

# MINISTERIO DEL AMBIENTE, AGUA Y TRANSICIÓN ECOLÓGICA



## PROGRAMA DE APOYO A LA NDC (NDC SP)

### Informe del ejercicio piloto de la aplicación de la Metodología Análisis de flujos de financiamiento e inversión - IFF

Diciembre 2021

## **MINISTRO DE AMBIENTE, AGUA Y TRANSICIÓN ECOLÓGICA**

Gustavo Manrique

## **SUBSECRETARIA DE CAMBIO CLIMÁTICO**

Karina Barrera

## **EQUIPO TÉCNICO**

### **Elaboración:**

Andrea Ricaurte (NDC-SP)

Mónica Herrera (NDC-SP)

Manuel Toapanta (Consultor NDC-SP)

### **Revisión y validación:**

Christian López (NDC-SP)

Claudio Sánchez (NDC-SP)

Gabriela Vargas (MAATE)

Inés Arias (MAATE)

Javier Buenaño (NDC-SP)

Selene Défaz (NDC-SP)

### **Con el apoyo de:**

Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) mediante el Programa de Apoyo a la Contribución Determinada a Nivel Nacional NDC-SP.

### **En articulación con:**

Ministerio de Economía y Finanzas y Secretaría Nacional de Planificación de Ecuador.

### **Créditos**

Subsecretaría de Cambio Climático del Ministerio de Ambiente Agua y Transición Ecológica con apoyo del PNUD.

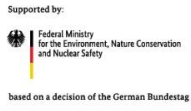
***Debe citarse:*** MINISTERIO DEL AMBIENTE, AGUA Y TRANSICIÓN ECOLÓGICA DEL ECUADOR. 2022, Informe del ejercicio piloto de la aplicación de la Metodología Análisis de flujos de financiamiento e inversión - IFF. Quito, Ecuador.

Copyright © PNUD [2022]

Todos los derechos reservados

Elaborado en Ecuador

El PNUD autoriza la reproducción parcial o total de este contenido, siempre y cuando se realice sin fines de lucro y se cite la fuente de referencia.



El Programa de apoyo NDC es implementado por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica con el apoyo del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD. Cuenta con el aporte de:



## Contenido

1. ANTECEDENTES .....	6
2. APLICACIÓN METODOLÓGICA.....	6
PASO 1. DEFINIR PARÁMETROS CLAVES DE EVALUACIÓN .....	7
PASO 2. COMPILAR DATOS HISTÓRICOS DE FLUJOS DE CAPEX Y OPEX .....	9
PASO 3. DEFINIR ESCENARIO BASE .....	10
PASO 4. OBTENER ESTIMACIONES IFF PARA EL ESCENARIO BASE .....	10
PASO 5. DEFINIR ESCENARIO DE MITIGACIÓN .....	10
PASO 6. OBTENER LAS ESTIMACIONES DE IFF PARA EL ESCENARIO DE MITIGACIÓN.....	11
PASO 7. OBTENER LAS DIFERENCIAS (NECESIDAD Y BRECHAS DE FINANCIAMIENTO OGE&EE) .....	17
3. CONCLUSIONES .....	19
4. RECOMENDACIONES .....	20
5. BIBLIOGRAFÍA.....	20

## Índice de ilustraciones

Ilustración 1: Test Raíces Unitarias.....	12
Ilustración 2: Característica Polinomial de Raíces Unitarias .....	13
Ilustración 3: Resultados modelo de inflación de energía .....	13
Ilustración 4: Inflación energía real vs. inflación de energía ajustada .....	14
Ilustración 5: Correlación entre variables .....	14
Ilustración 6: Test de auto correlación o correlación serial .....	15
Ilustración 7: Test de heterocedasticidad .....	16
Ilustración 8: Proyección de la inflación de energía al año 2030.....	16

## Índice de tablas

Tabla 1: Definiciones escenario base .....	10
Tabla 2: Definición escenarios de mitigación .....	11
Tabla 3. Necesidad de financiamiento 2021-2030 .....	17
Tabla 4: Diferencias Flujos de Inversión .....	18

## Listado de acrónimos, abreviaturas y siglas

Acrónimos /abreviaturas	Descripción
ACB	Análisis Costo-Beneficio
BCE	Banco Central del Ecuador
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
COA	Código Orgánico del Ambiente
ENCC	Estrategia Nacional de Cambio Climático
FCF	Flujo de Caja Financiero
FF	Flujos de Financiamiento
FI	Flujos de Inversión
GEI	Gases de Efecto Invernadero
IFF	Evaluación de Flujos de Inversión y de Financiamiento
INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censos
MAATE	Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica
MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería
MEF	Ministerio de Economía y Finanzas
MERNNR	Ministerio Energía y Recursos Naturales No Renovables
MPCEIP	Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca
NDC	Contribución Determinada a nivel Nacional
OGE&EE	Proyecto de Eficiencia Energética en el sector petrolero
OLADE	Organización Latinoamericana de Energía
PI-NDC	Plan de Implementación de la NDC
PLANACC	Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático
PLANMICC	Plan Nacional de Mitigación al Cambio Climático
RCOA	Reglamento al Código Orgánico del Ambiente
SNP	Secretaría Nacional de Planificación
SRI	Servicio de Rentas Internas

## INFORME EJERCICIO PILOTO IFF

### 1. Antecedentes

El cambio climático es considerado como un gran desafío que debe enfrentar la humanidad debido a que las variaciones climáticas pueden ocasionar catástrofes naturales generando un impacto negativo principalmente en el desarrollo socio económico. En consecuencia, el Ecuador pese a ser un país que genera emisiones relativamente bajas de Gases de Efecto Invernadero (GEI), ratificó la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) en el año 1993 y el Protocolo de Kioto en 2000.

En la Constitución de la República del Ecuador del año 2008, el país fue uno de los pioneros en reconocer los derechos de la naturaleza, considerando la biodiversidad, los recursos naturales, la naturaleza, la tierra, el agua y el medio ambiente, entre otros. Todo este marco legal ha contribuido a fortalecer la conservación del ambiente y el enfoque del desarrollo sostenible. Posteriormente, el 1 de julio del año 2009, mediante Decreto Ejecutivo N° 1815, la mitigación y adaptación al cambio climático fueron declaradas como políticas de Estado.

De su lado, el MAATE es la Autoridad Nacional Ambiental responsable del diseño e implementación de políticas y herramientas que permitan generar e implementar acciones y medidas para la mitigación y adaptación al cambio climático a través de la Subsecretaría de Cambio Climático (SCC).

En concordancia con la necesidad presentada, una de las herramientas que permiten generar la implementación de medidas y acciones que contribuyen a la mitigación y adaptación al cambio climático es la evaluación de flujos de inversión. De igual forma, la cuantificación de los flujos de inversión puede servir de insumo para las negociaciones del Ecuador ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, pues permitirá tener claridad al negociar el financiamiento de una iniciativa o acción.

Bajo este contexto, el MAATE a través del proyecto NDC SP ha aplicado la metodología de “EVALUACIÓN DE FLUJOS DE INVERSIÓN Y FINANCIAMIENTO PARA EL CAMBIO CLIMÁTICO” (IFF) con apoyo el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), la cual busca evaluar los flujos de inversión y de financiamiento para hacer frente al cambio climático.

### 2. Aplicación metodológica

La metodología del análisis de los flujos de inversión y financiamiento desarrollada por el PNUD busca evaluar los cambios en inversiones de activos físicos y las medidas programáticas requeridas para mitigar las emisiones de GEI y la adaptación al cambio climático (PNUD 2009). Estos cambios se denominan “Flujos de inversión y de financiamiento (IFF)”.

La metodología de evaluación de flujos de inversión y financiamiento tiene como objetivo lo siguiente (PNUD 2009):

- Determinar los costos monetarios de las medidas para abordar el cambio climático con el uso de flujos de I&F desglosados en años y entidades de inversión; se realiza el análisis de cómo estos flujos de I&F tienen que cambiar para alcanzar el escenario de la adaptación/mitigación;
- Determinar las entidades que son responsables de esas inversiones y las fuentes de sus fondos de inversión; y
- Proporcionar información necesaria para evaluar los instrumentos de políticas que se hayan empleado para inducir a aquellas entidades a invertir en las medidas propuestas.

Esta metodología distingue entre dos tipos distintos de inversiones: flujos de inversión (FI) y flujos de financiamiento (FF). Los FI se definen como los montos asociados al costo de capital de un activo físico con una vida útil mayor de un año. Cabe indicar que la metodología solo considera activos físicos nuevos, es decir, excluye activos físicos existentes; además, excluye las inversiones en activos financieros (como valores y bonos); sin embargo, sí se incluyen gastos de inversión usados para reconvertir o ampliar un activo físico existente (PNUD 2009).

Los flujos de financiamiento FF se definen como los gastos de inversión necesarios para la implementación de medidas programáticas relacionadas con la sociedad y el medio ambiente (PNUD 2009).

Para ello, se vio la posibilidad de aplicar el IFF en dos iniciativas de mitigación: proyecto eólico Villonaco y proyecto de Eficiencia Energética en el sector petrolero (OGE&EE). Sin embargo, la etapa 2 y 3 de Villonaco por ser una iniciativa implementada desde una empresa privada, no cumple con los requisitos para aplicar el IFF pues ya cuenta con los fondos disponibles para su implementación.

De su lado, a partir del acercamiento con Petroamazonas, empresa pública a cargo de la ejecución del proyecto OGE&EE (implementado desde 2009), se vio pertinente y factible la generación de los escenarios que la metodología sugiere con la información proporcionada por este proyecto.

A continuación, se describen los pasos contemplados en la metodología IFF para el caso del programa seleccionado OGE&EE.

### **Paso 1. Definir parámetros claves de evaluación**

Para la aplicación de la metodología IFF se consideran iniciativas que conforman la NDC y para conocer si se disponía de información financiera desagregada con un horizonte de tiempo mínimo de 5 años, se mantuvieron varias reuniones con expertos de diferentes sectores, identificándose que la mayoría de iniciativas no cuentan con información desagregada ni histórica de costos de operación y mantenimiento (OPEX), capital e inversión (CAPEX), por cuentas contables y fuentes de financiamiento.

Por lo antes expuesto, se planteó aplicar y desarrollar esta metodología como un caso de estudio en la iniciativa denominada “Programa de Optimización, Generación Eléctrica y Eficiencia Energética en el Sector Petrolero (OGE&EE)”, la cual posee información anualizada por 11 años y cuenta con datos desagregados de los costos de capital (CAPEX, por sus siglas en inglés) y los costos de operación y mantenimiento (OPEX, por sus siglas en inglés). Sin embargo, cabe mencionar que, esta iniciativa posee limitantes de información en lo

que respecta a desagregación de OPEX a nivel de proyectos, así como en clasificación de fuentes de financiamiento.

### **Generalidades Programa OGE&EE**

El Programa de OGE&EE surgió ante la necesidad de aprovechar el gas asociado que se quemaba en los flares<sup>1</sup> de los campos petroleros reduciendo de esta manera el consumo de diésel para generación eléctrica en estos campos (PETROAMAZONAS EP 2017), es decir, busca solucionar el consumo de los combustibles fósiles como el diésel y fuel oil como principal fuente de energía primaria para la producción de energía eléctrica en las instalaciones de extracción petrolera, la misma que es necesaria para el desarrollo de los procesos de bombeo y traslado de fluidos. Otro de los problemas que se busca solventar, son las emisiones de GEI generadas por la quema de gas asociado, que es comúnmente visto como un desecho en la industria petrolera.

Por la problemática existente, desde el año 2009 la compañía nacional petrolera Petroamazonas EP ahora PETROECUADOR EP ha implementado el Programa Optimización de la Generación Eléctrica y Eficiencia Energética (OGE&EE), el cual optimiza el gas asociado y genera electricidad a través de la implementación del Sistema Eléctrico Interconectado Petrolero Extendido (SEIP-E) con el fin de satisfacer la demanda eléctrica de sus procesos, así también la de las comunidades que se encuentran dentro del área de influencia (PETROAMAZONAS EP 2017).

Este programa está compuesto por 44 proyectos concluidos, 72 proyectos planificados desde el año 2020 hasta el 2022 y luego de los análisis respectivos efectuados en conjunto con los especialistas técnicos se seleccionaron únicamente 42 proyectos planificados y 4 finalizados para este estudio.

La ejecución del programa OGE&EE ha logrado reducir las emisiones de GEI al ambiente a lo largo del tiempo, ya que se ejecuta en los campos petroleros administrados por el Estado ecuatoriano (PETROAMAZONAS EP 2017); y sus objetivos básicos son:

- Reducir la “huella humana” (impacto al ambiente) por barril de petróleo extraído.
- Optimizar los recursos energéticos existentes (de menor costo y menor impacto al ambiente) dentro de la Industria Petrolera.
- Eliminar el uso del diésel y reducir el uso de crudo para la generación eléctrica.
- Optimizar el gas asociado para la producción de GLP y energía eléctrica.
- Desarrollar un sistema de transmisión/distribución robusta con el fin de entregar energía de menor costo e impacto al ambiente a los diferentes usuarios (Operadoras Petroleras y poblaciones dentro del Área de influencia).

El potencial transformacional del programa OGE&EE se resumen en los siguientes puntos:

- Reducir las importaciones de diésel para la generación de electricidad en las instalaciones petroleras.

---

<sup>1</sup> Un tipo de mecheros gigantes que permiten una combustión controlada del gas residual procedente de la extracción de petróleo.

- Ser autosuficientes energéticamente en el sector petrolero.
- La interconexión del sistema eléctrico petrolero extendido con el Sistema Nacional Interconectado (SNI).

## Paso 2. Compilar datos históricos de flujos de CAPEX y OPEX

Para el programa objeto de análisis, se ha identificado la siguiente información en los reportes CAPEX y OPEX:

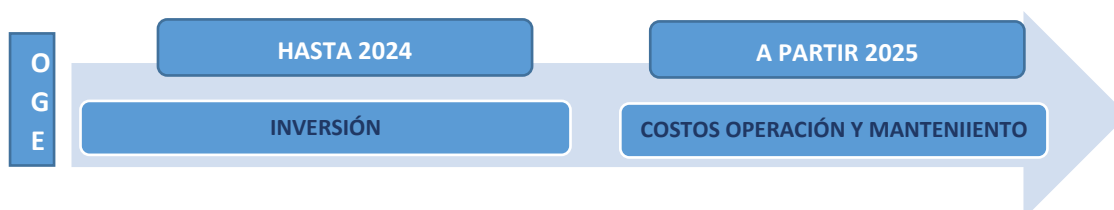
### Proyectos finalizados comprendidos entre el año 2009 y 2020

La base de datos históricos de proyectos finalizados del programa OGE&EE posee flujos de capital comprendidos desde el año 2009 hasta el año 2020, los cuales se encuentran clasificados por los siguientes rubros:

- **Ingeniería**  
Contempla la inversión destinada a ingeniería básica y de detalle.
- **Procura**  
Incluye inversión para adquisición de activos (transformadores, tuberías, cables, tanques de almacenamiento, motores, maquinaria, entre otros).
- **Construcción**  
Inversiones en infraestructura física y tecnológica.
- **Comisionado**  
Corresponde a inversiones con terceros para servicios especializados de control, fiscalización, seguridad y otros necesarios para el normal funcionamiento.

Los rubros anteriormente mencionados comprenden inversiones destinadas a la compra o adquisición de activos físicos necesarios para el propio funcionamiento del programa. Sin embargo, el rubro denominado "Comisionado" posee dos sub cuentas que guardan relación con actividades programáticas medioambientales las cuales son: Servicios Medio Ambiente SSA y Relaciones comunitarias; y, conforme lo indicado por los profesionales de PETROECUADOR, estas dos subcuentas representan el 1% del total de rubro comisionado y es ese porcentaje el que se considera como flujo de financiamiento (FF).

Este programa posee una planificación de inversión hasta el año 2024, lo que significa que a partir del año 2025 solo incurriría en costos de O&M.



### Proyectos por ejecutarse desde el año 2020 al año 2024

En relación con la planificación de inversiones futuras en OGE&EE, se dispone de una base anualizada de 72 proyectos planificados desde el año 2020 al 2024. No obstante, conforme lo indicado por los técnicos de

PETROECUADOR EP, los 72 proyectos no están relacionados con el programa OGE&EE, y luego de los análisis respectivos efectuados en conjunto con los especialistas del NDC SP se seleccionaron solamente 42 proyectos. Cabe indicar que, esta base de información no se encuentra desagregada por rubros tal como la base de proyectos finalizados.

La base histórica de flujos de O&M cuenta con datos desde el año 2010 hasta el año 2020, pero este flujo posee el total del costo de operación y mantenimiento de la empresa PETROAMAZONAS EP, es decir, no se dispone de información desagregada por cada proyecto que conforma el programa OGE&GG.

### Costos de Operación y Mantenimiento totales del 2010 al 2020

Los costos de operación y mantenimiento proporcionados por PETROECUADOR EP corresponden a la totalidad del funcionamiento de la empresa y luego del análisis efectuado por los técnicos de la empresa, se estableció que aproximadamente el 61% guarda relación con el programa OGE&EE. En este sentido, para obtener los costos de O&M inherentes a este programa se requiere multiplicar el valor total facilitado por el 61%. Los datos históricos en el formato de la metodología IFF se muestran en el Anexo 1.

### Paso 3. Definir Escenario Base

El escenario base o Business As Usual (BAU) se lo estableció con base en los siguientes criterios:

- No existe inversión posterior al año 2024.
- El único rubro que permanece hasta el año 2030 son los costos de O&M.
- Los costos de O&M se proyectan en función de la inflación promedio comprendida entre el año 2009 al 2020<sup>2</sup>.

### Paso 4. Obtener estimaciones IFF para el escenario base

La proyección de los OPEX se realizó en función de la inflación promedio, es decir, se multiplica el último año de la serie por la tasa de inflación promedio del Ecuador en el periodo comprendido entre el 2009 y 2020.

Por lo anteriormente mencionado, el escenario BAU se definió de la siguiente manera:

**Tabla 1: Definiciones escenario base**

Variables proyectadas	Temporalidad	Tipo de proyección	Método de proyección	Proyección en función de
OPEX	2021 – 2030	Univariante	Tasa de variación	Inflación promedio anual (2009 -2020)

### Paso 5. Definir Escenario de mitigación

El escenario de mitigación se lo estableció bajo los siguientes parámetros:

- Existe inversión posterior hasta el año 2030.

<sup>2</sup> La inflación promedio se obtiene de la Serie de la Variación Acumulada del Índice General Nacional publicada por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC).

- Se establece un primer escenario proyectando los flujos de CAPEX y OPEX en función de la inflación de energía. El modelo para calcular esta inflación se lo describe en la siguiente sección.
- Se establece un segundo escenario de proyección de flujos de CAPEX y OPEX en función de la tasa de crecimiento, el cual se relaciona con la tasa de variación de la demanda de energía y la diversificación de fuentes de energía del programa OGE&EE.

Los escenarios se definieron de la siguiente manera:

**Tabla 2: Definición escenarios de mitigación**

Escenarios	Variables proyectadas	Temporalidad	Tipo de proyección	Método de proyección	Proyección en función de
M1	CAPEX	2021-2030	Multivariante	Vector autorregresivo Var. dependiente inflación energía. Var independientes: VAB petrolero y Demanda de Energía	Inflación de energía proyectada (2021 -2030)
	OPEX				
M2	CAPEX		Univariante	Tasa de variación	Tasa de variación promedio resultante de la tasa de variación de demanda de energía y tasa de diversificación de tipo de energía propias del programa OGE&EE
	OPEX				

Fuente: Información OGE&EE

Elaboración: MAATE-NDC SP

## Paso 6. Obtener las estimaciones de IFF para el escenario de mitigación

Se consideran 2 escenarios de mitigación

- Relacionado con la proyección de flujos de CAPEX y OPEX en función de la inflación de energía.
- Recoge la tasa de crecimiento de la demanda de energía y la tasa de diversificación de la energía usada por el programa OGE&EE.

A continuación, se describen los modelos aplicados:

## Modelo 1.- Proyección de inflación de energía

Debido a la falta de un horizonte temporal no fue posible realizar un modelo causal en el cual se puedan definir los factores que influyen en el flujo de inversión del programa OGE&EE. Sin embargo, con la finalidad de establecer un modelo que se ajuste a variables relacionadas con la energía, se realizó la proyección de CAPEX y OPEX en función del índice de precios del consumidor (IPC) de las categorías que tienen relación con los combustibles<sup>3</sup>, ya que el sistema OGE&EE busca reducir la demanda de diésel. Para la proyección de la inflación de la energía se usó la metodología Box – Jenkins de proyección de series temporales. Esta metodología se describe en el Anexo 2.

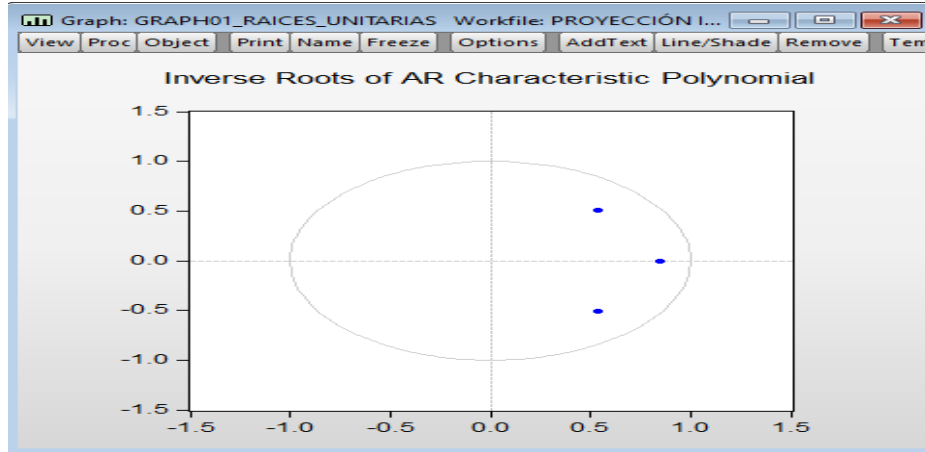
Bajo este contexto, se procedió a aplicar el siguiente modelo:

$$\text{Inflación de energía (y)} = \text{PIB petrolero (x1)} + \text{oferta de energía (x2)} + c$$

Una vez establecido el modelo multivariante anteriormente mencionado, se procedió a modelarlo en el software informático E-views con las variables: inflación de energía, PIB petrolero y Oferta de energía, y se obtuvieron los siguientes resultados:

- En primer lugar, se realizó la prueba de raíces unitarias con el fin de determinar si las series son o no estacionarias<sup>4</sup>. En el siguiente gráfico se puede observar cómo no existen raíces unitarias ya que todas las variables se encuentran dentro del círculo unitario.

*Ilustración 1: Test Raíces Unitarias*



Fuente: (BCE 2021) (INEC 2021)  
Elaboración: MAATE-NDC SP

- Posteriormente, se obtuvo la tabla de características de las raíces unitarias la cual indica que el valor de modulo es menor a 1, por lo tanto, no existen raíces unitarias.

<sup>3</sup> La inflación de energía se obtuvo a partir del Promedio anual del Índice de Precios de las siguientes categorías: Alojamiento, agua, electricidad, gas y otros combustibles; Electricidad, gas y otros combustibles; y Electricidad (ND). Estos datos fueron obtenidos de los datos publicados por el INEC.

<sup>4</sup> Una serie es estacionaria cuando es estable a lo largo del tiempo, es decir, cuando la media y varianza son constantes en el tiempo.

### Ilustración 2: Característica Polinomial de Raíces Unitarias

Root	Modulus
0.847253	0.847253
0.540204 - 0.504386i	0.739070
0.540204 + 0.504386i	0.739070

No root lies outside the unit circle.  
VAR satisfies the stability condition.

Fuente: (BCE 2021) (INEC 2021)

Elaboración: MAATE-NDC SP

- A continuación, se procedió a estimar un modelo VAR con un retardo, obteniendo los siguientes resultados:

### Ilustración 3: Resultados modelo de inflación de energía

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	0.476704	0.233799	2.038943	0.0504
C(2)	0.029937	0.036732	0.815009	0.4215
C(3)	0.029179	0.013073	2.231937	0.0332
C(4)	-0.595118	0.434462	-1.369781	0.1809
C(5)	-0.849001	0.443601	-1.913884	0.0652
C(6)	0.868849	0.069695	12.46653	0.0000
C(7)	0.028090	0.024805	1.132439	0.2664
C(8)	1.300909	0.824330	1.578141	0.1250
C(9)	-7.763079	3.752391	-2.068835	0.0473
C(10)	-0.435362	0.589541	-0.738476	0.4660
C(11)	0.582108	0.209822	2.774296	0.0094
C(12)	8.845235	6.972950	1.268507	0.2144

Determinant residual covariance: 4.55E-09

Equation: INFLACION\_ENERGIA = C(1)\*INFLACION\_ENERGIA(-1) + C(2)\*OFERTA\_ENERGIA(-1) + C(3)\*VAB\_PETROLERO(-1) + C(4)

Observations: 14

		Mean dependent var	
R-squared	0.570612		0.016848
Adjusted R-squared	0.441796	S.D. dependent var	0.021364
S.E. of regression	0.015962	Sum squared resid	0.002548
Durbin-Watson stat	2.239453		

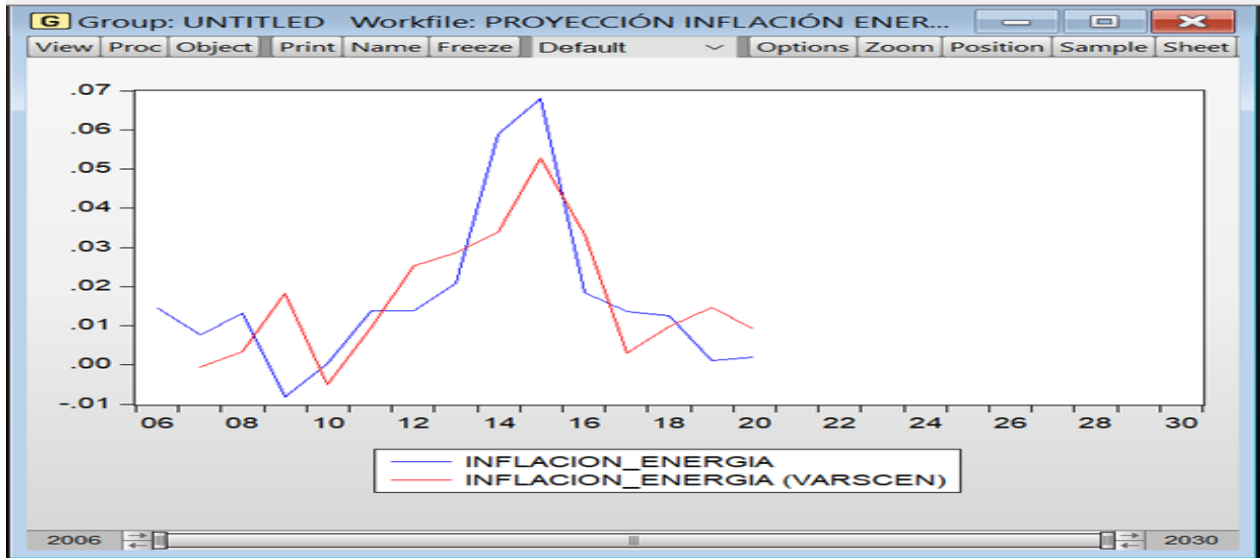
Fuente: (BCE 2021) (INEC 2021)

Elaboración: MAATE-NDC SP

- El indicador R<sup>2</sup> resultante del modelo fue de 57%, el cual indica que el modelo se ajusta en un 57% en relación al resto de variables. Si bien el R<sup>2</sup> ideal debería ser igual o mayor al 90%, se debe tomar en cuenta que el modelo fue elaborado con 15 observaciones anuales, por lo que se puede determinar que

el modelo es estadísticamente aceptable. En el gráfico 2 se puede observar mediante el método gráfico como se ajusta el modelo.

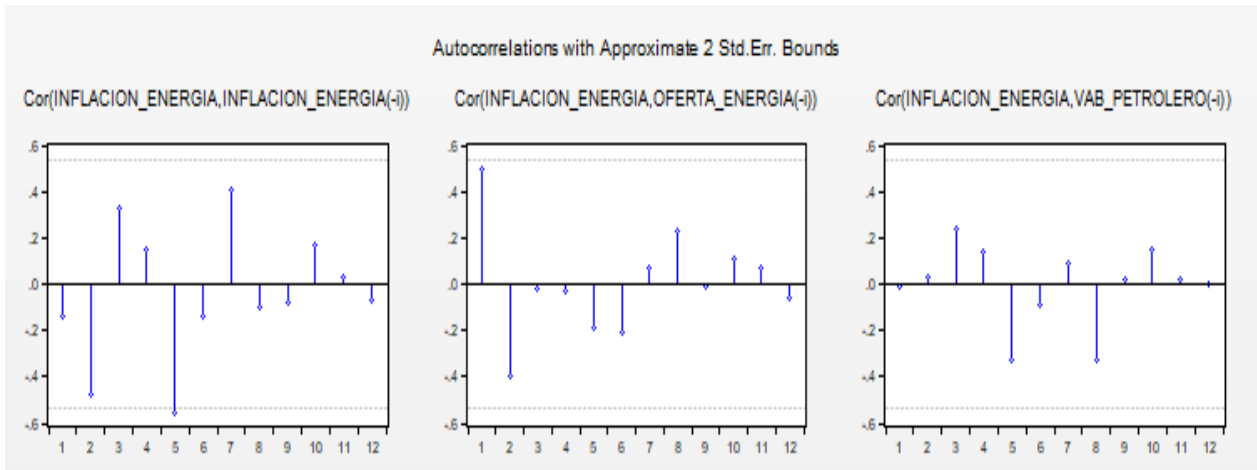
**Ilustración 4: Inflación energía real vs. inflación de energía ajustada**



Fuente: (BCE 2021) (INEC 2021)  
Elaboración: MAATE-NDC SP

- Posteriormente, para conocer si existe correlación<sup>5</sup> entre las variables del modelo seleccionado, se realizó el siguiente test de correlación.

**Ilustración 5: Correlación entre variables**



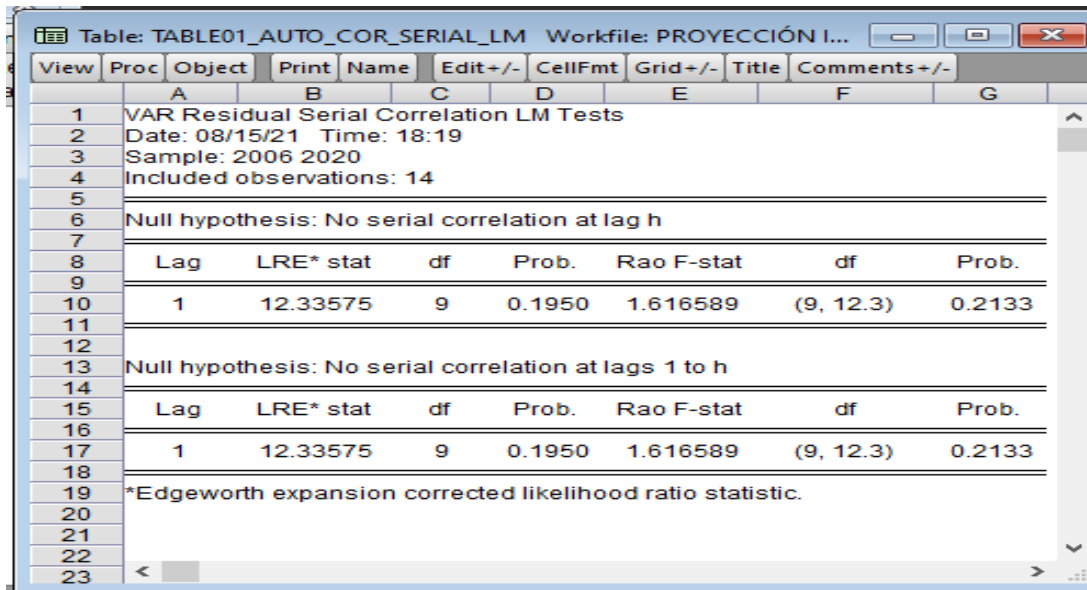
Fuente: (BCE 2021) (INEC 2021)  
Elaboración: MAATE-NDC SP

<sup>5</sup> La correlación es una medida estadística que expresa hasta qué punto dos variables están relacionadas linealmente (esto es, cambian conjuntamente a una tasa constante). Es una herramienta común para describir relaciones simples sin hacer afirmaciones sobre causa y efecto. (Gujarati 2011)

Como se puede observar en el gráfico, la inflación de la energía está relacionada con el PIB petrolero y la oferta de energía, ya que las barras se encuentran dentro del límite superior y el límite inferior.

- Adicionalmente, se realizó un test de auto correlación<sup>6</sup> con el fin de verificar si el modelo es válido o no, ya que en el caso de existir auto correlación los estimadores mínimos cuadrados ordinarios (MCO) dejan de ser eficientes. En el caso de este modelo, se obtuvo que no existe auto correlación o correlación serial, puesto que la probabilidad es mayor a 0,05.

***Ilustración 6: Test de auto correlación o correlación serial***



View	Proc	Object	Print	Name	Edit+/-	CellFmt	Grid+/-	Title	Comments+/-		
1		A		B		C		D	E	F	G
2	VAR Residual Serial Correlation LM Tests										
3	Date: 08/15/21 Time: 18:19										
4	Sample: 2006 2020										
5	Included observations: 14										
6	Null hypothesis: No serial correlation at lag h										
7											
8		Lag	LRE* stat	df	Prob.	Rao F-stat	df	Prob.			
9											
10		1	12.33575	9	0.1950	1.616589	(9, 12.3)	0.2133			
11											
12											
13	Null hypothesis: No serial correlation at lags 1 to h										
14											
15		Lag	LRE* stat	df	Prob.	Rao F-stat	df	Prob.			
16											
17		1	12.33575	9	0.1950	1.616589	(9, 12.3)	0.2133			
18											
19	*Edgeworth expansion corrected likelihood ratio statistic.										
20											
21											
22											
23											

Fuente: (BCE 2021) (INEC 2021)  
Elaboración: MAATE-NDC SP

- Finalmente, se realizó el test de heterocedasticidad<sup>7</sup> ya que se requiere conocer si no existen errores en la estimación de la matriz de varianza y covarianza de los estimadores de mínimos cuadrados. En la siguiente ilustración se puede observar que no existe heterocedasticidad ya que la probabilidad es mayor a 0,05.

<sup>6</sup> La autocorrelación surge cuando los términos de error del modelo no son independientes entre sí, es decir. Entonces los errores estarán vinculados entre sí. (Gujarati 2011)

<sup>7</sup> La heterocedasticidad ocurre cuando la varianza de los errores no es constante en todas las observaciones realizadas. Esto implica el incumplimiento de una de las hipótesis básicas sobre las que se asienta el modelo de regresión lineal, es decir que los datos con los que se trabaja son heterogéneos, ya que provienen de distribuciones de probabilidad con distinta varianza. (Gujarati 2011)

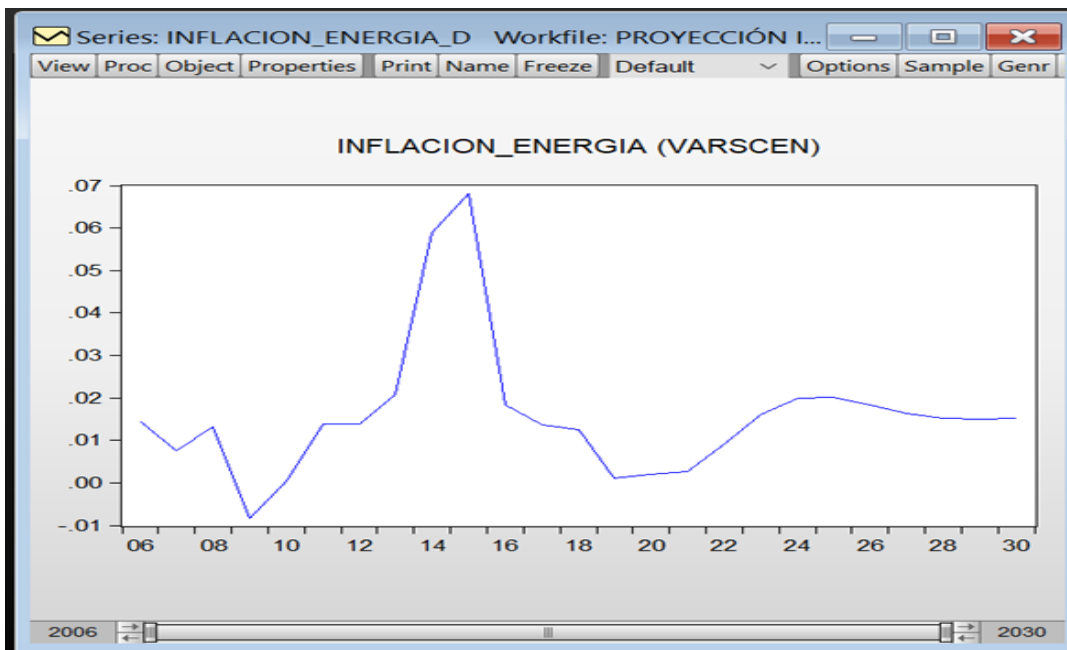
**Ilustración 7: Test de heterocedasticidad**

View	Proc	Object	Print	Name	Edit+/-	CellFmt	Grid+/-	Title	Comments+/-
1		A		B		C		D	E
2		VAR Residual Heteroskedasticity Tests (Levels and Squares)							
3		Date: 08/15/21 Time: 18:22							
4		Sample: 2006 2020							
5		Included observations: 14							
6		Joint test:							
9		Chi-sq	df	Prob.					
11		41.01806	36	0.2599					
14		Individual components:							
16		Dependent	R-squared	F(6,7)	Prob.	Chi-sq(6)	Prob.		
18		res1*res1	0.360131	0.656624	0.6878	5.041837	0.5385		
19		res2*res2	0.156295	0.216123	0.9596	2.188131	0.9016		
20		res3*res3	0.172847	0.243794	0.9472	2.419858	0.8773		
21		res2*res1	0.383137	0.724622	0.6447	5.363912	0.4981		
22		res3*res1	0.209199	0.308630	0.9134	2.928782	0.8177		
23		res3*res2	0.599265	1.744653	0.2414	8.389716	0.2109		

Fuente: (BCE 2021) (INEC 2021)  
Elaboración: MAATE-NDC SP

Una vez que el modelo pasa las validaciones estadísticas se procede a realizar una estimación de los datos al año 2030. Para lo cual se obtuvo lo siguiente:

**Ilustración 8: Proyección de la inflación de energía al año 2030**



Fuente: (BCE 2021) (INEC 2021)  
Elaboración: MAATE-NDC SP

Nota: Las proyecciones del modelo se muestran en el Anexo 3.

## Modelo 2.- Proyección tasa de variación FI y FF

Otro de los métodos que se puede utilizar cuando no existe una serie temporal lo suficiente robusta para la elaboración de un modelo econométrico, son proyecciones mediante la tasa de crecimiento. A continuación, se describe esta metodología:

La tasa de crecimiento o variación busca determinar el porcentaje que ha crecido o decrecido un valor final respecto de un valor inicial, a fin de proyectar o analizar el desempeño de una serie de datos.

La fórmula para estimar la tasa de crecimiento es:

$$Tasa\ de\ crecimiento = \frac{valor\ final - valor\ inicial}{valor\ inicial} \times 100$$

Por lo anteriormente mencionado, lo indicado sería usar la tasa de variación del CAPEX; sin embargo, como la finalidad es recoger los impactos que puedan generar las decisiones de inversión sobre el medio ambiente, se consideró pertinente el uso de la tasa promedio de crecimiento resultante entre la tasa de crecimiento promedio de la demanda de energía del proyecto OGE&EE y la tasa de crecimiento promedio de la diversificación de fuente de energía que usa el programa OGE&EE. Es decir, con estas dos tasas de crecimiento se elaboró un promedio y este fue usado como tasa de crecimiento para proyectar los flujos de inversión y financiamiento.

En el caso de los OPEX, se mantuvo su proyección mediante la tasa promedio anual de la inflación en el periodo comprendido entre 2009-2020.

Los escenarios resultantes se muestran en el Anexo 4.

## Paso 7. Obtener las diferencias (Necesidad y Brechas de Financiamiento OGE&EE)

Una vez obtenidos los montos proyectados, se estimó la necesidad de financiamiento requerido en cada uno de los escenarios establecidos anteriormente, para lo cual se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 3. Necesidad de financiamiento 2021-2030**

	BAU	M1	M2	BRECHAS DE FINANCIAMIENTO RESPECTO A BAU	M1-BAU	M2-BAU
<b>FI (2021 – 2030)</b>	288.058.034,63	422.033.856,63	506.749.374,78		133.975.822,00	218.691.340,15
<b>FF (2021 – 2030)</b>	7.079,33	190.143,22	305.898,07		183.063,89	298.818,74
<b>O&amp;M (2021 -2030)</b>	825.334.955,88	773.074.426,64	825.334.955,88		52.260.529,24	-
<b>NECESIDAD TOTAL DE FINANCIAMIENTO 2021-2030</b>	<b>1.113.400.069,85</b>	<b>1.195.298.426,49</b>	<b>1.332.390.228,74</b>		<b>81.898.356,64</b>	<b>218.990.158,89</b>

Fuente: (BCE 2021) (INEC 2021) (PETROECUADOR 2021)

Elaboración: MAATE-NDC SP

Del modelo aplicado se desprende:

- Para cumplir con lo establecido en el escenario base (BAU) se requiere un monto de USD 1.113.400.069,85.
- Por su lado, para cumplir con el objetivo del escenario de mitigación 1 la necesidad de financiamiento es de USD 1.195.298.426,49.
- Para llevar a cabo el escenario de mitigación 2 se necesitan USD 1.332.390.228,74.

Con la finalidad de conocer la necesidad de financiamiento adicional que el programa OGE&EE requeriría en el caso de darse un escenario de mitigación del cambio climático, se estiman las diferencias entre los montos del escenario base y los montos del escenario de mitigación del cambio climático. Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

**Tabla 4: Diferencias Flujos de Inversión**

Etiquetas de fila	Suma de TOTAL BAU	Suma de TOTAL M1	Suma de TOTAL M2	TOTAL M1 - TOTAL BAU	TOTAL M2 - TOTAL BAU	TOTAL M2 - TOTAL M1
2009	18.055.518,64	18.055.518,64	18.055.518,64			
2010	53.040.088,64	53.040.088,64	53.040.088,64			
2011	63.380.286,25	63.380.286,25	63.380.286,25			
2012	151.575.909,02	151.575.909,02	151.575.909,02			
2013	141.500.178,40	141.500.178,40	141.500.178,40			
2014	175.883.227,28	175.883.227,28	175.883.227,28			
2015	102.416.484,21	102.416.484,21	102.416.484,21			
2016	50.854.283,63	50.854.283,63	50.854.283,63			
2017	102.768.466,99	102.768.466,99	102.768.466,99			
2018	78.234.472,92	78.234.472,92	78.234.472,92			
2019	60.397.941,12	60.397.941,12	60.397.941,12			
2020	73.182.731,90	73.182.731,90	73.182.731,90			
2021	169.566.020,39	167.927.763,38	169.566.020,39	-1.638.257,00	-	1.638.257,00
2022	186.433.363,11	183.591.313,43	186.433.363,11	-2.842.049,68	-	2.842.049,68
2023	137.316.192,78	133.726.930,42	137.316.192,78	-3.589.262,36	-	3.589.262,36
2024	100.280.024,07	96.190.852,68	100.280.024,07	-4.089.171,39	-	4.089.171,39
2025	81.293.736,69	98.159.762,98	105.687.022,07	16.866.026,30	24.393.285,38	7.527.259,09
2026	83.358.597,60	99.969.862,12	111.654.808,64	16.611.264,52	28.296.211,04	11.684.946,52
2027	85.475.905,98	101.609.931,09	118.299.510,79	16.134.025,11	32.823.604,81	16.689.579,69
2028	87.646.993,99	103.148.932,13	125.722.375,57	15.501.938,14	38.075.381,58	22.573.443,44
2029	89.873.227,64	104.685.269,57	134.040.670,27	14.812.041,93	44.167.442,63	29.355.400,70
2030	92.156.007,62	106.287.808,70	143.390.241,07	14.131.801,09	51.234.233,45	37.102.432,36
<b>Total general</b>	<b>2.184.689.658,86</b>	<b>2.266.588.015,50</b>	<b>2.403.679.817,75</b>	<b>81.898.356,64</b>	<b>218.990.158,89</b>	<b>137.091.802,25</b>

Fuente: (BCE 2021) (INEC 2021) (PETROECUADOR 2021)

Elaboración: MAATE-NDC SP

Es así como se determina que:

- Si se busca continuar con el programa OGE&EE hasta el año 2030 bajo las condiciones del escenario de mitigación 1, se requiere invertir un monto adicional total de USD 81.898.356,64 en comparación al escenario BAU.

- Por el contrario, para la implementación de un escenario de mitigación 2 el cual depende de la tasa de crecimiento de la demanda de energía del proyecto OGE&EE, se requiere una inversión adicional de USD 218.990.158,89 en relación al escenario BAU.

### 3. Conclusiones

Del ejercicio piloto de la aplicación de la metodología IF&F se concluye lo siguiente:

- Entre las principales barreras que posee la aplicación de la metodología IFF en el Ecuador, está el horizonte temporal de información que se requiere, ya que de la misma depende la elaboración de un modelo econométrico que pueda recoger los shocks ambientales; así como, el hecho que la mayoría de organismos e instituciones que llevan a cabo la implementación de las iniciativas de la NDC no poseen información financiera desagrega, dificultándose la clasificación de inversiones entre flujos de capital y flujos de inversión.
- En el caso de que no sea posible realizar un modelo econométrico, lo más adecuado es usar una tasa de crecimiento de la propia serie, es decir una proyección univariante; este tipo de proyecciones lo que realiza es un pronóstico sobre su misma tendencia, pudiéndose no recoger los impactos o shocks externos que pueden afectar al desempeño de la serie de datos, lo cual evidencia una debilidad metodológica. Sin embargo, en el caso del programa OGE&EE, con la finalidad de recoger los impactos externos relacionados con el cambio climático se utilizó la tasa de variación promedio resultante de la de tasa promedio de demanda de energía y diversificación de tipo de energía del programa OGE&EE.
- El programa OGE&EE posee incertidumbre en cuanto a conocer si su horizonte temporal de inversiones se puede extender o no, esto debido a que solo se tiene disponible a la fecha de realización de estudio del Plan Estratégico Empresarial 2017-2021.
- El escenario BAU fue establecido en función de registrarse inversiones hasta el año 2024 y los costos de operación y mantenimiento se mantienen constantes a través del tiempo ajustados a la inflación promedio.
- Se establecieron 2 escenarios de mitigación: el primero responde a la proyección de flujos de CAPEX y OPEX en función de la inflación de energía; y, el segundo recoge la tasa de crecimiento de la demanda de energía y la tasa de diversificación de la energía usada por el programa OGE&EE.
- El total de inversión requerida en el periodo comprendido desde el 2021 al 2030 para los 3 escenarios es el siguiente:

	BAU	M1	M2
<b>FI</b>	288.058.034,63	422.033.856,63	506.749.374,78
<b>FF</b>	7.079,33	190.143,22	305.898,07
<b>O&amp;M</b>	825.334.955,88	773.074.426,64	825.334.955,88
<b>NECESIDAD TOTAL DE FINANCIAMIENTO 2021-2030</b>	<b>1.113.400.069,85</b>	<b>1.195.298.426,49</b>	<b>1.332.390.228,74</b>

- El requerimiento de inversión adicional total en el caso de que se cumpla el primer escenario el programa OGE&EE asciende a USD 81.898.356,64. Por otro lado, si fuese el caso del escenario 2 la inversión adicional totalizaría USD 218.990.158,89.

#### 4. Recomendaciones

- En el caso de que se pudiese obtener mayor información hacia atrás de la implementación de la iniciativa OGE&EE se recomienda la aplicación del siguiente modelo:

**flujo de Capital Operativo OGE&EE (y) = demanda de energía OGE&EE (x1) + toneladas de co2 (x2) + tarifa de electricidad x cantidad de energía requerida (x3) + precio del petróleo x demanda interna de barriles de Diesel (x4) + c**

- Con el objetivo de facilitar la comprensión de la aplicación metodológica efectuada, se plantea una guía de procesos detallada en el Anexo 5.

#### 5. Bibliografía

Asamblea Nacional. *Constitución de la República del Ecuador*. Quito: Registro Oficial del 20 de octubre de 2008, 2008.

BCE. *SECTOR REAL*. 08 de 2021. <https://www.bce.fin.ec/index.php/informacioneconomica/sector-real>.

BID. «Arreglos institucionales para programas de eficiencia energética.» Washington, 2016.

Calidad, Sociedad Latinoamericana para la. «Análisis Costo/Beneficio.» 2021.

<http://sigc.uqroo.mx/Manuales/Institucional/Procedimientos/Secretaria%20General/Gestion%20Calidad/DGC->

[001/Metodologias/Costob.pdf#:~:text=El%20An%C3%A1lisis%20de%20Costo%20F%20Beneficio%20involucra%20los,%20Analizar%20C%BE%20Mejorar%20o%20Contro.](http://sigc.uqroo.mx/Manuales/Institucional/Procedimientos/Secretaria%20General/Gestion%20Calidad/DGC-001/Metodologias/Costob.pdf#:~:text=El%20An%C3%A1lisis%20de%20Costo%20F%20Beneficio%20involucra%20los,%20Analizar%20C%BE%20Mejorar%20o%20Contro.)

CEPAL. «LA ECONOMÍA DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE.» 2018.

—. *Sistema Nacional Descentralizado de Planificación Participativa de Ecuador*. 2020.

<https://observatorioplanificacion.cepal.org/es/sistemas-planificacion/sistema-nacional-descentralizado-de-planificacion-participativa-de-ecuador>.

CNIG. «Agenda Nacional para la Igualdad de las Mujeres y personas LGBTI (2018-2021).» Quito, 2018.

Dirección de Inversión y Finanzas Públicas. *MANUAL DE VALORACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE BENEFICIOS*. Bogotá, DC, 2006.

Economipedia. *Flujo de caja financiero (FCF)*. 2021. <https://economipedia.com/definiciones/flujo-de-caja.html>.

Gujarati, D. N., & Porter, D. C. *Econometría Básica-5*. Amgh Editora, 2011.

INEC. *INDICE DE PRECIOS DEL CONSUMIDOR*. 08 de 2021.

<https://www.ecuadorencifras.gob.ec/indice-de-precios-al-consumidor/>.

MAAE. «Inventario Nacional de Gases Efecto Invernadero del año 2014.» Quito, 2020.

MAAE/FFLA. «Tercer reporte de avance del Plan para la Implementación de la NDC de Ecuador, componente de adaptación (...).» Presentación de Power Point, Quito, 2020.

MAAE/PROAmazonía. «Programa Integral Amazónico de Conservación de Bosques y Producción Sostenible (PROAmazonía 2017-2022).» Quito, 2020.

MAAE/Proyecto 4CN-2IBA. «Segundo Informe Bienal de Actualización.» Quito, 2020.

MAAE/Proyecto GCI. «Proyecto Ganadería Climáticamente Inteligente (PGCI) (2016-2020).» Quito, 2020.

MAAE/Proyecto NDC-SP. «Diagnóstico de la normativa legal, técnica sectorial, tributaria, económica y financiera que habilite la implementación de la NDC para los 5 sectores de mitigación con enfoque de género.» Quito, 2020.

MAAE/Proyecto NDC-SP. «Documento del PPI del sector Energía.» Quito, 2020.

—. «Programa de Apoyo a la NDC (NDC-SP).» Quito, 2020.

MAE. *Estrategia Nacional de Cambio Climático 2012-2025*. Quito, 2012.

—. «Presentación “Sistema Nacional Ambiental”.» Quito, 2016.

MAE/Proyecto NDC-SP. «Primera Contribución Determinada a nivel Nacional para el Acuerdo de París bajo la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático.» Quito, 2019.

MAE-GIZ. «Manual para la valoración económica de medidas de cambio climático en el Ecuador.» Quito, 2017.

MEF. «Catálogo Instituciones del Sector Público 2015-2019.» 2020.

MEF. «Directrices Proforma 2020.» Quito, 2019.

—. «Directrices Proforma Presupuestaria 2019.» Quito, 2018.

—. «Normas Técnicas de Presupuesto Actualizadas: 05/04/2018.» Quito, 2018.

—. *Normativa Técnica de Presupuesto*. Quito, 2018.

MERNNR. *Balance Energético Nacional*. 2019.

Minfin. «Clasificador Orientador del Gasto en Políticas de Ambiente.» Quito, 2015.

—. *Código de Organización Territorial, Autonomías y Descentralización*. Quito: Publicado en el Suplemento del Registro Oficial No. 303 del 19 de octubre de 2010, 2010.

MITECO. 2021. [https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/plan-nacional-adaptacion-cambio-climatico/que\\_es\\_la\\_adaptacion.aspx](https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/plan-nacional-adaptacion-cambio-climatico/que_es_la_adaptacion.aspx).

MREMH. *Política Exterior*. 2020. <https://www.cancilleria.gob.ec/2020/06/10/desarrollo-sostenible/>.

Oxford Consulting Partners. *Tracking Private Climate Finance Flows at the National Level*. 2015.

PETROAMAZONAS EP. «PLAN ESTRATÉGICO EMPRESARIAL 2017-2021.» 2017.

PETROECUADOR. «BASE DE DATOS CAPEX OPEX PROGRAMA OGE.» *BASE DE DATOS*. QUITO, 08 de 2021.

PNUD. «Directrices de Preparación de Informes del PNUD, sobre la Evaluación de Flujos de Inversión y Financiamiento.» Quito, 2009.

PNUMA. *Prespectivas del Medio Ambiente: America Latina*. 2010.

Presidencia, de la República. «Reglamento al Código Orgánico del Ambiente.» Quito, 2019.

República del Ecuador. «Primera Contribución Determinada a nivel Nacional para el Acuerdo de París bajo la Convención Marco de Naciones.» Quito, 2019.

SCF. «UNFCCC Standing Committee on Finance: 2018 biennial assessment and overview of climate finance flows report.» 2018.

Senplades. «[https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/03/SIE\\_OrganigramaFE\\_28022019-123.pdf](https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/03/SIE_OrganigramaFE_28022019-123.pdf).» 2019.

—. «[https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/03/SIE\\_OrganigramaFE\\_28022019-123.pdf](https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/03/SIE_OrganigramaFE_28022019-123.pdf).» 2019.

—. *Plan Nacional de Desarrollo 2017 - 2021*. Quito, Ecuador, 2017.

—. *Plan Nacional para el Buen Vivir 2013 - 2017*. Quito, 2013.

SRI. *IMPUESTO AMBIENTAL A LA CONTAMINACIÓN VEHICULAR*. 1 de 2 de 2021.

<https://www.sri.gob.ec/web/guest/impuesto-ambiental-a-la-contaminacion-vehicular1>.

SRI. 2021. <http://www.sri.gob.ec/web/guest/matriz-incentivos-beneficios-fiscales>.

SRI. 2021. <http://www.sri.gob.ec/web/guest/matriz-incentivos-beneficios-fiscales>.

SRI. *ESTADÍSTICAS GENERALES DE RECAUDACIÓN SRI*. 1 de 2 de 2021.

<https://www.sri.gob.ec/web/guest/estadisticas-generales-de-recaudacion>.

SRI. «Manual de Gasto Tributario 2019.» 2020.

Urban Leds, Iclei, Onu Habitat, TAP. «Glosario de Financiamiento Climático.» 2020.



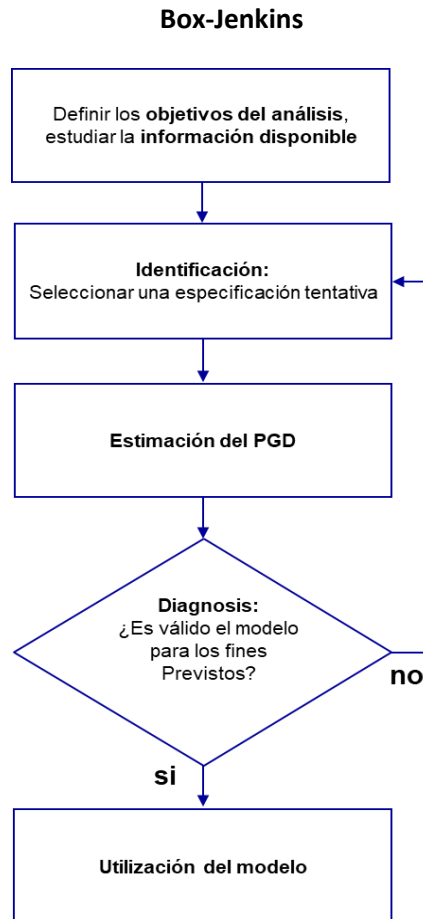
## OPEX HISTORICO OGE&EE (2010 -2020)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Categoría de entidad de inversión / Fuente de fondos	O&M (millones USD)	O&M (millones USD)	O&M (millones USD)	O&M (millones USD)	O&M (millones USD)	O&M (millones USD)	O&M (millones USD)	O&M (millones USD)	O&M (millones USD)	O&M (millones USD)	O&M (millones USD)
<b>Hogares</b>											
Domestico											
Capital social & deuda											
Total Fondos de Hogares	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Corporaciones</b>											
Domestico											
Capital social domestico											
Prestamo Domestico											
Total Recursos Domesticos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Extranjeros											
Inversión Extranjera Directa											
Prestamo Extranjero											
Asistencia Ofical para el Desarrollo											
Total Recursos Extranjero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total de Fondos Corporativos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Gobierno</b>											
Domestico											
Fondos Domesticos	10.484.823,94	10.684.103,43	15.957.660,10	42.040.873,76	48.015.024,25	43.579.984,62	41.325.211,92	50.235.357,63	52.126.838,45	64.757.907,76	71.711.783,04
Extranjeros											
Prestamo Extranjero											
Bilateral Asistencia Técnica											
Multilateral Asistencia Técnica											
Total de Recursos Extranjeros	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total Fndos de Gobierno	10.484.823,94	10.684.103,43	15.957.660,10	42.040.873,76	48.015.024,25	43.579.984,62	41.325.211,92	50.235.357,63	52.126.838,45	64.757.907,76	71.711.783,04
<b>Total Anual O&amp;M</b>	<b>10.484.823,94</b>	<b>10.684.103,43</b>	<b>15.957.660,10</b>	<b>42.040.873,76</b>	<b>48.015.024,25</b>	<b>43.579.984,62</b>	<b>41.325.211,92</b>	<b>50.235.357,63</b>	<b>52.126.838,45</b>	<b>64.757.907,76</b>	<b>71.711.783,04</b>

## ANEXO 2. METODOLOGÍA BOX JENKINS – PROYECCIÓN DE SERIES TEMPORALES

### Metodología Box –Jenkins

Esta metodología permite identificar y evaluar el correcto modelamiento de una serie de tiempo; el proceso metodológico se describe a continuación en la ilustración 2:



Existen varias metodologías para la proyección de series temporales, no obstante, para la proyección del IPC se usaron las metodologías que se describen a continuación:

### Procesos Estacionarios

Un proceso estocástico estacionario, débil o de segundo orden, se define como aquel en que su media y su varianza son constantes en el tiempo y si el valor de la covarianza entre dos periodos depende solamente de la distancia o retardo entre estos dos periodos de tiempo y no del tiempo en el cual se ha calculado la covarianza (Gujarati 2011).

Para la identificación de procesos estacionarios se aplican las siguientes metodologías y pruebas:

### Método gráfico

- a. Se grafica la serie y se analiza su comportamiento

- b. Si su comportamiento presenta una tendencia, entonces la serie no es estacionaria.
- c. Si su comportamiento es muy volátil a través del tiempo, entonces no es estacionaria.
- d. Si su comportamiento se mantiene alrededor de la media con un comportamiento estable, entonces es estacionaria.

### **Análisis de la Función de Autocorrelación y la Función de Autocorrelación Parcial**

FAC. - Mide la relación estadística entre las observaciones de una serie de tiempo, por ejemplo, la correlación entre la variable  $y_t$  vs  $y_{t-1}$ , es decir la variable en  $y_t$  contra la variable  $y_t$  rezagada un período.

$$\rho_1 = \frac{\text{cov}(y_t, y_{t-1})}{\sqrt{\text{var}(y_t) \cdot \text{var}(y_{t-1})}}$$

Cuando  $k=0$ , y dada la segunda condición de estacionariedad, entonces:

$$\rho_0 = \frac{\text{cov}(y_t, y_t)}{\text{var}(y_t)} = \frac{\text{var}(y_t)}{\text{var}(y_t)} = 1$$

FAP. - Se define como la correlación de las observaciones de la serie de tiempo, libre de influencias de otras observaciones retardadas de la misma serie de tiempo.

### **Test de estacionariedad/Raíz Unitaria**

Se establecen varias pruebas de estacionalidad y para el presente análisis se utilizó las siguientes:

#### **Aumented Dickey Fuller y Elliot Rothenberg Stock**

Se establece como hipótesis nula  $H_0$  existen raíces unitarias dentro del proceso de serie temporal y el objetivo es rechazar esta hipótesis con valor de probabilidad menor al 0.05

#### **Procesos Autorregresivos**

Existen modelos que tratan de estructuras estocásticas lineales y su asociación con una serie temporal de datos. Usualmente este tipo de procesos se presentan como combinación lineal de variables aleatorias. Si estos procesos siguen una distribución normal con media cero se presenta la serie como combinación lineal de valores anteriores infinitos de la misma serie más un ruido blanco (Gujarati 2011).

Un modelo como **autorregresivo se define** si la variable endógena de un período  $t$  es explicada por las observaciones de ella misma correspondientes a períodos anteriores añadiéndose, como en los modelos estructurales, un término de error. En el caso de procesos estacionarios con distribución normal, la teoría estadística de los procesos estocásticos dice que, bajo determinadas condiciones previas, toda  $Y_t$  puede expresarse como una combinación lineal de sus valores pasados (parte sistemática) más un término de error (innovación) (Gujarati 2011).

Los modelos autorregresivos se abrevian con la palabra **AR** tras la que se indica el **orden** del modelo: AR(1), AR(2), etc. El orden del modelo expresa el número de observaciones retasadas de las series temporal analizada que intervienen en la ecuación. Así, por ejemplo, un modelo AR(1) tendría la siguiente expresión:

$$Y_t = \vartheta_0 + \vartheta_1 Y_{t-1} + a_t$$

El término de error de los modelos de este tipo se denomina generalmente **ruido blanco** cuando cumple las tres hipótesis básicas tradicionales mencionadas al principio del texto:

- media nula
- varianza constante
- covarianza nula entre errores correspondientes a observaciones diferentes

La expresión genérica de un modelo autorregresivo, no ya de un AR(1) sino de un AR(p) sería la siguiente:

$$Y_t = \vartheta_0 + \vartheta_1 Y_{t-1} + \vartheta_2 Y_{t-2} + \dots + \vartheta_p Y_{t-p} + a_t$$

pudiéndose escribir de forma abreviada como:

$$\vartheta_p(L)Y_t = \vartheta_0 + a_t$$

donde  $\vartheta_p(L)$  es lo que se conoce como operador polinomial de retardos:

$$\vartheta_p(L) = 1 - \vartheta_1 L - \vartheta_2 L^2 - \dots - \vartheta_p L^p$$

### ANEXO 3. VARIABLES Y PROYECCIONES INFLACIÓN DE ENERGÍA

AÑO	OFERTA KBEP metodología 1	Metodología 2	OFERTA DE ENERGÍA	VARIACIÓN DE LA OFERTA DE ENERGÍA	IPC (SECTORES ENERGÍA)	INFLACIÓN DE SECTORES DE ENERGÍA	INFLACIÓN	INFLACIÓN %	VAB PETROLERO (MILES DE DOLARES)	OFERTA DE ENERGÍA (LN)	VAB PETROLERO (MILLONES DE DOLARES)	VAB PETROLERO (MILLONES DE DOLARES)
1990	46.700,3		40.083,59				48,54	48,54%	720.084	10,60	720,08	6,58
1991	48.248,9		41.412,77	3,3%			48,75	48,75%	626.058	10,63	626,06	6,44
1992	50.518,4		43.360,72	4,7%			54,00	54,00%	809.700	10,68	809,70	6,70
1993	48.865,3		41.941,84	-3,3%			46,44	46,44%	707.015	10,64	707,02	6,56
1994	51.366,5		44.088,66	5,1%			27,49	27,49%	819.242	10,69	819,24	6,71
1995	58.427,7		50.149,40	13,7%			22,98	22,98%	837.643	10,82	837,64	6,73
1996	68.988,8		59.214,15	18,1%			24,36	24,36%	962.445	10,99	962,45	6,87
1997	67.933,5		58.308,37	-1,5%			30,66	30,66%	964.435	10,97	964,44	6,87
1998	70.392,2		60.418,71	3,6%			35,78	35,78%	906.784	11,01	906,78	6,81
1999	63.699,5		54.674,26	-9,5%			51,96	51,96%	995.706	10,91	995,71	6,90
2000	67.914,2		58.291,80	6,6%			95,51	95,51%	1.625.055	10,97	1625,06	7,39
2001	69.903,0		59.998,82	2,9%			40,26	40,26%	1.272.521	11,00	1272,52	7,15
2002	74.888,9		64.278,30	7,1%			12,55	12,55%	1.550.892	11,07	1550,89	7,35
2003	74.606,2		64.035,65	-0,4%			7,95	7,95%	2.076.750	11,07	2076,75	7,64
2004	81.166,7		69.666,63	8,8%			2,75	2,75%	3.136.957	11,15	3136,96	8,05
2005	83.304,6		71.501,62	2,6%	88,968		2,17	2,17%	4.380.569	11,18	4380,57	8,38
2006	83.395,5		71.579,64	0,1%	90,247	0,01438098	3,30	3,30%	5.819.360	11,18	5819,36	8,67
2007	91.950,6		78.922,62	10,3%	90,931	0,00757175	2,28	2,28%	6.751.274	11,28	6751,27	8,82
2008	96.313,3		82.667,19	4,7%	92,121	0,01309481	8,39	8,39%	9.773.162	11,32	9773,16	9,19
2009	102.318,8	85.861,00	87.821,80	6,2%	91,357	-0,00829651	5,20	5,20%	5.894.526	11,38	5894,53	8,68
2010	105.646,2	91.268,00	90.677,76	3,3%	91,390	0,00035805	3,56	3,56%	8.126.685	11,42	8126,69	9,00
2011	108.407,1	95.711,00	93.047,48	2,6%	92,659	0,0138864	4,47	4,47%	10.902.229	11,44	10902,23	9,30
2012	112.900,1	95.107,00	96.903,90	4,1%	93,934	0,01376015	5,11	5,11%	11.742.367	11,48	11742,37	9,37
2013	117.837,8	101.142,00	101.142,00	4,4%	95,896	0,02088591	2,73	2,73%	11.979.019	11,52	11979,02	9,39
2014		110.785,00	110.785,00	9,5%	101,548	0,05894446	3,59	3,59%	11.198.789	11,62	11198,79	9,32
2015		106.696,00	106.696,00	-3,7%	108,458	0,06804571	3,97	3,97%	5.152.475	11,58	5152,48	8,55
2016		102.565,00	102.565,00	-3,9%	110,452	0,01838046	1,73	1,73%	4.275.171	11,54	4275,17	8,36
2017		105.718,00	105.718,00	3,1%	111,965	0,01369774	0,42	0,42%	5.639.977	11,57	5639,98	8,64
2018		104.232,00	104.232,00	-1,4%	113,363	0,01249375	-0,22	-0,22%	6.918.891	11,55	6918,89	8,84
2019		109.718,00	109.718,00	5,3%	113,492	0,0011336	0,27	0,27%	6.519.993	11,61	6519,99	8,78
2020			113.752,29	3,7%	113,709	0,00191674	-0,34	-0,34%	4.951.333	11,64	4951,33	8,51
2021								0,255%				
2022								0,924%				
2023								1,610%				
2024								1,986%				
2025								2,016%				
2026								1,844%				
2027								1,641%				
2028								1,515%				
2029								1,489%				

## ANEXO 4. ESCENARIOS BAU, MITIGACIÓN 1, MITIGACIÓN 2

AÑO	IF BAU	FF BAU	OPEX BAU	IF M1	FF M1	OPEX M1	IF M2	FF M2	OPEX M2
2009	18.052.971,56	2.547,08		18.052.971,56	2.547,08		18.052.971,56	2.547,08	
2010	42.552.755,86	2.508,84	10.484.823,94	42.552.755,86	2.508,84	10.484.823,94	42.552.755,86	2.508,84	10.484.823,94
2011	52.691.853,51	4.329,31	10.684.103,43	52.691.853,51	4.329,31	10.684.103,43	52.691.853,51	4.329,31	10.684.103,43
2012	135.552.158,00	66.090,92	15.957.660,10	135.552.158,00	66.090,92	15.957.660,10	135.552.158,00	66.090,92	15.957.660,10
2013	99.376.472,89	82.831,75	42.040.873,76	99.376.472,89	82.831,75	42.040.873,76	99.376.472,89	82.831,75	42.040.873,76
2014	127.719.257,98	148.945,05	48.015.024,25	127.719.257,98	148.945,05	48.015.024,25	127.719.257,98	148.945,05	48.015.024,25
2015	58.757.499,74	78.999,85	43.579.984,62	58.757.499,74	78.999,85	43.579.984,62	58.757.499,74	78.999,85	43.579.984,62
2016	9.505.361,13	23.710,58	41.325.211,92	9.505.361,13	23.710,58	41.325.211,92	9.505.361,13	23.710,58	41.325.211,92
2017	52.457.980,13	75.129,23	50.235.357,63	52.457.980,13	75.129,23	50.235.357,63	52.457.980,13	75.129,23	50.235.357,63
2018	26.133.645,46	-26.010,99	52.126.838,45	26.133.645,46	-26.010,99	52.126.838,45	26.133.645,46	-26.010,99	52.126.838,45
2019	-4.352.914,38	-7.052,26	64.757.907,76	-4.352.914,38	-7.052,26	64.757.907,76	-4.352.914,38	-7.052,26	64.757.907,76
2020	1.470.948,86	-	71.711.783,04	1.470.948,86	-	71.711.783,04	1.470.948,86	-	71.711.783,04
2021	96.025.753,72	7.004,33	<b>73.533.262,33</b>	96.025.753,72	7.004,33	<b>71.895.005,33</b>	96.025.753,72	7.004,33	<b>73.533.262,33</b>
2022	111.032.280,91	75,00	<b>75.401.007,20</b>	111.032.280,91	75,00	<b>72.558.957,52</b>	111.032.280,91	75,00	<b>75.401.007,20</b>
2023	60.000.000,00	-	<b>77.316.192,78</b>	60.000.000,00	-	<b>73.726.930,42</b>	60.000.000,00	-	<b>77.316.192,78</b>
2024	21.000.000,00	-	<b>79.280.024,07</b>	21.000.000,00	-	<b>75.190.852,68</b>	21.000.000,00	-	<b>79.280.024,07</b>
2025			<b>81.293.736,69</b>	<b>21.423.453,83</b>	<b>29.272,90</b>	<b>76.707.036,25</b>	<b>24.360.000,00</b>	<b>33.285,38</b>	<b>81.293.736,69</b>
2026			<b>83.358.597,60</b>	<b>21.818.509,55</b>	<b>29.812,70</b>	<b>78.121.539,87</b>	<b>28.257.600,00</b>	<b>38.611,04</b>	<b>83.358.597,60</b>
2027			<b>85.475.905,98</b>	<b>22.176.456,03</b>	<b>30.301,80</b>	<b>79.403.173,26</b>	<b>32.778.816,00</b>	<b>44.788,81</b>	<b>85.475.905,98</b>
2028			<b>87.646.993,99</b>	<b>22.512.344,35</b>	<b>30.760,75</b>	<b>80.605.827,02</b>	<b>38.023.426,56</b>	<b>51.955,02</b>	<b>87.646.993,99</b>
2029			<b>89.873.227,64</b>	<b>22.847.651,34</b>	<b>31.218,92</b>	<b>81.806.399,32</b>	<b>44.107.174,81</b>	<b>60.267,82</b>	<b>89.873.227,64</b>
2030			<b>92.156.007,62</b>	<b>23.197.406,90</b>	<b>31.696,82</b>	<b>83.058.704,99</b>	<b>51.164.322,78</b>	<b>69.910,67</b>	<b>92.156.007,62</b>

## ANEXO 5. PROCESO PARA LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA IFF

- 1.- Identificar los actores que ejecutan las iniciativas de la NDC.
- 2.- Realizar reuniones con las instituciones ejecutoras de las iniciativas con el fin de conocer el tipo de información que se genera y se puede socializar, así como las políticas y planes previstos para corto, mediano y largo plazo
- 3.- Analizar el horizonte temporal de las iniciativas ejecutadas ya que se requiere un mínimo de 15 a 20 observaciones anualizadas.
- 4.- Solicitar y recopilar información financiera de las iniciativas
- 5.- Analizar los costos de capital (CAPEX) y los costos de operación y mantenimiento (OPEX)
- 6.- Clasificar los costos de capital en dos categorías flujos de inversión y flujos de financiamiento. Para ello se requiere analizar las subcuentas con el fin de determinar si la inversión corresponde a compra de activos o a la implementación de medidas programáticas relacionadas con el medio ambiente.
- 7.- La clasificación se la realiza tomando las definiciones establecidas en la metodología IFF
- 8.- Clasificar los flujos de inversión (FI) y los flujos de financiamiento (FF) conforme la fuente de financiamiento
- 9.- Clasificar gastos de O&M conforme fuente de financiamiento
- 10.- Cambio de año base 2007

- El cambio de año base se lo realiza tomando el Índice de Precios del Consumidor publicado por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) en el periodo comprendido entre el año 2007 al año 2020.
- Posteriormente se calcula la el coeficiente de variación en función del IPC del año 2007 es decir se aplica la siguiente formula:

$$\text{coeficiente de año base} = \frac{IPC_{t+1}}{IPC_t}$$

Donde: t = año base

i = desde 1 a n

- Una vez obtenido el coeficiente de variación se realiza la siguiente operación aritmética:

$$\text{cambio de año base} = \frac{FI_i}{\text{coeficiente de año base}}$$

$$\text{cambio de año base} = \frac{FF_i}{\text{coeficiente de año base}}$$

$$\text{cambio de año base} = \frac{O\&M_i}{\text{coeficiente de año base}}$$

Si bien la metodología IFF indica que se requiere poner los rubros de CAPEX y OPEX en valores constantes, para las proyecciones y estimaciones se usaron valores corrientes ya que se requirió que dicha proyección se muestre en valores nominales con la finalidad de que los valores mostrados estén conforme el presupuesto enviado por Petroecuador.

#### 11.- Desarrollo de escenario Base o BAU

- Analizar la planificación futura de la iniciativa con el fin de identificar hasta que año se tiene proyectado realizar inversiones. En el caso aplicativo de la iniciativa OGE&EE se tiene planificado hacer inversiones hasta el año 2024, por lo tanto, a partir de ese año solo existirán costos de O&M.
- Los costos de O&M se proyectan en función de la inflación promedio comprendida en el periodo de aplicación de la iniciativa que se este caso está comprendido entre el 2009 al 2020.

#### 12.- Desarrollo de escenario de mitigación

El desarrollo del escenario de mitigación busca agregar variables ambientales que influyan sobre el aumento o disminución de los flujos de inversión y financiamiento. Sin embargo, para poder realizar un modelo causal se requiere tener un horizonte temporal de 20 observaciones con el fin de poder realizar las proyecciones al año 2030 de la manera más adecuada. En el caso del programa OGE&EE se dispone de 11 observaciones anuales por lo que no se puede realizar la estimación un modelo causal.

Bajo este contexto, se planteó realizar dos posibles escenarios de mitigación, que se explican a continuación:

## - **Generación de modelo 1**

Estimar la inflación de energía mediante el siguiente modelo:

$$\text{Inflación de energía} = \text{VAB petrolero} + \text{oferta de energía del país} + c$$

La fuente de información para la obtención de la variable inflación energía es el IPC publicado por el INEC de las categorías:

- Electricidad, gas y otros combustibles
- Gas (ND)

El Valor Agregado Bruto petrolero (miles de dólares de USD) se lo obtiene de la publicación estadísticas del Banco Central del Ecuador

La oferta de energía del país (miles de barriles equivalentes de petróleo (KBEP)) se la obtuvo de las estimaciones realizadas por el proyecto NDC SP.

Se estima el modelo mediante la metodología de vectores auto regresivos en el sistema informático E-views.

Se realizan pruebas de raíces unitarias

Se realizan pruebas de correlación

Se realizan pruebas de normalidad

Se realizan pruebas de heteroscedasticidad y auto correlación.

Se realiza la proyección al año 2030

## - **Generación de modelo 2**

Debido a la dificultad de generar un modelo causal que refleje la afectación de la inversión en base a variables ambientales, se proyectan los flujos de inversión y financiamiento en funciones del promedio obtenido de la tasa promedio de variación de la demanda de energía y la tasa promedio de diversificación de energía del programa OGE&EE.

Para el caso de los rubros de O&M se los proyecta en función de la inflación promedio comprendida entre el 2009 y 2020.

13.- Elaboración de gráficos con el fin de observar las proyecciones de datos conforme los escenarios

14.- Estimación de diferencias.

Esto se lo realiza con el fin de conocer la brecha financiera que existe entre el escenario BAU y el escenario de mitigación. Para ello se realiza la resta entre los datos obtenidos en el escenario de mitigación menos los datos planteados en el escenario base.

