

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



**EVALUACIÓN DEL IMPACTO SOCIAL (SIA) Y ANÁLISIS DE  
POSIBLES CONFLICTOS SOCIOAMBIENTALES (ECA) EN UN  
PROYECTO MINERO EN EL SUR DEL PERÚ USANDO LOS  
MODELOS MATEMÁTICOS DE GREY CLUSTERING Y ENTROPÍA  
DE SHANNON**

**Tesis para obtener el título profesional de Ingeniera de Minas**

**AUTORA:**

Solange Guiuliana Rios Angulo

**ASESOR:**

Kiko Alexi Delgado Villanueva

Lima, Abril, 2021

## Resumen

El aspecto social se ha convertido en un factor clave para la viabilidad de los proyectos mineros en América Latina, y Perú no es una excepción. Por esta razón, la presente investigación busca prevenir posibles conflictos socioambientales y pérdidas económicas, que podrían ocurrir durante la ejecución de un proyecto, utilizando modelos cuantitativos. Por consiguiente, esta tesis presenta una justificación económica, social y metodológica. El objetivo es determinar el impacto social y analizar posibles conflictos socioambientales relacionados a un proyecto minero utilizando la metodología “*Integration of the grey clustering and entropy-weight methods*”, la cual es un modelo integrado del método *grey clustering* basado en funciones triangulares de Whitenización de punto central y del método de la entropía de Shannon. El caso de estudio es un proyecto minero situado en el sur de Perú, en el que se identificaron cuatro grupos de interés (*stakeholders*) y siete criterios relacionados a variables sociales propias del lugar. Los resultados obtenidos revelaron que, para las autoridades comunales y los ganaderos de alpacas, el impacto social del proyecto es negativo; mientras que, para el gobierno local y los comerciantes, el impacto es normal, siendo el gobierno local el que presenta un mayor grado de aceptabilidad con respecto a este proyecto. Por otro lado, también se concluye que los criterios con mayor probabilidad de generar conflictos socioambientales son la tasa de empleo y el Producto Bruto Interno (PBI) per cápita relacionados a las variables sociales de empleo y economía, respectivamente. Estos resultados podrían ayudar a los gobiernos central y regional de Perú a buscar las medidas adecuadas para prevenir oposiciones durante la ejecución del proyecto. Finalmente, la presente tesis puede contribuir a abordar cualquier conflicto de ámbito social y ambiental de manera mucho más efectiva, buscando el desarrollo sostenible y equilibrando los aspectos económico, social y ambiental.

**Índice general****Resumen****i****Índice de Figuras****viii****Índice de Tablas****xi****Capítulo I: Introducción****1**

## 1.1. Justificación del tema

1

## 1.2. Antecedentes

6

## 1.2.1. Estudios previos que utilizaron las metodologías de la Etapa 1.

7

## 1.2.2. Estudios previos que utilizaron las metodologías de la Etapa 2.

10

## 1.3. Objetivos

14

## 1.4. Hipótesis

14

## 1.5. Plan de Trabajo

15

**Capítulo II: Marco Teórico****18**

## 2.1. Conceptos de Minería y Medio Ambiente

18

## 2.1.1. Estudio de Impacto Ambiental (EIA).

18

## 2.1.2. Evaluación del Impacto Social (SIA).

25

## 2.1.3. Análisis de Conflictos Socioambientales (ECA).

33

## 2.2. Metodologías

42

## 2.2.1. Analytic Hierarchy Process (AHP).

43

## 2.2.1.1. Paso 1: Comparación de criterios y de alternativas por cada criterio.

45

## 2.2.1.2. Paso 2: Determinación de las Matrices Prioridad.

46

2.2.1.3.	Paso 3: Consistencia.	48
2.2.1.4.	Paso 4: Cálculo de la Matriz de Prioridad Global.	52
2.2.2.	Grey Clustering.	53
2.2.2.1.	Paso 1: Definición de las grey clases y sus puntos centrales.	55
2.2.2.2.	Paso 2: Determinación de las funciones CTWF.	55
2.2.2.3.	Paso 3: Cálculo del coeficiente de Clusterización.	56
2.2.2.4.	Paso 4: Clasificación de los objetos según su grey clase.	57
2.2.3.	Entropía de Shannon.	57
2.2.3.1.	Paso 1: Matriz de Comparación.	58
2.2.3.2.	Paso 2: Matriz Normalizada.	59
2.2.3.3.	Paso 3: Cálculo de la Entropía.	59
2.2.3.4.	Paso 4: Diversidad o grado de divergencia.	60
2.2.3.5.	Paso 5: Cálculo del peso entrópico.	60
2.2.4.	Metodología de integración de grey clustering y entropía de Shannon.	61
2.2.4.1.	Paso 1: Criterios y grey clases.	62
2.2.4.2.	Paso 2: Puntos centrales $\lambda$ y las funciones CTWF.	62
2.2.4.3.	Paso 3: Coeficiente de Clusterización global.	62
2.2.4.4.	Paso 4: Evaluación del impacto social (SIA).	63
2.2.4.5.	Paso 5: Peso entrópico de Shannon.	63
2.2.4.6.	Paso 6: Análisis de conflictos socioambientales (ECA).	64
<b>Capítulo III: Desarrollo de la Tesis</b>		<b>66</b>

3.1.	Aspectos generales del proyecto	66
3.1.1.	Ubicación.	67
3.1.2.	Geología.	68
3.2.	Estudios preliminares de sus proyectos de exploración	68
3.2.1.	Declaración del Impacto Ambiental del Proyecto Tupuramani.	70
3.2.2.	Declaración del Impacto Ambiental del Proyecto Chacaconiza.	70
3.2.2.1	Criterios para la determinación del Área de Influencia Social Directa.	73
3.2.2.2	Criterios para la determinación del Área de Influencia Social Indirecta.	73
3.2.2.3	Descripción del área de influencia social directa.	73
3.2.2.4	Identificación y evaluación de impactos sociales.	75
3.3.	Comunidades analizadas en el caso de estudio	81
3.4.	Etaa 1: Determinación de stakeholders y variables sociales del proyecto minero	85
3.4.1.	Stakeholders.	85
3.4.1.1.	Ganaderos de alpacas (G1).	85
3.4.1.2.	Gobierno local (G2).	89
3.4.1.3.	Autoridades comunales (G3).	90
3.4.1.4.	Agricultores (G4).	91
3.4.1.5.	Personas que viven del turismo (G5).	94
3.4.1.6.	Comerciantes (G6).	97
3.4.1.7.	Mujeres hilanderas (G7).	97
3.4.1.8.	Profesionales locales (G8).	97

3.4.2.	Variables sociales.	97
3.4.2.1.	Seguridad (V1).	97
3.4.2.2.	Empleo (V2).	98
3.4.2.3.	Salud (V3).	99
3.4.2.4.	Nivel de Pobreza (V4).	99
3.4.2.5.	Nivel de educación (V5).	100
3.4.2.6.	Acceso al agua (V6).	102
3.4.2.7.	Contaminación (V7).	102
3.4.2.8.	Diferencia cultural (V8).	102
3.4.2.9.	Economía (V9).	103
3.4.2.10.	Desarrollo tecnológico (V10).	104
3.4.3.	Criterios.	104
3.4.3.1.	Magnitud (C1).	105
3.4.3.2.	Extensión (C2).	105
3.4.3.3.	Probabilidad (C3).	105
3.4.3.4.	Gobernabilidad (C4).	105
3.4.4.	Equipo de expertos.	105
3.4.5.	Cálculos y resultados en la determinación de stakeholders.	106
3.4.5.1.	Paso 1: Comparación de criterios y de alternativas por cada criterio.	107
3.4.5.2.	Paso 2: Determinación de las Matrices Prioridad.	108
3.4.5.3.	Paso 3: Consistencia.	109

3.4.5.4.	Paso 4: Cálculo de la Matriz de Prioridad Global.	110
3.4.5.5.	Resultados finales de stakeholders.	112
3.4.6.	Cálculos y resultados en la determinación de variables sociales.	117
3.4.6.1.	Paso 1: Comparación de Objetos con respecto a los Criterios.	118
3.4.6.2.	Paso 2: Matriz Normalizada.	118
3.4.6.3.	Paso 3: Cálculo de la Entropía.	119
3.4.6.4.	Paso 4: Cálculo del grado de divergencia.	119
3.4.6.5.	Paso 5: Matriz de Peso Entrópico.	120
3.4.6.6.	Resultados finales de variables sociales.	122
3.5.	Etapa 2: Evaluación del impacto social (SIA) y análisis de conflictos socioambientales (ECA) en el proyecto minero	130
3.5.3.	Paso 1: Criterios y grey clases.	134
3.5.4.	Paso 2: Puntos centrales $\lambda$ y las funciones CTWF.	134
3.5.5.	Paso 3: Coeficiente de Clusterización global.	139
3.5.6.	Paso 4: Evaluación del impacto social (SIA).	139
3.5.7.	Paso 5: Peso entrópico de Shannon.	143
3.5.8.	Paso 6: Análisis de Conflictos Socioambientales (ECA).	144
<b>Capítulo IV: Discusión de Resultados</b>		<b>146</b>
4.1.	Con respecto al caso de estudio	146
4.4.1.	Discusión de los resultados del SIA.	146
4.4.2.	Discusión de los resultados del ECA.	148
4.5.	Con respecto a las metodologías	152

<b>Capítulo V: Conclusiones</b>	<b>155</b>
<b>Capítulo VI: Recomendaciones y comentarios</b>	<b>158</b>
<b>Referencias</b>	<b>xiii</b>
<b>Anexos</b>	<b>xxxii</b>



## Índice de Figuras

<i>Figura 1</i> Fases de la tesis	16
<i>Figura 2</i> Fases del SIA	29
<i>Figura 3</i> Fases de un conflicto social	34
<i>Figura 4</i> Evolución de conflictos sociales y socioambientales entre 2010 y 2019	36
<i>Figura 5</i> Distribución porcentual de conflictos sociales en el Perú según tipo	37
<i>Figura 6</i> Distribución porcentual de conflictos socioambientales en Perú por actividad	38
<i>Figura 7</i> Esquema de la estructura jerárquica del método AHP	44
<i>Figura 8</i> Gráfico de funciones CTWF	56
<i>Figura 9</i> Esquema del método IGCEW	61
<i>Figura 10</i> Ubicación geográfica del proyecto minero elegido	67
<i>Figura 11</i> Distancia entre el proyecto y el distrito de Macusani	67
<i>Figura 12</i> Concesiones de los proyectos de exploración Tupuramani y Chacaconiza	69
<i>Figura 13</i> Área efectiva del proyecto de exploración Chacaconiza	71
<i>Figura 14</i> Comunidades en el área de influencia directa del proyecto minero	81
<i>Figura 15</i> Distancia entre el proyecto minero de uranio y el de litio	82
<i>Figura 16</i> Comunidades de Tantamaco, Isivilla y Corani en el registro del BDPI	83
<i>Figura 17</i> Localización del proyecto minero en relación a los pueblos indígenas	84
<i>Figura 18</i> Municipalidad Provincial de Carabaya -Macusani	89
<i>Figura 19</i> Organigrama Municipal de Carabaya	90
<i>Figura 20</i> Solange Rios en las oficinas de reuniones de las autoridades comunales	91
<i>Figura 21</i> Producción de papa en Macusani durante los últimos años	93
<i>Figura 22</i> Solange Rios con la dueña del hotel en donde se hospedó	94
<i>Figura 23</i> Vista del glaciar Allin Capac desde una cueva de pintura rupestre	95
<i>Figura 24</i> Glaciar Quelccaya en el distrito de Corani	95

<i>Figura 25</i> Solange Rios en la Plaza de Armas de Macusani	96
<i>Figura 26</i> Tasa de personas detenidas por cada 10 mil habitantes según departamento	98
<i>Figura 27</i> Tendencia de la tasa de analfabetismo de la población puneña mayor a 15 años de edad	101
<i>Figura 28</i> Estructura jerárquica del método AHP aplicado al caso de estudio	106
<i>Figura 29</i> Fotografía de Solange Rios con dos comuneros	113
<i>Figura 30</i> Fotografía de un “canchón” tomada por Solange Rios	114
<i>Figura 31</i> Fotografía de alpacas suri semi trasquiladas tomada por Solange Rios	115
<i>Figura 32</i> Fotografía de alpacas huacaya tomada por Solange Rios	115
<i>Figura 33</i> Entrevista de Solange Rios a una ganadera de alpaca	116
<i>Figura 34</i> Fotografías de Solange Rios con algunos ganaderos de alpacas entrevistados	116
<i>Figura 35</i> Solange Rios junto a una comerciante entrevistada momentos previos	117
<i>Figura 36</i> Ubicación de las pinturas rupestres de Corani y Macusani	123
<i>Figura 37</i> Representación de un camélido huyendo de los cazadores	124
<i>Figura 38</i> Tropilla de camélidos cercados por cazadores armados con estólicas y dardos	124
<i>Figura 39</i> Índice de pobreza en Puno por provincia	127
<i>Figura 40</i> Funciones CTWF de las cinco grey clases	135
<i>Figura 41</i> Funciones CTWF de las cinco grey clases para los criterios de connotación positiva	136
<i>Figura 42</i> Funciones CTWF de las cinco grey clases para los criterios de connotación negativa	137
<i>Figura 43</i> Evaluación del impacto social con respecto a cada criterio para G <sub>1</sub>	141
<i>Figura 44</i> Evaluación del impacto social con respecto a cada criterio para G <sub>2</sub>	142
<i>Figura 45</i> Evaluación del impacto social con respecto a cada criterio para G <sub>3</sub>	142
<i>Figura 46</i> Evaluación del impacto social con respecto a cada criterio para G <sub>4</sub>	142

<i>Figura 47</i> Evaluación del impacto social total de los grupos G <sub>1</sub> , G <sub>2</sub> , G <sub>3</sub> y G <sub>4</sub>	143
<i>Figura 48</i> ECA de los grupos G <sub>1</sub> , G <sub>2</sub> , G <sub>3</sub> y G <sub>4</sub> con respecto a cada criterio	145
<i>Figura 49</i> Crianza de alpacas fotografiada por Solange Rios	150
<i>Figura 50</i> Cultivo de ichu fotografiado por Solange Rios	150



## Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Inversiones mineras paralizadas en los últimos años en el Perú</i>	2
Tabla 2 <i>Conflictos sociales por departamento en 2017 y 2018</i>	3
Tabla 3 <i>Normas publicadas durante la emergencia nacional por la pandemia del Covid 19</i>	4
Tabla 4 <i>Listado de conflictos socioambientales en Puno en el primer semestre de 2018</i>	5
Tabla 5 <i>Escala de Saaty adaptada en el contexto social</i>	45
Tabla 6 <i>Porcentajes máximos del RC para que la Matriz A sea consistente</i>	52
Tabla 7 <i>Concesiones de los proyectos de exploración realizados por La Empresa</i>	68
Tabla 8 <i>Delimitación del área de influencia ambiental directa</i>	72
Tabla 9 <i>Delimitación del área de influencia ambiental indirecta</i>	72
Tabla 10 <i>Caracterización del área de influencia social directa</i>	74
Tabla 11 <i>Matriz de Interacción</i>	75
Tabla 12 <i>Calificación de los parámetros de la Matriz de Evaluación del Impacto Social</i>	78
Tabla 13 <i>Matriz de Evaluación de Impactos Sociales</i>	79
Tabla 14 <i>Posibles medidas de manejo de impactos sociales</i>	80
Tabla 15 <i>Proyección de la evolución de la población de alpacas en el distrito de Macusani</i>	86
Tabla 16 <i>Población pecuaria por especies en cada provincia del departamento de Puno</i>	87
Tabla 17 <i>Población pecuaria en cada distrito de la provincia de Carabaya</i>	87
Tabla 18 <i>Producción de fibra de alpaca por departamento en los últimos años</i>	88
Tabla 19 <i>Producción de carne de alpaca por departamento en los últimos años</i>	88
Tabla 20 <i>Producción agrícola de la provincia de Carabaya en el 2018</i>	91
Tabla 21 <i>Producción agrícola del distrito de Macusani durante los últimos años</i>	92
Tabla 22 <i>Tonelaje y área destinada a la producción de Macusani en 2018</i>	93
Tabla 23 <i>Matriz de Comparación de Criterios para el experto E3</i>	107

Tabla 24 <i>Matriz de Comparación de Stakeholders con respecto al criterio C3 para el experto E3</i>	107
Tabla 25 <i>Matriz Prioridad de Criterios para el experto E3</i>	108
Tabla 26 <i>Matriz Prioridad de Stakeholders para el experto E3</i>	108
Tabla 27 <i>Matriz multiplicación <math>A \times W</math> de la Matriz de Comparación de Criterios para el experto E3</i>	109
Tabla 28 <i>Cálculo de la consistencia de la Matriz de Comparación de Criterios para el experto E3</i>	109
Tabla 29 <i>Matriz multiplicación <math>A \times W</math> de la Matriz de Comparación de Stakeholders con respecto al criterio C3 para el experto E3</i>	110
Tabla 30 <i>Cálculo de la consistencia de la Matriz de Comparación de Stakeholders con respecto al criterio C3 para el experto E3</i>	110
Tabla 31 <i>Matriz de Prioridad Global para el experto E3</i>	111
Tabla 32 <i>Jerarquización final para la elección de los cinco grupos de stakeholders más importantes</i>	111
Tabla 33 <i>Stakeholders resultantes mediante el método AHP</i>	112
Tabla 34 <i>Matriz de Comparación de variables sociales para el experto E3</i>	118
Tabla 35 <i>Matriz Normalizada para el experto E3</i>	118
Tabla 36 <i>Valores de entropía de cada criterio para el experto E3</i>	119
Tabla 37 <i>Grados de divergencia de cada criterio para el experto E3</i>	119
Tabla 38 <i>Matriz de Peso Entrópico de cada criterio para el experto E3</i>	120
Tabla 39 <i>Jerarquización de variables sociales para el experto E3</i>	120
Tabla 40 <i>Jerarquización final para la elección de las siete variables sociales más importantes</i>	121
Tabla 41 <i>VARIABLES SOCIALES RESULTANTES MEDIANTE EL MÉTODO DE ENTROPÍA DE SHANNON</i>	121

Tabla 42 <i>Listado de sitios arqueológicos en el distrito de Macusani</i>	124
Tabla 43 <i>Listado de sitios arqueológicos en el distrito de Corani</i>	125
Tabla 44 <i>Criterios identificados en el caso de estudio</i>	131
Tabla 45 <i>Clasificación de los criterios dependiendo a sus connotaciones</i>	132
Tabla 46 <i>Cuestionario aplicado para los grupos de stakeholders</i>	132
Tabla 47 <i>Datos de entrada obtenidos de las encuestas realizadas a cada grupo de stakeholder con respecto a cada criterio</i>	133
Tabla 48 <i>Rangos de valores o grey clases para cada criterio establecido en el caso de estudio</i>	134
Tabla 49 <i>Puntos centrales de las grey clases ya extendidas para los criterios aplicados en el caso de estudio</i>	135
Tabla 50 <i>Matriz de criterios y grey clases resultante para <math>G_1</math></i>	138
Tabla 51 <i>Coeficientes de clusterización global con respecto a cada grey clase para el grupo de stakeholder <math>G_1</math></i>	139
Tabla 52 <i>El sistema de porcentajes establecido para el SIA y los intervalos de clasificación de impacto social en el caso de estudio</i>	140
Tabla 53 <i>Evaluación del impacto social (SIA) para el grupo <math>G_1</math></i>	140
Tabla 54 <i>Evaluación del impacto social (SIA) para los grupos <math>G_1</math>, <math>G_2</math>, <math>G_3</math> y <math>G_4</math></i>	143
Tabla 55 <i>Valores normalizados de la evaluación del impacto social (SIA) para los grupos <math>G_1</math>, <math>G_2</math>, <math>G_3</math> y <math>G_4</math></i>	143
Tabla 56 <i>Valores de <math>H_j</math>, <math>div_j</math> y <math>w_j</math> con respecto a cada criterio</i>	144
Tabla 57 <i>Análisis de conflictos socioambientales (ECA) para los grupos <math>G_1</math>, <math>G_2</math>, <math>G_3</math> y <math>G_4</math></i>	144
Tabla 58 <i>Ventajas y desventajas de las metodologías utilizadas en la tesis</i>	153

## Capítulo I: Introducción

### 1.1. Justificación del tema

Las razones que me motivaron a investigar el posible impacto social que podría generar el proyecto minero estudiado se centran en prevenir cualquier conflicto socioambiental que probablemente se suscitaría durante su implementación en el área de influencia, para ello se aplicó un procedimiento matemático con la finalidad de evaluarlo bajo la perspectiva ingenieril y, de esta manera, evitar pérdidas económicas. Por consiguiente, esta tesis presenta una justificación económica, social y metodológica. De esta manera, la presente investigación se enfoca en predecir un posible impacto social negativo en caso el proyecto minero se concrete; puesto que, debido a los constantes problemas en torno al área social relacionados a la actividad minera en general, sería de gran ayuda poder anticiparlos (mediante el análisis de variables sociales) y delimitarlos por grupos de *stakeholders* para que, así, puedan ser prevenidos y gestionados con antelación y de manera adecuada.

En primer lugar, debido a los intereses económicos en torno a la realización de este proyecto de gran escala, por medio de esta tesis, es posible predecir un conflicto socioambiental (mediante el reconocimiento de un impacto social negativo) en una situación determinada, evitando así gastos innecesarios originados comúnmente por las malas prácticas en la gestión social de las empresas mineras. En otras palabras, la presente tesis busca contrarrestar la generación de conflictos socioambientales en un contexto definido, mediante una previa evaluación del impacto social, para evitar retrasos y pérdidas económicas en las inversiones mineras.

El observatorio de conflictos mineros en el Perú (OCM), en sus reportes del primer y segundo semestre del año 2019 (Observatorio de Conflictos Mineros en el Perú, 2019b,

2019a), menciona una lista de proyectos, con su respectiva ubicación y empresa operante, cuya inversión ha sido paralizada debido a problemas sociales (ver Tabla 1).

Tabla 1 *Inversiones mineras paralizadas en los últimos años en el Perú*

Proyecto	Empresa	Inversión Perdida (US\$ MILL.)	Ubicación
Conga	Minera Yanacocha S.A.	\$ 4 800	Cajamarca
Tía María	SPCC	\$ 1 400	Arequipa
Cañariaco	Cañariaco Copper Perú S.A.	\$ 1 437	Lambayeque
Santa Ana	Bear Creek Mining S.A.C.	\$ 70	Puno
Quellaveco	Anglo American & Mitsubishi	\$ 5 300	Moquegua
Michiquillay	SPCC	\$ 2 500	Cajamarca
Las Bambas	MMG	\$ 10 000	Apurímac
Río Blanco	Río Blanco Copper S.A.	\$ 2 500	Piura

Adaptado del “Reporte N° 24 Primer Semestre 2019” y del “Reporte N° 25 Segundo Semestre 2019”, por el Observatorio de Conflictos Mineros en el Perú, 2019.

Adicionalmente, la presente tesis posee una justificación social, ya que busca prevenir cualquier conflicto socioambiental a propiciarse en caso el proyecto minero se concrete. Según el vigésimo primer informe anual elaborado por la Defensoría del Pueblo en 2017, Puno es el cuarto departamento con mayor cantidad de conflictos sociales en el Perú, y el segundo en temas socioambientales (Defensoría del Pueblo, 2017b). Adicionalmente, la Tabla 2, actualizada a setiembre de 2017, muestra que Puno se ubica en segundo lugar en relación a la cantidad de conflictos sociales (Defensoría del Pueblo, 2017a).

Por otro lado, en 2018, el número de conflictos se incrementó: “Los últimos informes de la Defensoría del Pueblo vienen mostrando un incremento sostenido de la conflictividad social. Entre diciembre 2017 y mayo 2018 los conflictos han pasado de 168 a 198 (el nivel más alto de los últimos doce meses)” (Observatorio de Conflictos Mineros en el Perú, 2018, p. 4). Asimismo, en la Tabla 2, se observa que el departamento de Puno aumentó su número de conflictos sociales de 15 a 19 en solo ocho meses.

Tabla 2 *Conflictos sociales por departamento en 2017 y 2018*

Departamento	2017	Departamento	2018
Ancash	27	Ancash	28
Puno	15	Puno	19
Piura	14	Apurímac	14
Apurímac	13	Cusco	14
Cusco	12	Cajamarca	13
Loreto	12	Piura	12
Ayacucho	11	Loreto	11
Cajamarca	11	Ayacucho	11
Junín	8	Junín	8
Multirregión	5	Arequipa	8
Amazonas	4	Multiregión	6
Arequipa	4	Moquegua	6
Lima Provincias	4	Huánuco	6
Moquegua	4	Lima provincias	5
Huánuco	3	La Libertad	5
Lambayeque	3	Lambayeque	5
Nacional	3	Pasco	5
Pasco	3	San Martín	5
Ica	2	Lima metropolitana	4
Madre de Dios	2	Amazonas	3
San Martín	2	Madre de Dios	2
Ucayali	2	Nacional	3
Huancavelica	1	Ucayali	2
La Libertad	1	Huancavelica	2
Lima Metropolitana	1	Ica	1
Tacna	1	Callao	0
Callao	0	Tacna	0
Tumbes	0	Tumbes	0
Total	168	Total	198

Adaptado de “Reporte de Conflictos Sociales N° 163 Setiembre 2017”, por la Defensoría del Pueblo, 2017, y de “Reporte N° 22 Primer semestre 2018”, por el Observatorio de Conflictos Mineros en el Perú, 2018.

Si analizamos reportes más actualizados, el Perú terminó el año 2020 con una crisis política, económica, sanitaria y social debido a la pandemia del Covid 19 (Observatorio de Conflictos Mineros en el Perú, 2020). Las carencias en nuestro sistema de salud y los altos niveles de informalidad agravaron nuestra situación, por lo que el gobierno peruano adoptó medidas para la reactivación económica en todos los sectores, especialmente en la minería.

Por este motivo, se promulgaron modificatorias y nuevos reglamentos en nuestra legislación con respecto a la actividad minera para incentivar la inversión privada (ver Tabla 3). Esto ha provocado que la normativa sea más permisible, pudiendo afectar los estándares ambientales y los estándares de protección de derechos sociales que se aplicaban antes de la pandemia (Congreso de la República, 2020; Coordinadora Nacional de Derechos Humanos, 2020; Observatorio de Conflictos Mineros en el Perú, 2020). En consecuencia, lo anterior podría generar incertidumbre y desconfianza en las poblaciones aledañas y su posible oposición a la actividad minera.

Tabla 3 *Normas publicadas durante la emergencia nacional por la pandemia del Covid 19*

Fecha de Publicación	Norma
11 de mayo de 2020	Decreto Legislativo N° 1500
30 de julio de 2020	Decreto Supremo N° 019-2020-EM, Decreto Supremo que modifica el Reglamento de Protección Ambiental para las Actividades de Exploración Minera
8 de agosto de 2020	Decreto Supremo N° 020-2020-EM, Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de Procedimientos Mineros

Adaptado del “Reporte N° 27 Segundo Semestre 2020”, por el Observatorio de Conflictos Mineros en el Perú, 2020.

Por otro lado, la pandemia no ha impedido que los conflictos sociales en el Perú disminuyan; por el contrario, estos se duplicaron debido a las protestas de trabajadores agroindustriales, protestas en contra de la vacancia presidencial, protestas por los convenios marco, entre otras razones. Con respecto a los conflictos vinculados a la minería, estos se produjeron principalmente porque la actividad minera fue percibida como una amenaza debido al movimiento de personas, por lo que las comunidades y sus autoridades locales buscaron impedir estos traslados del personal minero (Observatorio de Conflictos Mineros en el Perú, 2020). Otras causas fueron las expectativas insatisfechas de las comunidades de recibir fondos económicos por parte de las empresas mineras para afrontar los tiempos de

pandemia. Asimismo, los conflictos mineros también se presentaron internamente debido a las largas jornadas laborales impuestas para disminuir la rotación de personal, la cual ha generado estrés, cansancio y reclamos en los trabajadores mineros (Observatorio de Conflictos Mineros en el Perú, 2020).

Adicionalmente, si analizamos el caso de Puno en particular, en la Tabla 4, encontramos dos proyectos con conflictos socioambientales activos y un proyecto cancelado (Observatorio de Conflictos Mineros en el Perú, 2018). Esto refleja que Puno es una zona con alto riesgo de conflictos socioambientales, lo cual puede generar pérdidas económicas muy fuertes si no se aplican las medidas adecuadas. Es por esta razón que se debe de evaluar con anticipación los impactos sociales con la finalidad de realizar una correcta gestión social.

Tabla 4 *Listado de conflictos socioambientales en Puno en el primer semestre de 2018*

Proyecto/Mina	Empresa	Lugar	Causa	Año	Estado
Proyecto Santo Domingo	Minsur S.A	Provincia Melgar Distrito de Nuñoa	Posibles daños irreversibles ambientales que afecten la actividad agropecuaria	2017	Conflicto Activo
Minera Aruntani y Arasi	Aruntani S.A.C	Provincia Melgar Distritos de Humachiri, Llalli, Cupi y Ayaviri	Contaminación de la Cuenca Llallimayo	2015	Conflicto Activo
Proyecto Santa Ana	Beer Creek	Provincia de Chucuito	Temor a la contaminación de ríos y lagunas. Superposición de concesiones en zonas reservadas.	2011	Proyecto cancelado

Adaptado de “Reporte N° 22 Primer semestre 2018”, por el Observatorio de Conflictos Mineros en el Perú, 2018.

Recientemente, Puno también ha registrado varios conflictos sociales vinculados a la minería, como el que está ocurriendo en los distritos cerca del río Coata, debido a los pasivos ambientales que afectan la salud de los pobladores (Observatorio de Conflictos Mineros en el

Perú, 2020). Todos los reportes de conflictos mencionados anteriormente muestran un precedente conflictivo que no se debe subestimar al momento de ejecutar un proyecto minero. Es importante considerar los miedos o preocupaciones de las comunidades aledañas y aprender de experiencias pasadas para no cometer los mismos errores en la interacción social.

Por último, la tesis también contribuye con el aspecto metodológico, ya que se puso en práctica el método de *grey clustering* para la evaluación del impacto social (SIA) y la entropía de Shannon para el análisis de posibles conflictos socioambientales (ECA). Ambas metodologías se complementaron, en el desarrollo de esta tesis, en un método llamado “*Integration of the grey clustering and entropy-weight methods*”, denominado en adelante por sus siglas IGCEW. Lo anterior se pudo realizar mediante el previo análisis y determinación de los grupos *stakeholders* y de las variables sociales más relevantes del área de influencia del proyecto minero, mediante el uso de las metodologías AHP y entropía de Shannon, respectivamente.

## **1.2. Antecedentes**

La presente tesis busca cuantificar datos obtenidos de investigaciones cualitativas para poder determinar de manera más precisa y objetiva posibles patrones sociales, tales como impactos sociales; y, de esta manera, poder anticiparse a eventos no deseados como lo son los conflictos socioambientales. Lo anterior es posible utilizando modelos matemáticos, ya que los datos cualitativos fueron presentados en forma de respuestas a cuestionarios estandarizados a fin de ser cuantificados de manera correcta (Staple-Clark, 2019).

Asimismo, la tesis se dividió en dos etapas principales, las cuales serán explicadas con mayor detalle en el Capítulo III: la Etapa 1 consistió en la determinación de los grupos de *stakeholders* y las variables sociales más relevantes, mientras que en la Etapa 2, se evaluó el impacto social (SIA) y se analizaron los posibles conflictos socioambientales (ECA).

Con la finalidad de explicar mejor los antecedentes de todas las metodologías aplicadas en la presente tesis, se dividió este subcapítulo en dos, una para cada etapa mencionada anteriormente.

### **1.2.1. Estudios previos que utilizaron las metodologías de la Etapa 1.**

En la Etapa 1 de la tesis, se aplicaron las metodologías de *Analytic Hierarchy Process* (AHP) y la entropía de Shannon. Dichos modelos matemáticos han sido desarrollados en diferentes ámbitos de estudios tanto a nivel nacional como mundial, y no necesariamente en temas relacionados a la minería.

En el ámbito nacional, el método AHP comúnmente es aplicado en el contexto empresarial, ya que las compañías se enfrentan a la necesidad de elegir, entre diferentes alternativas, la opción más beneficiosa y que cumpla con la misión organizacional de la empresa. Por ejemplo, en el año 2005, este método fue aplicado para la selección de proveedores de suministros en la empresa peruana Gráfica Comercial MyE S.R.L, en función de criterios que pudieron entrar en conflicto unos con otros (Toskano, 2005). Esta investigación dio como resultado que el mejor proveedor fue BOPP del Ecuador, ya que cumplía mejor con los criterios de evaluación propuestos, los cuales fueron excelencia y calidad; asimismo, como segunda alternativa se obtuvo a Bio-Polymer de Italia (Toskano, 2005).

Otra investigación realizada en el Perú aplicó esta metodología multicriterio AHP para priorizar proyectos de inversión del PRONIS (Programa Nacional de Inversiones en Salud) del Ministerio de Salud en el contexto post Fenómeno de El Niño ocurrido en 2017 (León Huarcaya, Moriano Chipana, y Quito Huamán, 2019). Dicho estudio se realizó a través de la ponderación de criterios a partir de

entrevistas a expertos; obteniéndose como resultado la siguiente priorización de los establecimientos de salud: P.S. Puerto Rico, C.S. Limón de Porcuya en Piura y el Hospital de Apoyo Caraz en Ancash (León Huarcaya et al., 2019).

Adicionalmente, en el ámbito mundial, la metodología AHP fue implementada para decidir qué técnica utilizar en el diseño de un modelo *Vendor Management Inventory* o VMI (Mendoza, Solano, Palencia, y Garcia, 2019) en Chile. Dichas técnicas analizadas fueron los Modelos Matemáticos Analíticos por optimización clásica (MMAT), la Programación No Lineal (PML) y la Teoría de Juegos (TJUE), las cuales fueron jerarquizadas según los siguientes criterios: Capacidad de modelar sistemas complejos (CMSC), Posibilidad de brindar una variedad de soluciones (VSOL), Fácil aplicabilidad (FAPL) y Flexibilidad (FLEX). Gracias a esta investigación, se pudo identificar que la técnica más ajustable a los requerimientos definidos fue MMAT (Mendoza et al., 2019).

Por otro lado, esta metodología también tiene aplicaciones usuales en la planificación estratégica para la definición de objetivos a largo plazo, identificación de objetivos cuantitativos y para el desarrollo de estrategias con la finalidad de alcanzar dichos objetivos (Toskano, 2005). Asimismo, este método también puede tener alcances estratégicos a nivel país; tal es el caso de su primera aplicación en la década del 70 en un proyecto para jerarquizar 103 alternativas de transporte en Sudán (Nantes, 2019). Otro ejemplo similar fue la priorización de proyectos que hizo la Fuerza Aérea de los Estados Unidos en el año 2001 para distribuir su presupuesto de la mejor manera posible (Forman y Gass, 2001).

Actualmente, este modelo matemático ha sido uno de los más utilizados en el ámbito económico-empresarial, en el cual se han desarrollado variantes para

adaptar la metodología a diferentes contextos y necesidades; por ejemplo, una técnica derivada del AHP tradicional es el AHP difuso (Cabello, 2017) que incorpora números triangulares o difusos para indicar la importancia relativa de un criterio sobre otro (Aristóteles, 2015). Un ejemplo claro de ello es un artículo publicado acerca de la evaluación de sitios web en la *World Wide Web* (Bindu, Padmaja, y Chandulal, 2010). En este estudio, se utilizó AHP para la construcción de índices de evaluación y el *grey clustering* para la clasificación de sitios web en cinco categorías: "muy satisfactorio", "satisfactorio", "promedio", "insatisfactorio" y "muy insatisfactorio" (Bindu et al., 2010).

Con respecto a la entropía de Shannon, este método también tiene numerosas aplicaciones en diferentes campos como la química computacional, en la cual el objetivo fue determinar las posibilidades estadísticas de un estudio realizado en España (Lorenzo, 2002). Por otro lado, en una conferencia, la teoría de la información de Shannon fue aplicada en la generación y procesamiento de imágenes tridimensional para cirugías guiadas a través de ellas (Bonsignore, 2004). Asimismo, la entropía de Shannon también ha sido estudiada en el área de gestión de la innovación para detectar las variables relevantes y analizar su comportamiento detalladamente; y para identificar las variables irrelevantes con la finalidad de descartarlas (M. Romero, Camio, y Álvarez, 2015). El resultado obtenido fue el ordenamiento de estas variables considerando su relevancia o capacidad discriminatoria en la distinción entre grupos (M. Romero et al., 2015).

Finalmente, en la actualidad, el peso entrópico o la entropía de Shannon se aplica en el mundo de los negocios para implementar diversos proyectos considerando la incertidumbre de los cambios políticos. Adicionalmente, también es utilizado en comparaciones entre maquinarias, equipos, recursos humanos y

todo aquello que requiera del cálculo de pesos no subjetivos para ser comparados (Estrada García, 2002).

### **1.2.2. Estudios previos que utilizaron las metodologías de la Etapa 2.**

Las metodologías aplicadas en la Etapa 2 de la tesis han sido desarrolladas anteriormente en un marco internacional y nacional en diversos casos de estudios, generalmente, no vinculados directamente a la minería. Por ejemplo, en el marco internacional, se desarrolló un estudio de riesgo para la inversión en proyectos de energía por parte de bancos estatales utilizando el *grey clustering*, en el cual se analizaron cinco planes de préstamos A,B,C,D y E para evaluarlos en tres tipos de riesgos “alto”, “medio” y “bajo” (Ke, Xiaoliu, Zhongfu, y Wenyan, 2012).

Por otra parte, con respecto al aspecto social, se puede mencionar un estudio realizado en una exploración de hidrocarburos en el Golfo de Valencia, España (Delgado y Romero, 2017b). En la mencionada investigación, se analizó un proyecto que propuso la aplicación de la tecnología de ultrasonido para determinar la existencia de depósitos de hidrocarburos en el subsuelo. Así, en dicha propuesta, se aplicó la metodología de la entropía de Shannon con el objetivo de analizar conflictos socioambientales que podrían suscitarse debido a este proyecto. Para este fin, primero se identificaron tres *stakeholders* directamente afectados por la realización del proyecto, los cuales fueron clasificados de la siguiente manera: la población que vivía de las actividades económicas (pesca, turismo, etc.), los estudiantes de universidades locales y los jubilados. Asimismo, se definieron cuatro criterios que caracterizaban el contexto social que atravesaba la ciudad al momento de realizarse el estudio; entre ellos estuvieron el volumen de pesca, la cantidad de turistas, PBI per cápita y el porcentaje de desempleo. En

conclusión, esta investigación arrojó como resultado que los criterios con mayor probabilidad de provocar un conflicto socioambiental entre los *stakeholders* eran el PBI per cápita y el porcentaje de desempleo (Delgado y Romero, 2017b).

En otra investigación complementaria a la anterior (Delgado y Romero, 2017a), se analizó el mismo proyecto aplicando, adicionalmente, el modelo matemático *grey clustering* para evaluar los impactos sociales que se generarían; y, posteriormente, se implementó la entropía de Shannon con el objetivo de analizar conflictos socioambientales que podrían suscitarse debido al proyecto. Asimismo, también existen enfoques cualitativos para este tipo de investigaciones, tales como un estudio realizado sobre el análisis de conflictos socioambientales debido a un proyecto de desarrollo de infraestructura, en el cual se utilizó el método de la Teoría del Juego (Prenzel y Vanclay, 2014).

Por otro lado, en el contexto nacional, existe un estudio que fue preparado para el proyecto minero Conga en Cajamarca, en el cual se implementó la entropía de Shannon para determinar el ECA (*Environmental Conflict Analysis*). En dicho estudio, se identificaron los criterios que podrían generar un posible conflicto social a causa del proyecto. De esta manera, este análisis concluyó que el criterio más controversial era el acceso al agua potable (Delgado, 2017b), lo cual fue corroborado más adelante, ya que ese fue el motivo más representativo de protestas en contra del proyecto Conga. Asimismo, en esta investigación, primero se establecieron tres grupos de *stakeholders*: la población urbana (G1), la población rural (G2) y los especialistas (G3); y se identificaron también siete criterios de estudio, tales como el PBI per cápita, ratio de empleabilidad, nivel de pobreza, número de habitantes por doctor, ratio de matrículas en educación primaria, número de crímenes reportados y acceso a agua potable (Delgado y

Romero, 2016). Por último, se rescataron hallazgos interesantes en torno a la investigación realizada; el primero, fue que, según los resultados obtenidos con el método de *grey clustering*, se pudo observar un fuerte antagonismo entre la población urbana (G1) y la rural (G2), puesto que el primero afirmaba que el proyecto podría generar un impacto positivo a la comunidad, mientras que el segundo, uno negativo. Asimismo, otro hallazgo interesante, obtenido a partir de este estudio, fue que el comportamiento de los criterios era considerablemente diferente entre los grupos de *stakeholders*. Por ejemplo, para la población urbana (G1), los criterios de PBI, empleabilidad, pobreza y acceso a agua potable estaban entre los rangos de impacto positivo y muy positivo; mientras que, para la población rural (G2), los mismos criterios representaban un impacto negativo y muy negativo (Delgado y Romero, 2016). Este estudio probó la eficacia de combinar ambos métodos para la evaluación de conflictos socioambientales, puesto que brindó resultados muy detallados en torno a las variables sociales que se manejaron para su resolución.

En otro estudio social importante a nivel nacional, se realizó un análisis de la inseguridad ciudadana en Lima usando el método de *grey clustering*. Mediante esta investigación, se pudo identificar y clasificar los distritos de Lima según su índice de criminalidad, siendo San Juan de Lurigancho, Los Olivos y Cercado de Lima los más inseguros (Delgado, 2017a).

Por otro lado, el método *grey clustering* no solo ha sido utilizado en el aspecto social, sino también en diferentes campos. A modo de ejemplo, se puede mencionar, un estudio realizado en la Universidad Nacional de Ingeniería para clasificar sus bibliotecas en diferentes escalas de niveles según criterios de ruido (C1), iluminación (C2) y ergonomía (C3) (Cabezas, Hidalgo, y Maguiña, 2015).

Este estudio arrojó como resultados que la Biblioteca Central (BC) y la biblioteca de la Facultad de Ciencias (FC) se encontraron en un nivel bajo, mientras que la biblioteca de la Facultad de Ingeniería Ambiental (FIA) se halló en un nivel alto. Asimismo, si se analiza por cada criterio, se obtuvo que los niveles más bajos de iluminación (C2) corresponden a la biblioteca de la Facultad de Ingeniería Ambiental (FIA), mientras que la mejor iluminación (C2) se obtuvo en la biblioteca de la Facultad de Ciencias (FC) (Cabezas et al., 2015).

Asimismo, este método basado en la lógica difusa también ha sido reconocido por su aporte en el medio físico-natural (agua, suelo o aire). Entre estos estudios, se encuentra la determinación de la calidad de cinco cuerpos de agua en la cuenca del río Rímac con la finalidad de facilitar la toma de decisiones en la gestión ambiental (Aguirre, Palomino, y Salazar, 2017). Finalmente, en este estudio, se concluyó que ninguno de estos cinco cuerpos de agua estaban contaminados según los criterios de potencial de hidrógeno (pH), demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda de química de oxígeno (DQO), nitratos ( $\text{NO}_3$ ), nitrógeno amoniacal ( $\text{NH}_3$ ) y oxígeno disuelto ( $\text{O}_2\text{D}$ ) (Aguirre et al., 2017).

Finalmente, es importante resaltar que, en la presente tesis, se analizaron posibles conflictos socioambientales usando métodos cuantitativos y se consideraron algunos aspectos cualitativos propios de los estudios sociales. Asimismo, a diferencia de los anteriores estudios, para obtener el SIA (*Social impact assessment*) y ECA (*Environmental conflict analysis*), esta tesis no identificó de manera directa a los grupos de *stakeholders* y a las variables sociales a partir de simples investigaciones cualitativas, sino que, en contraste, los determinó aplicando el método de AHP (*Analytic Hierarchy Process*) y el peso entrópico de Shannon, respectivamente.

### 1.3. Objetivos

Los objetivos de la presente tesis son los siguientes:

#### 1.3.1. Objetivo General.

Evaluar el impacto social y analizar los posibles conflictos socioambientales en un proyecto minero sureño del Perú usando el modelo matemático de *grey clustering* y la entropía de Shannon

#### 1.3.2. Objetivos Específicos.

- OE 1: Revisar la literatura existente sobre las posibles metodologías a aplicar y elegir las más adecuadas para la tesis
- OE 2: Determinar los *stakeholders* y las variables sociales que influyen directamente sobre el proyecto usando metodologías cualitativas y cuantitativas
- OE 3: Aplicar la metodología seleccionada para la evaluación del impacto social (SIA) del proyecto minero
- OE 4: Aplicar la metodología seleccionada para analizar los posibles conflictos socioambientales (ECA) debido al proyecto minero
- OE 5: Realizar un diagnóstico social del proyecto minero para empezar a implementar una efectiva gestión social

### 1.4. Hipótesis

Las hipótesis de la presente tesis se mencionan a continuación:

#### 1.4.1. Hipótesis General.

Se logrará predecir el impacto social aplicando la metodología de *grey clustering* y se podrá analizar los posibles conflictos socioambientales debido al proyecto minero usando la entropía de Shannon.

#### 1.4.2. Hipótesis Específicas.

- HE 1: La literatura sobre las posibles metodologías indicarían que existen métodos cualitativos y cuantitativos para evaluar el impacto social tales como Delphi, AHP, FAHP, *grey clustering*, entropía de Shannon.
- HE 2: Es posible determinar los *stakeholders* y las variables sociales que influyen directamente sobre el proyecto usando el método AHP (*Analytic Hierarchy Process*) y la entropía de Shannon, respectivamente.
- HE 3: La metodología seleccionada para la evaluación del impacto social (SIA) del proyecto minero sería el método de *grey clustering*.
- HE 4: La metodología seleccionada para analizar posibles conflictos socioambientales (ECA) del proyecto minero sería la entropía de Shannon.
- HE 5: El análisis y la discusión de los resultados obtenidos permitirían proponer conclusiones y recomendaciones para implementar una efectiva gestión social.

#### 1.5. Plan de Trabajo

El plan de trabajo a seguir en el desarrollo de la tesis contempló las siguientes fases:

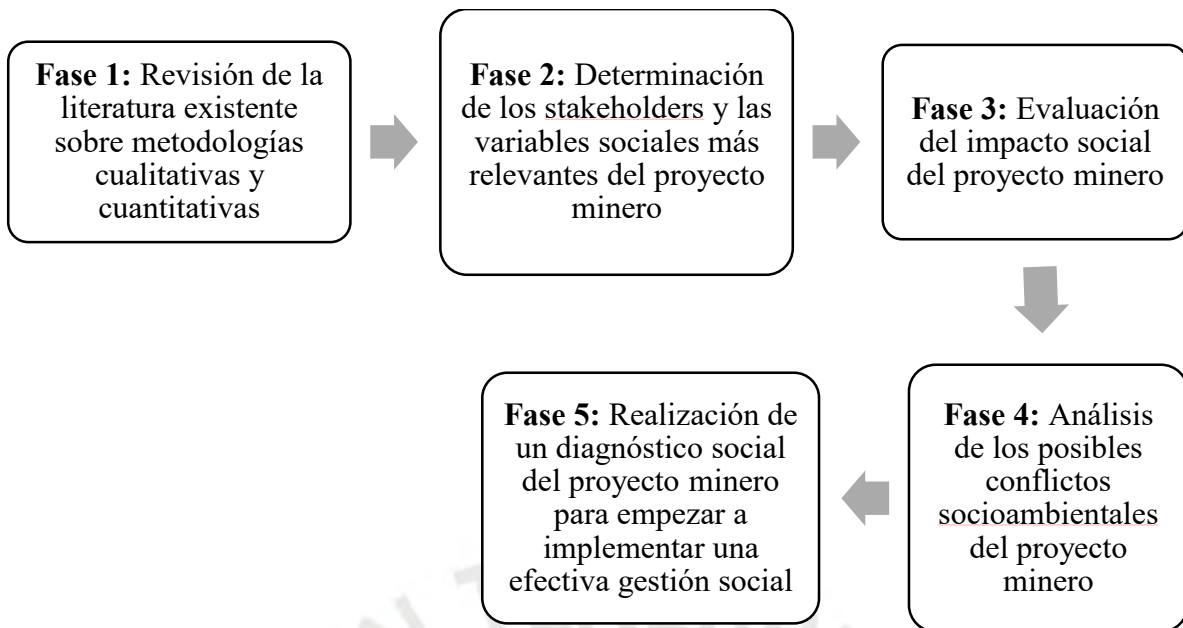


Figura 1 Fases de la tesis

Nota: Elaboración propia.

Asimismo, las principales características de cada fase se mencionan a continuación.

- Fase 1: Esta fase consistió en una investigación preliminar de todas las metodologías existentes para la posterior elección de algunas de ellas.
- Fase 2: En esta fase, fue necesario definir los *stakeholders*, las variables sociales y los criterios a analizar, por medio de la bibliografía existente acerca del proyecto minero elegido y de su contexto social. Se identificaron ocho *stakeholders*, diez variables sociales y cuatro criterios, de los cuales se obtuvieron como resultado cinco *stakeholders* y siete variables sociales, después de utilizar los métodos matemáticos de AHP y el peso entrópico de Shannon, respectivamente
- Fase 3: En esta fase, se aplicó el método de *grey clustering* para determinar la perspectiva de cada *stakeholders* con respecto al proyecto minero de manera general y por criterio analizado.

- Fase 4: En esta fase, se aplicó el método de la entropía de Shannon para determinar qué criterios serían los más probables de generar un conflicto socioambiental según su divergencia.
- Fase 5: En esta fase, se concluyeron las premisas más importantes de todo el trabajo de investigación y se mencionaron algunas recomendaciones con respecto a la aplicabilidad de la metodología.

Asimismo, es importante resaltar que estas cinco fases se agruparon en dos etapas principales durante el desarrollo de la presente tesis. La Fase 1 y 2 corresponden a la Etapa 1 y la Fase 3,4 y 5 pertenecen a la Etapa 2.



## Capítulo II: Marco Teórico

### 2.1. Conceptos de Minería y Medio Ambiente

#### 2.1.1. Estudio de Impacto Ambiental (EIA).

Es un instrumento de gestión ambiental que presenta la descripción de la actividad a llevar a cabo y las consecuencias que esta pudiera generar, incluyéndose en ellas los efectos negativos y positivos sobre algún componente del ambiente provocados por la acción del proyecto. Así, su finalidad es prevenir, mitigar o remediar las secuelas nocivas sobre el ecosistema e informar a la comunidad sobre los potenciales impactos ambientales negativos (Rojas, 2017).

En síntesis, el EIA es un proceso cuyo resultado es un documento que debe ser revisado por el Estado y por los grupos de interés (*stakeholders*) involucrados. Este proceso presenta varios aspectos (Rojas, 2017), los cuales se mencionan a continuación:

- Administrativo: Se aplican los procedimientos y estándares definidos por el gobierno nacional (Lima) y/o el gobierno local de cada región.
- Técnico: Solo personas capacitadas (ingenieros, biólogos, sociólogos, etc.) en los temas involucrados pueden ser parte de la realización de este documento. Adicionalmente, se deben aplicar procedimientos científicos para que se evalúen el ambiente y las consecuencias que el proyecto podría implicar.
- Social y político: Se debe considerar las necesidades, aportes y decisiones de las poblaciones que serán afectadas por el proyecto.
- Participativo: Se debe asegurar la participación, capacitación y la oportuna información a las poblaciones que se encuentren en la zona de influencia directa del proyecto.

- Ambiental: Este estudio evalúa cómo el ambiente será afectado. Por ello, el EIA intenta proponer medidas para que se sigan estándares ambientales.

En la legislación peruana, la base legal en el Sistema Nacional de Gestión Ambiental es la Ley 28245 emitida por el Congreso de la República, cuyo reglamento es el D.S N° 008-2005-PCM. Este sistema busca “orientar, integrar, coordinar, supervisar, evaluar y garantizar la aplicación de las políticas, planes, programas y acciones destinados a la protección del ambiente y contribuir a la conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales” (Presidencia de la República y Presidencia del Consejo de Ministros, 2005, p. 1).

En el Capítulo IV de este Decreto Supremo, se mencionan las características de los proyectos sujetos al Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA). Este sistema incorpora la obligación de que “todos los proyectos de inversión públicos y privados que impliquen actividades, construcciones u obras que puedan causar impactos ambientales negativos” (Ministerio del Ambiente, Presidencia de la República, y Presidencia del Consejo de Ministros, 2011, p. 11) deben presentar una documentación certificada a la autoridad competente antes de ejecutar sus actividades. Los tipos de certificaciones ambientales a presentar dependen de los impactos ambientales negativos que podría generar el proyecto en cuestión. De esta manera, los proyectos fueron divididos en tres categorías, las cuales son mencionadas en el Artículo 4 de la Modificatoria de la Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental N° 27446 y en su reglamento D.S N° 019-2009-MINAM (Ministerio del Ambiente et al., 2011).

- Categoría I: Incluye aquellos proyectos cuya ejecución puede originar impactos ambientales leves o no significativos, por lo que solo deberá presentarse una Declaración de Impacto Ambiental (DIA)
- Categoría II: Incluye los proyectos que pueden originar impactos ambientales moderados o cuyos efectos negativos pueden ser eliminados o minimizados mediante la adopción de medida fácilmente aplicables. Estos proyectos requerirán de un Estudio de Impacto Ambiental semidetallado (EIA-sd).
- Categoría III: Incluye aquellos proyectos cuyas características y localización pueden producir impactos ambientales negativos significativos, por lo que requerirán un análisis profundo para revisar sus impactos y proponer la estrategia de manejo ambiental. Por esta razón, los proyectos de esta categoría requerirán de un Estudio de Impacto Ambiental detallado (EIA-d).

Adicionalmente, a parte de los instrumentos de gestión ambiental DIA, EIA-sd y EIA-d, las empresas deberán elaborar de manera permanente una Evaluación Ambiental Estratégica (EAE), que será remitida al MINAM con la finalidad de orientar los procesos de toma de decisiones para la prevención de daños ambientales. Esta evaluación deberá ser incluida en las políticas, planes y programas de la empresa para contrarrestar, en la medida que sea posible, cualquier implicancia significativa negativa en el ambiente. Por otro lado, la clasificación de las Categorías I, II y III dependerá de los criterios de protección ambiental que se mencionan a continuación, según el Artículo 5 de la Modificatoria de la Ley N° 27446 (Ministerio del Ambiente et al., 2011):

a) La protección de la salud de las personas, a lo que se le incluyó, por el decreto legislativo que modifica la Ley N° 27446, la protección de la diversidad biológica y sus componentes: ecosistemas, especies y genes; así como los bienes y servicios

ambientales y bellezas escénicas, áreas que son centros de origen y diversificación genética por su importancia para la vida natural.

- b) La protección de la calidad del aire, del agua y del suelo
- c) La protección de los recursos naturales, añadiendo la flora y la fauna
- d) La protección de las áreas naturales protegidas
- e) La protección de los ecosistemas y la belleza escénica del paisaje
- f) La protección de los sistemas y estilos de vida de las comunidades, respetando sus costumbres y tradiciones
- g) La protección de los espacios urbanos
- h) La protección del patrimonio nacional
- i) Los demás que surjan de la política nacional ambiental

Es importante mencionar que la autoridad competente podrá establecer criterios complementarios adicionales en caso sea necesario.

En lo que respecta a minería, la base legal peruana más importante en tema de gestión ambiental es el Reglamento de Protección y Gestión Ambiental para las Actividades de Explotación, Beneficio, Labor General, Transporte y Almacenamiento Minero dado por el Decreto Supremo 040-2014-EM. Antes del año 2014, la legislación peruana solo se centraba en la gestión del medio físico natural; sin embargo, en el año 2014, se incorpora el componente social en la reglamentación de la actividad minera con el D.S 040-2014-EM. Esto se debió a los constantes conflictos sociales que azotaban al sector minero como el conflicto ocurrido en el proyecto Conga.

El estudio de impacto ambiental (EIA) detallado es el más realizado por titulares mineros para proyectos y operaciones mineras, y está establecido por los Términos de Referencia, los cuales contienen los lineamientos básicos para proyectos comunes de explotación, beneficio y labor general mineros metálicos. Este documento está dividido con los siguientes Ítems:

- 1) Ítem 1: Resumen
- 2) Ítem 2: Descripción del Proyecto
- 3) Ítem 3: Línea Base
- 4) Ítem 4: Plan de Participación Ciudadana
- 5) Ítem 5: Caracterización de los impactos ambientales
- 6) Ítem 6: Estrategia de Manejo Ambiental
- 7) Ítem 7: Valorización Económica del Impacto Ambiental
- 8) Ítem 8: Empresa Consultora
- 9) Ítem 9: Otras Consideraciones técnicas que determine la autoridad competente
- 10) Ítem 10: Opiniones técnicas

Por otro lado, para la elaboración de este instrumento, es necesario establecer algunos conceptos importantes, los cuales están explicados en el Ítem N° 2 de los Términos de Referencia en el inciso “g” y “h” (Ministerio de Energía y Minas, 2014). Estos conceptos son el área de influencia social y ambiental, los cuales son mencionados a continuación.

El área de Influencia Ambiental (AIA) se determina en función de los impactos ambientales positivos o negativos que afectan a los factores ambientales como el agua, suelo, aire, flora, fauna, entre otros. Esta área debe ser determinada mediante metodologías cuantitativas o criterios debidamente justificados, esto

debe realizarse para las etapas de construcción y operación. Asimismo, la normativa establece dos tipos de áreas (Ministerio de Energía y Minas, 2014; Ministerio de Energía y Minas y Ministerio del Ambiente, 2014):

- Área de influencia ambiental directa (AIAD): es el área conformada por la suma de las áreas ocupadas por todos los componentes del proyecto, tanto principales como auxiliares, por lo que esta área recibe los impactos ambientales negativos y positivos de manera significativa y continua.
- Área de influencia ambiental indirecta (AIAI): es el área conformada por el área de amortiguamiento o circundante al área de influencia ambiental directa y que está afectada por impactos ambientales negativos o positivos moderados a no significativos indirectos.

Por otra parte, el Área de Influencia Social (AIS) se determina en función de impactos positivos y negativos socioambientales generados por todos los componentes del proyecto durante su ciclo de vida en los centros poblados, distritos, comunidades campesinas, nativas, pueblos indígenas, entre otros (Ministerio de Energía y Minas, 2014). Adicionalmente, se diferencian dos tipos de áreas:

- Área de Influencia Social Directa (AISD): es el área que recibe los impactos socioambientales negativos o positivos significativos de manera directa. El espacio que abarca queda establecido en base a algunos criterios como la ubicación geopolítica de la población, la cual está colindante al área del proyecto; los impactos ambientales directos significativos; los impactos económicos directos, tales como la afectación de recursos de las actividades económicas de la población; e impactos

socioculturales directos como la afectación a las costumbres de las comunidades campesinas, nativas o pueblos indígenas (Ministerio de Energía y Minas, 2014). Es importante mencionar que las empresas presentan su propuesta de AISD al Ministerio del Ambiente, por lo que el Tribunal de Soluciones de Controversias Ambientales del Ministerio es el órgano encargado de la decisión final sobre la expansión de dicha área en caso haya controversias (Ministerio del Ambiente, 2017).

- Área de Influencia Social Indirecta (AISI): esta área comprende a la población que recibe impactos socioambientales negativos o positivos moderados a no significativos. Esta zona está aledaña al área de influencia directa y queda definida en base a criterios como la ubicación geopolítica, colindante a los componentes del proyecto; los impactos ambientales indirectos en el agua, suelo, aire, flora y fauna; los impactos económicos y socioculturales indirectos (Ministerio de Energía y Minas, 2014).

Es importante mencionar que las anteriores definiciones también están especificadas en el artículo 4 del D.S 040-2014. Asimismo, en ese mismo reglamento, en el artículo 36, se menciona una vigencia del EIA de tres años, si es que el titular minero no inicia las obras de ejecución del proyecto después de su aprobación. Sin embargo, el titular minero puede ampliar este plazo hasta por dos años adicionales por única vez con su respectiva sustentación técnica y antes de que venza la certificación ambiental (Ministerio de Energía y Minas y Ministerio del Ambiente, 2014). Sin embargo, debido a la emergencia sanitaria por el Covid 19, se publicó el Decreto Legislativo 1500, en el cual se le otorga al titular minero una ampliación de la vigencia de sus certificaciones ambientales por 12 meses

más después de su vencimiento, solo si su fecha de vencimiento fue hasta el 31 de diciembre de 2020 (Congreso de la República, 2020).

Por otro lado, el Servicio Nacional de Certificación Ambiental (SENACE) es el organismo técnico adscrito al Ministerio del Ambiente y encargado de la aprobación del Estudio de Impacto Ambiental detallado (EIA-d) regulado en la Ley N°27446. Es importante mencionar que el SENACE fue creado mediante la Ley N° 29968 el 20 de diciembre de 2012 (Congreso de la República, 2012) con la finalidad de liberarle al Ministerio de Energía y Minas la competencia de ser juez y parte de los asuntos ambientales en minería, debido a que, anteriormente, el MINEM era el ente encargado de la aprobación del EIA-d a través de su Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros (DGAAM). De esta manera, finalmente, la fiscalización ambiental en minería quedó a cargo del Ministerio del Ambiente.

Finalmente, el estudio de impacto ambiental (EIA) es imprescindible para la tesis, la cual se enfoca en un proyecto de litio y uranio, ya que, hasta el presente año, aún no existe legislación en la normativa peruana que regule la extracción de estos elementos radioactivos. Incluso el gerente general de la empresa representante del proyecto minero mencionó que hasta la fecha se está trabajando con la Ley General de Minería D.S. N° 014-92-EM (Fernandez, 2018). En consecuencia, es muy probable que las poblaciones aledañas no posean información suficiente sobre los impactos ambientales que esta actividad podría generar, lo que provocaría su posible oposición.

### **2.1.2. Evaluación del Impacto Social (SIA).**

Otro concepto clave en la presente tesis es la Evaluación del Impacto Social (SIA), el cual es un proceso que busca comprender y responder de manera adecuada los problemas sociales vinculados a la actividad minera (Franks, 2012). Para ello, se busca identificar los posibles impactos sociales con la finalidad de implementar acciones para mejorar la gestión social. Estos impactos pueden ser positivos, los cuales serán impulsados y mejorados, o negativos, los cuales deben ser mitigados o eliminados según corresponda el caso.

El SIA nace considerando que la transformación de los recursos naturales a recursos financieros va a provocar impactos sociales de manera activa tanto positivos como negativos, los cuales se van a reflejar en el cambio de estilo de vida de las personas propias del lugar. Este cambio “crea preocupación, miedo, esperanzas y expectativas y no todos comparten la misma perspectiva. Algunas personas sienten que salen perdiendo, mientras que otras ven oportunidades nuevas” (Flynn, 2016, p. 5). De esta manera, se puede generar una división en la propia comunidad entre aquellos que están a favor del proyecto minero y aquellos que están en contra.

Por otro lado, entre los cambios más comunes ocasionados por la minería, se pueden mencionar los siguientes (Franks, 2011):

- Los cambios sociales, tales como la variación demográfica debido a la inmigración o emigración; la variación de la infraestructura social y de servicios debido a las demandas e inversiones en viviendas, educación y capacitación; alteración del orden social en crímenes, corrupción, prostitución; e intercambio de cultura y costumbres.

- Los cambios económicos, debido a la distribución de beneficios tales como regalías e impuestos que generan programas sociales y de desarrollo para la comunidad; también se puede generar demandas e inversiones en carreteras, vías férreas, telecomunicaciones, suministros de electricidad y de agua.
- Los cambios socioambientales, debido a la contaminación del aire (polvo), agua (drenaje de ácido, metales pesados, cianuro) y los residuos mineros; reubicaciones, las cuales generan una consulta previa, compensaciones o adecuaciones de las viviendas; y alteraciones en las actividades económicas y sociales previas, las cuales requieren permisos para el acceso a tierras.

En base al análisis de impactos, el SIA busca predecir y anticipar acciones de la comunidad. Para ello, se deben elaborar estrategias de manera proactiva en la fase de implementación del proyecto y durante el desarrollo de la operación minera, ya que el tema social es de índole dinámico. Un ejemplo claro de esto es el crecimiento de las demandas sociales generadas en una comunidad debido al aumento de su población, lo cual puede causar una presión sobre el sector de salud y los sistemas de infraestructura (International Institute for Sustainable Development, 2005). Asimismo, una encuesta realizada a 26 empresas de la Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía arrojó que 16 de ellas habían realizado una evaluación de impacto social (SIA) de manera voluntaria para su operación y/o proyecto, ya que consideraban que este estudio representaba un medio de actualización de información de sus comunidades cercanas (Brereton, Cano, y Paredes, 2018).

Por otro lado, es necesario que se gestionen planes de acción ya que cualquier falta de estos puede traer consecuencias adversas. Por ejemplo, es probable que el precio de alquiler de las propiedades aumente o que se congestionen las líneas de

transporte debido a la realización de un proyecto minero. Esto puede generar que aquellos que no gocen de la educación o no presenten habilidades para formar parte del auge queden rezagados (Flynn, 2016). Por esta razón, estos planes de acción deben fortalecer los negocios y las economías locales involucrando, de este modo, la participación activa de la comunidad (Franks, 2012). Lo anteriormente mencionado generará actitudes positivas en la sociedad y traerá, como consecuencia, el apoyo a los proyectos mineros de la zona.

El fortalecimiento de los negocios y las economías locales se deben intensificar con la finalidad de que las personas que se dedican a la agricultura, turismo o pesca obtengan un beneficio equitativo con respecto a los trabajadores de la empresa minera. Si este factor no es gestionado correctamente, traerá como resultado que la demanda de los bienes aumente en la localidad, lo cual generará que los costos se eleven, afectando económicamente a los trabajadores de las actividades agropecuarias o turísticas.

Una adecuada gestión social mantiene como base al desarrollo sostenible, el cual busca agrupar tres aspectos muy importantes: el aspecto social, ambiental y económico. Por el contrario, una gestión irresponsable reduciría el éxito a largo plazo ya que podrían producirse demoras y paralizaciones o, peor aún, el cierre del proyecto.

Desde otra perspectiva, el proceso de Evaluación del Impacto Social consta de seis fases (Franks, 2012), tal como lo muestra la Figura 2.



Figura 2 Fases del SIA

Tomado de “Evaluación del impacto social de los proyectos de recursos”, por D. Franks, 2012.

La primera fase consiste en el alcance y formulación de alternativas, lo cual involucra la definición de objetivos, alcances y temas de prioridad. En esta etapa se realizará una evaluación inicial de los impactos y se determinarán a los *stakeholders* más afectados. La segunda fase es la creación de perfiles y estudios de línea base con la finalidad de comprender a las comunidades (antes del proyecto) a través de una investigación social y económica. Más adelante, en la tercera fase, se priorizarán los impactos más probables según la escala de importancia que se les atribuyó con ayuda de los métodos técnicos y participativos. Es importante mencionar que esta fase es trascendental ya que permite la revisión y modificación del proyecto si fuese necesario. La cuarta fase consiste en la elaboración de las estrategias de gestión de los impactos negativos y positivos. Dichas estrategias pueden incluir programas de herencia cultural, fondo de inversiones comunitarias, entre otros. Posteriormente, la quinta fase es el monitoreo de dicha gestión social realizada anteriormente, la cual busca hacer un

seguimiento al proceso. En ella se pueden organizar los cambios requeridos y redefinir los procedimientos si es necesario. Finalmente, en la última fase se efectúa la reconciliación de impactos con el objetivo de comparar los impactos predichos con los reales. Esto es de mucha utilidad para ajustar acciones e implementar la mejora continua del proceso.

Actualmente, la elaboración de una evaluación de impacto social (SIA) es una práctica estándar para los proyectos que requieren una evaluación de impacto ambiental (EIA) en el Perú (Brereton et al., 2018), por lo que sus resultados son compartidos públicamente con las comunidades locales y sus representantes para que lo puedan revisar y dar su punto de vista. Además, el SIA sirve como fuente de información para la preparación de un plan de gestión social (PGS), el cual debe ser actualizado regularmente para mejorar el desempeño social y mitigar los impactos negativos (Brereton et al., 2018).

En la normativa peruana, el Decreto Supremo 040-2014-EM contiene un capítulo relacionado con el tema social, el cual fue incorporado recién en el año 2014. Por esta razón, se definió el concepto de “Impacto Social” como la alteración de los aspectos socioeconómicos y culturales en una población que pertenece al área de influencia de un proyecto minero. Es importante mencionar que esta área de influencia está relacionada a los impactos ambientales como se explicó anteriormente (Ministerio de Energía y Minas et al., 2014).

En el artículo 56 del Título V del D.S. 040-2014-EM, se establece la obligación de incorporar los siguientes aspectos sociales en el EIA-d, los cuales están mencionados en algunos ítems de los Términos de Referencia para proyectos de la categoría III:

- Determinación del área de influencia social (en el Ítem 2)
- Línea base social (en el Ítem 3)
- Identificación y evaluación de los posibles impactos sociales (el Ítem 2)
- Plan de gestión social (en el Ítem 6)

En primera instancia, la determinación del área de influencia social (AIS) se debe realizar de manera correcta en base a los criterios previstos en el artículo 58 del D.S 040-2014-EM, los cuales son los siguientes:

- El AIS es establecida en función los impactos ambientales directos e indirectos, por esa razón es importante identificarlos primero. Los *stakeholders* se identificarán en base a los impactos ambientales del proyecto y considerando las repercusiones sociales que estos generarían.
- Se debe considerar la información obtenida por los mecanismos de participación ciudadana
- Finalmente, se debe de realizar el estudio de Línea Base, en el cual se determina las principales variables económicas, sociales, políticas, demográficas y culturales de la población cercana al proyecto. Lo anterior se hace con la finalidad de caracterizar correctamente a los principales *stakeholders* y establecer un escenario social claro.

Por otro lado, en el artículo 64 del mismo reglamento, se mencionan los criterios que la legislación peruana establece para la correcta evaluación de los aspectos sociales. En primer lugar, se debe de determinar de manera correcta el área de influencia social en base a los criterios mencionados anteriormente en el artículo 58. Adicionalmente, se debe de analizar y verificar toda la información cualitativa y cuantitativa del estudio de línea base, tales como los aspectos

demográficos, culturales y ambientales. Por otro lado, es importante la verificación de la gestión de impactos sociales establecidos en el artículo 60 llamado Plan de Gestión Social, el cual involucra programas, planes y protocolos para prevenir o mitigar los impactos sociales negativos; y potenciar los impactos sociales positivos. Por último, la legislación peruana menciona que la calidad y veracidad de la información juegan un rol determinante en la evaluación de impactos sociales, por lo que se debe mantener la información social actualizada y acorde a las características del proyecto minero.

Adicionalmente, en el artículo 66, se instauran los siguientes aspectos para el análisis de los impactos sociales:

- Se debe establecer una matriz de indicadores para monitorear los posibles impactos sociales que originaría el proyecto
- Evaluar la situación social con presencia y ausencia del proyecto minero, con la finalidad de determinar los posibles impactos sociales positivos y negativos
- La evaluación del impacto social debe realizarse mediante metodologías, las cuales deben ser sustentadas en el Estudio de Impacto Ambiental (EIA).

Es importante mencionar que, actualmente, las metodologías implementadas por las empresas mineras para la evaluación de impactos sociales son netamente cualitativas, tales como entrevistas o la metodología IPER que incorporan niveles y parámetros de importancia, severidad, probabilidad, entre otros.

En un informe realizado en la Universidad de Queensland, se menciona que para la medición de impactos sociales se necesita aplicar instrumentos o enfoques que se han desarrollado fuera del sector minero y que requieren ser adaptados a temas sociales (Arbeláez, 2015). En virtud de ello y tomando en consideración

esta premisa, la presente tesis plantea una metodología cuantitativa para la evaluación de los impactos sociales ocasionados por un determinado proyecto minero.

### **2.1.3. Análisis de Conflictos Socioambientales (ECA).**

Por otro lado, el Análisis de Conflictos Socioambientales (ECA, por sus siglas en inglés) es un método aplicado para prevenir conflictos durante el planeamiento e implementación de proyectos, por lo que debido a su naturaleza social, generalmente, se utilizan métodos cualitativos para abordarlo (Delgado y Romero, 2017a).

El concepto de conflicto socioambiental debe estar claro para su resolución. En este sentido, en el reporte de conflictos sociales número 181 de la Defensoría del Pueblo, se indica que un conflicto social es un proceso complejo, en el cual sectores como el Estado, la sociedad y las empresas divisan que sus objetivos, valores, intereses o necesidades son contradictorios, por lo que se origina un contexto complicado que puede desencadenar en violencia (Defensoría del Pueblo, 2019). Adicionalmente, a este concepto se le puede agregar el término “ambiental”, de tal manera que dicho conflicto social sea el resultado de las secuelas ambientales negativas percibidas a causa del proyecto.

Según este reporte, los conflictos sociales en el Perú pueden abarcar distintas fases (Defensoría del Pueblo, 2019), tal como se muestra en la Figura 3.

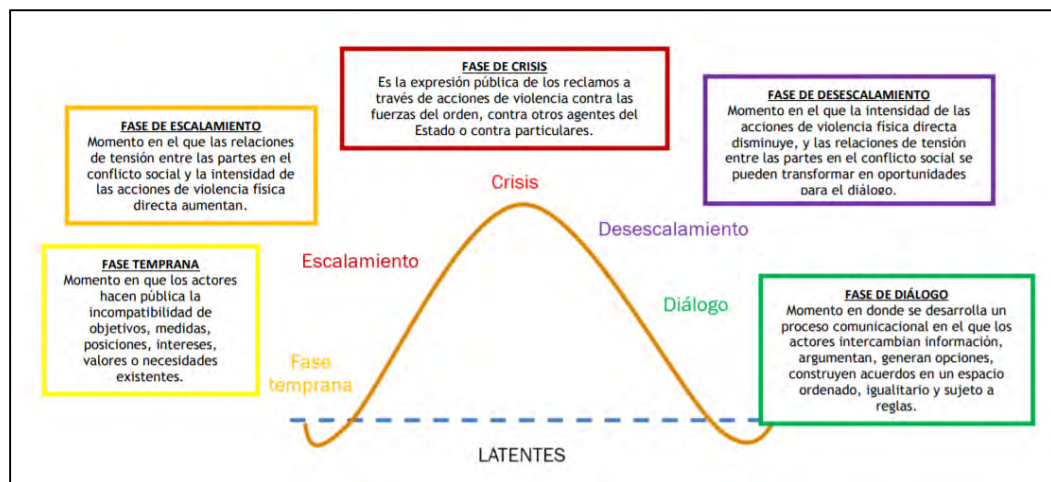


Figura 3 Fases de un conflicto social

Tomado de “Reporte de Conflictos Sociales N° 181 Marzo 2019”, por la Defensoría del Pueblo, 2019.

En primer lugar, se menciona a la fase temprana, la cual considera el momento en que los partícipes manifiestan la incompatibilidad de posiciones, medidas, objetivos, intereses o necesidades que puedan existir. La segunda fase es la de escalamiento, la cual consiste en el incremento de violencia por causa de las relaciones de tensión entre los involucrados del conflicto. Posteriormente, la fase de crisis es la cúspide debido a que, en esta etapa, la expresión pública de reclamos se ve reflejada en violencia contra las fuerzas del orden, contra algún ente del Estado o contra particulares. Por otro lado, en la fase de desescalamiento, la intensidad de las acciones de violencia física directa disminuye y es visible una transformación de las relaciones de tensión en oportunidades de diálogo. Finalmente, la fase de diálogo empieza cuando se desarrolla un proceso comunicativo entre los actores para intercambiar información, generar opciones y construir acuerdos que puedan ser beneficiosos para ambas partes (Defensoría del Pueblo, 2019).

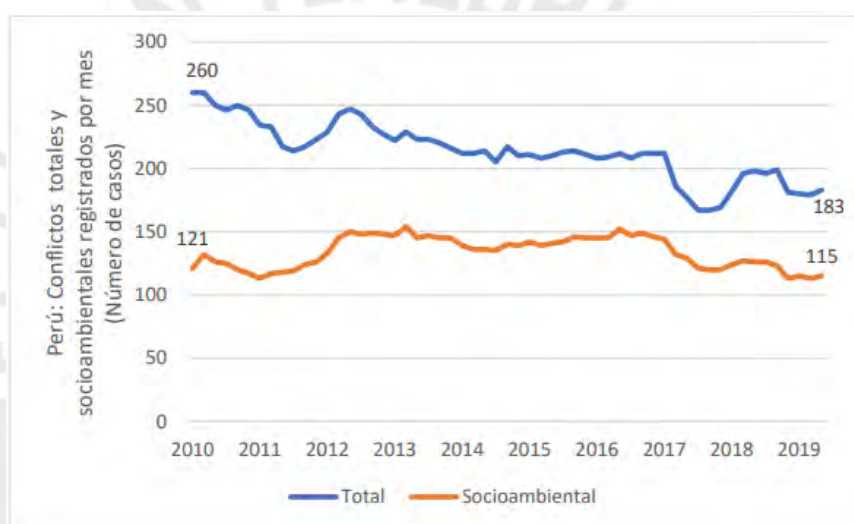
Entre las causas principales de estos conflictos socioambientales en el Perú, se puede mencionar a la falta de progreso socioeconómico de las comunidades afectadas, la cual provoca protestas o destrucción de la propiedad privada que, finalmente, desencadenan en la paralización del proyecto o de la operación minera (Rees, Kemp, y Davis, 2012). Por otro lado, también existen factores externos que pueden influir en el manejo de los conflictos socioambientales, tales como el contexto político del país, su marco legislativo y la dinámica comunitaria pre existente; sin embargo, la cultura de la empresa también juega un papel determinante. De este modo, el liderazgo de la compañía debe reflejarse en las actitudes y acciones del personal del área de Relaciones Comunitarias con la comunidad, ya que esto puede tener una influencia significativa en el éxito de la conducción de un conflicto socioambiental (Rees et al., 2012).

Para mitigar las posibilidades de generación de conflictos, la normativa peruana ha establecido un Plan de Gestión Social, en el artículo 60 del D.S N°040-2014, el cual debe de actualizarse continuamente ya que los cambios sociales son dinámicos por múltiples factores endógenos y exógenos al proyecto minero (Arbeláez, 2015). Es decir, las alteraciones van a ocurrir de forma natural por variaciones de procesos en los aspectos socioeconómicos de la comunidad.

El Plan de Gestión Social fue incorporado recientemente en el EIA en el año 2014 y debe incluir un plan de Relaciones Comunitarias, plan de Participación Ciudadana, plan de Concertación Social, plan de Desarrollo Comunitario, plan de Inversión Social, programa de Monitoreo de Impactos Sociales o de reasentamiento poblacional si es que corresponde (Ministerio de Energía y Minas y Ministerio del Ambiente, 2014). Es importante resaltar que estos planes o programas deben ser realizados durante toda la vida del proyecto. De esta manera,

la empresa minera logrará una reputación positiva que genere confianza frente a la comunidad, lo que ayudará a que sus reservas minerales sean seguras de poder operar la mina sin problema alguno. De este modo, se protegerá el valor de la compañía (Arbeláez, 2015).

Según datos estadísticos de la Defensoría del Pueblo, los conflictos sociales disminuyeron entre enero del año 2010 y marzo del 2019; mientras que el número de conflictos socioambientales se mantuvieron relativamente constantes (Celestino y Mendoza, 2019), lo anterior se puede visualizar en la Figura 4.



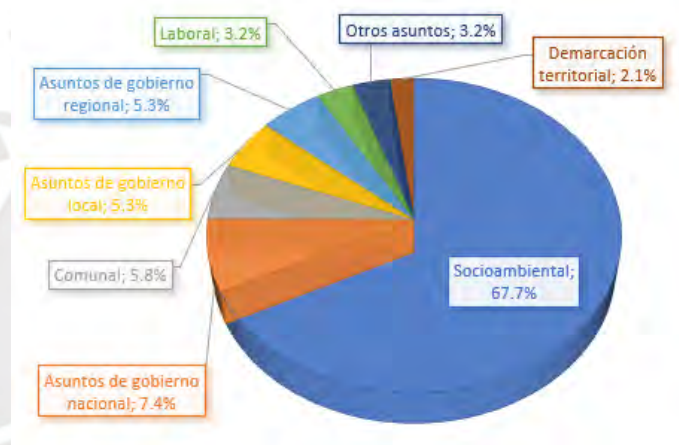
*Figura 4* Evolución de conflictos sociales y socioambientales entre 2010 y 2019

Tomado de “Determinantes económicos y sociopolíticos de los conflictos socioambientales en el Perú”, por J. Celestino y L. Mendoza, 2019.

Este gráfico demuestra que ha habido una disminución de la cantidad de conflictos diferentes a los socioambientales y, por el contrario, un pequeño incremento porcentual de conflictos socioambientales. Esto se constata en los reportes de conflictos sociales entre los periodos de 2010-2019, los cuales reflejan que el tipo de conflicto socioambiental representó un 46,5% del total de conflictos

en el año 2010, mientras que en 2019 este porcentaje aumentó a 62,8% (Celestino y Mendoza, 2019).

En el reporte de conflictos sociales realizado en mayo de 2020 (ver Figura 5), los conflictos socioambientales representaron el 67,7 % del total, muy por encima de los otros tipos de conflictos como los relacionados con el gobierno nacional, con el gobierno local, con causas laboral, entre otros (Defensoría del Pueblo, 2020).



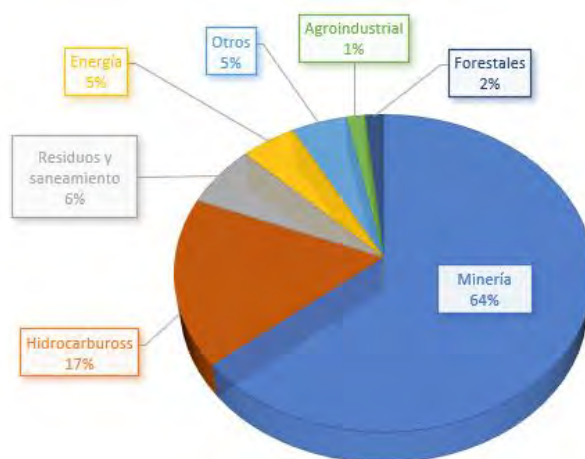
*Figura 5* Distribución porcentual de conflictos sociales en el Perú según tipo

Tomado de “Reporte de Conflictos Sociales N° 195 Mayo 2020”, por la Defensoría del pueblo, 2020.

Como se observa en el gráfico anterior, los llamados “conflictos socioambientales” son los más frecuentes en nuestro país; sin embargo, estos pueden tener causas distintas a pesar de que se expresen bajo un discurso ambientalista. Por ejemplo, se puede mencionar el conflicto por el lote 64 en Loreto, en el cual la Asociación Indígena del Morona alega que sus preocupaciones se centran en la contaminación, pero en realidad sería una disputa por los recursos económicos que brinda la petrolera (Tanaka, Zárate, y Huber,

2011). Mientras que las empresas y el Estado tratan de defender su punto de vista de promover el crecimiento económico por las utilidades que generan los proyectos, el concepto de economía que manejan algunas comunidades rurales se basa en las relaciones recíprocas que pueden construir con la empresa para maximizar sus beneficios económicos (Tanaka et al., 2011). Por esta razón, es importante conocer las reales motivaciones de todas las partes involucradas para entablar un consenso provechoso.

Por otro lado, es importante diferenciar un conflicto socioambiental en una zona sin tradición minera, en la que sus actividades son agropecuarias, de otras con tradición minera. Esto se debe a que las expectativas de ambas población serán diferentes, por lo que el tratamiento de conflictos debe contemplar distintas soluciones (Tanaka et al., 2011). Adicionalmente, si se analizan los conflictos socioambientales por tipo de actividad productiva, el mayor porcentaje lo ocupa la actividad minera con 64,1%, seguido por la industria de hidrocarburos con 17,2% (ver Figura 6).



*Figura 6* Distribución porcentual de conflictos socioambientales en Perú por actividad

Tomado de “Reporte de Conflictos Sociales N° 195 Mayo 2020”, por la Defensoría del pueblo, 2020.

Estos conflictos sociales y socioambientales son manifestaciones ocasionados por ciertos factores económicos, sociales y políticos (Brown y Stewart, 2015), los cuales son de gran importancia analizar debido a que se convierten en obstáculos para el crecimiento económico y el desarrollo social sostenible de los países (Kalejaiye y Alliyu, 2013). Si no se controlan estas variables, dichos conflictos pueden desencadenarse en huelgas, paralizaciones industriales, pérdidas laborales, bloqueos, entre otros (Celestino y Mendoza, 2019).

De esta manera, para determinar las causas reales de dichos conflictos, se han desarrollado diversos estudios a lo largo de los años. Por ejemplo, algunos estudios econométricos señalan que las principales causas de los conflictos en general son los factores económicos, tales como la distribución de ingresos y la tasa de crecimiento de la economía (Elkanj y Gangopadhyay, 2014; Parvin, 1973). Otros autores sostienen que los conflictos sociales en países latinoamericanos se deben a las desigualdades económicas que se manifiestan en el malestar que siente la población por la mala distribución de los ingresos y riquezas, asimismo se puede citar que el 79% de la población latinoamericana percibe una injusta distribución de ingresos (Brown y Stewart, 2015; Calderón, 2012). A modo de ejemplo, se puede mencionar un estudio efectuado en 2017 en la región de Indonesia, el cual arrojó como resultado que el número de conflictos sociales aumentaba a medida que la desigualdad en la distribución de ingresos también lo hacía (Udjianto y Susanto, 2017). Sin embargo, en otras investigaciones se ha concluido una relación inversa entre ambos parámetros (Elkanj y Gangopadhyay, 2014; Kim, 2006; Thaler, 2013).

Desde otra perspectiva, el gasto del gobierno es un factor que también influye en la generación de conflictos, ya que en las regiones donde la presencia

presupuestal de gobierno es baja o inexistente, existe mayor índice de conflictos sociales y socioambientales en contra de la actividad minera (Haslam y Ary Tanimoune, 2016). Lo anterior también se sustenta en un estudio que involucró a 35 países del África, en el que se concluyó que los conflictos sociales se producen con mayor frecuencia en un contexto de gobiernos débiles e incapaces de brindar servicios o bienes públicos; por otra parte, un mayor acceso de la población a la educación e infraestructura reduce la generación de conflictos (Charland, 2014).

Con respecto a Perú, en 2017 se realizó una investigación para determinar las causas de los conflictos sociales mineros en el Perú utilizando un Modelo Lineal de Probabilidad (MLP) e información detallada de conflictos ocurridos entre los años 2008 y 2015. Los resultados arrojaron que las causas fueron los altos índices de pobreza y la desigualdad en la distribución de ingresos. Además, dicho estudio mostró que la probabilidad de ocurrencia de los conflictos socioambientales está impactada significativamente por factores económicos y sociodemográficos (Castellares y Fouché, 2017).

Desde el punto de vista descriptivo, la Presidencia del Consejo de Ministros (PCM) afirmó que los conflictos sociales en el Perú son generados principalmente por una percepción de incompatibilidad de actividades económicas y las formas de vida (debido a las diferentes percepciones relacionadas con el desarrollo y el modelo económico) (Tanaka et al., 2011). Otras causas frecuentes son las demandas insatisfechas de las comunidades por beneficios económicos de parte de las empresas y el acceso a recursos públicos, ya sean financieros o recursos naturales (Tanaka et al., 2011).

Un estudio realizado en Perú, desde una perspectiva cuantitativa, pudo identificar los factores económicos y sociopolíticos que ayudan a la generación de conflictos sociales y socioambientales mediante regresiones econométricas empleando modelos de datos de panel con efectos fijos y aleatorios (Celestino y Mendoza, 2019). Esto se realizó a partir de información de los Reportes de Conflictos Sociales emitidos por la Defensoría del Pueblo publicados durante el periodo 2010-2017. Asimismo, dicho estudio econométrico realizado en Perú arrojó que a nivel regional, los conflictos tienden a aumentar a medida que también aumente el PBI per capital regional y disminuyan los siguientes parámetros: la tasa de subempleo, el ingreso percibido de las mujeres con respecto al de los varones, la cobertura del servicio de internet y la participación porcentual de la producción minera en la estructura productiva regional (Celestino y Mendoza, 2019). Por otro lado, también se concluyó que, desde la perspectiva social, la mala distribución de los ingresos es un elemento que contribuye a la generación de conflictos socioambientales; y que, correspondiente a lo político, la causa de ellos es el porcentaje de la población regional con posiciones políticas cercanas a la defensa del medio ambiente (Celestino y Mendoza, 2019).

Por otro lado, es fundamental conocer las causas reales de un conflicto, debido a que muchas veces detrás de algunos conflictos “socioambientales”, está una disputa entre dos comunidades, en las cuales una apoya a un proyecto minero mientras que la otra no, como lo ocurrido en Secella en Huancavelica. Algo similar ocurre en la comunidad de Ecash en Áncash y en la provincia de Espinar en Cusco. Es así como muchas veces una disputa entre comunidades rivales se disfraza como un problema “socioambiental” (Tanaka et al., 2011).

En el caso de Puno, se percibe comúnmente un discurso étnico ya que las comunidades lo ven como recurso para acceder a derechos, convenios y tratados internacionales suscritos por el país (Tanaka et al., 2011). Por esta razón, se debe de identificar los lugares en donde las comunidades tienen discrepancias, ya que esta situación podría ser una fuente causal de conflictos.

En síntesis, analizar un posible conflicto socioambiental en el proyecto minero elegido será de vital importancia, debido a que, gracias al ECA, cualquier fase de conflicto descrita en la Figura 3 logrará ser identificada y gestionada a tiempo con estrategias oportunas, ya que se podrán determinar las causas reales del conflicto. Además, mediante el cálculo del ECA, se podrán hallar los criterios con mayor divergencia que tendrán más probabilidades de causar conflictos socioambientales; y, de esta forma, se evitará la acumulación de discrepancias que puedan desencadenar en violencia y en caos social o, peor aún, en la paralización del proyecto.

## 2.2. Metodologías

En esta tesis, en primer lugar, se aplicó el método *Analytic Hierarchy Process* (AHP) para la elección de los cinco *stakeholders* más importantes. Asimismo, se utilizó el peso entrópico de Shannon para elegir las siete variables sociales con mayor relevancia. Es importante mencionar que no hay ninguna norma o regla que nos diga cuándo seleccionar un método en específico para realizar un proceso de toma de decisiones, ya que ninguna técnica es mejor que la otra. Sin embargo, en la primera parte de la tesis, se escogieron estos dos métodos debido a la descripción de sus posibilidades de aplicación, a la información de los datos con los que se trabajaron; y a las ventajas y desventajas de cada una de las metodologías (Garza, Gonzáles, y Salinas, 2006).

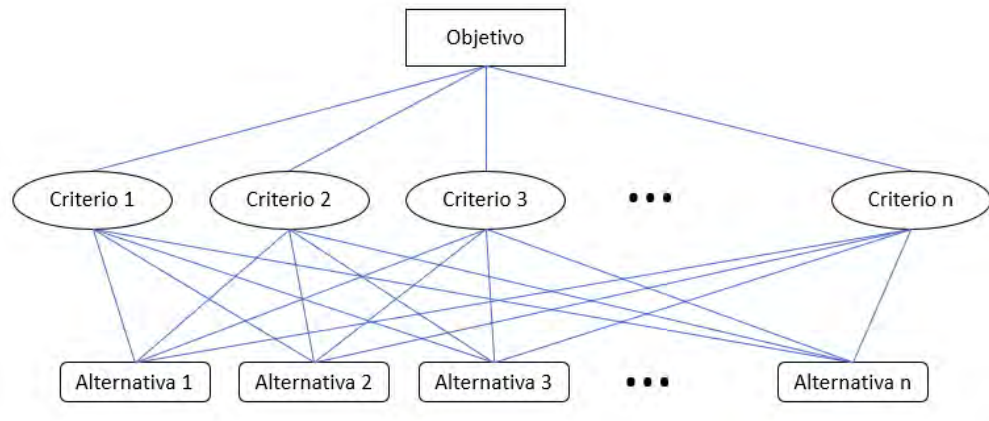
Posteriormente, se aplicaron el método de *grey clustering* para la evaluación del impacto social (SIA), y la entropía de Shannon para el análisis de conflictos socioambientales (ECA) del proyecto minero. Lo anterior se logró gracias a la integración de ambas metodologías lo que arrojó como resultado el método “*Integration of the grey clustering and entropy-weight methods*” (IGCEW). A continuación, se detallan cada uno de los métodos aplicados en la tesis:

### **2.2.1. Analytic Hierarchy Process (AHP).**

Esta metodología fue propuesta en la década del setenta por el profesor Thomas L. Saaty para resolver problemas concretos de toma de decisiones de los que se tiene poca información o aspectos cualitativos difíciles de valorar. En un primer momento, esta metodología fue aplicada en el Departamento de Defensa de EEUU para la solución de problemas concretos (González, 2019), como la resolución del tratado para la reducción de armamento estratégico con la Unión Soviética (Cabello, 2017). Actualmente, este método se aplica en empresas, en la economía, en investigación de operaciones, entre otros (Yepes, 2018).

El método AHP se basa en la evaluación de alternativas, tomando en cuenta varios criterios, los cuales se apoyan en que la experiencia y el conocimiento de los participantes (expertos) gozan de igual predominancia que los datos utilizados en el proceso (Osorio y Orejuela, 2008). Estos criterios normalmente están jerarquizados y suelen entrar en conflicto al momento de la evaluación (Yepes, 2018), por lo que tendrán que ser definidos adecuadamente y ser mutuamente excluyentes para evitar confusiones (González, 2019).

A continuación, la Figura 7 muestra la estructura jerárquica del método AHP (Yepes, 2018).



*Figura 7* Esquema de la estructura jerárquica del método AHP

Adaptado de “Proceso Analítico Jerárquico (Analytic Hierarchy Process, AHP)”, por V. Piqueras, 2018.

Como se observa en la Figura 7, en el nivel superior se sitúan las metas u objetivos; en el nivel intermedio, los criterios; y el nivel más bajo está ocupado por las alternativas (Cabello, 2017). Asimismo, todos los elementos del mismo nivel son de similar orden de magnitud y pueden relacionarse con los elementos del siguiente nivel (Cabello, 2017). Gracias a esta esquematización del método AHP, se facilita la organización de información, la cual fue analizada por partes a través de la disgregación del problema; y, finalmente, se sintetizan todas las soluciones de los subproblemas en una sola conclusión (Cabello, 2017).

Con la aplicación de este método, se construirá un ordenamiento completo de alternativas, a través del cual se puedan elegir las más óptimas, debido a que ayudará a organizar el pensamiento crítico para tomar decisiones más efectivas (T. L. Saaty y Vargas, 2012). La comparación de dichas alternativas se realizó en pares y utilizando valores que nacen de la Escala Fundamental de Saaty (Toskano, 2005). Esta escala fue adaptada al contexto social y su estructura se puede visualizar en la Tabla 5.

Tabla 5 Escala de Saaty adaptada en el contexto social

Valor	Definición	Interpretación
1	Igual importancia	A y B gozan la misma importancia
3	Importancia moderada	A es ligeramente más importante que B
5	Importancia grande	A es más importante que B
7	Importancia muy grande	A es mucho más importante que B
9	Importancia extrema	A es extremadamente más importante que B

Adaptado de “El Proceso De Análisis Jerárquico (AHP) como herramienta para la toma de decisiones en la selección de proveedores”, por G. Toskano, 2005.

El objetivo de esta escala es superar las limitaciones de la capacidad de procesamiento del cerebro humano, debido a que propone realizar comparaciones pareadas entre los distintos elementos (criterios entre sí, o bien entre alternativas con respecto a cada criterio), tal como el cerebro está acostumbrado (Aznar y Guijarro, 2012). Los pasos que se siguieron para desarrollar la metodología AHP se detallan a continuación (Toskano, 2005):

### 2.2.1.1. Paso 1: Comparación de criterios y de alternativas por cada criterio.

En primer lugar, se elabora Matrices de Comparación de elementos con la estructura de la Ecuación (1), la cual se encarga de estimar las alternativas a través de comparaciones por pares utilizando valores numéricos de la escala de Saaty en cada columna (Aznar y Guijarro, 2012; Cabello, 2017).

$$A = [a_{ij}] \quad (1)$$

$$1 \leq i, j \leq n$$

Dichos valores son establecidos a partir de encuestas utilizando distintos tipos de preguntas (Aznar y Guijarro, 2012) y deberán cumplir las siguientes propiedades o axiomas (T. Saaty, 1986):

- Reciprocidad: Si  $a_{ij} = x$ , entonces  $a_{ji} = 1/x$ , con  $\frac{1}{9} \leq x \leq 9$

- Homogeneidad: Si los elementos  $i$  y  $j$  son considerados igualmente importantes, entonces  $a_{ij} = a_{ji} = 1$ , además  $a_{ii} = 1$  para todo  $i$
- Consistencia: se satisface que  $a_{jk} * a_{kj} = a_{ij}$  para todo  $1 \leq i, j, k \leq n$

Estos axiomas determinan cómo formular y resolver los problemas de decisión en forma de comparaciones por pares de manera coherente (Cabello, 2017). De esta manera, explícitamente la matriz  $A$  queda expresada de la siguiente manera en la Ecuación (2) (Toskano, 2005):

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

Es importante mencionar que el objetivo de este paso es elaborar una Matriz de Comparación de Criterios y Matrices de Comparación de Alternativas (en este caso, *stakeholders*) por cada criterio. Asimismo, si la cantidad de criterios analizados es “ $m$ ”, entonces el número de Matrices de Comparación de Alternativas completadas es “ $m$ ”.

### **2.2.1.2. Paso 2: Determinación de las Matrices Prioridad.**

Es este paso se determinan la Matriz Prioridad de Criterios y las Matrices Prioridad de Alternativas, en base a la Matriz de Comparación de Criterios y las Matrices de Comparación de Alternativas, respectivamente. Para ello, se aplica el siguiente procedimiento:

- Se divide cada elemento de la matriz  $A$  (Matriz de Comparación de Criterios o de Alternativas) entre el total de su suma columna, tal como lo muestra la

Ecuación (3) (Aznar y Guijarro, 2012). La matriz resultante se denomina Matriz de Comparación de Pares Normalizados.

$$A_{normalizada} = \left[ \frac{a_{ij}}{\sum_{k=1}^n a_{kj}} \right] \quad (3)$$

- Se suma los elementos de las filas de la Matriz de Comparación de Pares Normalizados, tal como lo muestran las siguientes Ecuaciones (4) (Aznar y Guijarro, 2012), para poder promediarlos y obtener la matriz de la Ecuación (5), llamada también Vector Prioridad (Aznar y Guijarro, 2012).

$$b_1 = \frac{a_{11}}{\sum_{n=1}^n a_{n1}} + \frac{a_{12}}{\sum_{n=1}^n a_{n2}} + \dots + \frac{a_{1n}}{\sum_{n=1}^n a_{nm}}$$

$$b_2 = \frac{a_{21}}{\sum_{n=1}^n a_{n1}} + \frac{a_{22}}{\sum_{n=1}^n a_{n2}} + \dots + \frac{a_{2n}}{\sum_{n=1}^n a_{nm}} \quad (4)$$

$$b_n = \frac{a_{n1}}{\sum_{n=1}^n a_{n1}} + \frac{a_{n2}}{\sum_{n=1}^n a_{n2}} + \dots + \frac{a_{nn}}{\sum_{n=1}^n a_{nn}}$$

$$B = \left[ \frac{b_1}{n}, \frac{b_2}{n}, \dots, \frac{b_n}{n} \right]^T \quad (5)$$

Es importante mencionar que, en el caso de la Matriz de Comparación de Criterio, el propósito de este paso es obtener la matriz de la Ecuación (6), llamada Vector Propio, Vector de Prioridades Globales de Criterios o Matriz Prioridad de Criterios (Toskano, 2005). Esta matriz indica el peso o importancia relativa de cada uno de los criterios utilizados en el proceso de decisión (Aznar y Guijarro, 2012).

$$P_C = \begin{bmatrix} P'_1 \\ P'_2 \\ \dots \\ P'_m \end{bmatrix} \quad (6)$$

Donde “m” es el número de criterios y  $P'_j$  es la prioridad del criterio j con respecto al objetivo general, para  $j = 1, 2, \dots, m$ .

Por otro lado, al desarrollar el mismo procedimiento con las Matrices de Comparación de Alternativas se obtienen sus Vectores Prioridades. Como la comparación de alternativas se realiza con respecto a cada uno de los criterios, al unir sus Vectores Prioridad se obtiene la matriz de la Ecuación (7), en la que  $P_{ij}$  es la prioridad de la alternativa (en este caso, *stakeholder*) "i" con respecto al criterio "j", para  $i = 1, 2, \dots, n$ ; y  $j = 1, 2, \dots, m$  (Toskano, 2005).

$$Pa = \begin{bmatrix} P_{12} & P_{12} & \dots & P_{1m} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{n1} & P_{m2} & \dots & P_{nm} \end{bmatrix} \quad (7)$$

Finalmente, es importante mencionar que las matrices de la Ecuaciones (6) y (7) son las Matrices de Prioridades Locales, con las cuales se calculará la Matriz de Prioridad Global (Cabello, 2017).

### 2.2.1.3. Paso 3: Consistencia.

El axioma o supuesto de consistencia solo se da en un caso ideal, pero en la realidad sucede pocas veces debido a la subjetividad innata de la persona que decide (experto). Esta subjetividad se intenta objetivar al máximo ya que al comparar los distintos elementos reiteradas veces para construir la matriz “A” puede generar inconsistencias (Aznar y Guijarro, 2012).

Se entiende que si la matriz  $A_{n \times n}$  es completamente consistente es capaz de producir una matriz normalizada  $N_{n \times n}$  de elementos  $w_{ij}$  (para  $i, j = 1, 2, \dots,$

n), cuyas columnas son idénticas, en otras palabras,  $w_{12} = w_{13} = \dots = w_{1n} = w_1$ ;  $w_{21} = w_{23} = \dots = w_{2n} = w_2$ ;  $w_{n1} = w_{n2} = \dots = w_{nn} = w_n$ , tal como se muestra en la Ecuación (8).

$$N = \begin{bmatrix} w_1 & w_1 & \dots & w_1 \\ w_2 & w_2 & \dots & w_2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_n & w_n & \dots & w_n \end{bmatrix} \quad (8)$$

Tomando como premisa esta ecuación, se puede calcular la matriz de comparación A a partir de la matriz N, dividiendo los elementos de la columna i entre  $w_i$ , lo cual es el proceso inverso para la determinación de N a partir de A. Esto se muestra en la siguiente Ecuación (9):

$$A = \begin{bmatrix} 1 & w_1/w_2 & \dots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & 1 & \dots & w_2/w_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (9)$$

De esta manera, la Matriz W de elementos  $w_i$  de la Ecuación (10) sería el vector propio de la Matriz A. Al multiplicar las matrices A y W, obtenemos la Ecuación (11) (Toskano, 2005).

$$W = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} \quad (10)$$

$$\begin{bmatrix} 1 & w_1/w_2 & \dots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & 1 & \dots & w_2/w_n \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \dots & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} nw_1 \\ nw_2 \\ \vdots \\ nw_n \end{bmatrix} = n \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} \quad (11)$$

Otra forma de expresar la igualdad anterior de manera más simplificada se muestra en la Ecuación (12), donde  $n$  es la cantidad de criterios o alternativas comparadas.

$$AW = nW \quad (12)$$

Haciendo el estimado  $\bar{W}$  calculado para un caso ya no ideal, la igualdad anterior queda expresada de la siguiente manera en la Ecuación (13) (Toskano, 2005):

$$A \bar{W} = n_{max} \bar{W} \quad (13)$$

Donde  $n_{max} \geq n$ , en tal sentido, mientras más cercano sea el valor de  $n_{max}$  a  $n$ , más consistente será la Matriz de Comparación  $A$ .

Por esta razón, el método AHP ofrece un procedimiento para medir el grado de consistencia entre las opiniones emparejadas proporcionadas por la persona (en este caso, experto encuestado) que toma la decisión. Este grado puede medirse mediante el cálculo del Ratio de Consistencia (RC) de la matriz. La secuencia para este cálculo es la siguiente:

- Se normaliza la Matriz  $A_{n \times n}$  de comparaciones emparejadas, produciéndose la Matriz  $N_{n \times n}$  de elementos  $w_{ij}$  (para  $i, j = 1, 2, \dots, n$ ), con la finalidad de calcular el vector propio (ahora denominada matriz  $W$ ) el cual representa la ponderación de cada criterio.
- Se determina un producto de matrices entre la Matriz  $A$  y su vector propio (matriz  $W$ ). Esta multiplicación de matrices se muestra en la Ecuación (11).
- Se calcula el Índice de Consistencia con la siguiente Ecuación (14), donde  $n$  es el número de criterios.

$$IC = \frac{n_{max}-n}{n-1} \quad (14)$$

El valor de  $n_{max}$  se calcula de  $A\bar{W} = n_{max}\bar{W}$  observando que la  $i$ -ésima ecuación es  $\sum_{j=1}^n a_{ij}\bar{W}_j = n_{max}\bar{w}_i$ ,  $i= 1,2,\dots, n$ . Y dado que  $\sum_{i=1}^n \bar{w}_i = 1$ , obtenemos la siguiente Ecuación (15) (Toskano, 2005).

$$\sum_{i=1}^n \left( \sum_{j=1}^n a_{ij} \bar{w}_j \right) = n_{max} \sum_{i=1}^n \bar{w}_i \quad (15)$$

Esto quiere decir que el valor de  $n_{max}$  se determina al sumar todos los elementos de la Matriz  $A \times W$  (Toskano, 2005).

- Se calcula el Índice de Consistencia Aleatoria con la siguiente igualdad, tal como se muestra en la Ecuación (16) (Toskano, 2005).

$$IA = \frac{1.98(n-2)}{n} \quad (16)$$

- Finalmente, se calcula el Ratio de Consistencia (RC) con la siguiente Ecuación (17) (Toskano, 2005). Si el grado de consistencia es aceptable, se puede continuar con el proceso, de manera contraria se tendrá que revisar los valores de la Matriz de Comparación A.

$$RC = \frac{IC}{IA} \quad (17)$$

El Ratio de Consistencia (RC) o grado de consistencia aceptable varía según el tamaño de la Matriz de Comparaciones (Aznar y Guijarro, 2012), tal como lo muestra la siguiente Tabla 6:

Tabla 6 *Porcentajes máximos del RC para que la Matriz A sea consistente*

Tamaño de la matriz (n)	Ratio de Consistencia
3	5%
4	9%
5 o mayor	10%

Tomado de “Nuevos métodos de valoración (Modelos multicriterio)”, por J. Aznar y F. Guijarro, 2012.

Finalmente, es importante destacar que el grado de consistencia se calcula para cada una de las matrices completadas por los expertos, las cuales son la Matriz de Comparación de Criterios y las Matrices de Comparación de Alternativas por cada criterio.

#### 2.2.1.4. Paso 4: Cálculo de la Matriz de Prioridad Global.

Después de asegurarnos que las Matrices de Comparación tienen un grado de consistencia aceptable, se determina la Matriz de Prioridad Global  $P_G$ , la cual es el producto entre la matriz de la Ecuación (6) y la matriz de la Ecuación (7) (Toskano, 2005). La operación matemática anterior se muestra en la Ecuación (18).

$$P_G = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1m} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{n1} & P_{n2} & \dots & P_{nm} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P'_1 \\ P'_2 \\ \dots \\ P'_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P g_1 \\ P g_2 \\ \dots \\ P g_n \end{bmatrix} \quad (18)$$

Donde  $P g_i$  es la prioridad global, con respecto al objetivo global, de la alternativa  $i$  para  $i = 1, 2, \dots, n$ . De esta forma, esta matriz permite sintetizar el problema, es decir ordenar las alternativas para seleccionar las más indicadas y conseguir el objetivo propuesto considerando los criterios que interviene en el problema (Cabello, 2017).

Con los cuatro pasos mencionados anteriormente, se evidencia que el método AHP implica principios de descomposición, comparación en pares y la generación de vectores prioritarios locales y el global (Bindu et al., 2010).

Finalmente, en esta tesis, el método *Analytic Hierarchy Process* (en adelante método AHP) fue seleccionado para jerarquizar y elegir a los principales grupos de *stakeholders*, debido a que la cantidad de criterios y de alternativas que se valoraron no fue muy grande, por lo que su aplicación resultó práctica y efectiva. Además, la manera más sencilla de trabajar la información brindada por los expertos (personas que decidieron) fue realizarla por comparaciones en pares, lo cual es la principal característica del método AHP, por lo que resultó apropiado su aplicación (Bindu et al., 2010),

### **2.2.2. Grey Clustering.**

El método *grey clustering* es una parte importante de la teoría de sistemas grises desarrollado por Julong Deng, la cual consiste en sistemas inciertos con información parcialmente conocida a través de la generación y extracción de información útil disponible, que puede ser monitoreada efectivamente gracias a esta metodología (Deng, 1985).

En 1982, se publicó el primer artículo sobre la teoría de los sistemas grises en la revista internacional de Holanda del Norte llamada *Systems & Control Letters*. En ese mismo año, Deng publicó otro paper sobre la teoría de sistemas grises en lengua china en la revista de la Universidad de Ciencia y Tecnología de Huazhong. De esta manera, mediante estos dos papers, se oficializó el surgimiento de la teoría de los sistemas grises (Liu y Lin, 2010) y su aplicación en

investigaciones de problemas de muestras pequeñas con información limitada o deficiente, lo cual es muy usual en el mundo real.

Inmediatamente después de la aparición de estas investigaciones, el método *grey clustering* atrajo el interés de muchos investigadores y científicos el mundo, los cuales apoyaron su validez y lo aplicaron en diversos campos. De esta forma, es utilizado, por ejemplo, para la evaluación y el análisis de diferentes problemas reflejados en casos de estudios tales como la evaluación de sitios web, la gestión del transporte, la gestión del agua y la gestión de la seguridad (Delgado y Romero, 2016; Liu y Lin, 2010).

En los primeros análisis de la teoría de los sistemas grises, el *grey clustering* era utilizado para simplificar sistemas complejos incorporados, mediante el tratamiento de la distribución de objetos sin requisitos especiales y a través de un simple cálculo, con el que se pudo obtener información de agrupamiento más útil (Ke et al., 2012). Posteriormente, con el transcurso del tiempo, se realizaron varias mejoras en el método como, por ejemplo, el modelo de *grey clustering* basado en el método de funciones triangulares de *Whitenización* de punto central (*The center-point triangular whitenization weight functions method* o mejor conocido por sus siglas *CTWF*), el cual fue construido por el profesor Liu Sifeng, Dang y Zhai en 2004 (T. I. of G. I. C. M. Wang, Li, y Li, 2017). Dicha mejora permitió que este método sea empleado para clasificar objetos o índices de observación en clases definidas utilizando matrices de incidencia *grey* o funciones de ponderación de *Whitenización* (Cabezas et al., 2015; Delgado y Romero, 2016).

Actualmente, una gran cantidad de académicos han participado en las aplicaciones e investigaciones de la teoría de los sistemas grises en países como

China, Estados Unidos, Inglaterra, Alemania, Japón, Canadá y Rusia (Liu y Lin, 2010). Además, más de mil revistas profesionales han aceptado y publicado artículos científicos sobre esta teoría, como las revistas *The International Journal of Cybernetics y Systems and Management Science*.

Para la aplicación de este método se trabajó con un conjunto de objetos "m", un conjunto de criterios "n" y un conjunto de diferentes *grey* clases "s", según el valor de la muestra  $x_{ij}$  ( $i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n$ ) del objeto  $i$  ( $i=1, 2, \dots, m$ ), para el criterio  $j$  ( $j=1, 2, \dots, n$ ). A continuación, se detallan los siguientes pasos de la metodología *grey clustering* basado en CTWF (Liu y Lin, 2010; Zhang, Ni, Liu, y Jian, 2014):

#### **2.2.2.1. Paso 1: Definición de las *grey* clases y sus puntos centrales.**

Se definen "s" *grey* clases para calificar a cada criterio, para luego determinar los puntos centrales  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_s$  de cada una de las *grey* clases 1, 2, ..., s.

#### **2.2.2.2. Paso 2: Determinación de las funciones CTWF.**

Para cerrar la triangulación, se añaden las *grey* clases 0 y (s+1) con sus respectivos puntos centrales  $\lambda_0$  y  $\lambda_{s+1}$ . Esto establece una nueva secuencia de puntos centrales  $\lambda_0, \lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_s, \lambda_{s+1}$  (ver Figura 8). Adicionalmente, con la Ecuación (19), se determina el CTWF (funciones triangulares de *Whitenización* de punto central) para las *grey* clases  $k$  ( $k=1, 2, \dots, s$ ), para cada criterio  $j$  ( $j=1, 2, \dots, n$ ) y para un valor observado  $x_{ij}$ .

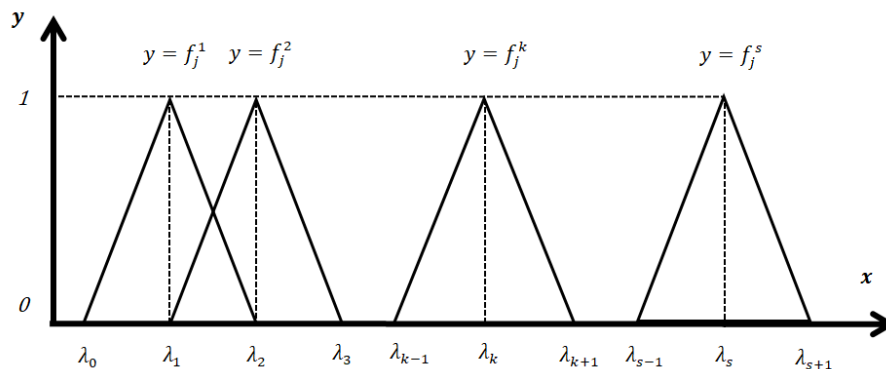


Figura 8 Gráfico de funciones CTWF

Tomado de “Grey Systems: Theory and Applications”, por S. Liu y Y. Lin, 2010.

$$f_j^k(x_{ij}) = \begin{cases} 0 & , \quad x \notin [\lambda_{k-1}, \lambda_{k+1}] \\ \frac{x - \lambda_{k-1}}{\lambda_k - \lambda_{k-1}}, & x \in [\lambda_{k-1}, \lambda_k] \\ \frac{\lambda_{k+1} - x}{\lambda_{k+1} - \lambda_k}, & x \in [\lambda_k, \lambda_{k+1}] \end{cases} \quad (19)$$

Donde  $f_j^k(x_{ij})$  es el CTWF de la *grey* clase k del criterio j.

### 2.2.2.3. Paso 3: Cálculo del coeficiente de Clusterización.

En este paso se calcula, mediante la Ecuación (20), el coeficiente de clusterización global  $\sigma_i^k$ , el cual representa el peso de los criterios para el grupo i con respecto a la clase k.

$$\sigma_i^k = \sum_{j=1}^n f_j^k(x_{ij}) \cdot \eta_j \quad (20)$$

Donde "i" representa el conjunto de objetos  $i=1, 2, \dots, m$ , "k" representa el conjunto de *grey* clases  $k=1, \dots, s$ . Además  $f_j^k(x_{ij})$  es el CTWF de la *grey* clase k del criterio j, y  $\eta_j$  es el peso del criterio j.

#### 2.2.2.4. Paso 4: Clasificación de los objetos según su grey clase.

Finalmente, si  $\max_{1 \leq k \leq s} \{\sigma_i^k\} = \sigma_i^{k^*}$ , significa que el objeto  $i$  pertenece a la *grey* clase  $k^*$ . Esto se realizará para todos los objetos con la finalidad de definir a qué *grey* clase pertenecen. Por otro lado, cuando una *grey* clase  $k^*$  tiene varios objetos, estos pueden ser jerarquizados u ordenados según las magnitudes de sus coeficientes de clusterización global  $\sigma_i^k$ .

En la Etapa 2 de la tesis, se eligió el método del *grey clustering* basado en CTWF para determinar el SIA (Evaluación del Impacto Social), debido a que dicha metodología estableció intervalos o *grey* clases en cada criterio para establecer un ranking de impacto social (Delgado y Romero, 2015) de manera eficiente, lo que permitió tener un mayor rango de evaluación para cada grupo de *stakeholder* y una mayor facilidad en el recojo de información durante las encuestas. De esta forma, al establecer a qué clase predeterminada o *grey* clase pertenece cada objeto de observación o grupo de *stakeholder*, los posibles efectos pueden ser tratados con antelación (Liu y Lin, 2010) para evitar situaciones adversas. Adicionalmente, la aplicación de funciones CTWF en el *grey clustering*, permitió que cada *grey* clase tuviera un punto central, lo cual le proporcionó una mayor fiabilidad a los resultados obtenidos ya que estos están basados en la lógica difusa (Aguirre et al., 2017; Delgado y Romero, 2016).

#### 2.2.3. Entropía de Shannon.

Los métodos de peso fijo subjetivo, como el método Delphi que es un método de estudio de expertos y el método del Proceso de Jerarquía Analítica (AHP), se utilizan a menudo para determinar el peso de criterios (Li et al., 2011). Estos

métodos pueden generar desviaciones en los pesos de los criterios, al momento de aumentar las alternativas comparadas, ya que trabajan con factores subjetivos.

Por otro lado, los métodos de peso fijo objetivo se basan en la información inherente a los criterios para determinar sus pesos, lo que podría eliminar las perturbaciones causadas por el hombre y hacer que los resultados se ajusten más a la realidad. Uno de estos métodos es la entropía de Shannon, el cual es un método objetivo de asignación de pesos determinados en función de evaluaciones de matrices de decisión (Estrada García, 2002) que puede utilizarse para determinar el grado de trastorno o el grado de divergencia (Li et al., 2011). Asimismo, es importante indicar que este método se basa en la cantidad de información para determinar el peso no subjetivo de cada criterios (Li et al., 2011) sin que influyan las preferencias o el sesgo del decisor (Estrada García, 2002).

La entropía de Shannon fue propuesta por Zeleny en el año 1982, y parte de su supuesto fue que la importancia relativa de un criterio  $j$  en una situación dada de decisión, medida por su peso  $w_j$ , está relacionada con la cantidad de información aportada por el conjunto de alternativas respecto a dicho criterio. De esta manera, cuanto más diversidad exista en la valoración de dichas alternativas, el criterio es más importante debido a que presenta un mayor poder de discriminación entre ellas (Aznar y Guijarro, 2012; S. B. Romero y Pomerol, 1997).

Finalmente, el procedimiento de la entropía de Shannon es el siguiente (Aznar y Guijarro, 2012; Shannon, 1949):

### ***2.2.3.1. Paso 1: Matriz de Comparación.***

Esta matriz consiste en la comparación de objetos con respecto a cada criterio, y queda expresada mediante la matriz  $Z = (z_{ij}; i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n)$ , la cual consiste en la evaluación de "m" objetos y "n" criterios.

### 2.2.3.2. Paso 2: Matriz Normalizada.

La matriz de decisión  $Z = \{z_{ij}; i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n\}$  se normaliza para cada criterio  $C_j$  ( $j=1, 2, \dots, n$ ). Estos valores normalizados  $P_{ij}$  se calculan mediante la Ecuación (21).

$$P_{ij} = \frac{z_{ij}}{\sum_{i=1}^m z_{ij}} \quad (21)$$

Es importante mencionar que  $z_{ij}$  representa una variable aleatoria y  $P_{ij}$  es la probabilidad de ocurrencia de esa variable aleatoria (M. Romero et al., 2015).

### 2.2.3.3. Paso 3: Cálculo de la Entropía.

El concepto de entropía está definido como el grado de desorden en el sistema de evaluación y se basa en la teoría de información de Shannon (Shannon, 1949). Se calcula la entropía  $H_j$  de cada criterio  $C_j$  mediante la Ecuación (22).

$$H_j = -k \sum_{i=1}^m P_{ij} \log(P_{ij}) \quad (22)$$

Donde  $k$  es una constante  $k = (\log(m))^{-1}$  y  $m$  es el número de objetos o alternativas a analizar. Además, se establece que  $0 \leq H_j \leq 1$ , de esta manera, mientras más cercano está el valor de la entropía a 1, más parecidas o iguales son los valores  $z_{ij}$  de la matriz de decisión  $Z$  (Estrada García, 2002).

#### 2.2.3.4. Paso 4: Diversidad o grado de divergencia.

El concepto de diversidad es opuesto al significado de entropía. Es decir, cuanto menor sea el valor de la entropía, mayor será el grado de divergencia y el peso entrópico  $w_j$ . Asimismo, el grado de divergencia  $div_j$  de cada criterio  $C_j$  es calculado mediante la Ecuación (23).

$$div_j = 1 - H_j \quad (23)$$

De esta manera, mientras mayor sea el grado de divergencia en la evaluación de las alternativas, mayor jerarquía tendrá el criterio en la decisión final, ya que posee un mayor poder de discriminación entre las alternativas (S. B. Romero y Pomerol, 1997).

#### 2.2.3.5. Paso 5: Cálculo del peso entrópico.

Finalmente, mediante la Ecuación (24), se calcula el peso entrópico  $w_j$  de cada criterio  $C_j$ , el cual representa la ponderación o peso de cada uno de los criterios (Aznar y Guijarro, 2012). Esta ecuación arrojó como resultado una Matriz de Peso Entrópico.

$$W_j = \frac{div_j}{\sum_{j=1}^n div_j} \quad (24)$$

En esta tesis, el método de la entropía de Shannon fue seleccionado para jerarquizar las variables sociales, debido a que, mediante él, se pudieron calcular los pesos de los criterios para una alta cantidad de alternativas comparadas (en este caso, variables sociales) sin presentar problemas de subjetividad. Además, esta metodología se escogió ya que se deseaba obtener como resultado un ordenamiento de las variables sociales según su relación de predominancia. Para

obtener dicha jerarquización, se multiplicó la Matriz de Comparación con la Matriz de Peso Entrópico (Delgado, 2017a).

Por otro lado, también fue utilizado para determinar el ECA (Análisis de Conflictos Socioambientales), el cual tomaba como datos de entrada a la matriz resultante obtenida por método de *grey clustering* denominada "Matriz de decisión Z". Lo anterior fue realizado en la Etapa 2 de la tesis para determinar qué variables sociales son las más divergentes entre los grupos de *stakeholders* y con mayor probabilidad de generar conflictos socioambientales.

#### 2.2.4. Metodología de integración de *grey clustering* y entropía de Shannon.

La integración de ambos métodos, también llamado método IGCEW, puede explicarse con la siguiente metodología (ver Figura 9), la cual fue una elaboración propia.

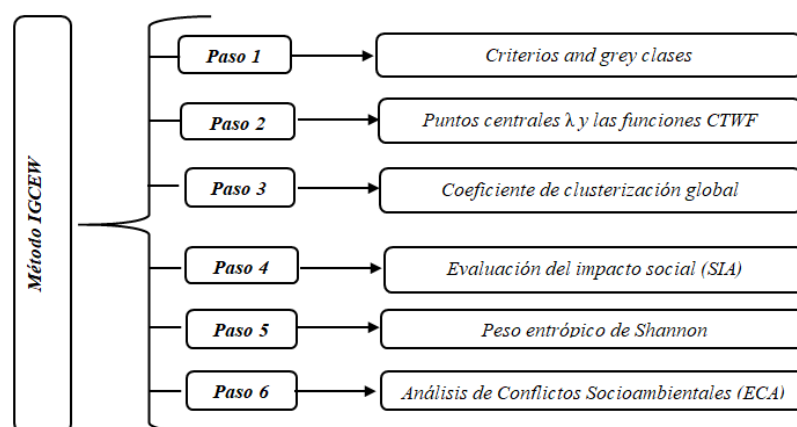


Figura 9 Esquema del método IGCEW

Nota: Elaboración propia.

Todo este proceso vincula el método de *grey clustering* con la entropía de Shannon. Los pasos involucrados en el IGCEW se explican a continuación (Delgado y Romero, 2016):

#### 2.2.4.1. Paso 1: Criterios y grey classes.

El concepto de *grey* classes se refiere a los rangos de calificación de cada criterio al momento de evaluarlo, los cuales sirven para clasificar a los criterios  $j$  ( $j=1, 2, \dots, n$ ) con respecto a los objetos  $i$  ( $i=1, 2, \dots, m$ ). De esta manera, el conjunto de *grey* classes estuvo definido por  $s$  ( $s=1, 2, \dots, s$ ) según las características sociales del trabajo de investigación.

#### 2.2.4.2. Paso 2: Puntos centrales $\lambda$ y las funciones CTWF.

En este paso se determinan los puntos centrales  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_s$  para cada una de las *grey* classes  $1, 2, \dots, s$ , tal como se explicó en el paso 1 del método *grey clustering*. Por otro lado, las funciones CTWF  $f_j^k(x_{ij})$  fueron calculadas para cada criterio  $j$  utilizando la Ecuación (19), con la finalidad de reemplazar los valores obtenidos por los objetos con respecto a cada criterio. Dichos resultados, finalmente, se muestran en la matriz de la Ecuación (25) compuesta de criterios y *grey* classes.

$$f_j^k(x_{ij}) = \begin{bmatrix} f_1^1 & f_2^1 & \dots & f_j^1 \\ f_1^2 & f_2^2 & \dots & f_j^2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ f_1^k & f_2^k & \dots & f_j^k \end{bmatrix} \quad (25)$$

Es importante mencionar que esta matriz fue calculada para cada objeto  $i$  ( $i=1, 2, \dots, m$ ).

#### 2.2.4.3. Paso 3: Coeficiente de Clusterización global.

Adicionalmente, el coeficiente de clusterización  $\sigma_i^k$  para el objeto  $i$  ( $i=1, 2, \dots, m$ ), con respecto a la *grey* clase  $k$  ( $k=1, \dots, s$ ) se calculó utilizando la Ecuación (20).

#### 2.2.4.4. Paso 4: Evaluación del impacto social (SIA).

La evaluación del impacto social (SIA) de cada grupo de *stakeholder* se calculó mediante un sistema de porcentajes (Chang y Qisen, 2009), definido por los valores porcentuales  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots,$  y  $\alpha_s$ , donde  $\alpha_s=100, \alpha_1=100/s, \alpha_2=\alpha_1+\alpha_1, \alpha_3=\alpha_1+\alpha_2, \dots,$  y  $\alpha_{s-1}=\alpha_1+\alpha_{s-2}$ . Es importante recordar que "s" es el número de *grey* clases k establecidas en el caso de estudio. Posteriormente, para evaluar el impacto social, se multiplicaron los valores porcentuales con la matriz de la Ecuación (25), estos resultados están dados por la Ecuación (26):

$$z_j^i = \sum_{k=1}^s f_j^k(x_{ij}) \cdot \alpha_k \quad (26)$$

Donde:

- $f_j^k(x_{ij})$  es la función CTWF de la *grey* clase k del criterio j
- $\alpha_k$  es el valor porcentual de cada *grey* clase

Finalmente, los resultados del SIA son representados por la estructura de la matriz  $Z = \{z_{ij}, i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n\}$

#### 2.2.4.5. Paso 5: Peso entrópico de Shannon.

Primero, la matriz obtenida en el paso anterior  $Z = \{z_{ij}; i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n\}$  se normaliza para cada criterio  $C_j$  ( $j=1, 2, \dots, n$ ). Los valores normalizados  $P_{ij}$  se calculan utilizando la Ecuación (21).

A diferencia de la metodología de Shannon, las ecuaciones de entropía ( $H_j$ ), grado de divergencia ( $div_j$ ) y peso entrópico ( $w_j$ ) fueron modificadas debido a una mejora en la que se cambia el logaritmo en base 10 por el logaritmo neperiano para obtener más precisión en los resultados (E.O.

Fagbote, E.O. Olanipekun, y Uyi, 2014; Ji, Sun, y Huang, 2015; Peiyue, Jianhua, y Hui, 2010; T. C. Wang y Lee, 2009; Xie y Yang, 2010):

$$H_j = -k \sum_{i=1}^m P_{ij} \ln(P_{ij}) \quad (27)$$

$$div_j = 1 - H_j \quad (28)$$

$$W_j = \frac{div_j}{\sum_{j=1}^n div_j} \quad (29)$$

Donde k es una constante  $k = (\ln(m))^{-1}$  y “m” es el número de objetos.

Es importante resaltar que esta modificación en las ecuaciones (22) y (27) no conllevó a ningún cambio significativo de resultados generales, debido a que se obtuvo el mismo resultado de jerarquización de los criterios más divergentes con ambas ecuaciones.

#### 2.2.4.6. Paso 6: Análisis de conflictos socioambientales (ECA).

Finalmente, la evaluación objetiva del ECA (Shemshadi, Shirazi, Toreihi, y M.J.Tarokh, 2011) se calculó para cada grupo de *stakeholder*  $G_i$  ( $i=1, 2, \dots, m$ ) y para cada criterio  $C_j$  ( $j=1, 2, \dots, n$ ). Los valores del ECA fueron determinados con la Ecuación (30).

$$Q_{ij} = w_j z_{ij} \quad (30)$$

Donde:

- $w_j$  es el peso entrópico de cada criterio  $C_j$  calculado anteriormente.
- $z_{ij}$  es el resultado de la evaluación del impacto social (SIA) para cada grupo de *stakeholder*  $G_i$  ( $i=1, 2, \dots, m$ ).

Los resultados están representados por una matriz de la Ecuación (31).

$$Q_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 z_{11} & w_2 z_{12} & \dots & w_n z_{1n} \\ w_1 z_{21} & w_2 z_{22} & \dots & w_n z_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_1 z_{m1} & w_2 z_{m2} & \dots & w_n z_{mn} \end{bmatrix} \quad (31)$$

En la presente tesis, se eligió este método de integración IGCEW, debido a que dicha metodología permitió determinar el SIA y el ECA de manera simultánea y complementaria. La integración de *grey clustering* y la entropía de Shannon pueden cuantificar de manera eficiente los datos cualitativos recogidos mediante encuestas a los grupos de *stakeholders*.

En resumen, los cuatro primeros pasos del método IGCEW corresponden a la Evaluación del Impacto Social (SIA), desarrollada de acuerdo con el método de *grey clustering* basado en el CTWF. Posteriormente, en los dos pasos siguientes, se determinó el método del peso entrópico y el análisis de conflictos socioambientales (ECA). De esta manera, se identificaron los criterios en los que existió una mayor divergencia o discrepancia entre los grupos de *stakeholders*.

Para ilustrar la metodología IGCEW, esta será aplicada en el caso de estudio que se describe a continuación.

### Capítulo III: Desarrollo de la Tesis

#### 3.1. Aspectos generales del proyecto

El proyecto minero elegido para el desarrollo de la tesis está siendo desarrollado por una empresa peruana subsidiaria de una compañía junior, cuya sede está en América del Norte. Tanto la compañía como la subsidiaria han cambiado de nombres continuamente desde mayo del 2015, siendo el último cambio el 12 de marzo de 2018 a su denominación actual (Plateau Energy Metals Inc., 2018). Actualmente, la empresa norteamericana tiene el control del 100% de las concesiones mineras que abarcan más de 93.000 hectáreas (930 km<sup>2</sup>) en el sur del Perú (Plateau Energy Metals, 2020).

Asimismo, la compañía continuamente ha publicado varios NI 43-101 (Reportes técnicos de la Evaluación Económica Preliminar o PEA) en la página del Sistema de Análisis y Recuperación de Documentos Electrónicos (SEDAR), los cuales contienen información relevante como la ubicación exacta, accesibilidad, tipo de yacimiento, programa de perforaciones, preparación de muestras mineralógicas, proceso metalúrgico, estimación de recursos y reservas, estudios ambientales y sociales, análisis económicos, entre otros.

Por otro lado, es importante mencionar que el titular del proyecto minero (en adelante La Empresa) es subsidiaria de una empresa junior, y como tal se dedica sobre todo a la exploración. Cuando esta empresa se encuentran un yacimiento de importante valor económico buscan un socio estratégico o terminan transfiriendo el proyecto, ya que no tienen las espaldas financieras para llevarlo a cabo (Echave, 2018). En este caso, el proyecto presenta una inversión de US\$ 800 millones, la cual no es tan significativa si se la compara con proyectos de inversión de cobre u otros minerales, pero que de igual manera requiere de una buena estrategia financiera (Echave, 2018).

### 3.1.1. Ubicación.

El caso de estudio de la presente tesis es un proyecto minero situado en la provincia de Carabaya, departamento de Puno en Perú, tal como se muestra en la Figura 10 (The Mineral Corporation TMC, 2016). Asimismo, dicho proyecto se encuentra a unos 21 km del distrito de Macusani (Figura 11).



Figura 10 Ubicación geográfica del proyecto minero elegido

Tomado de “Mineral Resource estimates for the Chilcuno Chico, Quebrada Blanca, Tantamaco and Isivilla deposits in the Puno District of Peru, updated to include lithium and potassium”, por The Mineral Corporation TMC, 2016



Figura 11 Distancia entre el proyecto y el distrito de Macusani

Nota: Elaboración propia diseñado en Google Earth, 2020.

Esta zona se viene explorando hace una década y media aproximadamente. En un primer momento, la pista seguida era de uranio; sin embargo, posteriormente se descubrió un yacimiento de litio, por lo que el nuevo giro de exploración de La Empresa prioriza el litio. Sin embargo, si se revisa la cartera de proyectos de inversión que publica el Ministerio de Energía y Minas, el proyecto minero sigue apareciendo como de uranio solamente (Echave, 2018).

### 3.1.2. Geología.

El tipo de yacimiento del proyecto es diseminado en tobas volcánicas ácidas y la mineralización del uranio resultó de un vulcanismo explosivo de material de composición diferente, lo cual produjo una pila volcánica estratificada que, actualmente, contiene el mineral dentro de los estratos desde hace un millón de años. Dicha mineralización surgió por la lixiviación de vidrio volcánico, apatita y monacita, los cuales precipitaron como autunita  $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 6-8\text{H}_2\text{O}$  (fosfato uranil cálcico hidratado) en las fracturas formadas por el movimiento tectónico (The Mineral Corporation TMC, 2016).

## 3.2. Estudios preliminares de sus proyectos de exploración

Actualmente, la empresa representante del proyecto minero (La Empresa) ha realizado proyectos de exploración, tales como Chacaconiza y Tupuramani, por lo que el instrumento de gestión ambiental presentado al MINEM fue la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) según los Términos de Referencia de la Categoría 1. En la siguiente Tabla 7 se muestran las principales características de ambos proyectos.

Tabla 7 *Concesiones de los proyectos de exploración realizados por La Empresa*

Proyecto de Exploración	Año de elaboración del DIA	Concesiones		
		Nombre	Código	Hectáreas
		CONDORILLO	010322005	1 000

Tupuramani	2011	TUPURAMANI	010069505	4 00
		MICHA MICHANI	010320105	1 000
Chacaconiza	2018	FALCHANI	010320205	7 00
		OCACASA 4	010215005	1 000

Nota: Elaboración propia con datos extraídos del GEOCATMIN, 2020.

Adicionalmente, en la Figura 12 se ubicaron, en el catastro minero del Geocatmin, ambos proyectos representados por las concesiones que abarcan.

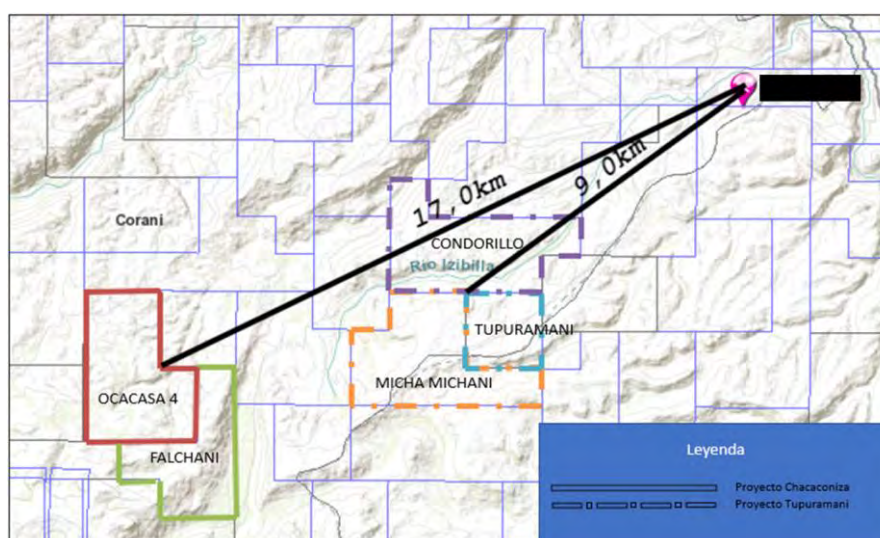


Figura 12 Concesiones de los proyectos de exploración Tupuramani y Chacaconiza

Nota: Elaboración propia diseñado en Geocatmin, 2020.

Como se puede observar en la figura anterior, los proyectos de exploración Tupuramani y Chacaconiza se encuentran alejados del proyecto minero a una distancia de 9 y 17 kilómetros, respectivamente, ya que estos proyectos de exploración se realizaron con la finalidad de encontrar más reservas de uranio.

A continuación, se presentará un pequeño resumen del aspecto social de la DIA del proyecto Tupuramani; y una explicación detallada del DIA del proyecto Chacaconiza. En esta última, se detallarán los criterios y la metodología que fueron utilizados para la evaluación del impacto social en dichos estudios.

### **3.2.1. Declaración del Impacto Ambiental del Proyecto Tupuramani.**

Este proyecto se encuentra ubicado en la comunidad de Isivilla, la cual abarca los distritos de Corani y Macusani; a una altura que varía entre los 4250 y 4600 msnm. La Declaración de Impacto Ambiental fue realizada por la empresa Ciencia y Tecnología para el Desarrollo Sostenible S.A.C. en el año 2011; y se abarcó un área total de estudio de 4582 hectáreas para un área de actividades de exploración de 2000 hectáreas.

Es importante resaltar que este documento de ciñó a la normativa vigente en ese momento, la cual era el D.S. N° 020-2008-MEM, en el que se estableció el Reglamento Ambiental para las actividades de exploración minera. De esta manera, en este estudio, se realizó una caracterización de la zona de afectación, en donde se identificaron las principales actividades económicas, mencionadas a continuación (Ciencia y Tecnología para el Desarrollo Sostenible S.A.C., 2011):

- Personas dedicadas a la ganadería, agricultura, caza y silvicultura con un 80.70%
- Personas dedicadas a los servicios de educación con un 4.32%

Adicionalmente, para la correcta ejecución de este proyecto, se estableció un plan de manejo social y apoyo a la comunidad con la respectiva coordinación con sus autoridades. Este plan consistió en programas de empleo local, capacitaciones y programas de desarrollo local.

### **3.2.2. Declaración del Impacto Ambiental del Proyecto Chacaconiza.**

El proyecto de exploración Chacaconiza está ubicado en la comunidad de Chacaconiza, distrito de Corani, provincia de Carabaya en el departamento de Puno. Asimismo, el proyecto se desarrolló dentro de los límites de las concesiones

mineras Falchani y Ocacasa 4, tal como lo muestra la Figura 13 (Asesores y Consultores Mineros S.A., 2018).

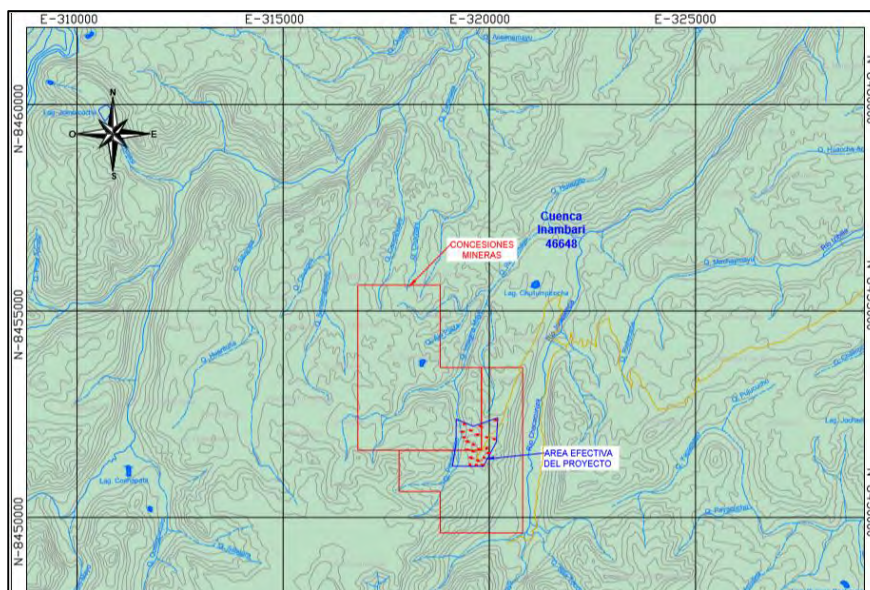


Figura 13 Área efectiva del proyecto de exploración Chacaconiza

Tomado de “Declaración de Impacto Ambiental del proyecto de exploración Chacaconiza”, por Asesores y Consultores Mineros S.A., 2018.

La empresa presentó una Declaración de Impacto Ambiental (DIA) el año 2018, la cual cumplió con lo señalado en el Reglamento Ambiental para las actividades de exploración minera aprobado mediante el D.S. N° 042-2017-EM (Asesores y Consultores Mineros S.A., 2018). Además, la difusión del DIA del proyecto mencionado fue publicado en la página web de la Gerencia Regional de Energía y Minas de Moquegua y de Puno.

Para la correcta ejecución del proyecto de exploración, la empresa realizó un Plan de Participación Ciudadana (PPC), el cual busca mejorar la relación y confianza mutua entre empresa y grupos de interés o *stakeholders* pertenecientes al área de exploración. Asimismo, este plan pretende mejorar la transmisión de información relevante y transparente a los *stakeholders* acerca de los avances de

las labores de exploración, con la finalidad de garantizar la identificación de sus preocupaciones, opiniones y sugerencias. En primer lugar, se definieron las áreas de influencia ambiental directa e indirecta en función a los posibles impactos en los factores físicos, tales como la calidad del aire, agua y suelo; químicos y biológicos, tales como la flora y fauna. Estas áreas fueron registradas con las siguientes coordenadas WGS84, tal como se muestran en la Tabla 8 y la Tabla 9:

Tabla 8 *Delimitación del área de influencia ambiental directa*

COORDENADAS WGS84-Zona19s		
VÉRTICES	ESTE	NORTE
D1	319 126,36	8 452 472,32
D2	319 628,6721	8 452 419,855
D3	320 288,5368	8 452 530,511
D4	320 221,654	8 451 566,997
D5	319 939,0113	8 451 042,731
D6	319 743,6953	8 450 867,158
D7	319 368,3784	8 450 664,658
D8	319 049,4426	8 451 113,669
D9	319 136,8774	8 451 826,877
Perímetro	5 339,4790 m	
Área	1 704 533,3584 m <sup>2</sup>	
Área	170,4533 ha	

Tomado de “Declaración de Impacto Ambiental del proyecto de exploración Chacaconiza”, por Asesores y Consultores Mineros S.A., 2018.

Tabla 9 *Delimitación del área de influencia ambiental indirecta*

COORDENADAS WGS84-Zona19s		
VÉRTICES	ESTE	NORTE
E1	319 749,3687	8 452 661,202
E2	320 423,3865	8 452 736,778
E3	320 250,9031	8 451 284,534
E4	319 778,556	8 450 416,169
E5	319 305,7523	8 450 604,215
E6	318 889,61	8 451 109,93
E7	319 012,436	8 451 804,026
E8	318 983,5352	8 452 804,734
Perímetro	6 778,1316 m	
Área	2 678 171,3816 m <sup>2</sup>	
Área	267.8171 ha	

Tomado de “Declaración de Impacto Ambiental del proyecto de exploración Chacaconiza”, por Asesores y Consultores Mineros S.A., 2018.

Por otro lado, la empresa realizó el siguiente estudio del aspecto social en su Declaración de Impacto Ambiental (Asesores y Consultores Mineros S.A., 2018):

### ***3.2.2.1 Criterios para la determinación del Área de Influencia Social Directa.***

El criterio más relevante fue establecer qué zonas cercanas al área de ejecución del proyecto fueron alteradas directamente de manera favorable o desfavorable por impactos ambientales, culturales o socioeconómicos debido a la variación de los ingresos económicos de las familias. De esta manera, la empresa estableció como área de influencia directa a la comunidad de Chacaconiza, ya que es la más susceptible frente a los posibles impactos que podría ocasionar el proyecto de exploración en el medio físico (aire, agua, suelo), en las actividades económicas, la organización política, las costumbres y modo de vida. Otros criterios tomados en consideración fueron la ubicación geográfica, ya que todas las plataformas (22 en total) estuvieron en las tierras de comunidad campesina de Chacaconiza (Asesores y Consultores Mineros S.A., 2018).

### ***3.2.2.2 Criterios para la determinación del Área de Influencia Social Indirecta.***

Esta área comprendió a las poblaciones ubicadas aledañas al área de influencia directa que cumplieran criterios adicionales, tales como la afectación por impactos ambientales indirectos, impactos económicos y socioculturales indirectas. Finalmente, la empresa estableció como área de influencia indirecta a la comunidad de Isivilla.

### ***3.2.2.3 Descripción del área de influencia social directa.***

En la Declaración de Impacto Ambiental, se describe extensamente el área de influencia directa. Un resumen breve de ello, se menciona en la siguiente Tabla 10 (Asesores y Consultores Mineros S.A., 2018):

Tabla 10 *Caracterización del área de influencia social directa*

Aspectos Socio-económicos	Sub Aspectos	Descripción
Aspectos demográficos	Tamaño de la población	84 familias compuestas por 333 personas
	Estados civiles	40 % están casados
		53,4 % son convivientes
		6,6 % son viudos/viudas y separados
	Migración	Los lugares de procedencia son Antauta, Corani, Cruce La Joya, Juliaca, Macusani, Puerto Maldonado, Puno y Sicuani debido a temas de estudios, trabajo y motivos familiares.
	Vivienda y servicios básicos	64 familias viven en viviendas propias 11 familias en viviendas cedidas por terceros 5 familias alquilan viviendas 2 familias habitan viviendas donde ejercen guardianía 2 familias no precisaron la situación de su vivienda
	Acceso a Agua	12% de las viviendas acceden a la Red pública Chacaconiza 16,7% de las viviendas se abastecen de agua entubada 71,3% de las viviendas utilizan el agua de ríos, quebradas, lagunas, pozos y puquios
	Educación	La mayoría de las personas mayores de 17 años solo cuentan con educación primaria (59,36%) Muy pocos han asistido a centros de estudios técnicos y/o universitarios (2,67%)
	Analfabetismo	La población analfabeta mayor a 15 años representa el 14,4%, de la cual las mujeres representan una mayor cantidad
	Infraestructura Educativa	Solo hay cuatro instituciones educativas, dos de nivel inicial y dos del nivel primario; por lo que la población estudiantil se va a Macusani para continuar con sus estudios secundarios. El sistema educativo es de carácter multigrado
Salud pública	El 69% de la población está afiliada al SIS. Algunos pobladores hacen uso de medicina tradicional para el tratamiento de enfermedades	
Ganadería	Es la principal actividad económica de la comunidad. La mayoría de las familias se dedican a la crianza y pastoreo de alpacas, llamas, vicuñas y guanacos.	

Actividades Económicas	Agricultura	No es significativa, ya que solo el 2,4% de la comunidad cultiva papa en áreas muy pequeñas menores a una hectárea, por lo que la producción es destinada al autoconsumo
	Comercio	Hay negocios familiares como bodegas, en donde se ofrecen productos de cereales, menestras, ropa, útiles de escritorio, ente otros. También se llevan a cabo ferias semanales para la venta de productos
	Artesanía	Un grupo de mujeres producen artesanía de tejidos solo para el uso familiar. Estos tejidos se elaboran con fibras de alpaca y llama.

Adaptado de “Declaración de Impacto Ambiental del proyecto de exploración Chacaconiza”, por Asesores y Consultores Mineros S.A., 2018.

#### 3.2.2.4 Identificación y evaluación de impactos sociales.

Con el estudio previo realizado del área de influencia social directa, La Empresa identificó los posibles impactos sociales y realizó dos matrices: la primera en base a la interacción entre los aspectos socioeconómicos y las actividades del proyecto; y la segunda acerca de la evaluación del impacto social.

##### ➤ *Matriz de Interacciones entre Aspectos Socioeconómicos y Actividades del Proyecto*

Esta matriz trabaja con información de los indicadores de Línea Base y analiza los cambios que podrían producirse en una situación sin proyecto y otra con proyecto, tal como se muestra en la Tabla 11 (Asesores y Consultores Mineros S.A., 2018).

Tabla 11 *Matriz de Interacción*

Factor Socio económico	Condiciones Existentes	Cambios sin proyecto	Cambios con el Proyecto	Condiciones Resultantes
------------------------	------------------------	----------------------	-------------------------	-------------------------

Demografía	236 habitantes Bajo nivel de inmigración Distribución de la población por sexo: 56.8% de varones y 43.2% de mujeres	Ninguno, la tendencia continúa	Ninguno. Se han tomado las medidas necesarias para que no se produzca un incremento en la migración hacia el área de influencia.	Habiéndose tomado las previsiones necesarias, se prevé que no se producirán cambios significativos respecto a la tendencia identificada.
Salud	Las principales causas de morbilidad en la población son las enfermedades diarreicas agudas (EDAs) y las infecciones respiratorias agudas (IRAs) No ha habido fallecidos durante el 2017	Ninguno, la tendencia continúa	Se incrementa el riesgo de accidentes de trabajo	Se han tomado las medidas de seguridad necesarias para evitar accidentes de trabajo, por lo que se prevé que no se producirán cambios significativos respecto a la tendencia identificada en morbilidad y mortalidad.
Empleo	Respecto a la ocupación principal se tiene que: 61% de la población en edad de trabajar (PET) se dedica a las actividades agropecuarias, el 26% se dedica en las labores del hogar, el 8.7% son comerciantes y el 4.3% son empleados. No se dispone de datos estadísticos sobre ocupaciones secundarias en el área de influencia.	Ninguno, la tendencia continúa	Todos los jefes de hogar tienen acceso a un empleo temporal en el Proyecto de Exploración Chacaconiza, ampliando sus posibilidades de acceder a una ocupación secundaria.	Todos los jefes de hogar tienen como ocupación secundaria el trabajo en actividades mineras.
Nivel de Ingresos	El ingreso promedio mensual familiar por concepto de actividades agropecuarias es de S/. 591 nuevos soles	Ninguno, la tendencia continúa	Las familias tienen un ingreso adicional al año por el trabajo del jefe de hogar en el proyecto	El ingreso promedio anual familiar se incrementa entre S/. 600 y S/. 1200 nuevos soles para todas las familias.

Actividades Económicas	El 8.7% de la PET se dedica al comercio La localidad de Chacaconiza cuenta con pequeños establecimientos comerciales de abarrotes y venta de ropa. No se tiene información sobre el nivel de ventas en los comercios de la localidad.	Ninguno, la tendencia continúa	Presencia de trabajadores foráneos del proyecto en la localidad de Chacaconiza incrementa demanda de productos y servicios.	Se incrementa levemente el nivel de ventas en los comercios de la localidad
Cultura	La mayoría de la población es bilingüe (quechua y español) Se celebra tres fiestas patronales en honor a la Virgen del Rosario (8 de octubre), la Virgen de la Inmaculada Concepción (8 de diciembre) y la Virgen del Carmen (16 de julio).	Ninguno, la tendencia continúa	Ninguno. Si bien habrá presencia de personal foráneo en la localidad, se han tomado las previsiones necesarias para evitar el impacto de valores, tradiciones y costumbres de la población local.	Habiéndose tomado las previsiones necesarias, se prevé que no se producirán cambios significativos respecto a la tendencia identificada.

Tomado de “Declaración de Impacto Ambiental del proyecto de exploración Chacaconiza”, por Asesores y Consultores Mineros S.A., 2018.

➤ *Matriz de Evaluación de Impactos Sociales*

Esta matriz debe ser interpretada por el sentido del impacto, positivo si beneficia a la población, o negativo si la perjudica. Los parámetros que servirán para la evaluación son los siguientes (Asesores y Consultores Mineros S.A., 2018):

- 1) Probabilidad de ocurrencia: Se refiere a la posibilidad de que se produzca el impacto social, y está clasificada como alta, media y baja
- 2) Alcance del impacto: Se refiere a la expansión demográfica que abarca el impacto. Su clasificación está dada como alto, medio y bajo.

- 3) Duración del impacto: Este parámetro hace referencia al tiempo que dura la perceptibilidad del impacto. Asimismo, su clasificación se divide en corta, media, larga o permanente.
- 4) Magnitud del impacto: Se refiere a la gravedad de la alteración que produce el impacto. Su calificación puede ser alta, media o baja.
- 5) Reversibilidad del impacto: Se refiere a la capacidad del impacto de hacer que la situación vuelva a su estado o condición anterior, la calificación de este parámetro está dada por alta, media, baja y nula.

A continuación, se presenta un cuadro resumen de las calificaciones y criterios de los cinco parámetros mencionados anteriormente (ver Tabla 12).

Tabla 12 *Calificación de los parámetros de la Matriz de Evaluación del Impacto Social*

Parámetro	Calificación	Criterios de Calificación
Probabilidad de Ocurrencia	Alta	Ocurrencia muy probable
	Media	Probabilidad de ocurrencia intermedia
	Baja	Probabilidad de ocurrencia baja o improbable
Alcance	Alto	Involucra a más del 60% de la población
	Medio	Involucra a un porcentaje de población que va de 10% a 60%
	Bajo	Involucra a menos del 10% de la población
Duración	Corta	Menos de cinco años
	Media	De cinco a diez años
	Larga	Supera los diez años, pero puede revertirse
	Permanente	Es irreversible
Magnitud	Alta	Si la alteración de los indicadores de base es significativa
	Media	Si se produce una alteración media de los indicadores de base
	Baja	Si la alteración de los indicadores de base es irrelevante
Reversibilidad	Alta	Los impactos se revierten automáticamente al culminar las actividades que los causan
	Media	Los impactos se revierten al culminar las actividades que los causan, pero no de forma inmediata, sino paulatina; por lo que requiere de una inversión en remediación para revertir los impactos
	Baja	Para revertir los impactos se requiere invertir en la remediación y los resultados no son inmediatos

Nula	Es irreversible
Tomado de “Declaración de Impacto Ambiental del proyecto de exploración Chacaconiza”, por Asesores y Consultores Mineros S.A., 2018.	

A partir del análisis en la Matriz de Interacción de la Tabla 11, La Empresa pudo deducir los siguientes impactos:

- 1) Incremento en la demanda de mano de obra local
- 2) Aumento en la demanda de productos y servicios locales
- 3) Incremento del ingreso económico familiar por concepto de alquileres
- 4) Modificación de valores y costumbres de la población local
- 5) Aparición de conflictos entre población local y personal foráneo
- 6) Afectación de la salud de los trabajadores locales
- 7) Incremento de migración

A partir de ellos y de los parámetros mencionados en la Tabla 12, se presentó la siguiente matriz de evaluación de los impactos sociales (Asesores y Consultores Mineros S.A., 2018):

Tabla 13 *Matriz de Evaluación de Impactos Sociales*

Impacto	Sentido	Probabilidad de Ocurrencia	Alcance	Duración	Magnitud	Reversibilidad
1) Incremento en la demanda de mano de obra local	Positivo	Alta	Alto	Corta	Medio	Alta
2) Aumento en la demanda de productos y servicios locales	Positivo	Alta	Bajo	Corta	Bajo	Alta
3) Incremento del ingreso económico familiar por concepto de alquileres	Positivo	Alta	Bajo	Corta	Bajo	Alta
4) Modificación de valores y costumbres de la población local	Negativo	Baja	Medio	Larga	Media	Media

5) Aparición de conflictos entre población local y personal foráneo	Negativo	Baja	Medio	Corta	Media	Media
6) Afectación de la salud de los trabajadores locales	Negativo	Baja	Bajo	Corta	Media	Media
7) Incremento de migración	Negativo	Baja	Alto	Medio	Media	Media

Tomado de “Declaración de Impacto Ambiental del proyecto de exploración Chacaconiza”, por Asesores y Consultores Mineros S.A., 2018.

A partir de esta matriz, se establecieron medidas de manejo para mitigar los impactos negativos e incentivar los impactos positivos, tal como se muestra en la Tabla 14.

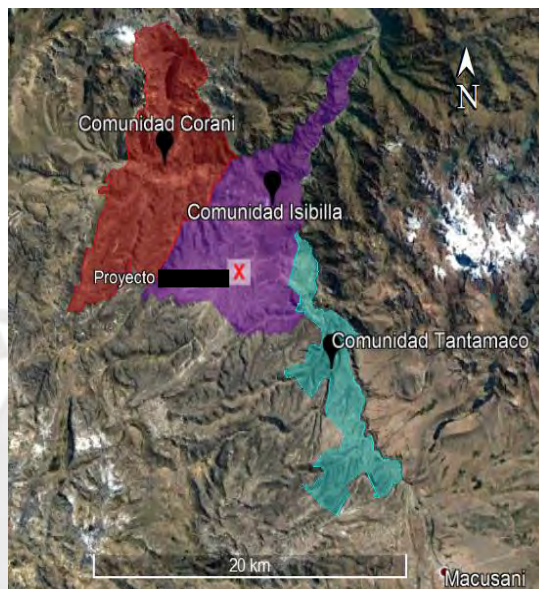
Tabla 14 *Posibles medidas de manejo de impactos sociales*

Impacto	Posibles medidas de manejo
1) Incremento en la demanda de mano de obra local	Trabajo temporal y rotativo que permitirá beneficiar a un mayor número de comuneros
7) Incremento de migración	Sistema de contratación a través de la Comunidad Campesina de Chacaconiza Coordinación permanente con la Comunidad Campesina de Chacaconiza Coordinación permanente con la Ronda Campesina
2) Aumento en la demanda de productos y servicios locales	Dado que el personal foráneo que permanecerá en la localidad será como máximo de tres personas, el impacto en la demanda será bajo. Por esta razón, no se han previsto medidas de manejo.
3) Incremento del ingreso económico familiar por concepto de alquileres	El proceso de selección de vivienda se realizará en coordinación con la Comunidad Campesina de Chacaconiza para evitar conflictos entre los pobladores por el alquiler de vivienda
4) Modificación de valores y costumbres de la población local	Se ha elaborado ha elaborado normas de conducta para todo su personal, los cuales deberán seguir estrictamente
5) Aparición de conflictos entre población local y personal foráneo	Realización de capacitaciones de Relaciones Comunitarias con la finalidad de que el personal comprenda la importancia de su comportamiento Se mantendrán coordinaciones estrechas con la comunidad campesina de Chacaconiza.
6) Afectación de la salud de los trabajadores locales	Entrega de equipos de protección personal (EPPs) a todos los trabajadores Capacitación respecto a la importancia del uso de EPPs Supervisión permanente respecto al cumplimiento de medidas de seguridad Capacitación de seguridad ocupacional

Adaptado de “Declaración de Impacto Ambiental del proyecto de exploración Chacaconiza”, por Asesores y Consultores Mineros S.A., 2018.

### 3.3. Comunidades analizadas en el caso de estudio

Las comunidades del área de influencia directa reconocidas por La Empresa son Isivilla, Corani y Tantamaco (Plateau Energy Metals, 2018), por lo que el trabajo de campo de la tesis se realizó en estos lugares y en el distrito de Macusani. A continuación, la Figura 14 muestra la ubicación exacta de las comunidades visitadas.



*Figura 14* Comunidades en el área de influencia directa del proyecto minero

Nota: Elaboración propia diseñado en Google Earth, 2020.

Actualmente, este proyecto está en fase de exploración, y con sólo el 15% de la superficie perforada, se han confirmado 2,5 millones de toneladas de litio y 124 millones de libras de uranio, por lo que este proyecto se encamina a ser la mayor mina de litio no sólo de Sudamérica sino del mundo (Rumbo Minero, 2018). Es importante mencionar que, en un primer momento, solo se había descubierto el depósito de uranio; sin embargo, posteriormente, se descubrió otro depósito, el cual es de litio. Ambos depósitos están relativamente cerca a una distancia de 14 km aproximadamente, tal como lo muestra la Figura 15.



*Figura 15* Distancia entre el proyecto minero de uranio y el de litio

Nota: Elaboración propia diseñado en Google Earth, 2020.

Por otro lado, La Empresa destaca la importancia del aspecto social en un documento oficial publicado por ellos, en el que se menciona que "la licencia social representa el paso más importante en cualquier proyecto minero de exploración y/o explotación en el Perú" (Plateau Energy Metals, 2018, p. 14), por lo que "las relaciones con las comunidades locales deben ser de carácter permanente con implementación según los acuerdos firmados y negociados" (Plateau Energy Metals, 2018, p. 14).

La Empresa hizo una caracterización de las tres comunidades consideradas en el área de influencia social, cuya accesibilidad es por la carretera afirmada que parte del km 24 de la troncal Macusani-San Gabán (Hostnig, 2005).

➤ **Comunidad de Tantamaco:** esta comunidad es considerada como una de las más pacíficas cercanas a la zona del proyecto y viven principalmente de la agricultura, el cultivo de papas y la ganadería (sobre todo alpacas). Adicionalmente, el trabajo de costura y de tejido que realizan las mujeres es un importante ingreso complementario de las familias (Plateau Energy Metals, 2018). Por otro lado, los yacimientos minerales que pertenecen a esta comunidad son Kihitian, Tantamaco y Pinocho.

- **Comunidad de Isivilla:** En esta comunidad se encuentran las oficinas y el campamento principal del proyecto, por lo que la empresa busca entender y comprender sus problemas para mejorar su relación con ella. Adicionalmente, los proyectos cercanos a esta comunidad son Colibrí II y III (Plateau Energy Metals, 2018).
- **Comunidad de Corani:** los yacimientos de Corachapi, Taypicorani y Taititira están situados dentro de sus tierras. Esta comunidad tiene la mayor parte de la población del área de influencia social y es una de las más exigentes, por lo que la empresa ha realizado muchos esfuerzos de conciliación, ya que sus demandas han sido a menudo difíciles. De esta manera, cada vez que se trabajan en sus tierras, la comunidad quiere que se contrate mano de obra local en todos los proyectos (Plateau Energy Metals, 2018).

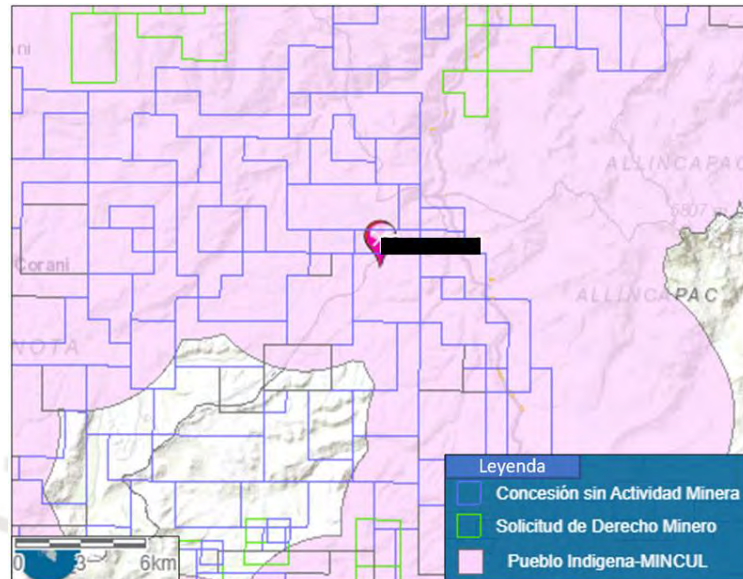
Es importante mencionar que las tres comunidades están en la Base de Datos de Pueblos Indígenas u Ordinarios (BDPI), tal como se muestra en las siguiente Figura 16 (Ministerio de Cultura, 2020), ya que en las tres habita un pueblo llamado “Quechuas” reconocido por el Ministerio de Cultura como pueblo indígena. Esto nos indica que la empresa deberá de realizar un proceso de consulta previa, según la Ley N° 29785, antes de empezar el proyecto.

Nombre	Tipo de localidad de pueblos indígenas	Pueblo indígena	Departamento	Provincia	Distrito	Reconocimiento	Titulación
Tantamaco Ninahuisa	Comunidad Campesina	Quechuas	Puno	Carabaya	Macusani	R.J. 101-73-AE-ORAMS-VIII	Ficha: 713
Nombre	Tipo de localidad de pueblos indígenas	Pueblo indígena	Departamento	Provincia	Distrito	Reconocimiento	Titulación
Isivilla	Comunidad Campesina	Quechuas	Puno	Carabaya	Corani	R.S. 94	Ficha: 1667
Nombre	Tipo de localidad de pueblos indígenas	Pueblo indígena	Departamento	Provincia	Distrito	Reconocimiento	Titulación
Corani Aconsaya	Comunidad Campesina	Quechuas	Puno	Carabaya	Corani	R.J. 003-77-AE-ORAMS-VIII	Ficha: 6175

*Figura 16* Comunidades de Tantamaco, Isivilla y Corani en el registro del BDPI

Tomado de la “Base de Datos de Pueblos Indígenas u Ordinarios”, por el Ministerio de Cultura, 2020.

Lo anterior puede visualizarse gráficamente en la Figura 17, en donde se observa que el proyecto minero está en territorio de los Quechuas, por lo que va a requerir de un proceso de consulta previa antes de iniciar sus operaciones, lo cual será determinante para la ejecución del proyecto.



*Figura 17* Localización del proyecto minero en relación a los pueblos indígenas

Nota: Elaboración propia diseñado en Geocatmin, 2020.

El presente trabajo de investigación consta de dos etapas. La primera es la determinación de *stakeholders* y variables sociales del área de influencia del proyecto minero, la cual fue desarrollada en mi primer *paper* publicado en 2019 (Rios y Delgado, 2019). Este *paper* puede visualizarse en el Anexo 1 de la presente tesis.

Por otro lado, la segunda etapa consistió en la evaluación del impacto social (SIA) y el análisis de conflictos socioambientales (ECA) que se podrían generar debido al proyecto minero, ambas determinadas por métodos cuantitativos. Para ello, también realicé un segundo *paper* que fue enviado a la Revista IEEE *Technology and Society*, el cual está a la espera de su aceptación y publicación (este *paper* puede visualizarse en el Anexo 2 de la presente tesis). Asimismo, también hice una conferencia técnica acerca de esta segunda etapa, la cual expuse

en el XII Congreso Internacional de Prospectores y Exploradores – ProEXPLO 2021 (ver Anexo 3). A continuación, se detallan ambas etapas de la tesis.

### **3.4. Etapa 1: Determinación de stakeholders y variables sociales del proyecto minero**

En esta primera etapa de la tesis, se utilizó como base teórica los criterios mencionados en el Artículo 58 del D.S. 040-2014-EM, los cuales establecen como punto importante la identificación de los *stakeholders* o grupos de interés en función a sus principales variables económicas y demográficas de la población ubicada en el área cercana al proyecto (Ministerio de Energía y Minas y Ministerio del Ambiente, 2014). Por esta razón, se estableció un grupo de posibles *stakeholders* considerando las principales actividades económicas del distrito de Macusani y de las comunidades cercanas Isivilla, Tantamaco y Corani, ya que fueron decretadas por la empresa como el área de influencia social (Plateau Energy Metals, 2018).

A partir de una investigación profunda en la zona, se obtuvieron ocho *stakeholders* y diez variables sociales, de las cuales sólo se eligieron los cinco *stakeholders* y las siete variables sociales más importantes mediante la aplicación de modelos matemáticos como el método AHP y el peso entrópico de Shannon. A continuación, se explicarán los grupos de *stakeholders* y las variables sociales que se analizaron, además de los criterios utilizados para jerarquizarlos; y la elección del equipo de expertos que brindaron sus perspectivas en las encuestas.

#### **3.4.1. Stakeholders.**

##### ***3.4.1.1. Ganaderos de alpacas (G1).***

La actividad económica por excelencia de la zona de estudio es la crianza de alpacas. Por esta razón, el distrito de Macusani es conocido como “La capital mundial de la alpaca” y declarada patrimonio alpaquero del Perú

(Congreso de la República, 2017). Las alpacas son apreciadas por su fibra gruesa ya que provee de calor en los fríos altiplanos de la cordillera de Carabaya. Además, su lana es considerada como un producto de lujo ya que es muy caliente, y más liviana y suave que la lana de oveja (Consultores “Z” Asociados S.R.L., 2012). Por otro lado, también son valoradas por su carne no solo por ser una fuente valiosa de proteínas (Consultores “Z” Asociados SRL, 2012), sino por sus bajos niveles de grasa y colesterol (Ministerio de Agricultura y Riego, 2019).

La Municipalidad Provincial de Carabaya elaboró una proyección de la evolución de la población de alpacas entre los años 2011 y 2021 con una tasa de crecimiento de 1.75% (ver Tabla 15).

Tabla 15 *Proyección de la evolución de la población de alpacas en el distrito de Macusani*

	Población de Alpacas	Número de alpacas esquiladas
2011	93 178	68 020
2012	94 808	69 210
2013	96 467	70 421
2014	98 155	71 654
2015	99 873	72 907
2016	101 621	74 183
2017	103 399	75 482
2018	105 209	76 802
2019	107 050	78 147
2020	108 923	79 514
2021	110 830	80 906

Tomado de “Instalación del centro de biotecnología para la competitividad de producción de alpacas del Distrito de Macusani, Provincia de Carabaya, Región Puno”, por Consultores “Z” Asociados SRL, 2012.

Sin embargo, en el año 2019, la Dirección Regional Agraria de Puno reportó que la población de total de alpacas fue de 92 150, la cual representó el 32,93% de la producción total de la provincia de Carabaya y el 4,53% de la

producción de alpacas en Puno (Dirección Regional Agraria de Puno, 2019).

Lo anterior se puede demostrar con la Tabla 16 y la Tabla 17:

Tabla 16 *Población pecuaria por especies en cada provincia del departamento de Puno*

Provincia	VACUNO	OVINO	ALPACA	LLAMA	PORCINO	AVES
Puno	105 120	433 470	182 160	41 435	24 225	166 590
Azángaro	109 280	444 920	178 110	52 835	16 710	172 330
Carabaya	17 340	183 290	279 810	57 230	950	82 580
Chucuito	72 430	290 515	187 100	44 140	19 070	212 820
El Collao	49 750	207 520	182 495	80 380	18 615	146 620
Huancané	62 350	328 740	156 040	10 230	12 665	194 200
Lampa	62 980	234 375	317 525	32 085	3 235	72 005
Melgar	162 670	262 500	280 740	19 695	8 700	60 290
Moho	19 090	80 870	10 400	9 900	3 720	79 090
S.A. Putina	13 130	129 040	149 550	3 970	850	20 660
San Román	33 530	163 350	56 630	7 790	3 850	103 330
Sandia	11 790	54 770	54 330	9 780	3 300	339 530
Yunguyo	13 800	38 805	390	220	3 870	48 720
Total	733 260	2 852 165	2 035 280	369 690	119 760	1 698 765

Tomado de “Información estadística de la Población Pecuaria”, por la Dirección Regional Agraria de Puno (DRA), 2019.

Tabla 17 *Población pecuaria en cada distrito de la provincia de Carabaya*

Distrito	VACUNO	OVINO	ALPACA	LLAMA	PORCINO	AVES
Ajoyani	920	14 950	20 450	1 490	25	4 910
Ayapata	4 330	5 760	1 350	820	55	11 290
Coaza	1 580	21 210	15 540	7 680	75	10 280
Corani	1 250	13 150	45 650	9 950	0	3 320
Crucero	1 890	38 750	53 120	9 710	45	1 890
Ituata	1 870	22 530	16 980	7 820	250	4 750
Macusani	1 880	38 510	92 150	10 120	100	1 850
Ollachea	2 030	8 120	8 120	2 570	150	18 950
San Gaban	120	0	0	0	110	21 890
Usicayos	1 470	20 310	26 450	7 070	140	3 450
Total	17 340	183 290	279 810	57 230	950	82 580

Tomado de “Información estadística de la Población Pecuaria”, por la Dirección Regional Agraria de Puno (DRA), 2019.

Actualmente, la producción mundial de alpacas supera los 6 millones, siendo el Perú el país con mayor población (71,7%), seguido de Bolivia

(8,6%), Australia (8,2%) y Estados Unidos (5,8%) (Ministerio de Agricultura y Riego, 2019). Por otro lado, la producción nacional de fibra de alpaca en 2018 fue de aproximadamente 4,6 mil toneladas, por lo que Perú viene siendo el primer productor de fibra de alpaca en el mundo (Ministerio de Agricultura y Riego, 2019), siendo Puno el que aportó el 57,8%, tal como lo muestra la siguiente Tabla 18:

Tabla 18 *Producción de fibra de alpaca por departamento en los últimos años*

Producción de fibra de alpaca (toneladas)							
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Puno	2 805	2 707	2 764	2 732	2 733	2 642	2 644
Cusco	727	583	598	605	621	569	694
Arequipa	385	370	415	296	277	209	186
Ayacucho	157	173	139	133	164	154	180
Pasco	108	130	124	149	178	162	177
Junín	120	102	139	118	125	141	188
Apurímac	156	154	147	138	122	91	81
Huancavelica	168	100	69	94	117	152	164
Moquegua	98	49	41	76	55	78	83
Tacna	47	31	26	71	60	63	119
Lima	8	4	4	5	33	31	35
La Libertad	15	17	17	17	18	18	17
Huánuco	1	0	1	2	5	6	6
Ancash	3	0	0	0	0	0	0
Total	4 797	4 420	4 485	4 438	4 508	4 314	4 574

Tomado de “Potencial productivo y comercial de la Alpaca”, por Ministerio de Agricultura y Riego, 2019.

Asimismo, Puno es el mayor productor de carne de alpaca con un 46,2% a nivel nacional, tal como lo muestra la Tabla 19.

Tabla 19 *Producción de carne de alpaca por departamento en los últimos años*

Producción de carne de alpaca (toneladas)							
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Puno	5 685	5 897	5 961	5 407	5 627	5 687	5 756
Cusco	2 074	1 891	1 954	2 209	2 265	2 267	2 310
Arequipa	1 389	1 439	1 529	1 233	1 209	1 189	1 117

Ayacucho	598	578	735	807	973	1 132	1 086
Huancavelica	864	934	954	831	781	783	663
Apurímac	598	573	568	562	570	569	562
Junín	228	242	265	264	290	321	324
Pasco	146	149	162	173	312	321	364
Tacna	159	166	177	171	177	182	210
Moquegua	130	134	114	103	110	145	143
Lima	94	119	124	100	71	80	75
La Libertad	22	21	25	27	29	35	39
Huánuco	5	16	16	19	22	26	30
Ancash	7	10	10	10	7	10	11
Total	11 999	12 169	12 594	11 917	12 445	12 747	12 689

Tomado de “Potencial productivo y comercial de la Alpaca”, por Ministerio de Agricultura y Riego, 2019.

De esta manera, se genera la comercialización de productos como fibra, lana y carne gracias a la crianza de alpacas (Hostnig, 2005).

#### 3.4.1.2. Gobierno local (G2).

El gobierno local es un *stakeholder* importante de todo proyecto minero. En este caso, es el gobierno local de Macusani, cuyo ente administrativo se encuentra en la Municipalidad provincial de Carabaya – Macusani. Dicha municipalidad está ubicada en la Plaza 28 de Julio N° 401, Macusani, Carabaya, Puno; y se muestra en la siguiente Figura 18.



Figura 18 Municipalidad Provincial de Carabaya -Macusani

Nota: Elaboración propia, fotografía tomada por Solange Rios.

La municipalidad provincial de Carabaya (cuya capital es Macusani) presenta una organización estructural, cuyo representante actualmente es el alcalde Fabio Vargas Huamantuco. El organigrama municipal se muestra a continuación en la Figura 19.

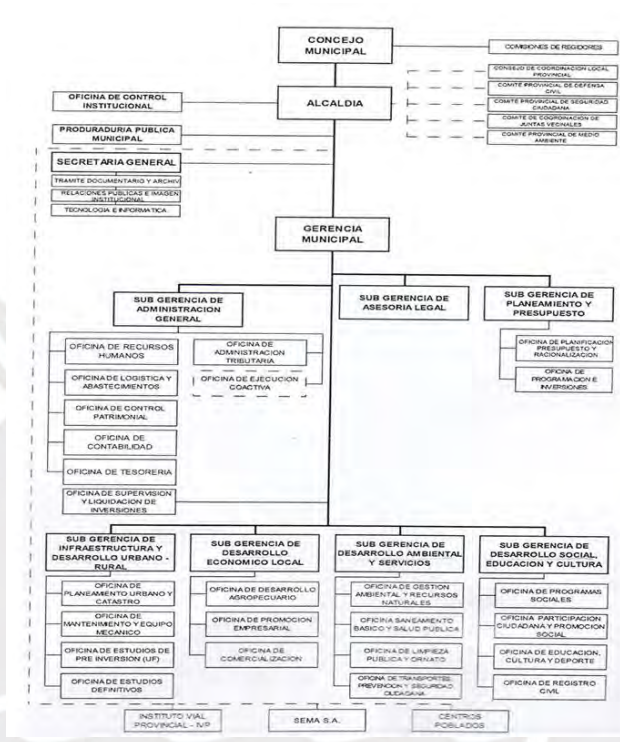


Figura 19 Organigrama Municipal de Carabaya

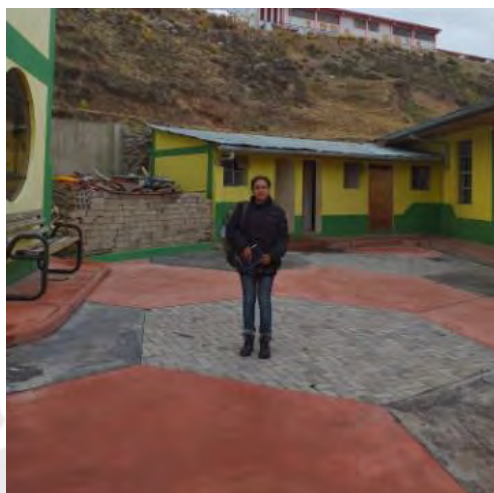
Tomado de la página web “Portal Institucional de la Municipalidad Provincial de Carabaya”, por la Municipalidad de Carabaya, 2021.

Esta institución utiliza una página web como herramienta para motivar la interacción directa con su población.

**3.4.1.3. Autoridades comunales (G3).**

Este grupo estaba compuesto por ciudadanos de las zonas rurales cercanas al lugar de explotación que son líderes de sus respectivas comunidades. En general, hay tres comunidades muy importantes identificadas por La Empresa: la comunidad de Tantamaco, la comunidad de

Isivilla y la comunidad de Corani (Plateau Energy Metals, 2018). Estas autoridades también son conocidas como “ronderos” y se reúnen continuamente para tratar temas sociales y de interés de sus comunidades.



*Figura 20* Solange Rios en las oficinas de reuniones de las autoridades comunales

Nota: Elaboración propia.

#### **3.4.1.4. Agricultores (G4).**

La actividad agrícola sigue siendo de vital importancia para las zonas rurales; por ello, es muy importante identificar a las personas que cultivan los principales productos de la región. En Puno se cultiva comúnmente papa, alfalfa y avena (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2017a). Asimismo, en la provincia de Carabaya, se siembra con mayor producción la papa, avena, piña y yuca con tonelajes de 179 530, 16 630, 16 602 y 8 205, respectivamente (Dirección Regional Agraria de Puno, 2018). Lo anterior se muestra en la Tabla 20.

*Tabla 20 Producción agrícola de la provincia de Carabaya en el 2018*

Producto	Tonelaje
Papa	179 530

Avena forrajera	16 630
Piña	16 602
Yuca	8 205
Oca	7 059
Olluco	3 547
Mashua o izano	2 867
Maiz amilaceo	2 519
Maiz amarillo duro	2 218,96
Camote	1 660
Cebolla	1 255
Rocoto semipermanente	1 051
Platano	934
Haba grano seco	841,80

Adaptado de “Información estadística de la Producción agrícola 2018”, por la Dirección Regional Agraria de Puno, 2018.

De la misma manera, si se analiza el distrito de Macusani, se tienen altas producciones de papa, avena y oca en los últimos años (ver Tabla 21).

Tabla 21 *Producción agrícola del distrito de Macusani durante los últimos años*

	Tonelajes									
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	
Papa	10 352	9 127	8 485	11 050	11 475	12 000	12 676	12 552	13 043	
Avena	1 257	1 108	1 156	1 040	1 036	1 430	870	1 025	1 286	
Oca	105	133	25	148	157	239	164	196	188	
Maca	16	15	19	26	38	67	186	224	133	
Mashua	40	50	61	61	79	123	112	138	121	
Olluco	185	101	8	119	143	74	83	101	101	
Cañahua	63	87	79	79	78	81	78	78	88	
Quinua	4	2	2	3	3	10	5	5	18	
Cebada grano	7	2	2	5	5	7	6	6	7	
Trigo	5	4	4	2	5	5	4	4	6	
Haba	3	4	4	7	8	14	4	4	5	

Adaptado de “Información estadística de la Producción agrícola 2018”, por la Dirección Regional Agraria de Puno, 2018.

A continuación, en la Tabla 22, se muestra la producción agrícola del año 2018 y el área destinada para su siembra y cosecha. De esta manera, se puede visualizar que los productores de papa ocupan una mayor área y producción, por lo que requieren ser considerados a la hora de analizar a los *stakeholders* más relevantes del área de influencia social.

Tabla 22 Tonelaje y área destinada a la producción de Macusani en 2018

Producto	Producción (toneladas)	Área de siembra y cosecha (hectáreas)
Papa	13 043	970
Avena	1 286	65
Oca	188	23
Maca	133	35
Mashua	121	14
Olluco	101	14
Cañahua	87,7	100
Quinoa	18,1	17
Cebada grano	7,4	7
Trigo	6	6
Haba	5,4	5

Adaptado de “Información estadística de la Producción agrícola 2018”, por la Dirección Regional Agraria de Puno, 2018.

Adicionalmente, en la Figura 21 se observa la tendencia de producción de papa en los últimos años hasta el año 2018, la cual es relativamente constante.

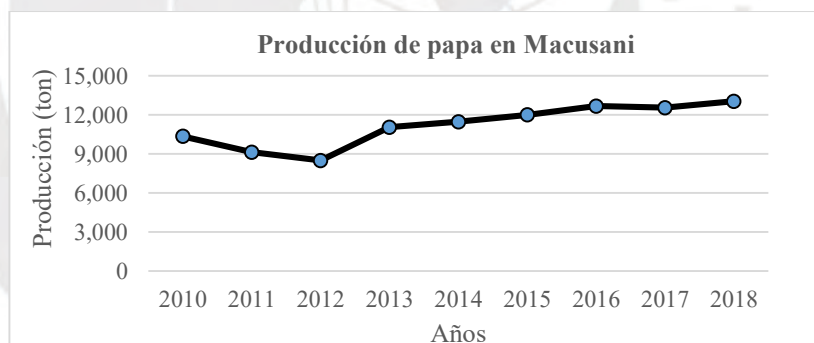


Figura 21 Producción de papa en Macusani durante los últimos años

Nota: Elaboración propia con data de “Información estadística de la Producción agrícola 2018”, por la Dirección Regional Agraria de Puno, 2018.

De este modo, debido a los diversos productos agrícolas que posee la comunidad, como la papa, las pobladores ven el comercio de estos como una actividad que genera un ingreso mensual (Hostnig, 2005).

### 3.4.1.5. *Personas que viven del turismo (G5).*

Como hay muchos lugares turísticos alrededor de la zona, mucha gente se gana la vida con los ingresos generados por el turismo, tales como los dueños y trabajadores de los hoteles y hostales. En la Figura 22, se puede observar a la dueña de un hotel en la ciudad de Macusani.



Figura 22 Solange Rios con la dueña del hotel en donde se hospedó

Nota: Elaboración propia.

Otras personas pertenecientes a este grupo de *stakeholder* son los vendedores de artesanías y ropa hecha de alpaca para los turistas. Por otro lado, Macusani tiene pinturas rupestres, ubicados cerca de la cordillera de Carabaya con profundos cañones, bosques de piedras y los nevados Allin Capac y Quelccaya (Hostnig, 2005). Estos glaciares se muestran en las siguientes figuras.



*Figura 23* Vista del glaciar Allin Capac desde una cueva de pintura rupestre

Tomado de “Macusani y Corani, repositorios de Arte Rupestre Milenario en la Cordillera de Carabaya, Puno - Perú”, por R. Hostnig, 2005. Fotografía tomada en la comunidad Tantamaco en el distrito de Macusani.



*Figura 24* Glaciar Quelccaya en el distrito de Corani

Tomado de “Macusani y Corani, repositorios de Arte Rupestre Milenario en la Cordillera de Carabaya, Puno - Perú”, por R. Hostnig, 2005. Se puede observar, en el primer plano, un corral y, al lado derecho, un afloramiento rocoso que alberga pinturas rupestres

Este sitio arqueológico es visitado por arqueólogos y turistas locales principalmente, lo que genera ingresos a algunos pastores de la comunidad de Tantamaco que ofrecen sus servicios de guía (Hostnig, 2005). El turismo podría intensificarse debido a que es considerado un paisaje cultural arqueológico por sus grandes formaciones geomorfológicas de belleza estética que, incluso, superan en extensión al Santuario Nacional de Huayllay de Pasco (Onofre, 2011). Inclusive en el Bosque de Piedra en Macusani se pueden realizar actividades de caminata o *trekking* (Villalobos, 2019); para

esta actividad, los visitantes suelen contratar servicios de guía local (Villalobos, 2019). Sin embargo, a pesar de ser una zona de manifestaciones de arte rupestre milenario como los de Toquepala, no ha recibido mucha atención de los arqueólogos nacionales y extranjeros; incluso la población de Macusani tiene un conocimiento limitado sobre este paisaje cultural arqueológico (Hostnig, 2005). Lo anterior podría deberse a que las investigaciones están más centradas en la geología y mineralogía debido a los hallazgos de vetas de uranio al sur de la comunidad de Tantamaco.

Por otro lado, en el mes de julio, se celebra el *Allin Capac Rymi* en honor al dios sol en el nevado *Allin Capac* (Empresa turística Perú, 2017); y, en el poblado de Macusani, se encuentra el Santuario de la Virgen Inmaculada Concepción que es un templo turístico que, según los pobladores, fue edificado por mandato de la misma virgen María para su veneración (Empresa turística Perú, 2017) y atrae a los turistas por su llamativa arquitectura en piedra (Villalobos, 2019). Asimismo, Macusani cuenta con su propia Plaza de Armas (ver Figura 25) en la que se encuentra una pileta de estilo colonial (Villalobos, 2019).



*Figura 25* Solange Rios en la Plaza de Armas de Macusani

Nota: Elaboración propia.

#### **3.4.1.6. Comerciantes (G6).**

Este grupo estaba conformado por los dueños de negocios, tales como restaurantes, bodegas de abarrotes, útiles, entre otros.

#### **3.4.1.7. Mujeres hilanderas (G7).**

A parte del pastoreo de alpacas en la zona, las mujeres también se dedican al tejido, ya que ven una oportunidad de obtener un ingreso secundario por medio de la hilandería durante su pastoreo diario. Ellas poseen una bola de lana llamada iclla, la cual la tienen guardada entre sus faldas y la usan para tejer.

#### **3.4.1.8. Profesionales locales (G8).**

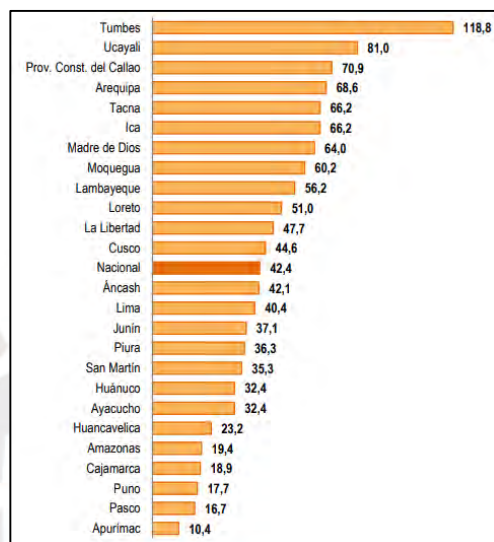
Se trata de personas que han alcanzado un cierto nivel de educación superior y trabajan en empleos relacionados a la docencia, la enfermería, entre otros. Por ejemplo, existen dos colegios en el centro poblado de Tantamaco: el colegio de inicial Sagrado Corazón de Jesús N° 378 y el colegio mixto de primaria Polidocente N° 72191.

### **3.4.2. Variables sociales.**

Las variables sociales fueron seleccionadas de acuerdo a los cambios más comunes que una región del país puede atravesar con la llegada de un proyecto minero a su zona. Así, determinando las principales variables sociales, el efecto que el proyecto tendría en la localidad puede ser medido en parámetros más reales. Dichas variables analizadas fueron las siguientes:

#### **3.4.2.1. Seguridad (V1).**

De manera general, Puno es uno de los departamentos con menor tasa de personas detenidas por comisión de delitos, esta tasa fue de 17,7 por cada 10 mil habitantes en el año 2017 (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018b). Lo anterior se puede visualizar en la Figura 26.



*Figura 26* Tasa de personas detenidas por cada 10 mil habitantes según departamento

Tomado de “Informe Técnico: Estadística de Seguridad Ciudadana”, por Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018.

Sin embargo, la ejecución de un proyecto nuevo en una zona rural genera la llegada de personas foráneas a las comunidades, lo cual puede llamar la atención de bandas delincuenciales debido al nuevo dinamismo económico que se empieza a generar en el lugar (Rios y Delgado, 2019).

#### **3.4.2.2. Empleo (V2).**

La generación de puestos de trabajo debido a un nuevo proyecto minero es una de las principales expectativas de los pobladores, ya que, prácticamente, es la primera mejora que percibe directamente la comunidad de una empresa minera. Sin embargo, muchas veces la mayoría de empleos

directos e indirectos son de baja calidad debido a que son actividades de baja productividad y a que son temporales (La Rosa, 2018). Por este motivo, se debe de intensificar las actividades económicas propias del lugar como la agricultura y ganadería.

#### **3.4.2.3. Salud (V3).**

La conservación de la salud es primordial para cualquier grupo humano, por lo que los diferentes *stakeholders* de una comunidad, al percibir mejoras en su sistema de salud, pueden estar a favor de la actividad minera. Por otro lado, es sabido que el friaje en Puno afecta la salud de los niños pequeños, los cuales fallecen debido a infecciones respiratorias comunes que desencadenan en neumonía severas (Mendieta, 2018). No obstante, la causa principal de las muertes infantiles, según un artículo de la Universidad de Oxford de Inglaterra, no son las bajas temperaturas, sino la pobreza y la desnutrición que no permiten que los niños desarrollen sus propias defensas y anticuerpos para luchar contra las infecciones virales del invierno (Mendieta, 2018).

#### **3.4.2.4. Nivel de Pobreza (V4).**

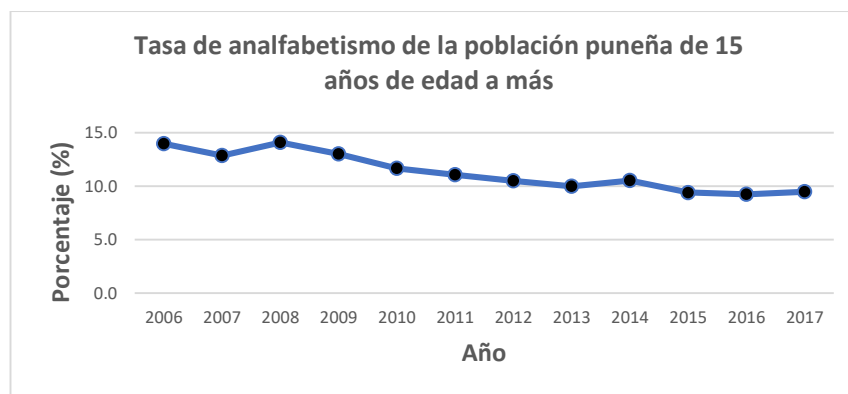
La pobreza es una variable social que afecta a todo el Perú en general, sobre todo a la sierra peruana; y Puno forma parte de ella. Según las estadísticas, la sierra rural tiene un 49,8% de pobreza, superior al 21,6% que presenta el Perú como país (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2017a).

En el departamento de Puno, la población rural representa el 46,2% (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2017c). Asimismo, un 64,6 % de toda la población de Puno, 1 296,5 miles de personas, pertenece al nivel socioeconómico más bajo “E” (Compañía peruana de estudios de mercados y opinión pública S.A.C., 2019). Por lo tanto, la llegada de un nuevo proyecto podría generar un impacto positivo en la economía de la región, reduciendo así los índices de pobreza.

#### **3.4.2.5. Nivel de educación (V5).**

Este es un factor importante porque el nivel de educación en el Perú en general es paupérrimo. Por esta razón, regularmente las empresas buscan mejorar el nivel educativo de las poblaciones de su área de influencia e incorporan esta problemática en sus planes de desarrollo comunitario. En el año 2017, la tasa de analfabetismo en Puno fue de 9,5% (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2017c), superior al 9,2% publicado en el 2016 (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2017a).

Por otro lado, si se analiza la tasa de analfabetismo por sexo en los últimos 10 años en Puno, el porcentaje de mujeres analfabetas es aproximadamente cuatro veces mayor que el de los hombres (Rios y Delgado, 2019). Así, el porcentaje de mujeres y hombres analfabetos fue de 15% y 3,6%, respectivamente en 2017 (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2017b). A continuación, se muestra la tendencia de analfabetismo de la población mayor de 15 años durante los últimos años en Puno (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018a).



*Figura 27* Tendencia de la tasa de analfabetismo de la población puneña mayor a 15 años de edad

Nota: Elaboración propia con data de “Compendio Estadístico de Perú 2018”, por el Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018.

Por otro lado, la Unidad de Gestión Educativa Local (UGEL) en Carabaya es del Tipo E, es decir con capacidad operativa limitada (Oficina de Gestión Descentralizada y Cooperación Técnica del SINEACE, 2017). Además, con respecto a los servicios básicos de agua potable, alcantarillado y energía eléctrica, solo un poco más del 40% de los centros educativos en Carabaya cuentan con estos servicios (Oficina de Gestión Descentralizada y Cooperación Técnica del SINEACE, 2017).

Muchas empresas mineras tienen entre sus pilares de gestión social a la educación, debido a los bajos niveles académicos que presentan los niños y adolescentes en las escuelas en la sierra peruana. Por ejemplo, en la provincia de Carabaya, solo el 5,2% y 3,1% de estudiantes de segundo año de secundaria tiene un nivel satisfactorio en matemáticas y lectura, respectivamente (Oficina de Gestión Descentralizada y Cooperación Técnica del SINEACE, 2017); por lo que La Empresa podría considerar implementar un programa de mejora educativa en las zonas de influencia directa e indirecta del proyecto minero.

#### **3.4.2.6. Acceso al agua (V6).**

Esta variable social ha sido una de las causas repetitivas de muchos conflictos socioambientales que se han producido en el Perú y en todo el mundo. Esto se debe al temor de las comunidades de que su agricultura y ganadería se vean afectadas debido a la falta de agua. Por esta razón, es muy importante que La Empresa comunique de manera transparente sobre su uso justo de las fuentes de agua, con la finalidad de que la población tenga la tranquilidad de que la actividad minera no afectará a las actividades económicas de la comunidad (Rios y Delgado, 2019).

#### **3.4.2.7. Contaminación (V7).**

Es una variable predominante en todos los proyectos mineros que se establecen en cualquier región del Perú y del mundo. El proyecto tiene un alto contenido de uranio (varios millones de libras), el cual es un elemento radiactivo que incorpora riesgos ambientales (Echave, 2018). Además, La Empresa ha reconocido que actualmente no existe en el Perú ninguna legislación que controle la extracción de minerales radioactivos (Echave, 2018). Por esta razón, esta variable puede ser fundamental para la viabilidad ambiental y social del proyecto, ya que se debe considerar el riesgo que implica el tema de la radioactividad y elaborar un plan de contingencia para controlar los impactos en su operación (Echave, 2018).

#### **3.4.2.8. Diferencia cultural (V8).**

Esta variable social muchas veces se ha dejado de lado ya que no se le ha proporcionado la importancia debida por el hecho de no generar consecuencias adversas inmediatas. Sin embargo, en el largo plazo, puede

ocasionar daños irreparables que tengan como consecuencia el resentimiento social, la oposición a proyectos nuevos en la zona, entre otros sucesos, como fue el caso de la mina Yanacocha (Barra, 2012).

Por esta razón, es crucial considerar que el estilo de vida de la población local va a sufrir una transformación; dicho cambio puede generar preocupación, temor, esperanzas y expectativas en la población; por lo que no todos compartirán la misma perspectiva, algunos se sentirán perjudicados, mientras que otros verán nuevas oportunidades (Flynn, 2016). Por consiguiente, se puede generar una división en la propia comunidad entre los que están a favor del proyecto minero y los que están en contra. En base a esto, la empresa minera deberá gestionar de manera prudente sus planes de acción social.

#### **3.4.2.9. Economía (V9).**

La actividad minera no conlleva necesariamente a un progreso económico de su área de influencia social, debido a factores externos que no dependen directamente de las empresas. En el Perú, las empresas mineras gravan con impuestos del 30% de todas sus utilidades al estado peruano; y, a pesar de ello, la mala distribución de recursos económicos, la corrupción y la pobre institucionalidad generan conflictos entre las empresas mineras y las comunidades (Haslam y Ary Tanimoune, 2016). Por esta razón, es importante que la población vea claramente los beneficios económicos de la actividad minera en sus bolsillos. Lo anterior podría lograrse mediante la intensificación de sus actividades económicas para hacerlas crecer involucrando la ayuda del Estado. Caso contrario, la situación que se podría generar es que se produzca

una inflación local, en la que aumente el nivel de vida en la zona; ocasionando que quienes no tengan la educación o las aptitudes necesarias para participar en el auge queden relegados (Flynn, 2016).

#### **3.4.2.10. Desarrollo tecnológico (V10).**

De la población que pertenece al sector socioeconómico E en Puno, solo el 4,5% cuenta con una computadora (Asociación Peruana de Empresas de Inteligencia de Mercados, 2019). Actualmente, en las comunidades campesinas estudiadas, el desarrollo tecnológico es muy precario debido a la pobreza existente, sin que el Estado brinde facilidades para la conectividad de esta población al mundo digital. Sin embargo, bajo la coyuntura actual de la pandemia, para las empresas mineras es muy importante seguir manteniendo comunicación con su área de influencia directa, por lo que existe la posibilidad de que ellas puedan facilitar dispositivos electrónicos con acceso a internet a los dirigentes comunales.

#### **3.4.3. Criterios.**

Los criterios elegidos para jerarquizar a los *stakeholders* y a las variables sociales fueron cuatro, ya que el cerebro humano normal no está creado para tomar decisiones complejas mediante más criterios. Según Aroww y Raynaud, la cantidad de información es demasiado grande como para permitir un tratamiento simultáneo; por esta razón, se estima que cuatro criterios es el máximo de complejidad tratable por el ser humano (Aznar y Guijarro, 2012). Dichos criterios fueron seleccionados tomando en consideración los principales parámetros que caracterizan a un impacto negativo o a un conflicto socioambiental.

#### **3.4.3.1. Magnitud (C1).**

Este criterio se refiere al grado de violencia, los niveles de daños materiales o pérdidas humanas que podría generar un posible conflicto socioambiental.

#### **3.4.3.2. Extensión (C2).**

Este criterio mide el alcance geográfico que acapare el posible impacto o conflicto socioambiental. Asimismo, esta extensión puede ser local, regional e incluso nacional dependiendo a la dimensión del posible conflicto.

#### **3.4.3.3. Probabilidad (C3).**

Este criterio hace referencia a la posibilidad de que se produzca un conflicto socioambiental, según el impacto que el proyecto tenga sobre cada variable social y cada grupo de *stakeholder*.

#### **3.4.3.4. Gobernabilidad (C4).**

Este concepto se refiere a la capacidad del gobierno (local, regional o incluso nacional) para controlar un posible impacto negativo o conflicto socioambiental.

### **3.4.4. Equipo de expertos.**

Los expertos fueron los encargados de establecer juicios de valor sobre la importancia relativa que tienen las alternativas respecto a cada criterio (Cabello, 2017). En esta tesis, las alternativas valoradas por ellos fueron los grupos de *stakeholders* y las variables sociales de manera separada, con la finalidad de elegir

a los principales, utilizando la escala de Saaty de la Tabla 5. Para la elección de expertos se tomó en cuenta los siguientes perfiles:

- Profesionales de ingeniería de minas involucradas en temas sociales y responsabilidad social
- Profesionales de Sociología
- Docentes universitarios relacionados a temas sociales y ambientales
- Profesionales expertos en Relaciones Comunitarias
- Profesionales con cargo público en la Presidencia de Consejo de Ministros (PCM)

Finalmente, es importante mencionar que los expertos encuestados fueron siete, los cuales fueron denominados E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7.

#### 3.4.5. Cálculos y resultados en la determinación de stakeholders.

En la presente tesis, el método AHP (*Analytic Hierarchy Process*) fue aplicado para jerarquizar a los *stakeholders*; y, a partir de ello, trabajar solo con los más importantes. En este caso, se analizó ocho alternativas (representadas por los *stakeholders*) y cuatro criterios, para elegir cinco de ellas. La estructura jerárquica del método aplicado al caso de estudio se muestra a continuación en la Figura 28.

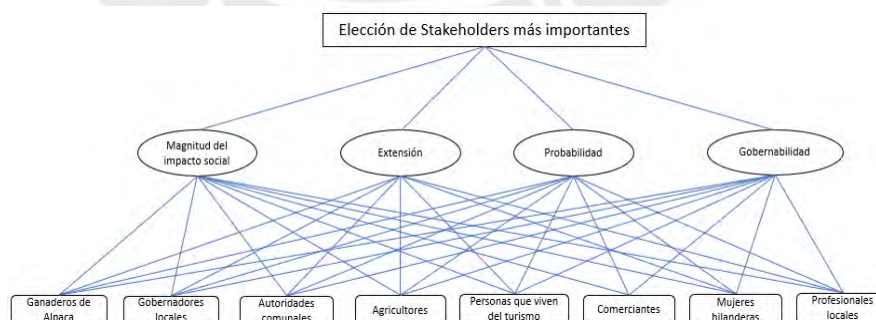


Figura 28 Estructura jerárquica del método AHP aplicado al caso de estudio

Nota: Evaluación propia tomando como referencia un esquema adaptado de “Proceso Analítico Jerárquico (Analytic Hierarchy Process, AHP)”, por V. Piqueras, 2018.

La metodología AHP aplicada al caso de estudio se desarrolló en base a los cuatro pasos mencionados en el Capítulo II. A modo de ejemplo, se trabajó con la encuesta tomada al experto tres (E3). Es importante mencionar que la misma secuencia se aplicó para los otros expertos.

### 3.4.5.1. Paso 1: Comparación de criterios y de alternativas por cada criterio.

El paso 1 de este método consistió en establecer la Matriz de Comparación de Criterios con la estructura de la Ecuación (2), la cual fue elaborada a través de encuestas a los expertos. En la Tabla 23 se muestra la Matriz de Comparación de Criterios para el Experto E3.

Tabla 23 *Matriz de Comparación de Criterios para el experto E3*

Matriz de Comparación de Criterios				
Criterios	C1	C2	C3	C4
C1	1	5	9	3
C2	1/5	1	3	1/3
C3	1/9	1/3	1	1/5
C4	1/3	3	5	1

Nota: Elaboración propia.

Adicionalmente, se determinó, por medio de encuestas, las Matrices de Comparación de Alternativas (en este caso, *stakeholders*) para cada criterio. Como ejemplo, la Tabla 24 muestra dicha matriz elaborada por el experto E3 con respecto al criterio C3.

Tabla 24 *Matriz de Comparación de Stakeholders con respecto al criterio C3 para el experto E3*

Criterio: C3								
Stakeholders	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8
G1	1	3	3	3	1	7	3	5
G2	1/3	1	1	1	3	3	3	5
G3	1/3	1	1	3	5	5	3	5
G4	1/3	1	1/3	1	5	3	1	5
G5	1	1/3	1/5	1/5	1	1/5	1/3	5
G6	1/7	1/3	1/5	1/3	5	1	1	1
G7	1/3	1/3	1/3	1	3	1	1	5

G8	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1	1/5	1
----	-----	-----	-----	-----	-----	---	-----	---

Nota: Elaboración propia.

De la misma forma, se establecen las demás matrices de comparación para los otros criterios restantes.

### 3.4.5.2. Paso 2: Determinación de las Matrices Prioridad.

Posteriormente, se normalizó cada Matriz de Comparación, tanto de criterios como de alternativas utilizando la Ecuaciones (3) y (4) con la finalidad de determinar la Matriz Prioridad de Criterios en base a la estructura de la Ecuación (6) (ver la Tabla 25). Además, después de cuantificar las Matrices de Comparación de *Stakeholders* relativas o por cada criterio, se construyó la Matriz Prioridad de Alternativas (en este caso, *stakeholders*) usando la estructura de la Ecuación (7), tal como lo muestra la Tabla 26.

A continuación, se coloca como ejemplo las Matrices Prioridad calculadas para el experto E3.

Tabla 25 Matriz Prioridad de Criterios para el experto E3

Criterios	Prioridad
C1	0,58
C2	0,12
C3	0,05
C4	0,26

Nota: Elaboración propia.

Tabla 26 Matriz Prioridad de Stakeholders para el experto E3

	C1	C2	C3	C4
G1	0,31	0,18	0,28	0,26
G2	0,11	0,17	0,14	0,15
G3	0,15	0,27	0,19	0,26
G4	0,07	0,08	0,12	0,13
G5	0,09	0,07	0,08	0,06
G6	0,09	0,04	0,07	0,05
G7	0,10	0,14	0,09	0,06
G8	0,08	0,06	0,03	0,04

Nota: Elaboración propia.

### 3.4.5.3. Paso 3: Consistencia.

Este paso fue aplicado para conocer el grado de consistencia de las Matrices de Comparación completadas por cada experto. A modo de ejemplo, se calculó la consistencia de las matrices de la Tabla 23 y la Tabla 24 del paso 1. En el caso de la Matriz de Comparación de Criterios, en la Tabla 27, se muestra el resultado de la multiplicación de esta con su Vector Propio.

Tabla 27 *Matriz multiplicación  $A \times W$  de la Matriz de Comparación de Criterios para el experto E3*

$A \times W$
2,39
0,47
0,20
1,05

Nota: Elaboración propia.

Posteriormente, se determinó el valor de  $n_{max} = 4,11$  que aparece en la Ecuación (15), el cual representa la suma de los elementos de la Matriz  $A \times W$ . Además, el número de elementos comparados, en este caso criterios, es cuatro, por lo que el valor de  $n = 4$ .

Finalmente, se calcularon el Índice de consistencia IC, el Índice de Consistencia Aleatoria IA y el Ratio de Consistencia RC utilizando las Ecuaciones (14), (16) y (17), respectivamente (ver Tabla 28).

Tabla 28 *Cálculo de la consistencia de la Matriz de Comparación de Criterios para el experto E3*

IC	0,038
IA	0,990
RC	0,038

Nota: Elaboración propia.

Como se observa, según la Tabla 6, la matriz es consistente, ya que  $0,038 < 0,09$ , por lo que la opinión del experto E3 fue válida. Por otro lado,

análogamente, en el caso de la Matriz de Comparación de *stakeholders* con respecto al criterio C3, la matriz A x W se muestra en la Tabla 29:

Tabla 29 *Matriz multiplicación A x W de la Matriz de Comparación de Stakeholders con respecto al criterio C3 para el experto E3*

A x W
2,61
1,39
1,92
1,24

Nota: Elaboración propia.

Asimismo, el valor de  $n_{\max}$  fue 7,16 y el número de alternativas (*stakeholders*) comparadas "n" fue 7, con los cuales se pudo determinar el IC, IA y RC, tal como se muestra en la Tabla 30.

Tabla 30 *Cálculo de la consistencia de la Matriz de Comparación de Stakeholders con respecto al criterio C3 para el experto E3*

IC	0,026
IA	1,414
RC	0,018

Nota: Elaboración propia.

De manera similar, dicha matriz también fue consistente según la Tabla 6, ya que  $0,018 < 0,1$ . El mismo procedimiento se realizó para todas las Matrices de Comparación completadas por los siete expertos encuestados para validar su consistencia.

#### **3.4.5.4. Paso 4: Cálculo de la Matriz de Prioridad Global.**

Al multiplicar la Matriz Prioridad de Criterios de la Tabla 25 con la Matriz Prioridad de Alternativas de la Tabla 26 se obtiene la Matriz de Prioridad Global, tal como lo mostró la Ecuación (18). Este cálculo es representando de la siguiente manera:

$$\begin{bmatrix} 0,31 & 0,18 & 0,28 & 0,26 \\ 0,11 & 0,17 & 0,14 & 0,15 \\ 0,15 & 0,27 & 0,19 & 0,26 \\ 0,07 & 0,08 & 0,12 & 0,13 \\ 0,09 & 0,07 & 0,08 & 0,06 \\ 0,09 & 0,04 & 0,07 & 0,05 \\ 0,10 & 0,14 & 0,09 & 0,06 \\ 0,08 & 0,06 & 0,03 & 0,04 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 0,58 \\ 0,12 \\ 0,05 \\ 0,26 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,28 \\ 0,13 \\ 0,20 \\ 0,09 \\ 0,08 \\ 0,07 \\ 0,10 \\ 0,06 \end{bmatrix}$$

De esta manera, la Matriz de Priorización Global para el experto E3 se muestra en la Tabla 31:

Tabla 31 *Matriz de Prioridad Global para el experto E3*

Stakeholders	Priorización
G1	0,278
G2	0,128
G3	0,196
G4	0,088
G5	0,080
G6	0,071
G7	0,097
G8	0,063

Nota: Elaboración propia.

Esta tabla muestra que, para el experto E3, el grupo de *stakeholder* más importante fueron los ganaderos de alpacas (G1), seguido, en orden jerárquico, por las autoridades comunales (G3), las autoridades locales (G2), las mujeres hilanderas (G7) y los agricultores (G4). Similarmente, se halló la Matriz de Prioridad Global de cada uno de los siete expertos para jerarquizar a los *stakeholders* desde sus puntos de vista.

Finalmente, para considerar las siete opiniones, se calculó un promedio aritmético con la finalidad de escoger a los cinco grupos de *stakeholders* más importantes. Lo explicado anteriormente se muestra en la Tabla 32, y los resultados finales en la Tabla 33.

Tabla 32 *Jerarquización final para la elección de los cinco grupos de stakeholders más importantes*

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	Resultado
G3	0,212	0,229	0,196	0,225	0,359	0,2	0,168	0,227
G1	0,337	0,253	0,278	0,123	0,14	0,149	0,198	0,211
G2	0,167	0,084	0,128	0,053	0,059	0,299	0,243	0,147
G4	0,076	0,097	0,088	0,313	0,089	0,102	0,123	0,127
G6	0,093	0,244	0,071	0,165	0,033	0,078	0,126	0,116
G7	0,015	0,045	0,097	0,018	0,148	0,035	0,038	0,056
G8	0,072	0,013	0,063	0,031	0,128	0,017	0,052	0,054
G5	0,029	0,035	0,080	0,073	0,045	0,048	0,051	0,052

Nota: Elaboración propia.

Tabla 33 *Stakeholders* resultantes mediante el método AHP

Stakeholders
Autoridades comunales
Ganaderos de alpaca
Gobierno local
Agricultores
Comerciantes

Nota: Elaboración propia.

Para corroborar los resultados obtenidos por el método AHP, se realizó un viaje al lugar in situ de estudio. Es decir, se visitaron las comunidades de Isivilla, Tantamaco y Corani; en dicho viaje se comprobó que los ganaderos de alpacas y los agricultores eran prácticamente el mismo grupo de personas, ya que se dedicaban a ambas actividades. Sin embargo, su principal actividad económica es la crianza de alpacas. Por esta razón, el grupo de "Agricultores" fue incluido dentro del grupo de "Ganaderos de Alpacas".

Finalmente, los grupos de *stakeholders* quedaron establecidos de la siguiente manera, con una codificación diferente a la anterior, la cual será utilizada de ahora en adelante en el presente informe de tesis.

#### 3.4.5.5. Resultados finales de *stakeholders*.

- *Autoridades comunales (G<sub>1</sub>)*.

Este grupo de *stakeholder* expresó una opinión generalmente desfavorable sobre el proyecto minero y tendieron a destacar las promesas incumplidas de algunas empresas mineras de Puno. Sin embargo, algunos manifestaron que estaban dispuestos a escuchar asertivamente las propuestas de empresas mineras para generar beneficios compartidos. Este grupo estuvo conformado por 50 entrevistados. A continuación, en la Figura 29, se muestra una fotografía junto con dos comuneros o "ronderos".



Figura 29 Fotografía de Solange Rios con dos comuneros

Nota: Elaboración propia.

➤ *Ganaderos de Alpaca (G<sub>2</sub>).*

Gracias a la corroboración hecha en campo, este grupo involucró a los agricultores y a algunas personas que viven del turismo cerca de las pinturas rupestres, ya que eran el mismo grupo de personas. Sin embargo, su actividad principal era la crianza de alpacas, por esta razón se quedaron con ese nombre. De esta manera, se verificó la información de que los ganaderos de las comunidades eran los propietarios a título comunal de los sitios de arte rupestre (Hostnig, 2005).

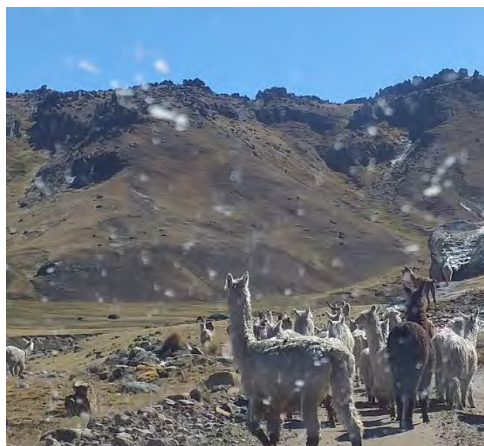
Por otro lado, las mujeres eran las que comúnmente realizaban el pastoreo de las alpacas, mientras los hombres salían a la ciudad o a recolectar piedras para fabricar “canchón” (ver Figura 30), el cual servía como cerco para evitar que el ganado se perdiera.



*Figura 30* Fotografía de un “canchón” tomada por Solange Rios

Nota: Elaboración propia.

Durante las entrevistas, también se verificó que las mujeres ganaderas traían entre sus faldas la iclla o bola de lana, con la cual se dedicaban al tejido mientras realizaban el pastoreo. Asimismo, los ganaderos me explicaron sobre los dos tipos de alpacas que ellos criaban: alpaca suri (ver Figura 31), cuya lana es suelta tipo rasta, la cual es vendida como materia prima, ya que necesita un proceso industrial; y la alpaca huacaya (ver Figura 32) de lana esponjosa y densa, la cual es vendida a la industria de textiles con valor agregado.



*Figura 31* Fotografía de alpacas suri semi trasquiladas tomada por Solange Rios

Nota: Elaboración propia.



*Figura 32* Fotografía de alpacas huacaya tomada por Solange Rios

Nota: Elaboración propia.

En este grupo de *stakeholder*, se entrevistaron en total a 58 personas, los cuales tenía una opinión generalmente adversa del proyecto minero. A continuación, en la Figura 33 se muestra la entrevista realizada a una ganadera de alpaca.



*Figura 33* Entrevista de Solange Rios a una ganadera de alpaca

Nota: Elaboración propia.

En la Figura 34, se muestran algunas fotografías con algunos ganaderos de alpacas entrevistados.



*Figura 34* Fotografías de Solange Rios con algunos ganaderos de alpacas entrevistados

Nota: Elaboración propia.

➤ *Gobierno local (G<sub>3</sub>).*

En este grupo de *stakeholder*, fueron entrevistadas 32 personas que ocupaban cargos de tenientes alcaldes, representantes de direcciones, asesores, entre otros, los cuales mostraron principalmente una actitud más positiva que

los demás. Esto podría deberse a que la empresa minera ha estado interactuando constantemente con ellos y realizando procesos de socialización para superar cualquier prejuicio. Ellos mencionaban que, hasta ahora, veían con buenos ojos la obtención de puestos de trabajo local en las actividades de exploración.

➤ *Comerciantes (G4).*

Este grupo de *stakeholder* fue el que tuvo una opinión más neutral con respecto al proyecto, ya que la mayoría respondió que no les afectará ni negativa ni positivamente. En total, fueron entrevistados 34 personas, la Figura 35 muestra una fotografía con una comerciante.



*Figura 35* Solange Rios junto a una comerciante entrevistada momentos previos

Nota: Elaboración propia.

#### **3.4.6. Cálculos y resultados en la determinación de variables sociales.**

El método de Shannon fue aplicado para jerarquizar las diez variables sociables mencionadas anteriormente, con la finalidad de elegir las siete más importantes y poder trabajar con ellas en la segunda etapa de la tesis desarrollada

en el Capítulo IV. A modo de ejemplo, se eligió la encuesta del experto E3 para describir la metodología. Sin embargo, es importante mencionar que lo mismo se debe aplicar para los demás expertos.

### 3.4.6.1. Paso 1: Comparación de Objetos con respecto a los Criterios.

En primer lugar, el experto E3 completó una Matriz de Decisión o Comparación utilizando los valores de la Escala de Satty de la Tabla 5. Los elementos comparados fueron las variables sociales (que cumplieron el rol de objetos) y los criterios mencionados en el ítem anterior. En el caso del experto E3, la Matriz de Comparación se muestra en la Tabla 34 (Rios y Delgado, 2019).

Tabla 34 *Matriz de Comparación de variables sociales para el experto E3*

Variables/Criterios	C1	C2	C3	C4
V1	3	3	7	7
V2	5	3	3	1
V3	5	5	7	5
V4	1	1	7	5
V5	1	1	1	1
V6	1	1	1	1
V7	1	3	5	7
V8	5	3	5	7
V9	3	3	3	5
V10	3	1	3	1

Tomado de “Stakeholders and Criteria on a Mining Project using AHP and Entropy-Weight Methods”, por S. Rios y A. Delgado, 2019.

### 3.4.6.2. Paso 2: Matriz Normalizada.

En este segundo paso, se normalizó la matriz de decisión con la Ecuación (21), tal como se muestra en la Tabla 35 (Rios y Delgado, 2019).

Tabla 35 *Matriz Normalizada para el experto E3*

Variables/Criterios	C1	C2	C3	C4
V1	0,107	0,125	0,167	0,175
V2	0,179	0,125	0,071	0,025
V3	0,179	0,208	0,167	0,125

V4	0,036	0,042	0,167	0,125
V5	0,036	0,042	0,024	0,025
V6	0,036	0,042	0,024	0,025
V7	0,036	0,125	0,119	0,175
V8	0,179	0,125	0,119	0,175
V9	0,107	0,125	0,071	0,125
V10	0,107	0,042	0,071	0,025

Tomado de “Stakeholders and Criteria on a Mining Project using AHP and Entropy-Weight Methods”, por S. Rios y A. Delgado, 2019.

### 3.4.6.3. Paso 3: Cálculo de la Entropía.

Posteriormente, se procede a calcular la entropía para cada uno de los criterios utilizando la Ecuación (22). Para ello, primero se determinó el valor de  $k$  con la expresión  $k = (\log(m))^{-1}$ , donde  $m$  es la cantidad de objetos (en este caso, variables sociales) igual a 10, por lo que  $k=1$ . Los resultados se muestran en la Tabla 36 (Rios y Delgado, 2019):

Tabla 36 Valores de entropía de cada criterio para el experto E3

C1	0,919
C2	0,936
C3	0,932
C4	0,896

Tomado de “Stakeholders and Criteria on a Mining Project using AHP and Entropy-Weight Methods”, por S. Rios y A. Delgado, 2019.

### 3.4.6.4. Paso 4: Cálculo del grado de divergencia.

Asimismo, con la ayuda de la Ecuación (23), se determinaron los grados de divergencia para cada criterio, tal como lo muestra la Tabla 37 (Rios y Delgado, 2019).

Tabla 37 Grados de divergencia de cada criterio para el experto E3

C1	0,081
C2	0,064
C3	0,068
C4	0,104

Tomado de “Stakeholders and Criteria on a Mining Project using AHP and Entropy-Weight Methods”, por S. Rios y A. Delgado, 2019.

### 3.4.6.5. Paso 5: Matriz de Peso Entrópico.

Después, se calculó el peso entrópico de cada criterio utilizando la Ecuación (24). En la Tabla 38 (Rios y Delgado, 2019) se muestra el peso o ponderación de cada uno de los criterios para determinar cuál de ellos tiene mayor prevalencia o importancia al momento de comparar los objetos (variables sociales).

Tabla 38 *Matriz de Peso Entrópico de cada criterio para el experto E3*

C1	25,53
C2	20,13
C3	21,51
C4	32,83

Tomado de “Stakeholders and Criteria on a Mining Project using AHP and Entropy-Weight Methods”, por S. Rios y A. Delgado, 2019.

Por último, para jerarquizar las variables sociales, se multiplicó la Matriz de Comparación de la Tabla 34 con la Matriz de Peso Entrópico de la Tabla 38, los resultados son presentados en la Tabla 39 (Rios y Delgado, 2019).

Tabla 39 *Jerarquización de variables sociales para el experto E3*

Variables/Criterios	C1	C2	C3	C4	Resultado
V1	76,58	60,40	150,57	229,82	517,37
V2	127,63	60,40	64,53	32,83	285,39
V3	127,63	100,66	150,57	164,16	543,02
V4	25,53	20,13	150,57	164,16	360,39
V5	25,53	20,13	21,51	32,83	100,00
V6	25,53	20,13	21,51	32,83	100,00
V7	25,53	60,40	107,55	229,82	423,29
V8	127,63	60,40	107,55	229,82	525,40
V9	76,58	60,40	64,53	164,16	365,66
V10	76,58	20,13	64,53	32,83	194,07

Tomado de “Stakeholders and Criteria on a Mining Project using AHP and Entropy-Weight Methods”, por S. Rios y A. Delgado, 2019.

Esta tabla muestra que, para el experto E3, la variable social más importante es la salud (V3), seguida, en orden jerárquico, por la diferencia cultural (V8), seguridad (V1), contaminación (V7), economía (V9), nivel de pobreza (V4) y empleo (V2). De esta manera, estas fueron las siete variables sociales más importantes elegidas por el experto E3. Asimismo, este procedimiento se repitió para jerarquizar las variables sociales desde los puntos de vista de los demás expertos.

Finalmente, se calculó un promedio aritmético de los resultados obtenidos por los siete expertos para escoger las siete variables sociales más importantes. El resultado general se puede visualizar en la Tabla 40.

Tabla 40 *Jerarquización final para la elección de las siete variables sociales más importantes*

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	Resultado Final
V7	888,51	900,00	423,29	925,71	900,00	749,53	500,00	755,29
V4	748,55	900,00	360,39	772,65	574,51	700,00	645,68	671,68
V2	749,16	580,46	285,39	462,43	900,00	690,97	754,32	631,82
V3	435,46	840,23	543,02	317,93	551,74	645,01	700,00	576,20
V9	627,86	654,09	365,66	215,48	637,26	700,00	631,91	547,47
V6	748,55	240,23	100,00	657,96	700,00	709,04	478,84	519,23
V1	620,70	341,56	517,37	270,99	533,77	771,28	365,99	488,81
V5	360,05	577,05	100,00	125,71	500,00	700,00	787,49	450,04
V8	423,97	377,05	525,40	168,54	437,26	700,00	471,10	443,33
V10	311,49	120,75	194,07	117,13	100,00	300,00	596,99	248,63

Tomado de “Stakeholders and Criteria on a Mining Project using AHP and Entropy-Weight Methods”, por S. Rios y A. Delgado, 2019.

Finalmente, las siete variables sociales elegidas mediante la entropía de Shannon son mencionados en la Tabla 41.

Tabla 41 *Variables sociales resultantes mediante el método de entropía de Shannon*

Variables Sociales
Contaminación
Nivel de pobreza
Empleo

---

Salud  
Economía  
Acceso al agua  
Seguridad

---

Nota: Elaboración propia.

De esta manera, las variables sociales quedaron definidas con una codificación diferente a la anterior, la cual será utilizada de ahora en adelante en el presente informe de investigación.

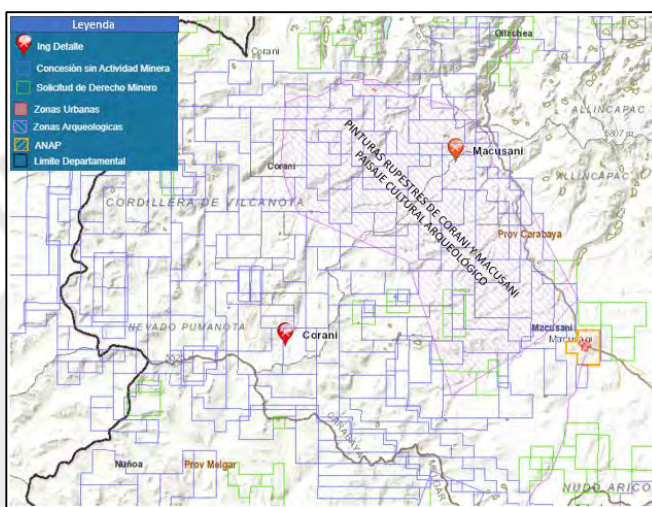
#### **3.4.6.6. Resultados finales de variables sociales.**

##### ➤ *Contaminación ( $V_1$ ).*

La variable contaminación no solo se vincula a la afectación de la salud y bienestar de los pobladores de las comunidades, sino también al medio ambiente y paisaje patrimonial. El área de la concesión minera de este proyecto se superpone a más de 100 sitios de pinturas rupestres y petroglifos de unos 5 000 años de antigüedad, por lo que en el año 2008, las autoridades locales y el *World Monuments Fund* rechazaron el proyecto debido al mineral radiactivo del proyecto que amenazaba a la preservación del monumento arqueológico (Echave, 2018). Adicionalmente, el 13 de mayo del año 2011, el Ministerio de Cultura reconoció este monumento arqueológico prehispánico en los distritos de Macusani y Corani como patrimonio cultural en la categoría de “Paisaje Cultural Arqueológico” (Echave, 2018). Este reconocimiento fue otorgado mediante la Resolución Viceministerial N°669-2011-VMPCIC-MC, la cual declaró esta área de 36 978,6451 hectáreas como Patrimonio Cultural de la Nación (Onofre, 2011).

Esta zona rupestre (también conocida como Monumento Arqueológico Prehispánico de Pinturas Rupestres de Macusani y Corani) ocupa la parte

noroccidental del distrito de Macusani y el extremo sureste del distrito de Corani (ver Figura 36). Gran parte de su área está ubicada en el margen izquierdo del río Macusani con vista a sus principales nevados *Allin Capac* y *Chichi Capac* (Hostnig, 2005). Asimismo, es importante mencionar que estas pinturas rupestres se encuentran en el terreno de las comunidades campesinas de Tantamaco e Isivilla (Hostnig, 2005).



*Figura 36* Ubicación de las pinturas rupestres de Corani y Macusani

Nota: Elaboración propia diseñado en Geocatmin, 2020.

Las pinturas rupestres están en cuevas poco profundas conocidas como aleros, en donde están representados los antiguos cazadores y recolectores de Carabaya vinculados a la caza de camélidos y cérvidos (Hostnig, 2005). De esta manera, se puede observar que la crianza de camélidos expresa costumbres ancestrales, mitos y rituales que reflejan una herencia cultural que dejaron los antiguos lugareños. A continuación, en la Figura 37 y la Figura 38 se muestran algunas pinturas rupestres sobre la caza de camélidos.



*Figura 37* Representación de un camélido huyendo de los cazadores

Tomado de “Macusani y Corani, repositorios de Arte Rupestre Milenario en la Cordillera de Carabaya, Puno - Perú”, por R. Hostnig, 2005. La fotografía fue tomada de una pintura rupestre en Macusani.



*Figura 38* Tropilla de camélidos cercados por cazadores armados con estólicas y dardos

Tomado de “Macusani y Corani, repositorios de Arte Rupestre Milenario en la Cordillera de Carabaya, Puno - Perú”, por R. Hostnig, 2005. En la fotografía, se puede observar que varios animales caen debido a los dardos clavados en el pecho.

Finalmente, en un estudio arqueológico del año 2005, realizado por Rainer Hostnig, se elaboró una lista de sitios arqueológicos en los distritos de Macusani y Corani encontrados hasta esa fecha (ver la Tabla 42 y Tabla 43).

*Tabla 42* Listado de sitios arqueológicos en el distrito de Macusani

Nº	Sitios Principales	Comunidad	Código	Pintura Rupestre	Petroglifos	Pintura rupestre y petroglifos
1	Alqamarini	Tantamaco	ALQ	x		
2	Anka Wachana	Tantamaco	ANK	x		
3	Callejón Punku	Tantamaco	CALL	x		

4	Chaku	Tantamaco	CHAK	x		
5	Chaqtira	Tantamaco	CHAQ	x		
6	Chawsillikunka	Tantamaco	CHAW	x		
7	Cheqtata	Tantamaco	CHEQ	x		
8	Chilcuno Punku	Tantamaco	CHIL	x		
9	Chiqueruyo	-	CHIQ	x		
10	Condor Wachana	Tantamaco	CON	x		
11	Chilcuno Grande	Tantamaco	CHILG	x	x	
12	Hapiy Tira	Tantamaco	HAP	x		
13	Hatun Qaqayoc	Tantamaco	HAT	x		
14	Huanca Huanca	-	HUA			x
15	Huaeachani Alto	Tantamaco	HUAR	x		
16	Injuyuni	Tantamaco	INJ	x		
17	Jipiaña	Tantamaco	JIP	x		
18	Kishko 1	Tantamaco	KISH	x		
19	Kishko 2	Tantamaco	KISHC			x
20	Laycacota	Catachilla	LAY		x	
21	Llamachaqui	Tantamaco	LLA	x		
22	Onoytinkuy	Tantamaco	ONO	x		
23	Oqhotera	Tantamaco	OQH	x		
24	Punkini	Tantamaco	PUN	x		
25	Punkupata	Tantamaco	PUNK	x		
26	Qrita	Tantamaco	QAR	x		
27	Qaritakunka	Tantamaco	QARK	x		
28	Qenchipata	Tantamaco	QUEN	x		
29	Qollpapujio	Tantamaco	QOL	x		
30	Quenco Saya	Tantamaco	WUEN			x
31	Sombreruni	Tantamaco	SOM	x		
32	Takusa	Tantamaco	TAK	x		
33	Tambopunku	Tantamaco	TAM	x		
34	Toqo Qaqa	Tantamaco	TOQ	x		
35	Uchuy Lawana	Tantamaco	UCH	x		
36	Wanaquiata	Tantamaco	WAN	x		

Tomado de "Macusani y Corani, repositorios de Arte Rupestre Milenario en la Cordillera de Carabaya, Puno - Perú", por R. Hostnig, 2005.

Tabla 43 *Listado de sitios arqueológicos en el distrito de Corani*

Nº	Sitios Principales	Comunidad	Código	Pintura Rupestre	Petroglifos	Pintura rupestre y petroglifos
1	Achaypiña Cuyo Moqo	Isivilla	ACH	x	x	
2	Chicupapata	Isivilla	CHIC	x		
3	Chimpapata	Isivilla	CHIM	x		

4	Hak'aklluni	Isivilla	HAK'	x	
5	Hakallo Hap'ina	Isivilla	HAK	x	
6	Markarani	Isivilla	MAR	x	
7	Qanaywayq'o	Isivilla	QAN	x	
8	Titulmachay	Isivilla	TIT		x
9	Uñera Pujio	Isivilla	UÑE	x	
10	Wak'allani	Isivilla	WAK'	x	
11	Wayllakonta	Isivilla	WAY	x	

Tomado de “Macusani y Corani, repositorios de Arte Rupestre Milenario en la Cordillera de Carabaya, Puno - Perú”, por R. Hostnig, 2005.

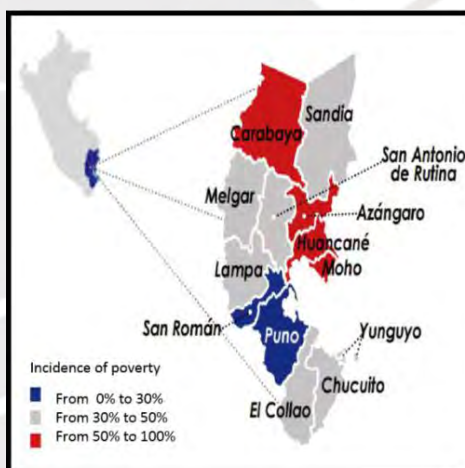
De esta manera, los estudios y publicaciones del investigador de pinturas rupestres Rainer Hostnig sirvieron como base para la elaboración del expediente que declara esta zona como patrimonio cultural. Asimismo, en los años posteriores, se sumaron a esta iniciativa la municipalidad de Carabaya, *World Monument Watch* y el Instituto Nacional de Cultura de Cusco (Onofre, 2011).

En síntesis, esta zona de pinturas rupestres está concesionada para la exploración del proyecto minero, lo cual se puede percibir como un peligro para la conservación del legado cultural debido a la radiación nociva de la emisión del uranio (Onofre, 2011). De hecho, la experta de arte de la región Puno, Ana Paría Pino, refirió que el *World Monument Fund* incluyó a las pinturas rupestres de Macusani y Corani en la lista de los lugares más amenazados del mundo (Signum Research, 2018). Por esta razón, la empresa deberá de realizar un exhaustivo control de radioactividad y brindar información necesaria a las comunidades cercanas y a sus respectivas autoridades. Y sobre todo porque, si añadimos la perspectiva de Walter Aduviri, ex Gobernador Regional de Puno, la situación del proyecto podría ser complicada ya que uno de los principales puntos de su discurso es el de la mitigación de la contaminación minera y la intensificación del desarrollo

agropecuario de la zona (Aruquipa, 2019). Sin embargo, La Empresa afirma que tiene varios convenios firmados con las tres comunidades analizadas Isivilla, Corani y Tantamaco (Tabra, 2013) para realizar sus proyectos de exploración de manera segura con el medio ambiente y la salud.

➤ *Nivel de pobreza (V<sub>2</sub>).*

Esta variable social es una de las principales a tomar en consideración debido a que la provincia de Carabaya presenta más del 50% de índice de pobreza, tal como se muestra en la Figura 39 (Oficina de Gestión Descentralizada y Cooperación Técnica del SINEACE, 2017).



*Figura 39* Índice de pobreza en Puno por provincia

Tomado de “Caracterización de la región Puno”, por la Oficina de Gestión Descentralizada y Cooperación Técnica del SINEACE, 2017.

Entre los años 2004 y 2015, la pobreza en el área rural en Puno se redujo de 79,7% a 34,64% con un pequeño incremento en el año 2013; esta reducción en general es atribuida al aumento de los ingresos por el crecimiento económico del Perú (Paredes y Escobar, 2018).

➤ *Empleo (V<sub>3</sub>).*

Cuando un proyecto nuevo se implementa en una zona rural, las primeras negociaciones con la empresa minera son la obtención de empleos locales para los pobladores. Esto se debe a que los pobladores ven la oportunidad de obtener mayores ingresos económicos en la actividad minera. Por esta razón, no es una sorpresa que haya salido elegida como una de las principales variables sociales a analizar, ya que también fue considerada en el Plan de Gestión Social de La Empresa, en el cual se establecieron los siguientes beneficios para los miembros de las comunidades de Isivilla, Tantamaco y Corani (Plateau Energy Metals, 2019):

- Desarrollo de competencias laborales en trabajos de perforación en la carretera
- Capacitación del personal que labora en los campamentos
- Desarrollo de competencias laborales en la preparación y construcción de plataformas
- Capacitación del personal en el monitoreo ambiental

Sin embargo, hay que recordar que la cantidad de empleos locales es limitada; por lo que los planes de acción deben también fortalecer los negocios y las economías locales (Franks, 2012).

➤ *Salud (V<sub>4</sub>).*

La salud es una de las variables más deficientes en las comunidades rurales de Puno y en el distrito de Macusani. Una de las principales enfermedades en la región es la anemia en niños y mujeres embarazadas (Agencia Peruana de Noticias, 2018); en Macusani, por ejemplo, el 29,1% de los niños menores de un año requieren atención adicional mensualmente

porque nacieron con menos de 2,5 kilos de peso debido a la mala alimentación de sus madres (Centro Nacional de Planeamiento Estratégico, 2018).

Por otro lado, se ha percibido que el número de centros de salud (26) en la provincia de Carabaya se ha mantenido constante a pesar de que la población ha ido aumentando (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2017). Esta tendencia puede ser tomada como pilar en los proyectos de Responsabilidad Social de la empresa minera, con la finalidad de reforzar el sistema de salud de las comunidades y mejorar así su calidad de vida.

➤ *Economía (V<sub>5</sub>).*

La empresa minera debe conocer las principales actividades económicas de la región para promoverlas e intensificarlas. En el caso del proyecto minero estudiado, las actividades económicas propias del lugar son principalmente la ganadería, la agricultura y el comercio (Rios y Delgado, 2019). Por consiguiente, los planes de acción de La Empresa deberán fortalecer a las economías locales con la participación activa de la comunidad (Franks, 2012), ya que esto generará actitudes positivas por parte de los pobladores y, en consecuencia, la no dependencia hacia el proyecto minero.

➤ *Acceso al agua (V<sub>6</sub>).*

Esta es una variable que no se debe ignorar, puesto que la economía de la zona depende mucho de las actividades agropecuarias, y, por ende, del consumo de agua. Por esta razón, la empresa minera deberá de informar a las comunidades cómo se obtendrá este recurso para darles la confianza y seguridad de que sus actividades agropecuarias no van a ser afectadas.

Cuando se le consultó al Gerente General de La Empresa, de dónde obtendría el agua para el tratamiento del mineral, este contestó que se van a canalizar todos los ríos que pasan por el lugar (Ardiles, 2018). Además, aseguró que se utilizarán los riachuelos y vertientes que se formen en épocas de lluvia y nieve (Ardiles, 2018). Por otro lado, la empresa minera también mencionó que brindó su apoyo para la construcción de una planta de tratamiento de agua en beneficio a la comunidad (Plateau Energy Metals, 2019).

➤ *Seguridad (V<sub>7</sub>).*

Particularmente, en Puno, las rondas campesinas suelen castigar duramente a los delincuentes llegando, en algunos casos, a quemarlos vivos (Agencia Peruana de Noticias, 2011; La República, 2020; RPP Noticias, 2010, 2013). Esto demuestra una tolerancia cero a actos delictivos, por lo que, si la llegada del nuevo proyecto empieza a generar perturbaciones en la seguridad de los pobladores, estos pueden oponerse y rechazar al proyecto minero (Rios y Delgado, 2019). Por esta razón, la empresa deberá de tomar en consideración esta variable social sin minimizarla al momento de elaborar el Plan de Gestión Social.

### **3.5. Etapa 2: Evaluación del impacto social (SIA) y análisis de conflictos socioambientales (ECA) en el proyecto minero**

En esta etapa de la tesis, se visitó el área de influencia del proyecto minero para entrevistar a los grupos de *stakeholders* con respecto a cada variable social (ambos obtenidos en la Etapa 1 de la tesis). Dichas encuestas se realizaron con la finalidad de evaluar el impacto social (SIA) y analizar los posibles conflictos socioambientales (ECA) ocasionados por el proyecto minero. Tanto el SIA como el ECA fueron hallados mediante la metodología

de integración IGCEW de los métodos de *grey clustering* y la entropía de Shannon. Así, el método *grey clustering* sirvió para determinar el SIA, mientras que la entropía de Shannon fue aplicada para hallar el ECA.

El método de *grey clustering* fue aplicado en esta tesis para la evaluación del SIA debido a que permitió establecer intervalos o *grey* clases en cada criterio para determinar un ranking de impacto social (Delgado y Romero, 2015), lo cual permitió tener un mayor rango de evaluación para cada grupo de *stakeholder* y una mayor facilidad en el recojo de información durante las encuestas. Durante la aplicación del método, los grupos de *stakeholders* fueron tratados como objetos de observación, a los que se les hizo encuestas para reunir información sobre ellos considerando simultáneamente diferentes criterios fundamentados en variables sociales. Estas variables sociales, halladas en la Etapa 1, fueron la base para definir los siete criterios, los cuales fueron una medida de poder cuantificar cada variable. La respectiva codificación y descripción de dichos criterios se muestran en la Tabla 44.

Tabla 44 *Criterios identificados en el caso de estudio*

VARIABLES SOCIALES	CRITERIOS	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
Contaminación	Nivel de radioactividad	C <sub>1</sub>	El grado de radioactividad en la zona cercana al proyecto
Pobreza	Índice de pobreza	C <sub>2</sub>	Porcentaje de pobreza anual en la zona cercana al proyecto
Empleo	Tasa de empleo	C <sub>3</sub>	La tasa de empleo por año de la zona cercana al proyecto
Salud	Número de habitantes por médico	C <sub>4</sub>	El número de habitantes por médico por año en la zona cercana al proyecto
Economía	PBI per cápita	C <sub>5</sub>	El PBI per cápita en soles por mes (promedio anual) en la zona cercana al proyecto
Acceso al agua	Tasa de acceso al agua potable	C <sub>6</sub>	La tasa de acceso al agua potable por año en la zona cercana al proyecto
Seguridad	Número de delitos denunciados	C <sub>7</sub>	El número de delitos denunciados por año en la zona cercana al proyecto

Nota: Elaboración propia.

Como se observa en la tabla anterior, los criterios tuvieron connotaciones positivas y negativas, dependiendo a su significado intrínseco. Por ejemplo, el aumento del índice de pobreza (criterio C<sub>2</sub>) presenta una implicancia negativa, mientras que, por el contrario, el aumento de la tasa de empleo (criterio C<sub>3</sub>) manifiesta un alcance positivo. De esta manera, las connotaciones de cada criterio se indican en Tabla 45.

Tabla 45 Clasificación de los criterios dependiendo a sus connotaciones

Criterios	Connotación de los Criterios
C <sub>1</sub>	Negativa
C <sub>2</sub>	Negativa
C <sub>3</sub>	Positiva
C <sub>4</sub>	Positiva
C <sub>5</sub>	Positiva
C <sub>6</sub>	Positiva
C <sub>7</sub>	Negativa

Nota: Elaboración propia.

Por otro lado, en este estudio también se establecieron cinco rangos de clasificación o “grey clases” para cada criterio: Muy Negativo (s<sub>1</sub>), Negativo (s<sub>2</sub>), Normal (s<sub>3</sub>), Positivo (s<sub>4</sub>) y Muy Positivo (s<sub>5</sub>). Esto se realizó con la finalidad de que cada criterio pueda ser calificado por los objetos  $i$  ( $i=1, 2, 3, 4$ ), en este caso por los grupos de *stakeholders* determinados en la Etapa 1. En otras palabras, los objetos  $i$  ( $i=1, 2, 3, 4$ ) en la aplicación del método *grey clustering* fueron los grupos de *stakeholders*, los cuales fueron encuestados mediante entrevistas individuales y, en algunos casos, en el idioma quechua. El cuestionario presentó la estructura de la Tabla 46; sin embargo, este fue adaptado a un lenguaje más sencillo para el correcto entendimiento de las preguntas por parte de los grupos de *stakeholders*.

Tabla 46 Cuestionario aplicado para los grupos de *stakeholders*

Criterio	Preguntas	Muy negativo	Negativo	Normal	Positivo	Muy positivo
C <sub>1</sub>	¿Qué efecto tendría el proyecto en el medio ambiente?	Aumenta notablemente	Aumenta	No hay efecto	Disminuye	Disminuye notablemente

C <sub>2</sub>	¿Qué efecto tendría el proyecto en la tasa de pobreza?	Aumenta notablemente	Aumenta	No hay efecto	Disminuye	Disminuye notablemente
C <sub>3</sub>	¿Qué efecto tendría el proyecto en la tasa de empleo?	Disminuye notablemente	Disminuye	No hay efecto	Aumenta	Aumenta notablemente
C <sub>4</sub>	¿Qué efecto tendría el proyecto en la salud?	Disminuye notablemente	Disminuye	No hay efecto	Aumenta	Aumenta notablemente
C <sub>5</sub>	¿Qué efecto tendría el proyecto en los ingresos económicos por persona?	Disminuye notablemente	Disminuye	No hay efecto	Aumenta	Aumenta notablemente
C <sub>6</sub>	¿Qué efecto tendría el proyecto en el acceso al agua potable?	Disminuye notablemente	Disminuye	No hay efecto	Aumenta	Aumenta notablemente
C <sub>7</sub>	¿Qué efecto tendría el proyecto en el número de delitos denunciados?	Aumenta notablemente	Aumenta	No hay efecto	Disminuye	Disminuye notablemente

Nota: Elaboración propia.

Como se puede observar, este cuestionario se estructuró en base a los criterios de evaluación y a las *grey* clases anteriormente establecidas; además, fue elaborado con la finalidad de obtener los valores muestrales  $x_{ij}$  ( $i=1, 2, \dots, m$ ;  $j=1, 2, \dots, 7$ ) de los grupos de *stakeholders*  $G_i$  ( $i=1, 2, \dots, m$ ) para cada criterio  $C_j$  ( $j=1, 2, \dots, 7$ ). De esta manera, a partir de dichas encuestas, se pudieron obtener los datos de entrada o valores  $x_{ij}$  finales para aplicar método del *grey clustering*, tomando promedios aritméticos de todos los valores  $x_{ij}$  brindados por cada grupo de *stakeholders*  $G_i$  para cada uno de los criterios  $C_j$ . Estos resultados se muestran en la Tabla 47.

Tabla 47 Datos de entrada obtenidos de las encuestas realizadas a cada grupo de *stakeholder* con respecto a cada criterio

	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>	C <sub>6</sub>	C <sub>7</sub>
G <sub>1</sub>	8,12	6,76	3,00	4,20	5,32	2,28	7,72

G <sub>2</sub>	8,17	7,07	3,48	3,28	3,00	1,83	7,69
G <sub>3</sub>	7,00	3,63	6,50	7,13	7,38	4,13	5,25
G <sub>4</sub>	7,82	5,82	6,65	6,29	6,18	3,94	7,12

Nota: Elaboración propia.

### 3.5.3. Paso 1: Criterios y grey classes.

En primer lugar, se establecieron los rangos de calificación de los criterios con la ayuda de las *grey* classes, las cuales fueron establecidas para cada uno de los siete criterios considerando sus respectivas connotaciones, tal como se muestra en la Tabla 48.

Tabla 48 Rangos de valores o *grey* classes para cada criterio establecido en el caso de estudio

Criterios	Grey classes				
	Impacto muy negativo	Impacto negativo	Impacto normal	Impacto positivo	Impacto muy positivo
	(s <sub>1</sub> )	(s <sub>2</sub> )	(s <sub>3</sub> )	(s <sub>4</sub> )	(s <sub>5</sub> )
*C <sub>1</sub>	$8 \leq X \leq 10$	$6 \leq X \leq 8$	$4 \leq X \leq 6$	$2 \leq X \leq 4$	$0 \leq X \leq 2$
*C <sub>2</sub>	$8 \leq X \leq 10$	$6 \leq X \leq 8$	$4 \leq X \leq 6$	$2 \leq X \leq 4$	$0 \leq X \leq 2$
C <sub>3</sub>	$0 \leq X \leq 2$	$2 \leq X \leq 4$	$4 \leq X \leq 6$	$6 \leq X \leq 8$	$8 \leq X \leq 10$
C <sub>4</sub>	$0 \leq X \leq 2$	$2 \leq X \leq 4$	$4 \leq X \leq 6$	$6 \leq X \leq 8$	$8 \leq X \leq 10$
C <sub>5</sub>	$0 \leq X \leq 2$	$2 \leq X \leq 4$	$4 \leq X \leq 6$	$6 \leq X \leq 8$	$8 \leq X \leq 10$
C <sub>6</sub>	$0 \leq X \leq 2$	$2 \leq X \leq 4$	$4 \leq X \leq 6$	$6 \leq X \leq 8$	$8 \leq X \leq 10$
*C <sub>7</sub>	$8 \leq X \leq 10$	$6 \leq X \leq 8$	$4 \leq X \leq 6$	$2 \leq X \leq 4$	$0 \leq X \leq 2$

Nota: Elaboración propia.

Tal como se observa en la tabla anterior, los criterios con asterisco (C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> y C<sub>7</sub>) tienen una connotación negativa, por lo que hubo un tratamiento especial para sus datos y sus rangos fueron establecidos de manera invertida. Por otro lado, se estableció el mismo peso para todos los criterios ( $\eta_j = 1/7 = 0,143$ ).

### 3.5.4. Paso 2: Puntos centrales $\lambda$ y las funciones CTWF.

Posteriormente, se añadieron las *grey* clases “Impacto Extra Negativo” (0) e “Impacto Extra Positivo” (s+1); y se definieron los respectivos puntos centrales de todas las *grey* clases ya extendidas, tal como se muestra en la Tabla 49.

Tabla 49 *Puntos centrales de las grey clases ya extendidas para los criterios aplicados en el caso de estudio*

Criterios	Impacto extra negativo ( $\lambda_0$ )	Impacto muy negativo ( $\lambda_1$ )	Impacto negativo ( $\lambda_2$ )	Impacto Normal ( $\lambda_3$ )	Impacto positivo ( $\lambda_4$ )	Impacto muy positivo ( $\lambda_5$ )	Impacto extra positivo ( $\lambda_6$ )
C <sub>1</sub>	10	9	7	5	3	1	0
C <sub>2</sub>	10	9	7	5	3	1	0
C <sub>3</sub>	0	1	3	5	7	9	10
C <sub>4</sub>	0	1	3	5	7	9	10
C <sub>5</sub>	0	1	3	5	7	9	10
C <sub>6</sub>	0	1	3	5	7	9	10
C <sub>7</sub>	10	9	7	5	3	1	0

Nota: Elaboración propia.

Esta nueva secuencia de puntos centrales llamados  $\lambda_0$ ,  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ ,  $\lambda_3$ ,  $\lambda_4$ ,  $\lambda_5$  y  $\lambda_6$  se muestra gráficamente en las funciones CTWF  $f_j^k(x_{ij})$  de la Figura 40, los cuales cambian dependiendo de cada criterio (ver Tabla 49).

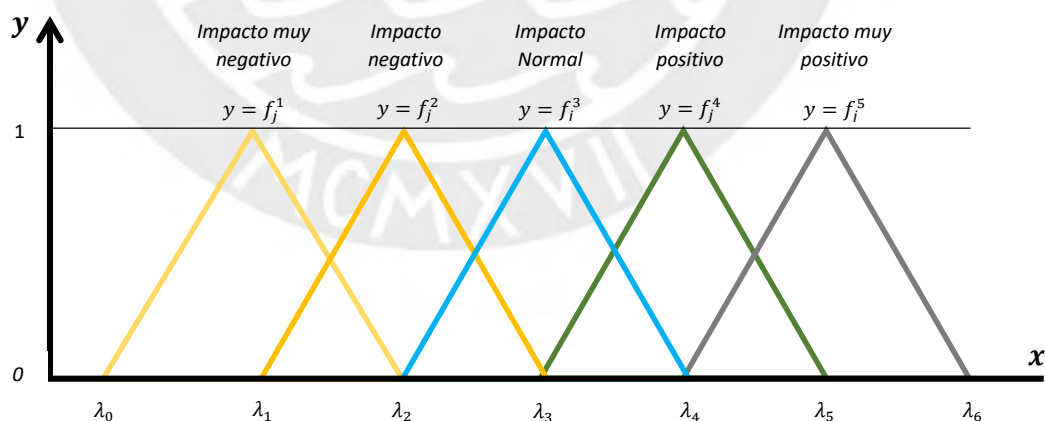


Figura 40 Funciones CTWF de las cinco *grey* clases

Adaptado de “Environmental conflict analysis using an integrated grey clustering and entropy-weight method: A case study of a mining project in Peru”, por A. Delgado e I. Romero, 2016.

Estas funciones  $f_j^k(x_{ij})$  fueron determinadas mediante la Ecuación (19), utilizando los puntos centrales de la Tabla 49, con respecto a cada criterio  $C_j$  ( $j=1, 2, \dots, 7$ ) por separado. Dichas funciones CTWF se calcularon con la finalidad de operar cada valor  $x_{ij}$  final de la Tabla 47. Con respecto a los criterios de connotación positiva ( $C_3, C_4, C_5$  y  $C_6$ ), en la Figura 41 se pueden observar gráficamente las funciones CTWF de las cinco *grey* clases con sus respectivas ecuaciones.

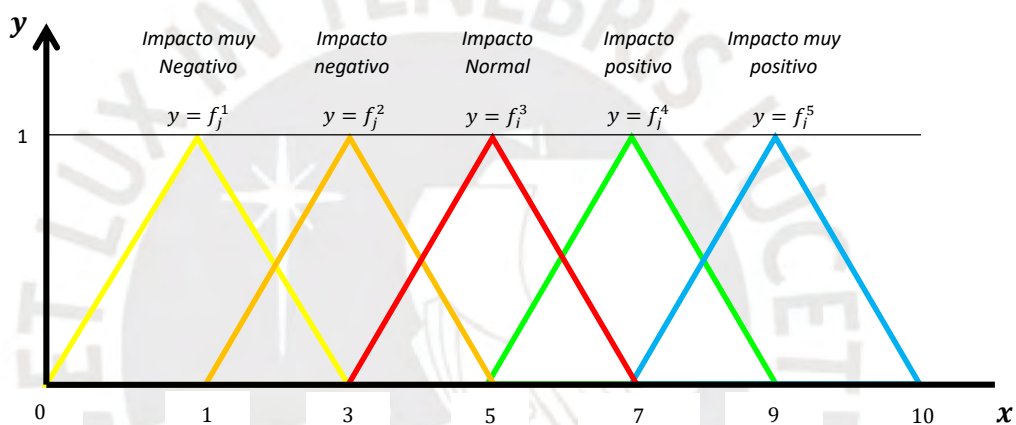


Figura 41 Funciones CTWF de las cinco *grey* clases para los criterios de connotación positiva

Nota: Elaboración propia tomando como referencia la Figura 40 y aplicada al caso de estudio.

$$f_j^1(x) = \begin{cases} 0, & x \notin [0,3] \\ \frac{x-0}{1}, & x \in [0,1] \\ \frac{3-x}{2}, & x \in [1,3] \end{cases} \quad 32$$

$$f_j^2(x) = \begin{cases} 0, & x \notin [1,5] \\ \frac{x-1}{2}, & x \in [1,3] \\ \frac{5-x}{2}, & x \in [3,5] \end{cases} \quad 33$$

$$f_j^3(x) = \begin{cases} 0, & x \notin [3, 7] \\ \frac{x-3}{2}, & x \in [3, 5 > \\ \frac{7-x}{2}, & x \in [5, 7] \end{cases} \quad 34$$

$$f_j^4(x) = \begin{cases} 0, & x \notin [5, 9] \\ \frac{x-5}{2}, & x \in [5, 7 > \\ \frac{9-x}{2}, & x \in [7, 9] \end{cases} \quad 35$$

$$f_j^5(x) = \begin{cases} 0, & x \notin [7, 10] \\ \frac{x-7}{2}, & x \in [7, 9 > \\ \frac{10-x}{1}, & x \in [9, 10] \end{cases} \quad 36$$

Por otro lado, para los criterios de connotación negativa ( $C_1$ ,  $C_2$  y  $C_7$ ), la gráfica y las ecuaciones quedan definidas de la siguiente manera (ver Figura 42).

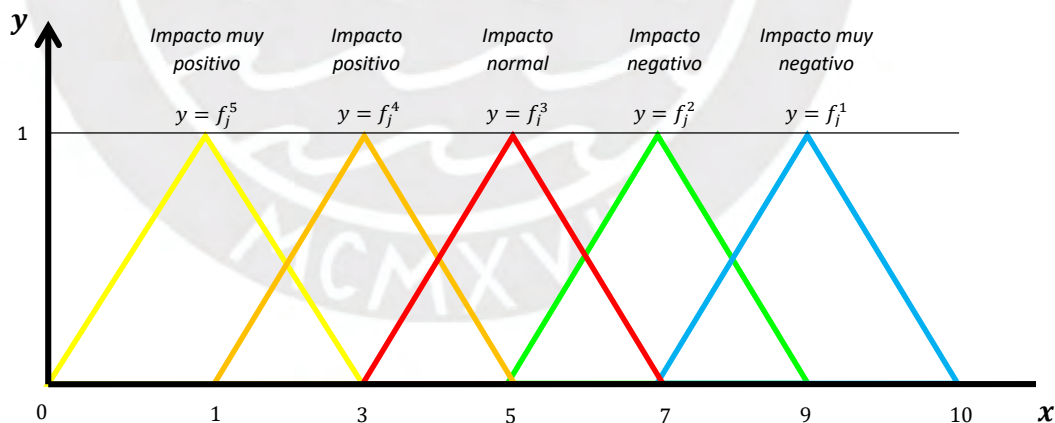


Figura 42 Funciones CTWF de las cinco grey clases para los criterios de connotación negativa

Nota: Elaboración propia tomando como referencia la Figura 40 y aplicada al caso de estudio.

$$f_j^5(x) = \begin{cases} 0, & x \notin [0,3] \\ \frac{x-0}{1}, & x \in [0,1 > \\ \frac{3-x}{2}, & x \in [1,3] \end{cases} \quad 37$$

$$f_j^4(x) = \begin{cases} 0, & x \notin [1,5] \\ \frac{x-1}{2}, & x \in [1,3 > \\ \frac{5-x}{2}, & x \in [3,5] \end{cases} \quad 38$$

$$f_j^3(x) = \begin{cases} 0, & x \notin [3,7] \\ \frac{x-3}{2}, & x \in [3,5 > \\ \frac{7-x}{2}, & x \in [5,7] \end{cases} \quad 39$$

$$f_j^2(x) = \begin{cases} 0, & x \notin [5,9] \\ \frac{x-5}{2}, & x \in [5,7 > \\ \frac{9-x}{2}, & x \in [7,9] \end{cases} \quad 40$$

$$f_j^1(x) = \begin{cases} 0, & x \notin [7,10] \\ \frac{x-7}{2}, & x \in [7,9 > \\ \frac{10-x}{1}, & x \in [9,10] \end{cases} \quad 41$$

Finalmente, se determinó la matriz de la Ecuación (25) para cada grupo de *stakeholder* con ayuda de las ecuaciones anteriormente mencionadas y de los valores  $x_{ij}$  finales de la Tabla 47 obtenidos de las encuestas. A modo de ejemplo, en la Tabla 50, se puede observar dicha matriz para el grupo de *stakeholder*  $G_1$ .

Tabla 50 Matriz de criterios y grey clases resultante para  $G_1$

	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$	$C_6$	$C_7$
--	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

$f_j^1(x)$	0,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,36	0,36
$f_j^2(x)$	0,44	0,88	1,00	0,40	0,00	0,64	0,64
$f_j^3(x)$	0,00	0,12	0,00	0,60	0,84	0,00	0,00
$f_j^4(x)$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	0,00	0,00
$f_j^5(x)$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Nota: Elaboración propia.

Similarmente, se determinaron los resultados para los demás grupos de *stakeholders* G<sub>2</sub>, G<sub>3</sub> y G<sub>4</sub>.

### 3.5.5. Paso 3: Coeficiente de Clusterización global.

Luego se calculó el coeficiente de clusterización global  $\sigma_i^k$  para cada *grey* clase mediante la Ecuación (20); para ello, es importante recalcar que los siete criterios tuvieron el mismo peso ( $\eta_j = 1/7 = 0,143$ ). En el caso del grupo de *stakeholder* G<sub>1</sub>, los coeficientes de clusterización global se muestran en la Tabla 51.

Tabla 51 *Coeficientes de clusterización global con respecto a cada grey clase para el grupo de stakeholder G<sub>1</sub>*

	$\sigma_i^k$
$f_j^1(x)$	0,18
$f_j^2(x)$	0,57
$f_j^3(x)$	0,22
$f_j^4(x)$	0,02
$f_j^5(x)$	0,00

Nota: Elaboración propia.

De la misma manera, se siguió el mismo procedimiento para los demás grupos de *stakeholders* G<sub>2</sub>, G<sub>3</sub> y G<sub>4</sub>.

### 3.5.6. Paso 4: Evaluación del impacto social (SIA).

El sistema porcentual establecido en este caso de estudio estuvo definido por los valores  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\alpha_3$ ,  $\alpha_4$ , y  $\alpha_5$ , donde  $\alpha_5=100$ ,  $\alpha_1=100/5=20$ ,  $\alpha_2=\alpha_1+\alpha_1=40$ ,  $\alpha_3=\alpha_1+\alpha_2=60$  y  $\alpha_4=\alpha_1+\alpha_3=80$  (Delgado y Romero, 2016), según las *grey* clases

establecidas en el Paso 1 ( $s = 1, 2, \dots, 5$ ). Este sistema se determinó con la finalidad de evaluar el impacto social (SIA), el cual se observa en la Tabla 52.

Tabla 52 El sistema de porcentajes establecido para el SIA y los intervalos de clasificación de impacto social en el caso de estudio

Grey Clases o Tipo de Impacto	Intervalo	$\alpha_k$
Muy negativo ( $s_1$ )	[20, 30]	20
Negativo ( $s_2$ )	[30, 50]	40
Normal ( $s_3$ )	[50, 70]	60
Positivo ( $s_4$ )	[70, 90]	80
Muy positivo ( $s_5$ )	[90, 100]	100

Tomado de “Environmental conflict analysis using an integrated grey clustering and entropy-weight method: A case study of a mining project in Peru”, por A. Delgado e I. Romero, 2016.

Como se puede apreciar, en la tabla anterior, también se establecieron los intervalos que sirvieron para clasificar el tipo de impacto social que se produciría en general o en cada grupo de *stakeholder* debido al proyecto minero. Por otro lado, se utilizó la Ecuación (26) para determinar los elementos de la matriz  $Z_{ij}$ , la cual representa la evaluación del impacto social o SIA de cada grupo de *stakeholder* y en general. Por ejemplo, en la Tabla 53, se muestra el SIA para el grupo de *stakeholder*  $G_1$ .

Tabla 53 Evaluación del impacto social (SIA) para el grupo  $G_1$

Tipo de Impacto	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$	$C_6$	$C_7$	Impacto general
Muy negativo	11,20	0,00	0,00	0,00	0,00	7,20	7,20	3,66
Negativo	17,60	35,20	40,00	16,00	0,00	25,60	25,60	22,86
Normal	0,00	7,20	0,00	36,00	50,40	0,00	0,00	13,37
Positivo	0,00	0,00	0,00	0,00	12,80	0,00	0,00	1,83
Muy positivo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	28,80	42,40	40,00	52,00	63,20	32,80	32,80	41,71
	Muy negativo	Negativo	Negativo	Normal	Normal	Negativo	Negativo	Negativo

Nota: Elaboración propia.

De manera general, en la tabla anterior, se observa que el proyecto minero produciría un impacto social negativo para el grupo de *stakeholder* conformado por las autoridades comunales ( $G_1$ ).

Desde otra perspectiva, si se analiza el impacto social respecto a cada criterio  $C_j$ , se establece, por ejemplo, que el grupo  $G_1$  tendría más temor a la contaminación y/o al nivel de radioactividad ( $C_1$ ) que el proyecto pudiese generar. De esta manera, para el grupo  $G_1$ , se produciría un impacto más negativo en el criterio relacionado con la contaminación en comparación a los demás criterios. Lo anterior se representa gráficamente en la Figura 43.

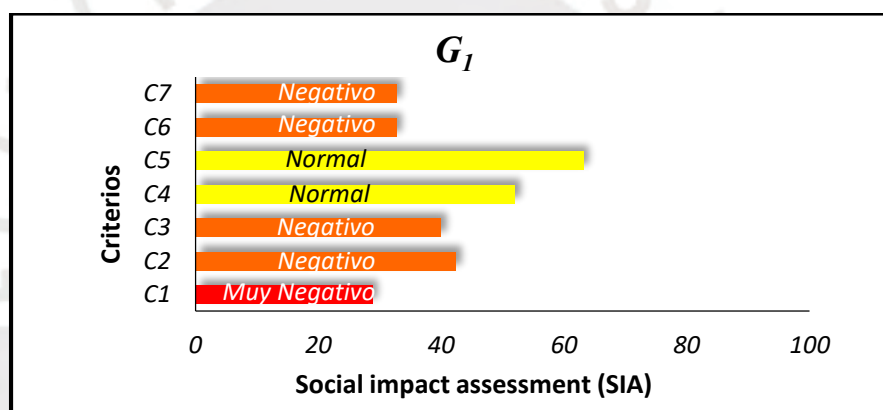


Figura 43 Evaluación del impacto social con respecto a cada criterio para  $G_1$

Nota: Elaboración propia.

Similarmente, se realizó el mismo procedimiento para los demás grupos de *stakeholders*  $G_2$ ,  $G_3$  y  $G_4$ , cuyos resultados se representaron gráficamente en la Figura 44, Figura 45 y Figura 46, respectivamente.

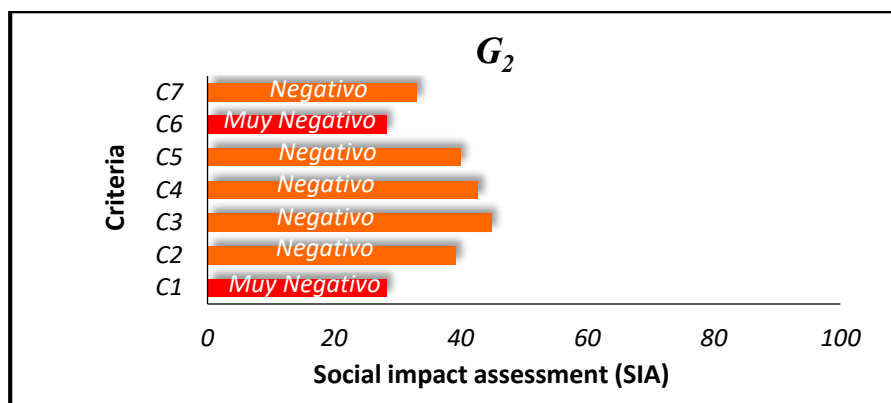


Figura 44 Evaluación del impacto social con respecto a cada criterio para G<sub>2</sub>

Nota: Elaboración propia.

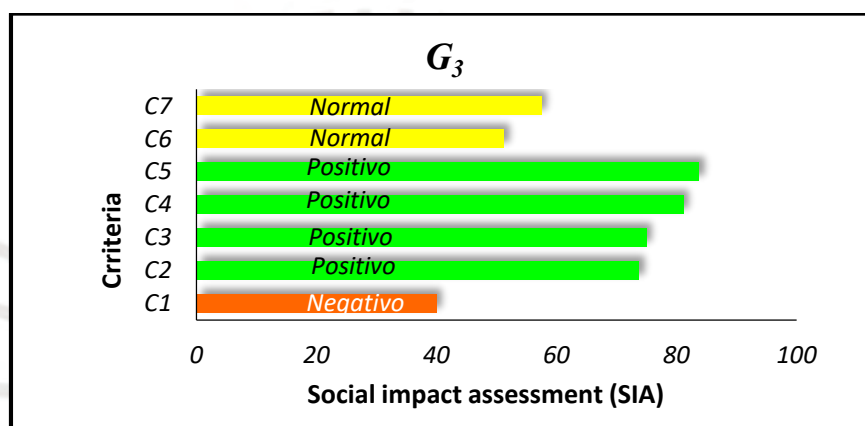


Figura 45 Evaluación del impacto social con respecto a cada criterio para G<sub>3</sub>

Nota: Elaboración propia.

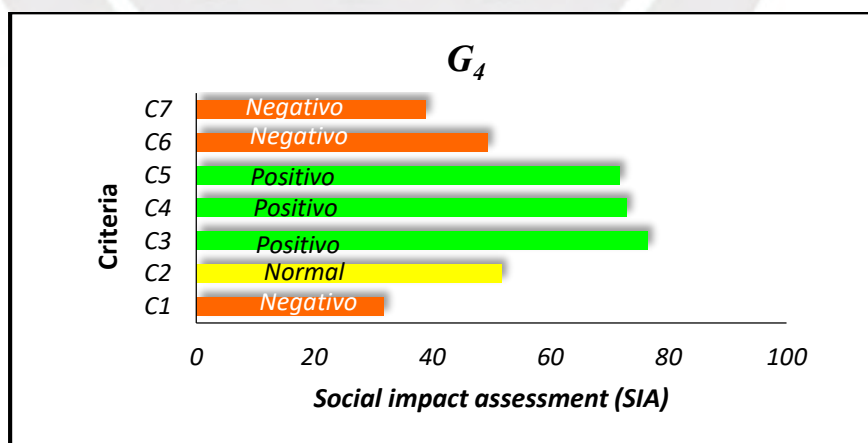


Figura 46 Evaluación del impacto social con respecto a cada criterio para G<sub>4</sub>

Nota: Elaboración propia.

Lo anterior se realizó con la finalidad de obtener la matriz  $Z_{ij}$  de la Tabla 54, la cual representa la evaluación del impacto social o SIA de manera general para cada grupo de *stakeholder* (ver Figura 47).

Tabla 54 *Evaluación del impacto social (SIA) para los grupos  $G_1$ ,  $G_2$ ,  $G_3$  y  $G_4$*

Grupo de Stakeholder	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>	C <sub>6</sub>	C <sub>7</sub>	Total	Tipo de impacto
G <sub>1</sub>	28,80	42,40	40,00	52,00	63,20	32,80	32,80	41,71	Negativo
G <sub>2</sub>	28,28	39,31	44,83	42,76	40,00	28,28	33,10	36,65	Negativo
G <sub>3</sub>	40,00	73,75	75,00	81,25	83,75	51,25	57,50	66,07	Normal
G <sub>4</sub>	31,76	51,76	76,47	72,94	71,76	49,41	38,82	56,13	Normal

Nota: Elaboración propia.

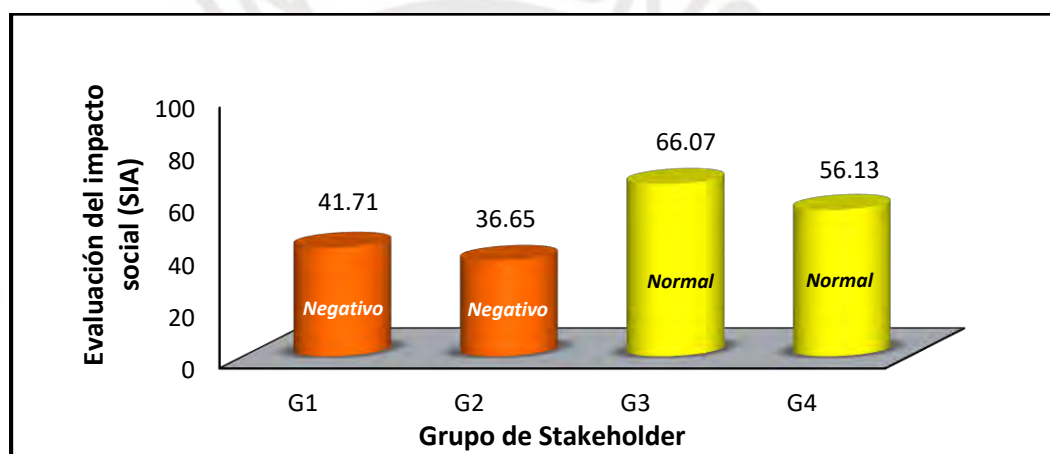


Figura 47 Evaluación del impacto social total de los grupos  $G_1$ ,  $G_2$ ,  $G_3$  y  $G_4$

Nota: Elaboración propia.

### 3.5.7. Paso 5: Peso entrópico de Shannon.

El quinto paso de la metodología IGCEW consistió en la aplicación del peso entrópico de Shannon para determinar los pesos de cada criterio  $C_j$ . Para ello, se trabajó con la matriz  $Z_{ij}$  de la Tabla 54, la cual fue normalizada mediante la Ecuación (21). Los resultados se muestran en la Tabla 55.

Tabla 55 *Valores normalizados de la evaluación del impacto social (SIA) para los grupos  $G_1$ ,  $G_2$ ,  $G_3$  y  $G_4$*

Grupo de Stakeholder	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>	C <sub>6</sub>	C <sub>7</sub>
G <sub>1</sub>	0,22	0,20	0,17	0,21	0,24	0,20	0,20
G <sub>2</sub>	0,22	0,19	0,19	0,17	0,15	0,17	0,20
G <sub>3</sub>	0,31	0,36	0,32	0,33	0,32	0,32	0,35
G <sub>4</sub>	0,25	0,25	0,32	0,29	0,28	0,31	0,24

Nota: Elaboración propia.

Posteriormente, la entropía, el grado de divergencia y el peso entrópico fueron determinados utilizando las Ecuaciones (27), (28) y (29). Para ello, es importante mencionar que el valor de  $k$  se calculó utilizando el valor de  $m = 4$ , ya que fueron cuatro objetos o *stakeholders*. Estos resultados se pueden observar en la Tabla 56.

Tabla 56 Valores de  $H_j$ ,  $div_j$  y  $w_j$  con respecto a cada criterio

	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>	C <sub>6</sub>	C <sub>7</sub>
Entropía ( $H_j$ )	0,99	0,98	0,97	0,98	0,98	0,98	0,98
Grado de divergencia ( $div_j$ )	0,01	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02
Peso entrópico ( $w_j$ )	0,049	0,155	0,197	0,152	0,157	0,151	0,139

Nota: Elaboración propia.

### 3.5.8. Paso 6: Análisis de Conflictos Socioambientales (ECA).

Finalmente, la evaluación objetiva se calculó para cada grupo de *stakeholder*  $G_i$  ( $i=1, 2, 3, 4$ ) con respecto a cada criterio  $C_j$  ( $j=1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$ ) utilizando la Ecuación (30) (ver Tabla 57).

Tabla 57 Análisis de conflictos socioambientales (ECA) para los grupos  $G_1$ ,  $G_2$ ,  $G_3$  y  $G_4$

Grupo de Stakeholder	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>	C <sub>6</sub>	C <sub>7</sub>
G <sub>1</sub>	1,42	6,56	7,89	7,89	9,91	4,96	4,57
G <sub>2</sub>	1,39	6,08	8,84	6,48	6,27	4,28	4,61
G <sub>3</sub>	1,97	11,41	14,78	12,32	13,13	7,75	8,01
G <sub>4</sub>	1,56	8,01	15,07	11,06	11,25	7,47	5,41

Nota: Elaboración propia.

A partir de ello, se observaron las coincidencias y discrepancias de los grupos de *stakeholders*  $G_i$  de acuerdo a cada criterio  $C_j$ , tal como se muestra en la Figura 48.

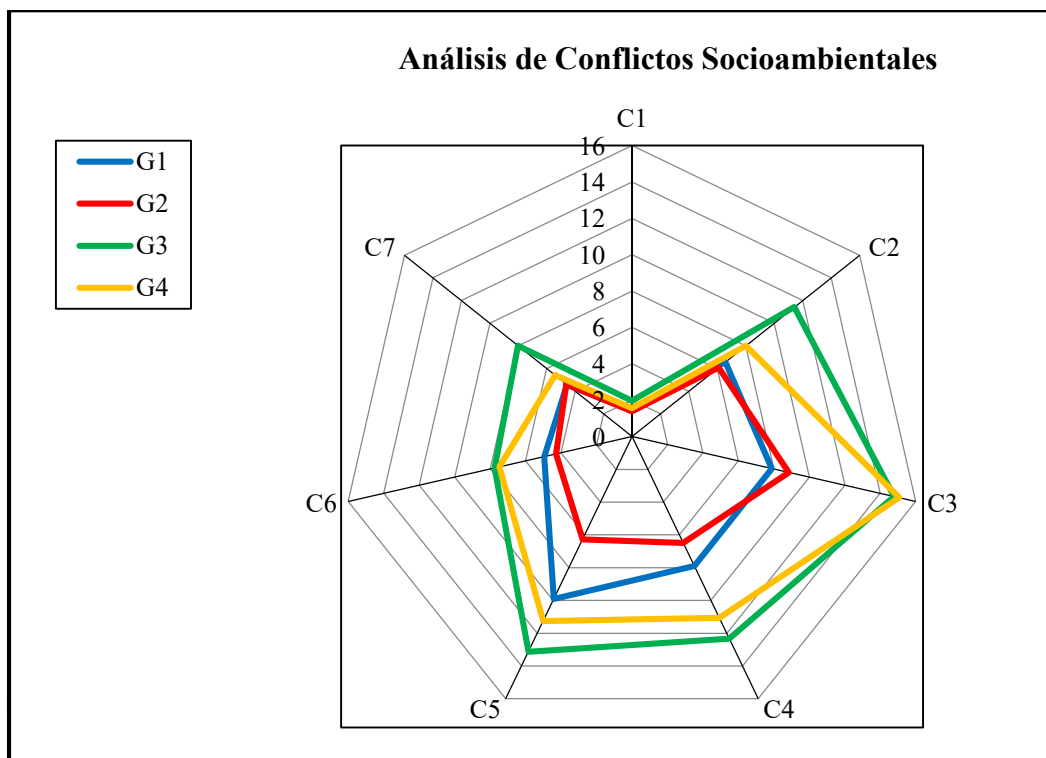


Figura 48 ECA de los grupos  $G_1$ ,  $G_2$ ,  $G_3$  y  $G_4$  con respecto a cada criterio

Nota: Elaboración propia.

## Capítulo IV: Discusión de Resultados

### 4.1. Con respecto al caso de estudio

Gracias a los resultados obtenidos en el capítulo anterior, se pudieron establecer las siguientes premisas en el cálculo del SIA y del ECA:

#### 4.4.1. Discusión de los resultados del SIA.

La Figura 47 muestra los resultados del SIA desde una perspectiva general para cada grupo de *stakeholder*. Por ejemplo, tanto las autoridades comunales (G<sub>1</sub>) como los ganaderos de alpacas (G<sub>2</sub>) consideraron que el proyecto minero generaría un impacto social “negativo”, mientras que el gobierno local (G<sub>3</sub>) y los comerciantes (G<sub>4</sub>) mostraron una opinión neutral de que el proyecto produciría un impacto social “normal”. Adicionalmente, es importante mencionar que, según los resultados, el grupo más optimista fue el gobierno local. Esto es coherente ya que, durante las entrevistas, algunas autoridades comunales mencionaron que la empresa está dando empleos locales temporales a los jefes de cada familia de la comunidad, por lo que ellos avizoran un futuro próspero si el proyecto llega a implementarse.

Similarmente, así como se evaluó el impacto social de manera general, también se puede profundizar dicho análisis con respecto a cada grupo de *stakeholder* para distinguir el criterio que necesite mayor atención por parte del equipo de Relaciones Comunitarias de La Empresa, al momento de trabajar con un respectivo grupo de *stakeholder*. Por ejemplo, en la Figura 43, se puede observar que, para las autoridades comunales (G<sub>1</sub>), el criterio relacionado a la contaminación (C<sub>1</sub>) fue el único que se encontraba en el rango de impacto social “muy negativo” con puntuaciones de 20 a 30. Esta variable fue la más crítica no

solo para este grupo, sino también para los demás, ya que, durante las entrevistas, ellos expresaban cierto temor hacia la extracción de elementos radioactivos. En cambio, los criterios vinculados a la salud (C<sub>4</sub>) y economía (C<sub>5</sub>) se ubicaron en el rango de "impacto normal" con puntuaciones de 50 a 70, mientras que los demás criterios se encontraban en el rango de "impacto negativo" con puntuaciones ente 30-50. En general, las autoridades comunales, durante las entrevistas, mencionaron que tenían experiencia en las negociaciones con empresas mineras y que siempre estaban abiertos al diálogo; sin embargo, subrayaron que, en ciertas ocasiones, las empresas mineras no cumplían con sus promesas.

Algo similar ocurrió con el grupo de los ganaderos de alpacas (G<sub>2</sub>), en el que dos criterios, los relacionados con la contaminación (C<sub>1</sub>) y con el acceso al agua potable (C<sub>6</sub>), se ubicaron en el rango "muy negativo"; mientras que los criterios restantes se situaron en el intervalo de impacto social "negativo". De esta manera, en base a los estos resultados mostrados en la Figura 44, los ganaderos de alpaca podrían considerarse el grupo con el que se debe de trabajar más, ya que ellos mencionaron, durante las entrevistas, que su actividad económica podría verse afectada negativamente por el proyecto. Sin embargo, algunos ganaderos aseguraron que estarían a favor del proyecto siempre y cuando se respete al medio ambiente.

Por otra parte, en el caso de los gobernadores locales (G<sub>3</sub>), los criterios asociados a la pobreza (C<sub>2</sub>), el empleo (C<sub>3</sub>), la salud (C<sub>4</sub>) y la economía (C<sub>5</sub>) se localizaron en el rango de impacto social "positivo" con una calificación ente 70-90. Este grupo de *stakeholder* tuvo la opinión más favorable de todos, ya que mostraban una gran expectativa por los beneficios que el proyecto pudiera generar en un futuro. Asimismo, los demás criterios se ubicaron en el rango de "impacto

normal", con la excepción del criterio relacionado a la contaminación ( $C_1$ ), el cual resultó dentro del rango de impacto social "negativo". Lo anterior puede ser visualizado en la Figura 45.

Finalmente, con respecto al análisis de los comerciantes ( $G_4$ ), la mayoría de los criterios se ubicaron en el rango de impacto social "positivo" ( $C_3$ ,  $C_4$  y  $C_5$ ) y en el rango de impacto social "negativo" ( $C_1$ ,  $C_6$  y  $C_7$ ), mientras que el criterio vinculado a la pobreza ( $C_2$ ) se ubicó en el rango de impacto social "normal" (ver Figura 46) Estos resultados muestran que los comerciantes están menos preocupados por su empleo ( $C_3$ ) y su economía ( $C_5$ ) porque, según su perspectiva, estas variables se verían afectadas positivamente por el proyecto debido a que visualizan a los trabajadores de la empresa minera como potenciales clientes. Por el contrario, mostraron cierta preocupación en el criterio relacionado a seguridad ( $C_7$ ). Ellos mencionaron que con la llegada de personas foránea traídas por proyecto minero, la delincuencia podría aumentar y afectar negativamente a sus negocios.

#### 4.4.2. Discusión de los resultados del ECA.

Con respecto al análisis de la generación de posibles conflictos socioambientales, se pudieron determinar cuáles fueron los criterios con mayores divergencias o pesos entrópicos  $w_j$ . En la Tabla 56, se pueden visualizar los pesos entrópicos de los criterios, los cuales pudieron ser ordenados en forma decreciente. De esta manera, los cuatro criterios con mayor peso entrópico o mayor divergencia entre *stakeholders* fueron la tasa de empleo ( $C_3$ ), el PBI per cápita ( $C_5$ ), el índice de pobreza ( $C_2$ ) y el número de habitantes por médico ( $C_4$ ).

A continuación, se menciona una breve discusión de cada uno de ellos, ya que, al ser los más divergentes, presentan mayores probabilidades de generar conflictos socioambientales entre los grupos de *stakeholders*.

➤ Tasa de empleo (C<sub>3</sub>)

En la Figura 48, de manera visual, se observa que el criterio más divergente es la tasa de empleo (C<sub>3</sub>), por lo que tiene una mayor probabilidad de generar conflicto ya que es una variable controversial. Esto se debe que gráficamente se formaron dos polos opuestos de opiniones antagónicas, con dos grupos de *stakeholders* cada uno. Durante las encuestas, los grupos de *stakeholders* con mayores expectativas con respecto a la generación de empleo fueron los gobernadores locales (G<sub>3</sub>) y los comerciantes (G<sub>4</sub>), estos últimos mencionaron, por ejemplo, que el proyecto minero traería a la zona un mayor número de personas que serían potenciales clientes para ellos. Por otra parte, los ganaderos de alpacas (G<sub>2</sub>) y, sobre todo, las autoridades comunales (G<sub>1</sub>) indicaron que el proyecto traería consigo la posibilidad de empleo solo para los profesionales y operadores de la empresa minera, y que ellos no se verían realmente beneficiados. De esta manera, se puede suscitar un conflicto socioambiental entre los grupos de *stakeholders* G<sub>1</sub> y G<sub>2</sub> en contra de G<sub>3</sub> y G<sub>4</sub>, ya que los primeros grupos no percibirían los mismos beneficios de generación de empleo como los otros dos.

➤ PBI per cápita (C<sub>5</sub>)

Otro criterio muy divergente fue el PBI per cápita, relacionado con la variable social económica. Por teoría el PBI per cápita es la cantidad de dinero producida en bienes y servicios del país dividida entre su número de habitantes. Sin

embargo, en este caso, este criterio solo engloba el PBI per cápita a nivel local, con la finalidad de analizar el ingreso económico por persona en el área de influencia en el tiempo de un año.

Según la Figura 48, los grupos que más divergen, con respecto al criterio C<sub>5</sub>, fueron los gobernantes locales (G<sub>3</sub>) y los ganaderos de alpacas (G<sub>2</sub>). Los gobernadores locales consideraban que los ingresos monetarios de la región aumentarían debido a los impuestos recibidos, mientras que los ganaderos de alpacas no eran muy optimistas al respecto, ya que consideraban que su situación económica seguiría siendo la misma basada en la crianza de sus alpacas (ver Figura 49) y el cultivo de "ichu" (ver Figura 50).



*Figura 49* Crianza de alpacas  
fotografiada por Solange Rios

Nota: Elaboración propia.



*Figura 50* Cultivo de ichu fotografiado  
por Solange Rios

Nota: Elaboración propia.

- Índice de pobreza (C<sub>2</sub>)

Actualmente, Puno es uno de los departamentos más pobres del Perú. Esto queda demostrado en estudios realizados por el Instituto Nacional de Estadística e Informática, en los que los departamentos del Perú son agrupados en cinco grupos para analizar su nivel de pobreza (siendo el grupo 1 el más pobre, mientras que el grupo 5 el menos pobre). De este modo, en 2018 Puno se ubicó en el grupo número 2 con una tasa de pobreza de 32,9 a 36,2% (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2019). Por otro lado, si se analizan los departamentos por su nivel de pobreza extrema, Puno también se encontró en el grupo número 2 en 2018 con una tasa de 6 a 7,7% (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2019).

Estas estadísticas muestran que la pobreza es una variable de preocupación e importancia para el gobierno y la población. Así, cada grupo de *stakeholder* mostró una percepción diferente de los beneficios económicos que generará el proyecto si se implementara. Gráficamente se observa que las autoridades comunales (G<sub>1</sub>) y los ganaderos de alpacas (G<sub>2</sub>) presentan una opinión similar (ver Figura 48). Estos grupos, durante las entrevistas, afirmaron que su nivel socioeconómico no iba a cambiar o que incluso este podría verse afectado por la contaminación que sufriría su ganado o su agricultura. Además, algunas autoridades comunales mencionaron que el proyecto minero sólo beneficiaría a los gobernantes y que, por el contrario, su nivel de vida y el de sus comunidades no cambiarían. Por el contrario, los gobernadores locales (G<sub>3</sub>) percibieron una oportunidad de reducción del índice de pobreza debido a los impuestos que generaría el proyecto en beneficio del área de influencia directa.

- Número de habitantes por médico (C<sub>4</sub>)

Al igual que en el criterio relacionado a la economía (C<sub>5</sub>), la salud fue una de las variables más controversiales entre los gobernadores locales (G<sub>3</sub>) y los ganaderos de alpacas (G<sub>2</sub>) (ver Figura 48). Durante las entrevistas, los gobernadores locales (G<sub>3</sub>) mencionaron que los impuestos que proporcionaría el proyecto servirán para mejorar la calidad de los postas médicas y hospitales de la comunidad. No obstante, los ganaderos de alpacas (G<sub>2</sub>) alegaron que el número de pacientes aumentaría debido a la contaminación que el proyecto generaría.

Por otro lado, los criterios con menor grado de divergencia fueron la tasa de acceso al agua potable (C<sub>6</sub>), el número de delitos denunciados (C<sub>7</sub>) y el nivel de radioactividad (C<sub>1</sub>). La Figura 48 muestra que el criterio con menor divergencia está relacionado a la contaminación (C<sub>1</sub>), ya que todos los grupos de *stakeholders* coincidieron que el proyecto podría tener un impacto negativo en la conservación del medio ambiente, razón por la cual será menos probable que estos grupos de *stakeholders* se enfrenten entre sí debido a dicho criterio. Sin embargo, esto no quiere decir que se deba obviarlo, ya que, al existir concordancia entre los cuatro grupos G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>, G<sub>3</sub> y G<sub>4</sub>, estos pueden crear una coalición en contra del proyecto si es que perciben que el proyecto minero está contaminando. Por esta razón, este criterio sería un buen punto de partida para acercarse a los cuatro grupos de *stakeholders* de manera asertiva, y comenzar a resolver las dudas respecto a la contaminación.

#### **4.5. Con respecto a las metodologías**

Para llevar a cabo el trabajo de investigación, se utilizaron cuatro metodologías, las cuales tuvieron ventajas y desventajas durante su ejecución. A continuación, en la Tabla 58 se discutieron los beneficios y limitaciones de usar cada una de ellas:

Tabla 58 *Ventajas y desventajas de las metodologías utilizadas en la tesis*

	Ventajas	Desventajas
Método AHP	<p>-El método cuenta con una escala que permite transformar aspectos cualitativos en cuantitativos. Esto permite facilitar la comparación entre las alternativas, dando lugar a resultados más objetivos (González, 2019).</p> <p>-AHP permitió verificar el índice de consistencia para eliminar incongruencias en la valoración de las alternativas (González, 2019), y realizar las respectivas correcciones (Toskano, 2005).</p> <p>-El método incluyó la participación de diferentes expertos para generar un equipo multidisciplinario, lo cual enriqueció la toma de decisiones; y se pudo lograr finalmente un consenso adecuado (León Huarcaya et al., 2019; Toskano, 2005).</p> <p>-Permitió desglosar el problema por partes, analizando cada criterio para obtener un resultado final (Toskano, 2005) y reduciendo decisiones complejas en conjuntos de comparaciones simples (Bindu et al., 2010).</p> <p>-Esta metodología no involucra el uso de matemáticas complejas (Bindu et al., 2010).</p> <p>-AHP puede incorporar aspectos cualitativos en su análisis, lo cual no es tan común en métodos multicriterios. Razón por la cual, dichos aspectos cualitativos suelen quedarse excluidos debido a la dificultad de ser medidos, a pesar de que, en algunos casos, pueden resultar relevantes para la resolución de un problema (Tavella, Miropolsky, y Manera, 2014).</p>	<p>-No se puede descartar al cien por ciento la subjetividad de los expertos, esta siempre va a existir, ya que la consistencia perfecta es difícil de obtener por los juicios subjetivos de los expertos (Tavella et al., 2014).</p> <p>-Es sensible a las alteraciones de la importancia asignada a cada criterio, la cual podría variar dependiendo al contexto social en el corto o mediano plazo, ya que los aspectos sociales son de índole dinámico y requieren ser revisados y actualizados continuamente considerando los acontecimientos importantes en torno al proyecto minero (Tavella et al., 2014).</p> <p>-Presenta una base matemática relativamente tediosa si se requiere su aplicación en problemas más complejos en los que haya un mayor número de alternativas o de criterios.</p> <p>-Durante la ejecución de las encuestas, resultó muy tedioso realizar el análisis de consistencia para cada matriz, ya que, si las respuestas del experto no eran coherentes, este debía reconsiderar su respuesta hasta que la matriz resultara con un grado de consistencia aceptable.</p>
Entropía de Shannon	<p>-Puede jerarquizar cualquier cantidad de alternativas “m” (en este caso, variables sociales) con cualquier cantidad de criterios “n” sin que influyan las preferencias o la subjetividad del experto (Estrada García, 2002).</p> <p>-Los criterios no requieren de la asignación de pesos por parte del decisor (Estrada García, 2002), ya que estos se calculan con los valores brindados por el decisor durante el llenado de la matriz.</p> <p>-Al momento del recojo de información, fue relativamente fácil y rápido encuestar a los expertos a pesar de que se compararon diez variables sociales. Esto se debe a que este método solo requiere completar una sola matriz, a diferencia del método AHP.</p>	<p>-Tanto el método AHP como la Entropía de Shannon no son capaces de garantizar por completo que se esté tomando una decisión adecuada debido a las limitaciones que presentan, por lo que solo son instrumentos de apoyo que ofrecen una perspectiva objetiva (Cabello, 2017) para la jerarquización de grupos de <i>stakeholders</i> y variables sociales.</p> <p>-Durante el recojo de información, se necesitó una mayor explicación por parte del facilitador a los expertos, debido a que ellos podrían confundirse fácilmente al llenar una sola matriz.</p>

---

Grey clustering	<p>-Es un método con alta estandarización, debido a su alto nivel de aplicabilidad en diferentes contextos no solo para problemas del medio físico (agua, suelo, aire), sino también en el social. De esta manera, el <i>grey clustering</i> puede ser aplicado a diferentes tipos de proyectos.</p> <p>-Alta capacidad de cuantificar resultados sociales por la aplicación de sistemas grises, en el uso de las <i>grey</i> clases para cada criterio, durante el cálculo del SIA (Delgado y Romero, 2015).</p> <p>-Permite tener un mayor rango de evaluación para que los grupos de stakeholders den su opinión, lo cual facilitó el recojo de información durante las entrevistas (Delgado y Romero, 2015).</p>	<p>-Se necesita que el usuario defina el número de <i>grey</i> clases y el concepto que cada una engloba según el problema que se desee resolver. Además, el usuario debe considerar que las <i>grey</i> clases deben ser de carácter estándar para la evaluación de todos los criterios con los que se va a trabajar.</p> <p>-El método presenta una compleja construcción de las funciones triangulares CTWF para cada criterio, en caso de que los rangos o intervalos de las <i>grey</i> clases sean diferentes.</p>
-----------------	--	--

---

Método integrado IGCEW	<p>-Las metodologías <i>grey clustering</i> y entropía de Shannon se complementaron entre sí de manera satisfactoria en estudios sociales debido a la alta versatilidad de ambos métodos.</p> <p>-Los cálculos se obtienen fácilmente si se utiliza un simple sistema informático ya computarizado.</p>	<p>-No se puede eliminar al cien por ciento los aspectos subjetivos en los resultados finales, debido a que la recopilación de información inicial se hizo mediante encuestas.</p> <p>-Es un método relativamente nuevo y que no ha sido aplicado en muchas investigaciones. Por esta razón, es necesario validarlo en otros contextos para mejorar su eficacia.</p>
---------------------------	---	--

---

Nota: Elaboración propia tomando como referencia algunos autores, los cuales fueron citados.

## Capítulo V: Conclusiones

Con la realización de la presente tesis se pudieron establecer las siguientes conclusiones:

- En primer lugar, se concluye que los grupos de *stakeholders* y variables sociales más importantes (en cuanto a criterios de magnitud, extensión, probabilidad y gobernabilidad) fueron determinados de manera eficiente mediante la aplicación de modelos matemáticos como el método AHP y la entropía de Shannon; sin desestimar la parte cualitativa (muy importante en estudios sociales). Esto se reflejó en la comprobación de los resultados por medio de la visita realizada a la zona de estudio, la cual permitió ajustarlos.
- En consecuencia, esta información podría ser muy útil para la empresa minera, ya que, gracias a ella, podría identificar mejor a sus posibles proveedores locales y lograr negociaciones que enriquezcan la relación empresa-comunidad. Además, se concluye que, con los resultados obtenidos, La Empresa puede prestar más atención a las principales variables sociales que afectan con más recurrencia e intensidad a los grupos de *stakeholders*.
- Adicionalmente, se concluye que la información cualitativa proporcionada, mediante encuestas, por los cuatro grupos de *stakeholders*, ha sido cuantificada con éxito en la determinación del SIA y ECA. Ello ha permitido establecer objetivamente los valores del impacto social que el proyecto podría ocasionar según la perspectiva de estos cuatro grupos de *stakeholders*, y determinar los criterios más divergentes o con más probabilidades de generar conflictos socioambientales entre estos grupos de *stakeholders*.
- Por otro lado, los resultados del SIA en la Etapa 2 permiten concluir que, para las autoridades comunales y los ganaderos de alpacas, el proyecto minero generaría un impacto social negativo; mientras que, para el gobierno local y los comerciantes, el impacto social sería normal. Siendo el gobierno local el grupo más optimista con respecto a la ejecución del proyecto minero.

- Desde otra perspectiva, si se analiza qué criterios son los que generarían los peores y mejores impactos se concluye que, según la perspectiva de todos los grupos de *stakeholders*, el proyecto produciría un impacto más negativo en la contaminación (C<sub>1</sub>) y un impacto más positivo en la economía local (C<sub>5</sub>).
- Por consiguiente, con respecto al resultado negativo con relación al criterio C<sub>1</sub>, también se concluye que la empresa minera deberá tener un Plan de Contingencia para el cuidado de las pinturas rupestres del Patrimonio Cultural de Macusani, con la finalidad de prevenir su deterioro y contaminación; y sobre todo de evitar oposiciones al proyecto por la desinformación de una posible desaparición de dicho patrimonio.
- Asimismo, los resultados del ECA permiten concluir que los criterios con mayor probabilidad de generar un conflicto socioambiental entre los grupos de *stakeholders* fueron los relacionados al empleo (C<sub>3</sub>) y a la economía (C<sub>5</sub>) (en ese orden), ya que algunos grupos sienten que no serán favorecidos en la obtención de empleos de trabajo durante la ejecución del proyecto; mientras que otros sí. Por esta razón, es muy importante el fortalecimiento de las economías locales para evitar la dependencia laboral y/o económica con la empresa minera. La comunidad debe ser gestora de su propio desarrollo con ayuda del estado peruano y la empresa minera.
- De esta manera, se sintetiza que los resultados obtenidos podrían ayudar a los analistas sociales de La Empresa o del gobierno peruano a buscar medidas preventivas y adecuadas con la finalidad de evitar posibles conflictos socioambientales en relación al proyecto.
- Por otra parte, se concluye que la metodología IGCEW descrita en esta tesis se aplicó de manera efectiva como una extensión de los métodos cualitativos y cuantitativos. Por ejemplo, en este trabajo de investigación, IGCEW logra proporcionar información cuantitativa del impacto social para cada grupo de *stakeholder* aplicando un método cuantitativo como el *grey clustering* basado en el CTWF. Además, también por medio de la aplicación del método

IGCEW, los resultados del peso entrópico de Shannon pudieron mostrar claramente los criterios con más probabilidades de generar conflictos socioambientales.

- En lo que respecta al proyecto, se concluye que la empresa minera tiene la oportunidad de empezar a entablar una buena relación con los grupos de *stakeholders*. Los resultados obtenidos en esta investigación no fueron tan alentadores, ya que el proyecto es nuevo y el aspecto social aún no ha sido trabajado plenamente. Esto podría deberse al hecho de que la empresa minera decidió detener sus trabajos de exploración en su otro yacimiento de litio, y centrarse más en apelar la decisión del gobierno peruano de revocar sus 32 concesiones mineras en Puno (Gestión, 2019). De esta manera, todas las energías de La Empresa se enfocaron en este problema, ya que una de las 32 concesiones representa casi 50% del yacimiento; sin embargo, el aspecto social no puede ser descuidado por mucho tiempo. Si los trabajos de gestión social se logran intensificar después de la pandemia, el panorama podría cambiar favorablemente en el futuro.
- El área de relaciones comunitarias de la empresa minera deberá estar preparada para adaptar su trabajo a la nueva coyuntura social debido a la pandemia del Covid-19. Es muy importante que se mantenga la comunicación con los comuneros respetando los nuevos protocolos del gobierno para no perder las buenas relaciones con las comunidades. Para ello, se tendría que considerar el uso de herramientas digitales brindadas por la empresa minera, y con la oportuna capacitación para el uso de estas.
- Finalmente, esta investigación está basada en un estudio de comunidades rurales con diferentes cosmovisiones del mundo e intereses cambiantes, por lo que se concluye que las interpretaciones de sus perspectivas, ante un posible impacto social generado por el proyecto minero, no pueden ser tratadas como permanentes a lo largo del tiempo ni como algo confiable al cien por ciento, ya que la índole social está caracterizada por ser siempre dinámica.

## Capítulo VI: Recomendaciones y comentarios

Con la elaboración de la presente tesis se pudieron establecer las siguientes recomendaciones:

- Se podría realizar un análisis de sensibilidad para la Etapa 1 de la tesis que permita visualizar los cambios en la elección de los principales grupos de *stakeholders* y variables sociales, dependiendo de la modificación del contexto social, lo cual puede alterar incluso los resultados obtenidos en la Etapa 2. Este análisis adicional se puede desarrollar mediante el software *Expert Choice* de manera automática (Cabello, 2017).
- Adicionalmente, durante la aplicación del peso entrópico de Shannon en la Etapa 1, se podría ponderar la pericia de los expertos para obtener una mayor precisión en el cálculo del peso entrópico de los criterios, y, de esta manera, realizar una estimación mucho más real en la jerarquización de las variables sociales (Estrada García, 2002).
- En futuras investigaciones, el método IGCEW podría aplicarse a otros tipos de proyectos (ya no relacionados con la minería) como proyectos industriales, proyectos de construcción civil, proyectos sociales, entre otros. Adicionalmente, este método también puede ser aplicado para ayudar a los profesionales de Relaciones Comunitarias a decidir qué proyecto socialmente sostenible se puede llevar a cabo en una zona determinada. Esto sería de gran utilidad debido a que, algunas veces, los proyectos de responsabilidad social elegidos y ejecutados no suelen favorecer plenamente a las comunidades. De esta manera, se podría evitar un descontento social que se acumule a lo largo del tiempo y que desencadene, finalmente, un conflicto social en la comunidad al no sentirse totalmente beneficiados.
- Además, es fundamental que el gobierno peruano, la empresa minera y las comunidades de Isivilla, Tantamaco y Corani puedan sumar esfuerzos para generar un desarrollo sostenible en la zona de influencia del proyecto minero; y, de este modo, reducir la brecha social reflejada en el índice de pobreza, educación, salud, entre otros. En otras palabras, estos tres actores deberán trabajar de manera articulada para la generación de valor compartido.

- Es sumamente importante que se entable una comunicación permanente, asertiva y transparente entre la empresa y las comunidades para lograr una confianza mutua que permita afianzar lazos y generar, asimismo, un desarrollo sostenible que beneficie a ambos actores.
- Por otro lado, con respecto a los resultados del SIA, se recomienda realizar planes de gestión social diferenciados para cada grupo de *stakeholder* debido a las diferentes perspectivas que estos adoptan con relación al impacto social que podría generar el proyecto minero.
- De la misma manera, en base a los resultados del ECA, se podrían elaborar los lineamientos generales para la ejecución de proyectos de inversión social que logren implementarse en un futuro. Esto debido a que dichos proyectos de inversión social se guían de las variables sociales más críticas del área de influencia directa, las cuales están relacionadas, en esta tesis, a su respectivo criterio.
- Finalmente, fue importante que el facilitador que realizó las encuestas, tanto en la Etapa 1 como en la Etapa 2, estuviese lo suficientemente capacitado para dilucidar cualquier duda de los entrevistados, a fin de obtener respuestas coherentes a las preguntas de los cuestionarios.

## Referencias

- Agencia Peruana de Noticias. (2011, marzo 19). Turba quema vivos a tres presuntos delincuentes en Puno. *Andina*. Recuperado de <https://andina.pe/agencia/noticia-turba-quema-vivos-a-tres-presuntos-delincuentes-puno-348977.aspx>
- Agencia Peruana de Noticias. (2018, julio 24). Promueven la lucha contra la anemia en zonas rurales de Puno. *Andina*. Recuperado de <https://andina.pe/agencia/noticia-promueven-lucha-contra-anemia-zonas-rurales-puno-718599.aspx>
- Aguirre, A., Palomino, E., y Salazar, G. (2017). Application of fuzzy logic for the determination of the quality of bodies of water in the Rimac river watershed. *TECNIA*, 27(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.21754/tecnica.v27i1.128>
- Arbeláez, D. (2015). Diálogo, conflictividad y regulación de los Estudios de Impacto Ambiental en el Sistema minero: Aprendiendo de la experiencia peruana y el contexto latinoamericano. En *Centre for Social Responsibility in Mining* (Vol. 6). Australia. Recuperado de <https://www.csr.uq.edu.au/publications/dia-dialogo-conflictividad-y-regulación-de-los-estudios-de-impacto-ambiental-en-el-sistema-minero-aprendiendo-de-la-experiencia-peruana-en-el-contexto-latinoamericano>
- Ardiles, R. (2018, julio 25). Perú cuenta con el mayor yacimiento del mundo: El oro blanco de las alturas. *El Peruano*. Recuperado de <https://elperuano.pe/suplementosflipping/economika/274/web/index.html>
- Aristóteles, C. (2015). Comparison of multicriteria methods AHP and Fuzzy AHP in selecting the best technology for the production of electricity from coal. *Scientia et Technica Año XX*, 20(3), 255-260.

Aruquipa, L. (2019). Gobernador Regional Walter Aduviri dialogó sobre la problemática de la contaminación minera de la cuenca del río Ramis. Recuperado 15 de junio de 2020, de Gobierno Regional de Puno website: <http://www.regionpuno.gob.pe/gobernador-regional-walter-aduviri-dialogo-sobre-la-problematika-de-la-contaminacion-minera-de-la-cuenca-del-rio-ramis/>

Asesores y Consultores Mineros S.A. (2018). *Declaración de Impacto Ambiental del proyecto de exploración Chacaconiza*. Macusani. Recuperado de <http://extranet.minem.gob.pe/>

Asociación Peruana de Empresas de Inteligencia de Mercados. (2019). Estadística por niveles socioeconómicos en Perú. Recuperado 23 de mayo de 2020, de <https://app.klipfolio.com/dashboard>

Aznar, J., y Guijarro, F. (2012). *Nuevos métodos de valoración (Modelos multicriterio)* (2da ed.; Universidad Politécnica de Valencia, Ed.). España.

Barra, M. (2012, julio 5). “Es momento de que Yanacocha cambie las caras de su gerencia”. *Diario Gestión*. Recuperado de <https://gestion.pe/peru/politica/momento-yanacocha-cambie-caras-gerencia-14963-noticia/>

Bindu, C., Padmaja, M., y Chandulal, J. A. (2010). Evaluating Web Sites Based on GHAP. *International Journal on Computer Science and Engineering*, 2(3), 674-679. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/49617307\\_Evaluating\\_Web\\_Sites\\_Based\\_on\\_GHAP](https://www.researchgate.net/publication/49617307_Evaluating_Web_Sites_Based_on_GHAP)

Bonsignore, F. (2004). Información en el registro de Imágenes Médicas. *XIII Seminario de Ingeniería Biomédica, 2004.*, 1-5. Uruguay: Facultades de Medicina e Ingeniería, Univ.

de la República Oriental del Uruguay. Recuperado de <http://www.nib.fmed.edu.uy/bonsignore.pdf>

Brereton, D., Cano, A., y Paredes, A. (2018). *Prácticas de gestión social en la industria minera peruana: hallazgos clave de la encuesta a empresas de la Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía (SNMPE)*. Perú. Recuperado de [https://www.up.edu.pe/SiteAssets/Lists/Prensa%20Noticias/AllItems/Brereton\\_Cano\\_Paredes\\_Practicas%20de%20Gestion%20Social%20Industria%20Minera%20Peruana%202018.pdf](https://www.up.edu.pe/SiteAssets/Lists/Prensa%20Noticias/AllItems/Brereton_Cano_Paredes_Practicas%20de%20Gestion%20Social%20Industria%20Minera%20Peruana%202018.pdf)

Brown, G. K., y Stewart, F. (2015). Economic and Political causes of Conflict: An overview and some policy implications. *CRISE Working Paper*, (81). Recuperado de <https://www.qeh.ox.ac.uk/publications/economic-and-political-causes-conflict-overview-and-some-policy-implications>

Cabello, A. (2017). *Métodos de decisión multicriterio y sus aplicaciones* (Universidad de la Rioja). Universidad de la Rioja. Recuperado de <https://fdocuments.ec/document/metodos-de-decision-multicriterio-y-sus-aplicaciones-metodos-de-decision.html>

Cabezas, R., Hidalgo, S., y Maguiña, J. (2015). Evaluación integral del nivel de riesgo en bibliotecas de la UNI usando metodología Grey Clustering. *TECNIA- Revistas UNI*. Recuperado de [https://www.academia.edu/35522530/Evaluación\\_de\\_Factores\\_de\\_riesgos\\_en\\_bibliotecas\\_de\\_la\\_UNI\\_usando\\_Grey\\_Clustering](https://www.academia.edu/35522530/Evaluación_de_Factores_de_riesgos_en_bibliotecas_de_la_UNI_usando_Grey_Clustering)

Calderón, F. (2012). Diez tesis sobre el conflicto social en América Latina. *Revista CEPAL*, (107), 7-30. Recuperado de <https://www.cepal.org/es/publicaciones/11546-diez-tesis->

[conflicto-social-america-latina](#)

Castellares, R., y Fouché, M. (2017). *Determinantes de los Conflictos Sociales en Zonas de Producción Minera* (Vol. 005). Lima. Recuperado de <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Documentos-de-Trabajo/2017/documento-de-trabajo-05-2017.pdf>

Celestino, J., y Mendoza, L. (2019). Determinantes económicos y sociopolíticos de los conflictos socioambientales en el Perú. *Journal of High Andean Research*, 21(2), 122-138. Recuperado de <http://www.scielo.org.pe/pdf/ria/v21n2/a04v21n2.pdf>

Centro Nacional de Planeamiento Estratégico. (2018). *Información departamental, provincial y distrital de población que requiere atención adicional y devengado per cápita*. Perú. Recuperado de [http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con5\\_uibd.nsf/8CB9BB79495ACE5F052582780056A821/\\$FILE/Información-departamental-provincial-distrital-al-31-de-diciembre-VF.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con5_uibd.nsf/8CB9BB79495ACE5F052582780056A821/$FILE/Información-departamental-provincial-distrital-al-31-de-diciembre-VF.pdf)

Chang, Z., y Qisen, Z. (2009). The assessment of the social, economic, and environmental impacts of expressway construction projects based on the DFGF Algorithm. *International Conference on Management and Service Science*. China: Congreso Internacional de Ciencias de la Gestión y los Servicios 2009. <https://doi.org/10.1109/ICMSS.2009.5303732>

Charland, L. (2014). *Structural causes of social conflict in Africa* (University of Central Florida; Vol. 20). University of Central Florida. Recuperado de [http://etd.fcla.edu/CF/CFH0004663/Charland\\_Lucien\\_A\\_201408\\_BA.pdf](http://etd.fcla.edu/CF/CFH0004663/Charland_Lucien_A_201408_BA.pdf)

Ciencia y Tecnología para el Desarrollo Sostenible S.A.C. (2011). *Declaración de Impacto*

*Ambiental del proyecto de exploración Tupuramani.* Perú. Recuperado de <http://extranet.minem.gob.pe/>

Compañía peruana de estudios de mercados y opinión pública S.A.C. (2019). *Perú: Población 2019.* Lima. Recuperado de [http://cpi.pe/images/upload/paginaweb/archivo/26/mr\\_poblacional\\_peru\\_201905.pdf](http://cpi.pe/images/upload/paginaweb/archivo/26/mr_poblacional_peru_201905.pdf)

Congreso de la República. (2012). Ley de creación del Servicio Nacional de Certificación Ambiental para las Inversiones Sostenibles (SENACE) LEY N° 29968. *El Peruano*. Recuperado de <https://www.senace.gob.pe/wp-content/uploads/2016/10/N-1-01-Ley-29968.pdf>

Congreso de la República. (2017). *Proyecto de Ley N° 1298/2016-CR «Ley que declara al distrito de Macusani, provincia de Carabaya en la Región Puno como capital del patrimonio alpaquero del Perú».* Macusani. Recuperado de [https://leyes.congreso.gob.pe/Documentos/2016\\_2021/Dictámenes/Proyectos\\_de\\_Ley/01298DC01MAY20170620.pdf](https://leyes.congreso.gob.pe/Documentos/2016_2021/Dictámenes/Proyectos_de_Ley/01298DC01MAY20170620.pdf)

Congreso de la República. (2020). Decreto Legislativo N° 1500. *El Peruano*, 2-5. Recuperado de <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/decreto-legislativo-que-establece-medidas-especiales-para-r-decreto-legislativo-n-1500-1866220-1/>

Consultores “Z” Asociados S.R.L. (2012). *Instalación del centro de biotecnología para la competitividad de producción de alpacas del Distrito.* Macusani. Recuperado de <https://doczz.es/doc/4578401/municipalidad-provincial-de-carabaya-perfil-de-proyecto->

Coordinadora Nacional de Derechos Humanos. (2020). Decreto N° 1500 sobre reactivación económica debilita la institucionalidad ambiental. Recuperado 22 de enero de 2021, de 21-05-2020 website: <https://derechoshumanos.pe/2020/05/decreto-no-1500-sobre->

[reactivacion-economica-debilita-la-institucionalidad-ambiental/](#)

Defensoría del Pueblo. (2017a). *Reporte de Conflictos Sociales N° 163 Setiembre 2017*.

Lima. Recuperado de <https://www.gob.pe/defensoria-del-pueblo>

Defensoría del Pueblo. (2017b). *Vigésimo primer informe Anual 2017*. Perú. Recuperado de

[https://www.defensoria.gob.pe/wp-content/uploads/2018/07/Informe\\_anual\\_DP\\_2017.pdf](https://www.defensoria.gob.pe/wp-content/uploads/2018/07/Informe_anual_DP_2017.pdf)

Defensoría del Pueblo. (2019). *Reporte de Conflictos Sociales N° 181 Marzo 2019*. Perú.

Recuperado de <https://www.defensoria.gob.pe/wp-content/uploads/2019/04/Conflictos-Sociales-N%C2%B0-181-Marzo-2019.pdf>

Defensoría del Pueblo. (2020). *Reporte de Conflictos Sociales N° 195 Mayo 2020*. Perú.

Recuperado de <https://www.defensoria.gob.pe/wp-content/uploads/2020/06/Reporte-Mensual-de-Conflictos-Sociales-N%C2%B0-195-mayo-2020.pdf>

Delgado, A. (2017a). Citizen criminality assessment in lima city using the grey clustering method. *Proceedings of the 2017 IEEE 24th International Congress on Electronics, Electrical Engineering and Computing, INTERCON 2017*, 2-5.

<https://doi.org/10.1109/INTERCON.2017.8079662>

Delgado, A. (2017b). Social conflict analysis on a mining project using shannon entropy.

*2017 IEEE XXIV International Conference on Electronics, Electrical Engineering and Computing (INTERCON)*, 1-4. <https://doi.org/10.1109/INTERCON.2017.8079661>

Delgado, A., y Romero, I. (2015). Selección de un método para la evaluación del impacto social usando AHP. *Revista ECIPeru*, 12(1), 84-91.

<https://doi.org/10.33017/reveciperu2015.0013/>

- Delgado, A., y Romero, I. (2016). Environmental conflict analysis using an integrated grey clustering and entropy-weight method: A case study of a mining project in Peru. *Environmental Modelling and Software*, 77, 108-121.  
<https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2015.12.011>
- Delgado, A., y Romero, I. (2017a). Applying grey systems and shannon entropy to social impact assessment and environmental conflict analysis. *International Journal of Applied Engineering Research*, 12(24), 14327-14337.
- Delgado, A., y Romero, I. (2017b). Environmental conflict analysis on a hydrocarbon exploration project using the Shannon entropy. *Proceedings of the 2017 Electronic Congress, E-CON UNI 2017*, 2017-Janua(1), 2-5.  
<https://doi.org/10.1109/ECON.2017.8247309>
- Deng, J. (1985). Generation Functions of Grey Systems. *Fuzzy Mathematics*, 5, 11-22.
- Dirección Regional Agraria de Puno. (2018). Información estadística de la Producción agrícola 2018. Recuperado de <https://www.agropuno.gob.pe/informacion-estadistica/>
- Dirección Regional Agraria de Puno. (2019). Información estadística de la Población Pecuaria 2019. Recuperado 13 de septiembre de 2020, de <https://www.agropuno.gob.pe/informacion-estadistica/>
- E.O. Fagbote, E.O. Olanipekun, y Uyi, H. S. (2014). Water quality index of the ground water of bitumen deposit impacted farm settlements using entropy weighted method. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 11(1), 127-138.  
Recuperado de <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs13762-012-0149-0>
- Echave, J. De. (2018). El litio de Puno. Recuperado 5 de junio de 2020, de Copper Accion

website: <http://cooperacion.org.pe/el-litio-de-puno/>

Elkanj, N., y Gangopadhyay, P. (2014). Why is the Middle East burning?. An historical analysis of the economic causes of conflicts from 1963 to 1999. *International Journal of Development and Conflict*, 4, 35-48. Recuperado de <http://www.ijdc.org.in/uploads/1/7/5/7/17570463/2014junearticle2.pdf>

Empresa turística Perú. (2017). Macusani: un fascinante destino turístico que te cautivará en Puno. Recuperado 4 de octubre de 2020, de Grupo El Comercio website: <https://peru.com/viajes/conozca-peru/macusani-carabaya-puno-destinos-viajes-turismo-fotos-fotos-viajes-noticia-539047>

Estrada García, J. M. (2002). *Asignación de pesos no subjetivos para la valuación* (Instituto Tecnológico de la Construcción). Instituto Tecnológico de la Construcción. Recuperado de [https://infonavit.janium.net/janium/TESIS/Maestria/Estrada\\_Garcia\\_M\\_en\\_I\\_Jose\\_Mart\\_in\\_45491.pdf](https://infonavit.janium.net/janium/TESIS/Maestria/Estrada_Garcia_M_en_I_Jose_Mart_in_45491.pdf)

Fernandez, J. P. (2018). Perú no cuenta con leyes para explotar minerales radiactivos, y eso inquieta a Macusani Yellowcake. Recuperado 10 de noviembre de 2020, de Revista ENERGIMINAS website: <https://energiminas.com/peru-no-cuenta-con-leyes-para-explotar-minerales-radiactivos-y-eso-inquieta-a-macusani-yellowcake/>

Flynn, S. (2016). Desde la Minería a la Nueva Economía 1: Principios de Diseño para el Desempeño Social. *Centre for Social Responsibility in Mining (CSR)*, 1-8. Recuperado de <https://www.csr.uq.edu.au/media/docs/1310/occasional-paper-series-spanish-sharon-flynn-practitioner-perspective-final-19-january-2016.pdf>

- Forman, E., y Gass, S. (2001). The analytic hierarchy process - An exposition. *Operations Research*, 49(4), 469-486. Recuperado de <https://doi.org/10.1287/opre.49.4.469.11231>
- Franks, D. (2011). Management of the Social impacts of Mining. *SME Handbook of Mining Engineering*, 1817-1825. Recuperado de <file:///C:/Users/Solange/Downloads/management-of-the-social-impacts-of-mining.pdf>
- Franks, D. (2012). *Evaluación del impacto social de los proyectos de recursos*. Recuperado de [https://im4dc.org/wp-content/uploads/2012/01/UWA\\_1833\\_Paper-2\\_Spanish-version\\_Social-impactassessment-of-resource-projects.pdf](https://im4dc.org/wp-content/uploads/2012/01/UWA_1833_Paper-2_Spanish-version_Social-impactassessment-of-resource-projects.pdf)
- Garza, R., Gonzáles, C., y Salinas, E. (2006). Toma de decisiones empresariales: Un enfoque multicriterio multiexperto. *Ingeniería Industrial*, XXVIII(29-36), 1-3. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/3604/360433562007.pdf>
- Gonzáles, N. (2019). AHP: un método para fortalecer la toma de decisiones en SST. Recuperado 22 de mayo de 2020, de Preven Control website: <https://prevencontrol.com/prevenblog/ahp-un-metodo-para-fortalecer-la-toma-de-decisiones-en-sst/#:~:text=Es%20un%20m%C3%A9todo%20de%20decisi%C3%B3n,entrar%20en%20conflicto%20entre%20s%C3%AD.>
- Haslam, P. A., y Ary Tanimoune, N. (2016). The Determinants of Social Conflict in the Latin American Mining Sector: New Evidence with Quantitative Data. *World Development*, 78, 401-419. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2015.10.020>
- Hostnig, R. (2005). Macusani y Corani, repositorios de Arte Rupestre Milenario en la Cordillera de Carabaya, Puno - Perú. En *Boletín No. 17 (2003) de la SIARB*. Cusco. Recuperado de <https://www.rupestreweb.info/macusani.html>

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2017a). *Compendio estadístico Puno 2017*. Puno. Recuperado de <http://www.keneamazon.net/Documents/INEI/Puno.pdf>

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2017b). *PERÚ: Tasa de analfabetismo de mujeres y hombres de 15 y más años de edad, según ámbito geográfico*. Perú. Recuperado de <https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/analfabetismo-y-alfabetismo-8036/>

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2017c). *Resultados definitivos de los censos nacionales 2017*. Puno. Recuperado de <http://www.censos2017.pe/publicaciones/>

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2018a). *Compendio Estadístico de Perú 2018*. Perú. Recuperado de [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digiales/Est/Lib1635/compendio2018.html?fbclid=IwAR2elrpvnygzRI8qWIIu50SkMBIkyaIADC5MJ2UwWvp-go8lPLgC5XhYDDg](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digiales/Est/Lib1635/compendio2018.html?fbclid=IwAR2elrpvnygzRI8qWIIu50SkMBIkyaIADC5MJ2UwWvp-go8lPLgC5XhYDDg)

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2018b). *Informe Técnico: Estadística de Seguridad Ciudadana 2018*. Lima. Recuperado de <https://www.inei.gob.pe/biblioteca-virtual/boletines/estadisticas-de-seguridad-ciudadana/1/>

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2019). Informe técnico: Evolución de la Pobreza Monetaria 2007-2018. En *Instituto Nacional de Estadística e Informática*. Perú. Recuperado de [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digiales/Est/Lib1646/libro.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digiales/Est/Lib1646/libro.pdf)

International Institute for Sustainable Development. (2005). *Evaluación del Impacto Social (EIS)*. Canadá. Recuperado de <https://www.iisd.org/learning/eia/es/wp->

[content/uploads/2016/06/ES-SIA.pdf](#)

Ji, Y., Sun, W., y Huang, G. H. (2015). Risk assessment of hydropower stations through an integrated fuzzy entropy-weight multiple criteria decision making method: A case study of the Xiangxi River. *Expert Systems with Applications*, 42(12), 5380-5389. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2014.12.026>

Kalejaiye, P., y Alliyu, N. (2013). Ethnic Politics and Social Conflicts: Factors in Nigeria's Underdevelopment. *The Journal of International Social Research*, 6(27), 251-262. <https://doi.org/1307-9581>

Ke, L., Xiaoliu, S., Zhongfu, T., y Wenyan, G. (2012). Grey Clustering Analysis Method for Overseas Energy Project Investment Risk Decision. *Systems Engineering Procedia*, 3(2011), 55-62. <https://doi.org/10.1016/j.sepro.2011.11.008>

Kim, H. S. (2006). The Determinants of Internal Conflict in the Third World. *The Whitehead Journal of Diplomacy and International Relations*, 7(2), 91-106. Recuperado de <http://blogs.shu.edu/journalofdiplomacy/files/archives/09Kim.pdf>

La República. (2020, febrero 19). *Puno: Rondas campesinas castigaron a dos sujetos que roban paneles solares*. Recuperado de <https://larepublica.pe/sociedad/2020/02/19/puno-rondas-campesinas-castigaron-a-dos-sujetos-que-roban-paneles-solares-lrsd/>

La Rosa, L. (2018). *¿Qué impacto tiene la minería sobre la calidad del empleo diferenciado por género?* (Universidad de Lima). Universidad de Lima. Recuperado de [http://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/ulima/7773/La\\_Rosa\\_Ferrero\\_Lucía.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/ulima/7773/La_Rosa_Ferrero_Lucía.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- León Huarcaya, L., Moriano Chipana, J. M., y Quito Huamán, G. E. (2019). Aplicación de la metodología multicriterio para la priorización de inversiones del PRONIS-MINSA (Universidad del Pacífico). Universidad del Pacífico. Recuperado de [http://repositorio.up.edu.pe/bitstream/handle/11354/2591/Liliana\\_Tesis\\_Maestria\\_2019.pdf?sequence=1](http://repositorio.up.edu.pe/bitstream/handle/11354/2591/Liliana_Tesis_Maestria_2019.pdf?sequence=1)
- Li, X., Wang, K., Liuz, L., Xin, J., Yang, H., y Gao, C. (2011). Application of the entropy weight and TOPSIS method in safety evaluation of coal mines. *Procedia Engineering*, 26, 2085-2091. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.11.2410>
- Liu, S., y Lin, Y. (2010). *Grey Systems: Theory and Applications* (Springer, Ed.). Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-16158-2>
- Lorenzo, L. (2002). *Aplicaciones de la entropía de Shannon en química computacional* (Universidad de Vigo España). Universidad de Vigo España. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=222983>
- Mendieta, P. (2018, junio 20). Minsa: Más de 600 muertos por ola de frío en el país. *Diario Correo*. Recuperado de <https://diariocorreo.pe/peru/mas-de-600-muertos-por-ola-de-frio-en-el-pais-por-ola-de-frio-825623/>
- Mendoza, A., Solano, C., Palencia, D., y Garcia, D. (2019). Aplicación del proceso de jerarquía analítica (AHP) para la toma de decisión con juicios de expertos. *Ingeniare-Revista chilena de ingeniería*, 27(3), 348-360. <https://doi.org/10.4067/S0718-33052019000300348>
- Ministerio de Agricultura y Riego. (2019). Potencial productivo y comercial de la Alpaca. En *Dirección de estudios económicos e información Agraria*. Lima. Recuperado de <http://repositorio.minagri.gob.pe:80/jspui/handle/MINAGRI/350>

Ministerio de Cultura. (2020). Base de Datos de Pueblos Indígenas u Ordinarios. Recuperado 21 de mayo de 2020, de <https://bdpi.cultura.gob.pe/pueblos-indigenas>

Ministerio de Energía y Minas. (2014). *Términos de Referencia comunes para los Estudios de Impacto Ambiental detallados (Categoría III) de Proyectos de Explotación, Beneficio y Labor General Mineros Metálicos a nivel de factibilidad*. Perú. Recuperado de [http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGAAM/publicaciones/Terminos de Referencia/4.1.pdf](http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGAAM/publicaciones/Terminos_deReferencia/4.1.pdf)

Ministerio de Energía y Minas, y Ministerio del Ambiente. (2014). Reglamento de Protección y Gestión Ambiental para las Actividades de Explotación, Beneficio, Labor General, Transporte y Almacenamiento Minero. En *El Peruano*. Perú. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Ministerio del Ambiente. (2017). Resolución Suprema N° 001-2017-MINAM. En *El Peruano*. Perú. Recuperado de [https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/RS\\_-001-2017-MINAM.pdf](https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/RS_-001-2017-MINAM.pdf)

Ministerio del Ambiente, Presidencia de la República, y Presidencia del Consejo de Ministros. (2011). *Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental Ley N° 27446 y su reglamento*. Perú. Recuperado de <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/10/Ley-y-reglamento-del-SEIA1.pdf>

Nantes, E. A. (2019). El método Analytic Hierarchy Process para la toma de decisiones. Repaso de la Metodología y Aplicaciones. *Revista de La Escuela de Perfeccionamiento en Investigación Operativa*, 27(46), 54-73. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.29822.54086>

Observatorio de Conflictos Mineros en el Perú. (2018). *Reporte N° 22 Primer semestre 2018*.

Perú. Recuperado de [https://grufides.org/sites/default/files//documentos/reportes\\_semestrales/22\\_OCM\\_primer semestre 2018.pdf](https://grufides.org/sites/default/files//documentos/reportes_semestrales/22_OCM_primer semestre 2018.pdf)

Observatorio de Conflictos Mineros en el Perú. (2019a). *Reporte N° 24 Primer Semestre 2019*. Perú. Recuperado de [https://grufides.org/sites/default/files//documentos/reportes\\_semestrales/24\\_OCM\\_primer semestre 2019.pdf](https://grufides.org/sites/default/files//documentos/reportes_semestrales/24_OCM_primer semestre 2019.pdf)

Observatorio de Conflictos Mineros en el Perú. (2019b). *Reporte N° 25 Segundo Semestre 2019*. Perú. Recuperado de <https://fedepaz.org/2020/01/13/25-reporte-del-observatorio-de-conflictos-mineros/>

Observatorio de Conflictos Mineros en el Perú. (2020). *Reporte N° 27 Segundo Semestre 2020*. Perú. Recuperado de <http://conflictosmineros.org.pe/wp-content/uploads/2020/12/OCM-27-diciembre-2020.pdf>

Oficina de Gestión Descentralizada y Cooperación Técnica del SINEACE. (2017). *Caracterización de la región Puno*. Puno. Recuperado de <https://www.sineace.gob.pe/wp-content/uploads/2017/08/PERFIL-PUNO.pdf>

Onofre, G. (2011, junio 10). Pinturas Rupestres de Macusani y Corani. *Diario Los Andes*. Recuperado de <http://punoculturaydesarrollo.blogspot.com/2011/06/pinturas-rupestres-de-macusani-y-corani.html>

Osorio, J., y Orejuela, J. (2008). El proceso de análisis jerárquico (AHP) y la toma de decisiones multicriterio. Ejemplo de aplicación. *Scientia Et Technica*, 2(39), 247-252. <https://doi.org/10.22517/23447214.3217>

- Paredes, R., y Escobar, F. (2018). El rol de la ganadería y la pobreza en el área rural de Puno. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 20(1), 39-60. <https://doi.org/10.18271/ria.2018.329>
- Parvin, M. (1973). Economic determinants of political unrest: An Econometric approach. *Journal of Conflict Resolution*, 17(2), 271-296. <https://doi.org/10.1177/002200277301700205>
- Peiyue, L., Jianhua, W., y Hui, Q. (2010). Groundwater quality assessment based on entropy weighted osculating value method. *International Journal of Environmental Sciences*, 1(4), 621-630. <https://doi.org/10.6088/ijes.00104020018>
- Plateau Energy Metals. (2018). *Macusani Project Uranium & Lithium in Peru Moving Towards 2020 Production*. Puno. Recuperado de <https://plateauenergymetals.com/>
- Plateau Energy Metals. (2019). *Proyecto Macusani - Aspectos Importantes Litio y Uranio en Perú Avanzando hacia la producción 2021*. Puno. Recuperado de <http://www.cip.org.pe/publicaciones/2018/presentacion-dr-ulises-solis-llapa.pdf>
- Plateau Energy Metals. (2020, abril). Macusani Uranium Project. Recuperado 20 de mayo de 2020, de <https://plateauenergymetals.com/>
- Plateau Energy Metals Inc. (2018). *Management Discussion and Analysis of the unaudited condensed interim consolidated financial statements*. Toronto. Recuperado de <https://www.sedar.com/>
- Prenzel, P., y Vanclay, F. (2014). How social impact assessment can contribute to conflict management. *Environmental Impact Assessment Review*, 45, 30-37. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2013.11.003>

- Presidencia de la República y Presidencia del Consejo de Ministros. (2005). *Aprueban Reglamento de la Ley N° 28245, Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental* DECRETO SUPREMO N° 008-2005-PCM. Perú. Recuperado de <http://www2.produce.gob.pe/dispositivos/publicaciones/2005/ds008-2005-pcm.pdf>
- Rees, C., Kemp, D., y Davis, R. (2012). Conflict Management and Corporate Culture in the Extractive Industries: A Study in Peru. En *Corporate Social Responsibility Initiative*. Estados Unidos. Recuperado de [https://www.csr.uq.edu.au/media/docs/728/CSRI\\_report\\_50\\_Rees\\_Kemp\\_Davis.pdf](https://www.csr.uq.edu.au/media/docs/728/CSRI_report_50_Rees_Kemp_Davis.pdf)
- Rios, S., y Delgado, A. (2019). Stakeholders and Criteria on a Mining Project using AHP and Entropy-Weight Methods. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, 8(4), 1933-1942. <https://doi.org/10.35940/ijrte.C5694.118419>
- Rojas, D. F. (2017). *Estudio de Impacto Ambiental (EIA). Revisión Ciudadana: ¿Por dónde empezar?* Perú.
- Romero, M., Camio, M., y Álvarez, M. (2015). Uso de la entropía condicional como método para la reducción de dimensionalidad. Una aplicación en gestión de la innovación. *Revista de la Escuela de Perfeccionamiento en Investigación Operativa*, 23(37), 84-103. Recuperado de <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/epio/article/view/11987>
- Romero, S. B., y Pomerol, J. C. (1997). *Decisiones multicriterio: Fundamentos teóricos y utilización práctica* (Servicio de Publicaciones de la Universidad de Alcalá, Ed.). Madrid: Universidad de Alcalá. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=372749>
- RPP Noticias. (2010, noviembre 27). *Ronderos queman vivos a dos delincuentes en Puno*. Recuperado de <https://rpp.pe/peru/actualidad/ronderos-queman-vivos-a-dos->

[delincuentes-en-puno-noticia-314343](#)

RPP Noticias. (2013, diciembre 11). *Puno: Rondas campesinas castigan a diez delincuentes en Macusani*. Recuperado de <https://rpp.pe/peru/actualidad/puno-rondas-campesinas-castigan-a-diez-delincuentes-en-macusani-noticia-654326?ref=rpp>

Rumbo Minero. (2018, julio 16). *2.5 millones de toneladas de litio en proyecto Macusani, reporta Plateau*. Recuperado de <https://www.rumbominero.com/noticias/mineria/2-5-millones-de-toneladas-de-litio-en-proyecto-macusani-reporta-plateau/#:~:text=MINER%C3%8DA, en%20proyecto%20Macusani%2C%20reporta%20Plateau.&text=Desde%20que%20se%20descubri%C3%B3%20Falchani, alrededor%20de%205000%20mil%20toneladas>.

Saaty, T. (1986). Axiomatic Foundation of the Analytic Hierarchy Process. *Management Science*, 32(7), 841-855. <https://doi.org/10.1287/mnsc.32.7.841>

Saaty, T. L., y Vargas, L. G. (2012). *Models, Methods, Concepts and Applications of the Analytic Hierarchy Procees* (Second; Springer, Ed.). New York: International Series in Operations Research and Management Sciencie. <https://doi.org/10.1007/978-4614-3597-6>

Shannon, C. E. (1949). Communication theory of secrecy systems. *The Bell System Technical Journal*, 28(4), 656-715. <https://doi.org/10.1002 / j.1538-7305.1949.tb00928>

Shemshadi, A., Shirazi, H., Toreihi, M., y M.J.Tarokh. (2011). A fuzzy VIKOR method for supplier selection based on entropy measure for objective weighting. *Expert Systems with Applications*, 38(10), 12160-12167. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.03.027>

Signum Research. (2018). Hallan en Perú mayor yacimiento de litio. Recuperado 14 de

septiembre de 2020, de <https://www.signumresearch.com/visornoticias.aspx?id=24161&tit=Hallan-en-Perú-mayor-yacimiento-de-litio>

Staple-Clark, J. (2019). How To Quantify Qualitative Research.

Tabra, S. (2013). Perú: Más de cien sitios de arte rupestre en Carabaya amenazados por explotación de uranio. Recuperado 7 de junio de 2020, de Servindi - Servicios de Comunicación Intercultural website: <https://www.servindi.org/actualidad/85771>

Tanaka, M., Zárate, P., y Huber, L. (2011). *Mapa de la conflictividad social en el Perú: Análisis de sus principales causas*. Perú. Recuperado de [https://repositorio.iep.org.pe/bitstream/IEP/701/2/tanaka\\_mapa-conflictividad.pdf](https://repositorio.iep.org.pe/bitstream/IEP/701/2/tanaka_mapa-conflictividad.pdf)

Tavella, M., Miropolsky, A., y Manera, R. (2014). Estudio Comparativo de Métodos Multicriterio para el análisis de la Localización Sustentable de Parques Industriales Regionales. *Revista de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 1(1), 41-48. Recuperado de <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/FCEFyN/article/view/6968>

Thaler, K. (2013). Large-scale land acquisitions and social conflict in Africa. *International Conference «Food Sovereignty: A Critical Dialogue»*, 1-15. New Haven. Recuperado de [https://www.tni.org/files/download/22\\_thaler\\_2013.pdf](https://www.tni.org/files/download/22_thaler_2013.pdf)

The Mineral Corporation TMC. (2016). *Mineral Resource estimates for the Chilcuno Chico, Quebrada Blanca, Tantamaco and Isivilla deposits in the Puno District of Peru, updated to include lithium and potassium*. Bryanston. Recuperado de <https://www.sedar.com/>

Toskano, G. (2005). *El Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) como herramienta para la toma de decisiones en la selección de proveedores* (Universidad Nacional Mayor de San Marcos). Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Recuperado de

[https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/basic/toskano\\_hg/toskano\\_hg.pdf](https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/basic/toskano_hg/toskano_hg.pdf)

Udjianto, D. W., y Susanto, J. (2017). The impact of income disparity on social conflicts.

*Sociology and Anthropology*, 5(12), 985-990. <https://doi.org/10.13189/ sa.2017.051201>

Villalobos, E. (2019). Ciudad Gótica: deslúmbtrate con este bosque de piedras en Macusani,

Puno. Recuperado 12 de noviembre de 2020, de Empresa de viajes RedBus website:

<https://blog.redbus.pe/destinos/ciudad-gotica-bosque-piedras-macusani-puno>

Wang, T. C., y Lee, H. Da. (2009). Developing a fuzzy TOPSIS approach based on

subjective weights and objective weights. *Expert Systems with Applications*, 36(5),

8980-8985. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2008.11.035>

Wang, T. I. of G. I. C. M., Li, X., y Li, B. (2017). An Improvement of Grey Integrated

Clustering Method. *Open Journal of Applied Sciences*, 7(4), 140-146.

<https://doi.org/10.4236/ojapps.2017.74012>

Xie, M. H., y Yang, Y. (2010). Cost Risk Assessment of Construction Projects Based on

Entropy-Weighted Matter-Element Model. *Advanced Materials Research*, 168-170,

2402-2405. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.168-170.2402>

Yepes, V. (2018). Proceso Analítico Jerárquico (Analytic Hierarchy Process, AHP).

Recuperado 10 de mayo de 2020, de Universidad Politécnica de Valencia website:

<https://victoryepes.blogs.upv.es/2018/11/27/proceso-analitico-jerarquico-ahp/>

Zhang, Y., Ni, J., Liu, J., y Jian, L. (2014). Grey evaluation empirical study based on center-

point triangular whitenization weight function of Jiangsu Province industrial technology

innovation strategy alliance. *Grey Systems: Theory and Application*, 4(1), 124-136.

<https://doi.org/10.1108/GS-11-2013-0027>



**Anexos**

## **Anexo 1**

**Título:** *Stakeholders and Criteria on a Mining Project using AHP and Entropy-Weight Methods*

**Revista:** International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)

**ISSN:** 2277-3878, Volume-8 Issue-4, November 2019

**LINK:** <https://www.ijrte.org/wp-content/uploads/papers/v8i4/C5694098319.pdf>

### **Abstract**

The abundance and evolution of mining industry for the Peruvian government is of great relevance nowadays, due to the economic impact, this entails in order to increase the gross domestic product and reduce the poverty index. Nevertheless, in the last few years this production sector suffered numerous problems because of the complicated social relationships with the rural communities near the mining projects. The purpose of this study is to analyze the probability of a social conflict due to the appearance of a mining project in Macusani (Puno-Peru), using the AHP (Analytic Hierarchy Process) methodology to evaluate the stakeholders and the entropy-weight method for the criteria. In order to accomplish the evaluation, we interview seven experts in community relationships that gave us their perspectives through the polls. In terms of results, we determine that the stakeholders in order of importance were communal authorities, alpaca livestock, local and regional government, farmers and merchants. By the other hand, the strongest variables in a social conflict were pollution, poverty level, employment, health, economy, water access and security. The analysis of this case of study can improve new innovative techniques to affront the potential appearance of a social conflict, in order to create a social responsibility awareness. This can generate a positive impact expressed in benefits for the local communities, the government and the enterprise.

**Palabras claves**

AHP

Entropy-weight

Lithium Mining project

Stakeholders

Social Conflict



# Stakeholders and Criteria on a Mining Project using AHP and Entropy-Weight Methods

Solange Ríos, Alexi Delgado

**Abstract:** *The abundance and evolution of mining industry for the Peruvian government is of great relevance nowadays, due to the economic impact, this entails in order to increase the gross domestic product and reduce the poverty index. Nevertheless, in the last few years this production sector suffered numerous problems because of the complicated social relationships with the rural communities near the mining projects. The purpose of this study is to analyze the probability of a social conflict due to the appearance of a mining project in Macusani (Puno-Peru), using the AHP (Analytic Hierarchy Process) methodology to evaluate the stakeholders and the entropy-weight method for the criteria. In order to accomplish the evaluation, we interview seven experts in community relationships that gave us their perspectives through the polls. In terms of results, we determine that the stakeholders in order of importance were communal authorities, alpaca livestock, local and regional government, farmers and merchants. By the other hand, the strongest variables in a social conflict were pollution, poverty level, employment, health, economy, water access and security. The analysis of this case of study can improve new innovative techniques to affront the potential appearance of a social conflict, in order to create a social responsibility awareness. This can generate a positive impact expressed in benefits for the local communities, the government and the enterprise.*

**Keywords:** *AHP, Entropy-weight, Lithium Mining project, Stakeholders, Social Conflict.*

## I. INTRODUCTION

The social factor is becoming more important for the development of a mining project. Currently, one of the biggest obstacles that mining companies must overcome is the social factor since it is the most difficult to predict and, therefore, to control. This is basically due to the difference in worldviews that both the rural sector and the urban sector have. This difference is most evident when it comes to gaining access to the surface terrain. This permission may be inconvenient if not obtained, as "one of the fundamental challenges for mining projects is to secure the consent of local communities for future access to land, and to minimize the community's exposure to business uncertainty" [1].

It is essential that there is a predisposition for understanding and tolerance on both sides, which could be achieved by implementing an active and assertive dialogue. Such dialogue would be feasible if there is a prior study of everything that encompasses the community. For instance, the analysis of traditions, customs celebrations, main economic activity, levels of poverty and education, among others.

**Revised Manuscript Received on November 15, 2019.**

\* Correspondence Author

**Solange Ríos**, Mining Engineering Program, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Peru. Email: solange.rios@pucp.pe

**Alexi Delgado\***, Department of Engineering, Mining Engineering Section, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Peru. Email: kdelgadov@pucp.edu.pe

All this information is necessary as it is an effective means of rapprochement that will help to carry out assertive dialogues [2]. "Stakeholder analysis is a process that seeks to identify and describe the interests and relationships of all the stakeholders in a given project" [3]. In general, this analysis is a necessary precondition to participatory planning and project management. For this reason, it is very important, in the planning stage, to determine the different existing stakeholders in the communities and the variables that could affect each one of them.

The present scientific article, seeks to accurately identify the above mentioned using a quantitative method. Among the possible methods to use, we can mention the application of Delphi method [4], AHP method and FAHP method [5], Grey Systems [6], Shannon entropy [7], Machine Learning [8], among others. These methods make it possible to quantify the data obtained from qualitative research, this is because "qualitative data are presented in the form of responses to standardized questionnaires" [9].

In this way, we can mention some social cases in which these methods were applied. It is important to mention that many of them were not linked to mining. For example, in the international framework, we can mention a study carried out in an exploration of hydrocarbons in the Gulf of Valencia, Spain [10]. In this study, the use of ultrasound technology was proposed to determine the existence of hydrocarbon deposits in the subsoil. This proposal would generate an environmental impact, which is why Shannon's entropy was implemented with the objective of conducting environmental conflict analysis (ECA).

On the other hand, in the national context, there is a research carried out for the Conga Project in Cajamarca, in which the entropy of Shannon and the grey clustering method were implemented to determine the ECA and the social impact assessment (SIA), respectively. This study proved the efficiency of combining both methods for the evaluation of socio-environmental conflicts, since it provides very detailed results regarding the variables that are used for their resolution [11].

The case study for this article was the new lithium and uranium project, Macusani, which is located in the province of Carabaya, district of Macusani in Puno department, Peru. This project is in the exploration stage, and with only 15% of the surface drilled, 2.5 million tons of lithium and 124 million pounds of uranium have been confirmed, that is why this project is heading to be the largest lithium mine not only in South America but in the world [12]. On the other hand, the company Plateau Uranium highlights the importance of the social aspect in an official document published by them, in which it says that "the Social Licence represents the most important step in any exploration and/or development mining project in Peru" [13], for this reason "the relationships with

the Local Communities must be of a permanent nature with implementation as per signed and negotiated agreements " [13].

For this study, it was essential to identify the economic activities developed in the area of impact of the project. For example, among the most important, we can mention alpaca breeding, agriculture and tourism. All these activities involve groups of people who could be affected by the Macusani Project. In order to determine the stakeholders and the variables that could affect them, mathematical methods were used that can convert qualitative data into quantitative data.

In this case, the method chosen to determine the Macusani district's stakeholders was AHP method, since it allowed us to "combine all the judgments or opinions in a whole, in which the alternatives are organized from the best to the worst" [14]. Thus, this method was based on the evaluation of alternatives (taking into account various criteria) and on the fact that the experience and knowledge of the experts reflected in the surveys had the same predominance as the data used in the process [15]. It is important to mention that this method used matrices and the Saaty scale, which provided a more complex and precise analysis than would have been obtained if a qualitative method had been used.

On the other hand, thanks to the entropy-weight method, an ordering of alternatives was obtained for the general variables that could affect these stakeholders. This methodology consists of a sequence of steps to determine the entropic weights of the criteria. This was made with the purpose of ranking the variables through the multiplication of matrices. Additionally, the surveys were applied to the same experts and using the same Saaty scale [16].

The objective of this paper was to determine both the most important stakeholders and the variables that affect them using the AHP method and the entropy-weight method.

In order to achieve this, it was necessary to carry out some previous steps (specific objectives) such as, for example, reviewing the existing literature of all possible methodologies that could be applied, surveying the experts and applying the two methodologies selected for the hierarchy of stakeholders and variables.

The paper will present the following structure; first, in Section 2, both methods will be developed in a specific way, in order to understand its methodology. In addition, in Section 3, the mining project that was developed in the case study will be explained, along with its possible stakeholders and variables. Subsequently, the results obtained will be discussed in Section 4, in order to interpret them correctly and make conclusions in Section 5.

## II. METHODOLOGY

The methodologies to be used were AHP for the hierarchy of the stakeholders, and the entropy-weight method for the hierarchy of the variables.

It is important to mention that a total of seven experts (E1, E2, E3, ..., E7) in topics related to environment, engineering, mining and sociology of Peru participated. This very varied set of experts was very beneficial for our research work, as it allowed us to obtain more objective and real results.

### 2.1. Analytic Hierarchy Process (AHP)

The AHP (Analytic Hierarchy Process) method was applied to rank the stakeholders and from there, work only with the five most important. This method is based on the evaluation of alternatives, taking into account several criteria, which are based on the fact that the experience and knowledge of the participants enjoy the same predominance as the data used in the process [17]. The values given come from the Saaty scale [14]; this scale was adapted to this social context and its structure can be seen in Table 1.

Table 1. Scale of Saaty [18]

Value of $a_{jn}$	Interpretation
1	j and k are equally important
3	j is slightly more important than k
5	j is more important than k
7	j is strongly more important than k
9	j is absolutely more important than k

This study was worked with 7 alternatives (represented by stakeholders) and four criteria. The steps followed in this methodology (AHP) are detailed below [14]:

#### Step 1: Criteria Comparison

A criteria comparison matrix was developed with the following structure [14]. This matrix is shown in Equation 1.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

The sequence of this step is as follows:

- Add the values in each column of the criteria comparison matrix

- Divide each element of such matrix between the total of its column; the resulting matrix is called the normalized paired comparison matrix.

- Calculate the average of the elements of each region of the relative priorities of the elements that are compared.

The purpose of these four steps is the following matrix in Equation 2 [14]:

$$\begin{bmatrix} P'_1 \\ P'_2 \\ \dots \\ P'_m \end{bmatrix} \quad (2)$$

Where m is the number of criteria and P'j is the priority of criterion j with respect to the overall goal, for j = 1, 2, ..., m. In this case, the criteria, as investigated, were four.

#### Step 2: Stakeholders vs. Criteria comparison

The alternative comparison matrix is developed and steps 2, 3 and 4 are also applied [14].

Subsequently, the sequence of this step is as follows:

- A matrix of priorities is obtained for each alternative according to the criteria, as observed in Equation 3 (Annex), in which Pij is the priority of stakeholder "i" with respect to criterion "j".



$$\begin{bmatrix} P_{12} & P_{12} & \dots & P_{1m} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{n1} & P_{n2} & \dots & P_{nm} \end{bmatrix} \quad (3)$$

Where  $P_{ij}$  is the priority of alternative  $i$  with respect to criterion  $j$ , for  $i = 1, 2, \dots, n$ ; and  $j = 1, 2, \dots, m$ .

-We make a sum-product between the priorities matrix with the criteria priorities vector [14]. The above mathematical operation is shown in Equation 4.

$$\begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1m} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{n1} & P_{n2} & \dots & P_{nm} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P'_1 \\ P'_2 \\ \dots \\ P'_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P g_1 \\ P g_2 \\ \dots \\ P g_n \end{bmatrix} \quad (4)$$

Where  $P g_i$  is the global priority (with respect to the global goal) of the alternative  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ).

### Step 3: Consistency

The AHP offers a method to measure the degree of consistency between the paired opinions provided by the decision maker. If the degree of consistency is acceptable; you can continue with the process. The steps are the following:

-Matrix  $A$   $n \times n$  of paired comparisons is normalized.

-The rows of the normalized matrix are weighted.

-We produce a product of matrices between the matrix  $A$  and the weighted one (matrix  $P$ ) [14]. This matrix multiplication is shown in Equation 5.

$$\begin{bmatrix} 1 & w_1/w_2 & \dots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & 1 & \dots & w_2/w_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \dots & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} n w_1 \\ n w_2 \\ \vdots \\ n w_n \end{bmatrix} = n \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} \quad (5)$$

-The column of the criteria priority matrix is added; this result is called  $n_{max}$ .

- The consistency index is found with the following Equation 6 [14].

$$IC = \frac{n_{max} - n}{n - 1} \quad (6)$$

Where  $n$  is the number of criteria

-The random consistency index has the following equality, as shown in Equation 7 [14].

$$IA = \frac{1.98(n-2)}{n} \quad (7)$$

-The consistency ratio is found with the following Equation 8 [14].

$$RC = \frac{IC}{IA} \quad (8)$$

If:

$RC \leq 0.10$ : reasonable consistency

$RC > 0.10$ : Inconsistency

## 2.2. The Entropy-Weight Method

The entropy-weight method can be developed as follows: It is necessary for this process to use this scale to standardize the answers of the surveyed.

**Step 1:** Assume that there are  $m$  objects for evaluation and  $n$  evaluation criteria, which form the decision matrix  $Z = (z_{ij}; i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n)$  [19].

**Step 2:** The decision matrix  $Z = \{z_{ij}; i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n\}$  is normalized for each criterion  $C_j$  ( $j=1, 2, \dots, n$ ). The normalized values  $P_{ij}$  are calculated by the next Equation 9 [20].

$$P_{ij} = \frac{z_{ij}}{\sum_{i=1}^m z_{ij}} \quad (9)$$

**Step 3:** The entropy  $H_j$  of each criterion  $C_j$  is calculated by the next Equation 10.

$$H_j = -k \sum_{i=1}^m P_{ij} \ln(P_{ij}) \quad (10)$$

where  $k$  is a constant.  $k = (\log(m))^{-1}$

**Step 4:** The degree of divergence  $div_j$  of each criterion  $C_j$  is obtained by the next Equation 11:

$$div_j = 1 - H_j \quad (11)$$

**Step 5:** The entropy weight  $W_j$  of each criterion  $C_j$  is calculated by Equation 12:

$$W_j = \frac{div_j}{\sum_{j=1}^n div_j} \quad (12)$$

**Step 6:** The matrix  $Q_{ij}$  is obtained with Equation 13 that indicates the weight that each variable has within each criterion.

$$Q_{ij} = w_j * z_{ij} \quad (13)$$

**Step 7:** Finally, each column is added to obtain the total weight of each variable and be able to compare with the others.

## III. CASE STUDY

The case to be developed focused on the Macusani mining project, located in Puno (see Fig. 1). This project is a lithium and uranium deposit, which is projected to be one of the largest in the world due to its high metallic content. Below is the exact location of this project [21]:



Fig. 1. Macusani Project's Locality plan [21]

Eight stakeholders and ten variables were obtained from the literature, of which only the five stakeholders and seven most important variables were determined thanks to the application of the mathematical models AHP and entropy-weight.

Next, stakeholders and variables that were analyzed are explained.

### 3.1. Stakeholder groups

According to the literature, and to the research conducted on economic activities and the main sources of income for the Macusani community, the eight stakeholders would be the following:

#### 3.1.1. Alpaca's herdsman (G1)

One of the most important economic activities in the Macusani region is the livestock of alpacas and llamas (mostly alpacas).

#### 3.2.2. Local and regional government (G2)

The provincial municipality of Carabaya (whose capital is Macusani) presents a structural organization, whose representative is Mayor Fabio Vargas Huamantuco. This institution uses a web page as a tool to motivate direct interaction with its population.

#### 3.2.3. Communal authorities (G3)

This group was composed of citizens from the rural areas near the exploitation site, there are three very important communities identified by the company, which are Tantamaco Community, Isivilla Community and Corani Community [13].

#### 3.2.4. Farmers (G4)

Agricultural activity continues to be of vital importance for rural areas. For this reason, it is very important to identify the people who grow the main products for the region, such as potatoes, alfalfa and oats [22].

#### 3.2.5. People who live on tourism (G5)

Since there are many lakes around the zone, many people make their living by the tourism income.

#### 3.2.6. Merchants (G6)

Due to the diverse agricultural products that the community owns, such as potatoes, people see trade as a main activity that generates a monthly income.

#### 3.2.7. Women Spinners (G7)

Thanks to the breeding of alpacas in the area, women see an opportunity the spinning mill and the tissues for general a secondary income.

#### 3.2.8. Local professionals (G8)

They are people who reached a certain level of higher education and work in jobs with major responsibilities.

### 3.2. Variables

The variables were selected according to the most common problems that a region in the country can go through. Thus, the effect that the project would have on the locality can be measured in more real parameters.

#### 3.2.1. Security (V1)

The integration of a new project generates new jobs, direct or indirect. It also generates many related activities that support mining activity. For this reason, the population is exposed to

possible dangers due to the new social environment, which is composed of new foreign settlers.

#### 3.2.2. Employment (V2)

The generation of jobs at the arrival of a new project is a reality. This can be a favorable variable for many of the stakeholders, since, according to the national household survey, the inactivity rate for Puno is 21.8% [23].

#### 3.2.3. Health (V3)

In Puno, 31.92% of children die from infections in the respiratory tract. This is due to the extreme cold that exists in that area of Peru. Health, in children, adolescents and the elderly, is a factor of great importance and urgency in the region, which is expected to improve.

#### 3.2.4. Poverty level (V4)

In the department of Puno, the rural population represents 46.2% [23]. Likewise, Puno is part of the Peruvian highlands, and according to statistics, the rural highlands have a 49.8% poverty, higher than the 21.6% that Peru presents as a country [22]. Therefore, the arrival of a new project could have a positive impact on the economy of the region, thereby reducing poverty rates.

#### 3.2.5. Education level (V5)

This is an important factor because, in 2017, the illiteracy rate in Puno was 10.5% [23], higher than the 9.2% presented in 2016 [22]. On the other hand, if one analyses the illiteracy rate by sex in the last 10 years in Puno, the percentage of illiterate women is approximately four times higher than that of men. Thus, the percentage of illiterate women and men was 15% and 3.6%, respectively in 2017 [24].

#### 3.2.6. Water access (V6)

Since Macusani is very close to the Madre de Dios basin, access to water by the mine would be a latent problem for the community, since a tension relationship would be established in case some body of water could be damaged by mining activities.

#### 3.2.7. Pollution (V7)

Predominant variable in all mining projects to be established in any region. The project has high contents of uranium, a radioactive element, and currently, there is no legislation in Peru to control its extraction. It is for this reason that this variable can be fundamental for the social viability of the project because there is still not enough information about the effects that uranium and lithium have on the environment.

#### 3.2.8. Cultural Difference (V8)

One of the inevitable consequences of a mining project in the communities is the arrival of foreign people. A clear example of this is the growth of social demands generated in a community due to the increase of its population, which generates pressure on the health sector and infrastructure systems [25].

The lifestyle of local people is going to undergo a transformation, this change "creates concern, fear, hopes and expectations and not everyone shares the same perspective,

some people feel they are losing out, while others see new opportunities" [26]. In this way, a division can be generated in the community itself between those who are in favour of the mining project and those who are against it.

### 3.2.9. Economy (V9)

Mining activity does not necessarily bring about economic progress due to external factors that do not depend on it. In Peru, mining companies tax about 40% of all their utilities. In spite of this, poor institutional causes distribution problems, which remains one of the fundamental causes of conflicts between mines and communities [27]. For this reason, it is important to identify the economic activities of the place in order to promote it and make them grow with the help of the state. It is extremely important that action plans are managed, as any lack of action can have adverse consequences. For example, the rental price of properties is likely to increase or transport lines are likely to become congested due to the completion of the mining project. This can lead to those who do not have the education or skills to participate in the boom being left behind [26]. For this reason, these action plans should strengthen local businesses and economies by involving active community participation [28]. The above will generate positive attitudes on the part of the community and, as a consequence, support for mining projects in the area.

### 3.2.10. Technological development (V10)

Lithium has become an essential element for current technological development, mainly in the field of the automotive industry. Thanks to it, the country of Bolivia is one of the centers of attention of the world-wide industry [29].

Through the extraction of lithium, one of the achievements of the government of Evo Morales in Bolivia is the technological evolution. This is because the policy promoted by the president strengthens the local economy of his country, a clear example of this is the inauguration of the first pilot plant of lithium-ion batteries located in the town of La Palca in 2017 [30]. This could be replicated in Puno and, in this way, it could become the leading department not only in poverty reduction, but also in technological advancement.

## 3.3. Criteria

The criteria were selected according to the parameters established for the project. That is, taking into account the main activities, stakeholders, etc.

### 3.3.1. Magnitude of social impact (C1)

The magnitude of the social impact implies the dimension that this could have, in case it is materialized, the level of violence that it can generate, the material damages, human losses, etc.

### 3.3.2. Extension (C2)

This criterion explains the arrival of the impact. It can be local, regional, even national. According to the magnitude of it.

### 3.3.3. Probability (C3)

The probability that a social conflict will occur according to each variable and stakeholder, according to the impact that the project has on them.

### 3.3.4. Governance (C4)

How a possible social conflict can impact on the governmental system of the locality, of the region; even of the country.

## 3.1. Calculations

Following the steps described in the methodology point, one of the examples developed using the AHP method and the entropy-weight method will be explained.

### A. THE AHP METHOD

#### Step 1: Criteria Comparison

From the surveys conducted and the sequence in Step 1, the criteria comparison matrices were obtained for each expert. For example, in Table 2, the matrix carried out for expert E3 is shown.

Table 2. Criteria Comparison Matrix, expert E3

CRITERIA COMPARISON MATRIX									
CRITERIA	C1	C2	C3	C4	STANDARDIZED MATRIX				WEIGHT
C1	1	5	9	3	0.608	0.536	0.5	0.662	0.576
C2	1/5	1	3	0.333	0.122	0.107	0.167	0.074	0.117
C3	1/9	1/3	1	0.2	0.068	0.036	0.056	0.044	0.051
C4	1/3	3	5	1	0.203	0.321	0.278	0.221	0.256
TOTAL	1.644	9.333	18	4.533					

It should be noted that the experts surveyed were seven, so this matrix was carried out seven times.

#### Step 2: Stakeholders vs. Criteria comparison

By means the same scale, the stakeholders were compared for each established criterion. This is, according to each criterion, there was a matrix comparing the stakeholders among them and the same sequence as the previous step was performed.

Finally, for example, after applying Equation 4, the stakeholders prioritization matrix for expert E3 was obtained, this matrix is shown in Table 3.

Table 3. Stakeholders Prioritization Matrix, expert E3

stakeholder /criteria	C1	C2	C3	C4	PRIORITIZATION
G1	0.307	0.18	0.281	0.256	0.278
G2	0.107	0.169	0.145	0.151	0.128
G3	0.155	0.268	0.193	0.255	0.196
G4	0.068	0.081	0.122	0.13	0.088
G5	0.094	0.066	0.076	0.057	0.08
G6	0.088	0.036	0.066	0.051	0.071
G7	0.102	0.144	0.088	0.063	0.096
G8	0.079	0.056	0.03	0.036	0.063
WEIGHT	0.576	0.117	0.051	0.256	

By obtaining the prioritization of each stakeholder, it is possible to choose the five most important, according to this expert E3. Thus, in this case, the hierarchical order of the five main stakeholders was as follows: alpaca's herdsmen, communal authorities, local and regional government, women spinners and farmers.

It is important to mention that seven different prioritization matrices were obtained for each expert surveyed. In this way, in order to know the final hierarchical order of the stakeholders, the average of all priority values was obtained.

**Step 3: Consistency**

In order to corroborate that the experts did not contradict each other during the conduct of the surveys, the Consistency Ratio (RC) for each of them was determined. For example, after applying Equations 5, 6, 7 and 8, an acceptable consistency ratio was obtained for expert E3, which is shown in Table 4.

**Table 4. The Consistency Ratio, expert E3**

	A X P		
	2.386	IC	0.038
	0.470	IA	0.990
	0.205	RC	<b>0.038</b>
	1.053		
n max	4.114		

From Table 4, the  $RC=0.038 < 0.10$ ; therefore, the matrix was consistent. The same procedure was developed for seven experts.

**B. THE ENTROPY-WEIGHT METHOD**

**Step 1: Variable vs. Criteria comparison**

By means of the same scale, all the proposed variables were compared with each criterion. Hence, according to the importance that each variable has according to each criterion, it was given a value for further analysis, see Table 5.

**Table 5. Variable vs criteria comparison matrix, expert E3**

Variables/Criteria	C1	C2	C3	C4
V1	3	3	7	7
V2	5	3	3	1
V3	5	5	7	5
V4	1	1	7	5
V5	1	1	1	1
V6	1	1	1	1
V7	1	3	5	7
V8	5	3	5	7
V9	3	3	3	5
V10	3	1	3	1
SUM	28	24	42	40

**Step 2: Standardized/Normalized matrix**

Once the values for each variable have been obtained, all the values are standardized, using Equation 9, as shown in Table 6.

**Table 6. Variable vs criteria comparison normalized matrix, expert E3**

NORMALIZED MATRIX				
Variables/Criteria	C1	C2	C3	C4
V1	0.107	0.125	0.167	0.175
V2	0.179	0.125	0.071	0.025
V3	0.179	0.208	0.167	0.125
V4	0.036	0.042	0.167	0.125
V5	0.036	0.042	0.024	0.025
V6	0.036	0.042	0.024	0.025
V7	0.036	0.125	0.119	0.175
V8	0.179	0.125	0.119	0.175
V9	0.107	0.125	0.071	0.125
V10	0.107	0.042	0.071	0.025

**Step 3: Calculation of entropy**

To calculate the entropy, we proceed to use the Equation 10, provided that a value is obtained for each criterion, as shown in Table 8. In this case, the value of K was 1.

**Table 8. Values of entropy for each criterion, expert E3**

ENTROPY	
C1	0.919
C2	0.936
C3	0.932
C4	0.896

**Step 4: Calculation of divergence**

To calculate the value of the divergence, the Equation 11 was used, at each value of entropy previously found, as shown in Table 9.

**Table 9. Values of divergence for each criterion, expert E3.**

DIVERSITY	
C1	0.081
C2	0.064
C3	0.068
C4	0.104
SUM	0.316

**Step 5: Calculation of criteria weight**

To calculate the weight of each criterion, the values of diversity should be standardized, using the Equation 12. Then, multiply this value by one hundred to obtain a percentage as the weight of each criterion. The results are presented in Table 10.

**Table 10. Values of criteria weight for each criterion, expert E3.**

CRITERIA WEIGHT	
C1	25.526
C2	20.132
C3	21.51
C4	32.831

**Step 6: The Matrix  $Q_{ij}$**

To order the variables according to the prioritization order given by the expert, it is necessary to use the Equation 13. Multiplying the value granted at the beginning by the expert, by the weight of each criterion, the results are presented in Table 11.

**Table 11. The Matrix  $Q_{ij}$ , expert E3.**

Variables/ Criteria	C1	C2	C3	C4	C1
V1	76.579	60.397	150.571	229.818	517.365
V2	127.632	60.397	64.53	32.831	285.39
V3	127.632	100.662	150.571	164.156	543.02
V4	25.526	20.132	150.571	164.156	360.386
V5	25.526	20.132	21.51	32.831	100
V6	25.526	20.132	21.51	32.831	100
V7	25.526	60.397	107.551	229.818	423.292
V8	127.632	60.397	107.551	229.818	525.398
V9	76.579	60.397	64.53	164.156	365.662
V10	76.579	20.132	64.53	32.831	194.073

**Step 7: Prioritization of variables**

Finally, all values are added per variable and a final value is obtained, which will represent the importance of each variable.



According to expert E3, the variables with the greatest influence in decreasing order would be health (V3), cultural difference (V8), security (V1), pollution (V7), economy (V9), poverty level (V4) and employment (V2). The above is shown in the Table 12.

**Table 12. Variable prioritization matrix, expert E3**

Variables/ Criteria	C1	C2	C3	C4	SUM
V1	76.579	60.397	150.571	229.818	517.365
V2	127.632	60.397	64.530	32.831	285.390
V3	127.632	100.662	150.571	164.156	543.020
V4	25.526	20.132	150.571	164.156	360.386
V5	25.526	20.132	21.510	32.831	100.000
V6	25.526	20.132	21.510	32.831	100.000
V7	25.526	60.397	107.551	229.818	423.292
V8	127.632	60.397	107.551	229.818	525.398
V9	76.579	60.397	64.530	164.156	365.662
V10	76.579	20.132	64.530	32.831	194.073

It is important to mention that seven different prioritization matrices were obtained for each expert surveyed. Thus, in order to know the final hierarchical order of the variables, the average of all priority values was calculated.

#### IV. RESULT AND DISCUSSION

##### 4.1. Stakeholder analysis

According to Table 13, the most important stakeholders obtained by the application of the AHP method were the following:

**Table 13. Stakeholders obtained by the AHP method**

	Stakeholder Identification							Results
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	
G3	0.212	0.229	0.196	0.225	0.359	0.200	0.168	0.227
G1	0.337	0.253	0.278	0.123	0.140	0.149	0.198	0.211
G2	0.167	0.084	0.128	0.053	0.059	0.299	0.243	0.147
G4	0.076	0.097	0.088	0.313	0.089	0.102	0.123	0.127
G6	0.093	0.244	0.071	0.165	0.033	0.078	0.126	0.116
G7	0.015	0.045	0.097	0.018	0.148	0.035	0.038	0.056
G8	0.072	0.013	0.063	0.031	0.128	0.017	0.052	0.054
G5	0.029	0.035	0.080	0.073	0.045	0.048	0.051	0.052

##### 4.1.1. Communal authorities (G3)

They were the most important in the hierarchy made by the AHP method. It is consistent because since for several years, mining companies in Puno have sought to work with them through workshops on mining, environment, social management, sustainable development and investment projects [31]. This proves that they are aware of the influence of this stakeholder.

##### 4.1.2. Alpaca's herdsman (G1)

The population of this stakeholder is one of the largest in the department of Puno, and especially in the province of Carabaya. This is demonstrated by Puno's annual report published by the National Institute of Statistics and Informatics (INEI) in 2017.

This report shows a population growth of the alpaca from 2011 to 2016, this generates that the Alpaca's livestock add more power or influence in their locality.

For instance, in 2016 there was an average annual population of 280,110 alpacas in Carabaya [22], which represents 13.78% of the total population of alpacas in Puno. Additionally, this economic activity generates the production of meat and fiber in Carabaya, using 72% of its total alpaca cattle. As the previously explained, it can be shown in Table 14 [22].

**Table 14. Population of Alpaca, Production of Meat y Fiber in Puno [22]**

Province	Average population per year	Meat production		Fiber production	
		Nº of heads	Tonnes	Animals in shearing	Tonnes
Puno	175,090	21,011	567	105,054	221
Azángaro	198,010	23,761	642	118,806	249
Carabaya	280,110	33,613	908	168,066	353
Chucuito	191,020	22,922	619	114,612	241
El Collao	182,340	21,881	591	109,404	230
Huancané	154,420	18,530	500	92,652	195
Lampa	293,080	35,170	950	175,848	369
Melgar	296,210	35,545	960	177,726	373
Moho	9,860	1,183	32	5,916	12
S.A. de Putina	142,110	17,053	460	85,266	179
San Román	56,630	6,796	183	33,978	71
Sandia	53,160	6,379	172	31,896	67
Yunguyo	450	54	1	270	1
<b>TOTAL</b>	<b>2,032,490</b>	<b>243,898</b>	<b>6,585</b>	<b>1,219,494</b>	<b>2,561</b>

##### 4.1.3. Local and regional government (G2)

Currently, Puno is in a critical state in its governance since recently Walter Aduviri was elected as regional governor of Puno [32]. This generates a confusion in the mining companies that are carrying out projects in this area. It is because in 2006, Aduviri staged a violent protest against the Santa Ana project [33].

For this reason, he was sentenced to 7 years in prison after being appointed as author of the crime against public tranquility in his modality of crimes against public peace [32].

This panorama shows that the local and regional authorities are a determining stakeholder at present, since there is a lot of uncertainty in the governmental aspect. This means that the mining company must carry out a sustainable social management without neglecting this stakeholder.

##### 4.1.4. Farmers (G4)

Another of the main economic activities of Puno is farming. In the INEI's 2017 annual report, it can observe a growing trend of hectares of the areas planted and harvested during the years 2006 and 2016. The main agricultural crops that we can mention are olluco and quinoa. The above mentioned is shown in Table 15 and Fig. 2 [22].

**Table 15. Planted and harvested surface of principal agriculture crops in Puno [22]**

Farming Year	Puno: Planted and harvested surface of principal agriculture crops (2016)										
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Olluco	1,36	1,49	1,68	1,66	1,70	1,73	2,03	2,33	2,33	2,57	2,76
Quinoa	24,02	24,60	26,26	23,38	27,05	28,36	30,26	32,82	32,92	34,64	36,43
Cultivated pasture	5,18	5,79	66	5,40	507	532	8,01	8,91	9,04	9,50	10,66
Alfalfa	13,13	15,69	6,41	5,74	2,02	4,40	3,83	4,10	42,35	47,67	55,85

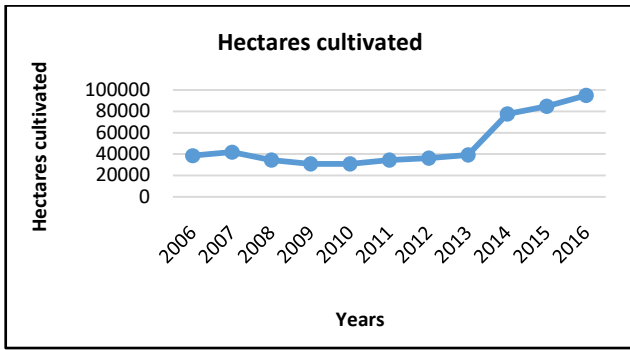


Fig. 2. Hectares cultivated in the last ten years in Puno

4.1.5. Merchants (G6)

The last main stakeholder is merchants, which have also been increasing since 2006 with 2,423 merchants until 2016 with 2,965 merchants [22], which represents a growth of 22.37%. It can be seen in Table 16 [22].

Table 16. Growing trend of merchants in the last ten years in Puno [22]

Principal Characteristics	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Agriculture/ Fishing/Mining	4,503	4,153	4,121	4,115	4,042	4,143	4,039	4,048	4,114	4,283	4,293
Manufacture	1,403	1,599	1,634	1,605	1,641	1,548	1,627	1,590	1,507	1,502	1,542
Construction	539	613	655	738	842	866	918	975	1,014	1,044	997
Trading	2423	2527	2518	2682	2648	2789	2939	3009	3007	2890	2965
Communications and Transport	893	1,017	1,109	1,111	1,130	1,226	1,190	1,205	1,270	1,315	1,362
Other services	3,923	4,289	4,421	4,647	4,786	4,735	4,829	4,857	4,885	4,887	5,039

4.2. Analysis of the variables

On the other hand, we can analyze the variables obtained by the entropy-weight method. The total results in hierarchical order are presented in Table 17.

Table 17. Variables obtained by the entropy-weight method

	Determination of variables							Results
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	
V7	888.508	900	423.292	925.706	900	749.528	500	755.2907
V4	748.553	900	360.386	772.65	574.513	700	645.676	671.6824
V2	749.162	580.46	285.39	462.427	900	690.967	754.324	631.8186
V3	435.464	840.23	543.02	317.934	551.743	645.008	700	576.1999
V9	627.855	654.092	365.662	215.484	637.256	700	631.913	547.4661
V6	748.553	240.23	100	657.957	700	709.039	478.836	519.2307
V1	620.698	341.557	517.365	270.991	533.77	771.279	365.986	488.8065
V5	360.045	577.046	100	125.706	500	700	787.485	450.0403
V8	423.972	377.046	525.398	168.541	437.256	700	471.099	443.3302
V10	311.492	120.749	194.073	117.128	100	300	596.987	248.6327

4.2.1. Pollution (V7)

According to the hierarchy, this variable is the most important of all, which means that any impact made on the environment, would have a very strong impact on the behavior of the community. According to 2017 annual report [22], it can be seen that the loss of forests per year in hectares has been increasing during the last 10 years, this causes the population to feel dissatisfied with this aspect. Additionally, if we add the perspective of Aduviri, the situation can be complicated since one of the basic points of his speech is that of pollution mitigation.

On the other hand, we can mention the loss of prestige of the Aruntani mine in the province of Lampa (Puno) due to the pollution of the Jatun Ayllu river [34]. This generates a distrust of the peasant community and it does not favor the prestige of mining in Puno. If this variable is negatively impacted, such affectation can generate very dangerous

social conflicts for the development of mining projects in the department of Puno in general.

4.2.2. Poverty Level (V4)

The level of poverty of rural communities in Peru amounts to 21.8%, of which, 34.6% is in Puno and 6.5% of that population belong to extreme poverty [35]. The Peruvian Institute of Economics (IPE) in 2017 reported that the province of Carabaya has 50% more incidence [35], as shown in Fig. 3. This shows that it is a very important variable since it is what most affects the stakeholders.

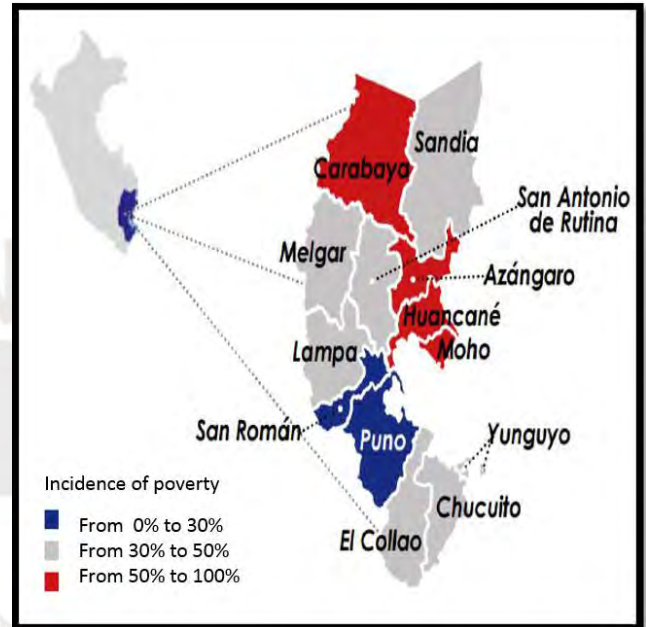


Fig. 3. Incidence of poverty in the provinces of Puno [35]

In addition, 5,423 people were registered in poverty, which represents 41.2% of the total population of Macusani; and 987 people in extreme poverty, which represents 7.5% [36]. However, it is important to mention that this district is incorporated into the National Multiannual System and Investment Management (INVIERTE.PE). In this way, this district has funding resources for projects that contribute to improving the living conditions of the population [36] and reduce the percentages of poverty.

4.2.3. Employment (V2)

The variable employment is of great importance since that is the first improvement that the community of a mining company directly perceives. If we analyze the case of Puno, this region "has a high percentage of informal employment", 85.3% is informal since only 22.6% of the PEA has at least higher education [35].

4.2.4. Health (V3)

The variable Health is one of the main deficiencies of the rural communities of Puno and Macusani district is not the exception. It has been recorded that the number of health facilities (26) in the province of Carabaya has remained constant despite the fact that the population has been increasing [22].



The population most affected by these problems are children, in Macusani, it is recorded that 29.1% of children under one year require additional attention monthly because they were born with less than 2.5 kilos of weight [36].

**4.2.5. Economy (V9)**

The economy is an important factor for the development of any community. For this reason, the mining company must know the main economic activities of the region and promote them. In the case of Macusani project, the economic activities are livestock, agriculture and commerce.

**4.2.6. Water access (V6)**

This variable has been one of the repetitive causes of many social conflicts that have occurred in Peru and throughout the world. The access to water that communities have is vital for the development of agriculture and livestock. The Yellowcake Company must inform the communities about the fair use of the water sources, or, on the contrary, the construction of water dams should be built. In this way, the mining activity will not affect the economic activities of the community.

**4.2.7. Security (V1)**

Rural communities in Peru have a low tolerance for criminal acts and Macusani is not the exception. It has been known that the guardians of the community have burned alive criminals without the local police could do something about it. We can conclude that a negative alteration to the communal security will be determinant for the occurrence of a social conflict, if they link this fact with the beginning of the operations of the mining company.

Finally, Table 18 shows the advantages and disadvantages that we perceive during the use of each methodology used to carry out our research [37][38].

**Table 18 Advantages and disadvantages of both methods**

	Advantage	Disadvantages
AHP	<ul style="list-style-type: none"> <li>▷ The procedure of the information was complicated since it is necessary to work with several matrices</li> <li>▷ The correction of the matrix could be elaborated to avoid that the expert enters into contradictions.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▷ It was too tedious to carry out the survey, because many matrices had to be completed.</li> </ul>
Entropy-weight	<ul style="list-style-type: none"> <li>▷ Easy to operate the data since it is only made with a hammer</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▷ The expert could easily get into confusion because he only works with an extensive matrix.</li> <li>▷ The correction of the matrix was not used to verify if the expert entered into contradiction.</li> </ul>

**V. CONCLUSION**

The main stakeholders with the greatest influence in terms of criteria of magnitude, extent, probability and governance of the conflict were correctly determined using the AHP Method. On the other hand, the analysis of the variables applying each of the criteria in the entropy-weight method was important in determining which variables were going to have a significant impact on stakeholders. These results can be very useful to Plateau Uranium, as it will be able to identify its potential local suppliers and achieve negotiations that enrich the value of the company and the community. In addition, in terms of improving the local, regional and national Peruvian economy it is fundamental that the government, company and community can add together efforts to generate a sustainable development in the project

influence zone, with the aim of reducing the social gap reflected in the poverty index.

Furthermore, the investigation of the social issues applied in this mining project can be useful to establish a responsible mining sense focus on the participation and dialogue with the rural communities that are in the direct influence zones. This will improve the relationship between the company and the community in the long term, which will enhance its reputation in global markets, as well as the utilities increase by the reduction of conflicts to maintain a constant production.

The AHP method can be widely applied in the future social impact analysis for this mining project because it can receive the information given by a panel of experts according to their experience in matter. It is highly recommended to make a hierarchization of the more relevant stakeholders that take part in the conflict, in the same way, it prevents incompatibility of the information given from the experts by using a ponderation of the criterion matrix. In the other hand, the entropy-weight method is useful to make a quantification of the variables using a logarithmical function to stablish the weight of the answers.

Every single process of analysis evaluation is known to have limitations that come out afloat during the interview with the experts and their feedback given. For example, it is necessary to notice that the poll is given in a specific lapse time and that the scene can change in a political election context. Secondly, it is important that the facilitator who perform the poll can be prepare enough to elucidate all the questions and doubts of the experts in order to obtain specific answer to the questions that are indicated. However, it is important to note that the investigation refers to a study of people with different worldviews like rural communities, consequently the prediction of their behavior facing an impact such as a mining project cannot be a hundred percent trustworthy. For this reason, it is necessary to travel and know the place in situ to corroborate the information obtained and adjust our results.

Finally, thanks to the effective determination of the stakeholders and variables of the communities of direct influence of the Macusani project, several future studies can be carried out. First, for example, it is possible to determine Social impact assessment using some method like the mathematical model of grey glustering. On the other hand, another future study that could be carried out is the Environmental Conflict Analysis (ECA) for the same project. On the other hand, this methodological process can be applied in other mining projects in Peru and around the world in order to determine the probable causes that could generate a mining conflict, and thus be able to prevent them and work on them in advance.

**REFERENCES**

1. S. F. and L. Vergara, "Acceso a la Tierra y Planificación del Reasentamiento en La Granja," CSRM Artículos ocasionales Desplazamiento y Reasentamiento inducido por la Minería, p. 1, 2015.
2. D. Arbeláez-Ruiz, "Diálogo, conflictividad y regulación de los Estudios de Impacto Ambiental en el Sistema minero," Australia, 2015.



3. ICMM, "Mining: Partnerships for development toolkit," Int. Counc. Min. Met. (ICMM), London, UK., 2011.
4. M. Kim, Y.-C. Jang, and S. Lee, "Application of Delphi-AHP methods to select the priorities of WEEE for recycling in a waste management decision-making tool," *J. Environ. Manage.*, vol. 128, no. 0, pp. 941–948, 2013.
5. E. S. T. Volaric, Tomislav; Brajkovic, "Selection of the Multimedia Applications for Learning using FAHP and," pp. 44–48, 2013.
6. C. Li, K. Chen, and X. Xiang, "An integrated framework for effective safety management evaluation: Application of an improved grey clustering measurement," *Expert Syst. Appl.*, vol. 42, pp. 5541–5553, 2015.
7. T. R. Wojcik and D. Krapf, "Solid-State Nanopore Recognition and Measurement Using Shannon Entropy," *IEEE Photonics J.*, vol. 3, no. 3, pp. 337–343, Jun. 2011.
8. C. Feng, S. Wu, and N. Liu, "A user-centric machine learning framework for cyber security operations center," in 2017 IEEE International Conference on Intelligence and Security Informatics: Security and Big Data, ISI 2017, 2017, pp. 173–175.
9. J. Staple-Clark, "How To Quantify Qualitative Research," Unite For Sight's Global Team, 2019. .
10. A. Delgado and I. Romero, "Social impact assessment on a hydrocarbon project using triangular whitenization weight functions," in 2016 IEEE Congreso Argentino de Ciencias de la Informática y Desarrollos de Investigación (CACIDI), 2016, pp. 1–6.
11. A. Delgado, "Why do any secondary students prefer the mathematics? A response using grey systems," in Proceedings of the 2017 International Symposium on Engineering Accreditation, ICACIT 2017, 2018.
12. Rumbo Minero, "2.5 millones de toneladas de litio en proyecto Macusani, reporta Plateau," 2018. .
13. Plateau Uranium, "Macusani Project Uranium & Lithium in Peru Moving Towards 2020 Production," 2018.
14. G. B. Toskano Hurtado, "El Proceso De Análisis Jerárquico (AHP) como herramienta para la toma de decisiones en la selección de proveedores," Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2005.
15. A. Delgado and H. Flor, "Selection of the best air purifier system to urban houses using AHP," in 2017 CHILEAN Conference on Electrical, Electronics Engineering, Information and Communication Technologies, CHILECON 2017 - Proceedings, 2017, vol. 2017-Janua.
16. J. Aznar and F. Guijarro, Nuevos métodos de valoración. Modelos multicriterio. 2012.
17. J. Osorio and J. Orejuela, "EL PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO (AHP) Y LA TOMA DE DECISIONES MULTICRITERIO. EJEMPLO DE APLICACIÓN," *Sci. Tech.*, vol. XIV, no. 39, pp. 247–252, 1995.
18. A. R. Hadadian and A. Rasoulian, "Using Analytic Hierarchy Process (AHP) for Selecting the Appropriate Country for Economic Integration (Case of Iran's Foreign Trade with OIC Countries)," *Int. Res. J. Financ. Econ.*, no. 162, pp. 24–32, 2017.
19. A. Delgado, "Citizen criminality assessment in lima city using the grey clustering method," in Proceedings of the 2017 IEEE 24th International Congress on Electronics, Electrical Engineering and Computing, INTERCON 2017, 2017.
20. A. Delgado and I. Romero, "Applying grey systems and shannon entropy to social impact assessment and environmental conflict analysis," *Int. J. Appl. Eng. Res.*, vol. 12, no. 24, pp. 14327–14337, 2017.
21. P. S. Nat and S. Nupen, "Mineral Resource estimates for the Chilcuno Chico, Quebrada Blanca, Tantamaco and Isivilla deposits in the Puno District of Peru, updated to include lithium and potassium Prepared," Bryanston, 2016.
22. INEI, "Compendio estadístico Puno 2017," p. 464, 2017.
23. INEI CENSO, "PUBLICACIONES – Censos Nacionales 2017," 2017.
24. INEI, "PERÚ: Tasa de analfabetismo de mujeres y hombres de 15 y más años de edad, según ámbito geográfico," 2017. [Online]. Available: <https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/analfabetismo-y-alfabetismo-8036/>. [Accessed: 05-Sep-2019].
25. C. Aedo, "Evaluación del Impacto Social (EIS)," 2005.
26. S. Flynn, "Desde la Minería a la Nueva Economía 1: Principios de Diseño para el Desempeño Social," Cent. Soc. Responsib. Min.
27. P. A. Haslam and N. Ary Tanimoune, "The Determinants of Social Conflict in the Latin American Mining Sector: New Evidence with Quantitative Data," *World Dev.*, vol. 78, pp. 401–419, 2016.
28. D. Franks, "Evaluación del impacto social de los proyectos de recursos," Australia, 2012.
29. G. Vásquez, "El litio y el futuro desarrollo de Bolivia," Puno Cultura y Desarrollo, 2017. [Online]. Available: [https://punoculturaydesarrollo.blogspot.com/2017\\_01\\_01\\_archive.html](https://punoculturaydesarrollo.blogspot.com/2017_01_01_archive.html). [Accessed: 13-Sep-2019].
30. TeleSUR, "Noticias/América Latina: ¿Sabes cuáles son los avances tecnológicos de Bolivia?," teleSUR- ABI- Gramma- Gestión-RT- Presidencia de Bolivia/ LP-CA, 2014. [Online]. Available: <https://www.telesurtv.net/news/Bolivia-Desarrollo-Tecnologico-2014-0929-0051.html>.
31. Miguel Ampudia, "LÍDERES Y AUTORIDADES COMUNALES DE REGIÓN PUNO PARTICIPAN EN TALLER SOBRE MINERÍA," Revista Proactivo Perú, 2014. [Online]. Available: <https://proactivo.com.pe/lideres-y-autoridades-comunales-de-region-puno-participan-en-taller-sobre-mineria/>. [Accessed: 21-Nov-2018].
32. El Comercio Perú, "Elecciones 2018: Walter Aduviri es electo virtual gobernador regional de Puno," 2018. [Online]. Available: <https://elcomercio.pe/peru/puno/elecciones-2018-walter-aduviri-ganador-virtual-gobierno-regional-puno-noticia-565427>. [Accessed: 21-Nov-2018].
33. Diario Gestión, "Puno y un gobernador clandestino: Walter Aduviri," Diario Gestión Política, 2018. [Online]. Available: <https://gestion.pe/peru/politica/puno-gobernador-clandestino-walter-aduviri-246604>. [Accessed: 21-Nov-2018].
34. Diario Correo, "Creciente contaminación en ríos de Lampa y Melgar indignan a población local," Diario Correo, 2018. [Online]. Available: <https://diariocorreo.pe/edicion/puno/creciente-contaminacion-en-rios-de-lampa-y-melgar-indignan-poblacion-local-811577/>. [Accessed: 21-Nov-2018].
35. SINEACE, "Caracterización de la Region Puno," 2017.
36. CEPLAN, "Información departamental, provincial y distrital de población que requiere atención adicional y devengado per cápita," 2017.
37. M. Sadeghi and A. Ameli, "An AHP decision making model for optimal allocation of energy subsidy among socio-economic subsectors in Iran," *Energy Policy*, vol. 45, pp. 24–32, 2012.
38. M. Lihong, Z. Yanping, and Z. Zhiwei, "Improved VIKOR algorithm based on AHP and Shannon entropy in the selection of thermal power enterprise's coal suppliers," *Proc. Int. Conf. Inf. Manag. Innov. Manag. Ind. Eng. ICIII 2008*, vol. 2, pp. 129–133, 2008.

## **Anexo 2**

**Título:** *Social impact assessment on lithium mining project in Peru, using grey clustering and Shannon entropy*

**Revista:** Revista IEEE Technology and Society

**Estado:** En revisión

### **Abstract**

The social aspect has become a key factor in the viability of mining projects in Latin America, and Peru is no exception. The welfare of the affected populations is a priority for socially responsible companies. In this research, we implemented a methodology called the Integration of the grey clustering and entropy-weight method (IGCEW) which aims to determine social impact and assess potential environmental conflicts by using an integrated grey clustering method based on the triangular center-point whitenization function (CTWF) method and the entropy-weight method. The case study examined a mining project in southern Peru where four stakeholder groups and seven criteria were identified. Data were collected through field interviews. The results revealed that for the local government (G3) and business (G4) groups, the project would have a positive and normal social impact, respectively. While for the community authorities (G1) and alpaca herders (G2) groups, the impact would be negative. On the other hand, it was also determined that the criteria most likely to generate environmental conflicts (in order of importance) were: Employment rate (C3) and Gross Domestic Product (GDP) per capita (C5). These findings could help the central and regional government of Peru to seek appropriate measures to prevent environmental conflicts during the implementation of the mining project. Finally, the methodology used in this article can be applied to other types of projects, providing highly effective results.

**Palabras claves**

Social impact assessment

Lithium mining project

Grey clustering method

Shannon entropy



# Social impact assessment on lithium mining project in Peru, using grey clustering and Shannon entropy

## Solange Rios

Mining Engineering Section, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Peru.

Permanent address: Av. Universitaria 1801, San Miguel 15088 Lima, Peru. Tel. +51995497413

E-mail: [solange.rios@pucp.pe](mailto:solange.rios@pucp.pe)

Mobile: +51995497413

## Alexi Delgado (Corresponding author)

Mining Engineering Section, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Peru.

Permanent address: Av. Universitaria 1801, San Miguel 15088 Lima, Peru. Tel. +51970405185

Universidad de Ciencias y Humanidades, Lima, Peru

E-mail: [kdelgadov@pucp.edu.pe](mailto:kdelgadov@pucp.edu.pe)

Mobile: +51970405185

## ABSTRACT

The social aspect has become a key factor in the viability of mining projects in Latin America, and Peru is no exception. The welfare of the affected populations is a priority for socially responsible companies. In this research, we implemented a methodology called the Integration of the grey clustering and entropy-weight method (IGCEW) which aims to determine social impact and assess potential environmental conflicts by using an integrated grey clustering method based on the triangular center-point whitenization function (CTWF) method and the entropy-weight method. The case study examined a mining project in southern Peru where four stakeholder groups and seven criteria were identified. Data were collected through field interviews. The results revealed that for the local government (G3) and business (G4) groups, the project would have a positive and normal social impact, respectively. While for the community authorities (G1) and alpaca herders (G2) groups, the impact would be negative. On the other hand, it was also determined that the criteria most likely to generate environmental conflicts (in order of importance) were: Employment rate (C3) and Gross Domestic Product (GDP) per capita (C5). These findings could help the central and regional government of Peru to seek appropriate measures to prevent environmental conflicts during the implementation of the mining project. Finally, the methodology used in this article can be applied to other types of projects, providing highly effective results.

**Keywords:** Social impact assessment, Lithium mining project, Grey clustering method, Shannon entropy.

## DECLARATIONS

- **Funding**

No funding was received to assist with the preparation of this manuscript.

- **Conflicts of interest/Competing interests**

The authors have no conflicts of interest to declare that are relevant to the content of this article.

- **Availability of data and material**

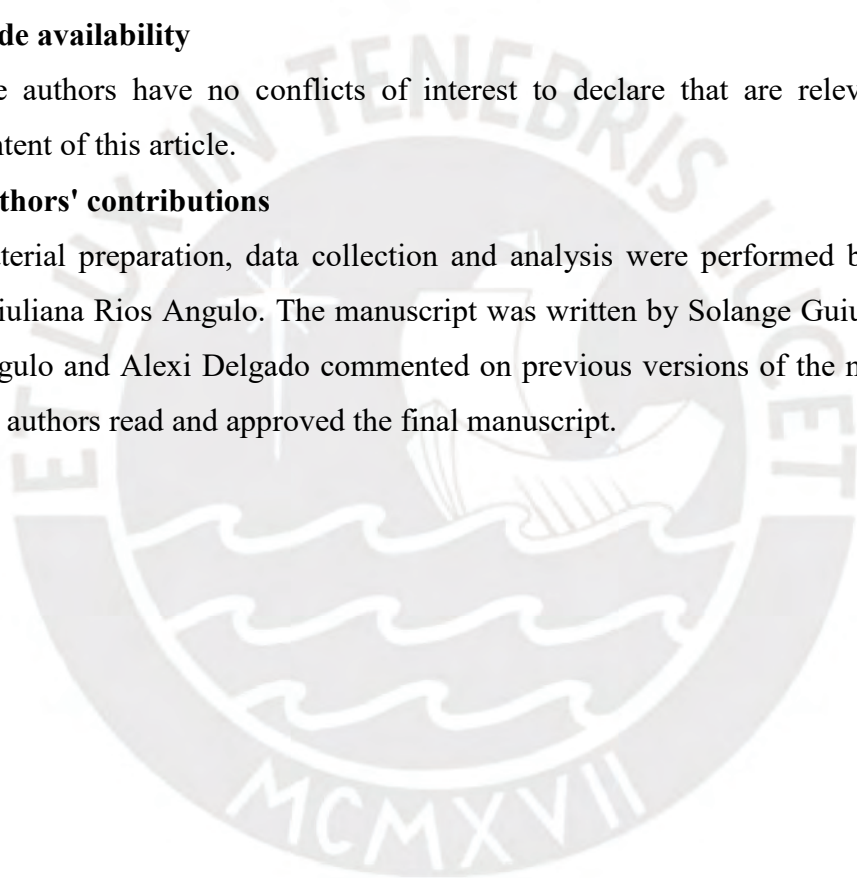
The datasets generated during the current study are available from the corresponding author on reasonable request.

- **Code availability**

The authors have no conflicts of interest to declare that are relevant to the content of this article.

- **Authors' contributions**

Material preparation, data collection and analysis were performed by Solange Guiuliana Rios Angulo. The manuscript was written by Solange Guiuliana Rios Angulo and Alexi Delgado commented on previous versions of the manuscript. All authors read and approved the final manuscript.



## **ABBREVIATIONS**

IGCEW: Integration of the grey clustering and entropy-weight method

CTWF: Center-point triangular whitenization weight functions

G1: Communal authorities

G2: Alpaca's herdsman

G3: Local governors

G4: Merchants

C1: Lithium radioactivity level

C2: Poverty rate

C3: Employment rate

C4: Number of inhabitants per doctor (GP)

C5: GDP per capita

C6: GDP per capita

C7: Number of reported crimes

V1: Pollution

V2: Poverty

V3: Employment

V4: Health

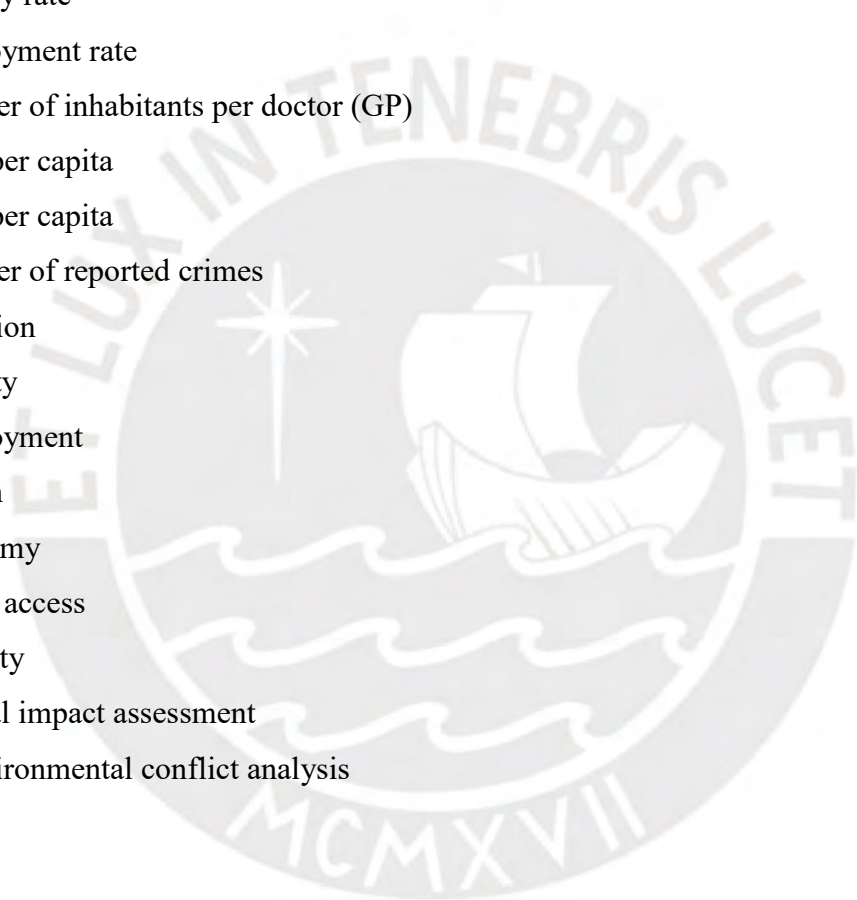
V5: Economy

V6: Water access

V7: Security

SIA: Social impact assessment

ECA: Environmental conflict analysis



## 1. Introduction

Human activities, by their interactive nature, generate differences or contrapositions, which sometimes can induce conflicts between groups of people who participate in it directly or indirectly. For this reason, political tools are needed in which the government, companies, and citizens have the capacity to make effective agreements that allow them to profit collectively [1]. Thus the interests of business, communities, government, urban populations, and civil society organizations must be aligned [2]. One of the indispensable activities in the world economy is mining since, at present, “mining companies find themselves at the very core of some of the most significant real world development debates of the moment” according to [2]. The type of conflict that occurs mostly in Peru is environmental, with a percentage of 65.7% recorded as of June of 2019 (117 cases out of 178) [3]. Of the 117 environmental conflicts, 73 are related to mining, which shows that there has been strong opposition to its development despite being one of the oldest and most important economic activities for Peru's growth. This is potentially paradoxical, since unfortunately "the improved social and environmental performance of mining companies has been accompanied by increased frequency of conflict at mine sites" [2]. However, such a conflict can generate an improvement in the mining company's environmental performance, thus eliminating the conflict [2] and taking the necessary measures in order to prevent this to happen again. Among the causes of such conflicts are the fear of their negative environmental consequences and the difficulties in implementing solid processes of relationship with neighboring communities [4]. Moreover, problems such as the lack of land sanitation in rural areas of national territory and the weak institutional framework of the country aggravate the situation of social conflict, so mining must be prepared to face these difficulties, which are increasingly frequent in Peru [5]. Many times, economic incentives have been widely used to resolve conflicts in the short term since, despite not being the complete solution to the problem, they are needed [1]. These conflicts predominate above all in the southern part of the country, in which Puno is the fourth department with the highest index of social conflict due to this activity with a total of 14 cases [6]. However, in most cases this may be due to poverty levels in the Puno region, as the low standard of living in the community due to poor public oversight worsens the relationship between mining companies and communities, since there is a paternalistic need that the company must assume, although it does not necessarily have to do so [7]. The report of the Ombudsman's Office details the most important conflicts in Puno in relation to mining

activity. For example, the cases of the mining companies Aruntani, Minsur SA, and Ciemsa are mentioned. This could create a bad precedent or a reactive rejection of mining by the inhabitants of Puno [8].

The methodologies applied in this study have been developed in a national and international framework. It should be noted that many of these investigations are not directly linked to mining. For example, in the international framework, we can mention a study carried out in a hydrocarbon exploration in the Gulf of Valencia, Spain [9]. In this investigation, a project was analyzed that proposed the application of ultrasound technology to determine the existence of hydrocarbon deposits in the subsoil. Thus, in this proposal, the mathematical model Grey Clustering was applied to evaluate the social impacts that would be generated; and, subsequently, Shannon's Entropy was implemented with the objective of analyzing environmental conflicts that could arise due to the project. There are also qualitative approaches for this type of research, such as the study on the analysis of an environmental conflict due to an infrastructure development project, in which the Game Theory method was used [10]. On the other hand, in the national context, there is a study prepared for the Conga Project in Cajamarca, in which the Shannon Entropy was implemented to determine the Environmental Conflict Analysis. In that study, the criteria that could generate a possible social conflict because of the project were identified. Thus, this analysis concluded that the most controversial criterion was access to drinking water [11], which was corroborated as it was the reason for protests against Conga. In another important social study at the national level, an analysis of citizen insecurity in Lima was carried out using the Grey Clustering method. By means of this research, the districts of Lima could be identified and classified according to their crime rate, with San Juan de Lurigancho, Los Olivos and Cercado de Lima being the most insecure according to the study of [12]. It is important to mention that this research project will analyze possible environmental conflicts using quantitative methods and will consider some qualitative aspects of social studies.

Finally, the methodologies applied in this work were grey clustering based on the center-point triangular whitenization weight functions (CTWF) and the Entropy-Weight method because the integration of both methods resulted in an efficient method called "Integration of the grey clustering and entropy-weight methods", better known by its initials IGCEW. This method allowed to evaluate the social impact and prevent the environmental conflicts that could arise with the mining project [13]. In this sense, the

grey systems theory approach was chosen because it works better when you have limited information (small samples), as opposed to probabilistic and diffuse methods [13].

The case study of this work was a mining project located in the district of Carabaya in Puno (southern Peru). Also, the company that is taking it forward is a Peruvian subsidiary of a Canadian junior company. This project has the particularity that it aims to exploit radioactive elements, such as uranium (main element), and lithium. These elements are in carbonate rock, so it is planned to exploit them through an open pit. However, in Peru, legislation for the exploitation of radioactive elements is still in process, which makes the implementation of the project more difficult. Additionally, the project has 151 concessions, of which 32 are in dispute since the government assures that the mandatory fee to remain with them has not been paid [14]. On the other hand, the company planned to complete its environmental impact study in August 2020, which will probably have to be postponed due to the global Coronavirus pandemic that has reached the context given.

The objective of this article was to analyze the social impacts and evaluate the possible environmental conflicts that could arise during the implementation of the mining project with the use of mathematical models. The mathematical methods applied to obtain these expected results were grey clustering and Shannon entropy, which allowed transforming qualitative data (obtained from surveys) into quantitative data. It is important to mention that both were adapted together to be applied in the social topic. Additionally, the stakeholders and variables obtained in a previous study were used [15], since these results served as input for the determination of the social impact assessment (SIA) and environmental conflict analysis (ECA).

The article will present the following structure: first, in Section 2, both methods will be developed in a specific way in order to understand its methodology. In addition, in Section 3, the mining project that was developed in the case study will be explained, along with its possible stakeholders and variables. Subsequently, the results obtained (regarding SIA and ECA) will be discussed in Section 4 in order to interpret them correctly and make conclusions in Section 5.

## 2. Methodology

The methodology used is the Integration of the grey clustering and entropy-weight method (IGCEW), which is the linking of grey clustering method based on CTWF with Entropy-Weight Method based on Shannon's theory.

This section explains in detail the Grey Clustering method, entropy-weight method and the integration of both methodologies.

### 2.1. Grey clustering method based on CTWF

Grey clustering method is an important part of grey system theory to assessment and analysis of different problems as reflected in case studies such as the evaluation of web sites, transport management, water management, and safety management [13]. Likewise, this method was developed to classify observation objects into definable classes using matrices or weight functions [13].

Over time, several improvements to the method were made. For example, the grey clustering evaluation model based on the center-point triangular whitenization weight functions method was constructed by Professor Liu Sifeng, Dang and Zhai in 2004 [16]. The grey clustering method using whitenization weight functions is mainly applied to verify to which default classes the observation objects belong, so that their possible effects can be treated in advance [17].

In this work, stakeholder groups will be treated as observation objects and will be surveyed to gather information about them and, in this way, the social impact that the mining project could generate will be evaluated. The methodology that will be used is the whitenization weight functions since each grey class has a central point, which gives a greater reliability to its results [13].

For the application of this method, we worked with a set of " $m$ " objects, a set of " $n$ " criteria and a set of " $s$ " different grey classes, according to the sample value  $x_{ij}$  ( $i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$ ) of the object  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, m$ ), for the criterion  $j$  ( $j = 1, 2, \dots, n$ ).

The steps followed in this methodology (Grey Clustering based CTWF) are detailed below [17]–[19].

**Step 1:** The central points are determined  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_s$  of each of the grey classes  $1, 2, \dots, s$ .

**Step 2:** For the triangulation to be closed, the grey classes 0 and  $(s + 1)$  are added with their central points  $\lambda_0$  and  $\lambda_{s+1}$ , respectively. This establishes a new sequence of center-

points  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_s, \lambda_{s+1}$  (see Fig. 1). Additionally, the CTWF (center-point triangular whitenization weight functions) is determined for the grey class  $k$  ( $k = 1, 2, \dots, s$ ), for each criterion  $j$  ( $j = 1, 2, \dots, n$ ), and for an observed value  $x_{ij}$  with Eq. (1).

$$f_j^k(x_{ij}) = \begin{cases} 0, & x \notin [\lambda_{k-1}, \lambda_{k+1}] \\ \frac{x - \lambda_{k-1}}{\lambda_k - \lambda_{k-1}}, & x \in [\lambda_{k-1}, \lambda_k] \\ \frac{\lambda_{k+1} - x}{\lambda_{k+1} - \lambda_k}, & x \in [\lambda_k, \lambda_{k+1}] \end{cases} \quad (1)$$

**Step 3:** The comprehensive clustering coefficient  $\sigma_i^k$  is calculated by Eq. (2)

$$\sigma_i^k = \sum_{j=1}^n f_j^k(x_{ij}) \cdot \eta_j \quad (2)$$

Where  $i$  represents the set of objects  $i = 1, 2, \dots, m$  and  $k$  represents the set of grey classes  $k = 1, 2, \dots, s$ .

Furthermore  $f_j^k(x_{ij})$  is the CTWF of the  $k$  grey class of the  $j$  criterion, and  $\eta_j$  is the weight of criterion  $j$ .

**Step 4:** If  $\max_{1 \leq k \leq s} \{\sigma_i^k\} = \sigma_i^{k^*}$ , we decide that object  $i$  belongs to grey class  $k^*$ . When there are several objects in grey class  $k^*$ , these objects can be ordered according to the magnitudes of their comprehensive clustering coefficients.

If  $\max_{1 \leq k \leq s} \{\sigma_i^k\} = \sigma_i^{k^*}$ , it means that object  $i$  belongs to the grey class  $k^*$ . The same will be done for the other objects or stakeholders to define which grey class it belongs to. Consequently, if a grey class has several objects, these can be ordered in a hierarchical way according to their comprehensive clustering coefficients.

## 2.2. The Entropy-Weight Method

Subjective fixed weight methods such as the Delphi method, which is an expert survey method, and the Analytical Hierarchy Process (AHP) method are often used to determine the weight of the criteria [20]. However, these methods can generate deviations in the criteria weights because they work with subjective factors. While the objective fixed-weight methods rely on the inherent information of the criteria to determine their weights, which could eliminate the man-made disturbances and make the results more in line with reality. In information theory, Shannon entropy can be used to determine the degree of disorder or its degree of divergence [20].

The smaller the value of entropy, the smaller the degree of disorder in the system. The entropy-weight method, which is one of the objective fixed-weight methods, is based on the amount of information to determine the weight of the criteria [20].

In this study, the entropy-weight method was developed to determine the environmental conflict analysis (ECA), and takes as input data to the matrix resulting from the grey clustering method. This matrix is called "decision matrix Z".

The procedure to be followed is as follows [21]–[24]:

**Step 1:** The decision matrix  $Z = (z_{ij}; i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n)$  is formed which consists of the evaluation of "m" objects and "n" criteria

**Step 2:** The decision matrix  $Z = \{z_{ij}; i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n\}$  is normalized for each criterion  $C_j (j = 1, 2, \dots, n)$ . The normalized values  $P_{ij}$  are calculated by Eq. (3).

$$P_{ij} = \frac{z_{ij}}{\sum_{i=1}^m z_{ij}} \quad (3)$$

**Step 3:** The entropy  $H_j$  of each criterion  $C_j$  is calculated by Eq. (4).

$$H_j = -k \sum_{i=1}^m P_{ij} \ln(P_{ij}) \quad (4)$$

Where  $k$  is a constant.  $k = (\ln(m))^{-1}$  and  $m$  is the number of objects.

**Step 4:** The degree of divergence  $div_j$  of the intrinsic information in each criterion  $C_j$  is calculated by Eq. (5).

$$div_j = 1 - H_j \quad (5)$$

**Step 5:** The entropy weight  $w_j$  of each criterion  $C_j$  is calculated by Eq. (6).

$$W_j = \frac{div_j}{\sum_{j=1}^n div_j} \quad (6)$$

### 2.3. Integration of the grey clustering and entropy-weight methods (IGCEW)

The integration of both methods can be explained with the following methodology (a representation of it is given in Fig. 2).

This whole process links the grey clustering method with Shannon entropy. The steps involved in the IGCEW are explained below [13]:

**Step 1: Criteria and grey classes**

In this first step, "n" criteria and a set of "s" grey classes are defined according to the characteristics of the mining project.

**Step 2: CTWF and comprehensive clustering coefficient.**

The CTWF values for each stakeholder group are calculated using Eq. (1). The results will be shown in a matrix made up of criteria and grey classes.

On the other hand, the comprehensive clustering coefficient  $\sigma_i^k$  for object  $i, i = 1, 2, \dots, m$ , with respect to the grey class  $k, k = 1, \dots, s$ , is calculated using Eq. (2).

**Step 3: Percentage system**

The social impact assessment (SIA) of each stakeholder group will be calculated with a percentage system [25], defined by the values  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots, \alpha_s$ , where  $\alpha_s = 100, \alpha_1 = \frac{100}{s}, \alpha_2 = \alpha_1 + \alpha_1, \alpha_3 = \alpha_1 + \alpha_2, \dots$ , and  $\alpha_s - 1 = \alpha_1 + \alpha_s - 2$ .

It is important to mention that "s" is the number of grey classes established in the case study.

The SIA results are given by Eq. (7).

$$z_j^i = \sum_{k=1}^s f_j^k(x_{ij}) \cdot \alpha_k \tag{7}$$

Where:

- $f_j^k(x_{ij})$  is the CTWF of the  $k$  grey class of the  $j$  criterion
- $\alpha_k$  is the percentage value of each grey class.

Finally, the results are represented by a matrix, as shown by Eq. (8)

$$Z = \{z_{ij}, i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n\} \tag{8}$$

**Step 4: Entropy-weight method.**

First, the matrix  $Z = \{z_{ij}; i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n\}$  is normalized for each criterion  $C_j(j = 1, 2 \dots n)$ .

The normalized values  $P_{ij}$  are calculated using Eq. (3). Subsequently, the values of  $H_j$ ,  $div_j$  and  $w_j$  were calculated with Eqs. (4), (5), and (6).

**Step 5: Objective assessment.**

Finally, the objective assessment [26] was calculated for each stakeholder group  $i, i = 1, 2, \dots, m$ , for each criterion  $C_j(j = 1, 2, \dots, n)$ .

The objective assessment value was determined with Eq. (9).

$$Q_{ij} = w_j z_{ij} \tag{9}$$

Where:

- $w_j$  is the entropy weight of each criterion  $C_j$  calculated above.

- $z_{ij}$  is the result of the social impact assessment (SIA) for each stakeholder group  $i, i = 1, 2, \dots, m$ .

The results are represented by a matrix determined by Eq. (10).

$$Q_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 z_{11} & w_2 z_{12} & \dots & w_n z_{1n} \\ w_1 z_{21} & w_2 z_{22} & \dots & w_n z_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_1 z_{m1} & w_2 z_{m2} & \dots & w_n z_{mn} \end{bmatrix} \quad (10)$$

In summary, the first three steps of the IGCEW method correspond to the social impact assessment (SIA), developed in accordance with the grey clustering method based on CTWF and represented by a percentage system [13].

Subsequently, in the next steps, entropy-weight method and objective assessment were determined. In this way, the criteria for which there is the greatest divergence between the stakeholder groups were identified.

In order to illustrate and validate the IGCEW method, we will apply it in the case study described in the following section.

### 3. Case study

The case study of the present work is a mining project located in the province of Carabaya, department of Puno, Peru (Fig. 3 shows the map with its exact location), approximately 21 km from the Macusani district.

The communities in the area of direct influence recognized by the mining company are Isibilla, Corani and Tantamaco [27], for this reason the field work was done in these places and in the Macusani district. Communities in the area of direct influence of the mining project can be seen in Fig. 4. The stakeholders and variables for this project were determined in a previous study and are mentioned below [15].

#### 3.1. Stakeholder groups

Our field work identified five different stakeholder groups ( $k = 5$ ), and the composition of these groups was determined in a previous study of the same project. These were the Communal authorities, Alpaca's herdsman, Farmers, Local government and Merchants. However, in order to corroborate this information, a trip was made to the study area. In this way, on this trip, it was verified that the Alpaca's herdsman and

the farmers were the same group of people. In other words, these people were dedicated to both activities, but their main economic activity is alpaca breeding. For this reason, the stakeholder "Farmers" was included within the stakeholder "Alpaca's herdsman".

On the other hand, the sample size in each group was established by the principle of saturation of discourse, which stipulates that the collection of information should be terminated when respondents provide the same observations [28]. Finally, the stakeholder groups were defined as follows:

#### *3.1.1. Communal authorities (G<sub>1</sub>)*

They were the most important in the hierarchy made in the previous study. This group was composed of the "ronderos", who are the people who lead and manage the community. They expressed a generally unfavourable opinion of the mining project and tended to emphasise the unfulfilled promises of some mining companies in Puno.

This group was made up of fifty interviewees. Figure 5 shows an evidence along with two "ronderos".

#### *3.1.2. Alpaca's herdsman (G<sub>2</sub>)*

This group was located in the rural areas near the project site, and consisted of people engaged in productive activities related to "ichu" agriculture and alpaca breeding. The rural population group had a generally adverse opinion of the mining project and was made up of fifty-eight interviewees. Figure 6 shows a set of photographs with some alpaca's herdsman.

#### *3.1.3. Local government (G<sub>3</sub>)*

This group was the one that showed a more positive attitude than the others. This might be because the government of Peru has been working with the company for some years now. This group was made up of thirty-two interviewees.

#### *3.1.4. Merchants (G<sub>4</sub>)*

This group presented a neutral opinion on the project, as most of them responded that the project would not affect them negatively or positively. This group was made up of thirty-fourth interviewees. Figure 7 shows a photograph with a merchant.

### **3.2. Variables and Criteria**

The variables were also determined in a previous article [15]. In total, seven variables were obtained, which are shown below in order of importance:

V1: Pollution

V2: Poverty

V3: Employment

V4: Health

V5: Economy

V6: Water access

V7: Security

Finally, it is important to mention that the above-mentioned variables were the basis for defining the criteria, which are a measure of being able to quantify each variable.

### 3.3. Calculations

The following are the calculations for the steps explained in section 2 regarding the Integration of the grey clustering and entropy-weight methods.

#### Step 1: Criteria and grey classes

The criteria chosen for the study were related to the interests of the stakeholders and their economic situation. Thus, seven criteria were identified that reflect the main concerns of these stakeholders regarding the mining project. Their respective codification and description are shown in Table 1.

On the other hand, in this study we worked with five grey classes: Very Negative, Negative, Normal, Positive and Very Positive.

The grey classes established for each of the seven criteria are shown below, as shown in the Table 2.

It is important to mention that the criteria with an asterisk ( $C_1$ ,  $C_2$  and  $C_7$ ) have a negative connotation, so there will be a special treatment for their data. On the other hand, it was decided that all criteria have the same weight ( $n_j = 1/7 = 0,143$ ).

#### Step 2: CTWF and the comprehensive clustering coefficient

Classes'  $\lambda_0$  and  $\lambda_6$  were added to the grey classes already established in the previous step. Therefore, a new sequence of center-points named  $\lambda_0$ ,  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ ,  $\lambda_3$ ,  $\lambda_4$ ,  $\lambda_5$  and  $\lambda_6$  was determined, as shown in Table 3 and Fig. 8.

To illustrate the methodology, we worked with the third criterion  $C_j(j = 3)$ . Table 3 shows the center-points, which were replaced in the Eq. (1) to obtain the CTWF of the five grey classes. In this way, the following equations were obtained for the third criterion.

$$f_j^1(x) = \begin{cases} 0, & x \notin [0, 3] \\ \frac{x-0}{1}, & x \in [0, 1] \\ \frac{3-x}{2}, & x \in [1, 3] \end{cases} \quad (11)$$

$$f_j^2(x) = \begin{cases} 0, & x \notin [1, 5] \\ \frac{x-1}{2}, & x \in [1, 3] \\ \frac{5-x}{2}, & x \in [3, 5] \end{cases} \quad (12)$$

$$f_j^3(x) = \begin{cases} 0, & x \notin [3, 7] \\ \frac{x-3}{2}, & x \in [3, 5] \\ \frac{7-x}{2}, & x \in [5, 7] \end{cases} \quad (13)$$

$$f_j^4(x) = \begin{cases} 0, & x \notin [5, 9] \\ \frac{x-5}{2}, & x \in [5, 7] \\ \frac{9-x}{2}, & x \in [7, 9] \end{cases} \quad (14)$$

$$f_j^5(x) = \begin{cases} 0, & x \notin [7, 10] \\ \frac{x-7}{2}, & x \in [7, 9] \\ \frac{10-x}{1}, & x \in [9, 10] \end{cases} \quad (15)$$

To carry out the study, stakeholders were surveyed through individual interviews in Spanish and Quechua (in particular cases). The questionnaire that was used (which can be appreciated in Table 4) was adapted to a simpler language at the time of the interviews.

It is important to mention that the questionnaire was structured based on the evaluation criteria and the established grey classes.

To obtain the input data that will serve as a basis for the application of the methodologies, arithmetic averages were taken from all the surveys for each of the stakeholders, the results are shown in Table 5.

As an example, the  $G_1$  group was chosen to illustrate the methodology. For this group, CTWF values were calculated using the Eqs. (11), (12), (13), (14), and (15). Then the comprehensive clustering coefficient ( $\sigma_i^k$ ) was calculated for each grey class using Eq. (2), in which all seven criteria have the same weight ( $n_j = 1/7 = 0,143$ ).

Thus, the values of the CTWF and  $\sigma_i^k$  obtained for group  $G_1$  ( $m = 1$ ) are shown in Table 6.

Similarly, identical procedure was applied to groups  $G_2$ ,  $G_3$  and  $G_4$  in the case study.

### Step 3: Percentage system

The social impact assessment (SIA) for the chosen case study was determined through a percentage system defined by the values  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ , and  $\alpha_5$ , in which  $\alpha_5 = 100$ ,  $\alpha_1 = 100/5 = 20$ ,  $\alpha_2 = \alpha_1 + \alpha_1 = 40$ ,  $\alpha_3 = \alpha_1 + \alpha_2 = 60$  and  $\alpha_4 = \alpha_1 + \alpha_3 = 80$ ,

according to the established grey classes ( $s=5$ ) [13]. Thus, the percentage system is presented in Table 7.

To determine the values of the social impact assessment (SIA), the Eq. (7) was used. As an example, the results obtained for group  $G_1$  are shown in Table 8.

The social impact assessment values for groups  $G_2$ ,  $G_3$  and  $G_4$  were obtained using the same procedure. The results for all stakeholder groups are shown in Table 9.

#### **Step 4: The Entropy-weight method**

In this step, the entropy weight method was applied. For this, Table 9 was taken as input data, and all its values were normalized using Eq. (3). The normalized values are shown in Table 10.

Subsequently, the entropy, degree of divergence and entropy weight were determined using Eqs. (4), (5), and (6), the results are shown in Table 11.

#### **Step 5: Objective assessment**

Finally, the objective assessment was calculated for each stakeholder group  $i, i = 1, 2, 3, 4$ , according to each  $C_j$  criterion ( $j = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$ ), using Eq. (9). From this, the perspective of each stakeholder group on each criterion will be established. The results are shown in Table 12.

## **4. Results and Discussion**

### **4.1. About the Case Study**

Firstly, the IGCEW method helped to identify the general perceptions of stakeholders with respect to the mining project. Figure 9 (based on Table 9) shows the score of social impact assessment for each stakeholder group: for group  $G_1$  (communal authorities) the score was 41.71 (negative impact), for group  $G_2$  (alpaca's herdsman) it was 36.65 (negative impact), for group  $G_3$  (local government) it was 66.07 (normal impact) and for group  $G_4$  (merchants) it was 56.13 (normal impact).

Although the results were not particularly encouraging, the population of the groups  $G_1$  and  $G_2$  showed a predisposition of interest in negotiating with the mining company. Above all, several people from the  $G_1$  group mentioned that they are always open to dialogue, so these results could change as the Peruvian government and the mining company work together to obtain the social license to achieve an assured social benefit.

These results suggest that the mining project would have greater social impact acceptability in the  $G_3$  group compared to the others. However, the directly affected

populations, represented by the groups  $G_1$  and  $G_2$ , presented similar and somewhat adverse opinions about the project, which could generate an alliance between them against the implementation of the project. Finally, for the group  $G_4$ , the project will have neither a negative nor a positive impact, just like the group  $G_3$  but in a smaller proportion due to its scale in comparison.

On the other hand, in order to analyze and more fully understand the mechanisms that can generate conflict, we must individually examine each criterion in each stakeholder group [13].

Another analysis that can be made is the behavior of the criteria, which is considerably different between the affected groups, with the exception of groups  $G_1$  and  $G_2$ , which coincide in some respects.

Fig. 10, based on Table 9, shows the results of the social impact assessment for each criterion.

For example, for group  $G_1$ , criterion  $C_1$  was the only one that was in the "very negative impact" range (20-30); on the other hand, criteria  $C_4$  and  $C_5$  were located in the "normal impact" range (50-70), while the criteria  $C_2$  and  $C_3$  were classified in the "negative impact" range (30-50). In general, this group have mentioned that they had experience in negotiating with mining companies and that they were always open to dialogue; however, they highlighted that there have been bad experiences because of the failure of the company to comply with its agreements.

Something similar happened with the group  $G_2$ , in which the criteria in the "negative impact" range were  $C_2$ ,  $C_3$ ,  $C_4$ ,  $C_5$ , and  $C_7$ . Likewise, in the "very negative impact" range, the remaining criteria were found. According to these results, the  $G_2$  group could be considered as the group which more work needs to be done, especially on the criteria related to pollution and water access. The alpaca's herdsman ( $G_2$ ) consider that their economic activity may be negatively affected by the project; however, some people assured that they would be in favor of the project if the environment is respected.

On the other hand, for the group  $G_3$ , criteria  $C_2$ ,  $C_3$ ,  $C_4$ , and  $C_5$  are placed in the "positive impact" range (70-90), while the others are in the "normal impact" range, with the exception of criterion  $C_1$  (related to pollution), which would generate a negative impact for this stakeholder. This group has the greatest number of criteria with positive impacts since they have a greater global economic perspective of the project and the scope that it can generate.

Finally, for the analysis of the G<sub>4</sub> group, most of the criteria were located in the "positive impact" range (C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub>, and C<sub>5</sub>), and "negative impact" range (C<sub>1</sub>, C<sub>6</sub>, and C<sub>7</sub>), while criterion C<sub>2</sub> was located in the "normal impact" range. These results show that traders are less concerned about their employment and economy because, according to their perspective, these variables would be positively affected by the project. On the contrary, they showed a certain concern in the security variable, since with the arrival of strangers due to the mining project, crime could increase and negatively affect their business.

By means of the entropy weight method, it was possible to identify the most divergent criteria involving the most potential causes of conflict between the affected stakeholder groups. Figure 11, based on Table 12, shows that the stakeholder groups G<sub>1</sub> and G<sub>2</sub> converge on criteria C<sub>1</sub> (Lithium radioactivity level), C<sub>2</sub> (Poverty rate) and C<sub>7</sub> (Number of reported crimes), while they diverge more on criteria C<sub>4</sub> (Number of inhabitants per doctor – GP) and C<sub>5</sub> (GDP per capita). The above analysis was carried out because these two groups had a very similar view of the project, which could generate an alliance between them and substantially influence negatively the implementation of the mining project. Likewise, groups G<sub>3</sub> and G<sub>4</sub> converge on the criteria related to employment (C<sub>3</sub>) and to pollution (C<sub>1</sub>).

On the other hand, if we analyze globally, the four groups converge more on criterion C<sub>1</sub> (level of lithium radioactivity). This would be a good common point to approach the four stakeholder groups in an assertive way, and start to solve doubts on this issue to improve the opinions on the project.

Finally, the most divergent groups are G<sub>2</sub> and G<sub>3</sub>, especially in the criteria related to poverty (C<sub>2</sub>), employment (C<sub>3</sub>), health (C<sub>4</sub>) and economy (C<sub>5</sub>). Thus, these four criteria must be taken into account when applying measures to prevent environmental conflicts between the two groups in relation to the mining project analyzed.

The following describes the criteria with the greatest entropic weight or the most divergent (see Table 11) among the stakeholder groups in decreasing order:

### **Employment rate (C3)**

This criterion is related to the employment variable, which is controversial since two opposing poles were formed, with two groups each of them. During the surveys, the groups with the highest expectations were the local governors and the merchants, the latter mentioned that the mining project would bring a greater number of people who would be potential clients. On the other hand, the alpaca's herdsman and specially the

communal authorities said that the project would only employability for the professionals and operators of the mining company, and that they would not benefit from it.

### **GDP per capita (C5)**

Another very divergent criterion is the GDP per capita, related to the economy variable. This criterion consists of the amount of money produced in goods and services of a country divided by its number of inhabitants. As with the previous criterion, the groups that differed most were the local governors and the alpaca's herdsmen. The local governors considered that the monetary income of the region would increase due to the taxes received. The alpaca herdsmen were not very optimistic about this, as they considered that their economic situation would remain the same because they only raise their alpacas and grow "ichu" (see Fig. 12).

On the other hand, Carlos Oliva Neyra, former Minister of Economy and Finance of Peru, made a macroeconomic analysis in 2019, in which he mentions that in the next years the GDP may increase due to the investment of approximately 49 billion dollars in 41 mining projects and 9 billion dollars in 51 non-mining projects [29]. However, due to the spread of the Coronavirus pandemic, it is likely that the implementation of these projects will be delayed, which would negatively affect the Peruvian and global GDP.

### **Poverty rate (C2)**

This criterion is related to the poverty variable. Currently, Puno is one of the poorest departments in Peru, being in group number two in 2018 with a poverty rate of 32.9 to 36.2% [30]. On the other hand, if we analyze the departments by their level of extreme poverty, Puno is also in group number two in 2018 with a rate of 6 to 7.7% [30]. It is important to mention that, in both analyses, the departments of Peru were grouped into five groups. Therefore, these statistics show that poverty is a variable of concern and importance for the government and the population. Thus, each group showed a different perception of the economic benefits that the project will generate if it is implemented. For example, the group  $G_1$  (Communal authorities) mentioned that the mining project would only benefit the governors and that, on the contrary, their standard of living and the standard of living of the communities would not change. On the other hand, the  $G_3$  group (local governors) saw an opportunity for improvement due to the taxes that the project would generate.

### **Number of inhabitants per doctor (C4)**

Health (a variable related to this criterion) is one of the most controversial variables among the groups  $G_3$  (local government) and  $G_2$  (alpaca's herdsmen). The group  $G_3$  mentioned that the taxes provided by the project will serve to improve the quality of the community's medical facilities and hospitals, while the group  $G_2$  mentioned that the number of patients would increase due to the pollution that the project could generate.

#### **4.2. About the methodology**

The input data for the IGCEW method were reliable, so the results obtained can be considered acceptable and reasonable. This is because the variables (which determined the criteria) and the groups of stakeholders came from a previous exhaustive study carried out with the help of experts who were familiar with the mining project environment.

Additionally, IGCEW method is sensitive to the kinds of the four stakeholders chosen for the study. It is important to mention that the four stakeholders did not belong to any extremist opinion group, such as environmentalist group or mining company officials, as their participation may distort the results [13]. It is also important to mention that the stakeholder groups that worked with belonged to the areas of direct influence (the communal authorities and the alpaca farmers) and indirect influence (the local government and the traders). This shows that the analysis will yield a more complete result, since the groups in the indirect area of influence will also be decisive during the implementation of the project.

In addition, the criteria chosen for this project meet the essential characteristics (clear extension and not so clear intention) that they must have in order to be able to apply the theory of the grey systems. These criteria have a clear extension since they are defined by ranges of grey classes, as shown in Table 2. In the case developed in this study, within the intention of the criteria, they are not clearly defined, as the concept of these criteria are not clearly defined from scientific community.

Like any other methodology, the IGCEW method has advantages and disadvantages, which will be mentioned in Table 13.

### **5. Conclusions**

First, it is concluded that the qualitative information provided by the four stakeholder groups identified in the mining project analysis has been successfully quantified. This made it possible to objectively establish the values of the social impact that the project could generate and to determine the most divergent criteria, which are more likely to

generate environmental conflicts among the groups of stakeholders. In this way, the specific results obtained in this work could help the social analysis of the mining company or the Peruvian government to seek preventive and appropriate measures to avoid possible social conflict over the mining project.

On the other hand, it is concluded that the IGCEW method described in this article could be applied as an extension to the qualitative and quantitative methods. For example, in this work, the method succeeds in providing quantitative information of social impact for each stakeholder group by applying the grey clustering method based on the CTWF. Furthermore, by means of the application of this method, the results of the entropy weight method can clearly show the criteria most likely to result in environmental conflicts.

In future research, the IGCEW method could be applied to other types of projects (which might no longer be related to mining) such as industrial projects, civil construction projects, social projects, among others. Additionally, it can also be implemented to help community relations professionals decide which sustainable project to conduct. This is because the projects chosen are often not entirely in the interest of the community, therefore social discontent and conflict arise.

Finally, regarding the project, it is concluded that the Canadian junior company has the opportunity to start building a good relationship with the stakeholders. The results obtained in this article were not so encouraging, since the project is new and the social aspect has not yet been worked on. This could be due to the fact that the mining company currently decided to stop its exploration work at its other lithium deposit, and focus more on appealing the Peruvian government's decision to revoke its 32 mining concessions in Puno [31]. All its energies are focused on this problem, since one of the 32 concessions represents 50% of the deposit; however, the social aspect cannot be neglected for a long time. If work starts early, the landscape could change favorably in the future.

### **Acknowledgments**

For some groups of stakeholders, it was necessary to translate the questions into Quechua, so it was necessary to have the collaboration of a translator. I would like to thank him for his valuable participation during some interviews.

Additionally, I would like to thank all the people in the community who participated in the surveys. Without their collaboration, it would have been impossible to carry out my research work.

Finally, this paper was reviewed by Alexi Delgado, PhD, Full Professor of Mining engineering section, Engineering academic department. Solange Rios would like to thank him for his valuable comments and suggestions.

### **Funding**

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.



## References

- [1] Y. Liu, "Research on the Influence Factors of the Policy Tools in NIMBY Conflict Management—A Study Based on 25 Cases in China," *Open J. Soc. Sci.*, vol. 06, no. 09, pp. 164–174, 2018.
- [2] A. J. Bebbington, "Environmental conflict: An opportunity for mining companies," *J. Clean. Prod.*, vol. 84, no. 1, p. 34, 2014.
- [3] Defensoría del Pueblo, "Reporte de conflictos sociales N° 184," Perú, 2019.
- [4] D. Arbeláez, "Diálogo, conflictividad y regulación de los Estudios de Impacto Ambiental en el Sistema Minero: Aprendiendo de la experiencia peruana y el contexto latinoamericano," *Cent. Soc. Responsib. Min.*, p. 43, 2015.
- [5] Observatorio de Conflictos Mineros en el Perú, "Reporte N° 24 Primer Semestre 2019," Perú, 2019.
- [6] OCM, "Reporte N° 22 Primer semestre 2018," Perú, 2018.
- [7] P. A. Haslam and N. Ary Tanimoune, "The Determinants of Social Conflict in the Latin American Mining Sector: New Evidence with Quantitative Data," *World Dev.*, vol. 78, pp. 401–419, 2016.
- [8] Defensoría del Pueblo, "Reporte De Conflictos Sociales N° 181 Marzo 2019," Perú, 2019.
- [9] A. Delgado and I. Romero, "Applying Grey Systems and Shannon Entropy to Social Impact Assessment and Environmental Conflict Analysis," *Int. J. Appl. Eng. Res.*, vol. 12, no. 24, pp. 14327–14337, 2017.
- [10] P. Prenzel and F. Vanclay, "How social impact assessment can contribute to conflict management," *Environ. Impact Assess. Rev.*, vol. Pages 30-3, p. Pages 30-37, 2014.
- [11] A. Delgado, "Social conflict analysis on a mining project using shannon entropy.," in *2017 IEEE XXIV International Conference on Electronics, Electrical Engineering and Computing (INTERCON)*, 2017, pp. 1–4.
- [12] A. Delgado, "Citizen criminality assessment in lima city using the grey clustering method," in *2017 IEEE XXIV International Conference on Electronics, Electrical Engineering and Computing (INTERCON)*, 2017, pp. 1–4.
- [13] A. Delgado and I. Romero, "Environmental conflict analysis using an integrated grey clustering and entropy-weight method: A case study of a mining project in Peru," *Environ. Model. Softw.*, vol. 77, pp. 108–121, Mar. 2016.
- [14] DIPROMIN, "Macusani Yellowcake: 'Las comunidades aceptan nuestro

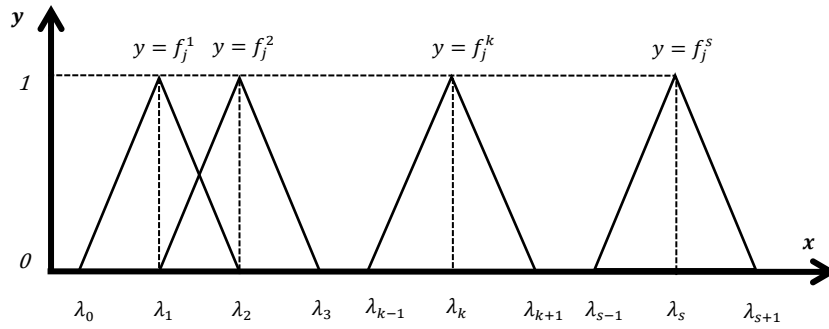
- proyecto de litio,” *Notiempresas*, 2019. .
- [15] S. Ríos and A. Delgado, “Stakeholders and Criteria on a Mining Project using AHP and Entropy-Weight Methods,” *Int. J. Recent Technol. Eng.*, vol. 8, no. 4, pp. 1933–1942, 2019.
- [16] T. Wang, X. Li, and B. Li, “An Improvement of Grey Integrated Clustering Method,” *Open J. Appl. Sci.*, vol. 07, no. 04, pp. 140–146, 2017.
- [17] S. Liu and Y. Lin, *Grey Systems Theory and Applications*, vol. 53. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2010.
- [18] Y. Zhang, J. Ni, J. Liu, and L. Jian, “Grey evaluation empirical study based on center-point triangular whitenization weight function of Jiangsu Province industrial technology innovation strategy alliance,” *Grey Syst. Theory Appl.*, vol. 4, no. 1, pp. 124–136, Jan. 2014.
- [19] G. B. Toskano Hurtado, “El Proceso De Análisis Jerárquico (AHP) como herramienta para la toma de decisiones en la selección de proveedores,” Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2005.
- [20] X. Li, K. Wang, L. Liuz, J. Xin, H. Yang, and C. Gao, “Application of the entropy weight and TOPSIS method in safety evaluation of coal mines,” *Procedia Eng.*, vol. 26, pp. 2085–2091, 2011.
- [21] Fagbote, E.O., Olanipekun, Uyi, and H.S., “Water quality index of the ground water of bitumen deposit impacted farm settlements using entropy weighted method,” *Int. J. Environ. Sci. Technol.*, vol. 11, pp. 127–138, 2014.
- [22] Y. Ji, G. H. Huang, and W. Sun, “Risk assessment of hydropower stations through an integrated fuzzy entropy-weight multiple criteria decision making method: A case study of the Xiangxi River,” *Expert Syst. Appl.*, vol. 42, pp. 5380–5389, 2015.
- [23] T.-C. Wang and H.-D. Lee, “Developing a fuzzy TOPSIS approach based on subjective weights and objective weights,” *Expert Syst. Appl.*, vol. 36, no. 5, pp. 8980–8985, 2009.
- [24] M. H. Xie and Y. Yang, “Cost Risk Assessment of Construction Projects Based on Entropy-Weighted Matter-Element Model,” *Adv. Mater. Res.*, vol. 168–170, pp. 2402–2405, 2011.
- [25] Z. Chang and Z. Qisen, “The assessment of the social, economic, and environmental impacts of expressway construction projects based on the DFGF Algorithm,” in *International Conference on Management and Service Science*,

2009.

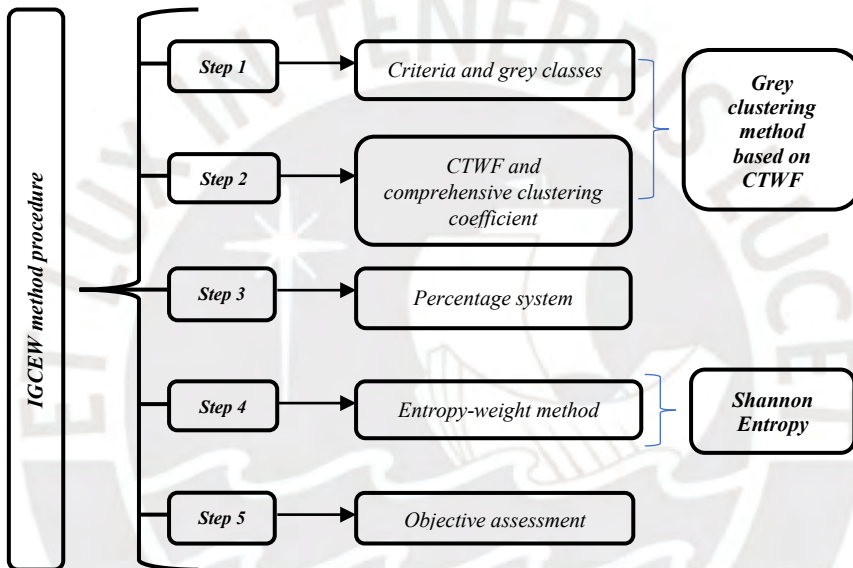
- [26] A. Shemshadi, H. Shirazi, M. Toreihi, and M. J. Tarokh, “A fuzzy VIKOR method for supplier selection based on entropy measure for objective weighting,” *Expert Syst. Appl.*, vol. 38, no. 10, pp. 12160–12167, 2011.
- [27] Plateau Uranium, “Macusani Project Uranium & Lithium in Peru Moving Towards 2020 Production,” 2018.
- [28] P. Corbetta, *Metodología y técnicas de investigación social*, McGRAW-HILL. Madrid, 2007.
- [29] C. O. Neyra, “PERÚ: MARCO MACROECONÓMICO MULTIANUAL 2020-2023,” Lima, 2019.
- [30] INEI, “Informe técnico: Evolución de la Pobreza Monetaria 2007-2018,” 2019.
- [31] Gestión, “Exploradora Plateau Energy apelará revocación del MEM por concesiones mineras en Puno,” *Diario Gestión*, 2019. .
- [32] P. S. Nat and S. Nupen, “Mineral Resource estimates for the Chilcuno Chico, Quebrada Blanca, Tantamaco and Isivilla deposits in the Puno District of Peru, updated to include lithium and potassium Prepared,” Bryanston, 2016.



## FIGURES AND TABLES



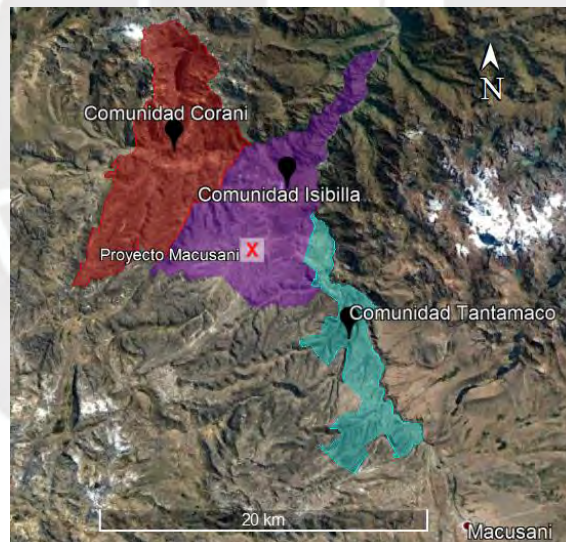
**Fig. 1** Center-point triangular whitening weight functions (CTWF) graphic



**Fig. 2** IGCEW method schema [13]



**Fig. 3** Location of the Mining Project [32]



**Fig. 4** Communities in the area of direct influence of the mining project  
Source: Google Earth



**Fig. 5** Photography of Solange Rios and two “ronderos”



**Fig. 6** Photography of Solange Rios and some alpaca’s herders



**Fig. 7** Photography of Solange Rios and a merchant

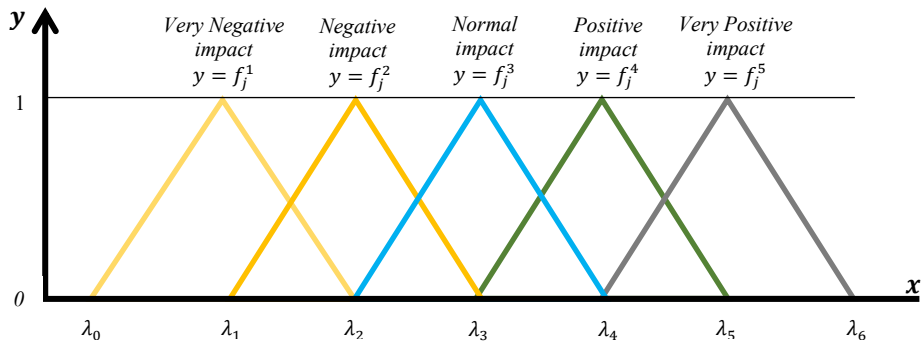


Fig. 8 CTWF in the case study

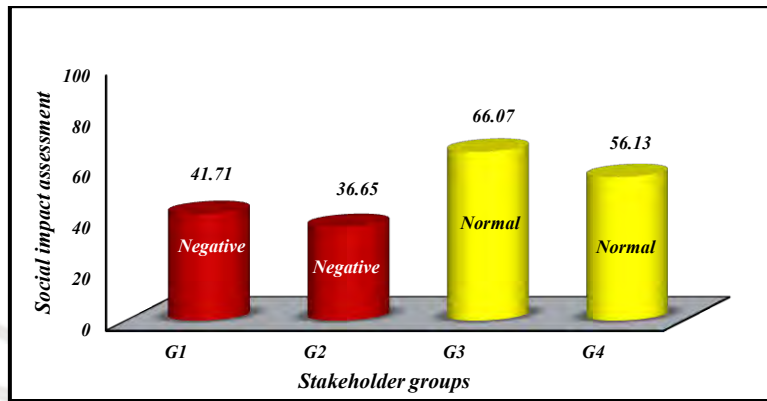
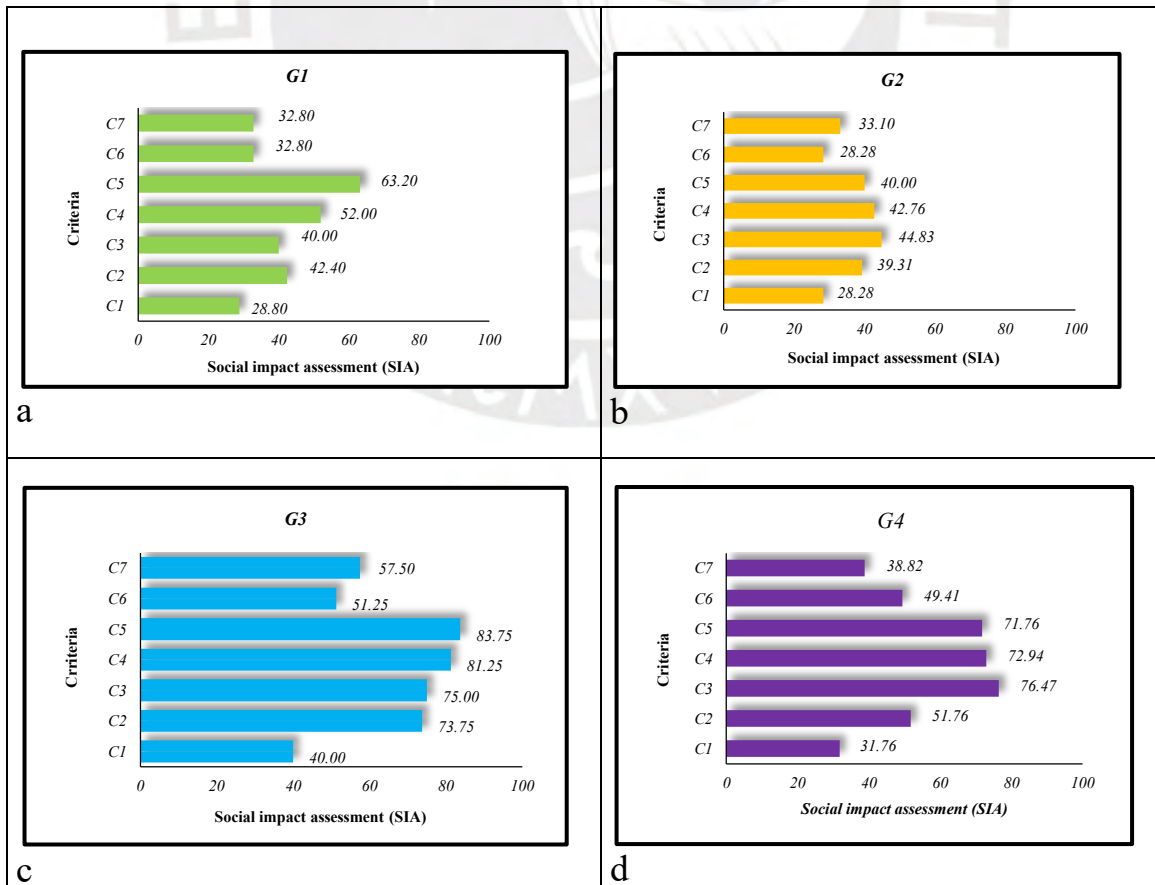
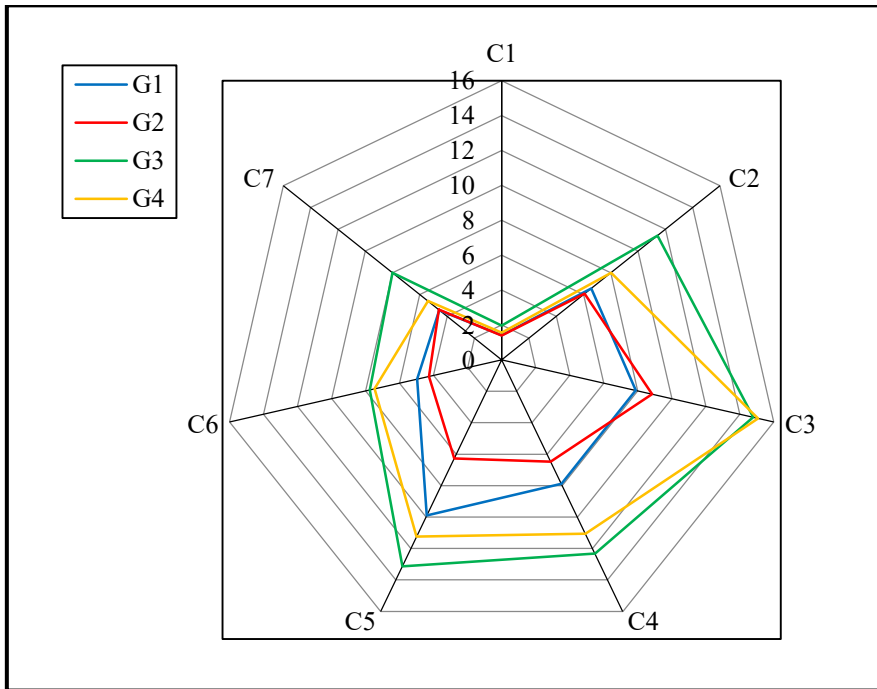


Fig. 9 Total social impact assessment of G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>, G<sub>3</sub>, and G<sub>4</sub>



**Fig. 10** Social impact assessment for each criterion for groups  $G_1$ ,  $G_2$ ,  $G_3$ , and  $G_4$



**Fig. 11** Objective assessment for each criterion for groups  $G_1$ ,  $G_2$ ,  $G_3$ , and  $G_4$



**Fig. 12** Raising alpacas and cultivation of ichu

Table 1. Criteria identified in the case study

Variables	Criterion	Code	Description
Pollution	Lithium radioactivity level	C <sub>1</sub>	The degree of lithium radioactivity in the department of Puno.
Poverty	Poverty rate	C <sub>2</sub>	The poverty rate per year in the region
Employment	Employment rate	C <sub>3</sub>	The employment rate per year in the department of Puno.
Health	Number of inhabitants per doctor (GP)	C <sub>4</sub>	The number of inhabitants per doctor (GP) per year in the department of Puno.
Economy	GDP per capita	C <sub>5</sub>	The GDP per capita as soles per month (annual average) in the department of Puno.
Water access	Access to drinking water rate	C <sub>6</sub>	The access to drinking water rate per year in the department of Puno.
Security	Number of reported crimes	C <sub>7</sub>	The number of reported crimes per year in the department of Puno.

Table 2 Value ranges of each Grey Class for each criterion determined in the case study

Criteria	Grey classes				
	<i>Very Negative</i> ( $\lambda_1$ )	<i>Negative</i> ( $\lambda_2$ )	<i>Normal</i> ( $\lambda_3$ )	<i>Positive</i> ( $\lambda_4$ )	<i>Very Positive</i> ( $\lambda_5$ )
*C <sub>1</sub>	$8 \leq X \leq 10$	$6 \leq X \leq 8$	$4 \leq X \leq 6$	$2 \leq X \leq 4$	$0 \leq X \leq 2$
*C <sub>2</sub>	$8 \leq X \leq 10$	$6 \leq X \leq 8$	$4 \leq X \leq 6$	$2 \leq X \leq 4$	$0 \leq X \leq 2$
C <sub>3</sub>	$0 \leq X \leq 2$	$2 \leq X \leq 4$	$4 \leq X \leq 6$	$6 \leq X \leq 8$	$8 \leq X \leq 10$
C <sub>4</sub>	$0 \leq X \leq 2$	$2 \leq X \leq 4$	$4 \leq X \leq 6$	$6 \leq X \leq 8$	$8 \leq X \leq 10$
C <sub>5</sub>	$0 \leq X \leq 2$	$2 \leq X \leq 4$	$4 \leq X \leq 6$	$6 \leq X \leq 8$	$8 \leq X \leq 10$
C <sub>6</sub>	$0 \leq X \leq 2$	$2 \leq X \leq 4$	$4 \leq X \leq 6$	$6 \leq X \leq 8$	$8 \leq X \leq 10$
*C <sub>7</sub>	$8 \leq X \leq 10$	$6 \leq X \leq 8$	$4 \leq X \leq 6$	$2 \leq X \leq 4$	$0 \leq X \leq 2$

Table 3 Center-points of the extended grey classes by criteria applied in the case study

Criteria	Center-points of the extended grey classes						
	<i>Extra Negative impact</i> ( $\lambda_0$ )	<i>Very Negative impact</i> ( $\lambda_1$ )	<i>Negative impact</i> ( $\lambda_2$ )	<i>Normal impact</i> ( $\lambda_3$ )	<i>Positive impact</i> ( $\lambda_4$ )	<i>Very Positive impact</i> ( $\lambda_5$ )	<i>Extra Positive impact</i> ( $\lambda_6$ )
C <sub>1</sub>	10	9	7	5	3	1	0
C <sub>2</sub>	10	9	7	5	3	1	0
C <sub>3</sub>	0	1	3	5	7	9	10
C <sub>4</sub>	0	1	3	5	7	9	10
C <sub>5</sub>	0	1	3	5	7	9	10
C <sub>6</sub>	0	1	3	5	7	9	10
C <sub>7</sub>	10	9	7	5	3	1	0



Table 7 Percentage system established to social impact assessment of case study

Social impact class	Interval	$\alpha_k$
Very negative	[20, 30]	20
Negative	[30, 50]	40
Normal	[50, 70]	60
Positive	[70, 90]	80
Very positive	[90, 100]	100

Table 8 Social impact assessment (SIA) for group  $G_1$

Impact class	$\alpha_k$	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$	$C_6$	$C_7$	Total
Very Negative	20	11.20	0.00	0.00	0.00	0.00	7.20	7.20	3.66
Negative	40	17.60	35.20	40.00	16.00	0.00	25.60	25.60	22.86
Normal	60	0.00	7.20	0.00	36.00	50.40	0.00	0.00	13.37
Positive	80	0.00	0.00	0.00	0.00	12.80	0.00	0.00	1.83
Very Positive	100	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		28.80	42.40	40.00	52.00	63.20	32.80	32.80	41.71
		Very Negative	Negative	Negative	Normal	Normal	Negative	Negative	Negative

Table 9 Social impact assessment for groups  $G_1, G_2, G_3$  and  $G_4$

Stakeholder Groups	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$	$C_6$	$C_7$	Total	Impact Class
$G_1$	28.80	42.40	40.00	52.00	63.20	32.80	32.80	41.71	Negative
$G_2$	28.28	39.31	44.83	42.76	40.00	28.28	33.10	36.65	Negative
$G_3$	40.00	73.75	75.00	81.25	83.75	51.25	57.50	66.07	Normal
$G_4$	31.76	51.76	76.47	72.94	71.76	49.41	38.82	56.13	Normal

Table 10 Normalized values of Social Impact Assessment (SIA) for groups  $G_1, G_2, G_3$  and  $G_4$

Stakeholder Groups	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$	$C_6$	$C_7$
$G_1$	0.22	0.20	0.17	0.21	0.24	0.20	0.20
$G_2$	0.22	0.19	0.19	0.17	0.15	0.17	0.20
$G_3$	0.31	0.36	0.32	0.33	0.32	0.32	0.35
$G_4$	0.25	0.25	0.32	0.29	0.28	0.31	0.24

Table 11 Values of  $H_j$ ,  $div_j$  and  $w_j$  for each criterion in the case study of the mining project

	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$	$C_6$	$C_7$
Entropy ( $H_j$ )	0.99	0.98	0.97	0.98	0.98	0.98	0.98
Divergence ( $div_j$ )	0.01	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02
Entropy weight ( $w_j$ )	0.049	0.155	0.197	0.152	0.157	0.151	0.139

Table 12 Objective assessment scores for each group in the case study of the mining project

Stakeholder Groups	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$	$C_6$	$C_7$
$G_1$	1.42	6.56	7.89	7.89	9.91	4.96	4.57
$G_2$	1.39	6.08	8.84	6.48	6.27	4.28	4.61
$G_3$	1.97	11.41	14.78	12.32	13.13	7.75	8.01
$G_4$	1.56	8.01	15.07	11.06	11.25	7.47	5.41

Table 13 Advantages and disadvantages of the IGCEW method

<b>Advantages</b>	<b>Disadvantages</b>
The grey systems and Shannon entropy approaches complement each other.	It presents subjective aspects during information gathering since it is done through surveys.
The calculations are easily obtained if a simple computer system is used.	As this is a new method it needs to be validated in other contexts to improve its effectiveness.



### Anexo 3

**Título de la conferencia técnica:** *Social impact assessment and environmental conflicts analysis in a mining project in southern Peru using mathematical models*

**Fecha:** Del 22 al 26 de marzo de 2021

**Evento:** XII Congreso Internacional de Prospectores y Exploradores - ProEXPLO 2021

**Organizador:** Instituto de Ingenieros de Minas del Perú (IIMP)

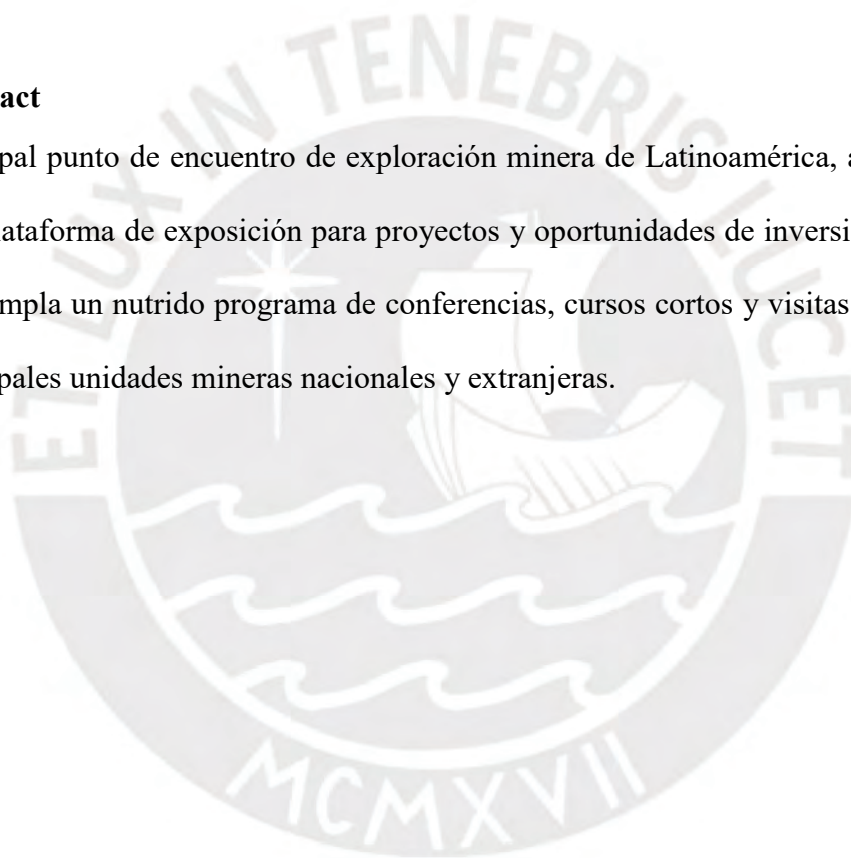
**Cuidad y país:** Lima-Perú

**Modalidad:** Virtual

**Sitio web:** <https://proexplo.com.pe/es>

#### Abstract

Principal punto de encuentro de exploración minera de Latinoamérica, además de ser una plataforma de exposición para proyectos y oportunidades de inversión en el Perú. Contempla un nutrido programa de conferencias, cursos cortos y visitas técnicas a las principales unidades mineras nacionales y extranjeras.





## Social impact assessment and environmental conflicts analysis in a mining project in southern Peru using mathematical models

Solange Guiuliana Ríos Angulo

Pontificia Universidad Católica del Perú, Av. Universitaria 1801, San Miguel, Lima 15088, Perú  
(solange.rios@pucp.pe)

### 1. Abstract

The social aspect has become a key factor for the viability of projects in Latin America, and Peru is no exception. In this study, I applied the integration of the grey grouping and entropy-weight method to evaluate the social impact (SIA) and to analyze the possible socio-environmental conflicts (ECA), respectively. The case study was a lithium mining project located in southern Peru, in which the overall result was a social impact ranging from normal to negative for the stakeholder groups.

**Keywords:** stakeholders; Grey Clustering; Shannon entropy

### 2. Introducción

Las actividades humanas pueden generar conflictos entre las personas que participan en ellas, debido a su naturaleza interactiva. Por esta razón, el gobierno, las empresas y los ciudadanos deben estar en la capacidad de hacer acuerdos asertivos que les permitan ganar conjuntamente (Y. Liu, 2018). Así, los intereses de las tres partes estarán alineados hacia un mismo objetivo (Bebbington, 2014). En el Perú, el tipo de conflicto que más se produce es el socioambiental, el cual representó un 67.7% en mayo de este año (Defensoría del Pueblo, 2020). De este porcentaje, el 64% está relacionado a la minería, lo que demuestra que hay una fuerte negativa a su desarrollo, a pesar de ser una de las actividades económicas más antiguas e importantes del país. Esto puede resultar paradójico, ya que, a pesar del eficiente desempeño social y ambiental de las empresas mineras formales, los conflictos siempre han estado presentes (Bebbington, 2014). La oposición predomina sobre todo en el sur del país, siendo Puno el cuarto departamento con mayor índice de conflictividad social relacionado a dicha industria (Observatorio de Conflictos Mineros en el Perú, 2018).

El caso de estudio de este trabajo es un proyecto ubicado en Puno, el cual tiene la particularidad de pretender comercializar litio y uranio, aun cuando, en el Perú, la legislación para la explotación de dichos elementos está todavía en proceso. Así, esta falta de reglamentación dificulta la obtención de los permisos otorgados por parte del Estado. El objetivo de este artículo es evaluar los impactos sociales (SIA) y analizar los posibles conflictos socioambientales (ECA) que podrían surgir durante la implementación de un proyecto minero, mediante el uso de modelos matemáticos.

### 3. Metodología

Los métodos aplicados en este trabajo han sido desarrollados en un marco nacional e internacional en diferentes casos de estudios de diversas disciplinas. Estos métodos fueron Grey Clustering basado en CTWF (center-point triangular whitening weight functions) y la entropía de Shannon, ya que la integración de ambos proporcionó una metodología eficiente llamada "Integration of the grey clustering and entropy-weight" (IGCEW), la cual permitió clasificar el impacto social para cada grupo de stakeholder y determinar los criterios que presenten mayor probabilidad de generar un conflicto socioambiental. A continuación, se explicará detalladamente este modelo matemático (E.O. Fagbote et al., 2014; S. Liu & Lin, 2010).

#### 3.1. Step 1: Criterios and grey clases

En este primer paso, se definen los grupos de stakeholders "m", los criterios "n" y un conjunto de intervalos o grey clases "s" según las características del proyecto minero elegido.

#### 3.2. Step 2: Funciones CTWF y el coeficiente de clusterización global

Los valores de las CTWF para cada grupo de stakeholders se calculan mediante la Ecuación (1).

$$f_j^k(x_{ij}) = \begin{cases} 0 & , x \notin [\lambda_{k-1}, \lambda_{k+1}] \\ \frac{x - \lambda_{k-1}}{\lambda_k - \lambda_{k-1}} & , x \in [\lambda_{k-1}, \lambda_k] \\ \frac{\lambda_{k+1} - x}{\lambda_{k+1} - \lambda_k} & , x \in [\lambda_k, \lambda_{k+1}] \end{cases} \quad (1)$$

Los resultados se mostrarán en una matriz compuesta de criterios y grey clases. Por otra parte, el coeficiente de clusterización global  $\sigma_i^k$  para el grupo de stakeholder  $G_i$  ( $i=1, 2, \dots, m$ ) con respecto a la grey clase  $k$  ( $k=1, \dots, s$ ) se calcula utilizando la Ecuación (2).

$$\sigma_i^k = \sum_{j=1}^n f_j^k(x_{ij}) \cdot \eta_j \quad (2)$$

### 3.3. Step 3: Evaluación del Impacto Social (SIA)

La evaluación del impacto social (SIA) de cada grupo de stakeholders se calcula con un sistema de porcentajes (Chang & Qisen, 2009), definido por los valores porcentuales  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots$ , y  $\alpha_s$ , donde  $\alpha_s=100$ ,  $\alpha_1=100/s$ ,  $\alpha_2=\alpha_1+\alpha_1$ ,  $\alpha_3=\alpha_1+\alpha_2, \dots$ , y  $\alpha_{s-1}=\alpha_1+\alpha_{s-2}$ . Por último, los resultados del SIA vienen dados por la Ecuación (3).

$$z_j^i = \sum_{k=1}^s f_j^k(x_{ij}) \cdot \alpha_k \quad (3)$$

Dónde:

-  $f_j^k(x_{ij})$  es el CTWF de la grey clase  $k$  con respecto al criterio  $C_j$

-  $\alpha_k$  es el valor porcentual de cada grey clase.

Finalmente, los resultados se representan por la matriz  $Z$ , como muestra la Ecuación (4)

$$Z = \{z_{ij}, i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n\} \quad (4)$$

### 3.4. Step 4: Método del peso entrópico

En este paso, la matriz  $Z$  se normaliza para cada criterio  $C_j$  ( $j=1, 2, \dots, n$ ). Los valores normalizados  $P_{ij}$  se calculan mediante la Ecuación (5). Posteriormente, los valores de  $H_j$ ,  $div_j$  y  $w_j$  se hallaron con las Ecuaciones (6), (7) y (8).

$$P_{ij} = \frac{z_{ij}}{\sum_{i=1}^m z_{ij}} \quad (5)$$

$$H_j = -k \sum_{i=1}^m P_{ij} \ln(P_{ij}) \quad (6)$$

$$div_j = 1 - H_j \quad (7)$$

$$w_j = \frac{div_j}{\sum_{j=1}^n div_j} \quad (8)$$

### 3.5. Step 5: Análisis de Conflictos Socioambientales (ECA)

Finalmente, el ECA se determinó para los grupos de stakeholders  $G_i$  ( $i=1, 2, \dots, m$ ) con respecto a

cada criterio  $C_j$  ( $j=1, 2, \dots, n$ ) mediante la Ecuación (9).

$$Q_{ij} = w_j z_{ij} \quad (9)$$

Donde:

-  $w_j$  es el peso entrópico de cada criterio  $C_j$

-  $z_{ij}$  es el resultado de la evaluación del impacto social (SIA) para cada grupo de stakeholders  $G_i$  ( $i=1, 2, \dots, m$ )

## 4. Caso de estudio

El caso de estudio del presente artículo es un proyecto minero situado en la provincia de Carabaya, departamento de Puno, Perú. Los stakeholders y las variables de este proyecto los determiné en un estudio previo (Ríos & Delgado, 2019), los cuales son mencionados a continuación:

### 4.1. Grupo de Stakeholders

Los grupos de stakeholders del área de influencia directa son cinco, los cuales fueron corroborados in situ y encuestados acerca del proyecto. El tamaño de la muestra en cada grupo se estableció por el principio de saturación de discurso, el cual estipula que se debe poner fin a la recopilación de información cuando los encuestados proporcionen puntos de vista similares (Corbetta, 2007).

#### 4.1.1. Autoridades comunales ( $G_1$ )

Este grupo estuvo compuesto por "ronderos" que dirigen y administran a la comunidad, de los cuales fueron entrevistadas 50 personas.

#### 4.1.2. Ganaderos de alpaca ( $G_2$ )

La ganadería de alpaca es la principal actividad económica en las zonas rurales cercanas al lugar del proyecto. En la Figura 1, se muestra un conjunto de fotografías con algunos ganaderos de alpacas. En total fueron 58 encuestados.



Figure 1 Solange Ríos con algunos ganaderos de alpacas

#### 4.1.3. Gobierno local ( $G_3$ )

Este grupo estuvo compuesto por 32 entrevistados que ocupaban cargos de tenientes alcaldes, representantes de direcciones, asesores, entre otros.

#### 4.1.4. Comerciantes ( $G_4$ )

Conformado por los dueños y trabajadores de negocios, tales como restaurantes, bodegas de abarrotes, útiles, entre otros. En este grupo, se entrevistaron a 34 personas.

#### 4.2. Variables y Criterios

Las variables también se determinaron en un artículo anterior (Ríos & Delgado, 2019), en el cual se obtuvieron siete, las cuales fueron la base para definir los criterios como una medida de cuantificación (ver Tabla 1).

Table 1. Criterios identificados en el caso de estudio

Variables	Criterios	Código	Descripción
Contaminación	Nivel de radiactividad del litio	C <sub>1</sub>	El grado de radiactividad del litio en las zonas cercanas al proyecto
Pobreza	Ratio de pobreza	C <sub>2</sub>	La tasa de pobreza anual en la zona de influencia
Empleo	Tasa de empleo	C <sub>3</sub>	La tasa de empleo por año en la zona de influencia
Salud	Número de habitantes por doctor	C <sub>4</sub>	El número de habitantes por médico por año en la zona de influencia
Economía	PBI per cápita	C <sub>5</sub>	El PIB per cápita en soles por mes (promedio anual) en la zona de influencia
Acceso al agua	Tasa de acceso al agua potable	C <sub>6</sub>	La tasa de acceso a agua potable por año en la zona de influencia
Seguridad	Número de delitos reportados	C <sub>7</sub>	El número de delitos denunciados por año en la zona de influencia

### 5. Resultados y discusiones

#### 5.1. Sobre el caso del estudio

En primer lugar, el método IGCEW ayudó a identificar las percepciones generales de los grupos de stakeholders con respecto al proyecto minero. En la Figura 2, se muestra la puntuación de la evaluación del impacto social (SIA) para los grupos de stakeholders G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>, G<sub>3</sub> y G<sub>4</sub>.

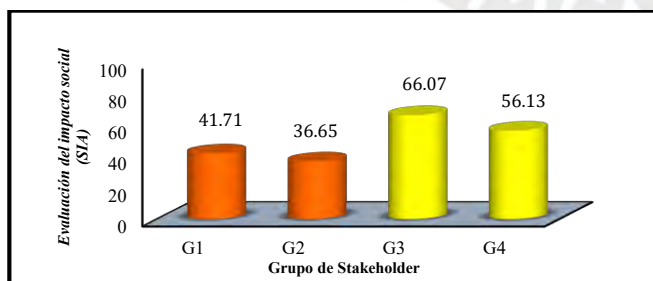


Figure 2 Evaluación del impacto social de G1, G2, G3 y G4

Estos resultados arrojan que, para los grupos G<sub>1</sub> y G<sub>2</sub>, el impacto social del proyecto sería negativo; mientras que, para los grupos G<sub>3</sub> y G<sub>4</sub>, el impacto sería normal, siendo el grupo G<sub>3</sub> el que tendría un mayor grado de aceptabilidad con respecto al proyecto minero. Asimismo, los grupos G<sub>1</sub> y G<sub>2</sub>, presentaron opiniones similares y algo adversas, lo que podría generar una alianza entre ambos en

contra de la ejecución del proyecto. Por último, para el grupo G<sub>4</sub>, el proyecto no tendrá un impacto negativo ni positivo.

Por otro lado, en la determinación del ECA, mediante el método del peso entrópico, fue posible identificar los criterios más divergentes, los cuales indican las causas más potenciales de conflictos entre grupos de stakeholders. La Figura 3 muestra que el criterio C<sub>3</sub> es el que presente una mayor divergencia debido a que se forman dos polos opuestos: grupos G<sub>1</sub> y G<sub>2</sub> versus los grupos G<sub>3</sub> y G<sub>4</sub>. Esto puede ocasionar un desacuerdo entre ambos bandos, ya que los grupos G<sub>1</sub> y G<sub>2</sub> no percibirían los mismos beneficios de generación de empleo como los otros dos grupos de stakeholders. Desde otra perspectiva, todos los grupos convergen más en el criterio C<sub>1</sub>, por lo que, este sería un buen punto en común para acercarse a los cuatro grupos de stakeholders de manera asertiva, y comenzar a resolver sus dudas respecto a la contaminación.

Finalmente, si se analiza globalmente, los grupos más divergentes son G<sub>2</sub> y G<sub>3</sub>, especialmente en los criterios C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub> y C<sub>5</sub>. Por lo tanto, estos cuatro criterios deben ser considerados en el Plan de Gestión Social de la empresa, al momento de aplicar medidas de prevención de posibles conflictos socioambientales.

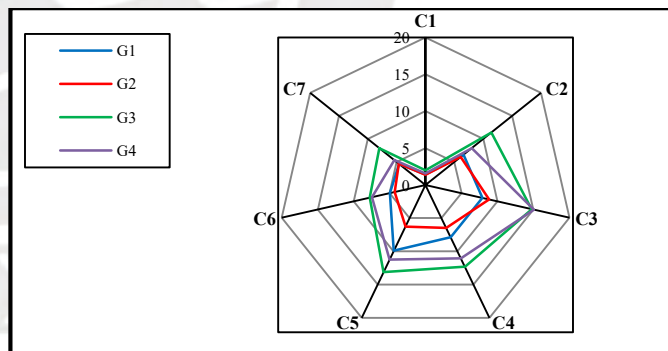


Figure 3 ECA para cada criterio de los grupos G1, G2, G3 and G4

#### 5.2. Sobre la metodología

La metodología IGCEW brindó los resultados esperados ya que se utilizaron grey clases de impacto "muy negativo", "negativo", "normal", "positivo" y "muy positivo". Por otro lado, como cualquier otra metodología, IGCEW presenta ventajas y limitaciones, las cuales son mencionados en la Tabla 2.

Table 2 Ventajas y desventajas del método IGCEW

Ventajas	Limitaciones
Los sistemas grises y los enfoques de la entropía de Shannon se complementaron entre sí de manera efectiva.	No se puede eliminar al 100% el aspecto subjetivo, ya que está presente en las encuestas realizadas en campo durante la recopilación de información



Los cálculos se obtienen fácilmente si se utiliza un simple sistema informático programado.

Como se trata de un método nuevo, es necesario validarlo en otros contextos para mejorar su eficiencia.

## 6. Conclusiones

En primer lugar, se concluye que el SIA es un Instrumento de Gestión Social que pudo ser cuantificado correctamente mediante el método IGCEW, el que a su vez permitió también determinar numéricamente el ECA. Asimismo, en otras palabras, se finiquita que la información cualitativa recolectada por medio de encuestas ha sido cuantificada con éxito por el método IGCEW, permitiendo así hallar objetivamente los valores del impacto social que el proyecto podría ocasionar (SIA), y determinar los criterios más divergentes con mayor probabilidad de generar conflictos socioambientales entre los grupos de stakeholders (ECA).

Adicionalmente, se concluye que los resultados obtenidos ayudarán a los analistas sociales de la empresa minera y del gobierno peruano a buscar medidas preventivas y adecuadas para evitar posibles conflictos socioambientales relacionados al proyecto minero del caso de estudio.

Por otro lado, se concluye que, en futuras investigaciones, será viable aplicar el método IGCEW en otros tipos de proyectos (de construcción civil, industriales, etc), con la finalidad de determinar el SIA y el ECA de forma cuantitativa. Ello permitirá elaborar Planes de Gestión Social adecuados y eficientes para cualquier proyecto.

Finalmente, IGCEW también presenta alto potencial de ser utilizado por profesionales del Ministerio de Energía y Minas del Perú, a fin de cuantificar el impacto social (SIA) y predecir conflictos socioambientales (ECA) en los proyectos mineros del país basado en un sustento numérico.

## Agradecimientos

Para algunos grupos de stakeholders, fue necesaria la traducción de las preguntas al idioma quechua, por lo que se consideró la colaboración de un traductor; y quiero reconocer su valiosa participación durante algunas entrevistas. Asimismo, quiero agradecer a todas las personas de la comunidad que participaron en las encuestas, sin su cooperación habría sido imposible realizar mi trabajo de investigación.

## Referencias

Bebbington, A. J. (2014). Socio-environmental conflict: An opportunity for mining companies.

*Journal of Cleaner Production*, 84(1), 34. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.08.108>

Chang, Z., & Qisen, Z. (2009). The assessment of the social, economic, and environmental impacts of expressway construction projects based on the DFGF Algorithm. *International Conference on Management and Service Science*.

Corbetta, P. (2007). *Metodología y Técnicas de Investigación Social* (J. M. Cejudo (ed.); 1st ed.). McGRAW-HILL Interamericana de España. <https://diversidadlocal.files.wordpress.com/2012/09/metodologc3ada-y-tc3a9cnicas-de-investigac3b3n-social-piergiorgio-corbetta.pdf>

Defensoría del Pueblo. (2020). *Reporte de Conflictos Sociales N° 195 Mayo 2020* (Vol. 15170). <https://www.defensoria.gob.pe/wp-content/uploads/2020/06/Reporte-Mensual-de-Conflictos-Sociales-N-195-mayo-2020.pdf>

E.O. Fagbote, E.O. Olanipekun, & Uyi, H. S. (2014). Water quality index of the ground water of bitumen deposit impacted farm settlements using entropy weighted method. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 11(1), 127–138. <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs13762-012-0149-0>

Liu, S., & Lin, Y. (2010). *Grey Systems: Theory and Applications* (Springer (ed.)). <https://doi.org/10.1007/978-3-642-16158-2>

Liu, Y. (2018). Research on the Influence Factors of the Policy Tools in NIMBY Conflict Management—A Study Based on 25 Cases in China. *Open Journal of Social Sciences*, 06(09), 164–174. <https://doi.org/10.4236/jss.2018.69011>

Observatorio de Conflictos Mineros en el Perú. (2018). *Reporte N° 22 Primer semestre 2018*.

Ríos, S., & Delgado, A. (2019). Stakeholders and Criteria on a Mining Project using AHP and Entropy-Weight Methods. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, 8(4), 1933–1942. <https://doi.org/10.35940/ijrte.c5694.118419>