

# Risk Evaluation of Foreign Direct Investment in Petroleum Projects in Peru

Yeltsin Tafur, MSc<sup>1</sup>, Joseph Sinchitullo, MSc<sup>1</sup>, Segundo Castro, MSc<sup>1</sup> y Lois Bances, BSc<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Ingeniería, Perú, ytafum@uni.pe, jsinchitullo@uni.pe, scastro@fip.uni.edu.pe, lbances@uni.pe

*Abstract: In the coming decades the world economy will continue depending on hydrocarbons. Foreign direct investment (FDI) for oil exploration and exploitation will be important and necessary to meet energy demand. These investments are associated with risks and uncertainties inherent to this sector due to the fact that large amounts of initial investment are required, long periods of recovery of the investment, exhaustibility of oil and natural gas resources, crude oil price volatility, geological risk and socio-environmental risk. South American countries have significant potential of non-renewable energy resources that need to be exploited to support their development and economic growth after the devastation caused by the COVID-19 crisis. There is currently a shortage of international oil companies (IOC) in this region due to political instability associated with a high rate of corruption, poor-quality institutions, and overestimated rate tax regimes. The purpose of this research is to perform a classification of countries from low risk to high risk within the South American continent; as a favorable place to invest in its upstream sector. Six risk categories were preliminarily identified (political risk, macroeconomic risk, technical risk, investment climate risk, potential risk of oil resources and risk of environmental limitations); and ten indicators associated with these six risks of foreign investment in oil projects. The information of these indicators is collected to carry out the analytical hierarchy process (AHP) and obtain the weighting index of these ten indicators that are later used in the order preference technique by similarity to ideal solution (TOPSIS) in order to obtain the ranking of these countries. Countries with low-risk investments were ranked; as a result, Peru is in third place. Likewise, it is concluded that the countries with the highest amount of proven oil reserves and the lowest percentage of Government Take are the most favorable as a destination for foreign investment.*

*Key Words: Upstream, Foreign Direct Investment, International Oil Companies, Fiscal Regime.*

Digital Object Identifier: <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2021.1.1.176>

ISBN: 978-958-52071-8-9 ISSN: 2414-6390

DO NOT REMOVE

# Evaluación del Riesgo de Inversión Extranjera Directa en Proyectos de Petróleo en el Perú

Yeltsin Tafur, MSc<sup>1</sup>, Joseph Sinchitullo, MSc<sup>1</sup>, Segundo Castro, MSc<sup>1</sup> y Lois Bances, BSc<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Ingeniería, Perú, ytafum@uni.pe, jsinchitulllog@uni.pe, scastro@fip.uni.edu.pe, lbances@uni.pe

**Resumen:** En las próximas décadas la economía mundial seguirá dependiendo energéticamente de los hidrocarburos. La inversión extranjera directa (IED) para la exploración y explotación de petróleo será importante y necesaria para cubrir la demanda de energía. Estas inversiones están asociadas a riesgos e incertidumbres inherentes al sector debido a que se requieren grandes montos de inversión inicial, largos períodos de recuperación de la inversión, agotabilidad de los recursos de petróleo y gas natural, volatilidad del precio del petróleo, riesgo geológico y riesgo socioambiental. Los países Sudamericanos cuentan con un importante potencial de recursos energéticos no renovables que necesitan ser explotados para apoyar su desarrollo y crecimiento económico luego de los estragos causados por la crisis del COVID-19. Actualmente existe una escasez de compañías petroleras internacionales (CPI) en esta región debido a la inestabilidad política asociada con un alto índice de corrupción, instituciones de mala calidad y regímenes fiscales sobreestimados. El propósito de esta investigación es realizar una clasificación de países de bajo riesgo a alto riesgo a nivel de Sudamérica; como un lugar favorable para invertir en su sector petrolero, upstream. Se identificó preliminarmente seis categorías de riesgos (riesgo político, riesgo macroeconómico, riesgo técnico, riesgo clima de inversión, riesgo potencial de recursos de petróleo y riesgo limitaciones ambiental); y diez indicadores asociados a estos seis riesgos de inversión extranjera en el upstream. La información de estos indicadores es recopilada para realizar el proceso de jerarquía analítica (AHP) y obtener el índice de ponderación de estos diez indicadores que posteriormente son utilizados en la técnica para el orden de preferencia por similitud con la solución ideal (TOPSIS) con el fin de obtener el ranking de países. Como resultado se jerarquizaron los países con inversiones de bajo riesgo, ubicándose el Perú en el tercer lugar. Asimismo, se concluye que los países que tienen mayor cantidad de reservas probadas de petróleo y menor porcentaje de government take son los más favorables como destino de inversión extranjera.

**Palabras Clave:** Upstream, Inversión Extranjera Directa, Compañías Petroleras Internacionales, Régimen Fiscal.

## I. INTRODUCCIÓN

Según el último reporte Statistical Review of World Energy [1], elaborada por British Petroleum (BP), analiza el panorama del sector de energía hacia el año 2050 e indica que la proporción de la demanda de los combustibles fósiles en el suministro de la energía primaria, comenzará a disminuir hacia el futuro y la tasa de declinación anual dependerá de cuán rápida sea la energía de transición y los compromisos de los países en desarrollar sus economías con bajas emisiones de carbono.

El colapso del índice de referencia de futuros de crudo *West Texas Intermediate* (WTI) en abril de 2020 debido a que la demanda de petróleo alcanzó mínimos históricos, afectada

principalmente por la escasez de almacenamiento de petróleo (es decir, incremento de inventarios de petróleo); la volatilidad de los precios del petróleo, el exceso de oferta global, adicionados los factores geopolíticos y la pandemia COVID-19 causó un impacto negativo profundo a corto y mediano plazo para los países productores de petróleo. Esto ocasionó que los gobiernos reduzcan de manera significativa los ingresos a sus presupuestos nacionales y así afrontar las necesidades sociales del país [2], [3]. Para las empresas de exploración y producción de petróleo (*upstream*), el panorama de precios bajo de petróleo es desalentador por que provoca el retraso de la implementación de nuevos proyectos, recorta sus gastos en las operaciones existentes y colapsa los flujos de efectivo netos (FNC), reduciendo así la rentabilidad de estas [4].

Las actividades petroleras del upstream están expuestas a diferentes tipos de riesgos como: económicos y financieros debido al enorme capital de inversiones; riesgos técnicos asociados con la tecnología disponible y las habilidades de la fuerza laboral; la cantidad de reservas probadas de petróleo; políticas climáticas para el desarrollo económico bajo en carbono, y los riesgos políticos [6]. Existe una escasez de compañías petroleras internacionales (CPI) en los países en desarrollo debido a su destino desfavorable para invertir [7].

La evaluación de riesgos de los proyectos petroleros en el upstream será diferente en las próximas décadas. Esto debido a la transición energética de fuentes no renovables a aquellas de bajas emisiones de carbono [8], y las crecientes preocupaciones de salud pública que impactarán la demanda y oferta de energías no renovables. El marco macroeconómico impulsado por los regímenes e instrumentos fiscales en los países en desarrollo con potencial de recursos de petróleo será clave para promover el desarrollo de sus recursos naturales y tomar la decisión final de inversión petrolera [9].

Li et al. [10] evaluaron el riesgo de inversión extranjera en el sector del gas de esquisto para las empresas petroleras chinas. El propósito de su modelo fue abordar el cálculo de los pesos de ponderación de los indicadores y elaborar un ranking de los riesgos asociados a la inversión extranjera en proyectos de petróleo de gas de esquisto el cual sirva a las empresas petroleras chinas a disminuir el riesgo de inversión en el extranjero. Las ponderaciones integrales en su análisis se obtienen aplicando las siguientes tres metodologías: (1) proceso de jerarquía analítica (AHP), (2) métodos de ponderación de entropía; (3) técnica para el orden de preferencia por similitud con la solución ideal (TOPSIS). Para desarrollar el análisis primero, identificaron cinco categorías de riesgos: riesgo económico, riesgo político, riesgo geológico, riesgo tecnológico y riesgo de gestión interna. Según los resultados obtenidos, los países de bajo riesgo de inversión son: Canadá, Argentina, Estados Unidos y Argelia países donde se puede

**Digital Object Identifier:** (only for full papers, inserted by LACCEI).

**ISSN, ISBN:** (to be inserted by LACCEI).

**DO NOT REMOVE**

considerar futuros objetivos de inversión en gas de esquisto en el extranjero, por otro lado, los inversores deben ser más cautelosos con los países de alto riesgo: Sudáfrica y Brasil. Finalmente, proponen recomendaciones de políticas energéticas para optimizar las inversiones en gas de esquisto tanto desde la perspectiva del gobierno como de los inversores.

El artículo de Duan et al. [6] revisaron el plan ‘Belt & Road’ de China con el objetivo de analizar la seguridad energética de China y evaluar sus riesgos de inversión extranjera en energía. La inversión en proyectos de energía no-renovable tiene un elevado potencial de incertidumbre en múltiples formas de riesgos. Identificaron seis categorías de riesgos: riesgo político, riesgo económico, riesgo de inversión, potencial del recurso, limitaciones ambientales, y el factor chino. Sus resultados indican las categorías potenciales de recursos y factor chino son los principales determinantes del riesgo para la inversión en proyectos de energía, mientras que las categorías; limitaciones ambientales y el riesgo político también deben ser considerado como parte de las decisiones de inversión extranjera en energía. Llegando a la conclusión que Arabia Saudita, Emiratos Árabes Unidos, Pakistán, Kazajstán y Rusia son las opciones más ideales para inversión energética de China.

Existen investigaciones previas que evaluaron el riesgo de IED en los sectores de minería y petróleo [11] y [12]. Los riesgos de inversión extranjera en proyectos de petróleo para las empresas internacionales de petróleo tienen un alto grado de incertidumbre y complejidad debido a que están influenciados por los precios de los *commodities*, factores geopolíticos, inestabilidad política y económica, etc. Además, el marco macroeconómico impulsado por los sistemas fiscales y los impuestos al petróleo ayudan a comprender cuán flexibles son las reglas fiscales durante el auge y la recesión de los precios de *commodities*.

## II. METODOLOGÍA

Existen varias metodologías para calcular el riesgo de la inversión extranjera directa (IED), una metodología utilizada por compañías de recursos es el análisis de opciones reales [13]. La presente investigación utiliza las metodologías: (1) Proceso de jerarquía analítica (AHP) el cual sirve para determinar el índice de ponderación de los indicadores derivados de la categoría de riesgos de inversión; y (2) Técnica para el orden de preferencia por similitud con la solución ideal (TOPSIS) el cual es utilizado para obtener la clasificación de países en la región de Sudamérica para invertir en proyectos de petróleo, upstream. Algunos países están excluidos de esta investigación debido a su alta inestabilidad política y escasas de información (por ejemplo, Venezuela), y además debido a la falta de recursos petroleros (por ejemplo, Chile, Paraguay y Uruguay) [14]. Finalmente, este estudio propone que los países con recursos petroleros deben tener políticas de gobierno justas a través de regímenes fiscales sostenibles e instituciones transparentes que reflejen credibilidad en sus negociaciones para promover su industria petrolera, upstream.

Para esta investigación se utiliza el siguiente flujo de trabajo, mostrada en la Fig. 1 la cual consiste en cuatro etapas:

1. Recolección de información relacionada a los indicadores de riesgos asociados con inversión extranjera en proyectos de petróleo.
2. Aplicación de la metodología AHP a los diez indicadores y determinar la ponderación de cada indicador.
3. Se aplica la metodología TOPSIS utilizando los resultados de ponderación de los indicadores obtenidos del paso previo para determinar el ranking de países en Sudamérica para la inversión extranjera en proyectos de petróleo.
4. Se propone alternativas para mejorar la promoción del sector upstream de Perú luego de conocer su situación actual obtenido en los resultados de TOPSIS.

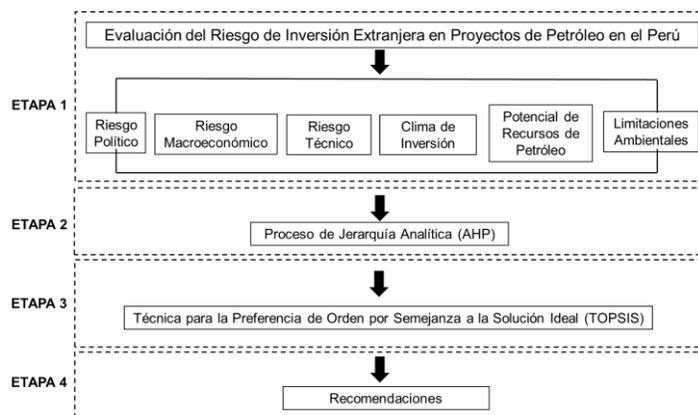


Fig. 1 Diagrama de flujo de trabajo

Fuente: Elaboración propia.

## III. MARCO TEÓRICO

### A. Toma de Decisiones con Criterios Múltiples (MCDM)<sup>1</sup>

MCDM es considerado una herramienta compleja para tomar decisiones que involucra factores cuantitativos y cualitativos [15]. Se clasifica en dos categorías: toma de decisiones de atributos múltiples (MADM)<sup>2</sup> y toma de decisiones objetivas múltiples (MODM)<sup>3</sup> [16].

### B. Toma de Decisiones de Atributos Múltiples (MADM)

Las metodologías más comunes para MADM son el método de peso del producto (WPM<sup>4</sup>), AHP y TOPSIS [16], [17] y [18].

### C. Proceso de Jerarquía Analítica (AHP)

AHP es la herramienta más útil para resolver problemas de toma de decisiones [19]. Saaty [20] fue quien desarrolló este método y descompone un problema de toma de decisiones en un sistema de jerarquías de objetivos, atributos (o criterios) y alternativas.

El procedimiento principal de AHP emplea el método de media geométrica y los siguientes pasos son parte de AHP:

**Paso 1:** Determinar el objetivo para realizar la toma de decisiones y evaluar los atributos para lograr este objetivo. La

<sup>1</sup> Multiple Criterion Decision Making (MCDM)

<sup>2</sup> Multiple Attribute Decision Making (MADM)

<sup>3</sup> Multiple Objective Decision Making (MODM)

<sup>4</sup> Weight Product Method (WPM)

meta va al nivel superior, los atributos al segundo nivel y las alternativas al tercer nivel.

**Paso 2:** Determinar la importancia relativa de los diferentes atributos con respecto al objetivo. Se construye la matriz de comparación por pares de la Fig. 2, utilizando la escala de importancia que se muestra en la TABLA I.

Attributes	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	-	-	B <sub>M</sub>
B <sub>1</sub>	1	b <sub>12</sub>	b <sub>13</sub>	-	-	b <sub>1M</sub>
B <sub>2</sub>	b <sub>21</sub>	1	b <sub>23</sub>	-	-	b <sub>2M</sub>
B <sub>MxM</sub> = B <sub>3</sub>	b <sub>31</sub>	b <sub>32</sub>	1	-	-	b <sub>3M</sub>
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
B <sub>M</sub>	b <sub>M1</sub>	b <sub>M2</sub>	b <sub>M3</sub>	-	-	1

$$, b_{ii} = 1, b_{ij} = 1/b_{ji}, b_{ji} \neq 0$$

Fig. 2. Matriz de comparación por pares.  
Fuente: Venkata [21].

Donde los criterios se denotan por B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, ..., B<sub>M</sub>. La importancia relativa de los criterios se asigna utilizando una escala de preferencia de la TABLA I.

TABLA I. ESCALA DE PREFERENCIA ENTRE DOS ATRIBUTOS O INDICADORES EN AHP.

Escala Numérica	Escala Verbal	Explicación
1	Igualmente preferida	Dos elementos contribuyen en igual medida al objetivo.
3	Moderadamente preferida	La experiencia y el juicio favorecen levemente a un elemento sobre el otro.
5	Fuertemente preferida	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente a un elemento sobre el otro.
7	Preferencia muy fuerte o demostrada	Un elemento es mucho más favorecido que el otro; su predominancia se demostró en la práctica.
9	Extremadamente preferida	Preferencia clara y absoluta de un criterio sobre otro.
2, 4, 6, 8		Intermedia entre valores anteriores.

Fuente: Saaty [22].

**Paso 3:** Encontrar el peso relativo normalizado (w<sub>j</sub>) de cada atributo calculando la media geométrica (MG) mediante las ecuaciones (1) y (2).

$$MG_j = \left[ \prod_{i=1}^M b_{ij} \right]^{1/M} \quad (1)$$

$$w_j = MG_j / \sum_{j=1}^M MG_j \quad (2)$$

La matriz A1 es la matriz de comparación por pares, la matriz A2, donde A2 = [w<sub>1</sub>, w<sub>2</sub>, ..., w<sub>j</sub>]T, es el resultado de la aplicación de (1) y (2) a la matriz A1. Luego para determinar la consistencia de la matriz y continuar con el procedimiento se calcula las matrices A3 y A4 las cuales son el resultado de: A3 = A1 \* A2 y A4 = A3 / A2. Los pesos comparativos se obtienen al encontrar el vector propio, w, con que satisface Aw = λ<sub>max</sub>\*W, donde λ<sub>max</sub> es el valor propio más grande de la matriz A [23]. Para asegurar la consistencia de la percepción subjetiva y la precisión de las ponderaciones comparativas, se

calcula el índice de consistencia (IC) y relación de consistencia (RC). La fórmula para el IC se define en (3).

$$IC = (\lambda_{max} - M) / (M - 1) \quad (3)$$

La TABLA II muestra los valores del índice aleatorio (IA) según el número de atributos o indicadores que tiene la matriz y fue elaborado por Saaty; el cual sirve para medir la inconsistencia de la matriz.

TABLA II. VALORES DE ÍNDICE ALEATORIOS.

Attributes	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0.52	0.89	1.11	1.25	1.35	1.4	1.45	1.49

Fuente: Venkata [21].

La relación de consistencia (RC) es definida de la siguiente manera:

$$RC = \frac{IC}{IA} \quad (4)$$

El RC debe estar por debajo de 0,1 para obtener un resultado confiable y aceptable [24].

**Paso 4:** El siguiente paso es obtener los puntajes de desempeño general o compuestos para las alternativas multiplicando el peso normalizado relativo (w<sub>j</sub>) de cada atributo (obtenido en el paso 2) con su valor de peso normalizado correspondiente para cada alternativa (obtenido en el paso 3).

#### D. Técnica Para el Orden de Preferencia por Similitud con la Solución Ideal (TOPSIS)

Hwang y Yoon [25] propusieron la metodología TOPSIS el cual se basa en el concepto de que las alternativas elegidas deben tener la distancia euclidiana más corta de la solución ideal y la más alejada de la solución ideal negativa, primero se necesita información sobre la importancia relativa de los criterios o indicadores que se consideran en el proceso de selección [26]. Los pasos del método TOPSIS [27] se muestran a continuación:

**Paso 1:** La matriz de decisión normalizada, R<sub>ij</sub>, se define de la siguiente manera:

$$R_{ij} = m_{ij} / \left[ \sum_{j=1}^M m_{ij}^2 \right]^{1/2} \quad (5)$$

Donde w<sub>ij</sub> es el peso del j-ésimo criterio o atributo.

**Paso 2:** Calcular la matriz de decisión normalizada ponderada:

$$V_{ij} = W_j R_{ij}, \quad i = 1, \dots, M, j = 1, \dots, n \quad (6)$$

donde w<sub>ij</sub> es el peso del j-ésimo criterio o atributo.

**Paso 3:** Determinar el ideal positivo y soluciones ideales negativas de la siguiente manera:

Max

Min

$$V^+ = \left\{ \left( \sum_i v_{ij} / j \in J \right), \left( \sum_i v_{ij} / j \in J' \right), i = 1, 2, \dots, N \right\}, = \quad (7)$$

$$\{V_1^+, V_2^+, V_3^+, \dots, V_M^+\}$$

Min

Max

$$V^- = \left\{ \left( \sum_i v_{ij} / j \in J \right), \left( \sum_i v_{ij} / j \in J' \right), i = 1, 2, \dots, N \right\}, = \quad (8)$$

$$\{V_1^-, V_2^-, V_3^-, \dots, V_M^-\}$$

Donde  $V^+$  denota la solución ideal positiva; y  $V^-$  denota la solución ideal negativa. Si el  $j$ -ésimo criterio es un criterio beneficioso, entonces  $v_{j+} = \max \{v_{ij}, i = 1, \dots, M\}$  y  $v_{j-} = \min \{v_{ij}, i = 1, \dots, M\}$ . En cambio, si el  $j$ -ésimo criterio es un criterio no beneficioso, entonces  $v_{j+} = \min \{v_{ij}, i = 1, \dots, M\}$  y  $v_{j-} = \max \{v_{ij}, i = 1, \dots, M\}$ .

**Paso 4:** Determinar las distancias desde cada alternativa a una solución ideal positiva y una solución ideal negativa:

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^M (v_{ij} - v_j^+)^2}, i = 1, \dots, N \quad (9)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^M (v_{ij} - v_j^-)^2}, i = 1, \dots, N \quad (10)$$

Donde  $V_{i+}$  denota la distancia entre la  $i$ -ésima alternativa y la solución ideal positiva; y  $V_{i-}$  denota la distancia entre la  $i$ -ésima alternativa y la solución ideal negativa.

**Paso 5:** Determinar la cercanía relativa a la solución ideal.

$$P_i = S_i^- / (S_i^+ + S_i^-) \quad (11)$$

**Paso 6:** Clasificar las alternativas, ordenando en base a los valores de puntuación de rendimiento ( $P_i$ ) en orden decreciente.

### E. Categorías de Riesgo e Indicadores

A continuación, en la Fig. 3 se muestran seis categorías de riesgo y diez indicadores asociados a estos riesgos de inversión extranjera en proyectos de petróleo, *upstream*.

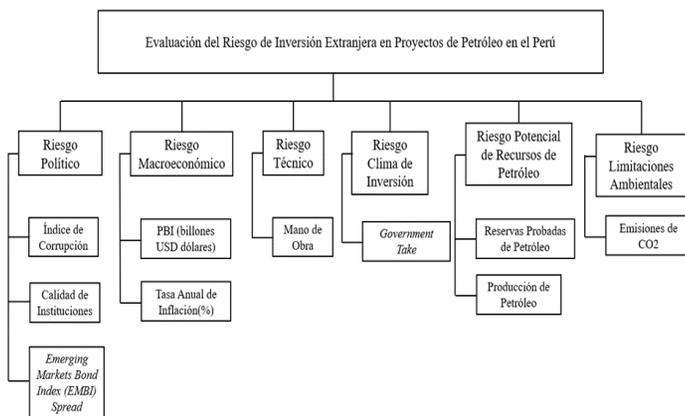


Fig. 3. Categorías de riesgo e indicadores para inversiones petroleras.

Fuente: Elaboración propia.

## IV. CASO DE ESTUDIO

Los diez indicadores asociados a los riesgos de inversión extranjera en proyectos *upstream* son recopilados y procesados de reportes y bases de datos de acceso público. La TABLA III muestra las principales fuentes de acceso libre para la recolección de la información empleado en la presente investigación.

TABLA III. PRINCIPALES FUENTES DE RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN.

Categoría de Riesgo	Indicador	Fuente
Riesgo Macroeconómico	PBI (billones USD dólares)	FMI & Banco Mundial
	Tasa Anual de Inflación (%)	FMI & Banco Mundial
Clima de Inversión	<i>Government Take</i>	FMI
Riesgo Político	Índice de Corrupción	GCR
	Calidad de Instituciones	GCR
	Emerging Markets Bond Index (EMBI) Spread (%)	Bloomberg & Reuters
Potencial de Recursos de Petróleo	Reservas Probadas de Petróleo	Reportes BP & EIA
	Producción de Petróleo	Reportes BP & EIA
Riesgo Técnico	Mano de Obra Técnica	GCR
Limitaciones Ambientales	Emisiones de Dióxido de Carbono (CO2)	EIA & Banco Mundial

Esta investigación considera seis países de Sudamérica para realizar el ranking para las inversiones petroleras en el extranjero, las cuales son Argentina, Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador y Perú.

### A. Índice de Ponderación de Indicadores

Para completar la matriz se emplean la discusión con personas expertos en el sector de hidrocarburos y revisión de la literatura sobre los riesgos asociados a las inversiones petroleras en el extranjero para poder asignar el factor de preferencia o grado de preferencia con el fin de construir esta matriz por lo que no hay una justificación rigurosa para determinar el grado de preferencia al completar la TABLA IV; y además esta misma rigurosidad se ha presentado en los siguientes artículos [28], [29], [6], [10] y [30]. Para determinar este grado de preferencia en las filas y columnas de la matriz se realiza la siguiente pregunta: ¿Qué tan importante es el indicador ubicado en la fila con respecto al indicador ubicado en la columna? y se asigna valores utilizando la escala de importancia relativa de la TABLA I elaborada por Saaty.

TABLA IV. MATRIZ DE COMPARACIÓN POR PARES UTILIZANDO LA REVISIÓN DE LA LITERATURA.

A1										
Indicadores	PBI (billones USD)	Tasa Anual Inflación (%)	Government Take	Índice de Corrupción	Calidad de Instituciones	EMBI Spread (%)	Reservas IP de Petróleo	Producción de Petróleo	Mano de Obra Técnica	Emissiones de CO2
PBI (billones USD)	1	1/3	1/6	1/5	1/4	1/6	1/5	1/2	2	1/3
Tasa Anual Inflación (%)	3	1	1/5	1/3	1/3	1/4	1/5	1/3	5	1/2
Government Take	6	5	1	2	3	2	1/2	5	7	5
Índice de Corrupción	5	3	1/2	1	1	2	1/2	4	5	3
Calidad de Instituciones	4	3	1/3	1	1	2	1/2	4	5	3
EMBI Spread (%)	6	4	1/2	1/2	1/2	1	1/3	2	5	4
Reservas IP de Petróleo	5	5	2	2	2	3	1	5	7	5
Producción de Petróleo	2	3	1/5	1/4	1/4	1/2	1/5	1	2	2
Mano de Obra Técnica	1/2	1/5	1/7	1/5	1/5	1/5	1/7	1/2	1	1/5
Emissiones de CO2	3	2	1/5	1/3	1/3	1/4	1/5	1/2	5	1

Se aplica las ecuaciones ( 1 ) y ( 2 ) de AHP a la matriz (TABLA IV) mostrado en el marco teórico, para obtener el índice de ponderación de los diez indicadores y los resultados se muestran en la TABLA V.

TABLA V. ÍNDICE DE PONDERACIÓN DE LOS DIEZ INDICADORES UTILIZADOS EN EL MODELO.

A2 = w <sub>j</sub> (Matriz)	Indicadores	Pesos o índice de ponderación de indicadores
	PBI (billones USD)	0,026
	Tasa Anual Inflación (%)	0,041
	Government Take	0,208
	Índice de Corrupción	0,136
	Calidad de Instituciones	0,128
	EMBI Spread (%)	0,107
	Reservas Probadas de Petróleo	0,234
	Producción de Petróleo	0,052
	Mano de Obra Técnica	0,019
Emissiones de CO2	0,049	

Antes de continuar con el siguiente paso, es necesario evaluar el índice de consistencia utilizando la ecuación ( 3 ) a la matriz (TABLA IV). Luego se analiza la relación de consistencia (RC) para poder continuar con el procedimiento de obtención de clasificación de países en Sudamérica utilizando la metodología TOPSIS. Para poder determinar esta relación de

consistencia primero se realiza la multiplicación de matrices,  $A1 * A2 = A3$ , y los resultados se muestran en la TABLA VI.

TABLA VI. VALORES DE LA MATRIZ A3 OBTENIDO DE MULTIPLICAR LAS MATRICES A1 Y A2.

A3	Indicadores	A1 * A2 = A3
	PBI (billones USD)	0,279
	Tasa Anual Inflación (%)	0,461
	Government Take	2,196
	Índice de Corrupción	1,404
	Calidad de Instituciones	1,343
	EMBI Spread (%)	1,138
	Reservas Probadas de Petróleo	2,474
	Producción de Petróleo	0,572
	Mano de Obra Técnica	0,214
Emissiones de CO2	0,536	

Luego se realiza la división de matrices,  $A3 / A2 = A4$ , donde los resultados se muestran en la TABLA VII, a esta matriz A4 se aplica el promedio aritmético de todos los valores para obtener el coeficiente lambda. Este coeficiente es 10.751, el cual es utilizado para determinar la consistencia.

TABLA VII. VALORES DE LA MATRIZ A4 OBTENIDO DE DIVIDIR LAS MATRICES A3 Y A2.

A4	Indicadores	A3 / A2 = A4
	PBI (billones USD)	10,699
	Tasa Anual Inflación (%)	11,266
	Government Take	10,563
	Índice de Corrupción	10,328
	Calidad de Instituciones	10,522
	EMBI Spread (%)	10,668
	Reservas IP Petróleo	10,551
	Producción de Petróleo	11,002
	Mano de Obra Técnica	10,981
Emissiones de CO2	10,931	

Este índice de consistencia se obtiene de la siguiente forma:  $IC = (10.751 - 10) / (10 - 1)$ , como resultado, el índice de consistencia para este modelo es 0.0835.

Luego se prueba la relación de consistencia (RC). Saaty [31] argumentó que la relación de consistencia (RC) debe ser menor que 0.1 para ser considerado aceptable y continuar con el siguiente paso. La TABLA II del marco teórico muestra los valores del índice aleatorio (IA) según el número de atributos. Para este estudio, el IA es 1,49 para diez indicadores.

$$RC = 0.0835 / 1.49$$

$$RC = 0.056$$

$$0.056 < 0.1$$

Como resultado, la RC es 0.056014, por lo tanto, este valor es menor de 0.1 entonces se puede continuar con la siguiente etapa utilizando los valores de la TABLA V. El propósito de realizar el método AHP es obtener coeficientes de ponderación razonables de los indicadores y tener en cuenta estas ponderaciones que se utilizarán en el método TOPSIS.

### B. Riesgo de Clasificación de Países

En primer lugar, se recopilaron datos de diez indicadores de seis países de Sudamérica (ver TABLA VIII) como el PBI, tasa de inflación anual, government take, índice de corrupción,

calidad de las instituciones, EMBI, reservas probadas de petróleo, habilidades de fuerza laboral (mano de obra) y emisiones de CO2. La TABLA VIII muestra estos datos de diez indicadores recolectado de fuentes de acceso público.

TABLA VIII. DATOS DE LOS DIEZ INDICADORES PARA LOS SEIS PAÍSES.

V <sub>ij</sub> (Matriz)						
País	Argentina	Bolivia	Brasil	Colombia	Ecuador	Perú
<b>PBI (billones USD)</b>	519,87	40,29	1868,63	331,05	108,40	222,04
<b>Tasa Anual Inflación (%)</b>	40,7	3,1	3,0	3,7	2,5	2,0
<b>Government Take</b>	73,5	86,5	70,0	75,0	78,5	67,6
<b>Índice de Corrupción</b>	40	29	35	36	34	35
<b>Calidad de Instituciones</b>	39,9	31,5	45,7	51,3	41,5	44,5
<b>EMBI Spread (%)</b>	28,1	4,5	2,8	2,6	28,8	1,9
<b>Reservas IP Petróleo</b>	2,4	0,2	12,7	2,0	1,6	0,3
<b>Producción de Petróleo</b>	620,00	59,33	2877,00	866,00	531,00	52,98
<b>Mano de Obra Técnica</b>	53,2	41,0	39,4	51,7	49,4	42,1
<b>Emisiones de CO2</b>	4,78	1,91	2,61	1,79	2,75	2,05

Se aplica la ecuación ( 5 ) a la TABLA VIII para obtener la matriz de decisión normalizada R<sub>ij</sub> que se muestra en la TABLA IX.

TABLA IX. MATRIZ DE DECISIÓN NORMALIZADA, R<sub>ij</sub>

R <sub>ij</sub> (Matriz)						
País	Argentina	Bolivia	Brasil	Colombia	Ecuador	Perú
<b>PBI (billones USD)</b>	0,2621	0,0203	0,9421	0,1669	0,0547	0,1119
<b>Tasa Anual Inflación (%)</b>	0,9874	0,0752	0,0728	0,0898	0,0607	0,0485
<b>Government Take</b>	0,3978	0,4681	0,3788	0,4059	0,4248	0,3659
<b>Índice de Corrupción</b>	0,4668	0,3384	0,4084	0,4201	0,3968	0,4084
<b>Calidad de Instituciones</b>	0,3803	0,3002	0,4356	0,4890	0,3956	0,4242
<b>EMBI Spread (%)</b>	0,6906	0,1093	0,0695	0,0648	0,7071	0,0454
<b>Reservas IP Petróleo</b>	0,1821	0,0152	0,9634	0,1517	0,1214	0,0258
<b>Producción de Petróleo</b>	0,1991	0,0190	0,9238	0,2781	0,1705	0,0170
<b>Mano de Obra Técnica</b>	0,4675	0,3603	0,3462	0,4543	0,4341	0,3700
<b>Emisiones de CO2</b>	0,6879	0,2742	0,3759	0,2575	0,3960	0,2952

Luego, la matriz de decisión normalizada ponderada, V<sub>ij</sub> se obtiene utilizando los índices de ponderación de la TABLA V multiplicados por la TABLA IX, es decir se aplica la ecuación ( 6 ) y se obtiene la matriz de decisión normalizada ponderada que se muestra en la TABLA X.

TABLA X. MATRIZ DE DECISIÓN NORMALIZADA PONDERADA, R<sub>ij</sub> V<sub>ij</sub>

V <sub>ij</sub> (Matriz)						
País	Argentina	Bolivia	Brasil	Colombia	Ecuador	Perú
<b>PBI (billones USD)</b>	0,0068	0,0005	0,0246	0,0043	0,0014	0,0029
<b>Tasa Anual Inflación (%)</b>	0,0404	0,0031	0,0030	0,0037	0,0025	0,0020
<b>Government Take</b>	0,0827	0,0973	0,0788	0,0844	0,0883	0,0761
<b>Índice de Corrupción</b>	0,0634	0,0460	0,0555	0,0571	0,0539	0,0555
<b>Calidad de Instituciones</b>	0,0486	0,0383	0,0556	0,0624	0,0505	0,0541
<b>EMBI Spread (%)</b>	0,0737	0,0117	0,0074	0,0069	0,0754	0,0049
<b>Reservas IP Petróleo</b>	0,0427	0,0036	0,2259	0,0356	0,0285	0,0061
<b>Producción de Petróleo</b>	0,0103	0,0009	0,0480	0,0144	0,0089	0,0009
<b>Mano de Obra Técnica</b>	0,0091	0,0070	0,0068	0,0089	0,0085	0,0072
<b>Emisiones de CO2</b>	0,0337	0,0134	0,0184	0,0126	0,0194	0,0145

Se aplican las ecuaciones ( 7 ) y ( 8 ) para obtener el valor ideal (mejor) V<sub>+</sub>; y el valor negativo (peor) V<sub>-</sub>; como resultado se obtiene los valores que se muestran en la TABLA XI.

TABLA XI. IDEAL MEJOR E IDEAL PEOR DEL MODELO.

Beneficioso / No-beneficioso	Alto Valor / Bajo Valor	V <sub>+</sub> (Ideal Mejor)	V <sub>-</sub> (Ideal Peor)
Beneficioso	Alto Valor	0,02460	0,00053
No-beneficioso	Bajo Valor	0,00199	0,04044
No-beneficioso	Bajo Valor	0,07606	0,09730
Beneficioso	Alto Valor	0,06344	0,04599
Beneficioso	Alto Valor	0,06241	0,03832
No-beneficioso	Bajo Valor	0,00485	0,07544
Beneficioso	Alto Valor	0,22587	0,00356
Beneficioso	Alto Valor	0,04799	0,00088
Beneficioso	Alto Valor	0,00910	0,00674
Beneficioso	Alto Valor	0,03370	0,01262

Para obtener las medidas de separación de cada alternativa de la ideal mejor y la ideal peor para cada uno de los países, se aplican las ecuaciones ( 9 ) y ( 10 ) en la TABLA X y TABLA XI respectivamente. Estos resultados de la medida de separación se muestran en la TABLA XII.

TABLA XII. MEDIDA DE SEPARACIÓN DE LA SOLUCIÓN IDEAL (MEJOR) E IDEAL (PEOR).

País	Si+	Si-
Argentina	0,204	0,052
Bolivia	0,232	0,074
Brasil	0,019	0,243
Colombia	0,196	0,090
Ecuador	0,216	0,050
Perú	0,227	0,085

Se aplica la ecuación ( 11 ) a la TABLA XII para obtener los valores de Pi, que representa los valores de puntuación de rendimientos el cual es la solución factible más preferida y menos preferida, ordenada de mayor a menor preferencia (orden descendente) según los valores de Pi. La TABLA XIII muestra las cifras de Pi para cada país.

TABLA XIII. VALORES PI.

País	Pi
Argentina	0,204
Bolivia	0,241
Brasil	0,927
Colombia	0,316
Ecuador	0,187
Perú	0,273

Finalmente, se ordena de manera descendente utilizando los valores Pi de la TABLA XIII. El ranking de los seis países de Sudamérica con potencial de inversión extranjera en proyectos de petróleo se muestra en la TABLA XIV.

TABLA XIV. RANKING DE SEIS PAÍSES DE SUDAMÉRICA PARA LA INVERSIÓN EXTRANJERA EN PROYECTOS DE PETRÓLEO.

Arreglo TOPSIS	
País	Ranking
Brasil	1°
Colombia	2°
Perú	3°
Bolivia	4°
Argentina	5°
Ecuador	6°

## V. RESULTADOS

Los resultados se han subdividido en cuatro secciones: A. Resultados de AHP, B. Resultados de TOPSIS, C. Análisis de la industria petrolera en Sudamérica; y D. Validación de resultados.

### A. Resultados AHP

Lo resaltado con azul y verde de la TABLA XV indican que las reservas probadas de petróleo y *government take* tienen valores de alta importancia con respecto a otros indicadores. En la TABLA XV se muestra que el indicador 'mano de obra' tiene los valores asignados más bajos con respecto al resto de indicadores de las filas esto es debido a que hay una escasez de mano de obra técnica calificada en Sudamérica como indica el *Global Competitiveness Report* [32], las CPI optan por utilizar

mano de obra técnica del extranjero por un determinado tiempo hasta que se capacite al personal local.

TABLA XV. ANÁLISIS DE LA MATRIZ DE COMPARACIÓN POR PARES DE EVALUACIONES DE PROYECTOS DE PETRÓLEO.

A1										
Indicadores	PBI (billones USD)	Tasa Anual Inflación (%)	Government Take	Índice de Corrupción	Calidad de Instituciones	EMBI Spread (%)	Reservas 1P de Petróleo	Producción de Petróleo	Mano de Obra Técnica	Emisiones de CO2
PBI (billones USD)	1	1/3	1/6	1/5	1/4	1/6	1/5	1/2	2	1/3
Tasa Anual Inflación (%)	3	1	1/5	1/3	1/3	1/4	1/5	1/3	5	1/2
Government Take	6	5	1	2	3	2	1/2	5	7	5
Índice de Corrupción	5	3	1/2	1	1	2	1/2	4	5	3
Calidad de Instituciones	4	3	1/3	1	1	2	1/2	4	5	3
EMBI Spread (%)	6	4	1/2	1/2	1/2	1	1/3	2	5	4
Reservas 1P de Petróleo	5	5	2	2	2	3	1	5	7	5
Producción de Petróleo	2	3	1/5	1/4	1/4	1/2	1/5	1	2	2
Mano de Obra Técnica	1/2	1/5	1/7	1/5	1/5	1/5	1/7	1/2	1	1/5
Emisiones de CO2	3	2	1/5	1/3	1/3	1/4	1/5	1/2	5	1

La afirmación anterior está en concordancia con los resultados mostrados en la TABLA XVI, donde se asigna un orden según su índice de ponderación de la TABLA V las reservas probadas de petróleo y *government take* se encuentran en el primer y segundo lugar respectivamente, mientras que la 'mano de obra' está en la décima posición. Por lo tanto, los primeros cinco indicadores: reservas probadas de petróleo, *government take*, índice de corrupción, instituciones de calidad y EMBI de la TABLA XVI son los indicadores más críticos debido a sus altos valores de ponderación. Por esta razón, las CPI deberían analizar en mayor detalle estos indicadores asociados a los riesgos de inversión extranjera en proyectos de petróleo, *upstream*, antes de invertir.

TABLA XVI. ORDEN DE IMPORTANCIA SEGÚN ÍNDICE DE PONDERACIÓN PARA LOS DIEZ INDICADORES.

A2 = w <sub>j</sub> (Matriz)		
Indicadores	Pesos o índice de ponderación de indicadores	Orden de Importancia
Reservas Probadas de Petróleo	0,234	1°
Government Take	0,208	2°
Índice de Corrupción	0,136	3°
Calidad de Instituciones	0,128	4°
EMBI Spread (%)	0,107	5°
Producción de Petróleo	0,052	6°

Emisiones de CO2	0,049	7°
Tasa Anual Inflación (%)	0,041	8°
PBI (billones USD)	0,026	9°
Mano de Obra Técnica	0,019	10°

### B. Resultados de TOPSIS

En cuanto a la clasificación de países en Sudamérica basada según la metodología TOPSIS, Brasil tiene la segunda mayor reserva probada de petróleo de Sudamérica después de Venezuela (ver TABLA XVII). Además, el *government take* en Brasil se encuentra entre las más bajas de esta región (ver TABLA VIII), lo que ayuda a Brasil en obtener el más alto valor del puntaje de rendimiento (Pi). Como resultado coloca a Brasil con el riesgo más bajo para inversiones extranjeras en proyectos de petróleo en Sudamérica.

Aunque la evaluación de riesgos en este estudio se toma en consideración con base a los resultados obtenidos de las metodologías AHP y TOPSIS, sin embargo, la evaluación en más detalle sobre los beneficios económicos, financieros y ambientales de las inversiones petroleras en el extranjero, el cálculo del retorno de la inversión y otros factores que afectan la decisión de inversión en el upstream no fueron considerados en el análisis. Por lo tanto, las CIP no pueden confiar únicamente en el riesgo de clasificación de países que se muestra en la TABLA XIV para tomar la mejor decisión posible. La toma de decisiones de inversión óptima para desarrollar un proyecto de petróleo es el resultado de considerar una amplia variedad de factores asociados con la industria petrolera. Finalmente, el riesgo de clasificación de países (ver TABLA XIV) es una herramienta que brinda información importante sobre inversiones petroleras a las CIP.

### C. Análisis de la industria petrolera en Sudamérica

La TABLA XVII muestra el potencial de recursos petroleros de Sudamérica, que representa el 18,8% de las reservas probadas de petróleo totales del mundo y proporciona el 6,9% de la producción de petróleo en todo el mundo.

TABLA XVII. POTENCIAL DE LOS RECURSOS PETROLEROS EN AMÉRICA DEL SUR.

País	Reservas Probadas de Petróleo (Mil millones de barriles)	Producción de Petróleo (Miles de barriles por día)	Porcentaje Total de Reservas Probadas de Petróleo	Porcentaje Total de Producción de Petróleo
Argentina	2,0	592,00	9,74%	12,41%
Bolivia	0,2	59,33	0,97%	1,24%
Brasil	13,4	2683,00	65,24%	56,24%
Colombia	1,8	866,00	8,76%	18,15%
Ecuador	2,8	517,00	13,63%	10,84%
Perú	0,3	52,98	1,66%	1,11%
Total	20,5	4770,31	100,00%	100,00%

Fuente: BP [1], EIA [14] y Perupetro [5].

### D. Validación de resultados

La TABLA XVIII muestran las oportunidades de inversión extranjera en América Latina según los indicadores:

prospectividad, términos fiscales y contractuales, ambiente político y de negocios, y el atractivo en general, se observa que Argentina y Ecuador muestran resultados menos favorables comparado al resto de países evaluados como Brasil, Colombia y Perú. Por lo tanto, estos resultados están en concordancia con los resultados obtenidos de TOPSIS en la presente tesis de investigación.

TABLA XVIII. ATRACTIVO DE INVERSIÓN EN EL SECTOR PETROLERO EN LATINO AMÉRICA.

País	Atractivo
Colombia	1°
Brasil	2°
México	3°
Perú	4°
Trinidad y Tobago (T&T)	5°
Uruguay	6°
Argentina	7°
Ecuador	8°
Bolivia	9°
Venezuela	10°

Fuente: Arthur D Little [33].

El Banco Mundial todos los años publica su reporte 'Doing Business' el cual muestra un ranking de los países para inversión extranjera, en la Fig. 4 muestra este ranking para las inversiones extranjeras en el año 2014 y 2020 en la región de Sudamérica. Los resultados obtenidos de este reporte van en concordancia con los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación.

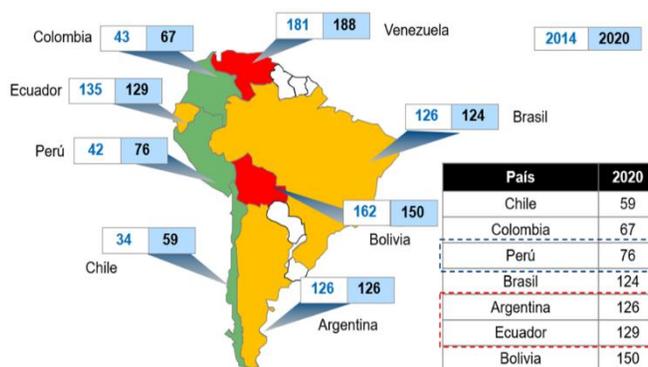


Fig. 4 Índice de inversión general en Sudamérica.

Fuente: Banco Mundial [34]

## VI. CONCLUSIONES

Se identificó seis categorías de riesgos y diez indicadores asociados a las inversiones extranjeras en proyectos de petróleo en base a la revisión bibliográfica, los cuales son mostrados en la TABLA III.

Es importante que las CPI realicen un análisis y evaluación detallada de los primeros cinco indicadores que se muestran en la TABLA V ya que son los más críticos para tener un mejor alcance sobre el destino de inversión extranjera.

La TABLA XIV muestra el orden de países en Sudamérica para invertir en su industria petrolera, además se concluye que

los países que tienen mayor cantidad de reservas probadas de petróleo y menor porcentaje de *government take* son los más favorables como destino de inversión extranjera.

## VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda a las CPI utilizar los resultados de esta investigación como una herramienta adicional que pueda complementar a otros estudios detallados en donde se puedan analizar los beneficios de invertir en un determinado país.

El estado siempre busca maximizar la recaudación de los proyectos petroleros; sin embargo, para generar un ambiente atractivo de inversión se necesita crear regímenes fiscales sostenibles donde se comparta los riesgos y beneficios entre ambas partes.

Los inversores esperan que el marco macroeconómico fiscal a través de los regímenes fiscales sea fácil de comprender para poder cumplir con todos los compromisos con el estado.

Las CPI esperan que las negociaciones de los contratos petroleros sean transparentes, esto genera credibilidad entre ambas partes.

El estudio no contempla la presencia de una segunda o tercera ola del COVID-19 en el Perú, que podría afectar sensiblemente la opción de mantener el interés de los inversionistas en los lotes petroleros, por lo que se recomienda realizar los estudios respectivos.

## IX. REFERENCIAS

- [1] British Petroleum, «Statistical Review of World Energy,» 2020.
- [2] Federal Reserve Bank of Dallas, «Falling Oil Prices Drag Down U.S. Business Investment,» 19 Mayo 2020. [En línea]. Available: <https://www.dallasfed.org/research/economics/2020/0514.aspx>.
- [3] Wood Mackenzie, «The oil market in crisis,» 19 Mayo 2020. [En línea]. Available: <https://www.woodmac.com/nslp/the-oil-market-in-crisis/>.
- [4] McKinsey & Company, «Oil and gas after COVID-19: The day of reckoning or a new age of opportunity?,» 15 Mayo 2020. [En línea]. Available: <https://www.mckinsey.com/industries/oil-and-gas/our-insights/oil-and-gas-after-covid-19>.
- [5] PERUPETRO S.A., «Perupetro,» 17 Junio 2020. [En línea]. Available: <https://www.perupetro.com.pe/wps/wcm/connect/corporativo/0e39af7f-77eb-48dd-b45c-b87788788fb7>
- [6] F. Duan, Q. Ji, B. Liu y Fan, Y., «Energy investment risk assessment for nations along China's Belt & Road Initiative.,» *Journal of Cleaner Production*, 2018.
- [7] C. Jude y G. Levieuge, «Growth Effect of Foreign Direct Investment in Developing Economies: The Role of Institutional Quality,» *The World Economy*, vol. 40, p. 28, 2017.
- [8] D. McCauley, V. Ramasar, R. Heffron, B. Sovacool, D. Mebratu y L. Mundaca, «Energy justice in the transition to low carbon energy systems: Exploring key themes in interdisciplinary research,» *Applied Energy*, Vols. %1 de %2233-234, pp. 916-921, 2019.
- [9] P. Daniel, M. Keen, A. Swistak y V. Thuronyi, *International Taxation and the Extractive Industries: Resources without Borders*, New York: Routledge, 2017.
- [10] H. Li, R. Sun, W. Lee, K. Dong y R. Guo, «Assessing Risk in Chinese Shale Gas Investments Abroad: Modelling and Policy Recommendations.,» *Sustainability*, vol. 8(8), p. 708, 2016.
- [11] V. Vivoda, «Determinants of foreign direct investment in the mining sector in Asia: A comparison between China and India,» *Resources Policy*, vol. 36(1), p. 49–59, 2011.
- [12] I. Alon, G. Leung y T. Simpson, «Outward Foreign Direct Investment by Chinese National Oil Companies,» *Journal of East-West Business*, vol. 21(4), pp. 292-312, 2015.
- [13] Y. Fan y L. Zhu, «A real options based model and its application to China's overseas oil investment decisions,» *Energy Economics*, vol. 32(3), p. 627–637, 2010.
- [14] U.S. Energy Information Administration, «Country Analysis Executive Summary: Brasil,» 18 Abril 2019. [En línea]. Available: [https://www.eia.gov/international/content/analysis/countries\\_long/Brazil/Brazil\\_2019.pdf](https://www.eia.gov/international/content/analysis/countries_long/Brazil/Brazil_2019.pdf).
- [15] H. Byun y K. Lee, «Determination of the optimal build direction for different rapid prototyping processes using multi-criterion decision making,» *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, vol. 22(1), pp. 69-80, 2006.
- [16] R. Venkata, *Decision Making in the Manufacturing Environment (First Edition)*, 2007a.
- [17] S. Chen y C. Hwang, «Fuzzy Multiple Attribute Decision Making Methods,» Berlin, 192, pp. 289-486.
- [18] S. Zanakis, A. Solomon, N. Wishart y S. Dublisch, «Multi-attribute decision making: A simulation comparison of select methods,» *European Journal of Operational Research*, vol. 107(3), pp. 507-529, 1998.
- [19] O. Vaidya y S. Kumar, «Analytic hierarchy process: An overview of applications,» *European Journal of Operational Research*, vol. 169(1), p. 1–29, 2006.
- [20] T. Saaty, What is the Analytic Hierarchy Process? In *Mathematical Models for Decision Support*, 1988.
- [21] R. Venkata, *Decision Making in the Manufacturing Environment*, 2007b.
- [22] T. Saaty, «Decision making with the analytic hierarchy process,» *International Journal of Services Sciences*, vol. 1(1), p. 83–98, 2008.
- [23] H. Çalişkan, B. Kurşuncu, C. Kurbanoğlu y Y. Güven, «Material selection for the tool holder working under hard milling conditions using different multi criteria decision making methods,» *Materials and Design*, vol. 45, pp. 473-479, 2013.
- [24] G.-H. Tzeng y J.-J. Huang, *Multiple Attribute Decision Making*, New York: Chapman and Hall/CRC, 2011.
- [25] C.-L. Hwang y K. Yoon, «Methods for Multiple Attribute Decision Making,» 1981, p. 58–191.
- [26] P. Sharma, A. Aggarwal, R. Gupta y Suryanarayan, «Expert system for aid in material selection process,» *IEEE*, p. 27–31, 1993.
- [27] A. Shanian y O. Savadogo, «TOPSIS multiple-criteria decision support analysis for material selection of metallic bipolar plates for polymer electrolyte fuel cell,» *Journal of Power Sources*, vol. 159(2), p. 1095–1104, 2006.
- [28] M. Amiri, «Project selection for oil-fields development by using the AHP and fuzzy TOPSIS methods,» *Expert Systems with Applications*, vol. 37(9), p. 6218–6224, 2010.
- [29] C.-N. Wang, Y.-F. Huang, I.-F. Cheng y V. Nguyen, «A Multi-Criteria Decision-Making (MCDM) Approach Using Hybrid SCOR Metrics, AHP, and TOPSIS for Supplier Evaluation and Selection in the Gas and Oil Industry,» *Processes*, vol. 6(12), p. 252, 2018.
- [30] O. Bayulgen, *Foreign Investment and Political Regimes: The Oil Sector in Azerbaijan, Russia, and Norway*, New York, 2010.
- [31] T. Saaty, «A scaling method for priorities in hierarchical structures,» *Journal of Mathematical Psychology*, vol. 15(3), p. 234–281, 1977.
- [32] World Economic Forum, «Global Competitiveness Report,» 2019.
- [33] A. D. Little, «Arthur D. Little Global,» Enero 2014. [En línea]. Available: <https://www.adlittle.com/en/insights/viewpoints/future-urban-mobility-lab>.
- [34] World Bank Group, «Doing Business 2020,» World Bank Publications, Washington D.C., 2020.