

**UNIVERSIDAD FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**Instituto de Geociencias**  
**Programa de Post Graduación en Análisis y Modelamiento de Sistemas Ambientales**

Miluska Blas Leon

**MODELO ESTRATÉGICO GEOGRÁFICAMENTE EXPLÍCITO DEL CORREDOR  
DE VIABILIDAD AMBIENTAL, SOCIAL Y ECONÓMICO DE LA FERROVÍA  
BIOCEÁNICA EN TERRITORIO PERUANO Y BRASILEÑO**

Belo Horizonte

2020

Miluska Blas Leon

**MODELO ESTRATÉGICO GEOGRÁFICAMENTE EXPLÍCITO DEL CORREDOR  
DE VIABILIDAD AMBIENTAL, SOCIAL Y ECONÓMICO DE LA FERROVÍA  
BIOCEÁNICA EN TERRITORIO PERUANO Y BRASILEÑO**

**Versión Final**

Disertación presentada en el Programa de Pos Graduación en Análisis y Modelamiento de Sistemas Ambientales de la Universidad Federal de Minas Gerais como requisito parcial para la obtención del título de magister en Análisis y Modelamiento de Sistemas Ambientales.

Asesor: Prof. Dr. Rodrigo Affonso de Albuquerque Nóbrega

Co-asesor: Prof. Dr. Francisco Vilella

Belo Horizonte

2020

L579m Leon, Miluska Blas.  
2020 Modelo estratégico geográficamente explícito del corredor de viabilidad ambiental, social y económico de la ferrovía bioceánica en territorio peruano y brasileño [manuscrito] / Miluska Blas Leon. – 2020.  
151 f., enc.: il. (principalmente color.)

Orientador: Rodrigo Affonso de Albuquerque Nóbrega.  
Coorientador: Francisco Vilella.  
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Cartografia, 2020.  
Bibliografia: f.122-126.  
Inclui anexos e apêndices.

1. Modelagem de dados – Aspectos ambientais – Teses. 2. Ferrovias – Teses. 3. Transportes – Planejamento – Teses. 4. Geoprocessamento – Teses. I. Nóbrega, Rodrigo Affonso de Albuquerque. II. Vilella, Francisco. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Departamento de Cartografia. IV. Título.

CDU: 911.2:519.6



## FOLHA DE APROVAÇÃO

**MODELO ESTRATÉGICO GEOGRÁFICAMENTE EXPLÍCITO DEL CORREDOR DE VIABILIDAD AMBIENTAL, SOCIAL Y ECONÓMICO DE LA FERROVÍA BIOCEÁNICA EN TERRITORIO PERUANO Y BRASILEÑO**

**MILUSKA BLAS LEON**

Dissertação submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ANÁLISE E MODELAGEM DE SISTEMAS AMBIENTAIS, como requisito para obtenção do grau de Mestre em ANÁLISE E MODELAGEM DE SISTEMAS AMBIENTAIS, área de concentração ANÁLISE, MODELAGEM E GESTÃO DE SISTEMAS AMBIENTAIS.

Aprovada em 18 de maio de 2020, pela banca constituída pelos membros:

Prof. Rodrigo Affonso de Albuquerque Nóbrega - Orientador  
UFMG

Prof. Pastor Willy Gonzales Taco  
UNB

Prof. Marcelo Antonio Nero  
UFMG

Belo Horizonte, 18 de maio de 2020.

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mi familia por su amor y fortaleza

## AGRADECIMIENTOS

Mi mamá Nina por su fortaleza y apoyo incondicional, mi papá Toño por inspirarme a seguir estudiando, mis hermanas Jessy y Mindy por sus consejos, mis sobrinos Samin y Mahja por ser mi alegría, mis cuñados Marlon y Raúl por su perseverancia ante los desafíos, mi mamita Haydee por su valentía y por esperar mi retorno. Gracias familia sin ustedes no sería posible cumplir este gran sueño de estudiar esta maestría aquí en el Brasil.

También agradezco a mi orientador profesor. Rodrigo Affonso de Albuquerque Nóbrega por el incentivo y confianza en el proceso de la disertación, agradezco a William Leles por el apoyo en la interpretación de los resultados en DINAMICA EGO. Finalmente agradezco a la Organización de Estados Americanos (OEA) y a la *Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES)* por la beca de estudio de maestría

## RESUMEN

A lo largo de la historia reciente, hubo varias propuestas de corredores ferroviarios transcontinentales para conectar el Océano Pacífico con el Océano Atlántico. El Brasil y el Perú están avanzando estratégicamente en la propuesta de un proyecto ferroviario bioceánico, siendo debatida en ambos países los pros y los contras. Si, por un lado, las perspectivas mercadológicas y macrologística son los principales impulsores del proyecto, por otro lado, las consideraciones ambientales y sociales se convierten en las principales limitaciones. La región centro oeste de Brasil es un importante productor mundial de soya y maíz y la mayor producción de granos está orientado a los mercados internacionales, incluido China, como destino principal. A su vez, Perú destaca por ser el principal exportador de fosfato a China, además de algunos productos agrícolas. En 2015, China presentó un proyecto informando la viabilidad preliminar del corredor ferroviario, que fue rechazado por el gobierno peruano debido a los negativos impactos ambientales y sociales. Además de los sensibles aspectos naturales y sociales, otro aspecto importante y muy complejo del proyecto es la topografía y la morfología del terreno, que varía de plano, en la llanura amazónica, hasta extremadamente montañoso la Cordillera de los Andes, llegando a las extensas áreas de suelos arcillosos en la costa peruana. Como se informa en la literatura, el proceso de decisión para los corredores de transporte es complejo y requiere puntos de vista con respecto a la viabilidad económica, técnica y ambiental. Las políticas públicas, sociales y ambientales incluidas en el plan de transporte requieren un gran volumen de datos, actores y opiniones que generalmente son contradictorias. Por lo tanto, el geoprocésamiento se ha utilizado en la planificación del transporte moderno como una plataforma para permitir resultados de calidad y oportunos. En este contexto, esta investigación propone y analiza un modelo geoespacial para diseñar los corredores de viabilidad del ferrocarril Perú - Brasil en relación con diferentes escenarios que integran aspectos ambientales, económicos y sociales. La metodología reúne técnicas de análisis multicriterio estructuradas en un Sistema de Información Geográfica de manera organizada. El modelo permite resultados de visualización fáciles para comparar las alternativas probadas y diseñar la vía más viable. La organización de los datos y la transparencia en las reglas de decisión, que ahora alcanzaron un público internacional, son dos atracciones principales del modelo. La solución es flexible, pues permite que las reglas sean moldadas dinámicamente, lo que posibilita la reproducción del estudio. La investigación aborda dos temas críticos y oportunos, como la infraestructura de transporte y el medio ambiente. Cuanto al impacto social, estos temas impregnan aspectos de la gobernanza,

la justicia social y ambiental, áreas que se verán impactadas positivamente si se implementa un enfoque integral de planificación del transporte.

Palabras Claves: Corredores de viabilidad, planeamiento de transportes, geoprocésamiento, Dinámica EGO.

## ABSTRACT

Several attempts to propose a transcontinental railway corridor to connect the Pacific Ocean to the Atlantic Ocean have occurred in recent history. Brazil and Peru are strategically moving towards the proposal of a bioceanic railway project. The proposal is in debate and concerns with pros and cons. If in one hand the marketing and macro -logistics perspectives are the main drivers for the project, on the other hand, the sensitive environmental and social perspectives are the main limitations. Brazil, in its central west region, is the world main producer of soybeans and corn. The majority of grain-oriented production has international markets, including China, as main destine. Peru is the main phosphate exporter to China, besides some agricultural products. In 2015, China presented a project reporting preliminary feasibility of the railway corridor, which was rejected by the Peruvian government due to the negative environmental and social impacts. Other than sensitive natural and social aspects, another important and very complex aspect of the project is the topography and morphology. In the area, the topography ranges from flat terrain from the Amazonian plain, which presents extensive areas of clay soils to the Peruvian coast, obligatorily crossing the Andes Mountains. As reported in the literature, the decision process for transport corridors is complex and requires standpoints from economic, technical, and environmental viability. The public, social and environmental policies included in the transport plan require a large volume of data, actors, and opinions that are typically contradictory. Thus, GIS has been used in modern transportation planning as a platform to allow quality results and in a timely manner. In this context, this research proposes and analyzes a geospatial model to designed the feasibility corridors for the Peru - Brazil railway regarding different scenarios that integrate environmental, economic and social aspects. The methodology brings together AHP multicriteria analysis techniques into the GIS framework in an organized manner. The results allow easy comparative visualization of the alternatives and calculate the best viable path. The organization of data and transparency in decision rules are two main attractions of the model, that now reached an international audience. The solution is flexible since it allows the rules to be dynamically molded, which makes it possible to reproduce the study. The investigation touches two critical and timely themes: transportation Infrastructure and environment. Regarding the social impact, these themes permeate aspects of governance, social and environmental justice, areas that will be positively impacted if a comprehensive transportation planning approach is put in practice.

Keywords: Feasibility corridor, transportation planning, GIS, Dinamica EGO.

## LISTAS DE FIGURAS

Figura 1. (A) Ubicación del Perú en el Mapa Sudamericano. (B) Mapa de Ubicación de las Rutas ferroviarias del Perú.	23
Figura 2. Ferrocarril Central: Lima – La Oroya – Huancayo (Perú).	24
Figura 3.(A) Ubicación del Brasil en el Mapa Sudamericano. (B) Mapa de ubicación de ferrovías en el Brasil.	25
Figura 4. Rutas alternativos y unidades de conservación en la frontera Perú – Brasil.	32
Figura 5. Esquema de la metodología AHP.	34
Figura 6. Representación de ruta mas corta con menor costo.	40
Figura 7. (A) Ubicación del área de estudio en el Mapa Sudamericano. (B) Mapa de ubicación del área de estudio y las conexiones entre puertos del Perú y el Brasil.	41
Figura 8. Las ocho regiones del Perú. Fuente: Javier Pulgar Vidal.	61
Figura 9. Producción de los principales productos no metálicos en porcentaje	65
Figura 10. Unidades de Conservación del Área de Estudio.	77
Figura 11. Flujo de etapas del modelo de inteligencia geográfica para procesamiento de corredores de transporte	80
Figura 12. Mapa Temático de las Unidades de Conservación de uso Integral.	84
Figura 13. Mapa de distancia en Km Euclidiana para repeler las Unidades de Conservación de Uso Integral	85
Figura 14. Mapa de ponderación AHP de las Unidades de Conservación de Uso Integral	86
Figura 15. Mapa Temático de Áreas Agrícolas.	87
Figura 16. Mapa de distancia (Km) Euclidiana para atraer las áreas agrícolas.	88
Figura 17. Mapa de ponderación AHP de las áreas agrícolas.	89
Figura 18. Mapa Temático de comunidades nativas.	90
Figura 19. Mapa de distancia (Km) Euclidiana para repeler comunidades nativas	91
Figura 20. Mapa de ponderación AHP de comunidades nativas	92
Figura 21. Mapa Temático de Concesionaria Minera.	93
Figura 22. Mapa de distancia (Km) Euclidiana para atraer concesionarias mineras	94
Figura 23. Mapa de ponderación AHP de concesionarias mineras.	95
Figura 24. Representación gráfica de los factores y criterios para la metodología AHP.	96
Figura 25. Factores integrados Análisis Multicriterio Jerárquico AHP II	103
Figura 26. Caja de mapas iniciales y calculate map	104
Figura 27. Tratamiento de categorías.	105

Figura 28. Tratamiento por distancia.	105
Figura 29. Categorías AHP con sus respectivos pesos	106
Figura 30. Representación gráfica para el mapa de fricción	106
Figura 31. Costos superficiales.	107
Figura 32. Representación del corredor ambiental puerto del Callao y rio Branco	108
Figura 33. Representación del corredor ambiental Matarani – Rio Branco	109
Figura 34. Representación del corredor ambiental Ilo – Rio Branco	110
Figura 35. Representación del corredor social puerto Callao – Rio Branco	111
Figura 36. Representación del corredor social puerto Matarani – Rio Branco.	112
Figura 37. Representación del corredor social puerto Ilo – Rio Branco	113
Figura 38. Representación del corredor físico puerto Callao – Rio Branco	114
Figura 39. Representación del corredor físico puerto Matarani – Rio Branco	115
Figura 40. Representación del corredor físico puerto Ilo – Rio Branco	116
Figura 41. Representación del corredor económico puerto Callao – Rio Branco.	117
Figura 42. Representación del corredor económico puerto Matarani – Rio Branco	118
Figura 43. Representación del corredor económico puerto Ilo – Rio Branco	119

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Corredor Norte – Central Perú.	30
Tabla 2. Matriz de comparaciones pareadas.	34
Tabla 3. Regla de comparaciones pareadas.	35
Tabla 4. Valores de Consistencia aleatoria en función del tamaño de la matriz.	37
Tabla 5. Límite de Consistencia.	38
Tabla 6. Área de las vertientes del área de estudio –Perú.	44
Tabla 7. Principales Cuencas del Brasil.	46
Tabla 8. Superficie del área de estudio de bosques naturales.	48
Tabla 9. Tráfico Ferroviario de Carga por empresa Perú (En miles de toneladas)	69
Tabla 10. Técnicas de geoprocesamiento para la preparación de los datos de entrada	82
Tabla 11. Matriz de comparación de criterios del factor ambiental.	97
Tabla 12. Matriz Normalizada de criterios del factor ambiental.	97
Tabla 13. Vector de prioridad de criterios del factor ambiental.	97
Tabla 14. Índice y Razón de Consistencia del factor ambiental.	98
Tabla 15. Matriz de comparación de criterios del factor económico.	98
Tabla 16. Matriz Normalizada de criterios del factor económico	98
Tabla 17. Vector de prioridad de criterios del factor económico.	99
Tabla 18. Índice y Razón de Consistencia del factor económico	99
Tabla 19. Matriz de comparación de criterios del factor físico	99
Tabla 20. Matriz Normalizada de criterios del factor físico.	100
Tabla 21. Vector de prioridad de criterios del factor físico.	100
Tabla 22. Índice y Razón de Consistencia del factor físico.	100
Tabla 23. Matriz de comparación de criterios del factor social.	101
Tabla 24. Matriz Normalizada de criterios del factor social.	101
Tabla 25. Vector de prioridad de criterios del factor social.	101
Tabla 26. Índice y Razón de Consistencia del factor social.	101

## LISTA DE SIGLAS Y ABREVIATURAS

AHP – Analytic Hierarchy Process

ANA- Autoridad Nacional del Agua – Perú

ANA – Agência Nacional de Águas – Brasil.

CEA – Congreso Empresarial Amazónico.

Cr. – Relación de Consistencia.

DAR – Derecho Ambiental y Recursos Naturales.

DGCF- Dirección General de Caminos y Ferrocarriles.

DGPI – Dirección General de Derecho de los Pueblos Indígenas.

D.S – Decreto Supremo.

FAO - Food and Agriculture Organization

FETAB – Ferrocarril Transcontinental Brasil – Perú

FUNAI – Fundação Nacional do Índio.

IBC – Instituto del Bien Común

IBGE – Instituto Nacional de Geografía e Estatística.

ICMBIO – Instituto Chico Mendes de Biodiversidade.

IIRSA – Iniciativa para a Integração Física Ferroviária

INGEMMET – Instituto Geológico Minero Metalúrgico.

IPHAN – Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional.

INDECI – Instituto Nacional de Defensa Civil.

INEI – Instituto Nacional de Estadística e Informática.

MC- Ministerio de Cultura.

MEF – Ministerio de Economía y Finanzas.

MINAM - Ministerio del Ambiente.

MINEM – Ministerio de Energía y Minas.

MINAGRI – Ministerio de Agricultura y Riego.

MTC – Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

R.M. – Resolución Ministerial.

SENAMHI – Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología

SERNANP – Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas.

UCPI – Unidade de Conservação e Proteção Integral.

UCUS – Unidade de Conservação de Uso Sustentável.

UNESCO - United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.

VMGA – Viceministerio de Gestión Ambiental.

## INDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	16
<b>1.1. Objetivo</b> .....	19
<b>1.2. Justificativa</b> .....	20
<b>1.3. Hipótesis de la investigación</b> .....	21
<b>1.4. Limitación</b> .....	21
<b>1.5. Estructura de la investigación</b> .....	22
<b>2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA Y BASES CONCEPTUALES</b> .....	22
<b>2.1. Sistemas Ferroviarios Nacionales Perú y Brasil</b> .....	22
<b>2.2. Histórico del planeamiento de los corredores ferroviarios de Integración Sudamericanos</b> .....	25
2.2.1. Corredor Ferroviario Bioceánico Central (Brasil – Bolivia – Chile – Perú).....	26
2.2.2. Corredor Ferroviario Bioceánico Paranaguá – Antofagasta.....	26
2.2.3. Interconexión Paraguay – Argentina – Uruguay.....	26
2.2.4. Interconexión Brasil – Uruguay – Argentina.....	27
2.2.5. Interconexión Brasil – Perú.....	27
2.2.6. Corredor Trasandino Central (Argentina – Chile).....	27
2.2.7. Corredor Bolivia – Argentina.....	28
<b>2.3. Ferroviaria Transcontinental Perú - Brasil y China</b> .....	28
2.3.1. Rutas de los corredores bioceánicos.....	29
2.3.2. Limitaciones y opinión técnica.....	30
<b>2.4. Análisis Multicriterio Jerárquico (AHP)</b> .....	32
<b>3. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO</b> .....	40
<b>3.1. Localización del área</b> .....	40
<b>3.2. Aspectos Biofísicos</b> .....	44
3.2.1. Hidrografía.....	44
3.2.1.1. Vertiente Pacífico.....	44
3.2.1.2. Vertiente del Amazonas.....	45
3.2.1.3. Vertiente del Titicaca.....	46
3.2.2. Clima.....	46
3.2.3. Cobertura Vegetal.....	48
3.2.4. Relieve.....	49
3.2.4.1. Relieves de la sierra.....	51
3.2.4.2. Relieves de la Selva.....	54
3.2.4.3. La División Ecológica o de las ocho regiones naturales.....	57

<b>3.3. Aspectos Económicos y Logísticos .....</b>	<b>62</b>
3.3.1. Población y Producto Bruto Interno (PBI) .....	62
3.3.2. Producción agrícola.....	63
3.3.3. Producción minera.....	65
3.3.4. Exportación minera .....	66
3.3.5. Ferrovía .....	66
3.3.6. Carretera .....	69
3.3.7. Centrales Hidroeléctricas .....	71
<b>3.4. Aspectos Ambientales .....</b>	<b>73</b>
3.4.1. Áreas Naturales Protegidas Perú .....	73
3.4.1.1. Reserva de Biosfera.....	73
3.4.1.2. Parques Nacionales .....	74
3.4.1.3. Reservas Nacionales.....	74
3.4.1.4. Reserva Paisajística .....	74
3.4.1.5. Bosque de Protección .....	74
3.4.1.6. Reservas Comunales .....	74
3.4.1.7. Zonas Reservadas .....	75
3.4.2. Unidades de Conservación Acre .....	75
3.4.2.1. Unidades de Conservación de Protección Integral.....	75
3.4.2.2. Unidades de Conservación Uso Sostenible .....	76
<b>3.5. Aspectos Culturales/ sociales.....</b>	<b>78</b>
3.5.1. Pueblos Indígenas.....	78
3.5.2. Santuario Nacionales.....	79
3.5.3. Santuario Histórico.....	79
3.5.4. Arqueología.....	79
<b>4. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>80</b>
<b>4.1. Materiales.....</b>	<b>80</b>
<b>4.2. Pre – procesamiento de los datos de entrada .....</b>	<b>81</b>
<b>4.3. Modelamiento Geográfico .....</b>	<b>82</b>
<b>5. RESULTADOS.....</b>	<b>107</b>
<b>5.1. Escenario 1: Prioridad Ambiental .....</b>	<b>108</b>
<b>5.2. Escenario 2: Prioridad Social.....</b>	<b>110</b>
<b>5.3. Escenario 3: Prioridad Física.....</b>	<b>113</b>
<b>5.4. Escenario 4: Prioridad Económica .....</b>	<b>116</b>
<b>6. DISCUSIÓN.....</b>	<b>119</b>
<b>7. CONCLUSIÓN.....</b>	<b>120</b>

<b>8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>122</b>
<b>APENDICES.....</b>	<b>127</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>137</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

Los intentos por establecer una conexión ferroviaria que una Perú – Brasil, han sido numerosos creando así un corredor bioceánico. Históricamente, inició con algunos proyectos locales desde 1975 con el objetivo de exportar soya del Brasil al Perú y minerales del Perú al Brasil. Sin embargo, no existía ninguna planificación técnica. Los siguientes proyectos fueron: el Ferrocarril Transoceánico (FETRAS - 2007), el Ferrocarril Perú – Brasil (FERRIPEB - 2008), el Proyecto Geopolítico Bioceánico y el Ferrocarril Transcontinental “Brasil – Perú” Atlántico – Pacífico (FETAB - 2008) (DORADOR, 2016). Este último proyecto fue de especial interés por el gobierno peruano creando, la ley N°29207 - Perú que declara de necesidad pública y de interés nacional la construcción de la ferrovía transcontinental “Brasil-Perú” atlántico-pacífico (FETAB - 2008) pero no tuvo resultados por la enorme cantidad de inversión y un reto geográfico para ambos países. Por lo que, no se realizaron los estudios de viabilidad, hasta el año 2013.

China muestra interés por el proyecto ferroviario. En mayo de 2015 se suscribe un memorándum sobre la interconexión ferroviaria bioceánica China – Perú – Brasil (NOVAK et al., 2016). Sin embargo, de acuerdo con Caillaux et al. (2016) uno de los mayores retos es, sin duda alguna, establecer la viabilidad de cualquier proyecto de inversión. Según Dorador (2016) menciona, que se realizaron estudios tanto para el Brasil como para el Perú llegando a la conclusión, por el lado brasileño existe mayor convicción del trazado de la vía, mientras, que por el lado peruano se proyectan una serie de posibilidades con mayor o menor grado de viabilidad. Entonces se puede decir que para ambos países el proyecto de la ferrovía tiene pros y contras, por un lado, esta las perspectivas mercadológicas y macrologística que son los principales impulsores del proyecto y por el lado opuesto, las perspectivas ambientales y sociales son las principales limitaciones.

En el Brasil, la región centro – oeste es el principal productor de granos como soya y maíz y gran parte de esa producción es destinada a mercados internacionales, incluyendo a China. Cabe señalar que la producción agrícola en esta región ha batido record año tras año, no solo por la expansión del área de plantaciones, sino también por el aumento de la productividad (HOPEWELL, 2017). Tales empresas demuestran la viabilidad económica de una solución macro para la región, incluso sin considerar los productos mineros. Los factores positivos, como

el desarrollo económico, tienen un peso significativo en el proceso de toma de decisiones y casi siempre son la demanda de los estudios de viabilidad para proyectos de infraestructura (NOBREGA et al., 2011)

El Perú es el primer productor latinoamericano de zinc y plomo; y el segundo productor a nivel mundial de zinc, cobre y plata. En el año 2018 el nivel de exportación aumento a 0,1% en plata además de productos no metálicos a 1,3% en comparación al año 2107 (MINEM, 2018). Según MINAGRI (2018) menciona, la producción agrícola en el Perú creció en 9,9% comparado al año 2017 y 2018. Algunos productos de exportación son el maíz amarillo duro que aumento en 17% (en Ancash, San Martín e Ica), el café pergamino en 9% (en Junín, San Martín y Pasco), la uva 9% (en Ica y Lambayeque). Entonces, se puede decir que el factor económico minero y agrícola son favorables para el estudio de viabilidad del proyecto de gran envergadura, lo cual significa un peso significativo en la toma de decisiones.

Otro aspecto importante y muy complejo es la topografía y morfología del terreno que varía desde la planicie amazónica que presenta extensas áreas de suelos arcillosos, resultantes de la combinación de factores pedológicos e hidrológicos mencionados durante la construcción de la Estrada de Ferro Madeira Mamoré (CRAIG, 1947), hasta la costa peruana traspasando obligatoriamente la Cordillera de los Andes. Ejemplo, la ruta ferroviaria Central Callao – La Oroya – Huancayo- Cerro de Pasco, el punto máximo de altitud (Tíclio) que llega a los 4781 m.s.n.m pasando por túneles (CASTILLO, 2019). Estos aspectos son desfavorables para la construcción del corredor ferroviario.

Sin embargo, según Arce et al. (2010), los estudios de proyectos de transportes no solo deben tener en cuenta los aspectos económicos y físicos sino también aspectos sociales junto a los aspectos ambientales, de manera que el equilibrio entre esos cuatro factores permita avanzar hacia la sostenibilidad. De acuerdo al estudio básico preliminar del proyecto ferroviario Perú – Brasil, en mayo de 2015 presentado por (CHINA RAILWAY ERYUAN ENGINEERING GROUP, 2015) menciona cinco rutas alternativas, cuatro de ellas recibieron numerosas críticas tanto a nivel nacional como internacional por el presunto efecto nefasto al Parque Nacional Cordillera del Divisor y a la Reserva Territorial Isconagua. Por ello, la Oficina de Programación de Inversiones del Ministerio de Transporte y Comunicaciones del Perú, determinó que el

estudio del perfil del proyecto no cuenta con los elementos y el sustento necesario para su aprobación (NOVAK et al., 2016).

Otro aspecto importante es las relaciones políticas entre ambos gobiernos. Según Lan (2017) los elementos que han impedido al proyecto bioceánico son: en el área política, por el cambio presidencial que ha experimentado Brasil, todavía queda pendiente el pronunciamiento del nuevo presidente brasileño. En cuanto al costo y financiamiento, el actual presidente, Martín Vizcarra mencionó que el corredor supone una inversión cercana a los 60 mil millones de dólares que es demasiado caro y que con ese dinero se podía realizar otros proyectos de bienestar social de carácter prioritario para el Perú.

Como se observa el proceso de toma de decisiones en el planeamiento de transporte envuelve actualmente una gama mayor de variables, de actores y de regulaciones comparando a las formas tradicionales practicadas en el pasado (STICH; NOBREGA; O'HARA, 2011). En la toma de decisiones todos los aspectos implicados en la planificación del transporte no deben ser evaluados aisladamente. Es por ello que los sistemas de información geográfica juegan un papel especial, por la capacidad de almacenar y procesar bases de datos de grande soporte y permitir modelamiento de escenarios complejos para el análisis y toma de decisiones (SADASIVUNI et al., 2009; NOBREGA, 2016).

No cabe duda, que la aplicación de métodos de evaluación multicriterio jerárquico (AHP) en la fase de -planificación de grandes infraestructuras de transporte; resulta habitual el uso de mapas temáticos utilizando herramientas de geoprocresamiento lo cual permite realizar mediciones y cálculos que se consideran sensibles permitiendo así evitar zonas a proteger (ARCE et al. 2010).

Por ello, el presente estudio propone desarrollar un modelo de corredor ferroviario sostenible. El área de estudio es el centro – sur del Perú y el estado de Acre – Brasil específicamente los puertos (Callao, Ilo y Matarani) del Perú con Rio Branco en el estado de Acre – Brasil. Los modelos están representados en tres corredores Callao – Rio Branco, Ilo – Rio Branco y Matarani – Rio Branco.

Como se vio en párrafos anteriores los pros y contras para la construcción de la ferrovía bioceánica y los muchos intentos por conectar estos dos países. La propuesta de la investigación es desarrollar un modelo de corredores ferroviarios viables por medio de análisis multicriterio tanto procesos matemáticos y geográficos, para obtener rutas alternativas prioritarias sostenibles tanto ambiental, social, físico y económico. Es importante aclarar que el estudio tiene un enfoque de planeamiento participativo e inclusivo en el planeamiento de la construcción ferroviaria bioceánica Perú – Brasil y no un estudio técnico de ingeniería.

En la primera etapa de la metodología es reunir todas las variables que van intervenir en el corredor y representarlos en mapas temáticos. La segunda etapa es presentar mapas de distancia euclidiana recordando el objetivo si es de atracción o repulsión para el corredor. La tercera etapa y cuarta etapa es la ponderación (AHP) por cada variable que es la primera etapa del modelo geográfico y finalmente la ponderación de AHP por cada factor ambiental, social, físico y económico que es la segunda etapa del modelo geográfico. En resumen, se propone desarrollar un modelo geográfico a través de análisis multicriterio apoyado en herramientas de geoprocetamiento para seleccionar la mejor ruta viable de la ferrovía bioceánica Perú – Brasil. El modelo fue capaz de demostrar diferentes escenarios alternativos con prioridades ambientales, sociales, económicos y físicos rompiendo así el uso tradicional de los estudios de viabilidad. El presente estudio de maestría posibilitó, satisfactoriamente, modelar alternativas de corredores ferroviarios aplicados en herramientas SIG con la utilización de Análisis Multicriterio Jerárquico (AHP – Nivel I y AHP Nivel II).

### **1.1. Objetivo**

Desarrollar alternativas de soluciones basadas en análisis multicriterio implementadas en el ambiente de Sistemas de Información Geográficas como forma de presentar escenarios alternativos para el Estudio de Viabilidad social, económica, físico y ambiental en la etapa del planeamiento de la mejor ruta ferroviaria bioceánica Perú – Brasil.

Los objetivos específicos de la presente investigación son:

- i. Modelar corredores de viabilidad ambiental, social, físico y económico apoyados en geoprocesamiento y análisis de multicriterio como rupturas de paradigma en el proceso de planeamiento ferroviario.
- ii. Construir y comparar métricas en cuatro escenarios alternativos con prioridad ambiental, social, económico y físico representadas en tres corredores Callao – Rio Branco, Ilo – Rio Branco y Matarani – Rio Branco.

## **1.2. Justificativa**

Desde hace una década el Perú y el Brasil plantearon acuerdos para la construcción ferroviaria bioceánica para conectar el océano atlántico con el océano pacífico cuyo objetivo es la exportación de productos agrícolas y minerales. Se realizó los estudios de viabilidad presentando cinco alternativas, los cuales cuatro alternativas fueron rechazadas por el Ministerio del Ambiente y el Servicio Nacional de Áreas Nacionales Protegidas (SERNANP) por atravesar unidades de conservación y territorio indígenas tanto en el Perú como en el Brasil. Es por ello que la presente investigación radica en poder demostrar alternativas de soluciones basadas en geoprocesamiento y análisis multicriterio AHP mediante escenarios alternativos para el estudio de viabilidad en el planeamiento ferroviario de la bioceánica Perú Brasil.

El trabajo tiene relevancia social y ambiental para los decisores de políticas de ambos países y de los administradores del Ministerio de Transporte y Comunicaciones para la mejor toma de decisiones en la aprobación de proyectos de gran envergadura y que ayuden en la preservación y conservación de los recursos naturales.

A nivel académico, el modelo posibilita la reproducción del estudio. Los pasos y procedimientos permiten sentar base de lo que a futuro puede ser un manual de usuario, que servirá como material de consulta tanto para profesionales y estudiantes interesados.

### **1.3. Hipótesis de la investigación**

El desarrollo de un corredor ferroviario fronterizo como es el caso de Perú y Brasil comprende un alto grado de complejidad en la cual intervienen variables físicas, sociales, económicas y ambientales; generando una transformación al interrelacionar con el entorno implementando. Es por ello, que resulta oportuno desarrollar alternativas de evaluación preliminar que permitan determinar a escala general la viabilidad en el planteamiento de la ferrovía bioceánica.

En efecto la metodología por geoprocésamiento y de análisis multicriterio como alternativa de evaluación de viabilidad, según lo menciona (SAATY, 2008, NÓBREGA et al., 2016) permite diseñar sistemas de decisiones, es por esa razón, se plantea la siguiente pregunta: ¿Es pertinente aplicar la técnica AHP como soporte para la selección de la mejor ruta férrea? Para constatarlo, en el presente proyecto se realizó un Análisis Multicriterio para la selección de la mejor ruta en el trazado del corredor ferroviario Perú – Brasil. En conclusión, la hipótesis de la presente investigación es: Si el desarrollar un modelo estratégico geográficamente explícito permitirá crear alternativas de soluciones en el planeamiento inicial del corredor de viabilidad ambiental, social y económica de la ferrovía bioceánica en territorio peruano y brasileño.

### **1.4. Limitación**

La principal dificultad en el desarrollo de la investigación ha sido acceder a la información oficial sobre el proyecto de conexión ferroviaria bioceánica por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, es de acceso limitado para el público y el sector académico. Además, el acceso a la información geográfica económica en el Perú por cada región y distrito no se cuenta; si bien es cierto se tiene datos en Excel mas no con coordenadas de localización de los datos. Algunas informaciones SIG no están disponible para el público en general, otras están en proceso de actualización y otras informaciones están disponibles por dos entidades públicas, sin embargo, los datos no coinciden entre ambas entidades. Esta realidad debe ser corregida con el propósito de no limitar el derecho de acceso a la información verídica. a los ciudadanos.

## **1.5. Estructura de la investigación**

El presente trabajo está estructurado de la siguiente forma: El capítulo 1 contiene: la problemática del estudio definido en la introducción mencionando los objetivos propuestos y la hipótesis. El capítulo 2 son los fundamentos teóricos y bases conceptuales, los temas tratados fueron la historia de los corredores ferroviarios a nivel sudamericano, los sistemas alternativos Perú – Brasil, limitaciones y revisión de la metodología (AHP) en proyectos ferroviarios y los Sistemas de Información Geográfica (SIG). El capítulo 3 es la caracterización del área de estudio, en aspectos físicos, ambientales, sociales y económicos. El capítulo 4 son los materiales y métodos. Se usó el software libre de DINAMICA EGO, ArcGis 10.4, y QGIS y Excel. El método usado es Análisis Jerárquico Multicriterio (AHP). El capítulo 5 son los resultados, el capítulo 6 discusiones obtenidos y capítulo 7 Conclusiones, ver el esquema en apéndice A.

## **2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA Y BASES CONCEPTUALES**

### **2.1. Sistemas Ferroviarios Nacionales Perú y Brasil**

Perú llegó a tener más de 4000 Km de líneas férreas en la primera mitad del siglo XX. Muchas de ellas eran cortos tramos al servicio de actividades productivas específicas, no eran de servicio público y fueron desapareciendo después de 1920 (CONTRERAS, 2010).

Actualmente cuenta con unos 2200Km de líneas activas, la mayoría con ancho estándar y una línea con ancho 1067mm que llega hasta Machu Picchu, pero esas líneas nunca formaron una red o sistema nacional. Siendo así un subsistema espacialmente desvinculados y operativamente independientes, las cuales son: I) el que une El Callao con Cerro de Pasco y Huancavelica, II) el que une Matarani con Puno y Cusco (Cuzco), desde donde continua el ramal de ancho angosto hasta Machu Picchu; III) el tercero la salida une a la explotación minera hacia el puerto de Ilo; IV) el enlace de Tacna (Perú) con Arica (Chile), ver figura 1 (MTC, 2019).

“El tramo I es más complejos geográficamente la ruta callao Cerro Pasco y Huancavelica. En el año 1871 se había tendido los rieles del Callao a 3 m.s.n.m hasta Cocachacra (1450 m.s.n.m) y en septiembre del mismo año a San Bartolomé (1600 m.s.n.m.). A partir de este punto el terreno va adquiriendo características de alta montaña, con fuertes gradientes que obligaron a taladrar las rocas para colocar los rieles y a construir túneles. En 1878 el ferrocarril estaba construido hasta Chicla, estación ubicada a 142 Km. del puerto del Callao y a una altitud de 3740 m.s.n.m finalmente en 1890 el ferrocarril llegó hasta Ticlio (4781 m.s.n.m.) llegando hasta La Oroya (ver figura 2) desde ese punto el ferrocarril se divide en dos grandes ramales, hacia el norte hasta alcanzar la ciudad minera de Cerro de Pasco, que llegó en 1904, y otro hacia el sur, hacia las ciudades y pueblos del valle del Mantaro, llegando en 1908”(CASTILLO, 2019).

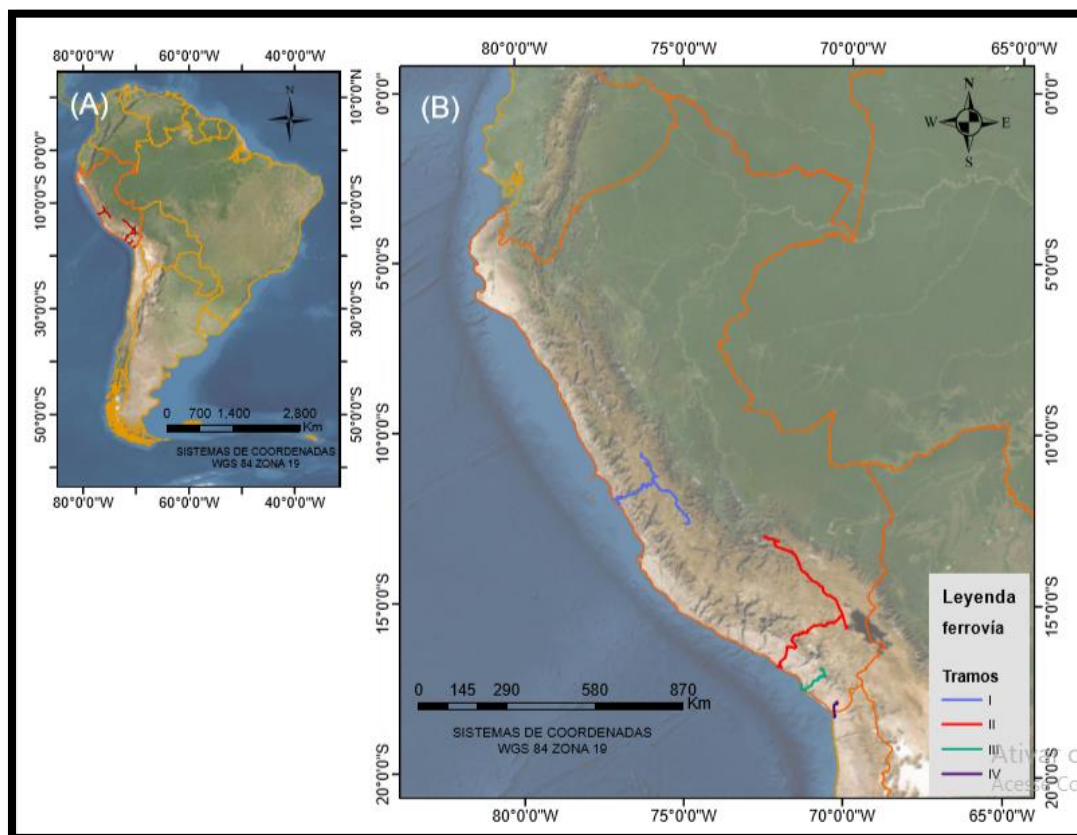


Figura 1. (A) Ubicación del Perú en el Mapa Sudamericano. (B) Mapa de Ubicación de las Rutas ferroviarias del Perú.  
Fuente: MTC, 2019.

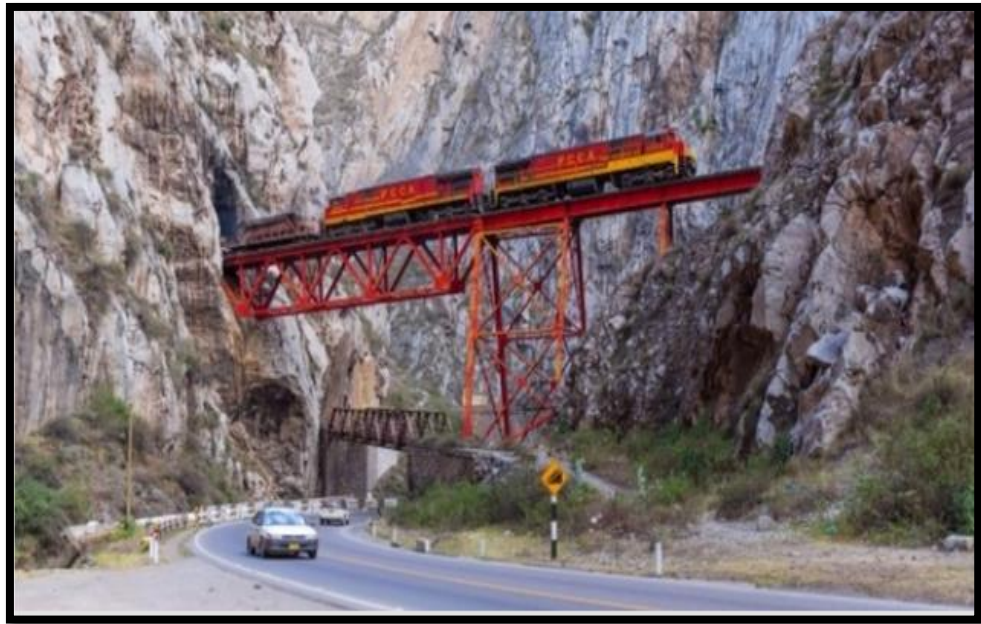


Figura 2. Ferrocarril Central: Lima – La Oroya – Huancayo (Perú).  
Fuente: MTC, 2000

Desde el 2008 el gobierno peruano tiene como plan, el proyecto del Tren Bioceánico (conectar Perú – Brasil), el último proyecto que se dio a conocer es el corredor que comprende zonas productoras de Bolivia y Brasil con el Terminal Portuario de Ilo, cuya nueva ubicación se definiría a través de estudios (FERNÁNDEZ, 2019).

Por otro lado, Brasil en la fase inicial del desarrollo ferroviario al final del siglo XIX e inicio del siglo XX la trocha ancha irlandesa de 16000mm estuvo limitada al corazón económico del país formado por el triángulo Rio de Janeiro São Paulo – Minas Gerais. En la primera mitad del siglo XX fueron construidos más de 35000 Km de ferrovías apoyando una política de oferta de transporte de pasajeros y cargas para el interior del país. Con la introducción de la industria automovilística que fue apoyada por la política de la construcción de carreteras promoviendo la movilidad personal de los ciudadanos y de cargas; desequilibrando hasta entonces la creciente expansión de las redes ferroviarias a nivel nacional (SOUZA, et al. 2019).

Las principales inversiones financieras de los sectores ferroviarios de cargas brasileña son las siguientes: Vale es una concesionaria de mayor carga mineral, EFC es considerada la Ferrovia de carga más eficiente del país, FCA y FNS los principales productos transportados son siderúrgicos, granos agrícolas y fertilizantes, Rumo administra la mayor extensión de

rieles con diferentes características y el mayor número de clientes de distintos segmentos, y Ferroeste que tiene como principal enfoque de transporte granos agrícolas (soya, maíz y trigo). ver figura 3. En la actualidad la red férrea de Brasil cuenta con 26860Km (MASA, 2015).

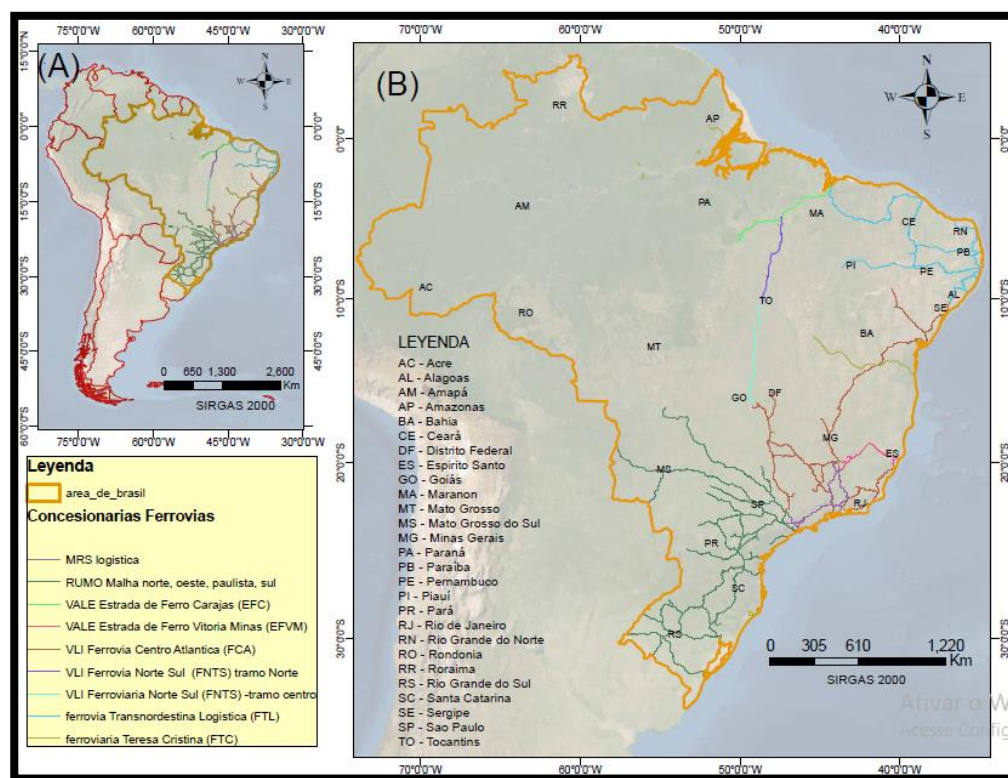


Figura 3.(A) Ubicación del Brasil en el Mapa Sudamericano. (B) Mapa de ubicación de ferrovías en el Brasil.

## 2.2. Histórico del planeamiento de los corredores ferroviarios de Integración Sudamericanos

En la última década del siglo XX, América del Sur presenció la emergencia de un proceso de integración internacional por la necesidad de los Estados nacionales de ampliar el espacio de circulación de sus mercancías en un mercado capitalista y globalizado (CARNEIRO; BRUHN, 2017). En el año 2000 se crea el IIRSA (Iniciativa para la Integración de la Infraestructura Regional Suramericana) para proponer proyectos de integración física ferroviaria interrelacionando con la infraestructura social, ambiental y vinculada a las tecnologías de la información (YAFFAR, 2012). Sin embargo, América del Sur es un continente con barreras geográficas naturales en primer lugar, la distancia, que hizo que el ferrocarril llegara tardíamente a crear la conexión, en segundo lugar, la barrera andina, que

por razones de economía inicial impuso trazados con rampas (gradientes) muy elevadas, que desfavorecen particularmente al ferrocarril ya que genera aumentos de costo operativo (IIRSA, 2017).

A continuación, se presentan las principales perspectivas de integración ferroviaria de América del Sur identificados por (SILVEIRA, 2016, IIRSA, 2017):

#### 2.2.1. Corredor Ferroviario Bioceánico Central (Brasil – Bolivia – Chile – Perú)

El corredor Bioceánico Central establece la vinculación del área de São Paulo y el Puerto de Santos (Brasil) en su extremo este, con los puertos de Antofagasta, Mejillones y/o Arica (Chile) o Matarani (Perú) en el extremo oeste. Utiliza en la mayor parte de su extensión líneas férreas existentes, todas de ancho de vía métrico, salvo el tramo que llega hasta el puerto peruano que usa el ancho de 1.435mm.

#### 2.2.2. Corredor Ferroviario Bioceánico Paranaguá – Antofagasta

Establece la vinculación entre el puerto de Paranaguá (Brasil) sobre el Atlántico y los puertos de Antofagasta y Mejillones (Chile) sobre el Pacífico, recorriendo los territorios de Brasil, Paraguay, Argentina y Chile. El ancho de la vía es el métrico en todas las líneas que hoy existen, y por lo tanto ese ancho debe mantenerse en los tramos nuevos que son necesarios construir en territorios brasileños, paraguayo y argentino para completar el corredor. Las mayores exportaciones son cobre, porotos de soja, aceites crudos de petróleo, minerales de hierro y tortas y harinas de semillas oleaginosas (FRUTOS; CARBONE, 2014)

#### 2.2.3. Interconexión Paraguay – Argentina – Uruguay

Es el corredor ferroviario formado por las líneas de Argentina, Paraguay y Uruguay que permiten la vinculación del Paraguay con Buenos Aires (Argentina) y con Montevideo (Uruguay). Todas tienen el ancho de vía estándar (1.435mm) que comparten las redes de Paraguay y de Uruguay con la red mesopotámica Argentina Urquiza, que interconecta las dos anteriores y las vincula con Buenos Aires (Argentina).

#### 2.2.4. Interconexión Brasil – Uruguay – Argentina

Se trata del corredor que vincularía el área metropolitana de São Paulo, centro económico de Brasil, y los Estados del sur del Brasil, con Buenos Aires (Argentina) y Montevideo (Uruguay). En Brasil usaría las líneas de ancho métrico allí operativas hasta las fronteras con Argentina (Uruguayana) y Uruguay (Santana do Livramento). En esos dos puntos tendrá lugar la conexión con las redes argentina y uruguayana, respectivamente, que tienen el ancho de vía 1.435mm.

#### 2.2.5. Interconexión Brasil – Perú

Se trata de crear un corredor ferroviario en sentido este – oeste con extremos en puertos brasileños del Atlántico y peruanos del Pacífico, distinto e independiente del Corredor Bioceánico Central que ya cumpliría esa función entre los puertos de Santos (Brasil) y Matarani (Perú). El Proyecto aquí planteado tiene su extremo este en el puerto brasileño de Ilhéus, que se encuentra a casi la misma latitud que Lima, y su extremo oeste en el puerto peruano de Bayóvar. Además, por empalme con la Ferroviía Norte – Sul de Brasil, conectaría también con el puerto de Santos.

#### 2.2.6. Corredor Trasandino Central (Argentina – Chile)

Se trata de la vinculación de Buenos Aires (Argentina) sobre el Río de la Planta con Valparaíso (Chile) sobre el Pacífico. La conexión que existió hasta aproximadamente en 1980 se realizaba con las líneas de trocha ancha de ambos países (1.676mm), salvo en el tramo que cruzaba la cordillera de los Andes, construido con ancho métrico entre la ciudad de Mendoza (Argentina) y la localidad de Los Andes (Chile). La carga y los pasajeros entonces tenían un doble transbordo. Este tramo de trocha 1m fue destruido por causas naturales hacia 1980 en su tramo chileno y al no ser rehabilitado, quedó inactiva la línea también en territorio argentino. Existe la propuesta de reconstruirlo sobre un trazado mejorado y con ancho de vía 1.676mm permitiendo la continuidad de trocha del corredor. El tramo central a construir con trocha ancha sobre un trazado distinto del histórico y con un túnel a menor altura comparado con Las Cuevas (Argentina) implica una inversión muy elevada. El área se caracteriza por la presencia de agroindustrias e industrias

manufactureras, generación de energía eléctrica, petróleo y gas, explotaciones agropecuarias, silvícolas y pesqueras (FRUTOS; CARBONE, 2014)

#### 2.2.7. Corredor Bolivia – Argentina

Se trata de la vinculación de Bolivia con Río de la Plata (Argentina) a través de la red de Argentina de ancho métrico. En territorio boliviano están operativas hasta la frontera las redes Andina y Oriental, históricamente desconectadas a pesar de compartir el ancho de vía. Ambas redes bolivianas empalmaban con las líneas del ferrocarril argentino de igual trocha, hoy inactivas y de las cuales sólo tendría posibilidades de rehabilitación en un mediano plazo la que conecta con la red oriental boliviana en Yacuiba.

### 2.3. Ferroviaria Transcontinental Perú - Brasil y China

Para comenzar, recordar el gran interés que tiene China con las economías de muchos países latinoamericanos es enorme, incluyendo el Perú y el Brasil países que se han convertido en proveedores fiables de bienes y servicios. El Perú exportaría hacia China minerales (cobre, plomo, zinc, hierro) y harina de pescado y el Brasil, hierro, petróleo, plantaciones de soya y no solo eso, también por la complementariedad tecnológica en materia de aerotransporte y telecomunicación. (CORNEJO; NAVARRO, 2010).

Sin embargo, antes de la intervención de China con el Perú y el Brasil, se debe indicar las primeras iniciativas del proyecto ferroviario entre Perú – Brasil: el Ferrocarril Transoceánico (FETRAS), el Ferrocarril Perú – Brasil (FERRIPEB), el Proyecto Geopolítico Bioceánico y el Ferrocarril Transcontinental “Brasil – Perú” Atlántico – Pacífico (FETAB) (DORADOR, 2016). De todas las iniciativas antes referidas, el proyecto denominado Ferrocarril Transcontinental “Brasil – Perú” Atlántico – Pacífico (FETAB) fue impulsado con especial interés por el gobierno peruano. Muestra de ello en el mes de marzo del 2008, el congreso peruano aprobó la Ley N° 29207 que a través de este dispositivo legal se declaró de necesidad pública y de interés nacional la construcción del proyecto FETAB y para agosto del 2013 se suscribe el Memorando de Entendimiento entre el gobierno de la República del Perú y el gobierno de la República Federativa del Brasil sobre la cooperación en materia de interconexión ferroviaria, con la finalidad de generar un puente de comunicación e

intercambio de información entre las autoridades competentes de cada país. Para más detalle de los principales proyectos ferroviarios con potencial integración Perú – Brasil, ver en anexo A.

En julio de 2014 se produce la cumbre América del Sur, donde el gobierno chino manifiesta un interés en la interconexión ferroviaria suscribiendo así la Declaración para el Establecimiento de Cooperación entre Brasil, Perú y China sobre una Conexión Ferroviaria Bioceánica” (DORADOR, 2016). Después de esa declaración en mayo de 2015 se llega a un acuerdo en realizar el estudio básico de Viabilidad; por lo que cada país por cuenta propia realizaría dicho estudio y que para mayo de 2016 se presentaría el informe final a sus respectivos gobiernos (DOUROJEANNI,2016). Por falta de recursos económicos por el Estado peruano China contribuyo con 16 millones de dólares para realizar el estudio medioambiental y social preliminar que finalmente no se llegó a presentar dicho estudio (CAILLAUX; et. al., 2016). Hasta la actualidad contamos con un estudio básico realizado por la empresa China Railway Eryuan Engineering Group. Por lo tanto; hasta la fecha no llegó a una decisión concreta.

Según menciona Lan (2017): “Los elementos que han impedido este proyecto son varios: en el área política, el cambio presidencial que ha experimentado Brasil, en cuanto al costo y financiamiento supone una inversión cercana a los 60 mil millones de dólares y en cuestión de medio ambiente este megaproyecto perjudicaría la área forestal a gran escala y trastorno a comunidades originarias que viven en zonas de aislamiento”.

### 2.3.1. Rutas de los corredores bioceánicos

Para unir las costas del Pacífico y el Atlántico, el gobierno peruano nunca se manifestó de manera definitiva cual sería el trazo, tal y como refleja en el artículo II del Memorándum de entendimiento, suscrito en mayo de 2015, en los siguientes términos:

*“The study will consider route alignments that originate from Campinorte (connecting to the North South Railway – “Ferrovia Norte – Sul”) in Goias of Brazil, and end at a port along the Pacific Coast in Peru (...)” (Brasil, Perú, China, 2015)*

De acuerdo al estudio básico preliminar en mayo de 2015 presentó las cinco rutas alternativas que están divididas en dos segmentos: corredor Norte – Central y corredor Sur. A continuación, un cuadro descriptivo sobre los corredores (tabla 1).

Ruta	Longitud	Descripción
CORREDOR NORTE – CENTRAL		
B	870Km en territorio peruano	Los departamentos y municipios que atravesaría son: Piura, Cajamarca, Amazonas, San Martín, Loreto, Feijo, Taranaca y Cruzeiro.
P	1115Km en territorio peruano	Los departamentos y municipios que atravesaría son: Piura (Puerto de Bayóvar), Cajamarca, Amazonas San Martín, Huánuco y Ucayali atravesando Cruzeiro do Sul, Tarauaca y Feijo.
C1	1105Km en territorio peruano	Los departamentos que atravesaría son: Piura, Cajamarca, Amazonas, San Martín, Huánuco, Ucayali
C2	1118 Km en territorio peruano	
CORREDOR SUR		
S		San Juan de Marcona, Puerto Maldonado, Iñapari, Río Branco.

Tabla 1. Corredor Norte – Central Perú.

Fuente: (CHINA RAILWAY ERYUAN ENGINEERING GROUP, 2015)

### 2.3.2. Limitaciones y opinión técnica

En octubre de 2015 se presenta las cinco rutas alternativas donde cuatro de ellas fueron rechazadas desde el sector Ambiental y Cultural a la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles (DGCF) del Ministerio de Transportes, las entidades a cargo de la coordinación del grupo de expertos de Perú, coincidieron en determinar inviable por los siguientes motivos: (ver figura 4 y anexo B)

Ruta B: El Ministerio del Ambiente por el Viceministerio de Gestión Ambiental (VGA), el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SERNANP) y la Dirección General de derechos de los Pueblos Indígenas (DGPI) descartan esta ruta por atravesar el Parque Nacional Sierra del Divisor (Oficio N° 313-2015-VMGA/MINAM) añadiendo la preocupación por el Área de Conservación Regional Cordillera Escalera en Ucayali y

atravesaría la Reserva Territorial Yavari Tapiche (R.M. N° 258 -2015 - MC, 2015) pudiendo afectar los derechos de los pueblos en aislamiento y contacto inicial.

Ruta P: El Ministerio del Ambiente por el Viceministerio de Gestión Ambiental (VGA), y la Dirección General de derechos de los Pueblo Indígenas (DGPI), determinaron viable no compromete áreas protegidas en el Perú. Por el contrario, el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas estimó como inviable la ruta al atravesar la Sierra del Divisor en Brasil al ingresar al país (D.S. N°014-2015-MINAM, 2015)

Ruta C1 y C2: El Viceministerio de Gestión Ambiental (VGA) y el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SERNANP) consideraron viables las rutas. No obstante, observaron que al proponer seguir el curso de la carretera Interoceánica Norte en dirección hacia un puerto en la costa sugirieron evaluar variantes para no comprometer el Bosque de protección (BP) Altomayo en la región San Martín. La evaluación de la DGPI coincidió con las anteriores, pero observaron en la ruta de la alternativa “C1” la presencia de comunidades nativas que podrían ser afectadas, indicando que en caso de elegirse la ruta correspondería realizar un proceso de consulta previa (R.M. N° 258 -2015 - MC, 2015).

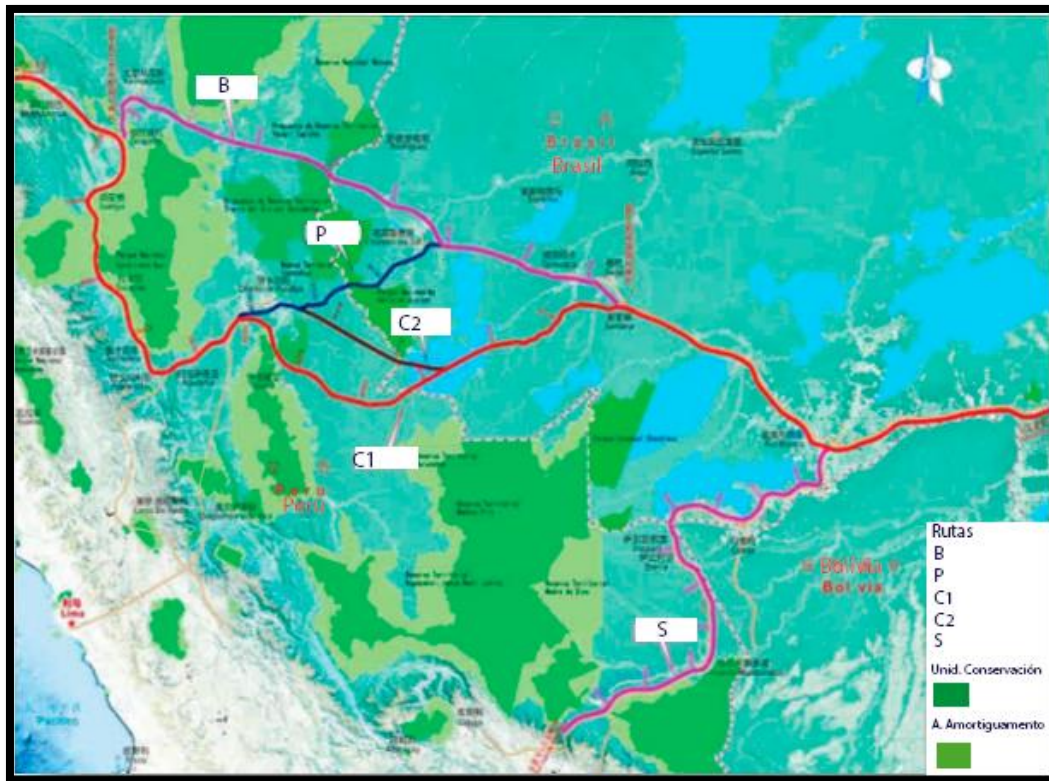


Figura 4. Rutas alternativas y unidades de conservación en la frontera Perú – Brasil.  
Fuente: CHINA RAILWAY ERYUAN ENGINEERING GROUP, 2015

En mayo de 2019 se firma la Declaración de Interés para la Interconexión de Pucallpa (Perú) Cruzeiro Do Soul (Brasil) y en octubre de 2019 se realizó el I Congreso Empresarial Amazónico (CEA) cuya finalidad era dar a conocer a mayor detalle las características conceptuales y las probables rutas del Tren Ecológico. Sin embargo, según Orcotorio (2019), miembro de la organización no gubernamental, Derecho Ambiental y Recursos Naturales (DAR), menciona que durante el CEA no se hicieron visibles factores conexos como: las comunidades indígenas y la reserva indígena Isconahua.

#### 2.4. Análisis Multicriterio Jerárquico (AHP)

El análisis multicriterio es un método de comparación por pares para la toma de decisiones de múltiples criterios, este método emplea el análisis de decisiones matemáticas para determinar las prioridades de varias alternativas mediante la comparación por pares de diferentes elementos de decisión con referencia a un criterio común. Para la solución al problema se dividió en tres categorías: objetivo, factores y criterios (SAATY, 1996). A

continuación, el Proceso de Análisis Multicriterio Jerárquico (AHP) está basado en cuatro principios mencionado por (SADASIVUNI et al, 2009):

#### 2.4.1. Descomposiciones

Un problema complejo se descompone en una jerarquía con cada nivel que consta de unos pocos elementos manejables; cada elemento también se descompone, a su vez en priorización. La propuesta del modelo está estructurada en tres niveles los cuales son:

- Objetivo del problema

En esta primera etapa del modelo se realiza la jerarquización del problema, se organizan las ideas y se definen los objetivos. Se comienza definiendo el objetivo del proceso según el decisor. El objetivo es encontrar alternativas del corredor de viabilidad ambiental, social y económico de la ferrovía Bioceánica Perú y Brasil.

- Factores

Se definen las diferentes alternativas para cumplir el objetivo. El modelo dividió en cuatro factores ambiental, físico, económico y social.

- Criterios

Determinar cuáles van a ser los criterios a valorar, estos deben representar al problema de la forma más completa posible y deben identificar los atributos que contribuyen a la solución.

A continuación, se presenta un esquema jerárquico de la propuesta metodológica:

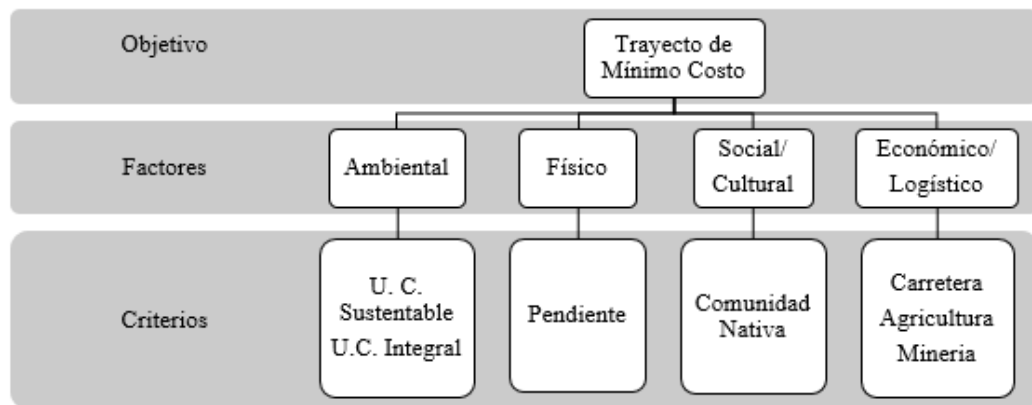


Figura 5. Esquema de la metodología AHP.  
Fuente: Adaptado de SADASIVUNI et al, 2009

#### 2.4.2. Arquitectura basada en la comparación pareada de valores para la Priorización

El impacto de los elementos de la jerarquía se evalúa a través de comparaciones pareadas hechas por separado en referencia a cada uno de los elementos del nivel inmediatamente superior, para ello se utiliza una escala subyacente con valores del 1 al 9 para calificar las preferencias relativas de los elementos.

La importancia relativa de los elementos o criterios de decisión se basa en medidas lingüísticas desarrolladas por Saaty (2001). la escala de puntuación diferencial supone que el criterio de fila es de igual o mayor importancia que el criterio de la columna. Los valores recíprocos ( $1/3$ ,  $1/5$ ,  $1/7$  o  $1/9$ ) se han utilizado cuando el criterio de fila es menos importante que el criterio de columna. Una matriz de decisión es construida utilizando los atributos de factor y escala de Saaty se comparan por pares en términos de importancia de cada elemento de criterio / decisión con el del siguiente nivel. Ver tabla 2 y 3.

Criterios	A1	A2	A3
A1	1	$a_{12}$	$a_{13}$
A2	$a_{14}$	1	$a_{15}$
A3	$a_{16}$	$a_{17}$	1

Tabla 2. Matriz de comparaciones pareadas.  
Fuente: (SAATY, 2001)

Axioma de Reciprocidad: Si A es una matriz de comparaciones pareadas entonces se cumple que:

Si  $a_{12} = x$ , entonces  $a_{14} = 1/x$  siendo  $x$  valores entre  $1/9 \leq x \leq 9$

Axioma de homogeneidad: Si los elementos son de igual importancia.

Valor	Definición
1	Igual importancia
3	Importancia moderada
5	Importancia grande
7	Importancia muy grande
9	Importancia Externa
2,4,6 y 8	Valores intermedios a los anteriores cuando es necesario matizar

Tabla 3. Regla de comparaciones pareadas.

Fuente: (SAATY, 2001)

Después de realizar la comparación pareada por pares, a continuación, se calcula el orden de prioridad de los criterios.

#### 2.4.3. Síntesis del modelo matemático

Las prioridades se agrupan a través del principio de composición jerárquica para proporcionar la evaluación general de las alternativas disponibles. Una vez que se crea la matriz de comparaciones pareadas, se calcula lo que se denomina prioridad. Esta indica la importancia que el decisor le ha asignado a cada elemento. Las prioridades se expresan en forma de vectores que se denomina autovalores o autovectores propios. Una vez que se hace la matriz por pares, el método de Saaty de vectores propios / pesos relativos se calcula mediante la ecuación (1) (2) y (3) (SADASIVUNI et al, 2009).

Para una matriz de elementos por pares:

$$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{14} & a_{15} & a_{16} \\ a_{17} & a_{18} & a_{19} \end{vmatrix}$$

En el paso 1, suma los valores en cada columna de la matriz de pares

$$a_{ij} = \sum_{i=1}^n a_{ij} \dots\dots\dots(1)$$

En el Paso 2, divida cada elemento en la matriz por el total de su columna para generar una matriz normalizada por pares de:

$$\begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} \\ b_{14} & b_{15} & b_{16} \\ b_{17} & b_{18} & b_{19} \end{pmatrix} \quad b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \dots\dots\dots(2)$$

En el Paso 3, divida la suma de la columna de matriz normalizada por el número de criterios utilizados (n) para generar la matriz ponderada de:

$$\begin{pmatrix} c_{11} \\ c_{12} \\ c_{13} \end{pmatrix} \quad c_{ij} = \frac{\sum_{j=1}^n b_{ij}}{n} \dots\dots\dots(3)$$

#### 2.4.4. Análisis de consistencia

La propiedad de consistencia solo se da en un caso ideal, ya que existe la subjetividad innata del decisor. Esta subjetividad se intenta hacer lo más objetiva posible en el procedimiento de comparación de matrices pareadas ya que los distintos elementos de la matriz se comparan sucesivas veces para formar la matriz. Según Sadasivuni (2009) el análisis de consistencia garantiza la calidad de los resultados, en especial por ser sensible a la entrada de valores inconsistentes o contradictorios, en general el método desarrolla una grande gama de factores y criterios al ser comparados.

El grado de inconsistencia se mide con el Ratio de Inconsistencia (CR), existe un procedimiento para calcularlo. Si es aceptable, puede continuarse con el proceso de decisión, pero si es inaceptable deberá reconsiderarse y probablemente modificar los juicios sobre las comparaciones pareadas antes de continuar con el análisis.

Determinar la relación de consistencia (Cr) implica habilidad y lógica y si la Cr <0,10, entonces la relación se mantiene consistente, de lo contrario, la relación es inconsistente y el cálculo de los números requiere una revisión hasta que se alcancen los criterios de consistencia. Primero, el vector de consistencia se calcula mediante los siguientes cálculos de paso 1 y paso 3

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{14} & a_{15} & a_{16} \\ a_{17} & a_{18} & a_{19} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} c_{11} \\ c_{12} \\ c_{13} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} d_{11} \\ d_{12} \\ d_{13} \end{bmatrix} \dots\dots\dots\text{paso (1)}\dots\dots\dots(4)$$

El cálculo del vector de consistencia se logra dividiendo el vector de suma ponderada con el peso del criterio en el paso – II

$$d_{11} = \frac{1}{c_{11}} \begin{bmatrix} a_{11}c_{11} + a_{12}c_{12} + a_{13}c_{13} \\ a_{14}c_{11} + a_{15}c_{12} + a_{16}c_{13} \\ a_{17}c_{11} + a_{18}c_{12} + a_{19}c_{13} \end{bmatrix} \dots\dots\dots\text{paso (2)} \dots\dots\dots(5)$$

Una vez que se calcula el vector de consistencia, se calcula lambda ( $\lambda$ ) promediando el valor de la consistencia vector. El cálculo del índice de consistencia (CI) se basa en lambda ( $\lambda$ ). CI proporciona una medida de desviación de la consistencia. El cálculo de CI se basa en la observación de  $\lambda$ , que siempre es mayor o igual que los criterios (n) utilizados

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

Este CI obtenido se compara con el CI aleatorio recogidos en la siguiente tabla:

Tamaño de la matriz (n)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Consistencia aleatoria	0.00	0.00	0.52	0.89	1.11	1.25	1.35	1.40	1.45	1.49

Tabla 4. Valores de Consistencia aleatoria en función del tamaño de la matriz.  
Fuente: (Saaty, 1980)

Este último coeficiente representa el valor que debería obtener el CI si los juicios numéricos con la escala de Saaty hubieran sido introducidos completamente de forma aleatoria en la matriz de comparaciones.

Por tanto, se divide el CI por la consistencia aleatoria obteniéndose así el Ratio de Inconsistencia:

$$CR = \frac{CI}{\text{Consistencia aleatoria}}$$

Por último, se considerará una matriz consistente cuando no se supere los siguientes valores estipulados:

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

Tabla 5. Límite de Consistencia.

Fuente: (Saaty, 1980)

## 2.5. Sistema de Información Geográfica

En la actualidad los SIG se han convertido en herramientas esenciales en todas las ramas técnicas. Estos sistemas permiten diseñar, implantar y mantener sistemas de información. Los cuales son: unidades funcionales que, dotadas de los medios apropiados, se dedican a recopilar, almacenar, tratar o transformar, difundir o vender información (ROMERO, 2016).

La necesidad de información sobre el territorio es constante. Los fines para los que dicha información puede servir son inagotables. Por tal razón casi ninguna de las actividades humanas puede ser ajena al uso de datos geográficos: de índole económica, política, social, familiar, lúdica, militar, etc. En muchos casos, dicha información sirve de base para un proceso de toma de decisiones, a veces trivial como por ejemplo donde ubicar un complejo de aerogeneradores o cómo ordenar el territorio (MORENO, 2014).

Las principales cuestiones que puede resolver un Sistema de Información Geográfica, ordenadas de menor a mayor complejidad descrito por (ABARCA,2017) son:

Localización: preguntar por las características de un lugar concreto.

Condición: el cumplimiento o no de unas condiciones impuestas al sistema

Tendencia: Comparación entre situaciones temporales o espaciales distintas de alguna característica.

Rutas: Cálculo de rutas óptimas entre dos o más puntos.

Pautas: Detección de pautas espaciales.

Modelos: Generación de modelos a partir de fenómenos o actuaciones simuladas.

### 2.5.1. Superficie de Costo

Las primeras pautas para obtener las rutas más cortas entre dos puntos fueron desarrolladas por el algoritmo (DIJKSTRA, 1959). Este algoritmo ha sido usado por

numerosos estudios en los que se ha requerido implementar la técnica de Least Cost Path Analysis (LCPA, por sus siglas en inglés) con archivos ráster para identificar la ruta de menor costo entre un punto de inicio y punto destino (CANO, 2018).

Según Cabral (2008), para calcular el valor de la célula en una superficie de distancias de costos ponderados es utilizando una función que evalúa los vecinos de cada célula a comenzar en el origen. Multiplicado el costo medio entre cada célula por la distancia y es atribuida a cada una de las células vecinas un valor de costo ponderado.

#### 2.5.2. Costo de desplazamiento: distancia y fricción

Como se mencionó el proposito descrito en parrafos anteriores es hallar la ruta de menor costo sobre una superficie por regiones. Cada una con diferentes resistencias al movimiento pero en unos y otros, es común encontrar los siguientes pasos básicos (ATKINSON et al. 2005). La creación de una superficie de fricción para cada criterio por donde a cada celda se le asigna un valor. Además de la ponderación y combinación de las distintas superficies de fricción crean una única superficie de costo acumulada (CANO, 2018).

El resultado del costo acumulado influye en la distancia que ha de recorrer, será un área de forma irregular. Ese análisis permite dos enfoques simultáneos, uno permite utilizar con base reglas de distancia y otro de costo. De forma que las áreas encuentren límites o trazados basados en tiempo o energía despedida para costo acumulado y así definir el menor camino de costo de la superficie entre dos puntos determinados (SANTOS, 2008).

Un ejemplo para obtener la ruta óptima de menor costo desde un punto de ubicación A hasta un punto de ubicación en B, con la menor afectación de las distintas dimensiones involucradas. En la figura 6 se muestra que el punto de origen (celda de color verde) y el camino de menor costo (celdas de amarillo) debe seguir para llegar al punto de destino (celda de color rojo).



Figura 6. Representación de ruta mas corta con menor costo.

### 3. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

#### 3.1. Localización del área

El estudio tiene como punto de partida el municipio de Rio Branco en el estado de Acre -Brasil punto viable por la consultora *China Railway Eryuan Engineering Group Co. LTD*, en octubre de 2015. En el Perú se propuso diferentes puntos de llegada, no se trata como punto fijo a un puerto marítimo de destino, sino que se considera tres opciones puerto del Callao, puerto de Ilo y el puerto de Matarani, de forma que el modelo pueda tener libertad de calcular los corredores sobre la base de criterios de mínimo esfuerzo o costo.

La caracterización del área de estudio es intencionalmente amplia debido a la extensión territorial formado por los límites geográficos del Perú (710179 Km<sup>2</sup>) y el estado de Acre - Brasil (153985Km<sup>2</sup>) así como por la diversidad de la biofísica, cultural y socioeconómico presente en el área.

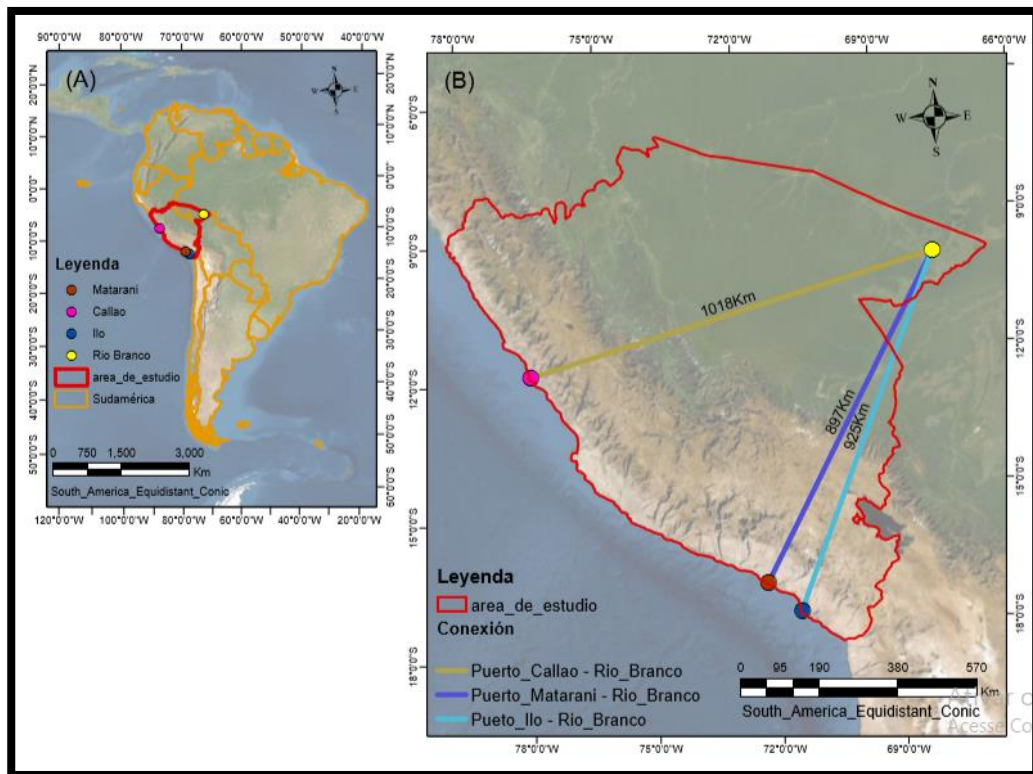


Figura 7. (A) Ubicación del área de estudio en el Mapa Sudamericano. (B) Mapa de ubicación del área de estudio y las conexiones entre puertos del Perú y el Brasil.

El área de estudio tiene una gran complejidad, mayormente en territorio peruano. El Perú está dividido en tres vertientes hidrográficas siendo la vertiente del Amazonas de mayor extensión, lo cual presenta la mayor cantidad de ríos. Los principales ríos son: el río Amazonas, el más caudaloso, el río Ucayali, mayor longitud del Perú, el río Marañón, pasa por dos departamentos Huánuco y Ancash, el río Huallaga, forma el valle más extenso de la selva, el río Urubamba, forma el valle sagrado del Cusco y el río Mantaro, el de mayor producción de energía ((PNUD, 2009)

Por otro lado, la flora se encuentra representada por variedad de formas de vida vegetal o formas de crecimiento, distribuidas en zonas de vida. A partir del mapa de cobertura vegetal del Ministerio de Ambiente del Perú 2015 y Map Biomas del Brasil el área de estudio fue clasificada en bosques costeros en paisajes que van desde las llanuras desérticas y semidesérticas que representa el 0,69%, así como las llanuras aluviales con bosques lluviosos, hasta los paisajes colinosos y montañosos que son los bosques de selva baja y selva alta que representa 23% y el 8% respectivamente y bosques andinos el 0,01% y por último los bosques

amazónicas en Acre que representa el 16%. dentro de ello se encuentran las unidades de conservación en ambos países. El Perú cuenta con 75 unidades de conservación informe hasta el año 2017 (SERNAP, 2018), de las cuales 37 se encuentran en el área de estudio y Acre – Brasil, según, WWF Brasil (2009) son 19 unidades de conservación.

Según el censo INEI, (2018) el Perú cuenta con 2703 comunidades en 11 departamentos de los cuales siete departamentos se encuentran en el área de estudio, ocupando los ámbitos de Selva y Ceja de Selva. Los departamentos que presentan mayor número de comunidades nativas de acuerdo al área de estudio es Junín (285), Pasco (183) y Cusco (100); mientras que Ayacucho (10) es el departamento que registra el menor número de comunidades nativas, que representa el 0,4%. Según PROACRE (2012) Acre posee 36 tierras indígenas (TIs). En ellas viven 15 pueblos indígenas además cuatro diferentes grupos considerados “aislados”.

Otro aspecto importante y muy complejo es la topografía y morfología del terreno que varía desde la planicie amazónica hasta la costa peruana traspasando obligatoriamente la Cordillera de los Andes. En la región peruana está localizada la cordillera Tíclio que es un paso montañoso de los Andes peruanos que atraviesa la ruta nacional PE-22, también conocida como la Carretera Central en el Km 120 alcanzando un punto de mayor altitud a 4818 m.s.n.m. Sin embargo, no es apenas la altitud y la inclinación del terreno que aumentan el grado de dificultad del proyecto, puesto que, según Craig (1947) la porción amazónica del área de estudio presenta extensas áreas de suelos arcillosos, resultantes de la combinación de factores pedológicos e hidrológicos lo cual genera erosión del suelo, eso lo confirma Barbosa et al. (2019) las regiones serranas del Brasil, existe una preocupación elevada con el uso y ocupación del suelo, en la cual estas áreas son excesivamente erosionadas que son las desventajas para el corredor ferroviario.

Todavía la idea de una conexión logística de alta capacidad de carga interconectada entre la red ferrovía brasileña a un puerto en el pacífico, en la costa peruana, ha sido perseguido durante mucho tiempo y es el principal motivador de esta investigación. El beneficio de la ruta bioceánica es opera como un canal para el transporte de carga, históricamente productos minerales y agrícolas hacia el pacífico y la entrada de productos extranjeros, especialmente desde Asia. También existe la premisa de que la infraestructura ferroviaria fortalece el comercio exterior entre los dos países.

En el caso de factores económicos el Perú es el primer productor latinoamericano de zinc y plomo; y el segundo productor a nivel mundial de zinc, cobre y plata. El año 2018 el nivel de exportación aumento a 0,1% en plata además de productos no metálicos a 1,3% en comparación al año 2107 (MINEM, 2018). Según MINAGRI (2018) menciona, la producción agrícola en el Perú creció en 9,9% comparado al año 2017 y 2018, algunos productos de exportación son el maíz amarillo duro que aumento en 17% (en Ancash, San Martín e Ica), el café pergamino en 9% (en Junín, San Martín y Pasco), la uva 9% (en Ica y Lambayeque). El factor económico y minero es fundamental ya que genera una atracción favorable para el corredor ferroviario Bioceánico Perú – Brasil.

En el Brasil, la región centro – oeste es la principal productora de granos como soya y maíz y grande parte de esa producción es destinada a mercados internacionales, incluyendo a China. Cabe señalar que la producción agrícola en esta región ha batido records año tras año, no solo por la expansión del área de plantaciones, sino también por el aumento de la productividad (HOPEWELL, 2017). La salida de estos productos se ha llevado a cabo tradicionalmente hecho por carreteras que cubren distancias de 1800km en promedio a los puertos del Océano Atlántico (HERNÁNDEZ, 2011). Actualmente, los ferrocarriles en el Brasil para conectar con Rio Branco está en proyecto con la red ferroviaria existente que converge en el puerto de Santos está en marcha, y un proyecto ferroviario hacia el puerto fluvial de Miritituba en el estado de Pará (NÓBREGA et al., 2016). Tales empresas demuestran la viabilidad económica de una solución marco para la región, incluso sin considerar los productos mineros. Los factores positivos, como el desarrollo económico y macrologístico, tienen un peso significativo en el proceso de toma de decisiones y casi siempre son la demanda de estudios de viabilidad para proyectos de infraestructura, sin embargo, la planificación contemporánea del transporte no puede limitarse a la perspectiva de ingeniería tradicional (NOBREGA et al., 2011) que es la explicación del objetivo del estudio al mencionar como la ruptura de paradigma en el proceso de planeamiento ferroviario. Los aspectos sociales, culturales y ambientales son de vital importancia para la conservación, prevención, orientación y repulsión de obra de infraestructura, optimizando el proyecto para servir mejor a la sociedad de forma sustentable. El grande desafío es reunir diferentes actores y sus opiniones y objetivos normalmente divergentes por el bien de la definición de un corredor ferroviario eficiente y con un trazado de mínimo costo ambiental y social. Para más

detalle sobre el territorio de estudio y su infraestructura de transporte, se dividió en cuatros aspectos que serán explicados a continuación:

### 3.2. Aspectos Biofísicos

#### 3.2.1. Hidrografía

Según Pena (2015) el Perú tiene tres vertientes hidrográficas y el área respectiva de cada una de ellas está considerada de acuerdo al área de estudio, son los siguientes:

Vertientes	Área
Vertiente del Pacifico	203 838 Km <sup>2</sup>
Vertiente del Amazonas	539 947Km <sup>2</sup>
Vertiente del Lago Titicaca	48910 Km <sup>2</sup>

Tabla 6. Área de las vertientes del área de estudio –Perú.  
Fuente: Adaptado de (ANA, 2013)

##### 3.2.1.1. Vertiente Pacífico

Formado por todos los ríos de la Costa, que nacen en la Cordillera de los Andes en su posición occidental y que vierten sus aguas en el Océano Pacifico, razón por la cual también se le llama sistema hidrográfico de la Costa.

##### Características

- Se originan en la cumbre de la cadena Occidental de los Andes.
- Son transversales.
- Son de corta longitud.
- No son profundos.
- Son torrentosos, porque desciende estrepitosamente.
- Son angostos.
- Son de régimen irregular.
- No son navegables a excepción del rio Tumbes (no se encuentra en el área de estudio)

### 3.2.1.2. Vertiente del Amazonas

Está conformado por todos los ríos que depositan sus aguas en el río más caudaloso del mundo que es el Amazonas. Además, el estado de Acre – Brasil pertenece a esta vertiente.

#### Características

- Origen: Nudos de Pasco y Vilcanota.
- Recorrido: Andino – Amazónico (Sierra – Selva) hasta la Selva del Brasil.
- Tienen recursos largos.
- Los ríos de esta vertiente generan valles longitudinales que se recorren de sur a norte.
- Poseen un régimen regular.
- Tienen abundante caudal.
- Son navegables.
- Poseen cursos meándricos (cursos de medio e inferior).
- Forman pongos (potencial hidroeléctrico).
- Puertos fluviales importantes: Iquitos (a orilla del río Amazonas), Pucallpa (a orillas del río Ucayali), Maldonado (a orillas del río Madre de Dios)

Acre. - Está conformado por los ríos Juruá, Purus, Acre, Tarauacá, Iaco, Envira y Xapuri son los más importantes del estado. Los ríos van de dirección suroeste al noreste. Los ríos presentan paralelismo y cambios de dirección de sus cursos, una característica bastante común resultante de las fallas geológicas (CARMO et al., 2012).

Cuencas	Características
Cuenca del Acre – Purús	El río Purús nace en el Perú y entra en el Brasil con dirección suroeste al noreste. Presenta un curso extremadamente ruidoso y meándrico extendiéndose por las extensas y continuas fallas de planicies.
Cuenca del Juruá	El rio Juruá tiene un área ede 25000 Km2 dentro del estado del Brasil. Nace en Perú con el nombre de Paxiuba uniéndose después con el Salambo y formando el Jurua, atraviesa la parte noroeste del estado, sentido S-N entra en el Amazonas. El Juruá es un rio de planicie.

Tabla 7. Principales Cuencas del Brasil.

### 3.2.1.3. Vertiente del Titicaca

Está conformada por el conjunto de ríos que depositan sus aguas en el Lago Titicaca localizada en la meseta del Collao (Puno) y está limitada por las Cordilleras Occidental y Oriental de los Andes del Sur (MINAM, 2013).

#### Características

- Son de corto recorrido y poco torrentosos.
- Son de régimen irregular porque no son constantes en su caudal.
- Tienen su origen en las cordilleras Occidental y Oriental peruano.
- Estos ríos no son navegables

### 3.2.2. Clima

El clima de Acre es caliente y húmedo con dos estaciones: seca y lluviosa. La estación seca se extiende de mayo a octubre y es común ocurrencia de friajes. La estación lluviosa está caracterizada por las lluvias constantes, que se prolongan de noviembre a abril. La temperatura media anual es de 24.5 C a 32 C. (FERREIRA; GUERREIRO et al.,2016)

El Perú por su ubicación geográfica debería ser un país tropical, de clima cálido y lluvioso; sin embargo, es un país de variados climas subtropicales y tropicales debido a la

existencia de dos factores determinantes que modifican completamente sus condiciones ecológicas. Estos son: la cordillera de los Andes y las corrientes marinas del Humboldt y del Niño (DANCÉ; SÁENZ, 2013). De acuerdo a estos factores determinantes, según Montenegro (2014) el Perú posee casi todas las variantes climatológicas que se presentan en el mundo, por ello según su altitud el Perú fue dividido en tres grandes regiones: Costa, Sierra y Selva.

Costa:

Una estrecha franja de desiertos y valles fértiles bañados por el océano Pacífico caracterizan la costa peruana. La costa tiene un clima templado cálido, sin extremo frío o calor sofocante, pero con una alta humedad, densas neblinas que producen una intensa sensación de frío en invierno. En verano, hay muy poca neblina y la temperatura alcanza los 30°C. En su parte norte, la costa tiene temperaturas cálidas casi todo el año, con un corto período de lluvias entre noviembre y diciembre. La costa central y sur presentan temperatura templada, con pocas precipitaciones, húmeda y con alta nubosidad (SENAMHI,2017).

Sierra:

Es la región montañosa del Perú, tiene dos estaciones: el verano (abril – octubre) con días soleados, noches frías y poca lluvia, la época ideal para visitarla; y el invierno (noviembre a marzo) con lluvias abundantes. Durante el día, el sol puede calentar hasta los 24°C y en las noches la temperatura puede bajar los - 3°C (SENAMHI,2017).

Selva:

Ubicada hacia el este en la cuenca del río Amazonas. Es la región más extensa del territorio del Perú. Al igual que la sierra, la selva tiene dos estaciones bien marcadas. Los meses de noviembre a marzo, son de abundantes lluvias; y entre abril y octubre hay pocas lluvias, época ideal para viajar pues los ríos disminuyen su caudal y las carreteras son fácilmente transitables. La humedad es muy alta durante todo el año. Eventualmente, entre los meses de mayo y agosto se producen ocasionales "frijes" o "surazos", fríos

provenientes del extremo sur del continente en los cuales la temperatura suele descender hasta 8°-12°C (SENAMHI, 2017)

### 3.2.3. Cobertura Vegetal

Perú es uno de los países con mayor diversidad de ecosistemas del mundo, los cuales se caracterizan por su gran complejidad vegetal, climática, geomorfológica y edáfica. La flora y vegetación se encuentran representadas por variedad de formas de vida vegetal o formas de crecimiento, distribuidas en paisajes que van desde las llanuras desérticas y semidesérticas, así como las llanuras aluviales con bosques lluviosos, hasta los paisajes colinosos y montañosos. (MINAM, 2015).

Acre es la ecorregión sudoeste de la Amazonía, la vegetación está compuesta básicamente de florestas divididas en dos tipos: Tropical Densa y Tropical abierta, que se caracterizan por su heterogeneidad florística, constituyéndose en un gran valor económico para el Estado. (GOVERNO DO ESTADO DO ACRE, 2010)

Bosques	Superficie (km <sup>2</sup> )	Porcentaje
Bosques de la selva baja o Tropical	195816	22.66%
Bosque de la selva alta o Yunga	70034	8.11%
Bosque Amazónico y Acre	139145	16.11%
Bosque andinos	132	0.01%
Bosque costeros	5932	0.69%
Total	411059	47.58%

Tabla 8. Superficie del área de estudio de bosques naturales.  
Fuente: Adaptado del MINAM (2013)

### 3.2.4. Relieve

El territorio peruano presenta un relieve extremadamente accidentado, originado fundamentalmente por la existencia del sistema montañoso denominado Cordillera de los Andes, que recorre el país longitudinalmente de Sur a Norte y da lugar a la formación de tres unidades o regiones geográficas que reciben los nombres de Costa (Chala), Sierra (Andina) y Selva (Amazonía). (DANCÉ; SÁENZ, 2013). Un resumen ver anexo C.

Relieves de la Costa. - La costa es una gran franja desértica de características llana-ondulada, que corre paralela al litoral peruano desde Tumbes hasta Tacna. Su menor ancho se localiza en el sur del Perú en el departamento de Arequipa donde la costa prácticamente desaparece en un acantilado rocoso que no es otra cosa que los restos de la antigua cordillera de la costa. En la ciudad de Lima la costa tiene un ancho promedio de 15 km. Su relieve está conformado por los valles aluviales, las pampas aluviales, los tablazos y las estribaciones andinas. (MONTENEGRO, 2014)

Valles. - Son llanuras de tierra entre montes o alturas. Los valles costeros del Perú se caracterizan por ser las áreas de mayor concentración poblacional, así como por ser las zonas de mayor producción agrícola. Los valles más importantes son: El más extenso: Majes (Arequipa), formado por el río Colca – Majes – Camaná.

El más contaminado: Rímac (Lima), además de ser el valle más industrializado, urbanizado poblado, así como el valle menos productivo de la costa peruana. En los valles costeros se cultiva algodón, café de azúcar, mangos, limón espárragos, uvas, fresas, paltas, páprika, mandarinas, naranjas, aceitunas, frijoles entre otros.

Pampas - Cada una de las llanuras extensas de América Meridional que no tienen vegetación arbórea. Las pampas costeras del Perú se caracterizan por presentar un suelo aluvial, como resultado del depósito de aluviones de años pasados, y como resultado de aquella deposición, los suelos pampeños del Perú presentan un gran potencial edáfico para el desarrollo de la agricultura y en la extensión de la frontera agrícola mediante proyectos de irrigación.

Desierto. - Territorio arenoso o pedregoso, que por la falta casi total de lluvias carece de vegetación o la tiene muy escasa. Área terrestre con pluviosidad escasa y, por consiguiente, con poca vegetación (en condiciones naturales) y limitada ocupación humana. Los desiertos costeros se extienden por todo el territorio costero peruano, como consecuencia de la influencia de la corriente peruana. La acumulación de arena, producto de la agravación eólica son llamadas Dunas o Médanos. Los desiertos más importantes del Perú son: El más extenso que se encuentra en el área de estudio: Nazca (Ica), Sarapampa (Lima).

Depresiones. - Área hundida de la corteza terrestre, suele estar rodeada de montañas por lo cual llegan los vientos desprovistos de humedad, originándose en ellas un clima seco. Las depresiones costeras peruanas se caracterizan por ser áreas que se encuentran bajo el nivel del mar, en el cual encontramos depósitos de sales y fosfatos o en algunos casos lagunas salinas, además de encontrarse muy próxima al mar. Las más importantes son: La más profunda: Otuma (Ica), Chilca, Huacho (Lima).

Tablazos. - Término que se relaciona con las mesetas, áreas elevadas sobre el nivel del mar, planas o llanas. Los tablazos costeros del Perú, se caracterizan por presentar reservas de petróleo por ser áreas que pertenecían al zócalo continental y que en la actualidad se encuentran en lento levantamiento, es por ello que son llamados también como “Terrazas Marinas”. Los tablazos más importantes del Perú se ubican en la costa norte, siendo: El más poblado: Tablada de Lurín (Lima) Otros: Ica.

Estribaciones. - Ramal corto de montañas que se desprende de una cordillera. Las estribaciones de la costa peruana se encuentran en posiciones transversales o longitudinales, respecto al mar peruano. Los más importantes son: El más alto: Tunga o Criterión (Ica) Otros: San Cristóbal, San Cosme, El Agustino, Morro Solar, El Pino (Lima).

Lomas. - Elevación larga de poca altura. Con una configuración suave de sus laderas y bases, generalmente con alturas de más de 200m.s.n.m., existentes generalmente en las riberas no inundables. Las lomas costeras del Perú se cubren de vegetación estacional en los meses de mayor humedad, a partir de junio hasta septiembre aproximadamente. Las más importantes son:

La única protegida: Lachay (Lima)

La más extensa: Atiquipa (Arequipa)

Otras: Lúcumo, Atocongo, Amancaes (Lima)

Humedales. - Un humedal es una zona de tierras, generalmente planas, en la que la superficie se inunda permanente o intermitentemente, al cubrirse regularmente de agua, el suelo se satura, quedando desprovisto de oxígeno y dando lugar a un ecosistema híbrido entre los puramente acuáticos y los terrestres. Los humedales de la costa peruana se ubican muy próximas al mar como las de Villa (llamados Pantanos de Villa), Puerto Viejo, Chancay, Ventanilla, todos ellos ubicados en Lima.

“ALBÚFERA. Son lagunas litorales, en costa baja, de agua salina o ligeramente salobre, separada del mar por una lengua o cordón de arenas, como la de Medio Mundo al norte de la capital, donde encontramos una laguna de 2 Km. de largo aproximadamente que es muy visitada en la temporada de verano.”

#### 3.2.4.1. Relieves de la sierra

La sierra, conformada por las altitudes del macizo andino, es un conjunto de elevaciones que corren alineadas en cadenas paralelas: tres en el norte, tres en el centro, dos en el sur. Los Andes del norte confluyen con los del centro en el Nudo de Pasco y los del centro confluyen con los del sur en el Nudo de Vilcanota. En los Andes se encuentran los valles interandinos donde se ubican antiguos centros poblados testigos del desarrollo de las culturas en el Perú: Ayacucho, Cusco, Cajamarca, entre otras. Sin embargo, no toda la sierra es igual. Los Andes del norte son más bajos y más húmedos que el promedio. Ello ha permitido que parte de la humedad y vegetación de la selva norte pueda trasladarse a la costa. Además, en los Andes del norte podemos encontrar el punto más bajo de toda la Cordillera Andina: el Abra de Porculla que con 2145 m.s.n.m permite pasar al otro lado de la vertiente. Los Andes del centro son los más altos y empinados y ello hace del centro un lugar de difícil acceso, solo impulsado por la dinámica que la ciudad de Lima genera. Los Andes del sur son de mayor espesor que los Andes del norte y del centro. En este paisaje se instalan los pueblos de mayor acervo y tradición de nuestro país. Si hacemos un corte transversal que vaya de Arequipa hasta

la frontera con Bolivia, veremos que tenemos más de 500 km. de longitud a una gran altitud que sobrepasa los 4.000 m.s.n.m.(MONTENEGRO, 2014)

Cordilleras. - Serie de alineaciones montañosas, paralelas en un sentido amplio o escalonadas, pertenecientes a una sola unidad orogénica, ver figura 8. Las cordilleras peruanas se convierten en zonas de reserva de agua y de minerales (ANA, 2014). Las más importantes son:

La más alta: Blanca (Ancash), es además la más alta de la zona tropical del mundo.

La segunda más alta: Huayhuash (Ancash, Lima, Huánuco)

La más meridional: Barroso (Tacna)

La más oriental: Palomani (Puno)

Un principal problema de la cordillera de los Andes son las precipitaciones en forma de nieve lo cual causan grandes pérdidas económicas en la sierra del Perú, estas generan efectos adversos en el sector agrícola y transporte.

Según datos del Instituto nacional de Defensa Civil (INDECI) entre el 2003 y 2017 se han presentado 932 emergencias, causadas por nevadas en diferentes regiones del país a lo largo de la cordillera de los Andes.

En febrero del 2015 las intensas nevadas obligaron a cerrar temporalmente la carretera central y el terminal Yerbateros en Lima, por lo cual causó el desabastecimiento de productos de primera necesidad a la región Lima y en marzo del 2017, en cuzco distrito de Condorama, debido a las intensas nevadas los cultivos de haba, papa, cebada en las chacras, fueron afectadas (BOMSHONS; et al., 2018).

Montañas. - Importante elevación natural del terreno, aislada o formando un grupo de cumbres. Cuando una montaña se encuentra cubierta por una capa de nieve permanente, se denomina nevado. Los nevados del Perú son aprovechados para el desarrollo de la práctica de aventura como el alpinismo lo que favorece al sector turístico. Las más importantes son:

La más alta: Huascarán (Ancash), con sus 6 768 msnm es la más alta del mundo tropical.

La segunda más alta: Yerupaja (Huánuco).

La más hermosa: Alpamayo (Ancash), es además la más bella montaña del mundo por su forma piramidal que presenta.

Mesetas. - Planicie extensa, situada a considerable altura sobre el nivel del mar. Las mesetas del Perú son de tipo Intra-montaña con gran potencial de pastizales, y en la serranía peruana, sobre las mesetas, se desarrolla en forma natural el Ichu, principal forraje de alimento al ganado andino (Camélidos), lo que las convierte en relieves con un gran potencial pecuario (ganadero). Las mesetas más importantes son:

La más extensa: Collao (Puno), abarcando también territorio boliviano.

La segunda más extensa: Bombom (Junín)

Otras: Marcahuasi (Lima), Huayllay (Pasco), Cutervo (Cajamarca), Arrieros (Arequipa), La Quinoa (Ayacucho), etc.

Cañones. - Garganta o desfiladero profundo, de paredes escarpadas, con un río que corre por el fondo; se encuentra principalmente en áreas áridas o semiáridas, donde un río rápidamente erosivo mantiene su volumen, gracias a las nieves fundidas en montañas distantes, pero donde la meteorización es leve, manteniéndose por este motivo la inclinación de las paredes. Los cañones, por la forma de caída del agua, representan un potencial para el desarrollo de centrales hidroeléctricas. Los cañones más importantes son:

El más profundo del mundo: Cotahuasi (Arequipa) en la provincia de La Unión, formada por el recorrido del río Ocoña.

El segundo más profundo: Colca (Arequipa), formado por el río del mismo nombre. Otros: Pato (Ancash), Infiernillo (Lima), Tomás (Lima)

Abras. - Abertura ancha y despejada entre dos montañas. Como son utilizados para pasar de una vertiente a otra, son llamados también “pasos”. Las más importantes son: La más alta: Anticona o Ticlio (Junín), por donde se desplaza la carretera central que une Lima y la Oroya, además es recorrido por el ferrocarril central, que era considerado como el paso ferroviario más alto del mundo.

La más baja: Porculla (Cajamarca), además es considerado como el punto más bajo de la cordillera andina peruana. Otros: Apacheta, Crucero Alto, La Raya, Antajilca, etc.

Volcanes. - Abertura en la tierra, y más comúnmente en una montaña, por donde salen de tiempo en tiempo humo, llamas y materias encendidas o derretidas. Colina o montaña de forma cónica, construida por la eyección de materiales a través de una abertura de la corteza terrestre. Los volcanes en el Perú se agrupan en el sector sur andino, abarcando las regiones de Arequipa, Tacna y Moquegua principalmente. Los más importantes son:

El más alto: Coropuna (Arequipa) El más activo: Ubinas (Moquegua)

Los más hermosos: Misti (Arequipa), el Chachani y el Pichu Picchu son considerados como sus guardianes.

Otros: Sabancaya (Arequipa), Tutupaca, Yucamané (Tacna), etc.

La región Arequipa no solo es considerada como la de mayor actividad volcánica, sino además como la de mayor actividad sísmica, aparte de concentrar los cañones más profundos del mundo (IGP, 2007)

Valles Interandinos. - Se ubican en el flanco de los ríos andinos, área donde existe mayor concentración poblacional, así como mayor desarrollo agropecuario. Los más importantes son:

Mantaro (Junín). - es el más poblado y aprovechado. Urubamba (Cusco): uno de los de mayor producción agrícola. Colca (Arequipa) Oyón (Lima)

En los valles interandinos se cultiva: cereales, menestras, legumbres, hortalizas, tubérculos, colorantes naturales, tara y otros.

#### 3.2.4.2. Relieves de la Selva

La selva también tiene su variedad: la más notoria es la diferencia entre la selva alta y selva baja.

- a) La selva alta es conformada por la vertiente oriental de los Andes desde los 400 m.s.n.m hasta los 1000m.s.n.m donde las condiciones de calor le dan su aspecto característico: muy húmeda, lluviosa, nubosa y con una temperatura promedio mayor a 25°C, pero menor a 30°C.

Valles amazónicos. - Por su recorrido de sur a norte principalmente, son denominados valles longitudinales y se encuentran formados sobre un gran depósito fluvial. En estos valles se cultiva: café, cacao, palma aceitera, Camú Camú, frutas, especies maderables como cedro, caoba, nogal, cumala, ishpingo, capirona, congona y otras especies. Entre los valles más importantes están: Chanchamayo, Satipo, San Ramón (Junín), Pozuzo, Oxapampa, Villa Rica, Pichis, Palcazú (Pasco), etc.

Cañones. - En la región amazónica los cañones son denominados con el vocablo oriundo de nuestro territorio: pongos. Presentan un potencial hidroenergético. Los más importantes son:

Mainique (Cusco), formado por el río Urubamba.

Orellana (Ucayali), formado por el río Ucayali.

Boquerón del Padre Abad (Ucayali), formado por el río Aguaytia.

Cataratas.- Salto de agua de un río, allí donde su lecho se interrumpe súbita y marcadamente. Cuando es de pequeñas dimensiones se llama cascada. Las cataratas más importantes son: El Velo de la Novia (Junín) , Bayoz (Junín), Tirol (Junín).

Cavernas. - Concavidad profunda, subterránea o entre rocas. Llamada también gruta o cuevas. En algunos casos formada por depósito rocoso que nace del piso (estalagmita), cuelga del techo (estalactita) o columnas que unen el techo con el piso de la cueva (estalacnato). Los más importantes son: Huagapo (Junín) considerada como la más profunda del Perú y de Sudamérica y las Lechuzas (Huánuco).

- b) La selva baja por el contrario es llana, desde los 80 m.s.n.m a los 400 m.s.n.m considerada como la región más húmeda y calurosa del Perú; constituye la zona más cálida de todo el Perú, con temperaturas máximas que suelen estar por encima de los 35°C. Gran parte de la selva baja es inundable sobre todo en las zonas cercanas a las

confluencias de los grandes ríos. Ello conlleva a la aparición de actividades relacionadas a la pesca y a la extracción de frutos silvestres. La selva baja o la gran llanura amazónica presenta cuatro zonas diferenciales en base a altitud, las cuales reciben los nombres siguientes:

Tahuampas. - Son llamados aguajales. Son áreas inundadas permanentemente por el paso de los ríos sinuosos llamados meandros, que por su recorrido llegan a formar lagunas conocidas como tipishcas o cochas.

Restingas. - Son aquellas áreas más elevadas que las tahuampas, es por ello que se llegan a inundar periódicamente en las épocas de crecidas o avenidas de los ríos. Son aprovechadas para el desarrollo de cultivos estacionales. Son llamados también barrizales.

Altos. - Son llamados así por sus ubicaciones más elevadas que las zonas anteriores. Es estratégico en la instalación de las ciudades amazónicas, ya que el nivel de las aguas no llega a alcanzar estos niveles, es por ello que son consideradas como las áreas aptas para las construcciones.

Filos. - Son aquellas áreas más altas de la selva baja, correspondientes a las cumbres de las estribaciones en la selva baja, sirve de divisoria de los sistemas fluviales en esta región.

Según Lani et al., (2012) La formación geológica de Acre está compuesta por la depresión amazónica, la meseta baja y la llanura amazónica

Depresión del Amazonas. - Se refiere a una superficie baja extensa. el relieve consiste en colinas y montañas en las áreas cercanas a la frontera peruana. las altitudes en las llanuras alcanzan hasta 300 m.s.n.m, mientras que en las partes más altas la altitud alcanza los 734 m.s.n.m. frontera con Contamana.

Meseta Inferior. - Significa desniveles en las mesetas que son paralelas a la llanura del río Amazonas, la altitud en este lugar no supera los 250 m.s.n.m.

Llanura Amazónica. - Se forma a partir de bandas que se asientan en las orillas de los principales ríos del estado, han inundado regiones inundadas y una gran concentración de lagos.

#### 3.2.4.3. La División Ecológica o de las ocho regiones naturales

Es una concepción moderna que divide al territorio peruano en ocho regiones naturales, pisos ecológicos o pisos altitudinales. Cada piso presenta sus propias características morfológicas, climáticas, biológicas, etc. Esta tesis sostenida por el geógrafo Javier Pulgar Vidal, se apoya en el control que los antiguos peruanos hicieron de los diferentes niveles de altitud de la Cordillera de los Andes. Estas regiones se extienden a ambos flancos de la Cordillera y son ocho según (VIDAL, 2014):

##### a) Región Chala o Costa (0 m.s.n.m a 500m.s.n.m)

El nombre “chala” se utiliza para designar a los lugares que están cubiertos por niebla. Así, resulta que chala es la región de las nieblas. Se utiliza también chala y su metátesis lacha, variante de Lachay, para referirse a un lugar muy cubierto por la niebla. La región chala o costa se extiende de Sur a Norte a lo largo del Pacífico, en forma de una faja longitudinal de anchos diversos, con una inclinación variable que la hace subir desde cero metros hasta más o menos 500 m.s.n.m, altitud hasta la cual ejercen influencia las nieblas del Océano.

El relieve de la costa o chala es complejo, contrariamente a lo que el común de la gente contempla al apreciar tan sólo una llanura que se extiende entre el mar y los andes. En uno de los sectores de la costa predominan los cerros aislados que no hacen sino anunciar la presencia de la Cordillera Costanera; en otros se denota la presencia de colinas y llanuras. El borde de la costa que lida con el mar es generalmente recto, sin entrantes ni salientes muy acentuados y con muy pocos puertos naturales. La cadena costanera y los cerros de la costa son, por lo general, de baja altitud; la mayor parte no sobrepasa los 500m y sólo excepcionalmente se elevan por encima de los mil metros.

b) Región Yunga (De 500 m.s.n.m a 2500m.s.n.m)

En la lengua Runa-Shimi, la palabra yunga o yunca, significa valle cálido. Debemos precisar que la palabra “yunga”, en la mayoría de los casos, corresponde a parajes de clima cálido. La región yunga, está situada en el declive occidental (Yunga marítima), así como también en el declive oriental (Yunga fluvial) de la cordillera de los andes. En la región yunga es necesario distinguir dos sectores, el yunga marítimo, entre los 500 y 2 500 m. y el yunga fluvial, hacia el flanco oriental, entre 1 500 y 2 500 m.s.n.m. El relieve del sector yunga marítima presenta dos partes claramente diferenciadas: el valle y la quebrada. El valle suele ser estrecho y de forma más o menos triangular. Su base es el límite con la región chala y el vértice coincide con el puerto del valle. La quebrada, es la continuidad del valle, como una estrecha garganta que se forma en el lugar de mayor aproximación de los contrafuertes andinos.

c) Región Quechua (De 2500 m.s.n.m a 3500m.s.n.m)

Las palabras quechua, quichua qeshua o quechua se empleaban, en el antiguo Perú, para designar a las tierras de clima templado. La región quechua se encuentra ubicada en los declives oriental y occidental del sistema andino y se eleva entre los 2 300 y los 3 500 m.s.n.m, constituyendo fajas longitudinales que se extienden, entre las fronteras con Bolivia y Ecuador. El relieve de la región quechua está constituido por la presencia de los valles interandinos. Todas las zonas quechuas son onduladas y hasta escarpadas, pero el relieve está muy bien disimulado por la continua tarea del hombre, desde tiempos ancestrales, de crear zonas agrícolas. Sólo el valle del Mantaro y algunas zonas del Urubamba son relativamente llanos.

d) Región Suni o Jalca (De 3500 m.s.n.m a 4100m.s.n.m)

La Región Suni o Jalca, en runa-shimi, la palabra “suni” significa alto, largo. El término suni no se aplica por igual en todo el territorio. Así, en el norte, se denomina jalcas a las tierras frías. La región suni o jalca está ubicada en los declives oriental y occidental de los Andes en parte de los altiplanos del Collao y sobre el

lomo de los Andes en el norte del país. Se eleva desde los 3500m.s.n.m hasta los 4100 m.s.n.m. Al terminar la región quechua, generalmente se estrechan los cursos de los ríos y riachuelos, formando gargantas y pongos. Salvo en el norte y con raras excepciones en el centro y en el sur, se nota con claridad el cambio, pues la zona de los declives oriental y occidental corresponde a los desfiladeros y pendientes más pronunciados del territorio.

e) Región Puna (De 4100 m.s.n.m a 4800m.s.n.m)

El significado de la palabra “puna” que significa soroche o mal de altura. Puna también significa tierra alta próxima a la cordillera de los andes. En lengua runa-shimi, según afirma Jorge A. Lira, la palabra puna quiere decir altas cumbres y parámetros de los andes. La puna se eleva desde los 4000 m.s.n.m hasta los 4800 m.s.n.m.

f) Región Janca o Cordillera (De 4800 m.s.n.m a 6780m.s.n.m)

La palabra “janca” en cauqui y aymara significa blanco y en runa-shimi significa maíz blanco. La janca está ubicada en lo más alto del Ande. Por lo general, la janca está formada por cerros escarpados que se levantan abruptamente sobre las punas onduladas. Casi siempre son rocas eruptivas, que se yerguen formando planos escalonados a un lado y acantilados cortados o ranflas muy inclinadas al otro.

g) Región Rupa-Rupa o Selva Alta (De 500 m.s.n.m a 2000m.s.n.m)

La palabra “rupa rupa” procede del runa-shimirhupha, adjetivo que significa ardiente o lo que está caliente es decir califica exclusivamente a la selva alta. La selva alta presenta una orografía muy compleja que tiene como determinante una superficie montañosa, plena de quebradas, lomos, laderas, valles y pongos.

h) Región Omagua o Selva Baja (De 83 m.s.n.m a 500 m.s.n.m)

La palabra “omagua” tiene muy diversas acepciones: es el nombre de una tribu de gran sector de la selva. Etimológicamente significa La región del pescado de agua dulce. La región omagua o “Llano Amazónico”, se extiende entre los límites con Bolivia, Brasil, Colombia y la Cordillera Oriental. Desde la cuenca del río Heath (sur), hasta el Talweg del río Putumayo (norte). En esta extensión se distinguen dos tipos orográficos dominantes:

- La Cordillera de San Francisco, que parte del nevado de Ausangate. Son cerros de mediana elevación como un espinazo de montes sobre el verdor de la selva y que sirve de divisoria de aguas entre los afluentes del río Ucayali, por la margen derecha, y los ríos que van hacia el Brasil como el Madre de Dios, Acre, etc.
- El Llano Amazónico que en realidad debería llamarse la zona de las “Plataformas Amazónicas”, por su forma y desplazamiento a diferentes niveles. Estas plataformas son:

Los Filos

Llano de regular ancho, son “cerros” o “paredes” que separan las quebradas entre sí. Son los territorios más sobresalientes de la Amazonía.

Los Altos

Son las plataformas que se extienden inmediatamente después de las anteriores. Son extensiones onduladas o plataformas ubicadas hasta 60m. por debajo de los filos. Son grandes extensiones donde se han ubicado las principales ciudades amazónicas.

## Las Restingas

Son áreas que se encuentran a continuación de los altos. Son poco elevadas, lo que facilita su inundación durante la crecida de los ríos.

## Las Tahuampas

Son las áreas más bajas que permanecen bastante tiempo. Entre una plataforma y otra existe un nexo, que son los llamados barrancos. Son desniveles por la acción erosiva de las aguas en los bordes de cada plataforma.

A continuación, una representación gráfica de las ocho regiones del Perú, figura 11.



Figura 8. Las ocho regiones del Perú. Fuente: Javier Pulgar Vidal.

### 3.3. Aspectos Económicos y Logísticos

#### 3.3.1. Población y Producto Bruto Interno (PBI)

Los Censos de Población y Vivienda en el Perú se registran a partir de la Época Republicana, desde esa fecha hasta la actualidad se han ejecutado doce censos de población y siete de vivienda. En 1940, después de 64 años se realizó el quinto Censo de Población. El último censo en el país se realizó en octubre del año 2017. Según (INEI, 2018), los resultados la población total es de 31 millones 237 mil 385 habitantes.

##### a) Población por Región Natural

Región Costa es la más poblada con 17 millones 37 mil 297 habitantes que representa el 58%.

Región Sierra 8 millones 268 mil 183 habitantes que representa 28.1%.

Región Selva 4 millones 76 mil 404 habitantes que representa el 13.9%.

##### b) Población por departamento

Los departamentos con mayor población de acuerdo al área de estudio son: Arequipa 1 millón 382 mil 730 habitantes (4,7%) completa este grupo la provincia de Lima con 8 millones 574 mil 974 habitantes (29,2%), en conjunto concentran más de la mitad de la población nacional (50,8%).

En el otro extremo, los cuatro departamentos menos poblados son: Madre de Dios 141 mil 70 habitantes (0,5%), Moquegua 174 mil 863 habitantes (0,6%), y Pasco 254 mil 65 habitantes (0,9%). Los departamentos con una Participación intermedia, es decir, los que pertenecen al segundo grupo, son 12: Junín (4,2%), Cusco, Puno (4,0%), Áncash (3,7%), Provincia Constitucional del Callao (3,4%), Región Lima (3,0%, cada uno), Ica (2,9%), Huánuco (2,5%) y Ayacucho (2,1%). El tercer grupo, lo conforman los nueve departamentos restantes: Ucayali (1,7%), Apurímac (1,4%), Huancavelica (1,2%), Tacna (1,1%), Pasco (0,9%), Moquegua (0,6%) y Madre de Dios (0,5%).

El Estado de Acre tiene la tercera población más pequeña del país, solo por detrás de Roraima, donde tiene un estimado de 576568 y Amapá con 829494 habitantes. Los tres estados son los únicos con menos de 1 millón de habitantes. La tasa de crecimiento en comparación con 2017, cuando la población ascendía a poco más de 829, 6,000, fue de 4.8%. Superior a los datos nacionales, cuyo crecimiento fue del 0,82%.

#### c) Producto Bruto Interno

La medida más común para medir el desempeño económico de una nación es el producto interno bruto (PIB) que es el valor del mercado de todos los bienes y servicios finales producidos en una nación durante un periodo, generalmente de un año (PARKIN,2010).

A continuación, el PBI del Perú (\$112943.902), INEI (2018). PBI de Acre (\$ 3.68 billones), además de Rondonia (\$ 11.24 billones) y Mato Grosso (\$ 32.76 billones) son considerados por ser lugares productivos agrícolas de carga (IBGE).

#### 3.3.2. Producción agrícola

En el Plan Estratégico Sectorial Multianual actualizado por (D.S. N°004-2014-MINAGRI, 2014) (MINAGRI, 2018) se sugirió la segmentación de la agricultura en cuatro tipos diferenciados:

- exportación no tradicional (tipo I),
- agricultura extensiva (tipo II),
- agricultura con potencial exportable (tipo III)
- agricultura de subsistencia (tipo IV).

Por otra parte, en el Plan Estratégico Sectorial Multianual del Ministerio de Agricultura 2002-2016, el MINAGRI (2012) planteó una segmentación muy similar, pero en términos del nivel de utilización tecnológica, la capacidad de acceso a servicios e integración al mercado:

- agricultura intensiva y de agro-exportación (producción agraria empresarial)
- agricultura de producción comercial (pequeños y medianos productores)
- agricultura familiar de pequeños negocios rurales.
- agricultura con producción de subsistencia.

La agricultura tipo I, dedicada a la agroexportación, aprovecha los grandes proyectos de irrigación ubicados en la costa norte y el acceso a la tecnología agrícola de riego a lo largo de la toda la costa. Los productos característicos de la agricultura tipo I son productos no tradicionales y se encuentran destinados en su totalidad a los mercados internacionales, entre los que se puede destacar: el mango, que se concentra en Piura; la uva, concentrada en Ica, Lima y La Libertad; la aceituna, concentrada en Tacna, Ica y Lima; y el espárrago, concentrado en La Libertad e Ica (LIBELULA, 2011).

La agricultura tipo II presenta grandes extensiones de cultivos distribuidos a nivel nacional. Los productos pertenecientes a la agricultura tipo II son productos en su mayoría tradicionales destinados al mercado local; a excepción del café, el banano y el cacao, que son destinados a la exportación. Entre los principales productos se pueden destacar: el café, cultivado en Junín, Cajamarca, San Martín y Amazonas; la papa, cultivada en Puno, Huánuco y Junín; el algodón, concentrado en Ica y Lambayeque; y el arroz, cultivado en San Martín, Piura, Lambayeque y La Libertad.

La agricultura tipo III se concentra en la Sierra y en la Selva Amazónica y agrupa a productores pobres que cultivan productos en pequeña escala y con bajos niveles de uso de tecnología. Los productos pertenecientes a la agricultura tipo III son productos que prosperan en el Perú y otros contados países, gracias a factores propios como la geografía y el clima. Entre los principales productos se pueden destacar: la cañihua en Puno y Cusco; el tarhui cultivado en La Libertad, Cusco, Puno y Ancash; y el sachu inchi y el palmito cultivado en la selva peruana. Asimismo, se debe resaltar que dentro de la agricultura tipo III se ha considerado también a la quinua, a pesar de ser catalogada dentro del grupo tipo IV, dado el crecimiento presentado en los últimos años y el impulso promovido por estado peruano y organismos internacionales como la FAO, como medio de garantizar la seguridad alimentaria mundial.

Finalmente, la agricultura tipo IV o de subsistencia se produce principalmente en la sierra sur del país, y considera el cultivo de productos que son producidos de manera extensiva por países como China, India y EE. UU, donde el Perú no tiene capacidad de competir. Los productos comprendidos dentro de la agricultura tipo IV son: El trigo, cultivado principalmente por La Libertad, Cajamarca y Arequipa; la yuca, las habas y la cebada

### 3.3.3. Producción minera

Según MINEM (2018), El Perú es el primer productor latinoamericano de zinc y plomo y el segundo productor a nivel mundial de zinc, cobre y plata, así como de otros importantes recursos naturales.

En el Perú se produce más de treinta tipos de minerales no metálicos, empleándose estos productos en varios sectores como construcción, manufactura, sector químico, agroindustria, minero energético y el medio ambiente. Por esta razón, en los países industrializados los minerales no metálicos representan un porcentaje importante en la explotación de materias primas MINEM (2018). A continuación, los principales productos no metálicos.

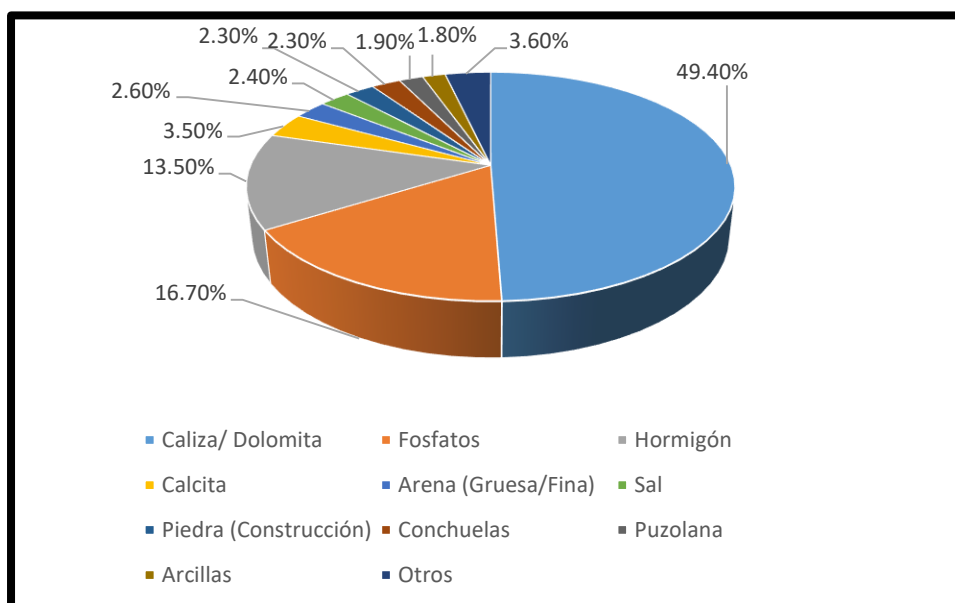


Figura 9. Producción de los principales productos no metálicos en porcentaje  
Fuente: MINEM, 2018

La producción de fosfatos logró escalar una posición, desplazando a la producción de hormigón como el segundo mineral no metálicos más extraído en el 2018, cabe resaltar, que la única región productora de fosfato es Piura, siendo la Compañía Minera Miski Mayo S.R.L. La producción mayor de minerales no metálicas a nivel de regional en el 2018 es Junín con 21244280 toneladas seguido de Lima y Arequipa con 12801318 toneladas y 5743330 respectivamente, ver anexos T y U.

#### 3.3.4. Exportación minera

En el 2018, el volumen de exportaciones de los principales productos mineros metálicos registró un leve descenso de 5.1% con respecto al año 2017 causado esencialmente por las menores cantidades exportadas de cobre, zinc, plomo y estaño. Así, en comparación con el 2017, estos metales presentaron variaciones negativas de 5.2% 3%, 8.3% y 13%, respectivamente.

Dentro de los principales metales de exportación se encuentran, en primer lugar, el cobre con 54.7% de participación en el volumen total exportado mientras que, en segundo lugar, se posiciona el zinc con 26.6% y tercero, el plomo con 17.4%. Estos 3 metales, en conjunto representan el 98.7% del volumen total de exportaciones metálicas (MINEM, 2018)

En el 2018, las exportaciones nacionales ascendieron a US\$ 48942 millones, de los cuales US\$ 28823 millones (58.9%) correspondieron a productos mineros metálicos y US\$ 628 millones (1.3%) a productos minero no metálicos. En conjunto, el valor de exportaciones de los productos mineros sumó US\$ 29451 millones (60.2%), significando un incremento de 6.2% con respecto al 2017. De esta forma, el subsector minero afirma su posición como principal aportante al total de exportaciones nacionales.

#### 3.3.5. Ferrovía

Según el (MTC, 2019), la red ferroviaria del país cuenta con una longitud total de 1952 Km. De este total, el 87.1% corresponde a infraestructura ferroviaria de titularidad pública y el 12.9% es de titularidad privada. Respecto a la condición administrativa de la

infraestructura ferroviaria pública, se tiene el 90.4% esta concesionada y el 9.6% es no concesionada. La infraestructura ferroviaria pública no concesionada está conformada por el Ferrocarril Huancayo – Huancavelica, el cual está a cargo del Ministerio de Transporte y Comunicaciones, y el Ferrocarril Tacna – Arica, a cargo del Gobierno Regional de Tacna. La gestión de ambos operadores está siendo analizada y evaluada, con la perspectiva de ser concesionadas. Respecto a los ferrocarriles concesionados tenemos el Ferrocarril Transandino, que con cerca de 1000 Km une los departamentos de Arequipa, Puno y Cusco; en tanto el Ferrocarril Central Andino, une los departamentos de Lima, Pasco y Junín. Ver anexo D de los tramos ferroviarios y longitudes.

La infraestructura ferroviaria existente y operativa asciende a 1952Km, de los cuales el 77.5% representan tramos concesionados por el Estado, el 9,6% representan tramos no concesionados y el 12.9% pertenecen al sector privado. Existen 8 líneas férreas en operación, las cuales son clasificadas por su condición como Pública No Concesionada, Pública Concesionada y Privada.

En el ámbito urbano se aprueba la Red Básica del Metro de Lima – Sistema Eléctrico de Transporte Masivo de Lima y Callao, la misma que estará conformada sobre la base de 6 Líneas. La Línea 1 Metro de Lima, constituida por dos tramos, ambos en servicio, el primero de 20,9 Km que une Villa el Salvador y la Estación Grau del Cercado de Lima; el segundo tramo de 12,2 Km. Que une el Cercado de Lima – El Agustino y San Juan de Lurigancho, cuenta con diez estaciones de pasajeros de dos niveles con accesos universales. Descripción del Servicio de Transporte Ferroviario.

#### a) Servicio de Pasajeros

El transporte por ferrovía para el servicio de pasajeros en el Perú, presenta su mayor dinamismo en la ruta Cusco – Hidroeléctrica, que tiene como destino principal, la ciudadela de Machu Picchu como el mayor atractivo turístico del país. La empresa Ferrocarril Transandino S.A. es concesionaria de los tramos Matarani – Cusco y Cusco – Hidroeléctrica, concentrando el 74.6% del movimiento de pasajeros del Sistema ferroviario. En el transcurso del año 2017, el servicio de transporte ferroviario movilizó a más de 2.9 millones de pasajeros, lo cual representó un crecimiento de 3.1% respecto

al año 2016. De la misma manera, el movimiento de pasajeros en el tramo Cusco – Hidroeléctrica (con destino a Machu Picchu), creció 7.2% respecto al año 2016.

Respecto al Ferrocarril Huancayo – Huancavelica, a cargo del MTC, a través de la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, durante el año 2018 transportó 85605 pasajeros, registrando un descenso de 28.95% con respecto al año anterior; los meses de mayor movimiento fueron enero, julio y agosto. Asimismo, el tramo Callao – Huancayo concesionado a Ferrovías Central Andina S.A. tiene como operador a la empresa Ferrocarril Central Andino S.A. La principal actividad que realizan es el transporte de carga. Sin embargo, también brinda el transporte de pasajeros, no regular, habiendo transportado durante el año 2018 solo 1518 pasajeros. Es de resaltar, que, a partir del mes de junio del año 2016, el operador Ferrocarril Tacna – Arica reinició las operaciones en el servicio de movilización de pasajeros; en este periodo transportó 21714 personas, quienes cruzaron nuestra frontera sur con rumbo a la ciudad chilena de Arica y viceversa. En el año 2018 movilizó 37395 pasajeros, representando un ascenso de 10.54%.

#### b) Servicio de carga

El servicio de carga por ferrovía en el Perú, durante el año 2017 está representando en un 54.8% por el servicio público ofertado principalmente por las empresas ferrocarril Transandino S.A. (31.1%) y ferrovías Central Andina S.A. (23.7%). La primera de ellas transporta principalmente minerales, entre ellos concentrado de zinc, así como barras de cobre y también zinc, de igual manera, el segundo moviliza minerales, metales, petróleo y derivados, cemento y mercadería en general. El 45.2% restante corresponde al servicio privado efectuado por la empresa Southern Perú Copper Corporation El transporte de carga ejecutado por los operadores ferroviarios Huancayo – Huancavelica y Tacna – Arica no representativo, incluso el último no moviliza carga.

La tabla 10. resume el tráfico de carga, indica que el año 2018 se movilizó por vía férrea más de 10.7 millones de toneladas, representando un incremento de solo 2.5% con relación al año 2017, en el caso de la empresa Southern Perú Cooper Corporation

representa el 46.55% de la carga movilizada en el año 2018, registrando un crecimiento de Ferrovías Central Andino S.A., registró un crecimiento de 5.6% con respecto al año 2017.

Empresa	2015	2016	2017	2018
Southern Perú Cooper Corporation	4727	4691	4744	5009
Ferrovías Central Andina S.A.	2326	2640	2486	2587
Ferrocarril Transandino S.A.	1145	2961	3264	3161
Ferrocarril Huancayo – Huancavelica	3	2	3	2
Total (Miles de Toneladas)	8203	10294	10497	10759

Tabla 9. Tráfico Ferroviario de Carga por empresa Perú (En miles de toneladas)  
Fuente: (MTC, 2018)

### 3.3.6. Carretera

En el Perú, al ser atravesado de sur a norte por la cordillera de los Andes, se convierte en un territorio con serios problemas físicos como:

- En la costa, tenemos grandes fajas de desiertos.
- En la Sierra, profundos valles.
- En la Selva, inmensas extensiones de terreno inundables entre ríos caudalosos.

La red vial del Perú está organizada en tres niveles según el (MTC, 2018)

#### a) Red Vial Nacional

Está conformada por tres grandes ejes longitudinales y diecinueve corredores transversales y tiene como misión vincular a las capitales del departamento. Comprende las carreteras que interconectan en el ámbito nacional. Es decir, las principales arterias viales que pueden unir departamentos y regiones naturales, tales como la Carretera Panamericana, Longitud de la Sierra, Marginal de la Selva, Carretera Central, Interoceánica del Sur y otras carreteras con características

similares. A diciembre de 2018, la Red Vial Nacional está compuesta de 27109 km de vías (Con proyección a ser 28856 Km) de las cuales 21434 Km corresponde a vías pavimentadas (79%), entre ellas tenemos Asfaltadas (14898 km) y Soluciones Básicas (6536 Km); mientras que las vías no pavimentadas representan el 5675 Km, representado 20.9% restante de la RVN. Cabe mencionar que del total de la Red 6693 km (24%), son atendidas mediante contrato de concesión a diciembre de 2017.

b) Red Vial Departamental (Regional)

Comprende las rutas de importancia regional que articulan las capitales de departamento con las principales ciudades al interior de la Región. Comprende una extensa longitud de tramos y existe una gran diferencia cualitativa entre la infraestructura de la Red Vial Nacional de la Red Vial Departamental. La Red Vial Departamental tiene carreteras en muy diferentes grados de conservación y tipos de superficie de rodadura (afirmado, asfaltado, sin afirmar y trocha).

La Red Vial Departamental regional abarca alrededor de 27505 Km (Con proyección a ser 32199 Km) de la longitud total de la red, 13% es asfaltado, 86% es no pavimentado. La Red Vial Departamental abarca alrededor de 27505 Km (Con proyección a ser 32199Km), de la longitud total de la red 13% es asfaltado, 86% es no pavimentado. La Red Vial Departamental pavimentada (asfaltada) asciende a 3623Km (13% del total). Respecto a las vías no pavimentadas estas ascienden a 23882 Km (86% del total).

c) Red Vial Vecinal o Rural

Está conformada por las vías que enlazan a las capitales distritales y centros poblados importantes con la capital de la provincia. Actualmente la longitud de la red vial existente es 175053Km; de los cuales 28856 Km (16%) corresponde a carreteras nacionales que están bajo la competencia del Ministerio de Transporte. La Red Vial Vecinal tiene carreteras en muy diferentes grados de conservación y tipos de superficie de rodadura (asfaltado, afirmado, sin afirmar y trocha). Asimismo, es necesario mencionar que la Red Vial Vecinal consta básicamente de dos

clasificaciones diferenciadas, las registradas y no registradas. La Red Vial Vecinal abarca alrededor de 113857Km ( Registradas y No Registradas), con proyección a ser 113998 Km de la longitud total de la red. El 1.6% es pavimentado y 98.4% no pavimentada.

En Acre el sistema de transporte es tradicionalmente, basado en los ríos, principalmente medio de transporte, una de las carreteras más relevante es la que conecta Brasil –Perú BR- 364 (Rondonia) se conecta con BR-317 (Rio Branco) y atraviesa la frontera internacional de Brasil con Perú (Madre de Dios y Ucayali), denominada carretera Interoceánica (LIMA, 2018)

### 3.3.7. Centrales Hidroeléctricas

Es una instalación que permite aprovechar las masas de agua en movimiento que circulan por los ríos transformarlas en energía eléctrica, utilizando turbinas acopladas a los alternadores. Las Centrales Hidroeléctricas de nuestro país están agrupadas en dos sistemas eléctricos:

- a) El Sistema
- b) a Interconectado Centro Norte

Es el de mayor capacidad, ya que genera casi 3 mil mega watts. Abastece a las principales ciudades del país que se encuentra en el área de estudio como: Huánuco, Tingo María, Huancayo y Lima. Las principales centrales hidroeléctricas que componen el área de estudio son:

Central Hidroeléctrica Santiago Antúnez de Mayolo: Ubicada en el departamento de Huancavelica, provincia de Tayacaja. Produce 798 Mw, con una caída neta de 748 m también con turbinas Pelton. Fue puesta en servicio en dos etapas 1973 y 1979 respectivamente.

Restitución: Esta central recibe las aguas ya utilizadas en la Central Antúnez de Mayolo a través de una caída de 258 m generando 216 Mw. Fue puesta en operación en 1984.

Ambas componen el complejo hidroenergético más grande del país y pertenecen a Electroperú S.A.

Cahua: Ubicado en Pativilca, al norte de Lima, aprovecha las aguas del río Pativilca a través de una caída de 215 m produciendo 41 Mw. Fue puesta en servicio en 1967 y abastece de electricidad a Huacho, Supe, Paramonga, Pativilca y Barranca.

Huinco: Es la principal central hidroeléctrica de Lima. Su producción es de 262 Mw a través de 4 generadores. La cuenca hídrica que abastece a Huinco es recogida de las lagunas de Marcapomacocha y Antacoto a 5 mil m.s.n.m. Las aguas son derivadas a través de una caída neta de 1.245 m para ser absorbidas por 8 turbinas Pelton. Fue puesta en operación en 1965. Además de Huinco, otras centrales hidroeléctricas abastecen a la ciudad de Lima. Todas ellas Pertenece a la empresa EDEGEL S.A.:

- Central Matucana: Construida en 1971 genera 120 Mw. con una caída de 980 m.
- Central Moyopampa: Inaugurada en 1951 genera 63 Mw. con una caída de 460 m.
- Central Callahuanca: Puesta en servicio en dos etapas 1938 y 1958 respectivamente y genera 71 Mw. con una caída de 426 m.
- Central Huampaní: Puesta en servicio 1962, genera 31 Mw con una caída de 185m.

#### c) El Sistema Interconectado Sur

Suministra energía a las principales ciudades que se encuentran en el área de estudio como: Arequipa, Cusco, Tacna, Moquegua, Juliaca, Ilo y Puno. En este Sistema Interconectado con 711 kilómetros de líneas de transmisión se hallan las siguientes centrales hidroeléctricas:

Charcani V: Ubicada en Arequipa, esta central es una de las más modernas del país. Fue inaugurada en 1988. Genera 136.8 Mw con una caída de agua de 690 m y pertenece a la Empresa EGASA.

Machu Picchu: Ubicada en la provincia de Urubamba cerca de las ruinas de Machu Picchu en el Cusco. Genera 110 Mw y su caída neta es de 345 m. Esta Central trabaja con turbinas tipo Francis y fue puesta en servicio en 3 etapas: 1964, 1972 y 1984 respectivamente. En la actualidad esta central se encuentra inoperativa por los graves daños ocasionados por el aluvión sufrido durante la temporada del fenómeno de El Niño de febrero de 1998.

Aricota 1 y 2: Se localizan en la provincia de Candarave, en el departamento de Tacna. Aricota I fue construida en 1967 y en la actualidad produce 23.80 Mw con una caída de agua de 617 m a través de un sistema de turbinas Pelton. Aricota 2 genera 11.9 Mw. Estas centrales pertenecen a la empresa EGESUR S.A.

San Gabán: Ubicada en la provincia de Carabaya, en el departamento de Puno. Es una moderna central que genera 110 Mw de potencia.

### **3.4. Aspectos Ambientales**

#### **3.4.1. Áreas Naturales Protegidas Perú**

El Perú cuenta con 83 Áreas Naturales Protegidas de las cuales 37 se encuentran en el área de estudio (SOLANO, 2009) y por el lado del Brasil (Acre) son 19 en el área de estudio, denominadas, Unidades de Conservación (ESTEVEZ; LUZ, 2019)

##### **3.4.1.1. Reserva de Biosfera**

Estas reservas son espacios que han sido reconocidos por la UNESCO como patrimonio mundial. Estas son las siguientes:

Reserva del Manú: Parque Nacional del Manú.

Reserva del Huascarán: Parque Nacional del Huascarán.

Reserva del Noroeste:

- Parque Nacional Cerros de Amotape.
- Coto de Caza El Angolo.
- Zona Reservada de Tumbes.

- Santuario Nacional Manglares de Tumbes.

#### 3.4.1.2. Parques Nacionales

Son áreas naturales protegidas intangibles, en ello está prohibida toda actividad humana a excepción del ecoturismo y la educación ambiental en áreas muy restringida. Ver anexo E.

#### 3.4.1.3. Reservas Nacionales

Su objetivo es conservar la diversidad biológica además de permitir y fomentar la utilización sostenible de los recursos silvestres, es decir, se pueden comercializar los recursos naturales, pero con planes de manejo aprobado y supervisado por la autoridad competente. Ver anexo F.

#### 3.4.1.4. Reserva Paisajística

Su finalidad es proteger espacios que tengan una relevancia cultural estética. Ver anexo G.

#### 3.4.1.5. Bosque de Protección

El propósito es conservar la cobertura vegetal, por lo tanto, está prohibida la extracción de madera. Ver anexo J.

#### 3.4.1.6. Reservas Comunales

Son espacios naturales que tiene como función conservar la flora y fauna silvestre en beneficio de las poblaciones rurales y comunidades campesinas cercanas. Ver anexo K

#### 3.4.1.7.Zonas Reservadas

Estas son áreas que están en evaluación y estudio para ser considerado como Áreas Naturales Protegidas. Ver anexo L.

#### 3.4.2.Unidades de Conservación Acre

Espacio territorial y recursos ambientales con características naturales relevantes legalmente instituido por el gobierno brasileño con el objetivo de conservar bajo un régimen administrativo especial para lo cual se aplican garantías adecuadas de protección. Las unidades de conservación se dividen en dos grupos, con características específicas:

##### 3.4.2.1. Unidades de Conservación de Protección Integral

El objetivo principal la preservación de la naturaleza, permitiéndose únicamente el uso indirecto de sus recursos naturales, ver anexo M. Las categorías en este grupo son:

Estación Ecológica (EE), tiene como objetivo la preservación de la naturaleza y a la realización de investigaciones científicas.

Reserva Biológica (RB), tiene como objetivo la preservación integral de la biota y demás atributos naturales existente en sus límites, sin interferencia humana directa o modificaciones ambientales, a excepción las medidas de recuperación de sus ecosistemas alteradas y a las acciones de manejo, necesarias para recuperar y preservar el equilibrio natural, la diversidad biológica y los procesos ecológicos naturales.

Parque Nacional (PN), tiene como objetivo básico la preservación de ecosistemas naturales de grande relevancia ecológica y belleza escénica, posibilitando la realización de investigaciones científicas y el desarrollo de actividades de educación e interpretación ambiental, de recreación en contacto con la naturaleza y turismo ecológico.

Monumento Natural (MN) tiene como objetivo básico preservar sitios naturales raros, singulares o de grande belleza escénica.

Refugio de Vida Silvestre (RVS), tiene como objetivo proteger ambientes naturales donde se aseguran condiciones para la existencia o reproducción de especies o comunidades de la flora local y de fauna residente migratoria.

#### 3.4.2.2. Unidades de Conservación Uso Sostenible

El objetivo básico la compatibilidad de la conservación de la naturaleza con el uso sostenible de sus recursos naturales. Las categorías de este grupo son:

Área de Protección Ambiental (APA), es un área general extensa con un cierto grado de ocupación humana, dotada de atributos abióticos, bióticos, estéticos o culturales especialmente importantes para la calidad de vida y el bienestar de las poblaciones humanas, y tiene como objetivos básicos proteger la diversidad biológica, disciplinar el proceso de ocupación y asegurar la sustentabilidad del uso de recursos naturales.

Área de Interés Ecológico Relevante (ARIE), es un área en general de pequeña extensión, con poca o ninguna ocupación humana, con características naturales extraordinarias y tiene como objetivo mantener los ecosistemas naturales de importancia regional o local.

Bosque Nacional (FLONA), Es un área con cobertura forestal de especies predominantes nativas y tiene como objetivo básico el uso múltiple sustentable de los recursos forestales y la investigación científica.

Reserva Extractiva (RESEX), es un área utilizada por poblaciones extractivistas tradicionales, complementado la agricultura de subsistencia y en la crianza de animales pequeños y tiene como objetivo básico proteger los medios de vida y la cultura de las poblaciones y asegurar el uso sustentable de los recursos naturales de la unidad.

Reserva de Fauna, es un natural con poblaciones de animales de especies nativas, terrestres o acuáticas, residentes o migratorias, adecuadas para el estudio técnico – científico sobre el manejo económico sustentable de recursos faunísticos además es prohibido la caza.

Reserva de Desarrollo Sostenible (RSD) es un área natural que alberga poblaciones tradicionales cuya existencia se basa en sistemas sostenibles de exploración de los recursos naturales, desarrollados a lo largo de generaciones y adaptados a las condiciones ecológicas locales y que desempeñan un papel fundamental en la protección de la naturaleza y en la manutención de la diversidad biológica.



Figura 10. Unidades de Conservación del Área de Estudio.  
Fuente: MINAM, 2018

### 3.5. Aspectos Culturales/ sociales

#### 3.5.1. Pueblos Indígenas

Son aquellos que descienden de las poblaciones que habitaban en un país o región geográfica antes de la Época Colonial o del establecimiento de las actuales fronteras, que se reconocen como Pueblos Indígenas y conservan todas o parte de las propias formas o instituciones sociales, culturales, económicas y políticas (Convenio 169 de la OIT). Para mayor información de definiciones ver anexo O.

Según las normas peruanas y las características particulares de los Pueblos Indígenas del país, pueden clasificarse en: comunidades campesinas, comunidades nativas, pueblos indígenas, aislados y pueblos indígenas en contacto inicial (CAMERO; GONZALES, 2018). Ver anexo N cantidad de comunidades indígenas por departamento.

El Perú cuenta con 51 55 pueblos nativos y 4 comunidades campesinas; sin embargo, muchos proyectos de inversión tienen contacto directo con los pueblos indígenas que como consecuencia la tala de grandes áreas forestales y pérdida de fauna e incluso conflicto social. El artículo 6° menciona que es obligación del Estado Peruano consultar al o los pueblos indígenas que podrían ver afectados directamente sus derechos colectivos, determinando en qué grado, antes de aprobar la medida administrativa señalada en el artículo 3°, inciso i) del Reglamento que faculte el inicio de la actividad de exploración o explotación de dichos recursos naturales en los ámbitos geográficos donde se ubican el o los pueblos indígenas, conforme a las exigencias legales que correspondan en cada caso (D.S. N°001-2012-MC, 2012)

Para el estado brasileño, es una porción del territorio nacional, habitada por uno o más pueblos indígenas con el objetivo de preservar los recursos ambientales, costumbres y tradiciones, además se trata de un tipo específico de naturaleza originaria y colectiva (Decreto N 1775/96). Los pueblos indígenas representan la biodiversidad y la riqueza de la cultura amazónica. Las tierras indígenas son 34 reconocidas por el gobierno federal y distribuidas entre 11 de los 22 municipios acreneanos. El territorio está compuesto por 15

etnias y otras tres no contactadas son “los indios aislados”(PROACRE, 2012).En el anexo S tierras indígenas en la frontera Perú – Brasil.

### 3.5.2. Santuario Nacionales

Tienen como propósito proteger especies, comunidades y ecosistemas específicos. Ver anexo H.

### 3.5.3. Santuario Histórico

El objetivo de los Santuarios Históricos es proteger espacios que tengan importancia histórica nacional. Ver anexo I.

### 3.5.4. Arqueología

Es la antropología e historia que estudia la organización de las sociedades humanas del pasado esto surge a partir de la excavación de restos materiales, investiga las culturas del pasado, a ciencia que, a partir de la excavación de restos materiales, investiga las culturas del pasado (PODGORNY, 2008)

En el Perú encontramos algunas zonas arqueológicas importantes como la zona arqueológica de Caral en Lima, Huaca Rajada en Lambayeque, el Complejo arqueológico de Chan Chan, el Brujo, Macchu Picchu y el Qoricancha en el Cusco, el complejo de Chavín de Huantar en Ancash, la Fortaleza de Kuelap en el departamento de Amazonas entre otros. Ver anexo P, Q y R.

El Ministerio de Cultura es el responsable institucional de formular e impulsar la política cultural en el país. Entre sus funciones específicas se señala que debe: “Realizar declaraciones de Patrimonio Cultural de la Nación conforme a las normas nacionales e internacionales vigentes; así como ejecutar y supervisar acciones de investigación, protección, conservación y puesta en valor de dicho patrimonio” (MC, 2018)

El Decreto Supremo N° 054-2013-PCM y el Decreto Supremo N° 060-2013-PCM, marcaron un punto de quiebre importante para la gestión ambiental, pues establecieron menores procedimientos y por consiguiente debilitamiento en el proceso de evaluación ambiental, reduciendo condicionantes como el Certificado de Inexistencia de Restos Arqueológicos (CIRA).es el documento mediante el cual el Estado certifica que, en un área determinada, no existen vestigios arqueológicos en su superficie. Este documento no tiene plazo de caducidad y se evalúa en un plazo máximo de 20 días hábiles (ESPEJO et al., 2017).

#### 4. MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología del estudio fue adaptada del modelo propuesto por Nobrega (2016). El estudio está dividido en cuatro etapas, iniciando por la obtención y tratamiento de los datos geográficos, el procesamiento o adecuación de los datos para la entrada en el modelo, el modelamiento de los datos geográficos, el análisis multicriterio y cálculo de los escenarios alternativos de corredores para la viabilidad ambiental de la Ferrovía Bioceánica. A continuación, se presenta un esquema:

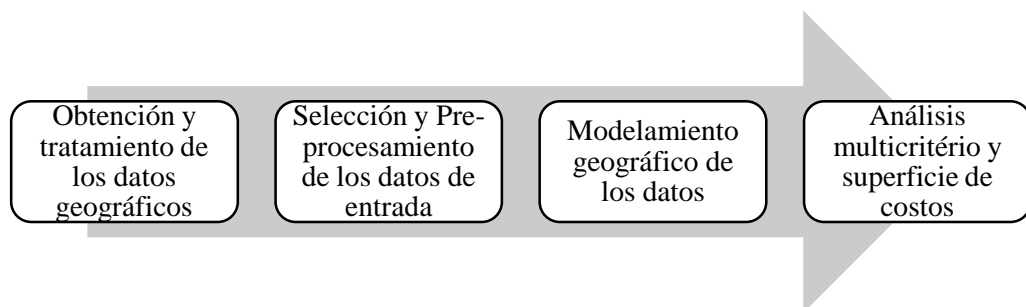


Figura 11. Flujo de etapas del modelo de inteligencia geográfica para procesamiento de corredores de transporte  
Fuente: NÓBREGA; et. al., 2016

##### 4.1. Materiales

Se seleccionó 20 variables (agricultura, área de inundación, arqueología, carreteras, comunidades nativas, concesionarias mineras, pendiente, ferrovías, hidroeléctricas, hidrografía, lagunas, líneas de transmisión, nevados, quebradas vulnerables, urbanos, unidades de conservación de uso integral, unidades de conservación de uso sustentable, forestal y volcanes activos), todas las variables se obtuvieron de fuentes públicas y de libre

acceso, algunas en formato vector y otras en imágenes ráster. Los apéndices B, C, D, E, F muestran los datos de entrada utilizados en el modelo, sus respectivas fuentes y al factor que pertenece cada variable.

Seguidamente se optó el empleo de aplicativos y equipamientos padrones del mercado, como estaciones de trabajo y programas SIG. Las variables fueron procesadas en los siguientes recursos computacionales y sus funciones en la investigación:

ArcGIS 10.4.1.- Esta herramienta SIG fue necesario en el pre- procesamiento de los datos con la ayuda de la caja de herramienta *Arc Toolbox* (para definir la proyección de los datos, convertir los datos de shapefile a ráster, cortar o unir los datos al área de estudio).

Qgis 3.6.2.- Esta herramienta SIG fue necesario para representar en un mapa los resultados de las diferentes alternativas de corredores óptimos.

Microsoft Excel. – Esta herramienta fue necesario para realizar el Análisis Jerárquico de Multicriterio (AHP) calculó matemático. Las cuales son: las matrices de comparaciones pareadas, matriz normalizada, vector de prioridad, índice y razón de consistencia.

DINAMICA EGO (*Environment for Geoprocessing Objects*). - Después de obtener los datos geográficos en una sola proyección, transformados a ráster y los cálculos de AHP. Estos datos son modelados en DINAMICA EGO según la prioridad que se quiere obtener. El modelo presenta tres fases importantes las cuales son: distancia Euclidiana por cada variable, vector de prioridad AHP para cada variable (fricción) y Mapa final de mínimo costo.

#### **4.2. Pre – procesamiento de los datos de entrada**

En la etapa de pre-procesamiento, los datos seleccionados fueron de fuentes de libre acceso (ver los apéndices B, C, D, E, F) y son preparados/ modificados para la entrada del modelo. El primer paso fue el recorte geográfico de los datos, hacer un mosaico y crear un polígono del área de estudio. Cada dato fue recortado y para algunas variables se hizo un mosaico para reunir dicha área, como es el caso del modelo digital de elevación y finalmente homogenizar. Una vez realizado este proceso los datos fueron trabajados para generar mapas

temáticos. Las informaciones en los atributos de los datos fueron debidamente conectadas a sus respectivos vectores y finalmente son convertidos para el formato matricial. Para realizar todo ese proceso se necesitó de herramientas del arcgis 10.4, para más detalle son descritos en la tabla 11.

Herramientas	Descripción
<i>Projections and Transformations/</i> Proyección y Transformación	Proyectar datos espaciales de un sistema de coordenadas a otro. El sistema de coordenada que se uso es <i>South America Equidistant Conic</i>
<i>Mosaic to New Raster/</i> Mosaico de Nuevo Ráster	Funciona múltiples <i>datsets</i> ráster en un nuevo ráster.
<i>Distance Euclidean/</i> Distancia Euclidiana	Para el análisis espacial se requieren reglas de proximidad generando una matriz donde las distancias se representan continuamente.
<i>Clip /</i> Recorte	Se usa para recortar los diversos datos geográficos de entrada de acuerdo con los límites establecidos por el área de estudio.
<i>Slope /</i> Pendiente	Identifica la pendiente de cada celda de una superficie.
<i>Reclass/</i> Reclasificación	Reclasificación de datos continuos para comprender las clases como categorías en mapas temáticos.
<i>Conversion to raster/</i> Conversión a Ráster	Convertir de un <i>shapefile</i> (punto, polígono y polilínea) en ráster.

Tabla 10. Técnicas de geoprocésamiento para la preparación de los datos de entrada

### 4.3. Modelamiento Geográfico

El procedimiento del modelo geográfico, comprende el tratamiento de cada mapa temático de entrada para luego ser procesados y analizados en conjunto. Sin embargo, el desafío inicial es entender el problema: cómo estos mapas son analizados para proponer soluciones. Al obtener un mapa temático por cada criterio ya organizado por la etapa anterior, el paso siguiente es establecer reglas o parámetros por medio de la distancia euclidiana y finalmente ser representado en un modelo de análisis multicriterio Jerárquico (AHP) responsable por la atribución de pesos de acuerdo con las distintas características de cada variable. La ponderación de pesos de los criterios ocurre en tres aspectos:

- I. Inicialmente los pesos son utilizados para modelar los datos brutos de entrada y convertirlos en datos matriciales en el modelo.
- II. Las variables, agrupadas por conjunto, son ponderadas y combinadas entre sí para generar una superficie integrada de esfuerzo por conjunto.

- III. Una vez definida las superficies integradas de esfuerzo por conjunto de variables estas son combinadas por factores (ambientales, económicos, sociales y físicos) utilizando ponderaciones ofrecidas por gestores y demás interesados en el proyecto. Diferentes combinaciones de pesos generan diferentes escenarios.

Para mayor información del procedimiento se encuentra en, (SADASIVUNI et al., 2009; NOBREGA et al., 2016; NOBREGA et al., 2017) y ver los anexos 19, 20, 21a, 21b. A continuación, algunos ejemplos de las etapas del modelo geográfico a representar por criterios:

- a) Unidades de Conservación

La ley N° 26834 de Áreas Naturales Protegidas del Perú y la ley N° 9.985 del Brasil, señala conservar la identidad natural y cultural asociada existente en dichas áreas para proveer puntos de referencia ambientales para investigaciones científicas, estudios generales y educación ambiental. Se observa el mapa representativo a áreas naturales protegidas o unidades de conservación figura 11.

En este sentido, es trascendental excluir el trazado de la vía férrea en estas áreas pues, como ordena la legislación ambiental son intocables para el desarrollo de proyectos de infraestructura. Por ello el Mapa de distancia euclidiana y AHP para las unidades de conservación repele, es decir no a traviesa dichas áreas (figura 15 y figura 16)

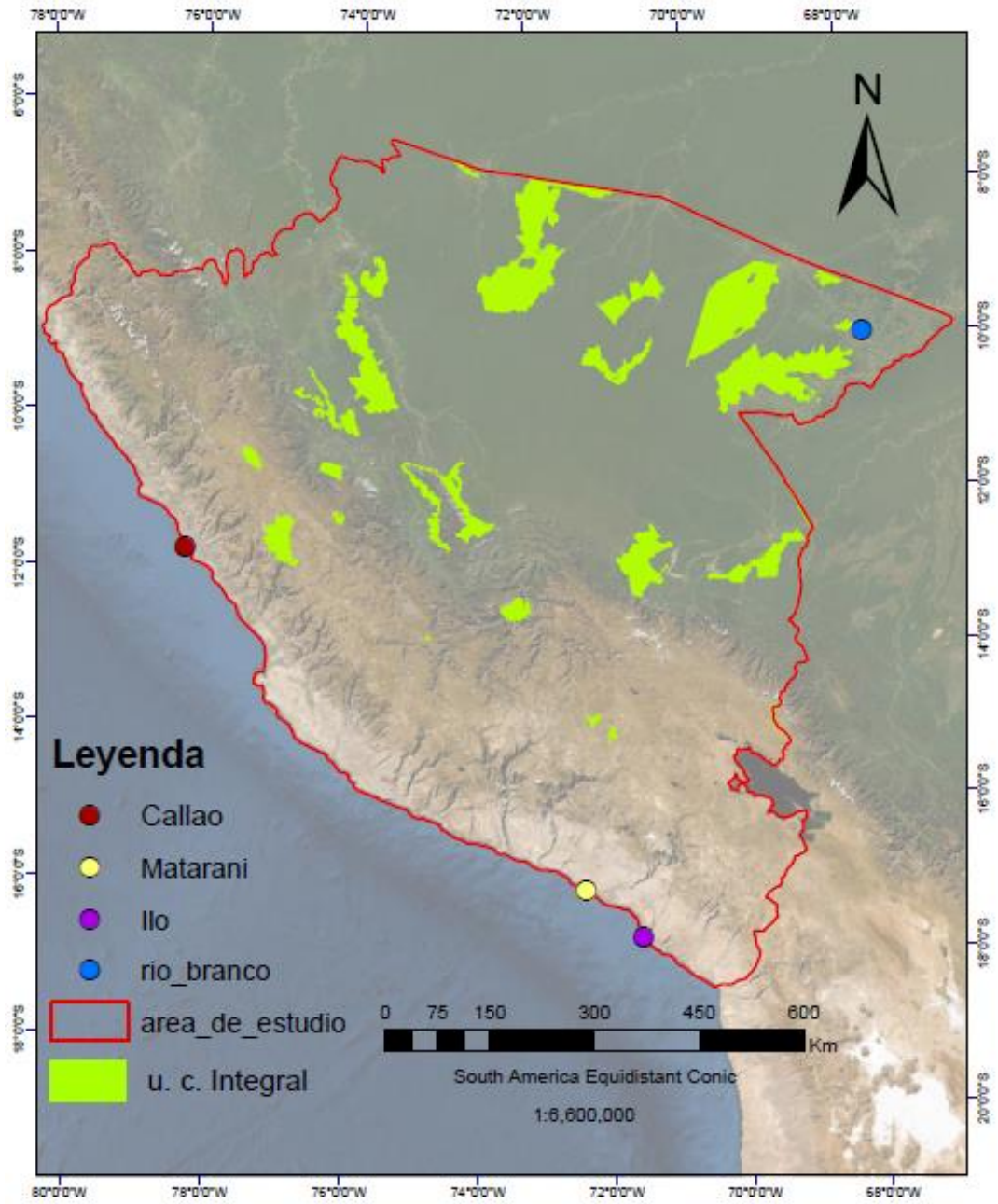
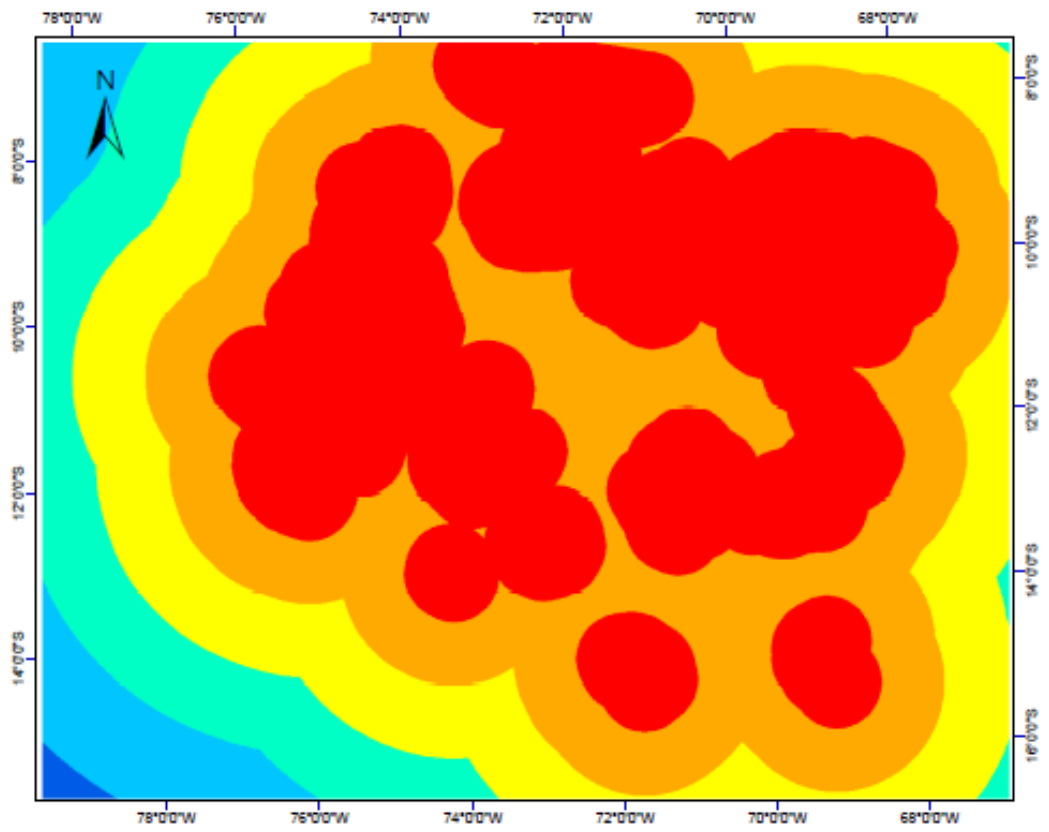


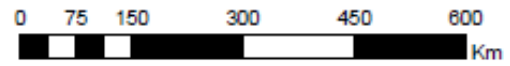
Figura 12. Mapa Temático de las Unidades de Conservación de uso Integral.  
Fuente: MINAM, 2015



**Leyenda**

**Distancia u. c sustentable**

- 0 - 10
- 10 - 20
- 20 - 100
- 100 - 200
- 200 - 500
- 500 - 100000



South America Equidistant Conic

1:8,600,000

Figura 13. Mapa de distancia en Km Euclidiana para repeler las Unidades de Conservación de Uso Integral

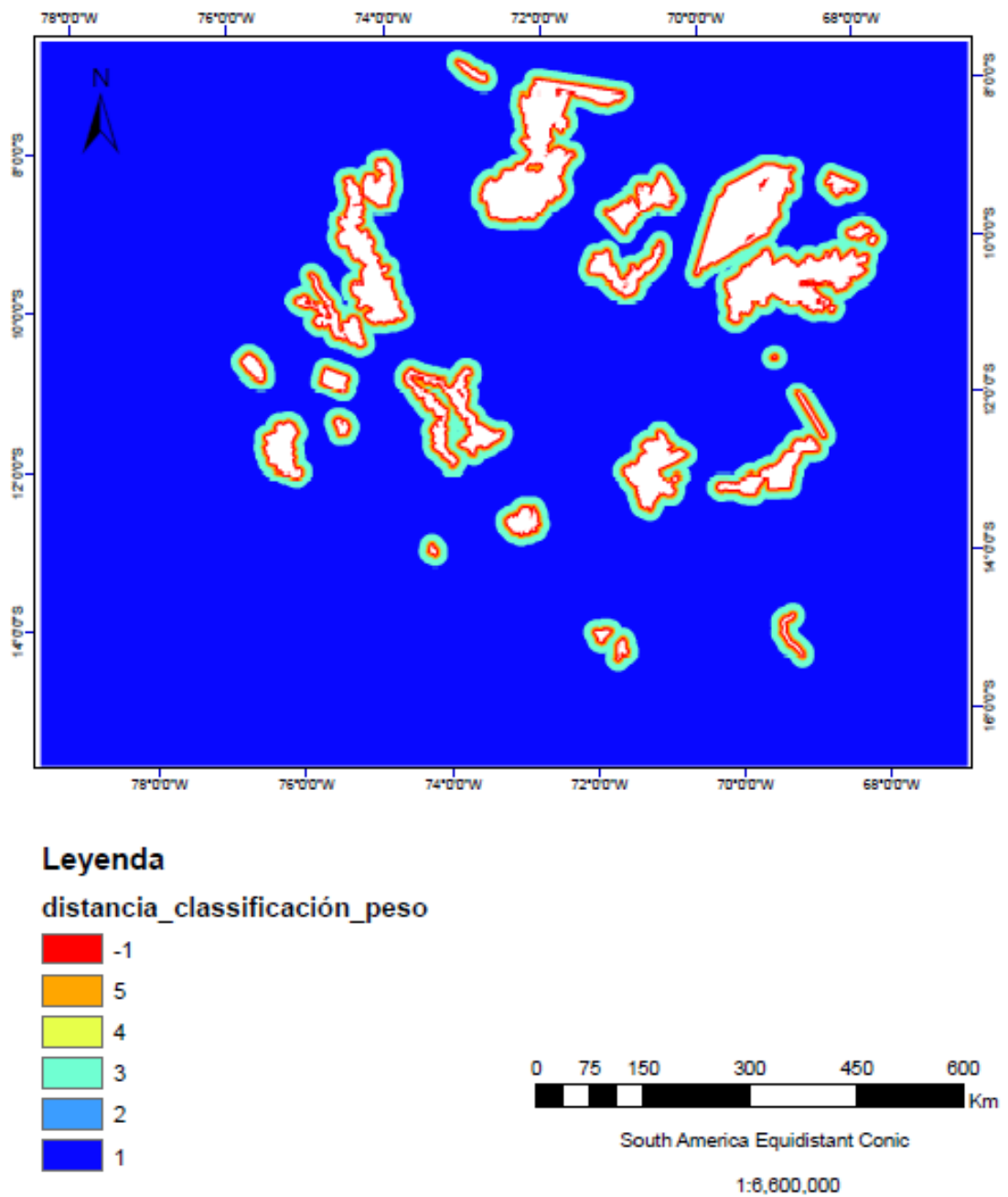


Figura 14. Mapa de ponderación AHP de las Unidades de Conservación de Uso Integral

b) Áreas agrícolas

Tanto el Brasil como el Perú tienen extensiones agrícolas, ver la figura 14 está representado todas las áreas. Se conoce que el Brasil tiene grandes exportaciones como la soya y el maíz. También se puede considerar productos agrícolas exportables del Perú. En este sentido, es trascendental que el corredor ferroviario pase cerca de estas

zonas. Por ello el Mapa de distancia euclidiana y AHP para las áreas agrícolas atraen al corredor ferroviario. (figura 18 y figura 19)

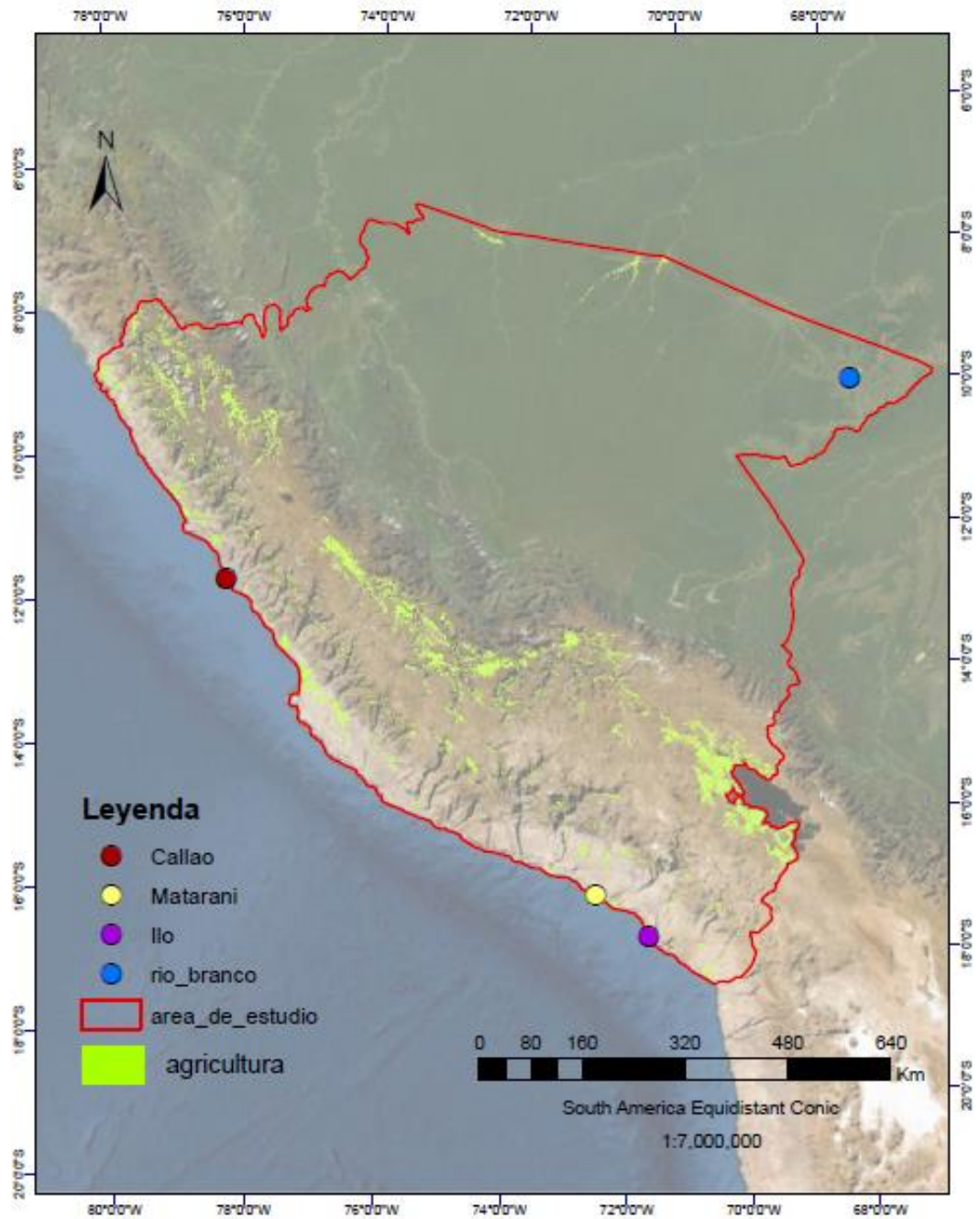


Figura 15. Mapa Temático de Áreas Agrícolas.  
Fuente: MINAM, 2015

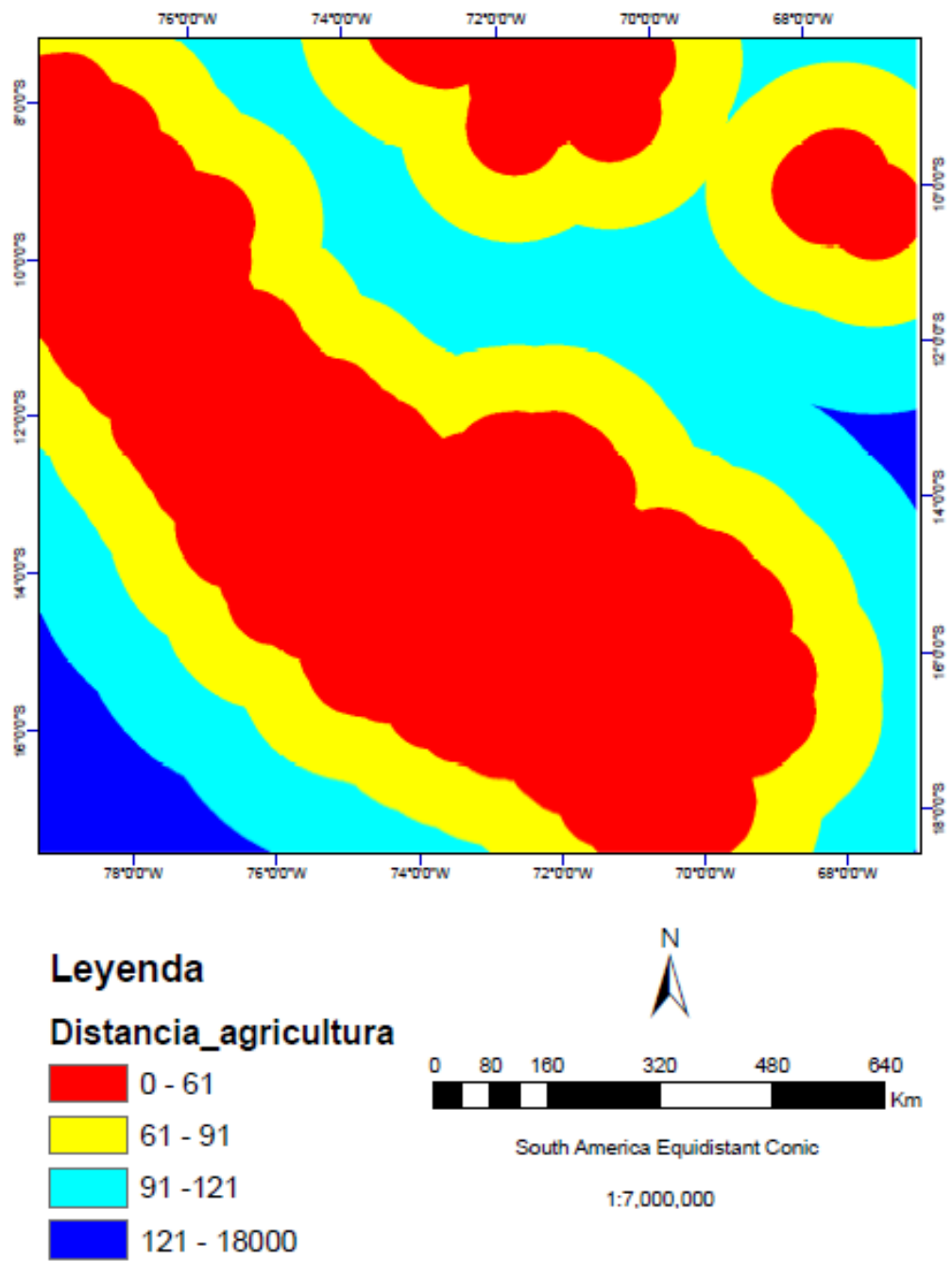


Figura 16. Mapa de distancia (Km) Euclidiana para atraer las áreas agrícolas.

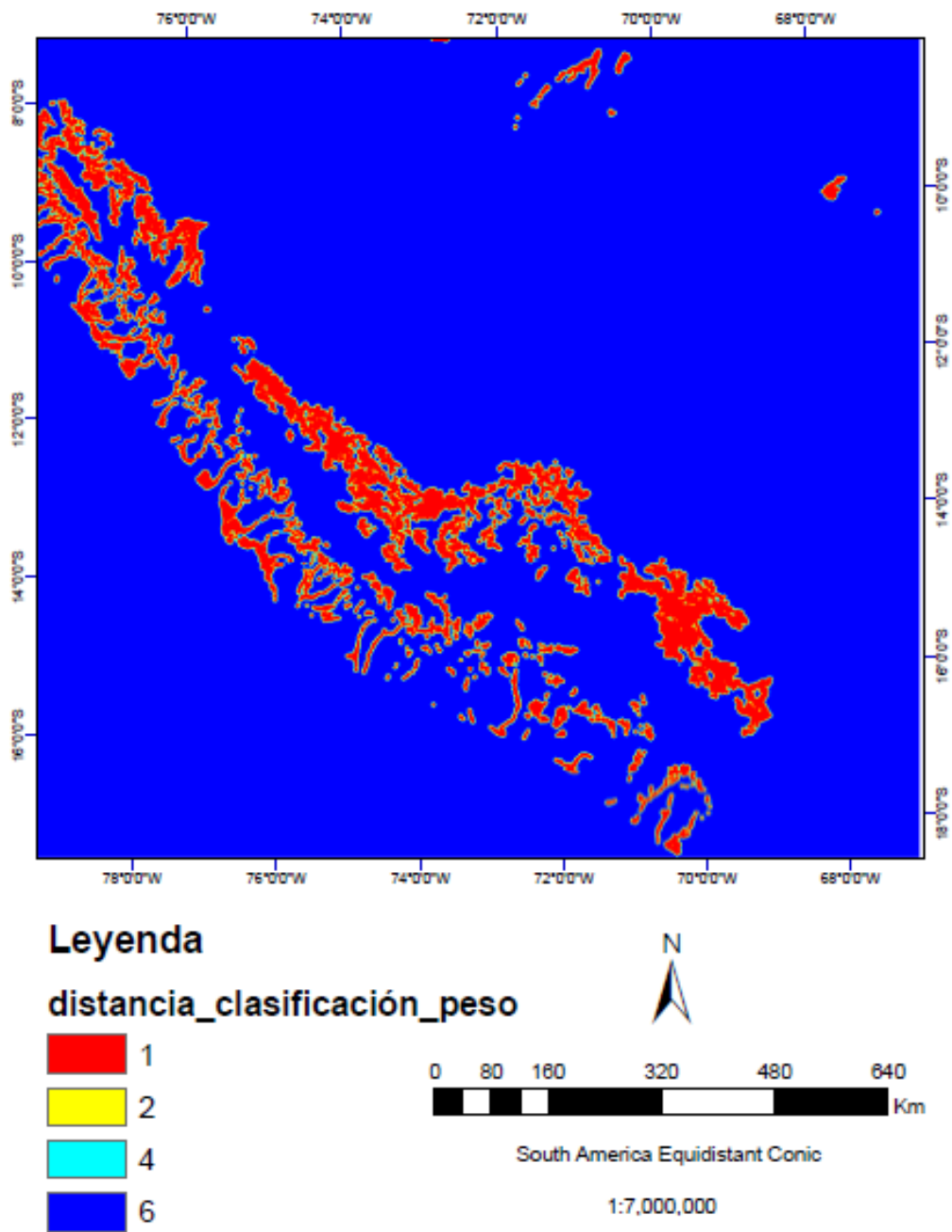


Figura 17. Mapa de ponderación AHP de las áreas agrícolas.

c) Comunidades Nativas

La Ley N° 22175 - Ley de Comunidades Nativas y de Desarrollo Agrario de las Regiones de Selva y Ceja de Selva, y su Reglamento (Aprobado por Decreto Supremo N° 003-79-AA) del Perú y la ley 6.001 del Brasil. Mediante esta Ley, el estado reconoce la existencia legal y la personalidad jurídica de las Comunidades Nativas, garantizando la integridad de la propiedad de ellas. Ver la figura 21. En este sentido,

es trascendental excluir el trazado de la vía férrea en estas áreas. Por ello el Mapa de distancia euclidiana y AHP para las comunidades nativas, es decir no a travesa dichas áreas (figura 21 y figura 22)

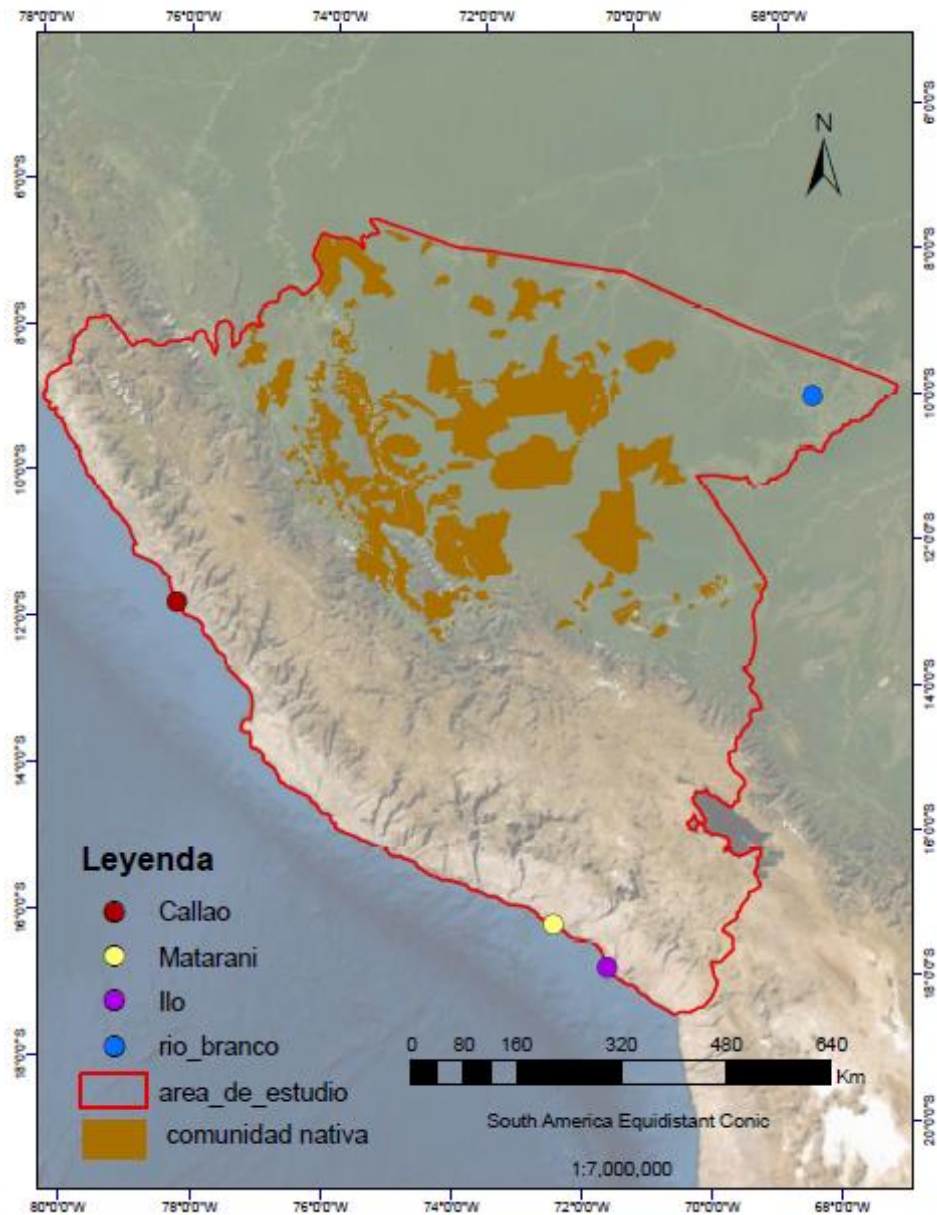
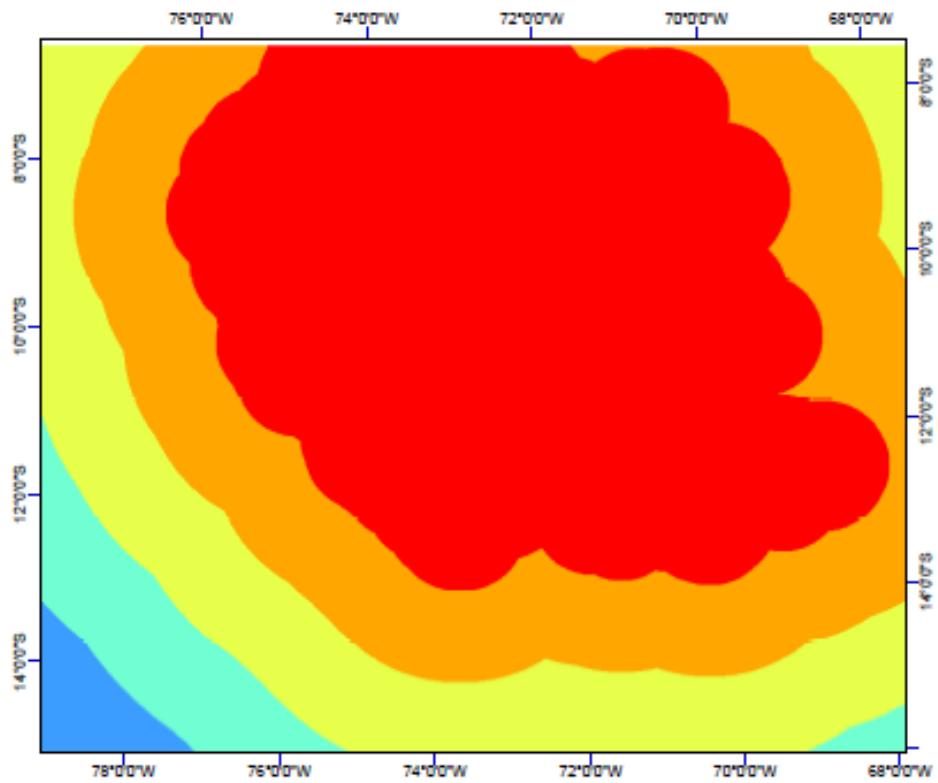


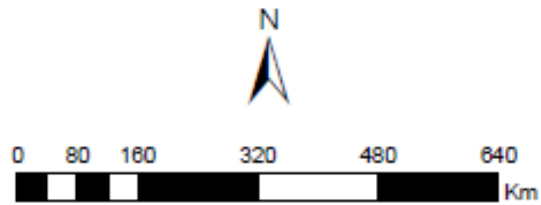
Figura 18. Mapa Temático de comunidades nativas.



**Leyenda**

**distancia\_comunidad\_nativa**

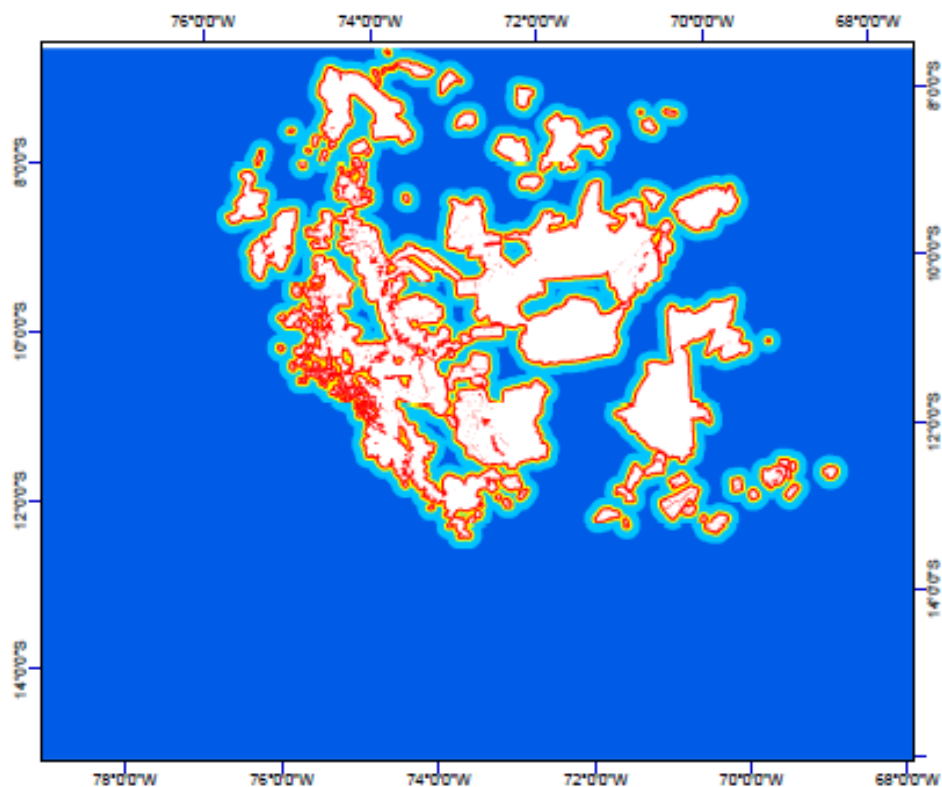
- 0 - 10
- 10 - 20
- 20 - 100
- 100 - 200
- 200 - 500
- 500 - 25000



South America Equidistant Conic

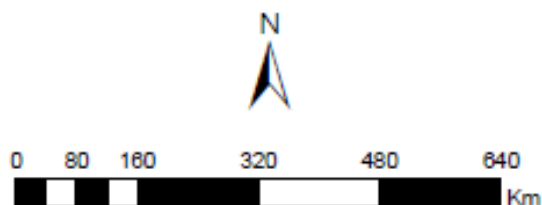
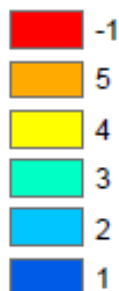
1:7,000,000

Figura 19. Mapa de distancia (Km) Euclidiana para repeler comunidades nativas



### Leyenda

distancia\_clasificación\_peso



South America Equidistant Conic

1:7,000,000

Figura 20. Mapa de ponderación AHP de comunidades nativas

#### d) Concesionaria Minera

El Perú cuenta con grandes concesiones mineras exportables, en la figura 20 representa todas las áreas mineras del Perú. En este sentido, es trascendental que el corredor ferroviario pase cerca de estas zonas. Por ello el Mapa de distancia euclidiana y AHP para las áreas mineras que atraen al corredor ferroviario (figura 24 y figura 25).

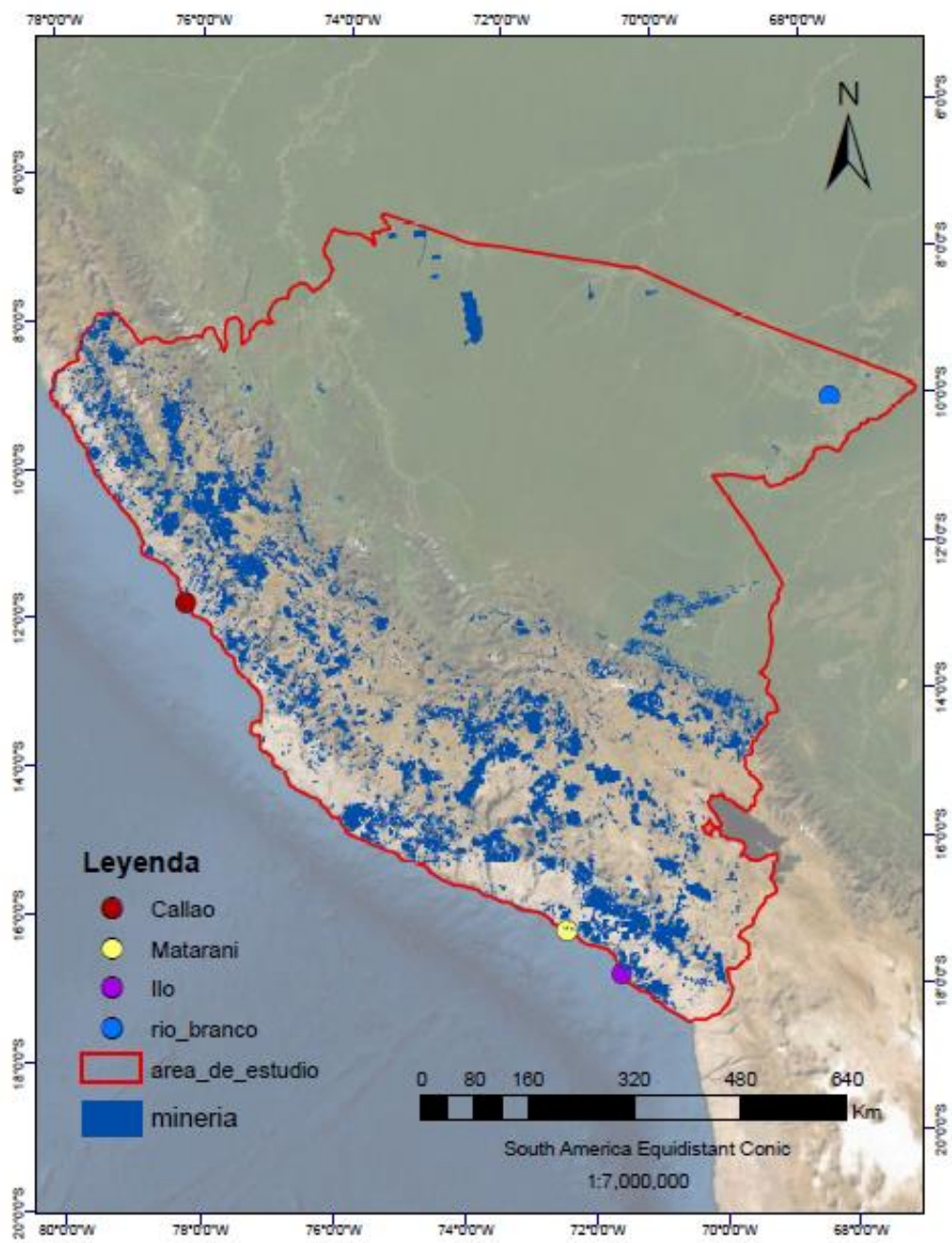


Figura 21. Mapa Temático de Concesionaria Minera.  
Fuente: MINEM, 2018

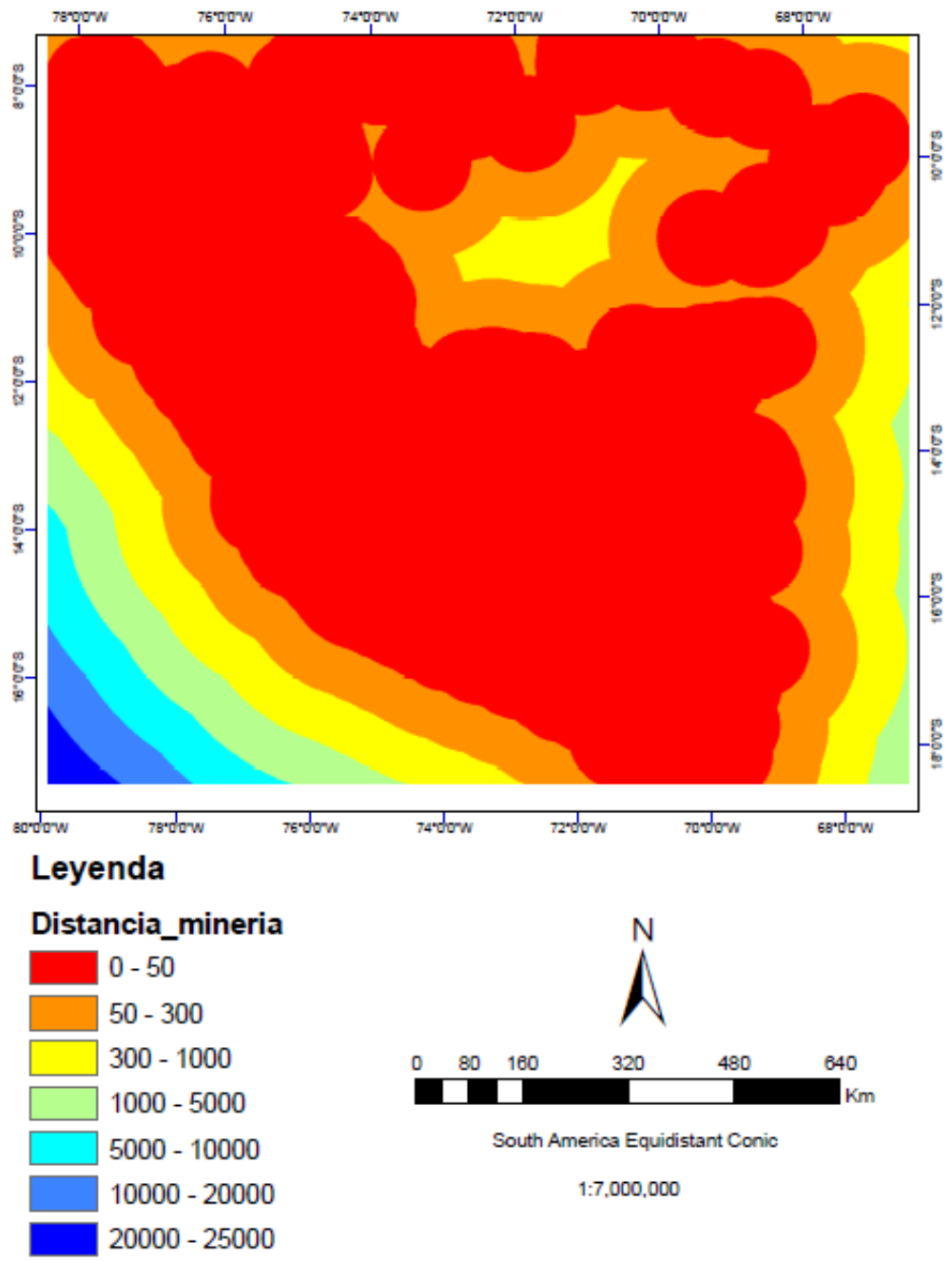


Figura 22. Mapa de distancia (Km) Euclidiana para atraer concesionarias mineras

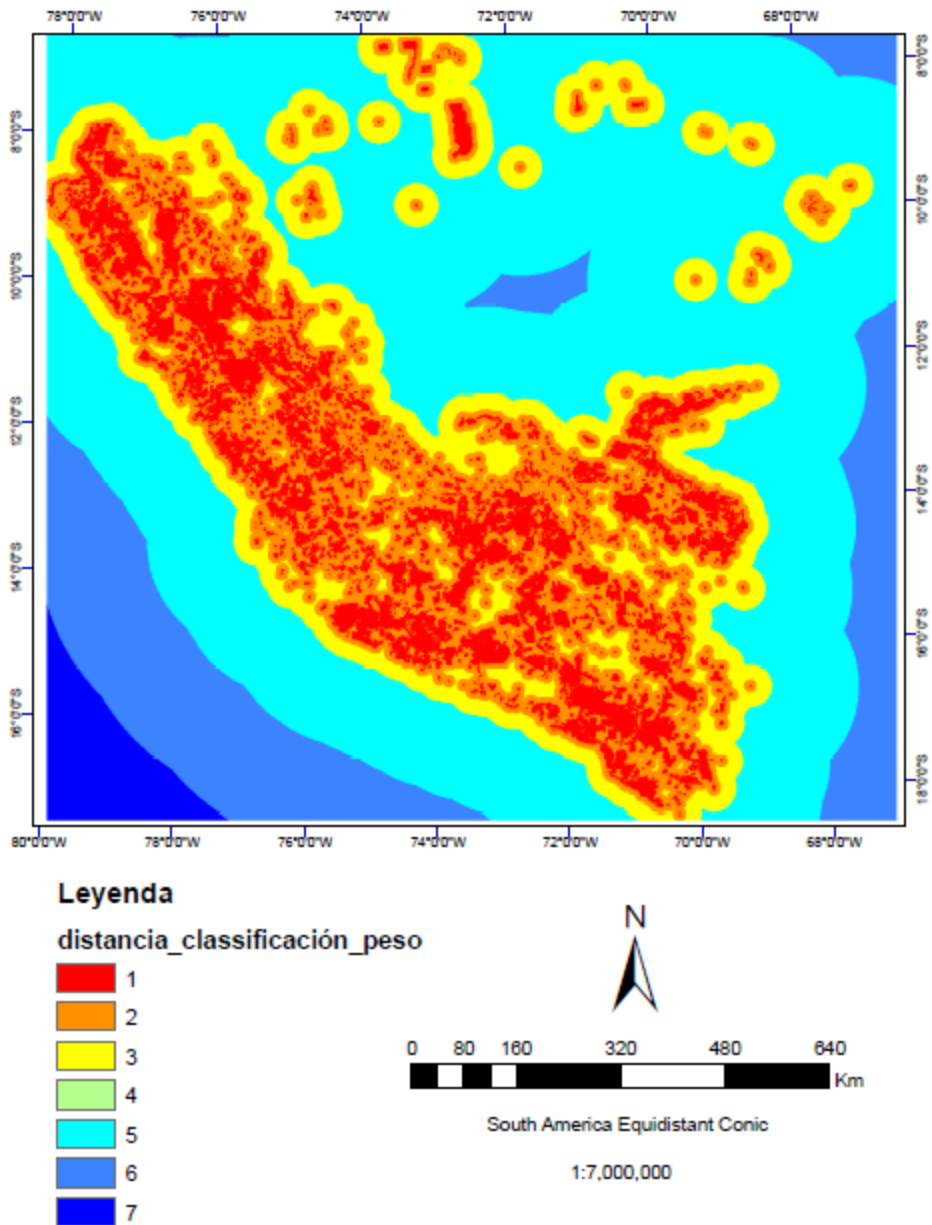


Figura 23. Mapa de ponderación AHP de concesionarias mineras.

#### 4.3.1. Análisis Multicriterio

Dentro de cada factor, los criterios fueron trabajados en un proceso de análisis jerárquico (AHP), donde los valores menores representan mayor viabilidad (atracción) y valores mayores representan menor viabilidad (repulsión), además de algunos criterios con máscara de exclusión total (imposibilidad).

La metodología propuesta fue estructurada en base al análisis multicriterio jerárquico en dos niveles. Las variables utilizadas fueron agrupadas en cinco factores distintos de acuerdo con su importancia para el modelo. Por ejemplo, factores ambientales y sociales incluye capas que representan restricciones para la construcción del corredor ferroviario en función al impacto ambiental y social significativo, desde un punto de vista de la legislación ambiental y social. El conjunto de factores físicos incluye capas de variables que representan restricciones para la construcción del corredor ferroviario como la pendiente, hidrografía, manchas urbanas, nevados. El conjunto de factores económicos es atrayente para la ferrovía en función de su potencial como son los criterios de concesionarias mineras y zonas agrícolas. Finalmente, la ponderación de análisis multicriterio jerárquico (AHP) por factores que representan al AHP de nivel II A continuación, la figura 23 representa el primer nivel de Análisis Multicriterio Jerárquico (AHP) con sus factores y criterios.

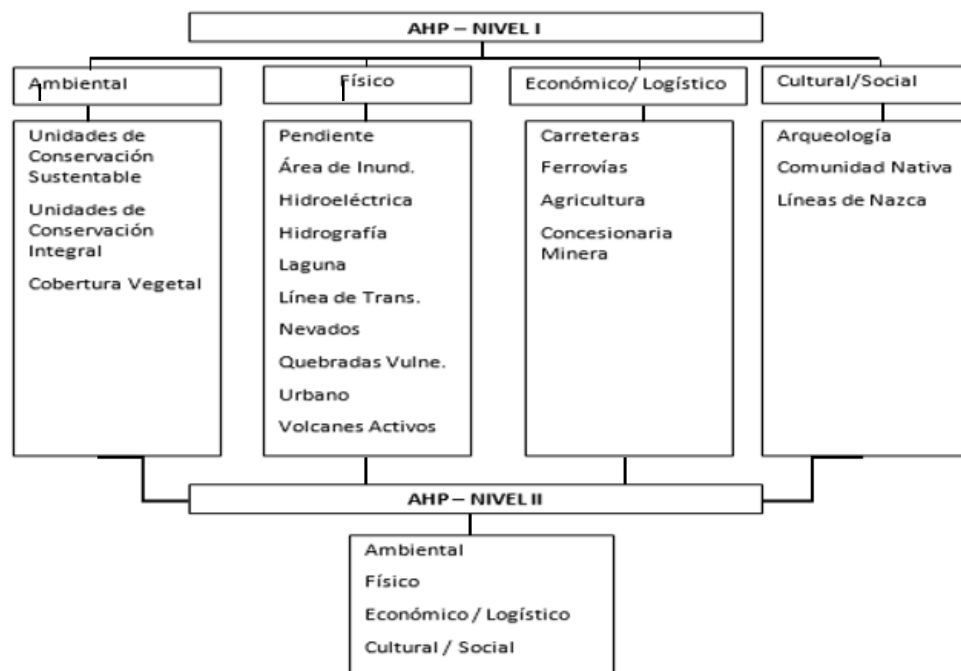


Figura 24. Representación gráfica de los factores y criterios para la metodología AHP.

#### 4.3.2. Descripción de los factores independientes – AHP Nivel I

La gran ventaja ofrecida por la metodología AHP en relación con los pesos en un sistema de soporte de decisiones es la posibilidad de dividir la toma de decisiones en

bloques y en niveles jerárquicos según diferentes intereses; es decir permite que los criterios en un factor específico no interfieran con la toma de decisiones en otros factores y que el escenario final pueda evolucionar constructivamente integrando condiciones más favorables. En las siguientes sesiones se describe y se analiza los criterios y reglas propuestas para cada factor:

#### 4.3.2.1. Factores Ambientales

Al considerar los criterios ambientales en el estudio del corredor ferroviario señala una restricción del corredor por zonas protegidas por el estado peruano y brasileño; para el presente estudio se dividió en dos unidades de conservación (unidades de conservación sustentable y unidades de conservación integral) y forestal.

##### Integración de reglas en el factor ambiental

Los criterios y valores del factor ambiental fueron atribuidos de la siguiente manera y están ilustrados en las siguientes tablas:

Factor ambiental	u.c. integral	u.c. sustentable	Forestal
u.c. integral	1	3	7
u.c. sustentable	0.3	1	5
Forestal	0.14	0.2	1
Suma	1.47	4.2	13

Tabla 11. Matriz de comparación de criterios del factor ambiental.

u.c. integral	0.67	0.71	0.53
u.c. sustentable	0.23	0.24	0.38
Forestal	0.09	0.05	0.08

Tabla 12. Matriz Normalizada de criterios del factor ambiental.

Valor Prioritario	Pesos ambientales
u.c. integral	0.64
u.c. sustentable	0.28
Forestal	0.073

Tabla 13. Vector de prioridad de criterios del factor ambiental.

$\lambda_{\text{ero(max)}}$	3.09
IC	0.04
RC	0.09

Tabla 14. Índice y Razón de Consistencia del factor ambiental.

#### 4.3.2.2. Factores Económicos

El factor económico está relacionado por dos definiciones: Primero la demanda agrícola y minerales; promoviendo así una infraestructura integrada de transporte de carga es decir conectar obligatoriamente las regiones altamente productivas; es por ello que los criterios agrícolas y minerales son considerados altamente atractivos para el modelo. Segundo, el factor económico incluye el transporte existente en el área de estudio tanto como carreteras y ferrovías cuya presencia permitiría conectar a esa red, si es posible. Entonces es considerado como atrayente para el modelo. Las reglas están descritas en las siguientes tablas:

##### Integración de reglas en el factor económico

Factor económico	Carretera	Ferrovía	Minería	Agricultura
Carretera	1	0.33	0.2	0.2
Ferrovía	3	1	1	1
Minería	5	1	1	0.33
Agricultura	5	1	3	1
<b>Suma</b>	<b>14</b>	<b>3.33</b>	<b>5.2</b>	<b>2.53</b>

Tabla 15. Matriz de comparación de criterios del factor económico.

Carretera	0.07	0.10	0.04	0.08
Ferrovía	0.21	0.30	0.19	0.39
Minería	0.36	0.30	0.19	0.13
Agricultura	0.36	0.30	0.58	0.39

Tabla 16. Matriz Normalizada de criterios del factor económico

Valor Prioritario	Pesos económicos
Carretera	0.07
Ferrovía	0.28
Minería	0.25
Agricultura	0.41

Tabla 17. Vector de prioridad de criterios del factor económico.

$\lambda_{\text{ero(max)}}$	4.25
IC	0.08
RC	0.09

Tabla 18. Índice y Razón de Consistencia del factor económico

#### 4.3.2.3. Factores Físicos

El factor físico presenta dos funciones: por un lado, el criterio pendiente, para el modelo de corredor de menor costos, es preferible que pase por regiones del terreno que presenta baja pendiente y, por otro lado, el criterio hidrografía, lagunas, nevados con el objetivo de mantener cierta distancia de los cursos de agua y por prevención de puntos críticos de desastres naturales (áreas de inundación, volcanes activos y quebradas vulnerables) mantener distancia. Finalmente, manchas urbanas. Las reglas están descritas en las siguientes tablas:

##### Integración de reglas en el factor físico

Factores físicos	Área Inund.	Pend.	Hidro.	laguna	Línea trans.	Queb. Vulne.	Nevado	Hidro.	Volcán	Urbano
Área Inund.	1	0.2	1	1	3	0.2	1	0.3	0.3	0.3
Pendiente	5	1	5	3	3	3	5	3	1	3
Hidrografía	1	0.2	1	0.3	1	0.3	1	1	0.3	0.3
Laguna	1	0.3	3	1	3	3	1	1	0.3	1
Línea Trans.	0.3	0.2	1	0.3	1	0.3	1	1	1	1
Queb. Vulne.	5	0.3	3	0.3	3	1	1	1	3	1
Nevado	1	0.2	1	1	1	1	1	1	1	1
Hidro.	3	0.3	1	1	1	1	1	1	0.2	1
Volcán	3	1	3	3	1	0.3	1	5	1	3
Urbano	3	0.3	3	1	1	1	1	1	0.3	1
<b>Suma</b>	<b>23.3</b>	<b>4</b>	<b>22</b>	<b>11.97</b>	<b>18</b>	<b>11</b>	<b>14</b>	<b>15.3</b>	<b>8.5</b>	<b>12.6</b>

Tabla 19. Matriz de comparación de criterios del factor físico

Área Inund.	0.04	0.05	0.05	0.08	0.17	0.02	0.07	0.02	0.04	0.02
Pendiente	0.21	0.25	0.23	0.25	0.17	0.27	0.36	0.20	0.12	0.24
Hidrografía	0.04	0.05	0.05	0.03	0.06	0.03	0.07	0.07	0.04	0.03
Laguna	0.04	0.08	0.14	0.08	0.17	0.27	0.07	0.07	0.04	0.08
Línea Trans.	0.01	0.05	0.05	0.03	0.06	0.03	0.07	0.07	0.12	0.08
Queb.Vulne.	0.21	0.08	0.14	0.03	0.17	0.09	0.07	0.07	0.35	0.08
Nevado	0.04	0.05	0.05	0.08	0.06	0.09	0.07	0.07	0.12	0.08
Hidroe.	0.13	0.08	0.05	0.08	0.06	0.09	0.07	0.07	0.02	0.08
Volcán	0.13	0.25	0.14	0.25	0.06	0.03	0.07	0.33	0.12	0.24
Urbano	0.13	0.08	0.14	0.08	0.06	0.09	0.07	0.07	0.04	0.08

Tabla 20. Matriz Normalizada de criterios del factor físico.

Valor prioritario	Pesos Económicos
Área Inund.	0.056
Pendiente	0.229
Hidrografía	0.045
Laguna	0.103
Línea Trans.	0.055
Queb.Vulne..	0.128
Nevado	0.070
Hidroe.	0.072
Volcán	0.160
Urbano	0.082

Tabla 21. Vector de prioridad de criterios del factor físico.

$\lambda$ ero(máx.)	11.33
IC	0.15
RC	0.09

Tabla 22. Índice y Razón de Consistencia del factor físico.

#### 4.3.2.4. Factores Sociales

Al considerar los criterios sociales en el estudio del corredor ferroviario señala una restricción por zonas arqueológicas y por poblaciones urbanas de acuerdo a la legislación. Las reglas están descritas en las siguientes tablas:

##### Integración de reglas en el factor social

Factores sociales	Comunidad Nativa	Arqueología	Línea de Nazca
Comunidad Nativa	1	5	3
Arqueología	0.2	1	0.33
Línea de Nazca	0.33	3	1
<b>Suma</b>	<b>1.53</b>	<b>9</b>	<b>4.33</b>

Tabla 23. Matriz de comparación de criterios del factor social.

Comunidad Nativa	0.65	0.56	0.69
Arqueología	0.13	0.11	0.08
Línea de Nazca	0.22	0.33	0.23

Tabla 24. Matriz Normalizada de criterios del factor social.

Valor prioritario	Pesos Económicos
Comunidad Nativa	0.63
Arqueología	0.11
Línea de Nazca	0.26

Tabla 25. Vector de prioridad de criterios del factor social.

$\lambda_{\text{ero(max)}}$	3.05
IC	0.027
RC	0.05

Tabla 26. Índice y Razón de Consistencia del factor social.

#### 4.3.3. Descripción de los factores Integrados – AHP Nivel II

Una vez establecidas las cinco superficies de mínimo esfuerzo, una para cada conjunto de factores, estas fueron integradas en un nivel superior del proceso jerárquico en cuatro escenarios integrados llamado AHP nivel II. La ponderación fue de acuerdo a la

prioridad establecida es decir los cuatros escenarios van variando de acuerdo a la prioridad que equivale a 70% y los demás a 10% para cada corredor Callao – Rio as Branco, Matarani – Rio Branco e Ilo – Rio Branco. A continuación, la figura 28 representa esquema gráfico de las ponderaciones de cada factor: Ver las cantidades en decimales en apéndice K.

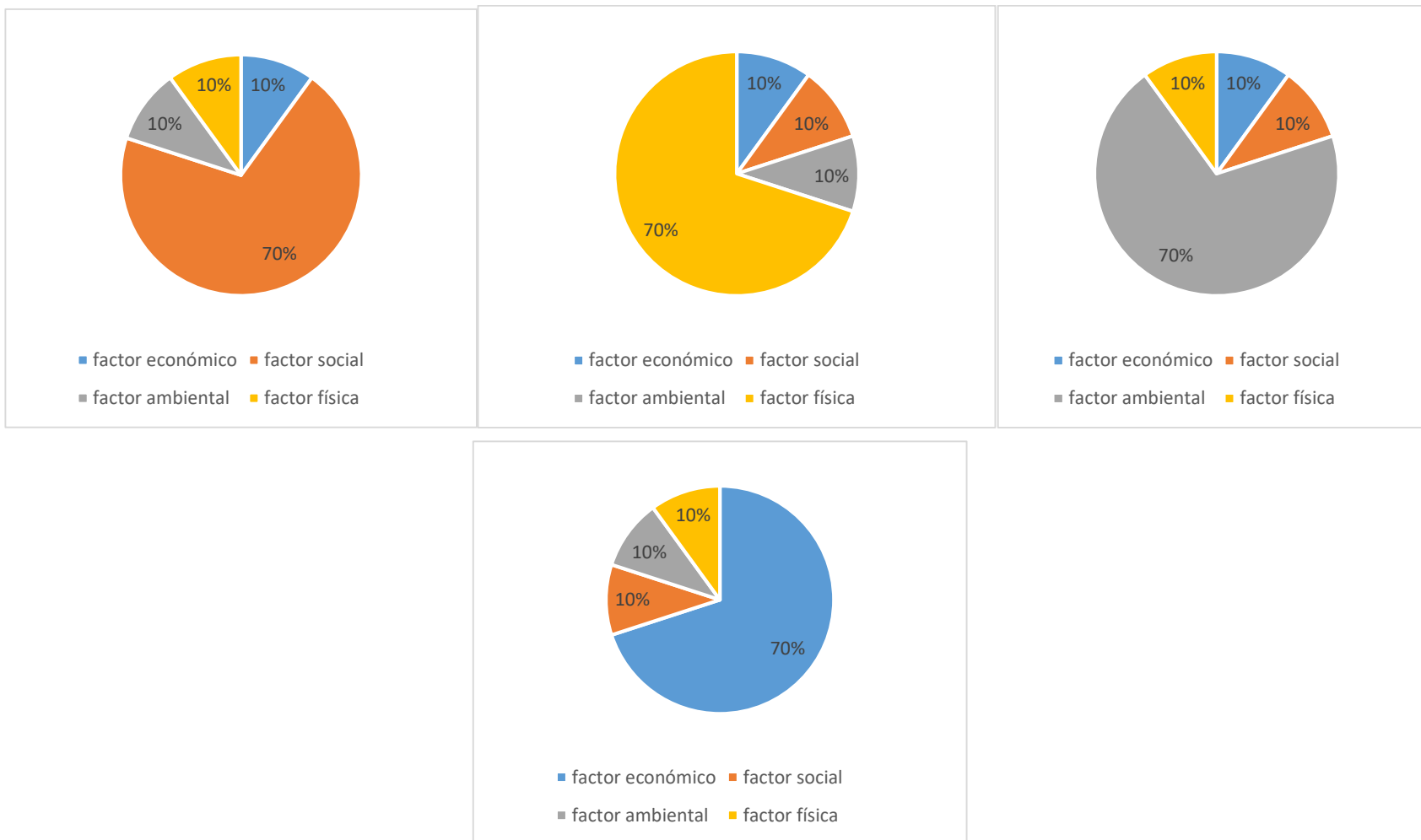


Figura 25. Factores integrados Análisis Multicriterio Jerárquico AHP II

#### 4.3.4. Modelamiento del Análisis de Multicriterio Jerárquico (AHP) de Nivel II en Dinamica EGO

En el *Functor Load Categorical Map* se cargan los mapas inicial y final (los puertos del Perú y Rio Branco). Los *calculate categorical map* es una calculadora usada para el álgebra de mapas, con el objetivo de procesar mapas. Para ello, es necesario un *functors "number map"*. *Number Map* que identifica un mapa con un número y un *functor string* que es la carpeta donde está guardado todos los criterios, pesos, y distancias. Como se define en la figura 29.

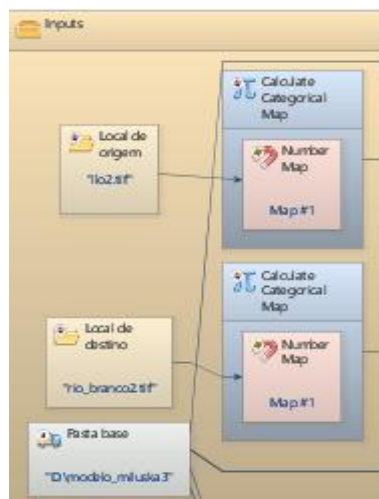


Figura 26. Caja de mapas iniciales y calculate map

El functor load table, carga la tabla de criterios con sus respectivos pesos esto es conectado a dos funtores encargados de leer y guardar estas categorías para luego ser tratados los mapas por cada categoría. A continuación, se observa en la figura 30.

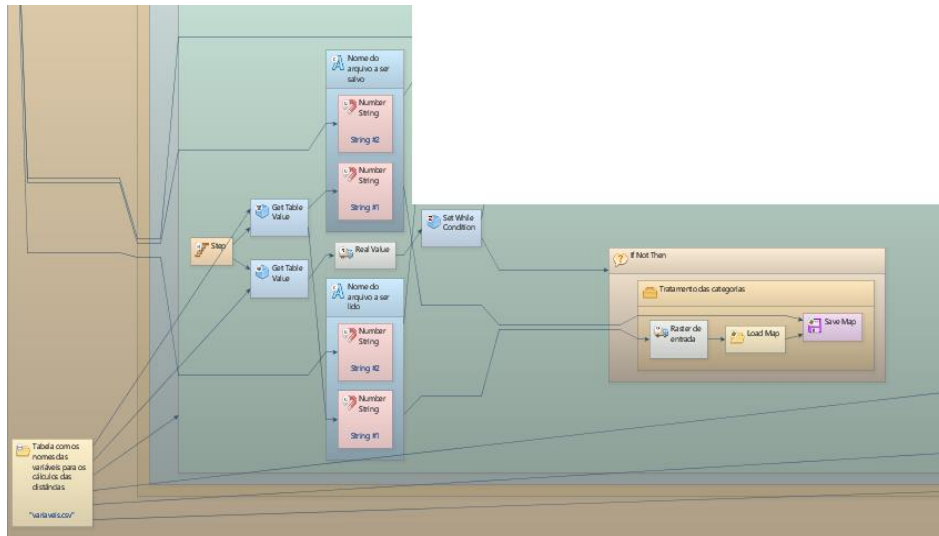


Figura 27. Tratamiento de categorías.

El siguiente paso es representar las distancias euclidianas por cada categoría esto es realizado en python y un functor para ser transformado cada pixel en metros

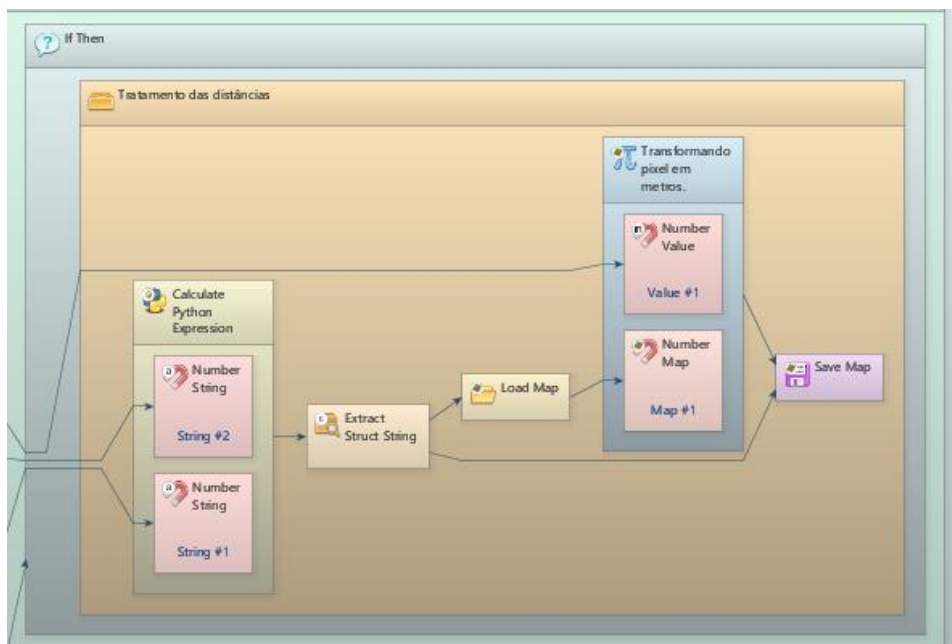


Figura 28. Tratamiento por distancia.

El siguiente paso es el Mapa de categorías con respecto a los pesos (AHP) se crea tres functors de create string para leer los mapas, la tabla de pesos y guardar; todos ellos con sus Number String. Después se conecta al functor. La lectura de mapas calcula las distancias y finalmente guarda. Los otros dos functors son conectados al calculate map donde la tabla de pesos conecta al load lookup map y el último Number va a conectar con

la caja principal de las variables y pesos y por ultimo juntar todos los mapas en un calculate map y guardar.

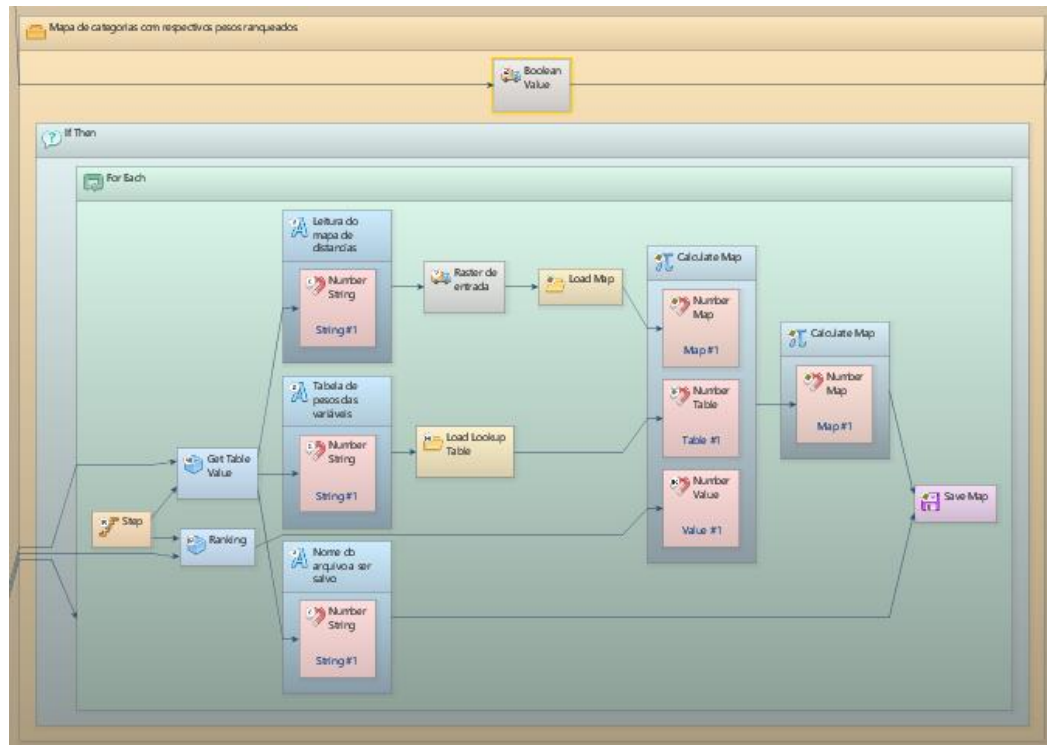


Figura 29. Categorías AHP con sus respectivos pesos

Para cada categoría se definen los pesos (figura 33) siendo los mayores pesos aquellos por donde no deberían pasar los corredores, como en el caso de unidades de conservación y comunidades indígenas, dando origen al mapa de fricción. Este fue obtenido por medio de la suma de todos los pesos atribuidos para cada factor (AHP II). De esta forma la intención es generar una superficie de costos.

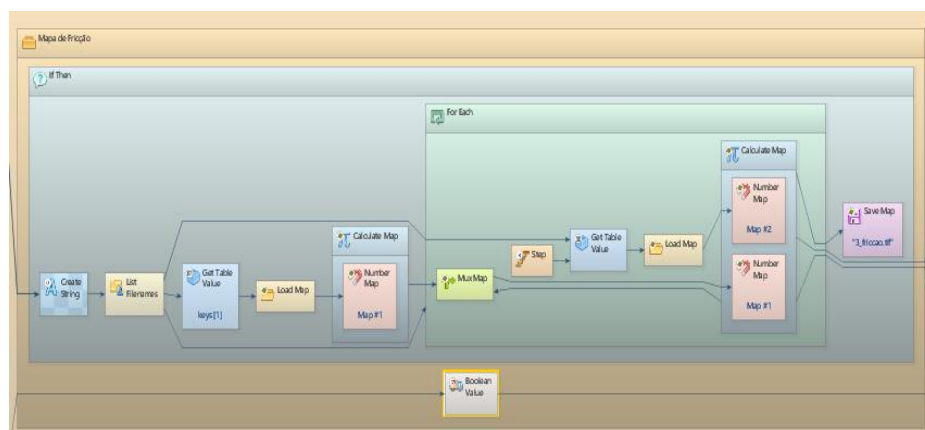


Figura 30. Representación gráfica para el mapa de fricción

La superficie de costos (costo inicial, costo final y costo acumulado) es el resultado del producto de los pesos que son construidos a partir de la reclasificación de cada categoría de entrada. Esta reclasificación es realizada por medio de un algoritmo de construcción de mapas que sigue una expresión pre – determinada como muestra en la figura 34.

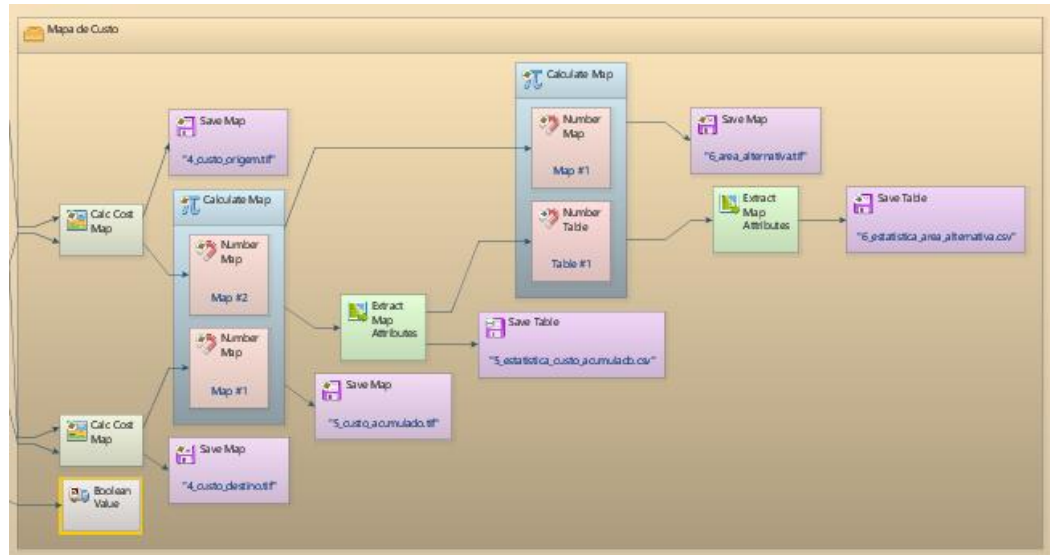


Figura 31. Costos superficiales.

## 5. RESULTADOS

El presente trabajo constituye la construcción e implementación de un modelo de inteligencia geográfica basado en análisis multicriterio para presentar escenarios alternativos que puedan substituir estudios de viabilidad en la fase inicial del planeamiento de la ferrovía bioceánica Perú – Brasil. Así de forma mantener correspondencia con los objetivos propuestos en la investigación fueron modelados 4 escenarios distintos con prioridades ambientales, prioridades sociales, prioridades físicas y prioridades económicos; cada cual contiene 3 ensayos desarrollando corredores interconectado al Puerto de Rio Branco en Acre a los puertos de Callao, Matarani e Ilo en Perú.

Al integrar las variables geográficas a través del Análisis Jerárquico Multicriterio (AHP), se obtuvo el trazado de mínimo costo o esfuerzo. La superficie de costo resultante refleja las diferentes prioridades estipuladas por el tomador de decisiones. De esta forma esta sección reporta los resultados de forma a tomar posible a comparación de métricas de los escenarios distintos. A continuación, se presenta los escenarios según el orden de prioridad al 70% primero

el factor ambiental, segundo el factor social, el tercero factor físico, el cuarto factor económico y finalmente igualdad de prioridad para todos los factores. Para todos los escenarios, se observa la restricción de los trazados para las Unidades de Conservación y Comunidades Nativas; las más representativas son: el Parque Nacional del Manú, el Parque Nacional Bahuaja Sonene, la Reserva Territorial Madre de Dios y la Reserva Extractivista Chico Mendes. A continuación, se muestra las tres alternativas por escenario, tres puntos de origen en el Perú con un punto de llegada en el Brasil. Ver un resumen de los resultados en apéndice G, H, I y J

## 5.1. Escenario 1: Prioridad Ambiental

### 5.1.1. Prioridad ambiental para el corredor (Puerto Callao, Perú – Rio Branco, Brasil)

En la figura 35 se observa que la ruta de menor costo es el corredor azul se observa dos restricciones uno cerca al punto de origen, la reserva paisajista Nor – Yauyos Cochabamba y otra restricción es el Santuario Histórico Macchu Picchu y Área de Conservación Regional Choquequirao.

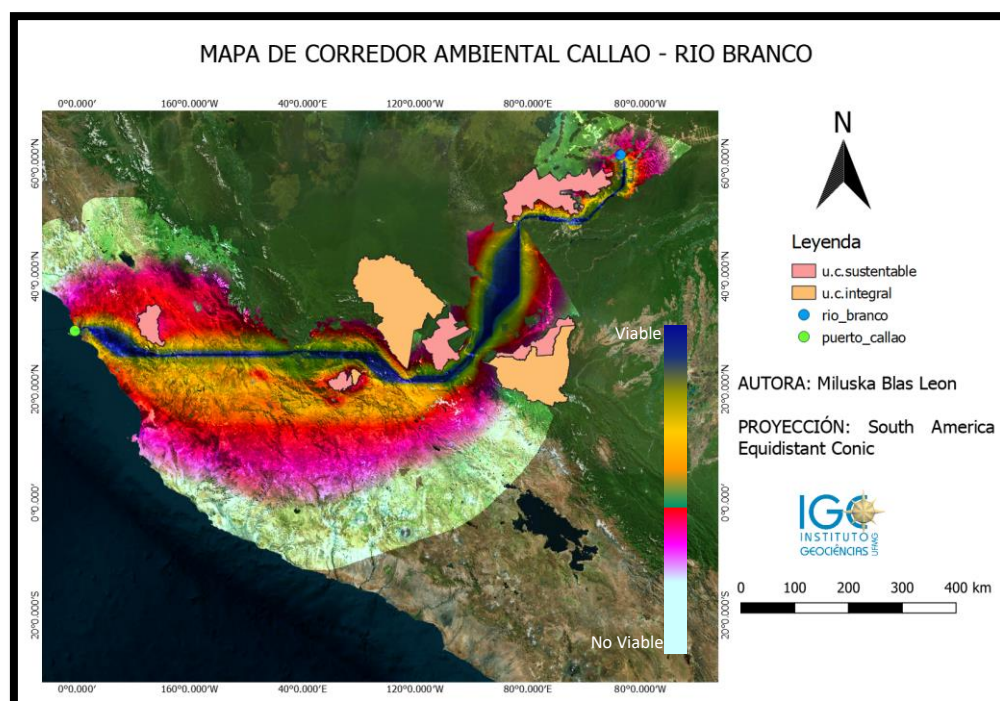


Figura 32. Representación del corredor ambiental puerto del Callao y rio Branco

### 5.1.2. Prioridad ambiental para el corredor (Puerto Matarani, Perú – Rio Branco, Brasil)

En la figura 36 se observa el corredor con 984 km de distancia, no atrae a las áreas naturales protegidas entre ellas las áreas de Conservación Regional Tres Cañones que se encuentra en la zona amarilla.

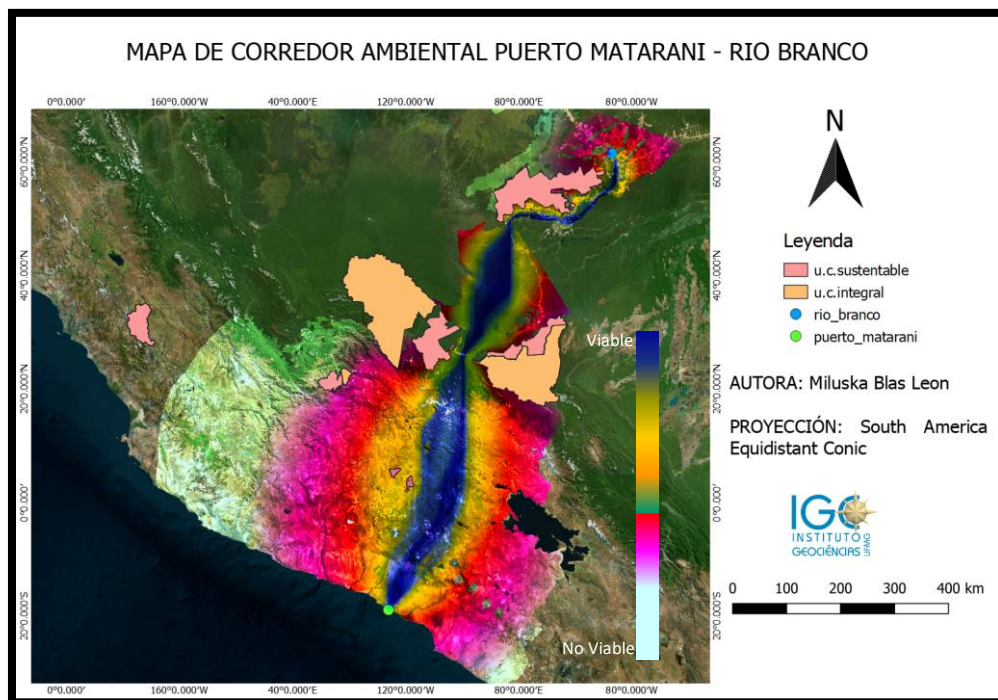


Figura 33. Representación del corredor ambiental Matarani – Rio Branco

### 5.1.3. Prioridad ambiental para el corredor (Puerto Ilo, Perú – Rio Branco, Brasil)

En la alternativa 37, el corredor de mínimo costo tiene una distancia de 1038 Km, presenta menos curvas y menor dimensión comparado con la figura 36. La dimensión más angosta del corredor se observa que ambas márgenes del corredor se encuentra la reserva comunal Amaraeri, el parque nacional Bahuaja Sonene y la reserva Extractivista Chico Mendes en Acre.

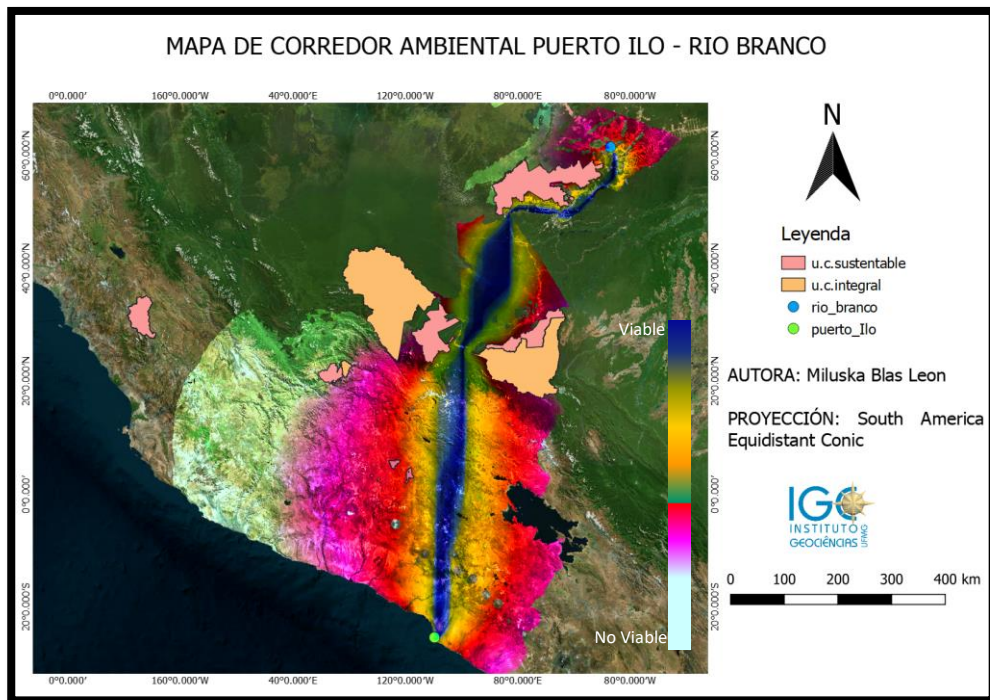


Figura 34. Representación del corredor ambiental Ilo – Rio Branco

## 5.2. Escenario 2: Prioridad Social

### 5.2.1. Prioridad social para el corredor (Puerto Callao, Perú – Rio Branco, Brasil)

El corredor de mínimo costo de la figura 38 tiene una distancia de 1270 km, se observa que repele comunidades nativas de etnias ashaninkas y machiguengas es por ello que el corredor presenta una desviación con respecto a las comunidades nativas una distancia de 16km.

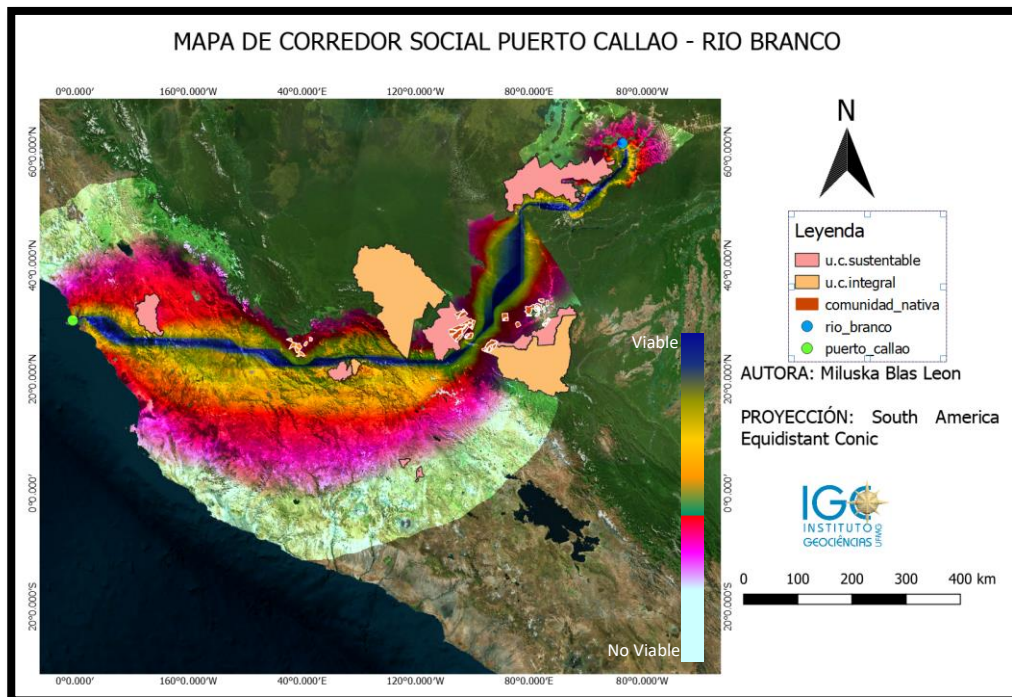


Figura 35. Representación del corredor social puerto Callao – Rio Branco

### 5.2.2. Prioridad social para el corredor (Puerto Matarani, Perú – Rio Branco, Brasil)

El corredor de mínimo costo de la figura 39 comienza con 2 trazos de 118km y 123 km que luego se une a un solo corredor, además, se observa que repele comunidades nativas de etnias ashaninkas y machiguengas.

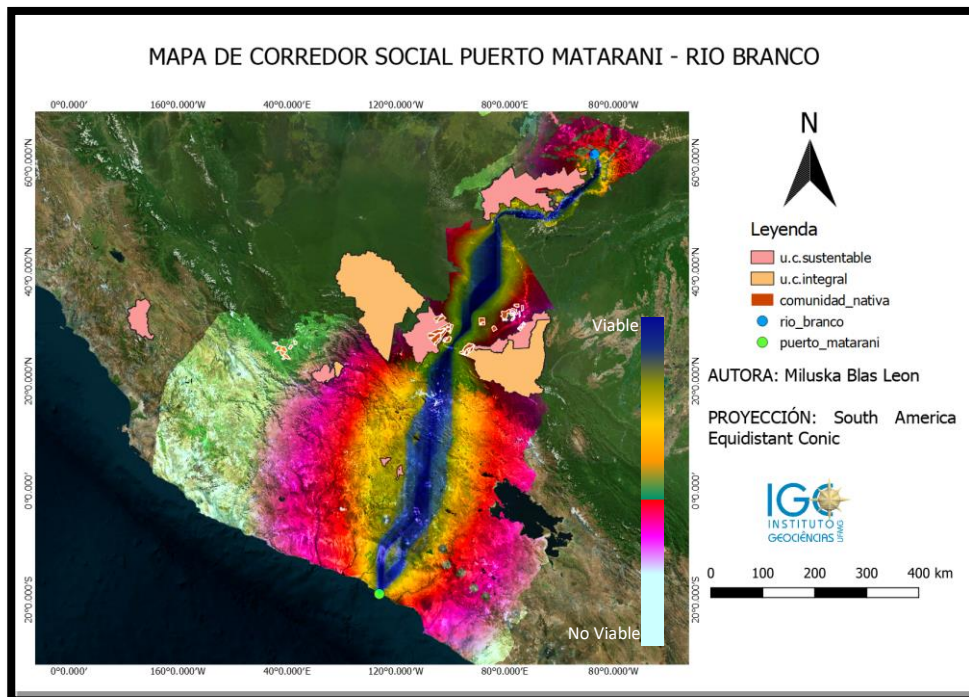


Figura 36. Representación del corredor social puerto Matarani – Rio Branco.

### 5.2.3. Prioridad social para el corredor (Puerto Ilo, Perú – Rio Branco, Brasil)

El corredor de mínimo costo de la figura 40 tiene una distancia de 1270 km, se observa que repele comunidades nativas de etnias ashaninkas y machiguengas.

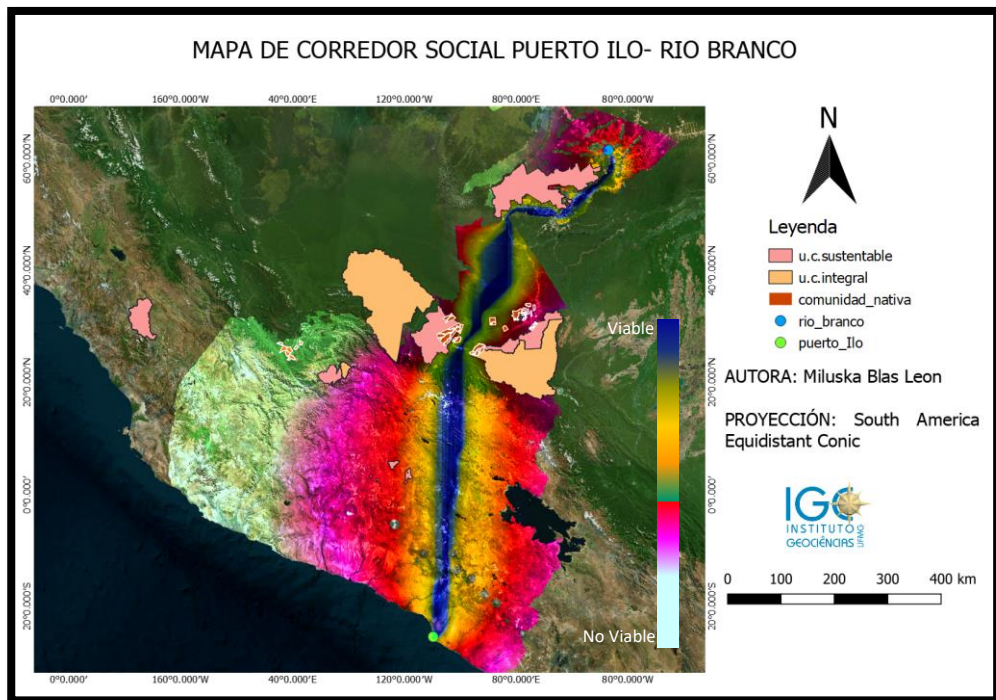


Figura 37. Representación del corredor social puerto Ilo – Rio Branco

### 5.3. Escenario 3: Prioridad Física

#### 5.3.1. Prioridad física para el corredor (Puerto Callao, Perú – Rio Branco, Brasil)

El corredor de mínimo costo de la figura 41 tiene una distancia de 1273km, se observa que el trazado muestra una desviación en comparación con las figuras 34 y 37, se podría decir por la altura de la pendiente y repele comunidades nativas y unidades de conservación

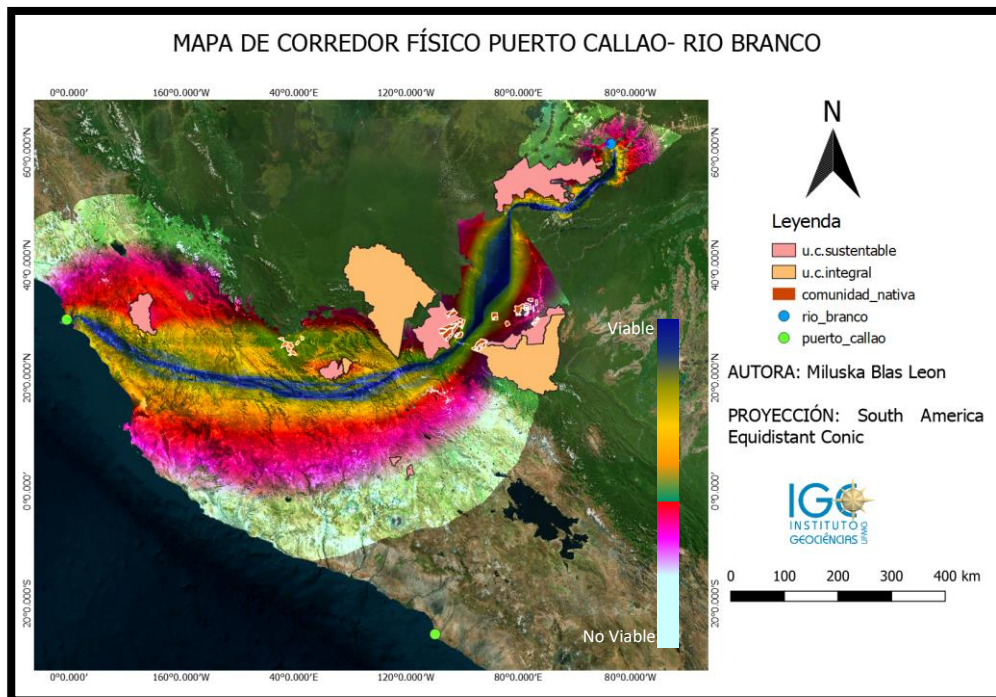


Figura 38. Representación del corredor físico puerto Callao – Río Branco

### 5.3.2. Prioridad física para el corredor (Puerto Matarani, Perú – Río Branco, Brasil)

El corredor de mínimo costo de la figura 42 tiene una distancia de 978km, con una leve alternativa a partir de la distancia 152km del punto de origen. Se observa que el trazado muestra una desviación en comparación con las figuras 36 y 39, se podría decir por la altura de la pendiente y repele comunidades nativas y las áreas naturales protegidas o unidades de conservación

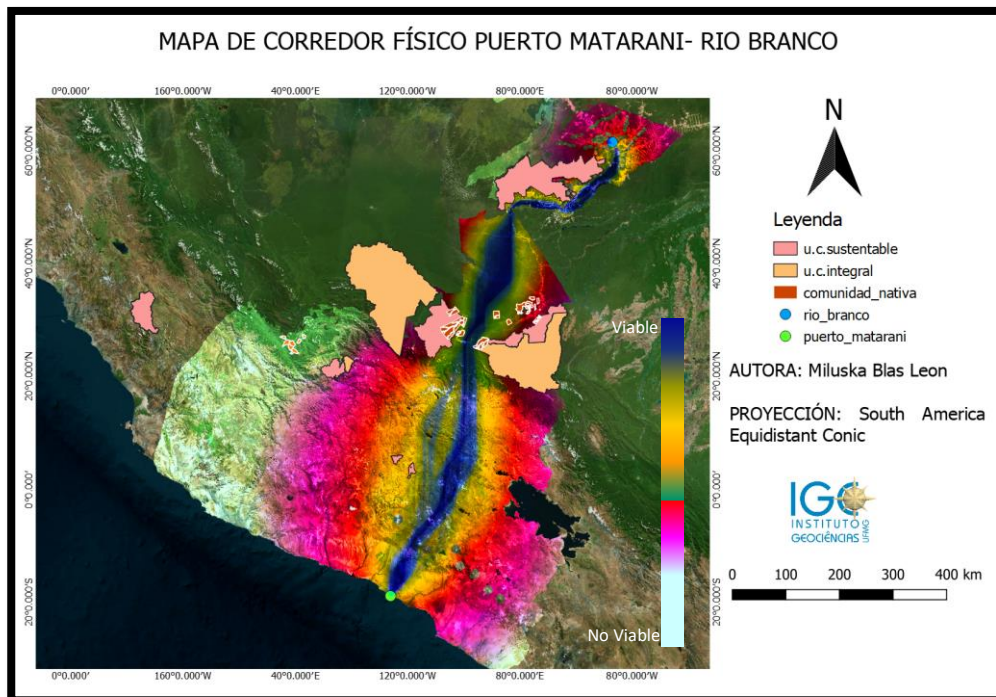


Figura 39. Representación del corredor físico puerto Matarani – Rio Branco

### 5.3.3. Prioridad física para el corredor (Puerto Ilo, Perú – Rio Branco, Brasil)

El corredor de mínimo costo de la figura 43 tiene una distancia de 982km, se observa que el trazado muestra una desviación en comparación con las figuras 37 y 40, se podría decir por la altura de la pendiente y repele comunidades nativas y las áreas naturales protegidas o unidades de conservación

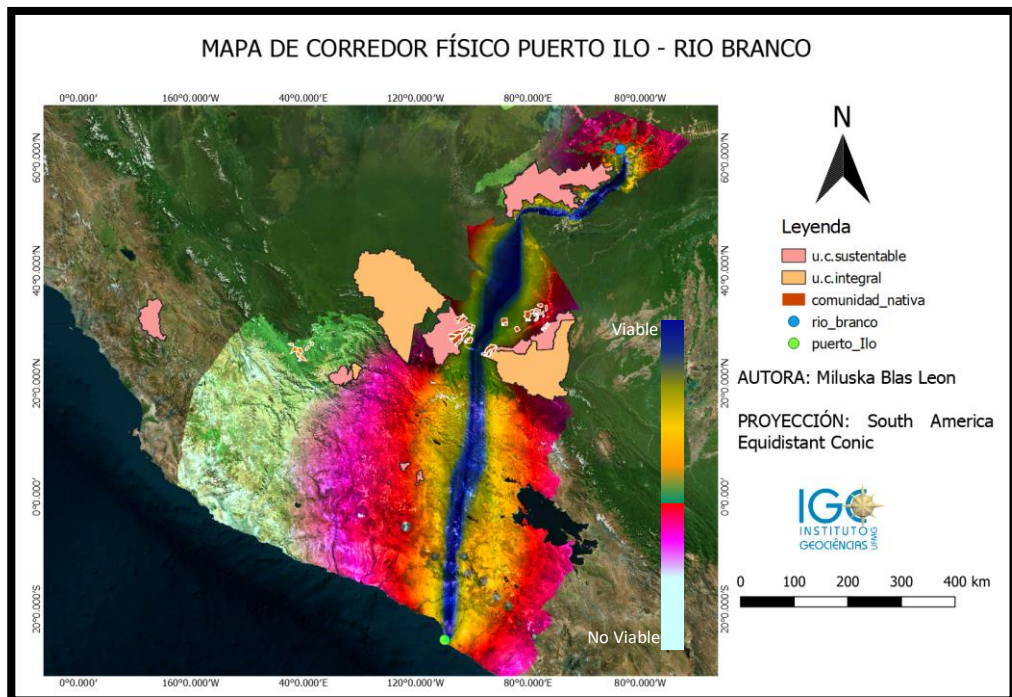


Figura 40. Representación del corredor físico puerto Ilo – Rio Branco

## 5.4. Escenario 4: Prioridad Económica

### 5.4.1. Prioridad económica para el corredor (Puerto Callao, Perú – Rio Branco, Brasil)

El corredor de mínimo costo de la figura 44 tiene una distancia de 1288km, se observa que los trazados muestran desviaciones en comparación con las figuras 35 y 38, se podría decir porque el corredor atrae las zonas agrícolas y zonas mineras. Sin embargo, la figura 35 la desviación es leve comparado con la figura 41 entonces se concluye que el corredor es de mínimo costo evita pasar por pendientes altas, repele las unidades de conservación y atrae zonas agrícolas y mineras.

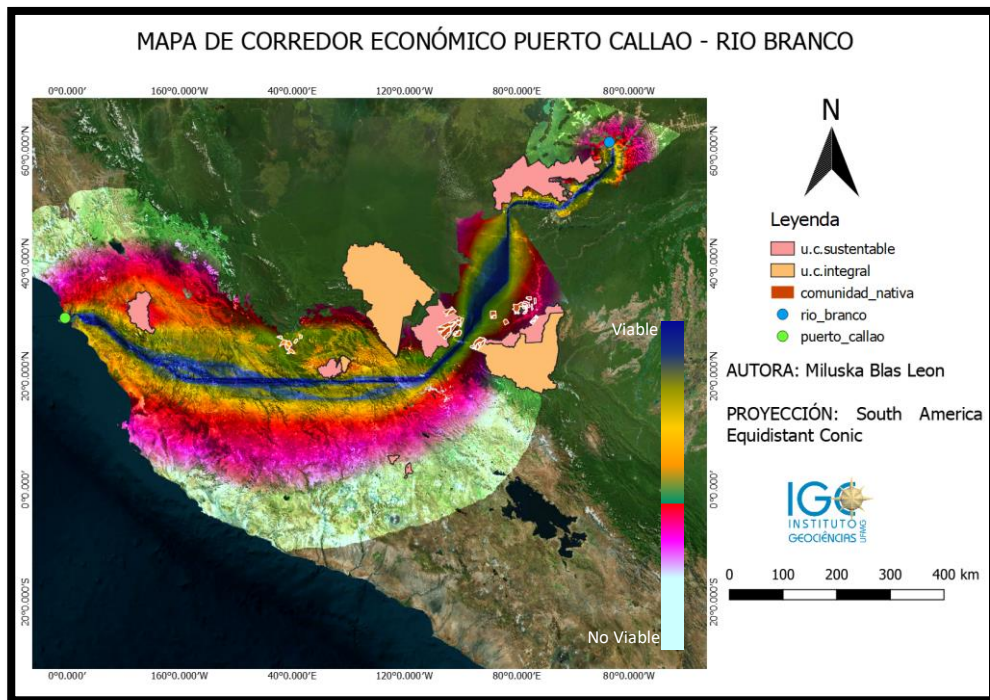


Figura 41. Representación del corredor económico puerto Callao – Río Branco.

#### 5.4.2. Prioridad económica para el corredor (Puerto Matarani, Perú – Río Branco, Brasil)

El corredor de mínimo costo de la figura 45 presenta dos trazados con distancia de 983km y 976km, se observa que el trazado muestra desviación en comparación con las figuras 36 y 39, se podría decir porque el corredor atrae las zonas agrícolas y zonas mineras. Sin embargo, comparado con la figura 42 la desviación es leve entonces se concluye que el corredor es de mínimo costo evita pasar por pendientes altas, repele las unidades de conservación y atrae zonas agrícolas y mineras tanto la figura 36 como la figura 39.

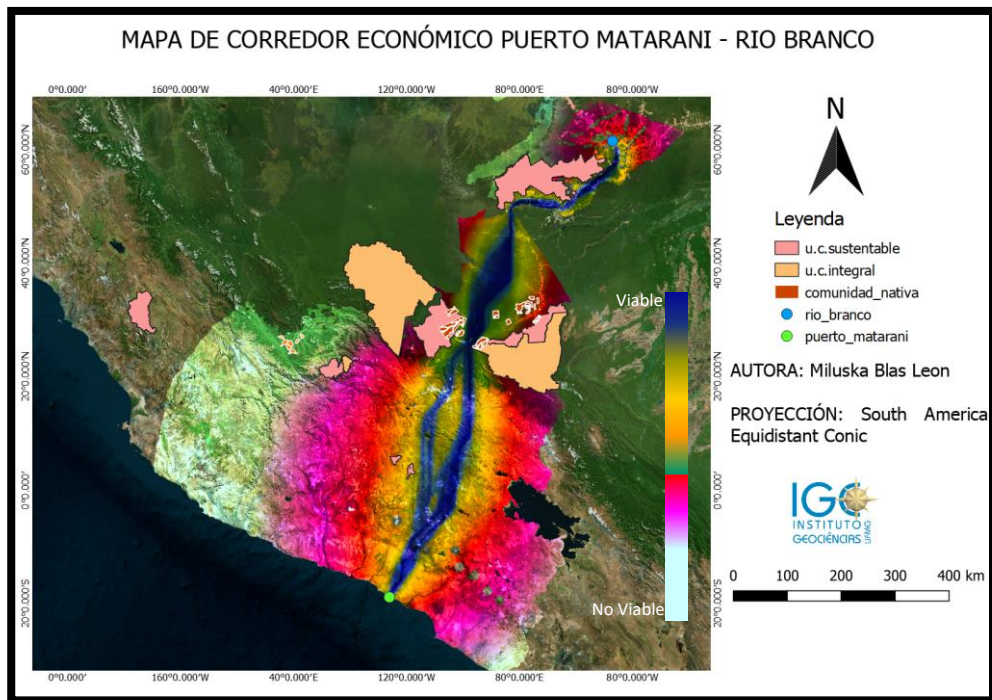


Figura 42. Representación del corredor económico puerto Matarani – Río Branco

#### 5.4.3. Prioridad económica para el corredor (Puerto Ilo, Perú – Río Branco, Brasil)

El corredor de mínimo costo de la figura 46 tiene una distancia de 1032km, se observa que el trazado muestra desviación en comparación con las figuras 37 y 40, se podría decir porque el corredor atrae las zonas agrícolas y zonas mineras. Sin embargo, la figura 43 la desviación es leve comparado con la figura 39 entonces se concluye que el corredor es de mínimo costo evita pasar por pendientes altas, repele las unidades de conservación y atrae zonas agrícolas y mineras tanto la figura 40 como la figura 43.

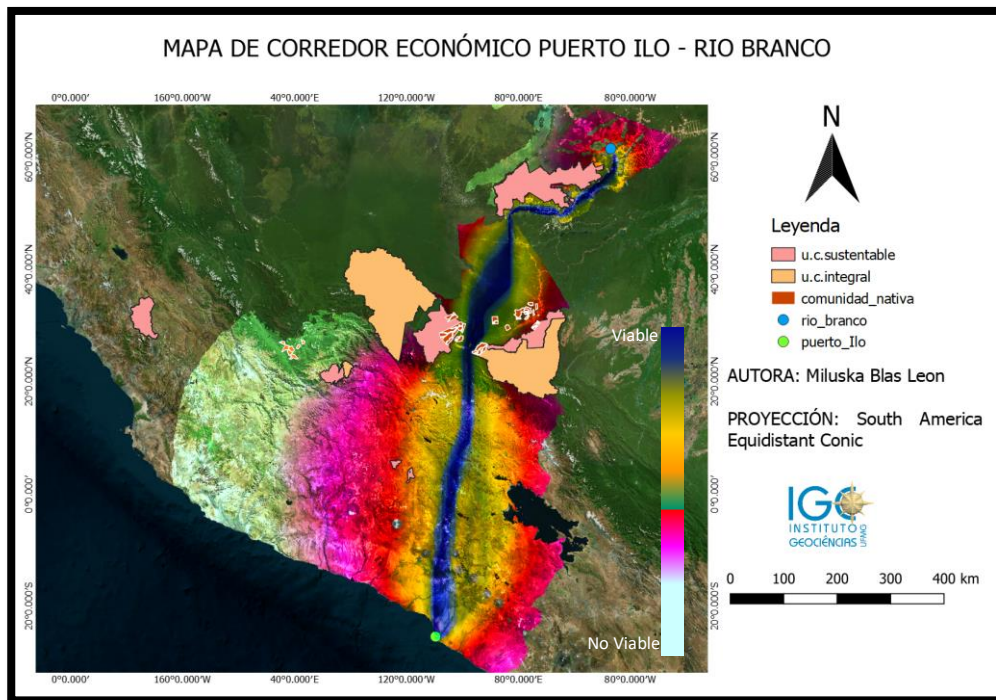


Figura 43. Representación del corredor económico puerto Ilo – Rio Branco

## 6. DISCUSIÓN

Al modelar los corredores de viabilidad ambiental apoyados en geoprocésamiento y análisis multicriterio en el proceso del planeamiento ferroviario se afirma que se obtuvo los posibles corredores, cumpliendo con las reglas establecidas lo cual concuerda con González, et al. (2012) menciona que el uso de las metodologías de Evaluación Multicriterio, queda comprobada que es una herramienta de alto potencial a la hora de diseñar corredores reales para cualquier tipo de infraestructura lineal. Además según Arce et al. (2009) menciona que en la planificación de grandes infraestructuras de transporte resulta útil el uso de mapas temáticos que representan aspectos del territorio permitiendo evitar las zonas a proteger.

Al construir y comparar los escenarios, las superficies de costo tienen implicaciones directas en el trazado de los corredores ferroviarios; es decir, para un mejor trazado de menor costo explícitamente geográfico está relacionado con la cantidad de variables que influirá en el trazado ferroviario, esto lo sostiene (Araujo et al., 2015) se entiende que para más pruebas en un mismo corredor de estudio con una mayor diversidad de variables de entrada y puntos de conexión representaría más de cerca a la realidad para el planeamiento inicial ferroviario.

Según el MEF (2016) el territorio de estudio se encuentra en el “cinturón de fuego del pacífico” adicionalmente a ello tiene una topografía accidentada y una geomorfología variada que como consecuencia está expuesto a diversos peligros geológicos como sismos, deslizamiento, derrumbe y erosión. Una variable que podría contribuir con el estudio es zonas sísmicas, Calderón; Medina (2015) en su estudio consideró las fallas geológicas generando un buffer de 500m para evitar al máximo el paso por estas áreas debido a cualquier estructura sobre este polígono podría llegar a tener problemas de estabilidad, afectando la construcción del mismo, o inflando los costos de las líneas férreas para mejorar su estabilidad demandando consigo mayor mantenimiento.

## **7. CONCLUSIÓN**

El presente estudio de maestría posibilitó, satisfactoriamente, modelar alternativas de corredores ferroviarios aplicando herramientas SIG con la utilización de Análisis Multicriterio Jerárquico (AHP – Nivel I y AHP Nivel II).

Los resultados de los modelos de corredores ferroviarios de viabilidad ambiental, social y económica, fueron positivos a gran escala por ser la etapa inicial del planeamiento de la ferrovía bioceánica. El desarrollo del modelo de Análisis Multicriterio Jerárquico (AHP) fue el medio para encontrar la ruta ferroviaria de menor costo generando así escenarios alternativos positivos. Los datos y valores en el proceso de decisión permitieron que el corredor ferroviario pase por áreas prioritarias económicas y repeler áreas ambientales y sociales.

Los modelos fueron presentados en cinco escenarios entre tres puertos del Perú en conexión con Rio Branco en Acre – Brasil. A partir de la modificación de los pesos de las variables de entrada posibilitó observar la sensibilidad de los cambios en las condiciones de contorno pre establecidas. de los modelos. Los factores y sus respectivos pesos utilizados en el modelamiento tuvieron una función de modo que permitió la realización de los resultados positivos, ejecutados en el software Dinamica EGO.

Otra conclusión que podría ser observada es la metodología AHP integrado a las herramientas de sistema de información geográfica en el paso II de esta metodología confirma la eficacia de su uso porque no solo permitió la generación de mapas que representan restricciones ambientales y atracciones económicas relacionadas al corredor ferroviario, sino

que permitió comparar las alternativas de corredores de mejor costo tanto ambiental, social y económico. En este sentido la solución trata del modelamiento de corredores de viabilidad a través de superficie de costo obtenidas en función a las ponderaciones derivadas de análisis multicriterios intervalos (ponderación entre variables del mismo factor) y ponderaciones entre grupos de factores; lo cual resultó positivo.

Además, cabe mencionar que tanto el Perú como el Brasil en sus planes de desarrollo está la extensión ferroviaria fronteriza que es considerado prioritario. Por lo tanto, corrobora la importancia del tema para la disertación de maestría incluyendo estudios que contemplan la primera fase del planeamiento del proyecto, permitiendo así escenarios alternativos, puesto que, quien está a cargo del proyecto pueda tomar decisiones asertivas antes de la ejecución del proyecto.

Los resultados presentados no tienen un enfoque de ingeniería por lo que ese tipo de estudio sería concentrado en las dimensiones del terreno tanto del corredor como del área geográfica. El estudio tiene un enfoque participativo e inclusivo.

Como ya se mencionó en párrafos anteriores, las alternativas de corredores ferroviarios fueron desarrollados en un Sistema de Información geográfica los cuales son: ArcGis para el pre procesamiento de datos, es decir en un único sistema de coordenadas, resolución, una única máscara y convertir a ráster. DINAMICA EGO, aquí fue procesado todos los criterios y pesos AHP con la finalidad de obtener las diferentes alternativas. El modelo desarrollado en ese programa facilita la reproducción de nuevas alternativas adicionando otras variables que pueden influir en el corredor de menor costo. También facilita a ser replicado en otros estudios. El programa de QGIS facilitó en la presentación de los corredores ferroviarios por sus diferentes colores para una mejor visualización.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA. **Plan Nacional de Recursos Hídricos del Perú**. Lima, 2013.

ANA. **Inventario de glaciares del peru**Huaraz, 2014.

ARAUJO, F. R. N. DE et al. Modelagem de corredores ótimos para instalação de empreendimentos ferroviários com o software livre Dinâmica EGO a partir de produtos gratuitos de sensoriamento remoto. **Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, p. 3549–3556, 2015.

ARCE, R.; ORTEGA, E.; OTERO, I. Los Sistemas de Información Geográfica aplicados a la Evaluación Ambiental en la planificación de infraestructuras de transporte. **ciudad y territorio: Estudios territoriales**, v. 42, n. 165–166, p. 513–528, 2010.

ARISTIZÁBAL, E.; YOKOTA, S. **Evolución Geomorfológica del Valle de Aburrá y sus implicaciones en la Ocurrencia de Moviminetos en Masa**. Boletín Ciencias de la Tierra. v 24, p 5 -18, 2008.

BARBOSA, P. G.; CAVALCANTI, A. B.; CAMPOS, J. H. B. C.; ROCHA, C. M. R. S.; SILVA, M. T.; OGATA, I. S.; COSTA, L. M.; JUSTO, A. O.; CHAGAS, G. R. Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais Uso de geotecnologias integradas a um sistema de Informações Geográficas ( SIG ) na análise da situação ambiental da região do parque estadual do Jabre / PB Use of geotechnologies integrated to a Geographic I. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v. 10, n. 6, p. 146–153, 2019.

BOMSHONS, M.; QUISPE, N.; QUISPE, K. **Estudio de la frecuencia de nevadas en el Perú**Lima, 2018.

CABRAL, I. P. de S. **Novas Ferramentas para Monitoramento Ambiental Usando SIG Web**. Disertación (Doctorado em Ciências) – Centro de Tecnologia, Universidad Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, 2008.

CAILLAUX, J.; NOVAK, F.; RUIZ, M. **Las relaciones bilaterales entre el Perú y la República Popular de China**. 1. ed. Lima: Sociedad Peruana de Derecho Ambiental, 2016.

CALDERÓN, R.; MEDINA, O. **Evaluación multicriterio como soporte para la selección de la mejor ruta de la vía ferrea entre Yopal y Bogotá**. Monografía (Grado en Ingeniería Catastral y Geodesia) Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, 2015

CAMERO, P.; GONZALES, I. **Los Pueblos Indigenas y sus derechos**Lima, 2018.

CANO, J.A. **Determinacion de Ruta Óptima aplicando Técnicas de Análisis Multicriterio Caso de Estudio: Línea de Transmisión Eléctrica en la Zona Central de Colombia**.Tesis (Master of Science Geographical Informatio Science &Systems) Universidad de Salzburg, 2018.

CANADA, R., CERVERA, B., FERNÁNDEZ, F., GÓMEZ, N., MARTÍNEZ, P., MORENO, A., PRIETO, M. E., RODRIGUEZ, J. A. VIDAL, M. J. **Sistema y Análisis de la Información Geográfica**, 2da Ed. RA-MA.Madrid.2014

CARMO, L. et al. **Análise das vulnerabilidades ambientais das bacias hidrográficas do rio Acre e do Igarapé Judia** Rio Branco, 2012.

CARNEIRO, C.; BRUHN, M. **Brasil y la Integración Sudamericana** Madrid, 2017.

CASTILLO, L. J. **Ferrocarril central del Perú** San Borja - Lima - Perú, 2019.

CELEMÍN, J. P. El Proceso Analítico Jerárquico en el Marco de la Evaluación Multicriterio: Un Análisis Comparativo. **Geografía y Sistemas de Información Geográfica (GEOSIG)**, v. 6, n. 6, p. 47–63, 2014.

CHINA RAILWAY ERYUAN ENGINEERING GROUP. **Conexión Ferroviaria Bioceánica Perú - Brasil**. Lima, 2015

CLEMENTE, J. Situación actual de los metros y ferrocarriles de América Latina. **Boletín FAL - Facilitación del Transporte y el Comercio en América Latina y el Caribe**, n. 326, p. 16, 2013.

CONTRERAS, C. La economía del transporte en el Perú, 1800-1914. **Centro de Investigación de la Universidad del Pacífico**, n. 66, p. 59–81, 2010.

CORNEJO, R.; NAVARRO, A. China y América Latina: recursos, mercados y poder global. **Nueva Sociedad**, p. 21, 2010.

CRAIG, N. B. Estrada de Ferro Madeira - Mamoré. **Companhia Editora Nacional**, v. 242, p. 460, 1947.

D.S. N°001-2012-MC. **Reglamento de la ley N 29785, ley de derecho a la consulta previa a los pueblos indígenas u originarios reconocido en el convenio 169 OIT** Lima, 2012.

D.S. N°004-2014-MINAGRI. **Decreto Supremo que aprueba la actualización de la lista de clasificación y categorización de las especies amenazadas de fauna silvestre legalmente protegidas** Lima, 2014.

D.S. N°014-2015-MINAM. **Decreto Supremo que aprueba la categorización de la Zona de Reservada Nacional Sierra del Divisor** Lima, 2015.

DANCÉ, J.; SÁENZ, D. **Estado de la situación y gestión ambiental en Perú**, 2013.

DIJKSTRA, E. **A note on two problems in connexion with graphs**. *Numerische Mathematik* v1 p 269 – 271.

DORADOR, W. **Interconexión Ferroviaria Bioceánica Perú - Brasil: Análisis sobre la conveniencia del Proyecto**. Tesis (Maestría en Diplomacia y Relaciones Exteriores) - Academia Diplomática del Perú “Javier Pérez de Cuellar”. Lima, 2016.

ESPEJO, J. C., LOPEZ, J.A., PEREZ, K.M.M., PEREZ, R.P. **La optimización del proceso de certificación e inexistencia de restos arqueológicos y el desarrollo de los proyectos de inversión en las regiones de Arequipa, Moquegua y Tacna**. Tesis (Maestría en Gestión Pública) Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Lima, 2017.

ESTEVEZ, R.; LUZ, V. O Parque Nacional da Serra do Divisor/Acre: Instrumentação preliminar em defesa da implantação de um instituto socioambiental como fortalecimento da Unidade Conservação. **Anais XVIII ENAMPUR**, p. 0–28, 2019

FERNÁNDEZ, E. M. **Transporte Multimodal en Latinoamérica. Pasado, presente y futuro**. 1ra. ed. Madrid: Fundación de los Ferrocarriles españoles, 2019.

FRUTOS, M.; CARBONE, D. CORREDORES INTER-OCEÁNICOS: ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO PARA SU APLICACIÓN. **ResearchGate**, 2014.

GONZÁLES, E.; MORENO, E.; CABELLO, F.; IVAREZ, E. Metodología de trazado de corredores ferroviarios de mínimo impacto ambiental. Caso particular: Alta velocidad Huelva (España) - Faro (Portugal). **Informes de la Construcción**, v. 64, n. 527, p. 415–423, 2012. DOI: <https://doi.org/10.3989/ic.11.029>

GOVERNO DO ESTADO DO ACRE. **Zoneamento Ecologico e Economico**. 2da. ed. Rio Branco: Secretaria Estado de Meio Ambiente SEMA, 2010. p 46-67.

HERNÁNDEZ, K. Relationship between Spatial Price Transmission and Geographical Distance. **Agricultural and Applied Economics Association**, p. 14, 2011.

HOPEWELL, K. New Protagonist in Global Economic Governance: Brazilian Agribusiness at the WTO\*. **Journal of Chemical Information and Modeling**, v. 8, n. 9, p. 1–58, 2017.

IIRSA. **Insumos para elaborar una estrategia que facilite la Integración Ferroviaria de Suramérica** Uruguay, 2017.

INEI. **Directorio de Comunidades Nativas y Campesinas: Censo Nacional 2017**. Lima, 2018

JAMES, A.; PENA, F. **Disponibilidad de Agua**, 2015.

LAN, C. “Diplomacia china del ferrocarril” en América Latina. **Centro de Estudios Latinoamericanos**, 2017

LANI, J. L. et al. Geologia e relevo: alicerces da paisagem Acreana. In: **Uso sustentável de ecossistemas de pastagens cultivadas na Amazônia Ocidental**. 1. ed. Rio Branco: Secretaria Estado de Meio Ambiente SEMA, 2012. p. 09–37.

LIMA, D. **A estrada do pacífico na amazônia sul - ocidental e o processo de integração regional na tríplice fronteira (Brasil, Bolívia, Peru)**. Tese (Doutorado em Geografia) Universidade de Brasília, 2018.

MASA, J. **El mercado del material ferroviario en Brasil** Brasília, 2015.

MC. **Mejoramiento de los Servicios de investigación conservación, exposición y servicios complementarios para la protección del patrimonio cultural de la nación en la provincia de Lima, Departamento de Lima**. Lima, 2018.

MEF. **Perú: Estrategia integral de protección financiera ante el riesgo de desastres asociados a fenómenos naturales** Lima International Bank for Reconstruction and Development. Lima , 2016.

MINAGRI. **IV – Trimestre 2018**. Lima,2018.

MINAM. **Linea Base Ambiental de la Cuenca del Lago Titicaca** Lima, 2013.

MINAM. **Mapa nacional de cobertura vegetal** Lima, Perú, 2015.

MINEM. **Anuario Minero 2018**. Lima, 2018

MONTENEGRO, S. **Geografía del Perú**. Primera ed. Lima: Universidad Alas Peruanas, 2014.

MTC. **Anuario estadístico** Lima, 2018.

MTC. **Programación Multianual de Inversiones 2020 - 2022** Lima, 2019.

NOBREGA, R.A., VIEIRA R., QUEIROZ, C., FILHO, N., MASUKAWA, N., QUADRO, E.A. Inteligência geográfica para avaliação de propostas de projeto de concessão de corredores ferroviários. **Transportes**, v. 24, n. 4, p. 75, 2016.

NÓBREGA, R. A.; COSTA, A.; AZEVEDO, U.; TEIXEIRA, F.; SOUZA, I.; TISLER, T.; SOUZA, M.; PENA, M. **Quantificação da aderência do corredor de viabilidade calculado por análise multicritério e o traçado planejado da Ferrovia FICO**. Belo Horizonte, 2017.

NÓBREGA, R. A.; VIEIRA, R. R.; BERBERIAN, C.; FILHO, N.; MASUKAWA, N.; FERRAZ, C. A.; QUADRO, E.A. Inteligência geográfica para avaliação de propostas de projeto de concessão de corredores ferroviários. **Transportes**, v. 24, n. 4, p. 1–10, 2016. DOI: <https://doi.org/10.14295/transportes.v24i4.1077>

NOVAK, F.; NAMIHAS, S. Las relaciones bilaterales entre el Perú y la República Popular de China. **Sociedad Peruana de Derecho Ambiental**, p. 49, 2016.

PODGORNY, I. Los medios de la arqueología. **redes**, v. 14, n. 28, p. 97–111, 2008.

PROACRE. **Anexo 4: MARCO INDIGENA**. Acre,2012.

PNUD. **Informe sobre Desarrollo Humano Perú 2009: por una densidad del Estado al servicio de la gente**. Biblioteca Nacional del Perú. Lima, 2009.

R. M. N° 258-2015-MC. **Aprueban el “Plan de Atención Especial para indígenas Mashco Piro presentes en las playas de Alto Madre de Dios”** Lima, 2015.

ROMERO, G. J. **Evaluación Multicriterio para la Ubicación de una Escombrera usando SIG – Caso de Estudio Cantón Mejía, Pichincha, Ecuador**. Tesis (Master of Science Geographical Informatio Science & Systems) Universidad de Salzburg, 2016.

SAATY, T. Relative measurement and its generalization in decision making why pairwise comparisons are central in mathematics for the measurement of intangible factors the analytic hierarchy/network process. **Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales - Serie A: Matemáticas**, v. 102, n. 2, p. 251–318, 2008.

SADASIVUNI, R.; CHARLES, O. H. **A Transportation corridor case study for multi-criteria decision Analysis**. In: ASPRS ANNUAL CONFERENCE BALTIMORE, MARYLAND. **Anais**. Baltimore: Mississippi State University, 2009.

SALVADOR, J. La red ferroviaria andaluza: Infraestructura y modelos territoriales. **Cuadernos Geográficos**, v. 32, p. 85–100, 2002

SANTOS, O. P. **Optimização da localização de assembleias de voto em Angola recorrendo à ferramenta SIG**. Maestría en ingeniería geográfica y geoinformática. Universidad de Lisboa. Portugal. 2008.

SERNAP. **Memoria Anual 2017**. Lima, 2018

SILVEIRA, L. **Desenvolvimento e Integração Ferroviários no cone sul e a atuação da associação latinoamericana de ferrovias**. Tesis (Maestría en Diplomacia y Relaciones Exteriores) Universidade Federal de Santa Catarina, 2016.

SOARES-FILHO, B. S.; RODRIGUES, H. O.; COSTA, W. L. Modeling environmental dynamics with Dinamica EGO. **Instituto de Geociências - Centro de Sensoriamento Remoto**, n. October, p. 114, 2009.

SOLANO. **Regulatorios Nacionales de Areas Protegidas : Perú**Lima, 2009.

SOUZA, Í.; NÓBREGA, R.; RIBEIRO, S. O Papel das Infraestruturas Ferroviárias nas Mudanças de Uso e Cobertura do Solo no MATOPIBA. **Universidade de São Paulo**, v. 38, p. 123–136, 2019.

STICH, B., NOBREGA, R., O'HARA, C. Using multi-criteria decision making to highlight stakeholders values in the corridor planning process. **The Journal of Transport and Land Use**, v. 4, n. 3, p. 105–118, 2011.

VALEC. **Relatório Final Análise Multicriterial, identificação e Seleção da Alternativa de Traçado Lucas do Rio Verde/MT Vilhena/RO**. Brasília: 2014

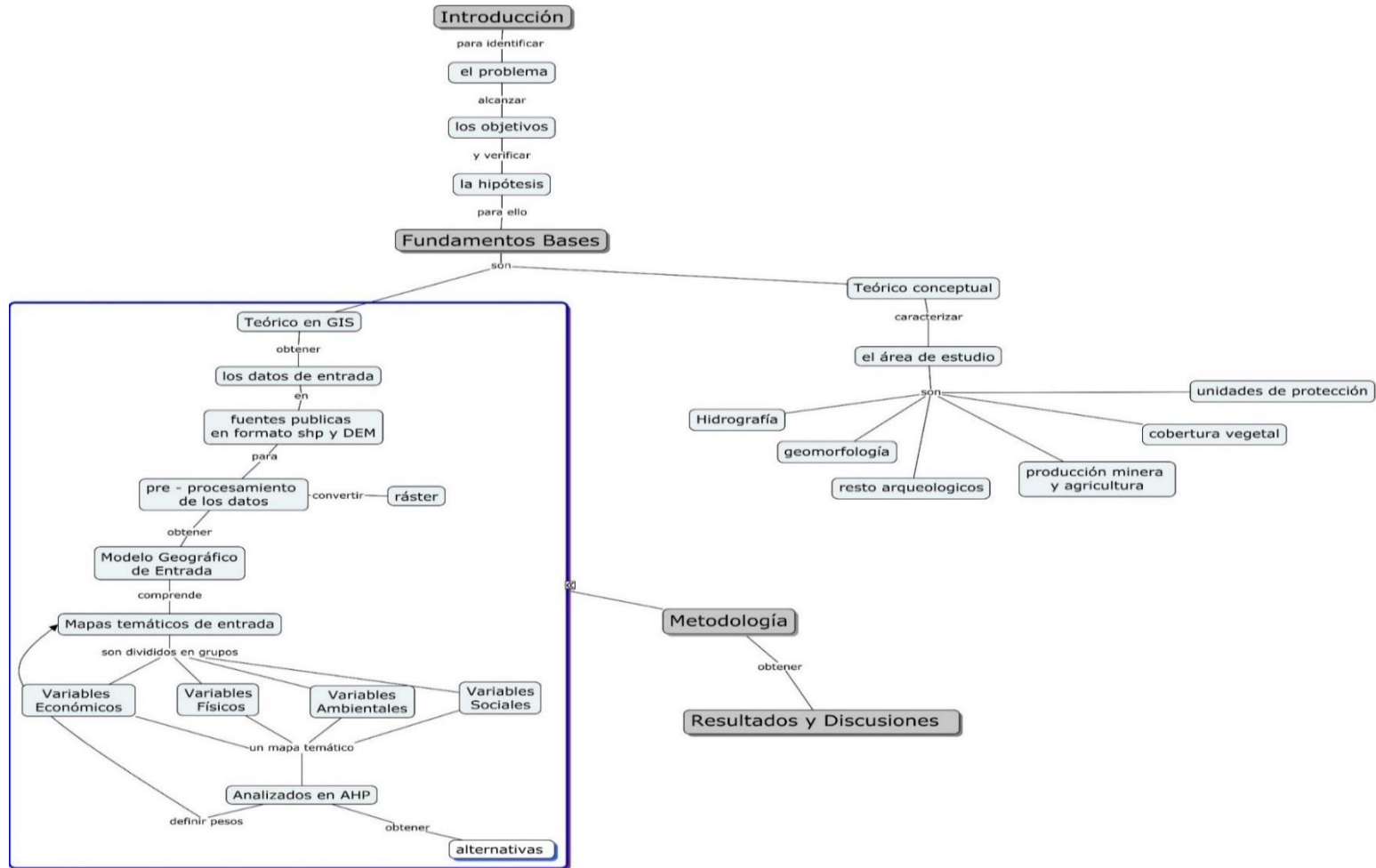
VIDAL, J. P. Las Ocho Regiones Naturales del Perú . **Terra Brasilis (Nova Série)**, 2014.

WWF BRASIL. **Implementação da Avaliação Rápida e Priorização da Gestão de Unidades de Conservação Rappam em Unidades de Conservação no Estado do Acre**. Brasília: 2010.

YAFFAR, M. A. UNASUR: Un Camino hacia la Integración Física para el desarrollo. **In: Perspectivas para la Integración de América Latina**. Brasília: Instituto de Investigación Económica Aplicada, 2012.

# APENDICES

## APENDICE A - Esquema de la investigación



**APENDICE B - Criterios ambientales utilizados para el modelamiento geográfico de los corredores ferroviarios y sus respectivas reglas**

Factores	Variable	Fuente	Regla	Modelamiento Conceptual	Modelamiento Lógico / Computacional	Parámetro (AHP)
AMBIENTAL	U.C Integral	MINAM	Repulsión	Impedir la ocupación de áreas de la U.C Integral.	Mapa de distancia Euclidiana. Las distancias menores positivos son más atractivas al emprendimiento del corredor ferroviario, recibiendo así factores AHP menores; por el contrario, a mayor distancia son menos atractivas por ende reciben factores de AHP mayores.	AHP: 0,-1 1,7 501,4 1001,3 2001,2 3001,1
	U.C Sustentable	MINAM	Repulsión	Impedir la ocupación de áreas de la U.C Sustentable.	Mapa de distancia Euclidiana. Las distancias menores positivos son más atractivas al emprendimiento del corredor ferroviario, recibiendo así factores AHP menores; por el contrario, a mayor distancia son menos atractivas por ende reciben factores de AHP mayores.	AHP: 0,-1 1,5 501,4 1001,3 2001,2 3001,1
	Forestal	MINAM	Repulsión	Impedir la ocupación de áreas forestales.	Mapa de distancia Euclidiana. Las distancias son divididas en 4 clases para la atribución de los factores AHP. Distancias menores son más atractivas para el emprendimiento del corredor ferroviario	0,5 10,4 50,3 100,2 1000,1

**APENDICE C. Variables económicas y logísticas utilizados para el modelamiento geográfico de los corredores ferroviarios y sus respectivas reglas**

Factores	Variable	Fuente	Regla	Modelamiento Conceptual	Modelamiento Lógico / Computacional	Parámetro (AHP)
ECONÓMICO / LOGISTICO	Minería	MINEM	Atracción	Es una variable atractiva para la ferrovía.	Mapa de distancia Euclidiana. Las distancias son divididas en 4 clases para la atribución de los factores AHP. Distancias menores son más atractivas para el emprendimiento del corredor ferroviario.	0,1 61,2 91,4 121,6
	Carretera	MTC IBGE	Atracción	Es una variable atractiva para la ferrovía.	Mapa de distancia Euclidiana. Las distancias son divididas en 7 clases para la atribución de los factores AHP. Distancias menores son más atractivas para el emprendimiento del corredor ferroviario.	0,1 1,5 251,4 501,3 1001,2 2001,1 3001,2
	Agricultura	MINAGRI	Atracción	Es una variable atractiva para la ferrovía.	Mapa de distancia Euclidiana. Las distancias son divididas en 4 clases para la atribución de los factores AHP. Distancias menores son más atractivas para el emprendimiento del corredor ferroviario.	0,1 61,2 91,4 121,6
	Ferrovía	MTC	Atracción	Es una variable atractiva para la ferrovía.	Mapa de distancia Euclidiana. Las distancias son divididas en 4 clases para la atribución de los factores AHP.	0,1 61,2 91,4 121,6

**APENDICE D -. Variables físico utilizados para el modelamiento geográfico de los corredores ferroviarios y sus respectivas reglas**

Factores	Variable	Fuente	Regla	Modelamiento Conceptual	Modelamiento Lógico / Computacional	Parámetro (AHP)
FISICO	Modelo Digital de terreno	USGS	Repulsión	Impedir el paso de la ferrovía por mayor pendiente	Mapa de pendiente en porcentaje. La pendiente será presentada en 7 clases. La atribución de los factores será directamente proporcional al aumento del valor de la pendiente del terreno.	0,1 5,1 10,2 15,3 30,4 50,5 1000,10
	Área de Inundación	INGEMMET.	Repulsión	Impedir el paso de la ferrovía por áreas de inundación	Mapa de distancia Euclidiana. Las distancias son divididas en 4 clases para la atribución de los factores AHP. Distancias menores son más atractivas para el emprendimiento del corredor ferroviario	0,7 5,4 10,3 101,1
	Hydrografía	ANA – Perú ANA – Brasil	Repulsión	Impedir el paso de la ferrovía por áreas de inundación	Mapa de distancia Euclidiana. Las distancias son divididas en 4 clases para la atribución de los factores AHP. Distancias menores son más atractivas para el emprendimiento del corredor ferroviario	0,5 10,3 50,2 1000,1
	Laguna	ANA	Repulsión	Impedir el paso de la ferrovía por lagunas.	Mapa de distancia Euclidiana. Las distancias son divididas en 4 clases para la atribución de los factores AHP. Distancias menores son más atractivas para el emprendimiento del corredor ferroviario	0,5 5,3 10,2 101,1
	Línea de Transmisión	MINEM	Repulsión	Impedir el paso de la ferrovía por líneas de Transmisión.	Mapa de distancia Euclidiana. Las distancias son divididas en 4 clases para la atribución de los factores AHP. Distancias menores son más atractivas para el emprendimiento del corredor ferroviario	0,5 10,3 50,2 1000,1

**APENDICE E. Variables físicos utilizados para el modelamiento geográfico de los corredores ferroviarios y sus respectivas reglas**

Factores	Variable	Fuente	Regla	Modelamiento Conceptual	Modelamiento Lógico / Computacional	Parámetro (AHP)
Físicos	Quebrada Vulnerable	INGEMMET.	Repulsión	Impedir el paso de la ferrovía por quebradas vulnerables.	Mapa de distancia Euclidiana. Las distancias son divididas en 4 clases para la atribución de los factores AHP. Distancias menores son más atractivas para el emprendimiento del corredor ferroviario	0,5 5,4 10,3 50,2 1000,1
	Nevado	ANA – Perú	Repulsión	Impedir el paso de la ferrovía por nevados.	Mapa de distancia Euclidiana. Las distancias son divididas en 4 clases para la atribución de los factores AHP. Distancias menores son más atractivas para el emprendimiento del corredor ferroviario	0,-1 5,5 10,4 50,3 1000,1
	Hidroeléctrica	MINEM	Repulsión	Impedir el paso de la ferrovía por hidroeléctrica.	Mapa de distancia Euclidiana. Las distancias son divididas en 4 clases para la atribución de los factores AHP. Distancias menores son más atractivas para el emprendimiento del corredor ferroviario	0,5 10,3 50,2 100,1
	Volcán activo	INGEMMET.	Repulsión	Impedir el paso de la ferrovía por volcanes	Mapa de distancia Euclidiana. Las distancias son divididas en 4 clases para la atribución de los factores AHP. Distancias menores son más atractivas para el emprendimiento del corredor ferroviario	0,-1 5,1 10,5 50,3 100, 1
	Urbano	MINAM Mapbiomas	Repulsión	Impedir el paso de la ferrovía por áreas urbanas.	Mapa de distancia Euclidiana. Las distancias son divididas en 4 clases para la atribución de los factores AHP. Distancias menores son más atractivas para el emprendimiento del corredor ferroviario	0,5 5,4 10,3 50,2 1000,1

**APENDICE F Variables sociales / cultural utilizados para el modelamiento geográfico de los corredores ferroviarios y sus respectivas reglas**

Factores	Variable	Fuente	Regla	Modelamiento Conceptual	Modelamiento Lógico / Computacional	Parámetro (AHP)
Social	Comunidad Nativa	IBC FUNAI	Repulsión	Impedir la ocupación de áreas arqueológica.	Mascara restrictiva sobre el polígono. Mapa de distancia. AHP mayor 5. Distancias mayores son menos atractivas para la variable arqueología.	0,-1 250,3 500,5
	Arqueología	IPAHN MC	Repulsión	Impedir la ocupación de áreas arqueológica.	Mascara restrictiva sobre el polígono. Mapa de distancia. AHP mayor 5. Distancias mayores son menos atractivas para la variable arqueología.	0,-1 250,3 500,5
	Línea de Nazca	MC	Repulsión	Impedir la ocupación de áreas arqueológica.	Mascara restrictiva sobre el polígono. Mapa de distancia. AHP mayor 5. Distancias mayores son menos atractivas para la variable arqueología.	0,-1 250,3 500,5

## APENDICE G. Resultados de los escenarios con prioridades ambientales

Rutas	Descripción	Longitud
Puerto Callao – Rio Branco)	Lima - Ayacucho - Cusco - Madre de Dios – Brasileia –Epita ciolandia – Xapuri – Capixaba – Rio Branco. El modelo repele a las unidades de conservación sustentable Reserva Paisajista Nor Yauyos Cochas, Reserva Regional Choquequirao. Reserva Extrativista Chico Mendes. Unidades de Conservación Integral: Santuario Histórico Macchu Picchu, Parque Nacional Bahuaja Sonene Reserva Comunal Amarakaeri.	1259Km
Puerto Matarani – Rio Branco)	Arequipa – Cusco – Puno – Madre de Dios - Brasileia –Epita ciolandia – Xapuri – Capixaba – Rio Branco. El modelo repele a las unidades de conservación sustentable Reserva Paisajista Nor Yauyos Cochas. Unidades de Conservación Integral: el Santuario Histórico Macchu Picchu, Parque Nacional Bahuaja Sonene Reserva Comunal Amarakaeri. Y las áreas de Conservación Regional Tres Cañones.	984Km
(Puerto Ilo – Rio Branco)	Arequipa – Cusco – Puno – Madre de Dios - Brasileia –Epita ciolandia – Xapuri – Capixaba – Rio Branco. La dimensión más angosta del corredor se observa que ambas márgenes del corredor se encuentra la reserva comunal Amarakaeri, el parque nacional Bahuaja Sonene y la reserva Extractivista Chico Mendes en Acre.	1038Km

## APENDICE H - Resultados de los escenarios con prioridades sociales

Rutas	Descripción	Longitud
Puerto Callao – Rio Branco	Lima - Ayacucho - Cusco - Madre de Dios – Brasileia –Epita ciolandia – Xapuri – Capixaba – Rio Branco. El modelo repele las mismas unidades de conservación; adicionalmente a eso, repele las comunidades nativas de etnias ashaninkas y machiguengas en Cusco y Harakmbut y Shipibo – Conibo en Madre de Dios es por ello que el corredor presenta una desviación con respecto a las comunidades nativas.	1270Km
Puerto Matarani – Rio Branco	Arequipa – Cusco – Puno – Madre de Dios - Brasileia –Epita Ciolandia – Xapuri – Capixaba – Rio Branco. El modelo repele las mismas unidades de conservación; adicionalmente a eso, repele las comunidades nativas de etnias Harakmbut y Shipibo –Conibo en Madre de Dios	1152Km
Puerto Ilo – Rio Branco	Arequipa – Cusco – Puno – Madre de Dios - Brasileia –Epita ciolandia – Xapuri – Capixaba – Rio Branco. El modelo repele las mismas unidades de conservación; adicionalmente a eso, repele las comunidades nativas de etnias Harakmbut y Shipibo –Conibo en Madre de Dios. Sin embargo la extensión es mayor.	1270Km

### APENDICE I - Resultados de los escenarios con prioridades físicas

Rutas	Descripción	Longitud
Puerto Callao – Rio Branco)	Lima - Ayacucho - Cusco - Madre de Dios – Brasileia –Epita ciolandia – Xapuri – Capixaba. El modelo muestra una desviación en comparación con los modelos de prioridades ambientales y sociales. Se puede afirmar que la desviación es por la pendiente.	1273Km
Puerto Matarani – Rio Branco)	Arequipa – Cusco – Puno – Madre de Dios - Brasileia –Epita ciolandia – Xapuri – Capixaba – Rio Branco. El modelo presenta un corredor corto a partir de la distancia 152km del punto de origen. Se observa que el trazado muestra una desviación en comparación con los modelos de prioridades ambientales y sociales.	978Km
Puerto Ilo – Rio Branco)	Arequipa – Cusco – Puno – Madre de Dios - Brasileia –Epita ciolandia – Xapuri – Capixaba – Rio Branco. El trazado muestra una desviación en comparación con los modelos de prioridades ambientales y sociales.	982Km

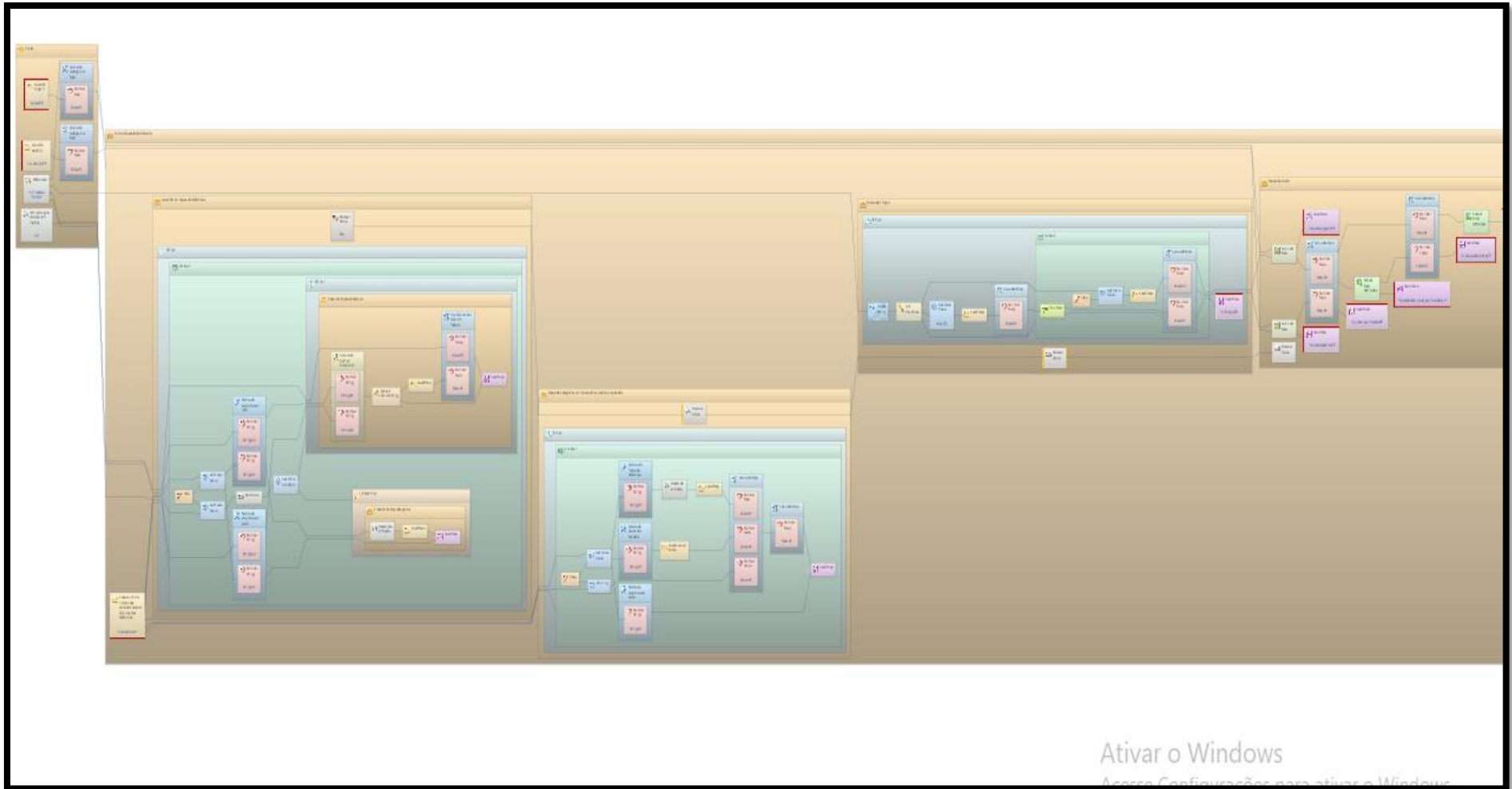
### APENDICE J -. Resultados de los escenarios con prioridades económicas

Rutas	Descripción	Longitud
Puerto Callao – Rio Branco)	Lima - Ayacucho - Cusco - Madre de Dios – Brasileia –Epita ciolandia – Xapuri – Capixaba. El modelo muestra una desviación en comparación con los modelos de prioridades ambientales, sociales y físicos El modelo atrae zonas agrícolas y mineras.	1288Km
Puerto Matarani – Rio Branco)	Arequipa – Cusco – Puno – Madre de Dios - Brasileia –Epita ciolandia – Xapuri – Capixaba El modelo presenta dos trazados, se observa que los trazados muestran desviaciones en comparación con las figuras ambientales, físicos y sociales se podría decir porque el corredor atrae las zonas agrícolas y zonas mineras.	983Km 976Km
Puerto Ilo – Rio Branco)	Arequipa – Cusco – Puno – Madre de Dios - Brasileia –Epita ciolandia – Xapuri – Capixaba. El modelo muestra una desviación en comparación con los modelos de prioridades ambientales, sociales y físicos. Se concluye que el corredor es de mínimo costo evita pasar por pendientes altas, repele las unidades de conservación y atrae zonas agrícolas y mineras.	1032Km

**APENDICE K -. Resultados de AHP por factores de prioridad**

variables	Prioridad Ambiental	Prioridad Social	Prioridad Física	Prioridad Económica
agricultura	0.040720069	0.040720069	0.040720069	0.285040486
Área inundación	0.005604688	0.005604688	0.039232813	0.005604688
Líneas de nazca	0.026049796	0.182348569	0.026049796	0.026049796
Arqueología	0.010615632	0.074309426	0.010615632	0.010615632
carretera	0.007220937	0.007220937	0.007220937	0.050546559
Comunidad Nativa	0.063334572	0.443342004	0.063334572	0.063334572
Concesionaria Minera	0.024525737	0.024525737	0.024525737	0.171680162
Ferrovía	0.027533256	0.027533256	0.027533256	0.192732794
declividad	0.022873741	0.022873741	0.160116189	0.022873741
Hidroeléctrica	0.007178022	0.007178022	0.050246157	0.007178022
Hidrografía	0.00448261	0.00448261	0.03137827	0.00448261
Laguna	0.010297907	0.010297907	0.07208535	0.010297907
Línea de transmisión	0.00551899	0.00551899	0.038632933	0.00551899
nevados	0.007007153	0.007007153	0.049050073	0.007007153
Quebrada Vulnerable	0.01278074	0.01278074	0.089465183	0.01278074
urbano	0.008243363	0.008243363	0.057703543	0.008243363
Uni.de Cons. Integral	0.450372208	0.064338887	0.064338887	0.064338887
Uni.de Cons. Susten.	0.197987317	0.028283902	0.028283902	0.028283902
Volcán Activo	0.016012784	0.016012784	0.112089491	0.016012784
Forestal	0.051640474	0.007377211	0.007377211	0.007377211

## APENDICE L - Modelo Geográfico AHP por DINAMICA EGO



## ANEXOS

### ANEXO A - Principales proyectos ferroviarios Perú Brasil

Proyecto	Objetivo	Longitud	Observaciones
Construcción de la vía ferroviaria Cerro de Pasco –Pucallpa	Conectar Cerro de Pasco a Pucallpa por ferrovías con proyección de unir al Brasil con Perú a partir de la Ferrovia Transcontinental.	400km	Estimativa de inversión US\$1 billón de dólares americanos.
Construcción del trecho Tirapata al Puerto de Maldonado a Iñapari (Perú)	Unir el Sistema Ferroviario del Sur con Brasil en la frontera Inapari (Perú) Assis Brasil (Brasil/AC)	700Km	No hay estudio de pre – inversión. Según el proyecto de ley del Perú (nro. 2973 /2008), la demanda de ferrovía sería el transporte de soya del Brasil para la salida del Puerto de Matarani.
Construcción de la ferrovía Transcontinental Atlántico al Pacífico (Perú)	Integración entre los sistemas de transporte peruanos y brasileños en la altura de Pucallpa (Perú) y Boqueirão de la Esperança (Brasil) para facilitar el transporte de soya del Brasil al Perú y fosfatos entre Perú y Brasil	2800Km	Costos previstos: aproximadamente US\$6.3 billones y serán invertidos principalmente por el sector privado y por China.
Ferrovía Bioceánica	Crear una salida alternativa para el Pacífico y acceso a los mercados asiáticos; integración con la ferrovía Norte – Sur, en el municipio de Campinorte/ GO, facilitando el acceso de las áreas productoras agrícolas del Centro – Oeste hasta la red ferroviaria existente y a los puertos del litoral brasileño. Comprende Goiás, Mato Grosso, Rondônia y Acre	4400Km	Dentro del Programa de ferrovías presenta un estimado de inversión de US\$ 10 billones a ser financiado por iniciativas públicas y privadas, además de capitales chinees.

Fuente: Kogan (2004), Kohan (2011) Peru (2011). Brasil (2015) VALEC (2015).

Elaborado por: Silveira (2016)

## ANEXO B - Descripción y análisis de las alternativas para conectar Perú – Brasil

Rutas	Descripción	Análisis
Ruta B	<p>Longitud: 870 Km</p> <p>“Se extiende a lo largo de la carretera BR 363 hacia el oeste, pasa por Feijo, Taranaca, Cruzeiro do Sul hasta la frontera”</p> <p>“Pasará por el Parque Nacional de la Sierra del Divisor en Perú por una longitud de 12 Km por la Reserva Regional (ACR Cordillera Escalera) por una longitud de 15 Km”</p>	Legalmente inviable en Perú y Brasil
Ruta P	<p>Longitud: 1115 Km</p> <p>“Se extiende a lo largo de la carretera BR 364 hacia oeste, pasa por Feijo Tarauaca, Cruzeiro do Sul, y luego hacia el suroeste, cruzando por el Parque Nacional Sierra del Divisor”</p> <p>“Cruzaré por el rio Ucayali, se extiende a lo largo de la carretera 18C y SN hacia el Oeste, atraviesa Pucallpa, Tingo María, Juanjui”</p> <p>“Evita atravesar el PN Sierra del Divisor en Perú, pero pasará por la parte de Brasil por una longitud de aproximadamente 20 Km”</p>	Legalmente inviable en Perú y Brasil
Ruta C1	<p>Longitud: 1105 Km</p> <p>“El trazado empieza del punto inicial de comparación de alternativas y extiende hacia el suroeste, pasando por Feijo, cruzando la frontera entre Perú y Brasil a lo largo del rio Muru, atraviesa el Parque Nacional Sierra do Divisor y la Reserva Territorial Murunahua”</p> <p>“Luego pasa por el rio Ucayali, después por el distrito de Pucallpa, Tingo Maria y Juanjui a lo largo de la carretera 18C y 5N”</p> <p>“ La alternativa C1 evita las reservas naturales y reservas territoriales para pueblos indígenas en aislamiento dentro del territorio de Brasil, (...) pero atraviesa reservas culturales (territorios indígenas) dentro de Perú por aproximadamente 38 Km”</p>	Consideran que esta alternativa podría ser viable solo si se generan las condiciones sociales para el cruce a través de las reservas indígenas en Perú
Ruta C2	<p>Longitud 1118Km</p> <p>“El trazado comienza del punto inicial de comparación de alternativas y extiende hacia el suroeste, pasando por feijo, cruzando la frontera entre Perú y Brasil a lo largo del Muru (...) pasa por el rio Ucayali, despues por el distrito de Pucallpa, Tingo Maria y Juanjui a lo largo de la carretera 18 C y 5N”.</p> <p>“La alternativa C2 evita el Parque Nacional Sierra de Divisor y las reservas territoriales para pueblos indígenas en Perú, pero atraviesa las reservas territoriales para pueblos indígenas en aislamiento dentro de Brasil por aproximadamente 14 Km”.</p>	Consideran que esta ruta presentaría dificultades al atravesar reservas territoriales para indígenas en aislamiento en Brasil
Ruta S	<p>Inicia en Rio Branco de Brasil, se extiende a lo largo de la carretera 317 hacia el sur, atraviesa Iñapari, y después llega a Perú y luego se extiende a lo largo de la carretera 30C, pasa por el Distrito de Iberia, al final, llega a Puerto Maldonado</p>	Consideran que es una ruta viable

Fuente: CHINA RAILWAY ERYUAN ENGINEERING GROUP, 2015

### ANEXO C - Formas de Relieve

	COSTA	SIERRA	SELVA	ACRE
Concepto	Franja estrecha del litoral desde Tumbes hasta Tacna.	Presencia de la Cordillera de los Andes	Vertiente oriental de la Cordillera de los Andes.	Es compuesto prioritariamente por rocas sedimentarias.
Características	Ondulado Zonas rocosas Cerros y colinas	Acidentado Pisos altitudinales. 4000 m.s.n.m	Selva alta y Selva baja. 3800m.s.n.m	Desde los 110m.s.n.m en el Estado de Amazonas hasta los 300 m.s.n.m en la frontera internacional y con Contamana (Perú) 734m.s.n.m
Formas de relieve	Terrazas fluviales (ríos) Tablazos (mar) Pampas y desierto Valles costeros, estribaciones andinas, bahía y penínsulas	Montañas y Valles interandinos (ríos estrechos) Mesetas (planos altos) Cañones (valles estrechos y profundos) Valles glaciares Lagos y lagunas (de origen glacial)	Selva Alta Terrazas fluviales (desarrollo agrícola) Pongos (ríos amplios y valles) Selva Baja Llanura verde Restingas (riachuelos) Aguajales (crecida de ríos pantanos)	Depresión del Amazonas. Meseta inferior Llanura Amazónica

Fuente: DANCÉ; SÁENZ, 2013)

## ANEXO D. Red Ferroviaria en Perú

Titularidad	Empresa o Entidad	Tramo	Longitud (Km)	
Público No concesionado	Gobierno Regional de Tacna	Tacna – Arica	60	60
	Ministerio de Transporte y Comunicaciones	Huancayo - Huancavelica	128.2	128.2
Público Concesionado	Ferroviás Central Andina	Callao – La Oroya	222	489.6
		La Oroya - Huancayo	124	
		La Oroya – Cerro de Pasco	131	
		(Callao – La Oroya) – Huascacocha	12.6	
	Ferrocarril Transandino	Matarani – Arequipa	147.5	989.9
		Arequipa – Juliaca	304	
		Juliaca – Puno	47.7	
		Juliaca - Cuzco	337.9	
		Empalme – Mollendo	17.9	
		Cusco – Hidroeléctrica Machupicchu	121.7	
	GYM Ferrovías (Línea 1)	Villa El Salvador – Estación Grau	20.9	33.1
		Estación Grau – Estación Bayóvar	12.2	
	Privado	Cemento Andino	Caripa - Condorcoh	13.6
Southern Perú Cooper Corporation		Ilo – Toquepala	186	231.2
		El Sargento – Cuajone	27.1	
		Botiflaca- Cuajone Mina	15	
		Millsite- Toquepala Mina	3.1	
Votorantim Metais	Santa Clara – Cajmarquilla	7.3	7.3	

Fuente: Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2018

### ANEXO E. Parques Nacionales

N	PARQUES NACIONALES	EXTENSIÓN	DEPARTAMENTO
1	P.N. Cutervo	2500ha	Cajamarca
2	P.N. Tingo Maria	4778ha	Huánuco
3	P.N. Manu	1716295	Cusco/ Madre de Dios
4	P.N. Huascarán	340000	Ancash
5	P.N. Yanachaga	122000	Pasco
6	P.N. Bahuaja Sonene	1091416	Madre de Dios/Puno
7	P.N. Otishi	305973	Cusco/ Junín

Fuente: MINAM, 2018

### ANEXO F. Reservas Nacionales

N	Reservas Nacional	Extensión (ha)	Departamento
1	R.N. Pampas Galeras	6500	Ayacucho
2	R.N. Junín	53000	Junín/Pasco
3	R.N. Paracas	335000	Ica
4	R.N. Lachay	5.070	Lima
5	R.N. Titicaca	36180	Puno
6	R.N. Salinas – Aguada Blanca	366936	Arequipa
7	R.N. Tambopata	274690	Madre de Dios

Fuente: MINAM, 2018

### ANEXO G. Reserva Paisajista

N	Reserva paisajística	Extensión (ha)	Departamento
1	R.P. Nor Yauyos - Cochas	221268	Lima – Junín

Fuente: MINAM, 2018

### **ANEXO H. Santuario Nacionales**

N	Santuarios Nacionales	Extensión (ha)	Departamento
1	S.N. Huayllay	6815	Pasco
2	S.N. Lagunas de Mejía	690	Arequipa
3	S.N. Ampay	3635	Apurímac

Fuente: MINAM, 2018

### **ANEXO I - Santuario Histórico**

N	Santuario Histórico	Extensión (ha)	Departamento
1	S.H. Chacamarca	25000	Junín
2	S.H. Pampa de Ayacucho	300	Ayacucho
3	S.H. Machu Picchu	32592ha	Cusco

Fuente: MINAM, 2018

### **ANEXO J - Bosque de protección**

N	Bosque de Protección	Extensión (ha)	Departamento
1	B.P Canal Nuevo Imperial	1811	Lima
2	B.P. Pui Pui	60000	Junín
3	B.P. Santa Matías – San Carlos	145818	Pasco

Fuente: MINAM, 2018

### **ANEXO K - Reservas Comunales**

N	Reservas comunales	Extensión (ha)	Departamento
1	R.C. Yanesha	34744	Pasco
2	R.C. El Sira	616416	Pasco-Ucayali-Huánuco
3	R.C. Amarakaeri	402335	Madre de Dios
4	R.C. Asháninka	184468	Cusco
5	R.C. Machiguenga	218905	Cusco

Fuente: MINAM, 2018

## ANEXO L - Zonas Reservadas

N	Zonas Reservadas	Extensiones (ha)	Departamentos
1	Z.R. Pantanos de Villa	396	Lima
2	Z.R. Aymara Lupaca	300000	Puno
3	Z.R. Río Rímac	Franja de 28Km	Lima
4	Z.R. Alto Purús	2274263	Ucayali- Madre de Dios
5	Z.R. Huayhuash	67589	Lima - Pasco

Fuente: MINAM, 2018

## ANEXO M - Áreas Naturales Protegidas del Estado de Acre, 2006

Categoría	Área (ha)
I Unidades de Conservación de Protección Integral	
Estación Ecológica del Rio Acre	84.387
Parque Nacional de la Sierra del Divisor	784.079
Parque Estadual Chandless	695.303
II Unidades de Conservación de Uso Sustentable	
Área de Protección Ambiental Igarapé São Francisco	30.004
Área de Protección Ambiental Lago do Amapá	5.224
Área de Protección Ambiental Raimundo Irineu Serra	909
ARIE Seringal Nova Esperança	2.576
Reserva Extrativista Alto Juruá	538.492
Reserva Extrativista Chico Mendes	930.203
Reserva Extrativista Alto Tarauacá	151.199
Reserva Extrativista Cazumbá - Iracema	733.680
Reserva Extrativista Riozinho da Liberdade	320.118
Floresta Nacional Macauã	177.047
Floresta Nacional Santa Rosa do Purus	152.575
Floresta Nacional São Francisco	19.139
Floresta Estadual do Antimary	45.639
Floresta Estadual Mogno	143.897
Floresta Estadual Rio Liberdade	77.303
Floresta Estadual Rio Gregório	216.062

Fuente: Governo Estado de Acre

## ANEXO N Comunidades Nativas Censadas y Pueblos Indígenas

Departamento	Comunidades nativas censadas	Pueblos indígenas u originarios
Ayacucho	10	4
Cusco	100	6
Huánuco	22	4
Junín	285	4
Madre de Dios	37	7
Pasco	183	2
Ucayali	383	16

Fuente: INEI Censos de Comunidades Indígenas de la Amazonía, 2017.

## ANEXO O - Definiciones y Normas de las Comunidades Indígenas

Tipo	Definición	Norma Peruana
Comunidades Campesinas	Son organizaciones integradas por familias que habitan y controlan determinados territorios, ligados por vínculos ancestrales, sociales, económicos y culturales expresados en la propiedad comunal.	Ley General de Comunidades Campesinas – Ley 24656 de 1987 (art. 2)
Comunidades Nativas	Tienen origen en los grupos tribales de la selva y ceja de selva y están constituidas por conjuntos de familias vinculadas por los siguientes elementos principales: idioma o dialecto, características culturales y sociales.	Ley de Comunidades Nativas y de Desarrollo Agrario de la Selva y de Ceja de Selva – Decreto Ley 22175 de 1978 (art.8)
Pueblos Indígenas Aislados	Son pueblos o parte de ellos que no se relacionan de manera sostenida con los demás integrantes de la sociedad nacional o que, habiéndolo hecho, han optado por discontinuar el contacto.	Ley para la Protección de Pueblos Indígenas u Originarios en Situación de Aislamiento y Situación de Contacto Inicial Ley 28736 DE 2006 (Art. 2. Literales b y c)
Pueblos indígenas en contacto inicial	Son pueblos o parte de ellos que han comenzado un proceso de interrelación con los demás integrantes de la sociedad nacional.	
Pueblos indígenas	Son pueblos originarios que tienen derechos anteriores a la formación del Estado peruano mantienen una cultura propia, un espacio territorial y se autorreconocen como tales. En estos se incluyen a los pueblos en aislamiento voluntario o no contactados, así como a las comunidades campesinas y nativas.	Ley que establece el Régimen de Protección de los Conocimientos Colectivos de los Pueblos Indígenas Vinculados a los Recursos Biológicos Ley 278811 de 2002 (Art 2. Literal a)

FUENTE: Ministerio de Inclusión Social,

## ANEXO P - Arqueología por departamento del Perú

Arqueología	Departamento	Descripción
La Galgada	Pallasca – Ancash	Se trata de un templo o sitio arqueológico de carácter ritual, perteneciente al periodo Pre-Cerámico que presenta una antigüedad de aproximadamente 2 700 a 2000 años antes de nuestra era, y en cuyo asentamiento se encuentra una pirámide que es considerada la más antigua de los andes peruanos.
Yayno	Ancash	La Fortaleza de Yayno está dividida en tres plataformas que se unen mediante escalinatas y tiene 3 pórticos de entrada, uno para cada plataforma. Es llamativo que la fortaleza se ubica a 4200 msnm fueron construidas sobre la roca con gran trabajo y devoción.
Mesapatac	Casma - Ancash	Es una litoesculturas datadas del Arcaico Tardío en el sitio, entre los 3000 y 1800 años antes de nuestra era.
Cerro Sechín	Casma Ancash	Es uno de los monumentos arqueológicos más importantes del Perú, dada su antigüedad y belleza arquitectónica. Corresponde al período Formativo, 1800-200 años a.C fue descubierto el año 1937 por el arqueólogo Julio César Tello.
Chavin de Huantar	Ancash	El complejo arqueológico está construido por diversas edificaciones; pirámides, plazas que se asientan sobre una ladera, atarazadas portadas y escalinatas.
Mojeque	Huaraz	Es un conjunto arqueológico con plazas muy amplias, unidades habitacionales, terrazas, cementerios; destacando una gran pirámide escalonada, cuyas terrazas se comunican mediante escalinatas. Fue levantado con piedras y argamasa de barro, aunque también se utilizó adobes cónicos que aparecen encima de la tercera plataforma.
Kotosh	Huánuco	Durante las excavaciones en el año de 1960 la misión japonesa dirigida por el Dr. Seiichi Izumi halló una superposición de templos, en uno de ellos se encontraron dos esculturas dispuesta en las paredes que darán el nombre al templo “Manos cruzadas”
Aspero	Barranca Lima	Es un medio natural compuesto por cerros arenosos, humedales, campos de cultivo y playa marina.
Caral	Barranca - Lima	En medio del valle de Supe, en la provincia de Barranca, desde hace más de 5mil años, nació en Perú una de las civilizaciones más antiguas del mundo.
Bandurria	Huacho – Lima	En la zona denominada Playa Chica a la altura del kilómetro 141 de la carretera Panamericana Norte. La zona arqueológica fue descubierta en abril de 1973 por causa de una inundación que sacó a flote una serie de fardos funerarios y vestigios arqueológicos.
Cerro Culebras	Ventanilla - Lima	Se trata de un legado arqueológico dejado por los pobladores de la Cultura Lima, probablemente asentados en la zona durante el siglo III al VIII de nuestra era.
Mina Perdida	Lima	Se trata de unos restos del periodo pre-cerámico posiblemente edificado entre los años 1 800 y 800 antes de nuestra era
Uquira	Malá – Lima	Se trata de una construcción de origen incaico, posiblemente edificado durante el siglo XV, en el año 1450 y recién abandonado en el siglo XVII.

Fuente: Ministerio de Agricultura, 2013

## ANEXO Q - Arqueología por departamento del Perú

Pachacamac	Lurín- Lima	Se trata de un conjunto arquitectónico en el que se evidencia el paso de distintas culturas, desde la Cultura Lima, en año 200 d.C.
Chilca pueblo 1	Cañete	Este lugar tiene su antigüedad en la época pre-cerámica, y en él pueden verse diferentes ruinas de lo que sería un pueblo que habría tenido su asentamiento en la zona hace aproximadamente 6 000 años a.C.
Tambo Colorado	Pisco – Ica	fue un asentamiento inca ubicado en la margen derecha del valle del Río Pisco. Tambo Colorado, también conocido como Pucallacta o Pucahuasi, es considerado como el mejor conjunto urbano- administrativo inca del Perú.
Pracas	Ica	El estudio se centró en costumbres funerarias. Es muy probable que los hombres de Paracas no hayan vivido en el mismo lugar donde enterraron a sus muertos (península de paracas), sino en los valles aledaños de Pisco, Ica, Chincha
Vilcashuaman	Ayacucho	El Complejo habría sido construido durante mediados del siglo XV d.C. en el periodo que comprendiera el reinado del Inca Pachacútec y tendría una extensión aproximada de 2 km <sup>2</sup> .
Línea de Nazca	Ica	En medio del desierto costero, en las Pampas de Jumana, se encuentran enormes figuras de animales, aves y dioses llamadas las Líneas de Nazca y cubren unos 450 Km <sup>2</sup> . Es la principal herencia de la cultura Nazca, que se desarrolló entre los años 500 aC hasta los 500 dC. Hasta la actualidad no se ha determinado la tecnología que se empleó, ni el motivo de su trazado. Debido a su gran tamaño, que puede llegar a los 300 metros de longitud, sólo pueden ser vistas desde el cielo. Entre las imágenes más conocidas están el colibrí, la araña, el cóndor y el mono.
Cahuachi	Ica	Es el centro ceremonial más grande conocido con 24 kilómetros cuadrados de extensión. El complejo arqueológico pertenece a la cultura Nazca (Intermedio Temprano, 200 aC-700 dC.) y está compuesto por varias pirámides
Machu Picchu	Cuzco	Es una montaña de 2490 msnm, que se encuentra dentro de un conjunto cultural y ecológico conocido como el Santuario Histórico de Machu Picchu. Se le atribuye la construcción al Inca Pachacutec noveno Inca del Tahuantinsuyo entre 1438 – 1470
Inkapitay	Cusco	Es un importante legado rupestre que se encuentra localizado encima de un antiguo canal de riego, en conjunto con un fuerte del mismo nombre. Si bien el acceso al mismo peñasco pintado no es posible, este puede apreciarse a distancia, antes desde el camino de herradura, más actualmente por la ruta del ferrocarril
Huchuy Qosqo	Cusco	En quechua “pequeño Cusco” y es uno de los sitios arqueológicos más importantes del Valle Sagrado, aunque es poco conocido y visitado. Se llega por diferentes rutas: desde Chinchero en su parte alta, Lamay en el valle y desde la zona arqueológica de Tambomachay, ubicada cerca de Sacsayhuamán, en el Cusco.

Fuente: Ministerio de Agricultura, 2013

## ANEXO R. Arqueología por departamento del Perú

Raqchi	Cusco	Es un asentamiento de viviendas y templos incas dedicado a Wiracocha (o Huiracocha), el dios creador del mundo según muchas culturas andinas. Se cree que Raqchi fue construido durante los gobiernos de los incas Huiracocha, Pachacútec y Túpac Yupanqui.
Miraye Ilabaya	Tacan	En la zona se pueden apreciar al menos siete petroglifos que se encuentran distanciados por extensiones de diez metros los unos de los otros. Estos se hallan grabados en roca grano diorita, el mismo material de la piedra de los doce ángulos de Cusco
Puerto Inca	Arequipa	También llamado Quebrada de la Vaca, es un importante vestigio arqueológico del sur del Perú, habitado entre los siglos XIII al XV de nuestra era.
Purchuco	Ate – Vitarte – Lima	Es uno de los más bellos edificios de nuestro pasado prehispánico y uno de los mejor conservados
Huaca Pucllana	Lima	Es una zona antiguamente irrigada mediante un ramal del llamado río Surco. Huaca Pucllana fue construida por gentes de la cultura Lima, entre los años 200 y 700 dC en la costa central del Pe
Pampa de Cueva	Lima	Es un conjunto arquitectónico del Valle Chillón, que comprende construcciones piramidales que posiblemente hubieran sido edificadas entre los años 600 y 500 antes de nuestra era
Huaca San Marcos	Lima	Abarca numerosas pirámides, recintos, caminos amurallados, acequias y plazas. Hoy en día esta gran zona arqueológica se encuentra muy destruida debido al avance urbano de la ciudad y a la construcción de la ciudad universitaria de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, el Hospital Naval, la Universidad Católica, el zoológico "Parque de las Leyendas" y muchas urbanizaciones modernas.
Maranga	Lima	. Está formado por más de 40 montículos, de los cuales más de 20 son monumentales pirámides. Algunas de ellas, como "Huaca San Marcos", están entre las más grandes del mundo, con dimensiones de 300 por 120 metros de lado y 30 metros de altura

Fuente: Ministerio de Agricultura, 2013

### **ANEXO S. Tierra Indígenas en la frontera internacional Perú- Brasil**

Tierras	Extensión
Cabeceira do Rio Acre	78513
Mamoadate	313647
Riozinho do Alto Envria	260970
Kampa e Isolados do Rio Envira	232795
Alto Tarauacá	142619
Kaxinawá do Rio Jordão	87293
Kaxinawá / Ashaninka do Rio Breu	31277
Kampa do Rio Amônia	87205

Fuente: Ministerio de Agricultura, 2013

**ANEXO T.- Producción minera no metálica - principales productos por regiones 2018 (toneladas)**

Producto /Región	Pasco	Piura	Puno	San Martín	Tacna	Tumbes
Caliza / Dolomita				363,777	98,500	
Fosfatos		10,308,276				
Hormigón				14,655	53,428	
Calcita		2,134,378				
Arena(Gruesa/Fina)				36,682		
Sal				10,320		
Piedra (Construcción)		30,050				861
Conchuelas		1,382,233				
Puzolana						
Arcillas				72,857	97,170	7,308
Andalucita		751,070				
Yeso		123,384	3,578	18,937		
Sílice					36,307	
Travertino						
Boratos/Ulexita						
Diatomitas		80,131				
Arenisca/Cuarcita					61,293	
Feldespatos						
Pirofilita						
Pizarra			1			
Andesita						
Talco						
Caolín	8,876					
Baritina						
Dolomita						
Bentonita		2,283				
Piedra Laja			147			
Granodiorita Ornamental						
Ónix						
Sulfatos						
Mármol			220			

Fuente: Ministerio de Energía y Minas, 2018

**ANEXO U -. Producción minera no metálica - principales productos por regiones (toneladas)**

Producto /Región	Amazonas	Ancash	Arequipa	Ayacucho	Cajamarca	Callao	Cusco	Huancavelica	Huánuco	Ica	Junín	La Libertad	Lambayeque	Lima	Moquegua
Caliza / Dolomita		2,344	2,559,081		2,077,751					78,948	20,408,693	64,676		4,872,230	
Fosfatos															
Hormigón		6,126	1,653,264	4,076		68,729				1,261,412	331	48,093	111	4,841,779	385,115
Calcita		15,530			371						6,758				
Arena(Gruesa/Fina)	220	11,476	58,039	4,722					2,683	92,914	9,115	170,755	74,579	1,029,800	87,083
Sal										880,960		54,400		563,884	
Piedra (Construcción)	22,403	38,061	11,343	1,728		91,222	60,365			257,844			134,667	796,612	7,358
Conchuelas			19,084												
Puzolana			1,014,408	72,696	81,045						34,950				
Arcillas				90	10,441				3,156		156,211	55,656	44,232	689,984	855
Andalucita															
Yeso		3,600	181,263				5,225	198		10,334	102,809			7,029	
Sílice			94,426								311,421				
Travertino			6,480								137,974				
Boratos/Ulexita			100,552												
Diatomitas			12,999							3,417					
Arenisca/Cuarcita		1,085	4,783							10		125			
Feldespatos			5,371					20,482			5,735				
Pirofilita											26,675				
Pizarra		2,080	21,650												
Andesita			245			8,000	13,343								425
Talco											20,634				
Caolín		6,282						846							
Baritina								104			15,517				
Dolomita											7,447				
Bentonita										101					
Piedra Laja			18												2,022
Granodiorita Ornamental			324												88
Ónix				365							7				
Sulfatos										297					
Mármol											3				

Fuente: Ministerio de Energía y Minas, 2018

## ANEXO V - Artículo publicado en la Revista Iberoamericana de Ciencias Ambientales

### UNA PERSPECTIVA AMBIENTAL EN EL PLANEAMIENTO DE LA FERROVÍA BIOCEÁNICA: MODELAMIENTO CUANTITATIVO DE ESCENARIOS. ¶

#### Resumen ¶

En octubre de 2015, *China Railway Eryuan Engineering Group Co. LTD*, desarrolló un estudio técnico para la construcción de la ferrovía bioceánica Perú—Brasil. El estudio propuso la ruta norte como la alternativa mejor viable. Sin embargo, esta alternativa fue criticada puesto que el proyecto colocó en riesgo comunidades nativas y unidades de conservación; motivo por el cual no fue aprobado hasta ahora por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones del Perú. En Brasil, los impactos ambientales son esperados, más allá del propio corredor ferroviario. Conforme relatado en la literatura, el proceso de decisión para los corredores de transporte es complejo y exige estudios de viabilidad económica, técnica y ambiental. Las políticas públicas, sociales y ambientales incluidas en el plan de transporte exigen un gran volumen de datos, actores y opiniones que casi siempre contradictorias, que actualmente requieren herramientas de geoprocamiento para permitir resultados de calidad y en tiempo hábil. Sin embargo, no hay protocolos oficiales de SIG para ser utilizados por las autoridades de transporte y comunidades locales con respecto a los escenarios predictivos de los impactos ambientales de la ferrovía bioceánica Perú—Brasil. En este contexto, el artículo propone y analiza un modelo destinado a proyectar corredores de viabilidad ambiental para la ferrovía. La solución reúne técnicas AHP de análisis multicriterio a una estructura GIS. Los resultados permiten una fácil visualización comparativa de las alternativas y calcula el camino mejor viable. La organización de los datos y la transparencia en las reglas de decisión son dos atracciones principales del modelo. La solución es flexible, puesto que permite que las reglas sean moldeadas dinámicamente, lo cual posibilita la reproducción del estudio. ¶

**Palabras-Clave.** Corredores de viabilidad, planeamiento de transporte, Geoprocamiento, Dinámica EGO. ¶