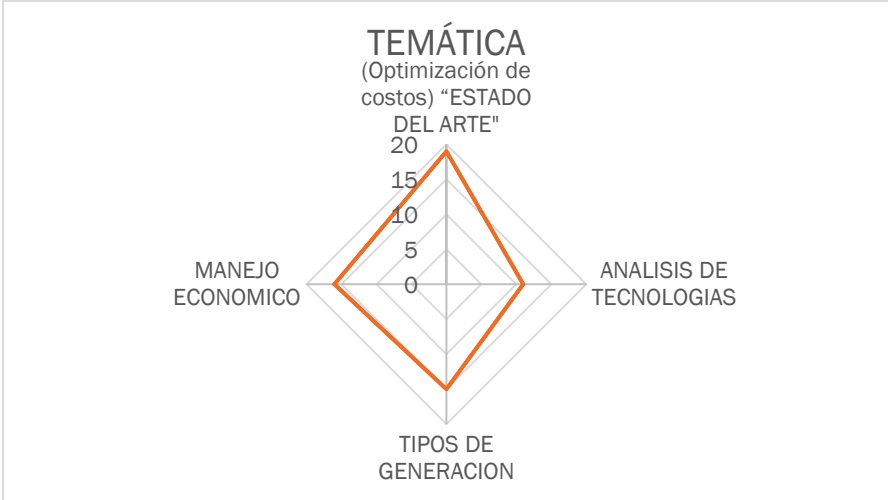
A fin de que el modelo de optimización encuentre valores óptimos en relación a los precios con los cuales deben reconocerse la energía producida por este tipo de generación, el modelo usara referencias económicas tipo, mismas que al integrarse a la optimización, arrojaran valores económicos por tipo que podrán ser comparados con los valores establecido por norma a nivel internacional mismos que han permitido regular la participación de los potenciales inversionistas privados dedicados a la actividad de generación, recuperando la inversión efectuada por la implementación de una central renovable no convencional. [1][2].El modelo matemático de optimización se basa en datos propuestos de diferentes entidades nacionales e internacionales para definir un modelo acorde al entorno energético en el cual se lo aplique obedeciendo decisiones de Estado y beneficios para los interesados en la implementación de las tecnologías renovables. Bajo las premisas señaladas, el presente artículo pretende definir valores que permitirán reconocer la inversión efectuada en los proyectos de generación que usan la energía renovable no convencional durante un plazo de tiempo previamente definido, dando así una señal coherente y atractiva para el desarrollo de proyectos de generación, minimizando los potenciales riesgos para la empresa privada y así lograr la incorporación de energía limpia, además de tener energía constantemente para el uso de diferentes usuarios y pago de costos bajos, obteniendo con la optimización réditos atractivos. [2].El modelo matemático minimizara los costos de operación, considerando para el efecto restricciones de ámbito económico y técnico tales como factor de planta, financiamiento, costos de operación, tasas de descuento, inflación anual, etc. [3][4].

En lo posterior este artículo se organiza de la siguiente manera. En la sección 2 se define los tipos de tecnologías, en el sección 3 se tiene los Análisis de tecnologías y características, en la sección 4 Costos tipo, en la sección 5 la evaluación económica y finalizamos con la sección 6.

1. Estado del Arte

PLANEACIÓN ÓPTIMA PARA DESPLIEGUE DE REDES DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA REQUERIDA POR SMART GRID																									
DATOS			TEMÁTICA			FORMULACIÓN DEL PROBLEMA			RESTRICCIONES DEL PROBLEMA			PROPUESTAS PARA RESOLVER EL PROBLEMA			SOLUCIÓN PROPUESTA										
ITEM	AÑO	TÍTULO DEL ARTÍCULO	REFERENCIA	(Optimización de costos) "ESTADO DEL ARTE"	ANÁLISIS DE TECNOLOGÍAS	TIPOS DE GENERACIÓN	MANEJO ECONÓMICO	FORMULACIÓN	COSTOS	METODOLOGÍAS DETERMINACIÓN DE COSTOS	COSTOS EN ENERGÍAS RENOVABLES	ENTORNOS ENERGÉTICOS	RENTABILIDAD	COSTOS TIPOS	COSTOS DE OPERACIÓN	FINANCIAMIENTO	DETERMINACIÓN DE COSTOS	MODELOS DE OPTIMIZACIÓN	COSTOS ADECUADOS DE INVERSIÓN	TIPO DE TECNOLOGÍAS	EVALUACIÓN ECONÓMICA	VALORES DE OPTIMIZACIÓN	REDUCCIÓN DE COSTOS	USO DE ENERGÍAS RENOVABLES	
1	2010	Optimal Renewable Resources Mix for Distribution System Energy Loss Minimization	Atwa, Y M El-Saadany, E F Salama, M M a Seethapathy, R	X	X	X	X	X					X		X				X	X					
2	2009	Steady-state modelling of hybrid energy system,	A. Gupta, R. P. Saini, and M. P. Sharma,	X		X	X		X			X								X					
3	2009	Incentive pricing for renewable generation in electricity markets	P. Nayeb-Vali, a. Rahimi-Kian, and M. a. Nekoui	X			X					X	X									X	X		X
4	2010	The relationship between electricity price and wind power generation in Danish electricity markets	W. Hu, Z. Chen, and B. Bak-Jensen.	X			X				X					X		X				X	X	X	X
5	2014	Energy Provisioning and Operating Costs in Hybrid Solar-Powered Infrastructure	M. S. Zefreh, T. D. Todd, and G. Karakostas,	X	X		X				X														
6	2014	Renewables 2014: Global Status Report - Key Findings	REN21	X			X		X			X													X







## 2. **OBJETIVOS**

### 1. **OBJETIVO GENERAL**

- Definir un modelo matemático econométrico que nos ayude a precisar costos de operación en centrales de generación eléctrica no renovable mediante la optimización de costos.

### 2. **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Definir costos de operación de 4 tecnologías renovables no convencionales.
- Desarrollar un modelo de optimización mediante el cual se obtenga los costos óptimos mínimos de operación.
- Encontrar la mínima tasa de retorno aceptable para los proyectos de generación a ser estudiados.
- Obtener un WACC acorde al entorno de mercado.

## 3. **METODOLOGÍA**

Se analiza el problema de optimización de precios, primero basados en datos de entidades gubernamentales y otros, definiendo un modelo matemático y utilizando una metodología cuantitativa para definir parámetros de comportamientos que fueron definidos como Medios operantes anuales considerados, Costos de comercio de energía considerados., Recuperación de los precio de negocio, tanto el aparato de financiamiento como los capitales naturales., Componente fijo de los costos de administración, operación y mantenimiento, Costo financiero de la deuda, Rentabilidad.

Para esto se utilizara un modelo matemático el cual nos ayudara a mejorar los valores de costos óptimos mínimos de operación analítica y matemática para la obtención de datos.

## 4. **DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN**

### **TIPOS DE GENERACIÓN**

#### **GENERACIÓN HIDRÁULICA**

Este tipo de centrales utiliza la energía cinética y se tomara en cuenta las centrales desde 10 Mw hasta 30Mw, en los que los costos de operación y mantenimiento además de valores de inversión tendrán costos entre 0.08 y 0.18 USD/Mwh. [5]. teniendo los siguientes tipos de tecnología de generadores hidráulicos:[6]

**Central de Paso:** Utiliza saltos de agua de pocos metros y no tiene embalse de tamaño considerable, este tipo de centrales no almacenan agua, por lo que la generación varía en función del caudal de los ríos según la temporada[7].

**Central de embalse:** Se almacena un volumen de agua sobre las turbinas, mediante la construcción de una o más presas que forman lagos artificiales, donde el embalse permite regular la cantidad de agua que pasa por las turbinas, mediante este sistema se puede generar energía eléctrica durante todo el año, estas centrales son más costosas que las centrales de paso[7].

## **GENERACIÓN EÓLICA**

### **Generación Eólica Terrestre (On Shore),**

Corresponde a una central eólica terrestre, que origina energía eléctrica por medio de un número de turbinas eólicas colocadas cercanas entre sí, y se introduce a la red en un punto de conexión. Desde la representación de un flujo de potencia eléctrico, esta generación funciona en similar con la generación convencional para abastecer energía eléctrica a la carga eléctrica[8].

### **Generación Eólica Marina (Off Shore)**

Este tipo de generación esta aplicada en áreas de mar abierto en los cuales existe un gran número de turbinas las que toman la energía de los vientos marinos y la convierten en energía eléctrica, siendo este tipo de generación costosa por la ubicación de las turbinas[8].

### **BIOMASA:**

Este tipo de energía se la obtiene de toda materia orgánica (materia vegetal y residuos agrícolas) que se pueda aprovechar, siendo energía almacenada en la biomasa a través de la fotosíntesis de las plantas, las cuales utilizan energía solar para convertir los compuestos inorgánicos que asimilan en compuestos orgánicos, tiene un ciclo térmico similar al de las centrales térmicas convencionales[9][10] [11]. Teniendo las Materias primas de biomasa que vienen en una variedad de formas y tienen diferentes propiedades que afectan a su uso para la generación de energía [10][11], además de conversión de biomasa teniendo un proceso por el cual las materias primas de biomasa se transforma en la forma de energía que se utilizará para generar calor y / o electricidad [10][11]. Y finalmente las tecnologías de generación teniendo una amplia gama de tecnologías de energía disponibles comercialmente probados que pueden usar la biomasa como una entrada de combustible [10][11].

## **GENERACIÓN FOTOVOLTAICA**

Este tipo de energía está basada en el choque de fotones de luz solar en las placas de material semiconductor de las celdas fotovoltaicas, donde se desprenden electrones de su última orbita, los cuales son recolectados y pueden formar una corriente eléctrica teniendo varios tipos, como son los generadores dispersos, los cuales son grupos de paneles que producen una baja cantidad de energía, instalados normalmente en áreas residenciales, además existen los generadores de mayor capacidad los cuales entregan energía de hasta los MW, y finalmente se tiene los generadores de apoyo de red siendo muy parecidos a una generación central de generación, siendo su objetivo principal sustentar a subestaciones en caso de ser necesario[12][7].

## MODELO MATEMÁTICO

### FORMULACIÓN

Se inicia con el costo de inversión privada (CIP)[13] en el que incluyen el costo de inversión (CI), Potencia generada (Pg) y el periodo de entrada de operación POC.

$$C_{IP} = \frac{P_g C_I}{P_{OC}} \quad (1)$$

En la ecuación (2) tenemos el costo de operación y mantenimiento (COMAn)[13] y el interés (i):

$$C_{OMA_n} = C_{OM} (1+i)^n \quad (2)$$

Los ingresos (I)[13] en el que se tiene un precio preferente (Pr) según la tecnología a ser utilizada, potencia generada (Pg), y un factor de planta (FP) de la generadora a ser construida en el lapso de un año, se muestra en la ecuación (3):

$$I = P_r (P_g) (FP) (8760) \quad (3)$$

Los egresos (En)[13] y los costos de inversión privada (CIPn) están definidos por la ecuación (4):

$$E_n = C_{OMA_n} + C_{IP_n} \quad (4)$$

Los flujos futuros (FFn)[13] se definen tomando en cuenta los datos de las ecuaciones (3) y (4) de la siguiente manera:

$$FF_n = I_n - E_n \quad (5)$$

Uno de los datos que ingresan en este análisis de la ecuación (6) es el VAN (valor actual neto) tomando en cuenta los flujos futuros (FFn), y datos anteriores como es el WACC.

$$FF_{n(VAN=0)} = \frac{FF_n}{(1+WACC)^n} \quad (6)$$

### OPTIMIZACIÓN

El problema de optimización minimiza el costo de operación de diferentes tipos de generación que se definió anteriormente. En expresiones más formales se definiría de la siguiente manera:

$$F.O. \quad \min \quad P_r = x \quad (7)$$

s.a.:

$$\frac{P_g C_I}{P_{OC}} - C_{IP} = 0$$

$$(C_{OM} (1+i)^n - C_{OMA_n})_1^n = 0$$

$$P_r (P_g) (FP) (8760) - I = 0$$

$$(C_{OMA_n} + C_{IP_n} - E_n)_1^3 = 0$$

$$(C_{OMA_n} - E_n)_4^n = 0$$

$$(I_n - E_n - FF_n)_1^n = 0$$

$$\frac{FF_n}{(1+WACC)^n} - FF_{n(VAN=0)}_1^n = 0$$

$$\sum_1^n FF_{n(VAN=0)} = 0$$

$$P_g \min \leq P_g \leq P_g \max$$

La función objetivo es lineal y representa minimizar el precio referencial de la energía, donde la ecuación (7) representa la función objetivo ya que se minimiza el precio preferente optimizando los valores de los precios preferentes de las tecnologías propuestas en este trabajo.

### ***COSTOS TIPO***

Para definir las bases de los costos y precios se tiene normas para la ejecución y funcionamiento de las centrales de generación de energía renovable, para lo cual se usa un modelo de simulación que permite manejar el precio de venta de energía al que debería acceder el generador y tener su renta mínima con una recuperación de la inversión en un periodo preferente y plazo de concesión definida por los reguladores. Teniendo como base los siguientes datos para el análisis con el programa de optimización[14].

Tabla 1. Datos referenciales de diferentes tecnologías

	EÓLICA	FOTOVOLTAICA	HIDRÁULICA	BIOMASA
Tasa de descuento	12,00%	12,00%	12,00%	12,00%
Inflación anual	3,81%	3,81%	3,81%	3,81%
C. de AO&M tipo	39,55	24,69	14,08	105,63
C. variable	0,000	0,000	0,000	0,005
Capital propio	30,00%	30,00%	30,00%	30,00%
Deuda	70,00%	70,00%	70,00%	70,00%
Período de precios preferentes	15	15	15	15
Plazo de Concesión	20	20	20	20
Período de entrada en operación comercial	1	1	3	1

### ***METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE COSTOS.***

La determinación del plazo que se aplicará en la recuperación de la inversión de los aspiraciones de generación tomados por la empuje privado considerará la siguiente información:[14]

- Técnica manejada para la obtención de energía eléctrica.
- Volumen de potencia a ser situada.
- Tiempo de existencia de los proyectos.

- Recursos operantes anuales estimados.
- Valores de venta de energía estimados.
- Rescate de todos los costos de inversión, tanto el elemento financiero como los capitales propios, etc.

A través de un proceso repetido, el cual supone varios programas de generación con otras circunstancias de los aspectos destacados inicialmente, se establecerá un plazo en tiempo dentro del cual el precio actual neto de los flujos financieros de los diferentes proyectos examinados permite la redención de la inversión, para lo cual se usa una tasa de descuento en función de la metodología del costo promedio ponderado de capital como se explicara posteriormente [14].

### ***EVALUACIÓN ECONÓMICA***

#### **Valor presente neto (VPN)**

El valor presente neto (VPN) es la contribución económica adicional que genera un proyecto[15], luego de obtener la tasa de rentabilidad que queremos ganar.[16] El valor presente neto (VPN) se basa en que el valor del dinero decrece con el tiempo. La fórmula del (VPN) se muestra a continuación [17]:

$$VPN = -I + \sum_{t=0}^N \frac{FC_t}{(1+WACC)^t} \quad (8)$$

Donde I, es la inversión inicial del proyecto, FC es el flujo de caja esperado en el periodo t, El WACC es el costo del capital promedio ponderado, y N es el número de periodos que va a durar el proyecto.

El VPN puede ser positivo, negativo o cero. Cuando el VPN es positivo, esto significa que el proyecto crea valor económico. En otras palabras, esto significa que el proyecto tiene una tasa de retorno por encima de la esperada comparada con una inversión alternativa con riesgo similar. En este caso el proyecto debe ser aceptado. En cambio si el VPN es negativo el proyecto debe ser rechazado.

#### **Costo promedio ponderado del capital (WACC)**

El WACC se calcula multiplicando el costo de la deuda y del capital por su peso o contribución en la financiación de la empresa. Luego de esto se suman estos dos factores [18]. La fórmula se muestra a continuación:

$$WACC = \frac{D}{(D+E)} \times Kd(1-t) + \frac{E}{(D+E)} \times Ke \quad (9)$$

Donde:

Ke= costo del capital

Kd= costo de la deuda

E= Valor de mercado del capital

D= Valor de mercado de la deuda

t= tasa de impuesto a la renta.

### **Modelo de valoración de Activos (CAPM Capital Asset Pricing Model)**

Para obtener el WACC para este estudio, primeramente necesitamos determinar el costo del capital ( $K_e$ ). Y se utiliza el modelo de valoración de activos conocido como CAPM [19]. Este modelo determina la tasa de retorno requerida basada en un premio de mercado, la cual debe ser suficiente para cubrir el riesgo no diversificable [20]. El CAPM es una simple relación que asocia el retorno particular de una acción con el retorno del portafolio total [21]. El CAPM es uno de los modelos financieros que se utilizan para determinar el precio apropiado de un activo [19].

La fórmula de este modelo es la siguiente:

$$CAPM = K_e = r_f + \beta x (RP - r_f) \quad (10)$$

Donde:

$K_e$ = costo del capital

$r_f$ = Tasa libre de riesgo

$\beta$ = Beta

$RP$ =Premio de mercado

Como los proyectos van a realizarse en el Ecuador, debemos hacer un cambio a la fórmula original del CAPM, añadiendo la tasa de riesgo país. Tomando en cuenta este cambio la fórmula del CAPM quedaría como sigue:

$$CAPM = \pi + r_f + \beta x (RP - r_f) \quad (10)$$

Donde:

CAPM= Capital Asset Pricing Model

$K_e$ = costo del capital

$\pi$  = Tasa de riesgo país.

$r_f$ = Tasa libre de riesgo

$\beta$ = Beta

$RP$ =Premio de mercado.

Ahora podemos determinar el WACC, aplicable a las siguientes energías renovables no convencionales: hidroeléctrica, fotovoltaica, hidráulica y biomasa.

Primeramente, vamos a resolver el modelo CAPM:

$\pi$  = La tasa de riesgo país es un concepto económico que ha sido discutido académica y empíricamente, aplicando metodologías de la más variada naturaleza. Una de estas metodologías es el EMBI (Emerging Markets Bonds Index) desarrollado por JP Morgan Chase. El EMBI es un índice del mercado de bonos de países emergentes, que refleja el movimiento en los precios de las acciones comercializadas en moneda extranjera. Este índice se expresa como un margen adicional a los bonos del tesoro de Estados Unidos [22].

En este caso vamos a utilizar el índice EMBI del Ecuador, publicado 1 de septiembre del 2014. Este valor corresponde a 316 puntos básicos o 7,01% [22].

rf=Como estos proyectos de energía son de largo plazo, vamos a utilizar, la tasa de los bonos del tesoro de Estados Unidos para 30 años. Este valor es igual a 2,99% [23][24].

$\beta$ = El coeficiente beta es un concepto en el mundo de las finanzas que mide el riesgo de una acción. La diferencia entre la Beta ( $\beta$ ) de una acción y 1.0 está expresado en su porcentaje de volatilidad. Una beta con valor de 1,5 es 50% más volátil que el mercado. De forma similar una beta de 0,5 sería 50% menos volátil que el mercado. En nuestro caso, tenemos que escoger la beta del sector de energía eléctrica. Hemos obtenido esta información de un estudio de la Universidad de Nueva York Stern (NYU)[24], basado en la información de la bolsa de valores de Nueva York (NYSE). En este caso la beta desapalancada para el sector eléctrico es 0.49. Hemos escogido la beta desapalancada y no la beta apalancada para aislar el efecto de la deuda y de los impuestos de Estados Unidos. Una vez aislado este efecto, para obtener la beta aplicable a este estudio, debemos volver a apalancar la misma con los impuestos del Ecuador y el objetivo deuda/capital de los proyectos. Para realizar esto último, utilizaremos la siguiente formula:

$$\beta_{apalancada} = \beta_{despalancada} \left[ 1 + (1-t) \times \frac{D}{E} \right] \quad (11)$$

Donde:

t= tasa de impuesto a la renta

D=deuda

E=capital

Aplicando esta fórmula la beta apalancada es igual a 0,85 RP=El retorno del portafolio o premio de mercado, es el rendimiento histórico de un índice representativo de la bolsa de valores como el índice Standard and Poor's 500 (S&P500). Siendo el mayor índice de la bolsa de Nueva York y es considerado el índice más representativo del mercado de capitales en la actualidad. Para obtener el retorno del portafolio se hace un promedio de este índice desde que empezó a operar hasta diciembre del 2014. Este valor corresponde a 6,68%. Después de obtener el costo del capital, ahora si podemos resolver el WACC, el cual utilizaremos en el modelo matemático que nos permitiría visualizar las tarifas óptimas para los cuatro tipos de energía renovable

La fórmula de cálculo se muestra en la siguiente tabla, con los datos antes mencionados:

*Tabla 2. Calculo del capital (Ke)*

Descripción	Terminology	Value
Tasa libre de riesgo	rf	2.99%
Bonos del tesoro a 30 años (1)		
Tasa de riesgo país (EMBI) (2)	$\pi$	7.01%
Rendimiento promedio	RP	6.68%

S&P 500 1950-2013

Beta de la industria	$\beta$	0.85
Costo del Capital ( $K_e$ )		13.14%

Para obtener el valor CAPM tomamos la ecuación (10) llamado Modelo de Valoración de Activos. La estructura de capital que vamos a utilizar para determinar la estructura de tarifas óptimas será: 70% con deuda y 30% con capital propio. Una vez hecho esto el WACC tomado de la ecuación (9) sería por lo tanto, la tasa mínima que deben rendir los cuatro proyectos eléctricos obteniendo 12,09%.

### **Comparación de resultados y simulación.**

El procedimiento de optimización arroja valores acorde a referencias internacionales

*Tabla 3. Comparación de precios preferentes y optimizados*

Tecnología	Precios preferentes	Precios optimizados
Fotovoltaica	0.4003	0.147
Eólica (on shore)	0.0913	0.04
Biomasa	0.1105	0.062
Hidráulica 10-30 Mw	0.096	0.086

Estos valores fueron obtenidos mediante la herramienta de MATHLAB denominada myfun, la cual toma el valor del precio referencial para ser incluida en las diferentes ecuaciones de restricción y ser optimizada en el menor valor teniendo hasta 1000 iteraciones.

### **5. RESULTADOS ESPERADOS**

1. Se encontró valores acorde con la realidad del entorno energético.
2. Se tiene que al realizar este trabajo los valores difieren de ya que al tener valores WACC actualizados y referenciados en mercados económicos internacionales dan más exactitud en la obtención de costos.
3. El Modelos de optimización entrega datos minimizados atractivos a potenciales inversionistas.
4. Al utilizar un modelo de valoración de activos se entrega valores, los cuales conceden una tasa de retorno suficiente para cubrir el riesgo no diversificable.

### **6. ESTRATEGIA PARA LA DIVULGACIÓN DE LOS RESULTADOS**

Dentro de las estrategias de divulgación se plantean las siguientes:



1. Exposición escrita final como fruto de la tesis. El informe será entregado a biblioteca UPS
2. Reuniones Científicas de Ingeniería Eléctrica.

## **7. SECTORES BENEFICIADOS**

Los sectores beneficiados con el proyecto son los siguientes:

- Sectores eléctricos atraídos a este tipo de proyectos.
- Grupos de inversión interesados en diversificar el entorno energético.
- Sectores públicos y privados relacionados al tema de investigación.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

- El presente estudio determina las condiciones referenciales para el tratamiento de energías renovables no convencionales, ya que se tiene para fotovoltaicas un costo referencial de 0.4003 c/USD estipulado en la regulación 004-11 del CONELEC, que fue comparado con el modelo de optimización propuesto y obteniendo un precio de 0.147 c/USD, demostrando que se puede definir nuevos precios referenciales para las energías renovables no convencionales.
- El modelo de valoración de activos CAPM, nos permite acercarnos a un valor de tasa mínima para la obtención de rentas del inversionista con lo cual se llegó a un alcance del 12% de utilidad por cada tecnología de generación.
- Se observa que los valores entregados por el software desarrollado en MATLAB está acorde con la realidad que cualquier otro cálculo de terceros programas ya que en una simulación de prueba en Excel se tiene una variación de entre 3% y 2% en promedio que en la regulación 004-11 y comparado con la optimización realizada.
- En el caso de la energía fotovoltaica se recomienda excluirla por el alto costo relativo a las otras, ya que se podría incentivar las otras energías renovables no convencionales con resultados menos impactantes en el sector eléctrico.
- Se encuentra que la industria y mercado económico de nuestro país es muy pequeño pues se necesitó valores del mercado internacional para realizar los cálculos del CAMP.