

**PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA EVALUACIÓN Y ESPACIALIZACIÓN
DEL RIESGO EN LA NEGOCIACIÓN DE SERVIDUMBRES PETROLERAS**

Ing. RAUL PIMENTEL GUTIERREZ
Ingeniero Catastral y Geodesta



**UNIVERSIDAD DE MANIZALES
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN
GEOGRÁFICA
MANIZALES
2018**

**PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA EVALUACIÓN Y ESPACIALIZACIÓN
DEL RIESGO EN LA NEGOCIACIÓN DE SERVIDUMBRES PETROLERAS**

Ing. RAUL PIMENTEL GUTIERREZ
Ingeniero Catastral y Geodesta

Trabajo de Grado presentado como opción parcial para optar
al título de Magister en Tecnologías de la Información Geográfica

Presidente
ALBERTO BOADA RODRIGEZ
Ingeniero Industrial - Estadístico
Especialista en Teledetección - UPM - España
MSc Geoinformation System for Urban Application - ITC - Holland

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN
GEOGRÁFICA
MANIZALES
2018**

CRÉDITOS

Las personas que participaron en este proyecto fueron las siguientes:

NOMBRE COMPLETO	FUNCIÓN EN EL PROYECTO	DIRECCIÓN DE CONTACTO	CORREO ELECTRÓNICO
RAUL PIMENTEL GUTIERREZ	Autor	Cra. 9 No. 19-03	rapigut2005@yahoo.es
ALBERTO BOADA RODRÍGUEZ	Presidente	Cra. 9 No. 19-03	ingeniería@umanizales.edu.co

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
1. ÁREA PROBLEMÁTICA.....	3
2. OBJETIVOS.....	5
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	5
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
3. HIPÓTESIS Y PREGUNTAS DE LA INVESTIGACIÓN	6
3.1 HIPÓTESIS GENERAL DE LA INVESTIGACIÓN.....	6
3.2 PREGUNTAS DE LA INVESTIGACIÓN.....	6
4. JUSTIFICACIÓN.....	7
5. MARCO TEÓRICO	9
5.1. EL PETRÓLEO EN COLOMBIA.....	9
5.1.1. Breve historia del petróleo en Colombia	9
5.1.2. Petróleo, espacio y territorio.....	11
5.1.3. El Petróleo y el conflicto con la tierra	16
5.2. LA TOMA DE DECISIONES Y EL PROCESO ANALÍTICO JERÁRQUICO (ANALYTIC HIERARCHY PROCESS_AHP)	20
5.2.1. Teoría de la decisión	20
5.2.2. La metodología multicriterio para la toma de decisiones	21
5.2.3. Analytic Hierarchy Process (AHP) o Proceso Analítico jerárquico (PAJ)	22
5.3. RIESGO, AMENAZA Y VULNERABILIDAD	29
5.3.1. El riesgo y su gestión	29
5.3.2. Amenaza y vulnerabilidad, los otros términos de la ecuación	31
6. MARCO LEGAL	33
6.1. MARCO JURÍDICO DE LOS HIDROCARBUROS	33
6.1.1. Los hidrocarburos y la propiedad en la historia de Colombia	33
6.1.2. Aprovechamiento de los yacimientos de hidrocarburos.....	34
6.2. MARCO JURÍDICO DE LA SERVIDUMBRE DE HIDROCARBUROS ...	35
6.2.1. Derechos superficiares para la industria petrolera	35
6.3. LA SERVIDUMBRE DE HIDROCARBUROS.....	36
6.3.1. Características de la servidumbre de hidrocarburos.....	37
6.4. LEY 1274 DE 2009 Y LA NEGOCIACIÓN DIRECTA.....	38
6.4.1. Restricciones para la negociación directa de servidumbres	39
7. ESTADO DEL ARTE	42
7.1. EL MÉTODO AHP Y LOS SIG	42

7.2.	LOS SIG Y LA GESTIÓN INMOBILIARIA PARA EL SECTOR PETROLERO	44
7.3.	LA GESTIÓN INMOBILIARIA DEL PROYECTO DE HIDROCARBUROS Y SUS “MOMENTOS DE GESTIÓN INMOBILIARIA”	45
8.	METODOLOGÍA	48
8.1.	TIPO DE TRABAJO	48
8.2.	PROCEDIMIENTO	48
8.2.1.	Adaptación de conceptos	48
8.2.2.	Parametrización de escenarios mediante la identificación de las restricciones legales para la negociación directa de servidumbres de hidrocarburos (Fase 1)	48
8.2.3.	Desarrollo de la metodología AHP en la valoración del riesgo asociado a la negociación directa de derechos inmobiliarios para servidumbres de hidrocarburos (Fase 2).....	49
9.	RESULTADOS	53
9.1.	DESCRIPCIÓN DE RESULTADOS	53
9.1.1.	Adaptación de conceptos	53
9.1.2.	Parametrización y afinación del modelo	54
9.1.3.	Análisis de viabilidad	54
9.1.3.1.	Tipos de no viabilidad (“saneable” y “no saneable”)	54
9.1.4.	Construcción del modelo.....	57
9.1.5.	Conceptualización matemática árbol de amenazas.....	65
9.1.6.	Consulta a panel de expertos.....	67
9.1.7.	Ponderación de variables.....	73
9.1.8.	Visualización del análisis del riesgo en la negociación (módulo de Análisis de la Negociación_ MAN).....	78
9.1.9.	Implementación (Estudio de caso).....	79
9.2.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	93
8.2.1	El modelo estructurado a partir de la combinación AHP- TIG	93
8.2.2	Las variables para la evaluación del riesgo	94
8.2.3	El modelo y la dimensión geográfica	95
8.2.4	El modelo y el caso de estudio	96
10.	CONCLUSIONES	98
11.	RECOMENDACIONES	101
12.	REFERENCIAS.....	103
	ANEXOS	108

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Historia del petróleo en Colombia	10
Tabla 2. Principales campos petroleros productores en 2016 (Producción Promedio Diaria_ ppd).....	15
Tabla 3. Fases del descubrimiento petrolero en Colombia y espacios geográficos intervenidos.....	17
Tabla 4: Resumen de los principales generadores de conflicto por servidumbre de hidrocarburos	19
Tabla 5. Escala fundamental de números absolutos.....	25
Tabla 6. Índice de consistencia aleatoria de acuerdo al orden de la matriz.....	29
Tabla 7. Restricciones para la negociación directa de servidumbres petroleras, identificadas durante el ejercicio de la gestión inmobiliaria	40
Tabla 8: Ejemplos de casos de aplicación del método AHP	42
Tabla 9. Resumen de agrupación de variables para construcción de árbol de amenazas.....	58
Tabla 10. Composición del panel de expertos	67
Tabla 11. Amenazas asociadas al aspecto físico (Área del predio).....	74
Tabla 12. Amenazas asociadas al aspecto Jurídico (Número de propietarios)	74
Tabla 13. Amenazas asociadas al aspecto Fiscal (Pago de Impuesto Predial Unificado).....	74
Tabla 14. Amenazas asociadas al uso del suelo en función de la productividad.....	74
Tabla 15. Amenazas asociadas a la existencia de servidumbres de hidrocarburos ..	74
Tabla 16. Amenazas asociadas a los antecedentes en la negociación de servidumbres de hidrocarburos	75
Tabla 17. Amenazas asociadas a la presencia de actores del conflicto armado_ CA	75
Tabla 18. Amenazas asociadas a la presencia de organizaciones sociales (OS) que se oponen a la actividad extractiva de hidrocarburos (HC)	75
Tabla 19. Amenazas asociadas con la proximidad a áreas especiales con restricción legal (Áreas focalizadas por la URT)	75
Tabla 20. Amenazas asociadas a la presencia de empresas de HC en la zona	75
Tabla 21. Amenazas asociadas a la organización del área de tierras (AT) al interior de la empresa de HC	76
Tabla 22. Amenazas asociadas a la organización del equipo de tierras (ET).....	76
Tabla 23. Amenazas asociadas a los protocolos y los procedimientos (P&P).....	76
Tabla 24. Amenazas asociadas a los procesos de pago e indemnizaciones	76
Tabla 25. Amenazas asociadas a la imagen de la empresa de hidrocarburos	77
Tabla 26. Clasificación de la amenaza (aplicación método AHP)	77
Tabla 27. Clasificación de la vulnerabilidad	77
Tabla 28. Matriz del riesgo objetivo asociado a la negociación directa de derechos de servidumbre de hidrocarburos	78
Tabla 29. Estudio de Caso (Bloque de HC)	79
Tabla 30. Valoración amenazas asociadas a la empresa de HC (Estudio de Caso)..	91

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo de la colonización-migración alrededor de un nuevo descubrimiento de yacimientos minerales	13
Figura 2. Ubicación de los principales campos productores de petróleo en 2016	16
Figura 3. Proceso de toma de decisión representado en varios paradigmas.....	20
Figura 4. Modelo jerárquico para la toma de decisiones con AHP	23
Figura 5. Esquema del proceso de diagnóstico jurídico- catastral	47
Figura6. Módulo de Análisis de la Negociación en el SIG de la empresa de hidrocarburos.....	52
Figura 7. Diagrama de flujo del proceso de constitución de servidumbres de hidrocarburos.....	55
Figura 8. Diagrama de Parametrización de escenarios.....	57
Figura 9: Matriz pareada ponderada, pesos y priorización de la amenaza asociada al área de tierras al interior de la empresa de hidrocarburos	68
Figura 10: Matriz pareada ponderada, pesos y priorización de la amenaza asociada a la empresa de hidrocarburos	69
Figura11: Matriz pareada ponderada, pesos y priorización de la amenaza asociada a los aspectos catastrales.....	70
Figura12: Matriz pareada ponderada, pesos y priorización de las amenazas asociadas al predio.....	70
Figura13: Matriz pareada ponderada, pesos y priorización de las amenazas asociadas al entorno del predio.....	71
Figura14: Matriz pareada ponderada, pesos y priorización de las amenazas asociadas la negociación directa de servidumbres de hidrocarburos en predios rurales	71
Figura15: Diseño conceptual del MAN	79
Figura16: Localización Bloque Hobo, municipio de Yaguará, departamento del Huila.....	80
Figura17: Área total Campo Yaguará	80
Figura18: Área Licenciada Campo Yaguará.....	81
Figura19: Predios del bloque Hobo	82
Figura 20: Viabilidad Cero (V0).....	83
Figura 21: Viabilidad Cero (V0) vs Licencia Ambiental.....	83
Figura 22: Viabilidad Uno (V1).....	84
Figura 23: Amenaza por Aspecto Físico.....	84
Figura24: Amenaza por Aspecto Jurídico.....	85
Figura25: Amenaza por aspecto fiscal	85
Figura26: Amenaza por uso del suelo	86
Figura27: Infraestructura petrolera (Plataformas y Vías) del Campo Yaguará.....	87
Figura 28: Amenaza por existencia de servidumbres de HC en el predio.....	87
Figura 29: Amenaza por antecedentes en la negociación de servidumbres de HC	88
Figura 30: Amenaza por presencia de actores del conflicto armado.....	89

Figura31: Amenaza por presencia de organizaciones sociales opuestas a la industria de los HC	90
Figura 32: Amenaza por proximidad a áreas especiales con restricción legal (Áreas microfocalizadas URT)	90
Figura 33: Amenazas asociadas a presencia de empresas de HC en la zona	91
Figura 34: Amenazas para la negociación directa de derechos de servidumbre ..	92
Figura35: Vulnerabilidad asociada a la infraestructura petrolera (Plataformas)....	92
Figura36: Riesgo objetivo para la negociación directa de derechos de servidumbre en el campo Yaguará- Bloque Hobo	92

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A: Generalidades del método AHP e instrucciones para realizar comparaciones pareadas enviados al panel de expertos	108
ANEXO B: Ejemplo de hoja electrónica Excel enviada a expertos para realizar la comparación de criterios.....	109
ANEXO C: Términos y procedimientos para la constitución de la servidumbre de hidrocarburos.....	110
ANEXO D: Árbol de decisión (Amenazas jerarquizadas).....	111
ANEXO E: Árbol de decisión valorado por panel de expertos (Pesos de cada variable).....	112
ANEXO F: Inventario de la información mínima requerida.....	113

GLOSARIO

Hidrocarburo: Material orgánico compuesto principalmente por hidrógeno y carbono

Gestión inmobiliaria: En el sector de hidrocarburos, corresponde al conjunto de tareas ejecutadas con el propósito de adquirir y/o mantener los derechos superficiales requeridos para el aseguramiento de las áreas de terreno que demandan las empresas petroleras para desarrollar allí cualquiera de las actividades de la cadena de valor.

Negociación directa: Desde el punto de vista de la servidumbre petrolera, corresponde al acuerdo que se da entre el (los) titular (es) de dominio de un inmueble y la empresa petrolera, conforme a los lineamientos establecidos por la Ley 1274 de 2009 (art. 2). La negociación directa se materializa con el registro al folio de matrícula del círculo registral del municipio en el que se ubica el predio, de la escritura pública que formaliza el acuerdo exitoso. (Ley 1274, 2009, art. 7)

Servidumbre petrolera: Es una servidumbre legal exclusiva para industria de los hidrocarburos. Se adquiere mediante contrato o por vía judicial (imposición) y se registra al folio de matrícula, tal y como ocurre con el derecho de propiedad. En Colombia esta servidumbre se encuentra reglamentada por la Ley 1274 de 2009.

RESUMEN

Este proyecto de investigación se centra en la estructuración de un modelo que integra dimensión geográfica al método de evaluación multicriterio AHP, con el propósito de evaluar y ubicar espacialmente el riesgo objetivo asociado a la negociación directa de derechos inmobiliarios o superficiales para las servidumbres de hidrocarburos en inmuebles rurales, dentro del marco de las regulaciones colombianas y los procedimientos establecidos para la gestión inmobiliaria en este tipo de proyectos.

El tipo de riesgo evaluado en el presente documento corresponde a uno de tipo especial, relacionado estrictamente con la gestión inmobiliaria en la industria de los hidrocarburos, y específicamente, con la negociación directa de servidumbres en el marco la Ley 1274 de 2009.

Luego de exponer los fundamentos del AHP, revisar la normatividad aplicable a las servidumbres petroleras, y definir los requerimientos especiales de la negociación directa; se procede a realizar las adaptaciones de los conceptos que permiten someter al proceso de análisis jerárquico, al conjunto de variables relacionadas con la amenaza en la negociación directa de derechos de servidumbre, previa valoración realizada por un panel de expertos conformado por personas de diferentes profesiones y roles dentro de un equipo de gestión de tierras de una empresa del sector. Posteriormente se analiza la vulnerabilidad en función de la ubicación de la infraestructura construida o por construir al interior de un bloque de hidrocarburos, para finalizar con la cuantificación del riesgo objetivo asociado a la negociación directa a nivel de predio.

A partir de la ecuación que representa el riesgo objetivo, en función de sus componentes (amenaza y vulnerabilidad), se procede al dimensionamiento espacial de cada una de las variables.

El método se valida mediante su aplicación en un estudio de caso para el bloque Hobo, ubicado en el departamento del Huila.

Esta metodología se presenta como una herramienta de apoyo a la gestión inmobiliaria, la toma de decisiones y la selección de alternativas en los diferentes proyectos de hidrocarburos.

Palabras clave: Gestión inmobiliaria, Proceso Analítico Jerárquico, servidumbre petrolera o de hidrocarburos, negociación directa, riesgo objetivo, gestión inmobiliaria, amenaza, vulnerabilidad, panel de expertos, evaluación, espacialización.

ABSTRACT

This research project focuses on the structuring of a model that integrates geographic dimension to the AHP multicriteria evaluation method, with the purpose of evaluating and spatially situating the objective risk associated with the direct negotiation of real or superficial rights for hydrocarbon easements in rural properties, within the framework of the Colombian regulations and the established procedures for the real estate management in this type of projects

The type of risk assessed in this document corresponds to a special type of risk, strictly related to real estate management in the hydrocarbons industry, and specifically, to the direct negotiation of rights of way under Law 1274 of 2009.

After explaining the fundamentals of the AHP, review the regulations applicable to petroleum easements, and define the special requirements of direct negotiation; we proceed to adapt the concepts that allow to subject the hierarchical analysis process to the set of variables related to the threat in the direct negotiation of rights of servitude, previous evaluation made by a panel of experts made up of people from different professions and roles within a land management team of a company in the sector. Subsequently, the vulnerability is analyzed according to the location of the infrastructure built or to be built within a block of hydrocarbons, to finish with the quantification of the objective risk associated with direct negotiation at the farm level.

Based on the equation that represents the objective risk, according to its components (threat and vulnerability), the spatial dimensioning of each of the variables is carried out.

The method is validated through its application in a case study for the Hobo Oil block, located in the department of Huila.

This methodology is presented as a tool to support real estate management, decision making and the selection of alternatives in the different hydrocarbon projects.

Key words: Real estate management, hierarchical analytical process, petroleum or hydrocarbon servitude, direct negotiation, objective risk, real estate management, threat, vulnerability, panel of experts, evaluation, spatial dimension.

INTRODUCCIÓN

La industria petrolera es uno de los principales motores de la economía del país y según datos correspondientes a cifras de septiembre de 2016 y publicados por la Asociación de Colombia de Petróleo (ACP), el país exportó US\$ 7.248 millones FOB¹ en petróleo crudo y sus derivados, correspondientes al 33% del total de las exportaciones del país, y de ellos, US\$5.790 millones fueron de petróleo crudo.

La actividad productiva o cadena de valor de los hidrocarburos, comprende según la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) un conjunto de actividades agrupadas en dos grandes áreas. Upstream², que comprende las actividades de exploración sísmica, exploración perforatoria y producción; y Downstream³, que reúne las actividades de refinación, transporte y comercialización.

El departamento de gestión inmobiliaria o de tierras en una empresa del sector de hidrocarburos, es entre otros, el encargado del aseguramiento de las áreas de terreno requeridas para un proyecto específico en cualquiera de las etapas de la cadena productiva, y su labor resulta indispensable para la ejecución de los diferentes proyectos de sector.

La servidumbre petrolera es una de las formas para adquirir derechos reales para la ocupación de aquellas áreas de terreno sobre las cuales se desarrollan o pretenden desarrollar las actividades de la cadena de valor de los hidrocarburos, y se encuentra regulada por la (Ley 1274, 2009). Esta ley parte del principio de considerar a la industria del petróleo como una actividad de interés público que obliga a cualquier predio a soportar el número de servidumbres necesarias para su desarrollo (Ley 1274, 2009, art. 1).

La negociación directa es una de las dos posibilidades para adquirir los derechos de servidumbre petrolera, y el éxito de su resultado, desde el punto de vista objetivo, se relaciona directamente con el grado de conocimiento que tanto la

¹ FOB: "Free on Board" (libre a bordo), término que se utiliza para valorar las exportaciones y corresponde al "valor de venta de los productos en su lugar de origen más el costo de los fletes, seguros y otros gastos necesarios" para hacer llegar la mercancía hasta la aduana de salida (Inflacion, s.f.)

² Upstream: "También conocido como exploración y producción (E&P) este sector incluye las tareas de búsqueda de potenciales yacimientos de petróleo crudo y de gas natural, tanto subterráneos como submarinos, la perforación de pozos exploratorios, y posteriormente la perforación y explotación de los pozos que llevan el petróleo crudo o el gas natural hasta la superficie" (Agencia Nacional de Hidrocarburos, s.f.)

³ Downstream: "Se refiere comúnmente a las tareas de refinamiento del petróleo crudo y al procesamiento y purificación del gas natural, así como también la comercialización y distribución de productos derivados del petróleo crudo y gas natural" (Agencia Nacional de Hidrocarburos, s.f.)

empresa como el negociador posean sobre las particularidades internas y externas del inmueble sobre el cual se pretenden constituir estos derechos. Esto obliga a que la empresa de hidrocarburos optimice el uso de la información disponible para el análisis y la visualización de la posibilidad real y legal de llevar a feliz término un acuerdo directo.

Según (Ogliastri, 2001) existen tres formas de solucionar los conflictos o diferencias, negociar es una de ellas, y consiste en “ponerse de acuerdo para resolver una diferencia”.

La presente **PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA EVALUACIÓN Y ESPACIALIZACIÓN DEL RIESGO EN LA NEGOCIACIÓN DE SERVIDUMBRES PETROLERAS** se sustenta en la adaptación y aplicación del método de evaluación multicriterio Analytic Hierarchy Process (AHP) combinado con las tecnologías de la Información Geográfica (TIG). Su resultado permitirá evaluar y espacializar el riesgo objetivo asociado a la negociación directa de derechos inmobiliarios o derechos de superficie para servidumbres de hidrocarburos sobre predios rurales, en el marco de la normatividad colombiana y de los procedimientos establecidos para la gestión inmobiliaria para este tipo de proyectos, con base en el análisis de diferentes variables relacionadas con las internalidades y externalidades del predio y la empresa de hidrocarburos.

El desarrollo de la metodología propuesta ayudará al área de tierras de una empresa de hidrocarburos a evaluar y espacializar de manera integral las variables que hacen viable o inviable la negociación directa en el marco de la ley (Ley 1274, 2009). Su aplicación facilitará la selección de alternativas y la toma decisiones basadas en el nivel de riesgo en la negociación directa identificado para cada uno de los predios que sean de su interés.

1. ÁREA PROBLEMÁTICA

El presente de la industria petrolera en Colombia, muestra una realidad compleja y desfavorable debido a que se ha llevado a los habitantes de varios municipios del país a decidir sobre la ejecución o no ejecución de proyectos de minería, entre los que se encuentran los de hidrocarburos, a través de consultas populares, en un escenario en el que se debe decidir equivocadamente la disyuntiva entre “minería o medio ambiente”, con resultados adversos para la primera opción. Según cifras de la Asociación Colombia del Petróleo (ACP) publicadas en El Tiempo (2017), las 22 consultas populares por realizarse después de la de Cumaral (Meta), pondrían en riesgo una producción equivalente al 10 % de la producción promedio hasta abril de 2017.

En lo concerniente a los derechos de superficie que se requieren para ocupar legalmente las áreas de terreno sobre las que se desarrollan las actividades de la cadena de valor de los hidrocarburos, y a pesar de contarse con una normatividad específica y clara en cuanto sus términos y procedimientos, se presentan a menudo posiciones de rechazo y controversia por parte de los propietarios, poseedores y/u ocupantes de los inmuebles donde se ubican las precitadas áreas; debido al carácter de obligatoriedad de la servidumbre petrolera (Ley 1274, 2009, art. 1).

Como lo plantea Rengifo (como se citó en Restrepo, 2014), la servidumbre petrolera lleva a costas un “estigma” debido a su obligatoriedad, y en ocasiones hace que el propietario se vea acorralado y sienta que debe negociar de manera forzosa con el Estado tratando de lograr la máxima indemnización posible.

No obstante lo anterior, el mejor escenario en un proceso de constitución de servidumbre de hidrocarburos, es aquel en el que se logra la negociación directa de los derechos inmobiliarios (Ley 1274, 2009, art. 2), con el consecuente registro al folio de matrícula inmobiliaria de la escritura pública que formaliza el acuerdo exitoso logrado con la negociación. (Ley 1274, 2009, art. 7)

El caso para discusión planteado por (Ogliastri, 2001) en el que se menciona un conjunto de posibles situaciones a las que se puede enfrentar el negociador de tierras de una empresa de hidrocarburos, permite identificar causas subjetivas (estados de ánimo, situaciones personales y/o familiares, pensamientos ideológicos, etc.) y objetivas (tenencia de la tierra, entorno del predio, términos y plazos de la Ley, etc.) que influyen en el resultado de una negociación para la industria petrolera. A la luz del método científico, deberán disminuirse al mínimo las causas subjetivas y analizar las objetivas en pos de la evaluación y/o predicción de las posibilidades reales de un resultado exitoso en la negociación.

La mayoría de las empresas del sector cuentan con un sistema de información geográfica para la gestión inmobiliaria, utilizado principalmente para el inventario y administración de los predios, la infraestructura y los derechos inmobiliarios adquiridos y/o cedidos durante el transcurso de la operación en un área o bloque específico; sin embargo, esta información por sí sola no permite evaluar, espacializar, identificar, discriminar y cuantificar, de manera individual y/o conjunta, las diversas variables que amenazan el resultado exitoso de la negociación directa de derechos de servidumbre en cada uno de los predios del interés de un proyecto. Esto conlleva a que algunos proyectos presenten retrasos en su implementación debido a reprocesos causados por deficiencias en la planeación de los tiempos requeridos para el aseguramiento de las áreas de terreno a intervenir.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Presentar una metodología para la evaluación y espacialización del riesgo en la negociación de servidumbres petroleras en los predios rurales del territorio colombiano.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estructurar una metodología para la evaluación y espacialización del riesgo en la negociación directa de servidumbres petroleras, integrando la dimensión geográfica al método de análisis multicriterio, Analytic Hierarchy Process (AHP).
- Identificar, seleccionar y priorizar las variables que permitan la evaluación del riesgo en la negociación de derechos de servidumbre petrolera, en el contexto de la realidad actual de la industria y en el marco de la normatividad establecida para la constitución de este gravamen.
- Utilizar las Tecnologías de la Información Geográfica (TIC) para la implementación de un instrumento que permita la espacialización, a nivel de predio, de los resultados obtenidos con la aplicación del método AHP.
- Validar la metodología propuesta, en la evaluación y espacialización del riesgo en la negociación directa de servidumbres de hidrocarburos para los predios rurales del Bloque Hobo, como estudio de caso

3. HIPÓTESIS Y PREGUNTAS DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 HIPÓTESIS GENERAL DE LA INVESTIGACIÓN

Es posible estructurar una metodología que combine el Analytic Hierarchy Process (AHP) y las Tecnologías de la Información Geográfica (TIG), para resolver el problema de no poder evaluar ni espacializar, el nivel de riesgo de una negociación directa de derechos de servidumbre petrolera, en los predios rurales del territorio colombiano; teniendo en cuenta que el riesgo en la negociación de dichos derechos, depende de la relación entre las variables que representan las amenazas (internas y externas) que pueden influir en el resultado de la negociación, y la vulnerabilidad representada por la necesidad que tenga la empresa de asegurar franjas de terreno para instalar, adecuar y/o construir infraestructura, dentro de un predio específico.

3.2 PREGUNTAS DE LA INVESTIGACIÓN

- ¿Cómo se puede estructurar una metodología que combine el Analytic Hierarchy Process (AHP) y las Tecnologías de la Información Geográfica (TIG), para evaluar y espacializar el riesgo en la negociación directa de derechos de servidumbre petrolera?
- ¿Cuáles son las variables que deben analizarse para evaluar el riesgo de una negociación exitosa, en el contexto de la realidad actual de la industria y en el marco de la normatividad establecida para la constitución de las servidumbres petroleras?
- ¿Cómo se pueden espacializar a nivel de predio, el riesgo y sus componentes (amenaza y vulnerabilidad), una vez obtenidos los resultados de la aplicación del *Analytic Hierarchy Process* (AHP)?

¿Es posible validar la metodología a través de su aplicación en la evaluación y espacialización del riesgo en la negociación de derechos de servidumbre petrolera en los predios rurales de un bloque determinado, como estudio de caso?

4. JUSTIFICACIÓN

Al referirse a los problemas estructurales de la industria petrolera, (Asociación Colombiana del Petróleo, 2016) analiza las causas de las dificultades actuales que presenta la industria en las áreas en las que opera, manifestadas por una resistencia social cada vez mayor, atribuida entre otras, a la falta de la presencia del Estado, al uso de medidas de hecho contra la industria para presionar la intervención del Estado en la solución de problemas sociales, a presiones para que sea la industria la que sustituya al Estado en la solución de dichos problemas, a inequidad en la distribución de regalías, y al incumplimiento de la normatividad actual.

La gestión inmobiliaria para una empresa del sector de hidrocarburos tiene que ver, entre otras, con la negociación y legalización oportuna de los derechos de servidumbre, requeridos para el aseguramiento de las áreas de terreno requeridas en cada una de las actividades de la cadena de valor.

Aunque lo primordial es poder ingresar legalmente a las áreas de terreno a intervenir, es innegable que la mejor manera de hacerlo, es logrando la negociación directa de los derechos de servidumbre en el menor tiempo posible.

Sin desconocer que el éxito de una negociación, tal y como lo identifica (Ogliastri, 2001) puede depender de factores subjetivos como: los estados de ánimo de los negociadores, las condiciones del entorno o escenario de la negociación, y hasta de posibles prejuicios de cualquiera de las partes involucradas en la misma; es fundamental tener en cuenta que existe un conjunto de variables objetivas con diferentes grado de influencia en la negociación, que se pueden medir a través de la aplicación de un método de análisis científico, con la posibilidad adicional de que el resultado del análisis se pueda espacializar con la ayuda de los SIG. Lo anterior permitirá realizar predicciones espacializadas sobre las posibilidades de éxito reales y legales en dicha negociación.

El AHP o Proceso Analítico Jerárquico (PAJ) es un método de análisis multicriterio utilizado ampliamente para la solución de problemas y/o la toma de decisiones que involucran el análisis de múltiples posibilidades y escenarios. (Saaty & Vargas, 2012) afirma que este método es un: “Instrumento utilizado para construir un ordenamiento a través del cual se llega a una selección óptima” (p.11).

La utilización de las Tecnologías de la información geográfica para la gestión inmobiliaria para la industria de los hidrocarburos es generalizada, y ha venido siendo desarrollada paulatinamente por Ecopetrol y las empresas privadas que dan soporte a esta labor en el país, con propósitos cada vez más amplios, tal y como lo destaca (Monsalve Lugo, 2017). Sin embargo, la

mayoría de las empresas del sector centran principalmente su uso en la administración (implementación, seguimiento, monitoreo, etc.) y visualización de la información geográfica, documental y jurídico-catastral; de los derechos de superficie, la infraestructura y los predios sobre los que se materializan dichos derechos.

A pesar de la necesidad identificada, no se conocen antecedentes sobre el uso de una metodología que permita identificar, priorizar y espacializar a nivel de predio, las diferentes variables objetivas y su grado de influencia, en la predicción del resultado de una negociación directa de derechos de servidumbre de hidrocarburos.

La posibilidad de contar con una metodología que permita la medición del riesgo objetivo asociado a la negociación directa, sumada a la de su visualización espacial sobre el SIG de gestión inmobiliaria; facilitará la toma de decisiones en las distintas etapas de un proyecto de hidrocarburos, así como la selección adecuada de alternativas para la ejecución de obras o proyectos de infraestructura del sector. Esto posibilitará el control sobre el tiempo y los costos, puesto que el resultado de su aplicación permitirá la generación y jerarquización de alertas en función del nivel de riesgo; y en últimas, podrá influir en la viabilidad de una alternativa de proyecto.

5. MARCO TEÓRICO

5.1. EL PETRÓLEO EN COLOMBIA

5.1.1. Breve historia del petróleo en Colombia

El descubrimiento del petróleo, denominado “oro negro” por los conquistadores españoles, de acuerdo con (Mayorga, 2002) se remonta al siglo XVI, al:

Momento durante el cual la hueste comandada por Gonzalo Jiménez de Quesada llegó al lugar conocido con el nombre de La Tora, sobre el río Magdalena, donde habitaba la comunidad de los Yariguíes. En este sitio, en donde se encuentran hoy Barrancabermeja y las instalaciones industriales más importantes de Ecopetrol, la expedición española encontró un líquido negruzco que brotaba de la tierra y que los indígenas usaban a manera de ungüento corporal, con propósitos medicinales.

En el año 1883 se perforó el primer pozo petrolero denominado Tubará, ubicado cerca de Barranquilla.

La primera explotación formal se realizó a través de la Concesión de Mares, firmada en 1905 con una filial de la compañía Standart Oil; y se desarrolló en inmediaciones de afloramientos (manas) de crudo descubiertos en lo que hoy se conoce como Barrancabermeja, en el valle medio del Magdalena.

Se destacan dos grandes hitos en la historia del petróleo en nuestro país. El primero se produce en 1951, con la expedición del Decreto 30 del 9 de enero, en la presidencia de Laureano Gómez. Mediante este Decreto nace a la vida jurídica la empresa Ecopetrol, encargada de “todas” las actividades del sector de hidrocarburos en el país, cumpliendo el doble rol de reguladora y empresa petrolera, hasta el año 2003.

El segundo gran hito se presenta en el año 2003, tras la expedición del Decreto 1760 del 26 de junio, con el cual reestructura del sector de los hidrocarburos. A través de este decreto se crea la Agencia Nacional de Hidrocarburos ANH, para encargarla de las tareas de administración y regulación, mientras que las actividades de la cadena de valor (exploración, explotación, transporte, refinamiento y comercialización) quedan en cabeza de Ecopetrol. Esta decisión se tomó debido a la disminución de reservas y a la eventualidad de una posible importación de crudo.

En la tabla 1 se presenta la línea de tiempo de los hechos más relevantes en la historia del petróleo en Colombia.

Tabla 1. Historia del petróleo en Colombia

Año	Hecho Relevante
1536	Conocimiento de la existencia del petróleo por acompañantes de Gonzalo Jiménez de Quesada.
1903	Primeras reglamentaciones en materia petrolera en el gobierno de Rafael Reyes.
1905	Promulgación del Decreto No. 34 que facultó al poder ejecutivo para otorgar concesiones petroleras.
1905	Se otorgó a Roberto De Mares la concesión petrolera.
1919	Se traspasó, el 25 de agosto, la Concesión de Mares a la Tropical Oil Company, en la notaria tercera de Bogotá.
1924	El 8 de octubre se inició la primera huelga de la Tronco en Barrancabermeja.
1924	Se declaró que la huelga estaba “fuera de la ley” el 11 de octubre por el gerente de la Tropical Oil Company.
1927	Segunda huelga de la Tronco en Barrancabermeja, en enero.
1931	Se expidió la Ley 37 o “Ley del Petróleo”, en el gobierno de Enrique Olaya Herrera.
1951	Reversión de la Concesión de Mares a la empresa del Estado colombiano ECOPETROL
1969	Promulgación Ley 20 que sirve de base para el Contrato de Asociación.
1983	Descubrimiento del yacimiento Caño Limón.
1988	Perforación de 73 pozos A3 en el año de 1988.
1993	Descubrimiento del yacimiento Cupiagua.
2003	Creación de la Agencia Nacional de Hidrocarburos ANH.
2004	21 contratos E&P firmados. 7 contratos TEA’S firmados
2007	Ronda Caribe. Primera ronda Realizada
2010	Constitución del Nuevo Sistema General de Regalías.
2012	1.000.000 barriles promedio día (BPCD)

Fuente: Tomado de (Agencia Nacional de Hidrocarburos, s.f.)

5.1.2. Petróleo, espacio y territorio

Para Vargas (2012) el espacio es:

Un conjunto concreto, objetivo de localizaciones materiales de naturaleza muy variada que involucra actividades humanas como el uso de la tierra, urbanas, topográficas, biogeográficas, de servicios, de hábitats y de relaciones muy diversas. Estas actividades se localizan y se estructuran en organizaciones espaciales, de extensión variada que comprenden escalas desde el nivel local al mundial, los cuales son conectadas por flujos de energía y materiales (p.231).

Este concepto se presenta a propósito de la histórica discusión entre las diferentes corrientes o enfoques que han tratado de definir el espacio geográfico. El enfoque naturalista por ejemplo, se centra en los elementos del medio físico. Por su parte el enfoque cultural se centran la distribución y localización de los fenómenos ya sean físicos o humanos. Finalmente, en el enfoque de lo que se denomina “nueva geografía” se acentúa la relación entre los elementos del paisaje y las personas allí asentadas.

Claval (como se citó en Vargas, 2012) atina en concluir que más allá de las diferencias respecto de la definición o concepción del espacio geográfico, “los enfoques naturalista, funcional y cultural no son contradictorios sino complementarios, y hay que adaptarlos, uno a uno, para medir todas las dimensiones de los hechos sociales en las manifestaciones espaciales” (p. 323)

Raffestin (como se citó en Vargas, 2012) expresa por otra parte que el territorio “es más amplio que el de espacio físico, porque combina el medio físico natural y el ordenado o humanizado, que comprende a las personas que se apropian de él” (p. 320-321)

Los geógrafos franceses (como se citó en Vargas, 2012) presentan una definición más amplia de territorio, la cual establece que:

El territorio comprende el espacio geográfico; el territorio es vivido no solamente en el espacio, sino como un sistema dentro del cual las personas evolucionan, viven e influyen en el territorio y este influye en la sociedad; el territorio no es un derivado del espacio, es un espacio organizado, ordenado, producto de las interrelaciones entre los actores y es un ingrediente indispensable en la visibilidad, legibilidad y por tanto, en la comprensión de las cosas (p. 231).

La explotación o extracción de minerales o minería, es sin duda una de las actividades humanas que más ha influido en la transformación del espacio geográfico y la caracterización de territorios en el mundo entero.

El período de la colonia en la Nueva Granada, inició a mediados del siglo XVI con el establecimiento y consolidación de núcleos urbanos dentro o cerca de asentamientos indígenas, con el único propósito de organizar desde allí el trabajo en las minas, principalmente de oro y plata. Todo esto dentro del marco de una política de economía extractiva implantada por la corona española.

Este fenómeno dio origen una mezcla étnica y cultural, enriquecida posteriormente con la traída de esclavos africanos entre los siglos XVI y XVII, quienes llegaron para suplir la deficiencia de mano de obra local y para encargarse de las minas y haciendas de la costa caribe y del Cauca y a los servicios domésticos en regiones como Popayán, Antioquia y Cartagena. (El Tiempo, 2009)

La concentración de población alrededor de zonas con alta actividad minera, trae consigo el desarrollo de otras actividades paralelas como el comercio y producción de bienes y servicios, que implican otros frentes de colonización enfocados en la adecuación de nuevas áreas para la producción de bienes principalmente agropecuarios. En la práctica, se hace necesario proveer bienes y servicios para aquellas personas dedicadas a la actividad minera.

La singularidad de la concentración de población alrededor de la actividad minera, le imprime una dinámica cíclica que se mueve a través de diferentes espacios geográficos, formando o transformando territorios, en función de la disponibilidad y las condiciones de mercado del mineral a explotar o extraer.

La explicación dada por (Granados, 2010) sobre la colonización y el desarrollo de las regiones y a la dinámica cíclica del proceso de colonización-migración para la búsqueda de “nuevas tierras”, puede ser adaptada para entender este mismo fenómeno alrededor de la actividad minera. Incluso se puede asegurar, que la actividad minera es en muchos casos, el punto inicial en el ciclo de colonización-migración de un nuevo espacio geográfico y en consecuencia, de la consolidación de un nuevo territorio.

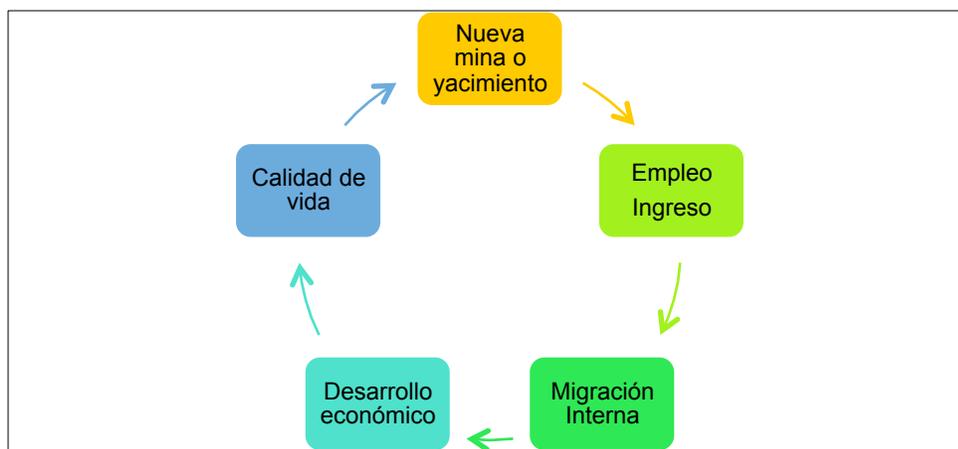


Figura 1. Ciclo de la colonización-migración alrededor de un nuevo descubrimiento de yacimientos minerales

Fuente: Pimentel R. (2018), adaptado de (Granados, 2010)

Por tratarse de una actividad de alto impacto económico y social, el petróleo no ha sido ajeno a estos fenómenos de colonización-migración. Sin embargo, la particularidad de esta colonización se centra en que las grandes migraciones se producen tras la instalación de una empresa que “representa” al Estado colombiano, con facultades legales para ocupar el espacio geográfico y desarrollar allí una actividad de interés general, como se explicará más adelante.

Muchos de los procesos migratorios de gran escala en el país han evidenciado una relación directa con la explotación petrolera. Granados (2010) resalta por ejemplo que “el proceso de colonización se vivió en regiones como la Amazonía, el Caquetá, Meta, Putumayo, Valle del Cauca, Caldas, Guaviare, Casanare, ligado a la explotación de materias primas y minerales como el caucho, la tagua, el oro, la papa, el café, el petróleo, la coca y también la ganadería.” (p. 22)

En su estudio sobre el caso del petróleo en el Casanare, Gaviria, Zapata & González (2002) resaltan la capacidad transformadora de la actividad petrolera y su incidencia directa en el espacio geográfico y en el territorio, al afirmar que:

La explotación de grandes yacimientos de petróleo, un recurso natural no renovable, es un evento económico que cambia radicalmente la situación económica de un municipio, una región y un mismo país. La explotación tiene efectos directos e indirectos sobre la actividad económica nacional y regional. Las economías regionales se dinamizan y las condiciones macroeconómicas mejoran con las nuevas reservas y los nuevos recursos fiscales. Pero no todo es positivo. Las bonanzas generan corrupción y desperdicio; además las economías regionales tienen que enfrentar procesos migratorios desordenados y de gran magnitud (p. vii).

Ya sea para bien o para mal, la industria de los hidrocarburos ha sido y seguirá siendo un generador de grandes transformaciones del espacio geográfico, y un determinante de alto impacto en la reconfiguración del territorio. Adicionalmente, la mera expectativa por la demanda de bienes y servicios en las áreas de influencia directa de campos petroleros, ha sido y seguirá siendo un especial foco de atracción para los migrantes.

En el presente del país, la renta petrolera es una fuente imprescindible de recursos para el Estado. Para el gobierno actual el petróleo es una de las “locomotoras” de la economía, y a partir de ella se generan gran parte de los recursos que necesita el Estado para su funcionamiento.

Los recursos que percibe el Estado por cualquier actividad minera provienen bien sea de impuestos o de regalías⁴ (Constitución Nacional, Art. 160).

Para Aguilar & Bustos (como se citó en Henao & Montoya Pardo, 2016) mientras que los intereses del inversionista o empresario, principalmente extranjero, se centran en las utilidades generadas por la actividad minera; los del Estado son más complejos de comprender, ya que sus aspiraciones pretenden el fortalecimiento de la actividad minera con la industria nacional, y mejorar la calidad de vida de sus ciudadanos con más y mejores empleos para aumentar así el desarrollo regional en las áreas de influencia del proyecto minero. Lo anterior, como contraprestación o beneficio de la existencia de recursos mineros en su territorio. Adicionalmente, el Estado tiene la obligación de garantizar el autobastecimiento energético. (p.386)

De acuerdo con los datos de la (Asociación Colombiana del Petróleo, 2016) las exportaciones de petróleo llegaron a representar hasta el 55% del total de las exportaciones del país en el año 2013. Tras la caída internacional de los precios y la caída de la producción nacional, para el año 2016 las exportaciones de petróleo equivalían al 33 % de las exportaciones totales nacionales (US\$ 7.548 millones).

Según cifras del (DANE, 2017) correspondientes al segundo trimestre de 2017, la extracción de petróleo crudo y gas natural disminuyó en 5,4%, respecto al mismo periodo el año anterior. La disminución en el valor agregado de extracción de petróleo crudo y gas natural estuvo relacionada con el descenso de la producción de gas en 10,1% y de petróleo crudo en 5,2%.

⁴ La explotación de un recurso natural no renovable causará, a favor del Estado, una contraprestación económica a título de regalía, sin perjuicio de cualquier otro derecho o compensación que se pacte. La ley determinará las condiciones para la explotación de los recursos naturales no renovables (Constitución Nacional, 1991).

La producción petrolera en Colombia se concentra en la región andina, la costa caribe y los llanos orientales. De acuerdo con cifras de la ANH, la producción del país por departamentos es encabezada por el Meta, con un 49,9% del total de la producción del país, seguido de Casanare con el 19,3%, Santander con el 6.8%, Arauca con el 5.1%, Putumayo con el 4%, y Boyacá con el 3%. (Gerente, 2017)

Otros departamentos con historia en la producción petrolera nacional son: Huila, Tolima, Cundinamarca, Norte de Santander, Guajira, Bolívar y Magdalena.

Según cifras de 2016, el 60 % de la producción del país se concentra en 20 campos petroleros. De un total de 450 áreas, solo el 4,4 % tienen el grueso del crudo que se extrae en Colombia. (El Tiempo, 2017)

Tabla 2. Principales campos petroleros productores en 2016 (Producción Promedio Diaria_ ppd)

Puesto	Campo	Operador	Departamento	Municipio	ppd (2016)
1	Rubiales	Ecopetrol	Meta	Puerto Gaitán	132000
2	Castilla	Ecopetrol	Meta	Castilla La Nueva	121363
3	Chichimene	Ecopetrol	Meta	Castilla La Nueva- Acacias	74052
4	Quifa	Pacific E & P	Meta	Puerto Gaitán	46557
5	Pauto Sur	Equión	Casanare	Yopal	26553
6	La Cira- Infantas	Ecopetrol	Santander	Barrancabermeja	32902
7	Caño Limón	Occidental de Colombia- Ecopetrol	Arauca	Arauca- Arauquita	20930
8	Yariguí- Cantagallo	Ecopetrol	Bolívar- Santander	Cantagallo- Puerto Wilches	16644
9	Moriche	Mansarovar Energy	Boyacá	Puerto Boyacá	14781
10	Costayaco	Gran Tierra Energy	Putumayo	Villagarzón	12840
11	Avispa	Pacific E & P	Meta	Cabuyaro	11625
12	Ocelote	Hocol SA	Meta	Puerto Gaitán	11228
13	Casabe	Ecopetrol	Antioquia	Yondó	10765
14	Chipirón	Occidental de Colombia- Ecopetrol	Arauca	Arauca	10459
15	Túa	Geopark	Casanare	Tauramena	9709
16	Guando	Ecopetrol	Tolima	Melgar	7787
17	Jacana	Geopark	Casanare	Villanueva	7477
18	Moqueta	Gran Tierra Energy	Putumayo	Mocoa	6730
19	Floreña	Ecopetrol	Casanare	Yopal	6434
20	Cupiagua	Ecopetrol	Casanare	Aguazul	5358

Fuente: Tomado de (El Tiempo, 2017) y complementado con datos de (Agencia Nacional de Hidrocarburos, s.f.)



Figura 2. Ubicación de los principales campos productores de petróleo en 2016

Fuente: Pimentel R. (2018), elaboración propia.

5.1.3. El Petróleo y el conflicto con la tierra

Hablar de minería y particularmente de petróleo, es hablar de conflicto. Ya sea porque la extracción la realiza una compañía extranjera, porque se da mayor oportunidad laboral a los migrantes que a los nativos, porque se encarecen los bienes y servicios o el precio de los inmuebles, porque se acentúan problemas sociales como la prostitución, la drogadicción o la inseguridad, porque se producen afectaciones al medio ambiente, porque se genera corrupción, porque no se obtiene el desarrollo local o regional esperado, etc.

Son precisamente estos conflictos, sus particularidades y consecuencias, las que conllevan a posiciones a favor y en contra frente al desarrollo de la actividad a lo largo y ancho del territorio colombiano.

La línea de tiempo de las explotaciones petroleras en el país fue sintetizada por (Granados, 2010), en ella se refiere la caracterización de fases y espacios geográficos intervenidos en cada periodo de tiempo. (pp. 49-50)

Tabla 3. Fases del descubrimiento petrolero en Colombia y espacios geográficos intervenidos

Fase	Período	Espacio Geográfico
Magdalénica-motilona	1908- 1930 y 1930-1960	Magdalena, Santander, Norte de Santander y Cesar
Costeña	1910- 1920 y 1945-1970	Córdoba y Sinú (Territorio de los Zenúes)
Amazónica	1960- 1970	Caquetá, Amazonas, Vaupés, Putumayo (Territorio Kofán)
Llanera	1935- 1940 y 1975-2002	Arauca, Casanare y Meta

Fuente: Tomado de Granados (2010)

En la tabla anterior se observa como a partir de la década de los sesentas, la exploración- explotación se ha movilizado paulatinamente hacia los llanos orientales (Meta, Arauca y Casanare) y al sur-occidente, hacia el Putumayo. Tendencia que se mantiene actualmente según los datos de la tabla 2.

Existen diversas investigaciones centradas en detallar y/o analizar la evolución de los conflictos territoriales generados a partir de la actividad de hidrocarburos. En el estudio realizado por (Centro Nacional de Memoria Histórica _CNMH, 2015) se detallan pormenores de la historia de la actividad petrolera en departamento del Putumayo. De acuerdo con este documento, la actividad petrolera en esta zona del país, inició hacia 1922 con trabajos de exploración realizados por la Texas Petroleum Company (Texaco), se acentuó con la perforación de un pozo en cercanías del río Orito Pungo, el 29 de junio de 1963, y continuó hasta 1981. Entre 1982 y 1999, se presenta un periodo de letargo debido a la caída de la producción, a situaciones de orden público, y al cambio de la actividad económica local hacia la producción de hoja de coca. A partir de del año 2000, con la entrada en vigencia del denominado Plan Colombia⁵ se reactivó nuevamente la industria, apoyada por la transformación de Ecopetrol y el surgimiento de la ANH.

La ocupación de la tierra para la explotación petrolera, los conflictos con los nativos (principalmente indígenas) y con los migrantes provenientes de diversas regiones del país, contrapuesta a la posición del Estado y las empresa petroleras, principalmente Texaco; son objeto de una cronología detallada de hechos y situaciones a lo largo del documento.

Este estudio de CNMH, y principalmente, el capítulo relacionado con la evolución del conflicto por la tierra en esta región del país, permite

⁵ Plan Colombia (también llamado Plan para la Paz y el Fortalecimiento del Estado o Plan Colombia para la paz) es un acuerdo bilateral constituido entre los gobiernos de Colombia y Estados Unidos. Se concibió en 1999 durante las administraciones del presidente colombiano Andrés Pastrana Arango y el estadounidense Bill Clinton con los objetivos específicos de generar una revitalización social y económica, terminar el conflicto armado en Colombia y crear una estrategia antinarcótica. (Wikipedia, s. f.)

entender y o identificar el multiespectro de las posibles causas de las diferencias entre las posiciones de los distintos actores (población- Estado- Industria) respecto de la conveniencia o no de la explotación de hidrocarburos en un territorio determinado.

El caso del Putumayo es tan solo un ejemplo, y comparte similitudes con el desarrollo de la actividad en otras regiones del país.

Del análisis sobre la “divergencia” de intereses entre gobierno e inversores en la explotación de recursos naturales realizado por Aguilar & Bustos (como se citó en Henao & Montoya Pardo, 2016) se puede plantear que el origen de los conflictos entre la minería y sus actores radica en que:

Los intereses involucrados dentro de la actividad minera son diversos; en principio, los del Estado, como dueño del subsuelo; los de los inversionistas como dueños del capital y del know-how; los de los trabajadores directos e indirectos, como dueños del capital de trabajo; des de quienes detentan algún derecho sobre el suelo, como los afectados por el yacimiento minero cuyos intereses se ven directamente comprometidos, y quienes finalmente son los actores principales de esta actividad. De igual manera, están presentes los intereses de la sociedad contemporánea que dependen de la explotación sostenible de los minerales para mantener sus altos niveles de consumo y de búsqueda de progreso (p. 385)

En lo referente a la mejor forma de conciliar esta divergencia, el mismo autor plantea el equilibrio de la balanza en términos de la “eficiencia económica” que conlleve a una distribución más justa, en la que se pueda conciliar la “renta económica” centrada en el gravamen de las ganancias y no de los ingresos, y la “tasa de descuento” la cual deberá ser baja para permitir un mayor tiempo para compartir los ingresos generados por la actividad. (pp. 388- 389)

Como se explicará a mayor detalle en el capítulo 6 del presente documento (marco legal), la ocupación de tierras para la actividad petrolera puede hacerse por adquisición de derechos (arrendamiento), cuando la ocupación es transitoria; por adquisición de derechos reales (compraventa o expropiación); por adquisición de derechos de servidumbre (**negociación directa** o imposición por vía judicial), con base en los lineamientos establecidos en la Ley 1274 de 2009; o por reserva de áreas para esta actividad (facultad del Estado).

En lo relacionado con la normatividad aplicable a la servidumbre petrolera y específicamente en su análisis sobre los vacíos jurídicos de la Ley 1274 (Arévalo & Fajardo, 2012), se concluye que aquello que se define como “vacíos de la norma” y la necesidad recurrente de acudir a conceptos de altos tribunales judiciales como la Corte Constitucional, justifican la revisión de la legislación que soporta la precitada Ley y la revaluación de conceptos como el del impacto económico sobre los predios y su explotación, al momento de establecer las indemnizaciones. (p.367)

No obstante lo anterior, la normatividad vigente para las servidumbres petroleras y puntualmente para la negociación directa, es la que se debe aplicar hasta cuando no exista una norma contraria o que modifique la vigente.

Los aspectos que generan conflicto con los propietarios de los predios objeto de servidumbre de hidrocarburos, tienen origen múltiple. A continuación se resumen los principales.

Tabla 4: Resumen de los principales generadores de conflicto por servidumbre de hidrocarburos

Generador del conflicto	Justificación
Obligatoriedad de la servidumbre	Por tratarse de una actividad de interés general, la servidumbre petrolera es inoponible El predio debe soportar las servidumbres que requiera la industria de los hidrocarburos para ser desarrollada
Indemnización por daños	La indemnización debe considerar todos los daños objetivos (cuantificables económicamente) no los subjetivos (apegos, arraigos, emociones, etc.)
Preocupación por afectaciones más allá del área de la servidumbre	El propietario normalmente percibe cualquier infraestructura petrolera como un elemento peligroso y altamente invasivo, que puede afectar el predio y la actividad que en él se realiza, más allá del área de la servidumbre.
Aspecto fiscal y valoración injustificada de la tierra	Como gravamen, las servidumbres no otorgan propiedad. En consecuencia, el dueño del predio es el responsable del pago de impuestos, tasas y contribuciones. La presencia de la actividad puede generar zonas geoeconómicas con mayor valor, que a su vez pueden incidir en el avalúo de los predios
Sentimiento de desventaja	El común de la población percibe la industria como una actividad altamente ventajosa para la empresa petrolera y desfavorable para el Estado y particularmente, para los pobladores del área de influencia. (Algunos propietarios consideran que sería justa una participación en las utilidades del negocio)
Diferencias con sus vecinos o con la comunidad	La negociación directa de servidumbres puede acarrear malestar con propietarios de predios vecinos o miembros de la comunidad. (Este malestar también puede provenir de grupos al margen de la ley)
Problemas de seguridad	Es común que erróneamente las personas asocien las indemnizaciones por servidumbre petrolera, a grandes sumas de dinero. Esto puede afectar la seguridad del propietario y de su familia

Fuente: Pimentel, R. (2018). Elaboración propia.

Son precisamente los conflictos generados con la ocupación de la tierra para el desarrollo de las actividades de la industria petrolera, los que sin duda llevarán a identificar las variables que son objeto de la presente investigación.

5.2. LA TOMA DE DECISIONES Y EL PROCESO ANALÍTICO JERÁRQUICO (ANALYTIC HIERARCHY PROCESS_AHP)

5.2.1. Teoría de la decisión

Las decisiones son algo inherente al comportamiento diario de los seres humanos, si se entiende que en casi todos los instantes de nuestro actuar consciente e incluso inconscientemente (por simple repetición); identificamos un problema, planteamos las alternativas de solución y seleccionamos aquella que está disponible y que, a nuestro juicio, lo soluciona o satisface.

(Mckenna, 1980) refiere y esquematiza en forma análoga y comparativa los instantes anteriormente referidos y nos muestra el proceso de toma de decisión a través de los cuestionamientos de John Dewey, las fases de Herbert Simon, el modelo racional y las etapas de planificación.

<i>Interrogantes de Dewey</i>	<i>Fases de Simon</i>	<i>Modelo Racional</i>	<i>Etapas de planificación</i>
<i>¿Cuál es el problema?</i>	<i>Inteligencia</i>	<i>Definir el problema</i>	<i>Normativa (Establecimiento de metas)</i>
<i>¿Cuáles son las alternativas?</i>	<i>Diseño</i>	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="font-size: 2em; margin-right: 5px;">{</div> <div style="text-align: center;"> <i>Búsqueda de alternativas</i> <i>Evaluación de alternativas</i> </div> <div style="font-size: 2em; margin-left: 5px;">}</div> </div>	<i>Estrategia</i>
<i>¿Cuál es la mejor Alternativa?</i>	<i>Selección</i>	<i>Selección de alternativas</i>	
	<i>Inteligencia</i> <i>Diseño</i> <i>Selección</i>	<i>Implementación de alternativas</i>	<i>Táctica</i>

Figura 3. Proceso de toma de decisión representado en varios paradigmas

Fuente: Tomado de (Mckenna, 1980)

Por razones obvias, el modelo será más o menos complejo, en función de las diferentes variables de las que dependen cada una de las alternativas, e incluso de la trascendentalidad o las implicaciones de la decisión que se deba tomar (grado de responsabilidad).

Lo anterior ha llevado a que la toma de decisiones recurra al rigor científico, a análisis matemáticos especiales y al surgimiento de toda una serie de teorías, técnicas y métodos, desarrollados a la par con avances informáticos, citados como sistemas interactivos de ayuda a la decisión por (Martínez & Escudey, 1997).

En lo concerniente a los ambientes de decisión y con base en el origen de los datos asociados al problema que se intenta resolver, las decisiones se pueden clasificar en tres tipos (Bruno & Hurtado, 2005).

- **Situaciones de decisión bajo certeza.** Se presenta cuando el decisor posee la información completa para conocer con anticipación el resultado de la selección de cada una de las alternativas.
- **Situaciones de decisión bajo riesgo.** Se presenta cuando el decisor no posee la información completa para conocer con anticipación el resultado de la selección de alguna alternativa, por lo que deberá estimar la probabilidad de ocurrencia para cada una de ellas.
- **Situaciones de decisión bajo incertidumbre.** Se presenta cuando el decisor no posee información completa sobre las alternativas y sobre los resultados que se obtendrán con la selección de cada alternativa.

5.2.2. La metodología multicriterio para la toma de decisiones

Según Caballero R. & Fernández G. (como se citó en Moreno Jimenez, 2002) se denomina Decisión Multicriterio a:

El conjunto de aproximaciones, métodos, modelos, técnicas y herramientas dirigidas a mejorar la calidad integral de los procesos de decisión seguidos por los individuos y sistemas, esto es, a mejorar la efectividad, eficacia y eficiencia de los procesos de decisión, y a incrementar el conocimiento de los mismos (valor añadido del conocimiento). De esta forma, las Técnicas de Decisión Multicriterio permiten una resolución más realista y efectiva del problema sin tener que recurrir, como ocurre con los enfoques tradicionales a la rígida reducción a una escala monetaria (p.26).

(Martínez & Escudey, 1997) plantean que: “La denominada Decisión Multicriterio es un campo interdisciplinario alimentado por fuentes muy diversas. En esencia, la Decisión Multicriterio es una optimización con varias funciones objetivo simultáneas y un único agente decisor” (p.35).

Con respecto al binomio conocimiento-razonamiento, Funowicz y Ravetz (como se citó en Columbia University, 1991) lo refieren como aquel: “En el que se integra lo racional del proceder científico con lo emocional del comportamiento humano” (p.137).

Según (García, 2010) la decisión multicriterio puede ser continua, también llamada decisión multiobjetivo, cuando atiende un número infinito de alternativas; o discreta, cuando atiende un número finito, generalmente pequeño, de alternativas. En cada caso existen métodos de decisión a aplicar.

5.2.3. Analytic Hierarchy Process (AHP) o Proceso Analítico jerárquico (PAJ)

El AHP o Proceso Analítico Jerárquico fue desarrollado por Thomas L. Saaty en la década de los 70. Es una técnica utilizada regularmente para la toma de decisiones con atributos múltiples, y según su autor, el método está diseñado para hacer frente tanto a lo racional como a lo intuitivo, y para seleccionar lo mejor de una serie de alternativas evaluadas con respecto a diferentes criterios (Saaty & Vargas, 2012).

Este es un método utilizado para la decisión multicriterio discreta, estructurado a partir de la comparación por pares presentados en una matriz que lleva el mismo nombre.

(Saaty & Vargas, 2012) definen el AHP como:

Una teoría descriptiva en el sentido de las ciencias físicas. Trata a las personas por separado de las situaciones en las cuales se encuentran, porque hasta ahora no existe una teoría completa integrada de factores económicos, políticos, ambientales y culturales que nos permita deducir los principios óptimos para el comportamiento de las personas (p.11).

Por tratarse de un modelo matemático, este método permite la evaluación de los juicios emitidos para llegar a la decisión en cada uno de sus niveles, a través del análisis de consistencia de la matriz de comparación.

De acuerdo con lo planteado por (Saaty & Vargas, 2012) este método permite su utilización en diferentes campos (industria, gobierno, medio ambiente, etc.), y ha tenido aplicaciones en toma de decisiones multicriterio, planificación y asignación de recursos, y en la resolución de conflictos. Se puede afirmar que esta es una metodología versátil que permite tomar decisiones en diferentes escenarios con múltiples variables interrelacionadas entre sí.

El método AHP desagrega el problema en subproblemas, de tal forma que lo simplifica y sintetiza, llevándolo a comparaciones pareadas en las cuales el decisor emite juicios cualitativos con base en una escala de preferencias preestablecida.

De acuerdo a Caballero R. & Fernandez G. (como se citó en Moreno Jimenez J. M., 2002) el propósito de la metodología para Saaty era que esta fuese:

- Simple en su construcción
- Adaptable a las decisiones individuales y en grupo
- En concordancia con nuestros pensamientos, valores e intuiciones
- Orientada a la búsqueda del consenso
- Que no requiera una especialización suprema para su aplicación

5.2.3.1. Etapas del proceso AHP

Juan (2015) plantea que el proceso AHP propuesto por Saaty se divide en las siguientes etapas:

- **Construcción del modelo.** Esta es quizás la etapa más compleja y determinante del proceso, debido a que demanda toda la capacidad del decisor y/o del grupo de expertos, para desagregar o descomponer el problema en criterios y alternativas, en cada uno de los niveles de jerarquía.

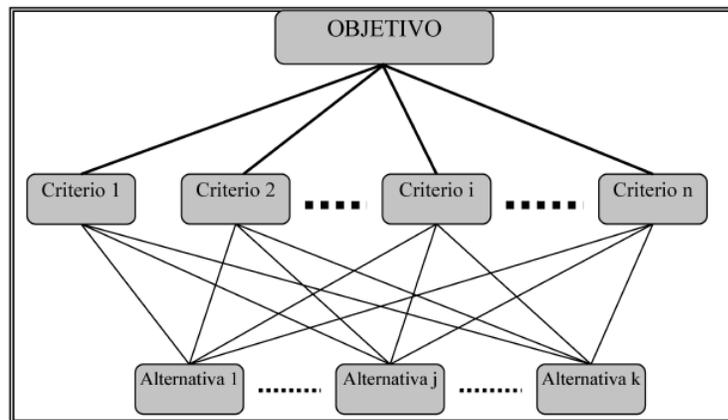


Figura 4. Modelo jerárquico para la toma de decisiones con AHP

Fuente: Tomado de (García, 2010)

En cada nivel se agrupan elementos del mismo orden y magnitud, que se comparan entre sí, para garantizar que todas las variables involucradas en la decisión sean objeto de análisis y participen en la toma de la decisión; además, deben relacionarse con alguno, algunos o todos los elementos del siguiente nivel.

La jerarquía resultante debe ser completa, además por su carácter de método matemático, como se explicará más adelante, debe cumplir con la

transitividad en cuanto a las preferencias, y excepcionalmente (escenario ideal) con la proporcionalidad de las mismas.

En cada uno de los niveles se construye la respectiva matriz de comparación.

- **Valoración de los elementos.** Una vez jerarquizada y establecidos los elementos de cada nivel, se debe proceder a la valoración, para lo cual el decisor debe emitir sus juicios de valor o preferencia.

En esta etapa, el método permite transformar juicios de valor cualitativos en juicios cuantitativos, mediante la comparación pareada de cada uno de los criterios y alternativas, con el fin de establecer la importancia de uno respecto a los otros con base en la escala de medida propuesta por Saaty.

La escala referida le permite al decisor expresar sus preferencias entre dos elementos de forma verbal (cualificar) y representarla mediante un valor numérico (cuantificar).

Esta parte del método explota uno de los dos tipos de comparación que pueden realizar los seres humanos, denominada comparación relativa, que consiste en comparar pares de elementos con base en un atributo en común.

El resultado de estas comparaciones es una matriz cuadrada, recíproca y positiva, denominada “Matriz de comparaciones pareadas”, planteada de forma tal que cada uno de sus componentes muestra la intensidad de preferencia de un elemento frente a otro respecto del atributo considerado.

Tabla 5. Escala fundamental de números absolutos

Intensidad o importancia	Definición	Explicación
1	Igual importancia	Las dos actividades contribuyen igualmente al objetivo
2	Débil o leve	
3	Moderada importancia	La experiencia y el juicio favorecen levemente a una actividad sobre la otra
4	Más moderada	
5	Notable importancia	La experiencia y el juicio favorecen notablemente a una actividad sobre la otra
6	Más fuerte	
7	Muy fuerte o moderada importancia	Un elemento domina fuertemente. Su dominación está probada en la práctica
8	Muy, muy fuerte	
9	Extremadamente importante	La experiencia favorece una actividad sobre la otra y su magnitud es del más alto orden posible de afirmación
Recíprocos de los anteriores	Si al comparar la actividad i con la j se ha obtenido uno de los valores anteriores, al comparar j con i se le asigna el valor inverso	Es una suposición razonable
1,1- 1,9	Si las actividades son muy próximas, se añade un decimal para mostrar sus diferencias de una forma más apropiada	Es difícil asignar el mejor valor cuando comparamos actividades muy cercanas contra otras más alejadas. Utilizando números pequeños, estos pueden indicar mejor la importancia relativa de las actividades.

Fuente: Tomado de (Saaty & Vargas, 2012)

- **Priorización y síntesis.** El objetivo de esta etapa es se centra en cuantificar la prioridad de cada uno de los elementos, entendiendo la prioridad como el resultado de los juicios realizados por el decisor al comparar cada par de elementos.

Teniendo en cuenta que el principio del método se centra en la jerarquización de los criterios, esta jerarquía u ordenación se obtendrá luego establecer las prioridades de los elementos comparados con base en sus atributos comunes.

La síntesis no es otra cosa que la desagregación del problema en los criterios o alternativas a comparar, seleccionando aquellos que son verdaderamente relevantes para encontrar la solución del problema.

Existen distintos métodos matemáticos para calcular el vector de pesos relativos, sin embargo, el seleccionado por Saaty en su método es el del vector propio o eigenvector por la derecha.

- **Análisis de Consistencia de la matriz.** El AHP prevé una manera de verificar la objetividad de los juicios del decisor, y para ello recurre a la evaluación de la consistencia de la matriz, a través de un valor denominado razón de consistencia; que de acuerdo con lo establecido para este método específico, debe ser menor o igual a 0,1.

5.2.3.2. Síntesis matemática del método AHP

- **Axiomas que sustentan el método AHP.** Según Saaty & Vargas (2012) el método AHP debe cumplir con cuatro axiomas principales para garantizar que el resultado obtenido sea consistente y en últimas, que la decisión tenga un verdadero sentido.

Los axiomas a cumplir son los siguientes:

- a. Reciprocidad. Dadas las alternativas A_i y $A_j \in A \times A$, la intensidad de la preferencia de A_i sobre A_j es inversa a la intensidad de la preferencia A_j sobre A_i .

Este axioma reduce las comparaciones a $n(n-1)/2$, donde n es el orden de la matriz de comparaciones.

- b. Homogeneidad. Cuando se comparan alternativas, no es posible que la una sea infinitamente superior a la otra, para ello el método dispone de una escala acotada.

- c. Dependencia. Los problemas de decisión pueden ser formulados como una jerarquía.

En la jerarquización se debe garantizar que los elementos de un nivel dependen de manera jerarquizada y unidireccionalmente (de mayor a menor) del nivel superior consecutivo.

- d. Expectativas. La jerarquía es un modelo que representa todos los criterios y alternativas.

El modelo debe permitir evidenciar cada una de las alternativas y/o criterios a tener en cuenta en el proceso de decisión.

- **Descripción matemática del método AHP.** Como se dijo anteriormente, se inicia con la matriz de comparaciones pareadas A , la cual se presenta de la siguiente manera:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \dots & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

Moreno (2002) explica que el procedimiento de Saaty es el método del autovector por la derecha, que se basa en el teorema de Perron Frobenius, y proporciona las prioridades locales resolviendo el sistema:

$$Aw = \lambda_{max} w \quad \text{con} \quad \sum_j w_j = 1 \quad (\text{Ecuación 1})$$

Dónde A es la matriz recíproca de comparaciones pareadas, λ_{max} el autovalor principal de A y $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ es el vector de las prioridades locales medidas en la escala fundamental establecida por Saaty.

Resalta Moreno (2002) que una de las maneras de hallar la solución es la aplicación del método de la normalización (modo distributivo) de la media geométrica por filas, ha sido ampliamente utilizado en los últimos años por sus propiedades calculistas y psicológicas; y consigue un valor que coincide con el obtenido por el método de Saaty cuando $n \leq 3$, y da valores muy aproximados para cualquier otro valor de $n > 3$.

Plantea el autor que cuando se dispone de una escala, las prioridades relativas de los elementos que cuelgan de un nodo son conocidas directamente. Esto equivale a afirmar que si los pesos ($w_i, i = 1, 2, 3, \dots, n$) fuesen conocidos, la matriz recíproca de comparaciones pareadas de los pesos W será la siguiente, planteada como $W = (w_i/w_j)$; quedará de la siguiente manera:

$$W = \begin{bmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & \dots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & \dots & w_2/w_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_n/w_1 & \dots & \dots & w_n/w_n \end{bmatrix}$$

Para Saaty & Vargas (2012), existen infinitas formas para llegar al vector de prioridades de la matriz W, sin embargo, el énfasis en la consistencia conduce a la formulación del valor propio de la ecuación 2, en el que w corresponde a las prioridades $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)$.

Para obtener el vector de pesos a partir de la matriz W, se debe resolver la ecuación 2, planteada en función de la ecuación 1; y posteriormente como un sistema matricial de autovector por la derecha, según lo propuesto por Saaty:

$$W \cdot w = \lambda \cdot w \quad (\text{Ecuación 2})$$

En forma matricial, quedaría de planteada de la siguiente forma:

$$\begin{bmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & \dots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & \dots & w_2/w_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_n/w_1 & \dots & \dots & w_n/w_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} = \lambda \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix}$$

El rango⁶ de la matriz W es 1, debido a que cada fila es múltiplo constante de la primera, por ello, esta matriz cuenta con un único valor propio distinto de cero. Como la traza⁷ de W $tr(W)$ es igual a la sumatoria de los valores propios $(\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n) = tr(W)$, y como todos los elementos de la diagonal de la matriz W son 1, entonces $tr(W) = n$; o sea que el único valor propio distinto de cero es igual al orden de la matriz.

Adicionalmente se puede evidenciar que la suma de los elementos de cualquiera de las columnas j en la matriz W, se expresa como $\frac{1}{w_j} \sum_{i=1}^n w_i = \frac{1}{w_j}$.

Moreno (2002) plantea que teniendo en cuenta que el rango de la matriz W es 1, el problema del autovector se reduce a:

$$Ww - nw, \text{ con } \sum_j w_j = 1$$

Para Moreno (2002) "Una forma sencilla de obtener el valor de $\lambda_{m\acute{a}x}$ si se conoce el valor exacto de w (o estimación) en forma normalizada, es sumar las columnas de A y multiplicar el vector resultante por el vector de prioridades w" (p.36).

- **Consistencia de la matriz pareada.** Caballero R. & Fernandez G. (como se citó en Moreno Jimenez J. M., 2002) recuerda que el método AHP condiciona la consistencia de la matriz pareada al hecho de que se cumpla estrictamente que $a_{ik} \cdot a_{kj} = a_{ij} \forall i, j, k$; sin embargo en la realidad se puede presentar que el decisor o el grupo de expertos puedan cometer errores en sus juicios de valor. Debido a lo anterior, el método considera indispensable determinar el grado de consistencia de A al que denomina Razón de Consistencia (RC), un Índice de Consistencia (IC) y un índice de Consistencia Aleatorio (ICA); todo esto para garantizar que el eigenvector sea verdaderamente representativo (Saaty & Vargas, 2012).

La razón de consistencia viene dado por la siguiente ecuación:

⁶ El rango de una matriz depende de las matrices cuadradas que se puedan hacer para calcular los determinantes. Si hay un determinante diferente de 0, el rango R es igual al número de matrices cuadradas.

⁷ Para una matriz A cuadrada, de tamaño nxn, se define la traza de A -tr(A)- a la sumatoria de los elementos de su diagonal.

$$RC = \frac{IC}{IC_{Aleat}} \leq 0,1 \text{ (Ecuación 3)}$$

Donde IC es el índice de consistencia, el cual viene dado por la ecuación:

$$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1} \text{ (Ecuación 4)}$$

Y IC_{Aleat} se define como el índice de consistencia aleatorio medio, obtenido mediante la simulación de 100.000 matrices recíprocas generadas aleatoriamente utilizando la escala fundamental de T. Saaty (Moreno Jimenez J. M., 2002).

Tabla 6. Índice de consistencia aleatoria de acuerdo al orden de la matriz

N	1	2	3	4	5	6	7	8
IC_{Aleat}	0	0,525	0,582	0,882	1,115	1,252	1,341	1,404
N	9	10	11	12	13	14	15	16
IC_{Aleat}	1,452	1,484	1,513	1,535	1,555	1,570	1,583	1,595

Fuente: Tomado de Saaty & Vargas, Models, methods, concepts and applications of the Analytic Hierarchy Process, 2012

Con base en lo anterior se tiene que:

- Si $RC = 0$ entonces la matriz es consistente
- Si $RC \leq 0,1$ entonces la matriz R tiene consistencia aceptables o admisible
- Si $RC > 0,1$ entonces la matriz A es inconsistente y en consecuencia se deberán revisar los juicios del decisor y/o del grupo de expertos.

5.3. RIESGO, AMENAZA Y VULNERABILIDAD

5.3.1. El riesgo y su gestión

La palabra “riesgo” abarca un amplio conjunto de definiciones y connotaciones de acuerdo con el área del conocimiento, ámbito o espacio sobre el cual se contextualice.

Johnston, Derek & Smith (2000) definen el riesgo como:

La probabilidad de que se produzca una serie de resultados posibles a partir de una decisión o de una vía de acción. En sentido estricto, existe riesgo cuando se conocen las probabilidades que se pueden asignar a esos resultados. Por lo tanto, el riesgo se diferencia de la incertidumbre porque en esta última no pueden establecerse las probabilidades. Las empresas prefieren trabajar las condiciones de riesgo antes que hacerlo con incertidumbre, debido a que la naturaleza del riesgo se puede calcular (p. 499).

Como lo define el grupo GRAVITY (como se citó en Chardon & González, 2002) el riesgo es también “la medida de las pérdidas esperadas debidas a un evento u ocurrencia de un evento (amenaza) de una magnitud particular que ocurre en un área dada y en un momento específico...” (p.23).

Según la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (2009) el riesgo se define como: “La combinación de la probabilidad de que se produzca un evento y sus consecuencias negativas” (p.29).

Con base en esta misma definición el Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño (s.f.) presenta el riesgo como una ecuación matemática en los siguientes términos:

$$\text{Riesgo} = \text{Amenaza} * \text{Vulnerabilidad} \text{ (Ecuación 5)}$$

Dependiendo del enfoque o la finalidad de cada investigación, esta ecuación tendrá una mayor cantidad de variables (prevención, mitigación, exposición física, población, etc).

Tan dinámico como el espacio o escenario en el que se evidencia el riesgo, es su evolución. Nuevas actividades del ser humano generan nuevos riesgos.

Sobre el particular y refiriéndose a la incertidumbre y al riesgo (Bravo & Sánchez, 2012) expresan que “... antes de la década de los 70 muchos riesgos de la actualidad sencillamente no ocurrían” (p.3).

La dinámica cambiante de los escenarios que hoy día enfrenta la industria petrolera, distintos a los de comercialización del crudo y sus derivados y/o a los riesgos técnicos de los procesos de la cadena de valor; se relacionan principalmente con la resistencia de los habitantes de un territorio para que se desarrollen allí actividades petroleras, y de los propietarios u ocupantes de los predios, a que se constituyan sobre estos servidumbres de hidrocarburos. Estos fenómenos adversos a la industria, requieren sin duda de nuevos estudios de riesgo y de su respectiva gestión.

Henao & Ramírez (2013) identifican cuatro tipos de riesgo para un proyecto de exploración sísmica en hidrocarburos. El primero se relaciona con el entorno, y tiene que ver con situaciones o amenazas que se relacionan con lo legal, ambiental, económico, fiscal, institucional, y socio político del área de influencia del proyecto. El segundo se enfoca en los riesgos estratégicos del proyecto, atribuibles principalmente a la empresa de hidrocarburos, y relacionados con: imprevistos, alteración del flujo de caja, multas y sanciones, demandas, etc. El tercero se alinea con la asignación de recursos, y también atañe a la empresa petrolera. El cuarto y último, se

relaciona con los riesgos propios del negocio y/u operacionales, y tiene que ver entre otros, con el conjunto de actividades indispensables para el aseguramiento de las áreas requeridas por la empresa (gestión inmobiliaria del área de tierras) las cuales sufren retrasos, reprocesos o y/o sobrecostos debido a múltiples factores y errores de planeación o ejecución. (s.p.)

En lo relacionado con la importancia y a la necesidad de gestionar el riesgo, desde el punto de vista de las organizaciones, y refiriéndose al concepto del manejo integral del riesgo, (Bravo & Sánchez, 2012) resaltan que:

... se busca que se incluya dentro de la administración de los riesgos, no solamente el punto de vista financiero, sino que paulatinamente avancen e involucren a toda la empresa teniendo en cuenta otros riesgos, entre los que destacan los operacionales, los de ejecución de proyectos, los del proceso de toma de decisiones, del entorno, la relación armónica entre los diferentes grupos de interés y los de la definición estratégica, con lo que se busca el control de las múltiples situaciones adversas que se pueden presentar, y que implican el cumplimiento de regulaciones en el corto plazo, la supervivencia de hoy y el aprovechamiento de oportunidades en el mediano plazo (p. 5.).

De lo anterior se concluye que el riesgo se presenta en las diferentes áreas o niveles de una actividad y/u organización, y ello amerita su gestión. La transformación de la incertidumbre en riesgo es precisamente la gestión, y esta no es otra que aquella que surge de la identificación y cuantificación de las variables (amenaza y vulnerabilidad) que influyen de manera directa o indirecta en su dimensión.

5.3.2. Amenaza y vulnerabilidad, los otros términos de la ecuación

Cardona (como se citó en Chardon & González, 2002) define la amenaza como: “Un fenómeno natural, socio-natural, tecnológico, o antrópico en general, definido por su naturaleza, ubicación, recurrencia, probabilidad de ocurrencia, magnitud e intensidad” (p.5).

Según la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (2009), la amenaza es:

Un fenómeno, sustancia, actividad humana o condición peligrosa que pueden ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales (p.5).

En el mismo sentido, Cardona (como se citó en Chardon & González, 2002) la vulnerabilidad corresponde a:

El nivel o grado al cual un sujeto o elemento expuesto puede verse afectado cuando está sometido a una amenaza, donde el sujeto amenazado es aquel

que compone el contexto social o material de una comunidad, como los habitantes y sus propiedades, una actividad económica, los servicios públicos (p.8).

Por su parte la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (2009), la define como “Las características y las circunstancias de una comunidad, sistema o bien que los hacen susceptibles a los efectos dañinos de una amenaza” (p.34-35).

Completada la definición de los términos de la ecuación, lo que queda es plantearla en los términos del tipo de estudio del cual se ocupa la presente investigación.

6. MARCO LEGAL

6.1. MARCO JURÍDICO DE LOS HIDROCARBUROS

6.1.1. Los hidrocarburos y la propiedad en la historia de Colombia

La normatividad que se refiere al tema específico de los hidrocarburos ha experimentado una serie de cambios que iniciaron con la independencia de Colombia y continuaron hasta mediados del siglo XIX. En esta primera etapa, se conservó el principio de la propiedad del subsuelo por parte del Estado, basado en los mismos principios del modelo implantado por la Corona española.

Con la entrada en vigencia de la Constitución de 1858 y las constituciones liberales posteriores (1863 y 1868), las cuales implantaron el sistema federal en el país, se permitió cada uno de los estados estableciera su propio régimen de propiedad del subsuelo y allí la gran mayoría de estos, otorgaron títulos de propiedad del subsuelo amparados en el principio de accesión. Fue así como algunos particulares pudieron tener derechos sobre el subsuelo, y las minas pudieron ser objeto de comercio, con algunas restricciones.

La Constitución de 1886 por su parte retornó al modelo inicial, estableciendo de manera clara y absoluta que el subsuelo era de propiedad del Estado. Esta misma línea jurídica se ratificó con la Ley 60 de 1936, el Código de Petróleos y la Ley 20 de 1969.

De acuerdo con lo establecido por la Constitución Nacional (1991, art. 332), el subsuelo pertenece al Estado.

Pimiento (como se citó en Henao & Montoya, 2016) hace referencia textual a las consecuencias que genera la existencia del artículo 332 de la Constitución Nacional, según sentencia la C-567 de 1995 de la Corte Constitucional:

... a. Que el Estado es el propietario del subsuelo; b. Que éste es el titular originario de las regalías; c. Que las regalías por la explotación de los recursos naturales no renovables son una especie de contraprestación que hace parte del patrimonio del Estado; d. Que el Estado da participación a las mismas a las entidades territoriales, pero en los términos y condiciones determinados por la ley (p.40).

Sobre el mismo particular y de manera más precisa, la Ley 685 de 2001 (Código de Minas), resulta más explícita al establecer que los minerales que yacen en el suelo o el subsuelo pertenecen única y exclusivamente al

Estado y que la propiedad de estos resulta inalienable e imprescriptible; tal y como lo explica Pimiento (como se citó en Henao & Montoya, 2016).

6.1.2. Aprovechamiento de los yacimientos de hidrocarburos

El Decreto 1760 de 2003 expedido por el Ministerio de Minas y Energía, modificó la estructura y la distribución de competencias en el escenario de ña administración y el aprovechamiento de los hidrocarburos en el país. Por un lado se creó la Agencia Nacional de Hidrocarburos ANH para que administre y regule el sector, y por el otro, se transformó a la Empresa Colombiana de Petróleos ECOPETROL en una empresa comercial del Estado dedicada a la actividad de hidrocarburos en cualquiera de las actividades de la cadena de valor.

En lo referente al aprovechamiento de los yacimientos de hidrocarburos, éste puede ser realizado por el Estado de manera directa a través de ECOPETROL (Decreto 1760, 2003, art. 34) o mediante la figura de cualquiera de los tres tipos de contrato de asociación posibles entre el Estado y los particulares.

6.1.2.1. Tipos de contrato para aprovechamiento

- **Contrato de asociación.** Se origina en el Decreto 2310 de 1974, reglamentado por el Decreto 743 de 1975, y que deja en cabeza de ECOPETROL la obligación de explorar y explotar los hidrocarburos de la nación, de manera directa o en asociación con personas jurídicas nacionales o extranjeras.
- **Contrato de Exploración y Producción E&P (exploration and production).** Equivale a un contrato de concesión en el cual el Estado “entrega” un área del territorio a una persona jurídica nacional o extranjera para que esta explore y explote los hidrocarburos que allí subyacen.

Este modelo de contrato funciona en Colombia desde el 1° de septiembre de 2003, sustentado en el encargo legal realizado a la ANH como administrador de los contratos de exploración y explotación de hidrocarburos, de acuerdo con lo establecido en el Decreto 1760 (2003, art.19).

La figura de la concesión ha dado lugar a una disyuntiva entre quienes sostienen que esta es un acto administrativo y quienes manifiestan que esta es un contrato administrativo.

Luego de un análisis riguroso, Santos (como se citó en Henao & Montoya, 2016) (2016) afirma que:

De las anteriores posibilidades, la que sin duda se ajusta mejor a la realidad jurídica nacional es la teoría del contrato administrativo. En efecto la concesión administrativa es un verdadero contrato pues no puede desconocerse que se trata de un acuerdo de voluntades que necesariamente genera una relación bilateral, descartando con esto las teorías que pretenden que la concesión sea total o parcialmente un acto unilateral. Además, se trata de un contrato de derecho público, específicamente del derecho administrativo, se encuentran presentes, y en el contenido del contrato se permite, hasta el punto de ser obligatoria, la inclusión y el ejercicio por parte de la administración de cláusulas exorbitantes o excepcionales que, entre otras, autorizan la modificación, interpretación o terminación unilateral de la relación contractual (p.64-65).

- **Contrato de Evaluación Técnica TEA (technical evaluation agreement).** Consiste en la entrega de un área del territorio para que el evaluador determine e identifique mediante procesos técnicos, aquellas zonas con mayor factibilidad para extraer hidrocarburos, con la contraprestación de tener el derecho de prelación al momento de suscribir un contrato de E&P, sobre el área referida.

6.2. MARCO JURÍDICO DE LA SERVIDUMBRE DE HIDROCARBUROS

La servidumbre de hidrocarburos en Colombia, cuenta con una normatividad específica, implementada con el propósito de garantizar un procedimiento expedito para su constitución, y una reparación objetiva de todos los daños que con esta se causen.

6.2.1. Derechos superfiarios para la industria petrolera

Restrepo (2014) explica la regulación que le aplica a las empresas exploradoras, explotadoras o transportadoras de hidrocarburos en Colombia.

La síntesis de su análisis es el siguiente:

6.2.1.1. Adquisición de derechos reales

Teniendo en cuenta que el uso, y usufructo la hipoteca resultan insuficientes para el ejercicio de la actividad petrolera, la opción de la adquisición de la propiedad del inmueble es una decisión administrativa que depende de “la extensión de la porción a ocupar, el tiempo de permanencia, y en últimas, del análisis económico que haga la gerencia de la compañía que ejerce la actividad petrolera” (p.58-59).

La adquisición de los derechos puede darse de dos maneras:

- **Por compraventa.** Esta se da en el marco de una negociación formal que cumpla con todos los requisitos legales respecto a la adquisición y al

registro del acto en la oficina de registro de instrumentos públicos del círculo registral en el que se ubique el predio.

- **Por expropiación.** Según el Decreto 1056 (1953, art. 4) se realiza por solicitud al Ministerio de Minas y Energía, y puede ser de tipo judicial se sustentará en la utilidad pública de la actividad, y regulada por los artículos 84 a 87 del Código de Petróleos; o de tipo administrativo sustentada en la Ley 9 de 1989, modificada por los artículos 61 a 72 de la Ley 388 de 1997.

En ambos casos se deberá cumplir con el procedimiento legal establecido.

6.2.1.2. Adquisición del derecho de servidumbre petrolera

La adquisición del derecho de servidumbre petrolera se podrá realizar por negociación directa o por imposición vía proceso judicial, en el marco de los términos y procedimientos establecidos en la Ley 1274 de 2009.

6.2.1.3. Adquisición de derechos personales para el ejercicio de la actividad petrolera

Esta es una figura que contempla el arrendamiento de la totalidad o una parte del inmueble sobre el que se desarrollan actividades de la industria, por parte del propietario, poseedor o un tercero.

6.2.1.4. Reserva de áreas donde se desarrollan proyectos petroleros

Esta es una facultad del Estado para reservarse para sí aquellas áreas baldías que le son de su interés, en lo que se refiere a la actividad petrolera (Ley 20, 1969, art.12; Ley 160, 1994, art.75).

6.3. LA SERVIDUMBRE DE HIDROCARBUROS

El Código Civil define la servidumbre en su artículo 879, como “un gravamen impuesto sobre un predio, en utilidad de otro predio de distinto dueño”. Sin embargo, la servidumbre de hidrocarburos y en general la servidumbre minera, es una servidumbre de carácter especial que se centra en el interés general y la utilidad pública, de una actividad económica de gran envergadura que genera recursos para el Estado.

En lo referente a las servidumbres petroleras y a la utilidad pública de estas, (Restrepo, 2014) sostiene que:

La utilidad pública de la industria petrolera y el respeto de los derechos a los derechos adquiridos de los propietarios de los predios sobre los cuales se

desarrolla la actividad petrolera justifican la necesidad de constituir servidumbres para el beneficio de la misma (p.79).

Por otro lado, y en un concepto más amplio referido en general a la actividad minera, respecto de las servidumbres; Salgado (como se citó en Henao & Montoya, 2016) también afirma que:

Las servidumbres mineras son legales o forzosas, es decir, existen sin necesidad de acuerdo con el propietario del fundo sirviente. Tienen como características especiales que se imponen en beneficio de una actividad (y no en beneficio de un predio) y que atienden a un criterio de necesidad (como en todas las servidumbres legales). La imposición de las servidumbres mineras tendría su justificación en la calificación de la que goza la actividad minera como de utilidad pública e interés social, a lo que ha seguido un amplio reconocimiento a nivel normativo al privarlas de un carácter taxativo: es decir, pueden tener por objeto innumerables actos de afectación del predio sirviente, que no se encuentran contemplados en la ley, y así el autorizado a la actividad minera puede ejercer todas las servidumbres necesarias para dicha actividad (p.311).

Como colofón de los conceptos expuestos se tiene lo establecido en el artículo 1° de la (Ley 1274 (2009, art.1):

La industria de los hidrocarburos está declarada de utilidad pública en sus ramos de exploración, producción, transporte, refinación y distribución. Los predios deberán soportar todas las servidumbres legales que sean necesarias para realizar las actividades de exploración, producción y transporte de los hidrocarburos, salvo las excepciones establecidas por la ley. Se entenderá que la servidumbre de ocupación de terrenos comprenderá el derecho a construir la infraestructura necesaria en campo e instalar todas las obras y servicios propios para beneficio del recurso de los hidrocarburos y del ejercicio de las demás servidumbres que se requieran (art. 1).

6.3.1. Características de la servidumbre de hidrocarburos

Con respecto a las características de la servidumbre petrolera, es preciso indicar que por ser de utilidad pública y favorecer la industria petrolera en lugar de un predio dominante, esta es de naturaleza administrativa por cuanto se fundamenta en el interés público.

Como ya se dijo anteriormente, por tratarse de una servidumbre que puede imponerse por mandato legal, su naturaleza es la de una servidumbre legal (Ley 1274, 2009, art. 1).

La servidumbre petrolera puede ser transitoria, hasta seis meses o permanente (Ley 1274, 2009, art. 6).

De igual manera se entiende que la servidumbre petrolera puede ser negativa, por cuanto prohíbe al dueño del predio desarrollar actividades

como la del tránsito y/o el uso libre del suelo en determinadas áreas; pero también puede ser positiva, por cuanto conmina al dueño, poseedor u ocupante del predio, a dejar hacer y/o construir la infraestructura que la empresa requiera para desarrollar el proyecto petrolero.

Con respecto al tiempo de la afectación, la servidumbre petrolera puede ser de ocupación permanente si perdura en el tiempo, o de ocupación transitoria si se requiere por un tiempo determinado.

Finalmente, la servidumbre petrolera puede ser aparente o inaparente, dependiendo de si la infraestructura petrolera instalada se observa o no a simple vista.

En lo que tiene que ver con el término o tiempo (vigencia) de la servidumbre petrolera, es preciso hacer notar que esta perdura mientras se mantenga la actividad petrolera y no se restringe a la duración del contrato o al simple abandono del terreno por parte de la compañía petrolera.

6.4. LEY 1274 DE 2009 Y LA NEGOCIACIÓN DIRECTA

La Ley 1274 de 2009 es la norma específica que define los términos y el procedimiento para la constitución de la servidumbre petrolera, bien sea por acuerdo (negociación directa) o por mandato judicial.

El proceso se inicia con el aviso formal al propietario, poseedor u ocupante; sobre el interés de la empresa de hidrocarburos en ocupar de manera permanente una franja específica del predio, con el propósito de desarrollar allí alguna de las actividades de la cadena de valor.

Con el cumplimiento de este y los demás requisitos que refiere este artículo de la Ley, se da inicio a la etapa de negociación directa de los derechos de servidumbre. Esta etapa cuenta con un término de 20 días contados a partir de la entrega formal del aviso de obra al propietario, poseedor u ocupante (Ley 1274, 2009, art. 2).

Cuando la negociación directa se lleva a feliz término, se procede a formalizar el acuerdo elevándolo a escritura pública, la cual deberá registrarse al folio de matrícula inmobiliaria del predio gravado; para constituir así legalmente la servidumbre petrolera (Ley 1274, 2009, art. 7).

Es importante resaltar que este trabajo se centra en la negociación directa y en el cumplimiento estricto de los requisitos legales que garanticen el registro de la servidumbre al respectivo folio de matrícula inmobiliaria.

De no darse para la negociación directa, bien sea por falta de acuerdo y/o por no poderse cumplir el requisito del registro de la servidumbre en el

folio de matrícula inmobiliaria, deberá seguirse el procedimiento para la imposición por vía judicial.

En cualquiera de estos escenarios que se tienen para la constitución de la servidumbre petrolera, la valoración de los daños deberá ser el resultado de un procedimiento técnico, que en todos los casos, deberá tener en cuenta las condiciones objetivas de afectación que se puedan presentar de acuerdo con el impacto que la servidumbre genere sobre el predio, atendiendo la indemnización integral de todos los daños y perjuicios, sin perjuicio de las reclamaciones posteriores que pueda presentar el propietario, poseedor u ocupante de los predios afectados por daños ocasionados a los mismos durante el ejercicio de las servidumbres (Ley 1274, 2009, art. 5).

Vale la pena mencionar que el precitado artículo 5 de la Ley 1274 (2009) establece claramente que para la valoración de los daños: “No se tendrán en cuenta las características y posibles rendimientos del proyecto petrolero, ni la potencial abundancia o riqueza del subsuelo, como tampoco la capacidad económica del contratista u operador”.

Adicionalmente se tiene que el daño a valorar es el daño material, es decir, el daño emergente y el lucro cesante, y en ningún caso, el daño inmaterial.

Una vez valorados los daños, lo que sigue es adquirir los derechos de la servidumbre petrolera, y para ello se cuenta con la posibilidad de la negociación directa o la de la imposición por vía judicial.

El esquema del anexo C resume la línea de tiempo de los términos y el protocolo exigido por la Ley 1274, para la constitución de la servidumbre petrolera.

6.4.1. Restricciones para la negociación directa de servidumbres

6.4.1.1. Servidumbres petroleras en predios baldíos

De acuerdo con el Código Civil Colombiano (art. 675), sobre los bienes baldíos: “Son bienes de la Unión todas las tierras que estando situadas dentro de los límites territoriales carecen de otro dueño”.

Por carecer de dueño con justo título, las servidumbres sobre baldíos son ejercidas por parte del explorador, explotador o transportador de hidrocarburos, con base en las restricciones contempladas en la (Ley 20, 1969, art. 12; Ley 200, 1936, art. 3, 10, 12, 13; Ley 160, 1994, art. 12, 67).

La figura de la negociación directa no tiene cabida en los predios baldíos, por cuanto no existe titular de dominio.⁸

6.4.1.2. Restricciones asociadas al predio, al entorno y a otros factores

Como resultado del ejercicio de la gestión inmobiliaria se han podido identificar una serie de circunstancias excepcionales de tipo legal relacionadas con el predio que se pretende gravar con la servidumbre legal, que impiden la negociación directa en los términos de la Ley 1274 de 2009.

Estas restricciones pueden estar relacionadas con el predio y/o con su entorno.

Tabla 7. Restricciones para la negociación directa de servidumbres petroleras, identificadas durante el ejercicio de la gestión inmobiliaria

Restricción	Descripción
1. Restricciones legales asociadas al predio	
<i>Falsa Tradición</i>	Según concepto de la Superintendencia de Notariado y Registro (2004) ⁹
<i>Medidas Cautelares</i>	Corresponden a aquellas medidas tomadas por decisión judicial, que conllevan a la exclusión del inmueble del mercado inmobiliario. (Art. 4 y 8 Ley 1579/2012)
<i>Demandas Registradas</i>	Se relaciona con las demandas inscritas al folio de matrícula por orden judicial, que pueden resultar en un cambio parcial o total de la titularidad de los derechos de propiedad del inmueble
<i>Ley de Víctimas y Restitución de Tierras</i>	Predio inscrito en el registro de tierras despojadas y abandonadas forzosamente. (Ley 1448/2011- Dec. 4829 de 2011)
<i>Sistema de Administración del Riesgo LA/FT</i>	Titulares de derecho del predio, reportados en listas restrictivas (SARLAFT) (Ley 1121/2006)

2. Restricciones asociadas al entorno (local, regional o nacional)

⁸ Artículo 669 del Código Civil Colombiano – Concepto de dominio. “El dominio que se llama también propiedad es el derecho real en una cosa corporal, para gozar y disponer de ella, no siendo contra ley o contra derecho ajeno...La propiedad separada del goce de la cosa se llama mera o nuda propiedad”.

⁹ Tomado de <http://juridicasnr.blogspot.com.co/2004/08/concepto-sobre-falsa-tradicin-y-sexta.html> “La llamada falsa tradición, no es más que una inscripción que se hace a favor de una persona a quien otra que carece de dominio sobre el bien o el derecho vendido, le ha hecho acto de transferencia y se considera como tal los actos que versen sobre: 1. Enajenación de cosa ajena; 2. Transferencia de derecho incompleto o sin antecedente propio, como es la venta de derechos herenciales o derechos y acciones en sucesión y la posesión inscrita”

Ley de Víctimas del Conflicto Armado Predio ubicado dentro de municipio focalizado por la Unidad de Restitución de Tierras, con tradición de tenencia posterior al 1 de enero de 1991. (Ley 1448/2011_Art. 3° y Art.75°)

3. Otras Restricciones

Otras Restricciones Corresponde a restricciones adicionales que pueden presentarse debido a una particularidad del proyecto (Ej.: Restricciones de la licencia ambiental, valores extremos de una amenaza, etc.)

Fuente: Pimentel, R.(2017), Elaboración propia con base en la Ley 1579 de 2012, artículos 4 y 8; Ley 1448 de 2011; Decreto 4829 de 2011; Ley 1121 de 2006; Ley 1448 de 2011, artículos 3 y 75.

7. ESTADO DEL ARTE

7.1. EL MÉTODO AHP Y LOS SIG

El AHP es un método versátil y ampliamente utilizado para la toma de decisiones en diferentes escenarios, y su utilización se ha generalizado a un amplio número de investigaciones. En su libro Saaty & Vargas (2012) muestran un conjunto considerable de ejemplos de aplicación del método AHP en diversas áreas de la ciencia. Entre otras se destaca la aplicación del método AHP para el análisis de situaciones particulares en la toma de decisiones de selección para: seleccionar la vivienda ideal, el mejor puente, tecnologías para países en vía de desarrollo, nuevos métodos de evaluación de políticas y pronóstico macroeconómico, modelos para procesos de admisión en una escuela de negocios, toma de decisión sobre la perforación de un nuevo pozo petrolero, etc.

García (2010) realiza un inventario juicioso y diverso sobre casos de aplicación del método AHP.

Tabla 8: Ejemplos de casos de aplicación del método AHP

Área	Aplicaciones	País	Año	Autor
Energía	Selección de tecnologías nucleares	Corea	2010	Lee, D.J. and Hwang, J.
Energía	Selección de plantas de energía solar	España	2009	Aguarón, P. et al.
Informática	Selección de paquetes de software	India	2009	Jadhav, A.S. y Sonar, R.M.
Maquinaria	Selección de sistemas de limpieza para motores	España	2009	García, M.S. y Lamata, M.T.
Construcción	Selección de materiales aislantes	Irán	2009	Azizi et al.
Construcción	Selección de sistemas automáticos para edificios inteligentes	China	2008	Wong, J. and Li, H.
Medicina	Decisión sobre mejor tratamiento	Holanda	2008	van Til JA, Renzenbrink GJ, Dolan JG, Ijzerman MJ.
Energía	Competitividad en tecnología para obtener energía del hidrógeno	Corea	2008	Seong Kon, Gento Mogib and Jong Wook
Empresa	Selección de proveedores en cadena de suministros	Colombia	2008	González, J., Casorzo, C. y Alfaro, M
Tecnología	Selección de una tecnología de red inalámbrica	Venezuela	2007	Martín, J. y Moreno, A.
Maquinaria	Selección de maquinaria	China	2007	Chang C.W., Cheng-Ru W., Chin-Tsai L., HuangChu C.
Medioambiente	Emisiones de gases	Taiwán	2007	Tzeng, Hshiong y Feng

Ingeniería	Análisis estratégico - industria forestal	Finlandia	2007	K. Elfvengren, J. Korpela, M. Tuominen, P. Sierila
Tecnología	Selección de tecnología	México	2006	García, Noriega, et al.
Empresa	Selección de contratos	Italia	2006	Carmignani, Bertolini, Braglia y
Logística	Selección de proveedores	Colombia	2006	Osorio y Herrera
Informática	Selección de un sistema ERP	Venezuela	2006	Castro, Borges y Baquero
Tecnología	Selección de tecnología	Turquía	2005	Erdogmus, Kapanoglu y Koc
Empresa	Selección de un sistema ERP	Taiwán	2005	Wei, Chien y Wang
Ingeniería	Entrenamiento agentes inteligentes	Japón	2005	Katayama, Koshiishi y Narihisa

Fuente: Tomado de (García, 2010, p.68)

Los SIG no son ajenos a las aplicaciones del método AHP, y en este sentido los primeros han venido incorporando las herramientas de los SIG principalmente para la toma de decisiones, con base en el análisis multicriterio de variables espaciales. Por ejemplo, cuando se busca el mejor sitio para ubicar diferentes equipamientos (Álvarez Alonso, Arquero Hidalgo, & Martínez Izquierdo, s.f.).

Haciendo mención a los métodos de evaluación multicriterio, entre los que se encuentra el AHP, y a los SIG; Celemín (s.f.) exalta su ventaja desde el punto de vista geográfico, haciendo énfasis en la posibilidad que se tiene de agregar varias capas para obtener un solo mapa de salida.

Softwares SIG de comerciales como ArcGis, permiten el análisis multicriterio a través de la herramienta AHP. Esta es una extensión de ArcGIS que realiza una determinación del peso de los criterios de acuerdo con el método AHP. Es una herramienta poderosa para la creación de mapas adecuados para la planificación espacial, mapeo de riesgos, etc (Esri, s.f.).

Con referencia a la combinación del método AHP, los SIG y la identificación de riesgos, se tienen diversas investigaciones, entre ellas la desarrollada por Roa (2006) en la aproximación al mapa de susceptibilidad y amenazas por deslizamientos en la ciudad de Trujillo, Venezuela.

En su trabajo sobre la Técnica para crear e identificar mapas de susceptibilidad por remoción en masa usando aplicaciones SIG, Molina (s.f.) combina igualmente el método AHP y los SIG para obtener mapas de zonificación del riesgo con base en la identificación, espacialización y análisis de múltiples variables asociadas al riesgo por remoción en masa.

Márquez (1999) con un enfoque de riesgo diferente, en su investigación, recurre a este método para la evaluación del riesgo de destrucción del patrimonio arqueológico en la Comunidad Autónoma de Andalucía (España).

7.2. LOS SIG Y LA GESTIÓN INMOBILIARIA PARA EL SECTOR PETROLERO

El uso de herramientas informáticas que permiten la conexión entre información alfanumérica y espacial, para análisis de todo tipo, han pasado de ser una excepción a ser la regla, en la mayoría de las entidades y/o empresas que utilizan información geográfica en sus operaciones.

A nivel gubernamental se cuenta con diferentes opciones para la consulta y gestión de información geográfica del sector de los hidrocarburos. El geoportal de la ANH, administrado por este organismo, posee información básica y temática que puede ser consultada vía web.

El Geoportal de la Agencia Nacional de Hidrocarburos permite el acceso a la información geográfica de la ANH por medio de un catálogo de mapas dinámicos, mapas en formato PDF, imágenes de mapas, datos geográficos en formato SHP de ESRI, servicios en línea, geoservicios y otros, usando los enlaces: geovisor, metadatos, geoservicios y galería de mapas.

También se cuenta con el Sistema de Información de Petróleo y Gas Colombiano – SIPG, que contiene información histórica y de prospectiva de los sectores de petróleo y gas, datos sobre exploración, producción, predios, comercio exterior, inversiones y normatividad. Esta página cuenta además con información georeferenciada de la industria del sector.

La gestión inmobiliaria para el sector también ha venido desarrollándose de manera paulatina alrededor de los SIG. Según lo explica Monsalve (2017), tanto Ecopetrol con su SIG EcoGeos, como algunas empresas privadas con portafolios que incluyen los servicios de gestión de tierras para el sector de los hidrocarburos, con “productos” como ARkandha desarrollado por Arce Rojas Consultores & Cia, y Sigicat desarrollado por la firma Ingicat; han venido profundizando en el mejoramiento y la diversificación del uso de la información geográfica y documental relacionada con los predios, la infraestructura y los derechos constituidos sobre ellos en favor de la actividad petrolera, para análisis multipropósito (gestión social, ambiental, inmobiliaria y producción de mapas).

Adicionalmente se tienen iniciativas académicas como la propuesta por Monsalve (2017) en la implementación de un Sistema de Información Geográfico Inmobiliario para el Bloque Recetor de Equion Energia Limited.

7.3. LA GESTIÓN INMOBILIARIA DEL PROYECTO DE HIDROCARBUROS Y SUS “MOMENTOS DE GESTIÓN INMOBILIARIA”

Se entiende como “gestión inmobiliaria para un proyecto de hidrocarburos” al conjunto de acciones que contribuyen al aseguramiento de las áreas de terreno requeridas por las empresas de hidrocarburos para desarrollar cualquiera de las actividades de la cadena de valor. Las acciones referidas pueden ser requeridas al inicio del proyecto, durante la operación, o en la fase de abandono del mismo; y se relacionan principalmente con la adquisición y/o administración integral de derechos inmobiliarios.

Henao & Ramírez (2013) refiriéndose a la gestión inmobiliaria para proyectos de exploración sísmica, describen el conjunto de tareas que deben ejecutarse para contar con las áreas de terreno a ocupar, y sostienen que para ello “... es necesario calcular el costo de inversión inicial en la adquisición de los derechos inmobiliarios, el tiempo que requerirá esta labor, el alcance de las actividades, el recurso humano necesario y la información básica”. (s.p.)

Los proyectos de hidrocarburos, concebidos como el desarrollo de un campo de producción de petróleo o de gas, involucran cualquiera de las actividades de la cadena de valor mencionada anteriormente. Se inicia con la entrega del bloque petrolero por parte de la ANH, y a partir de allí se desarrollan las etapas de upstream. Las etapas de refinación, transporte y comercialización (downstream), se desarrollan de manera conjunta o individual en función de la producción.

Es importante resaltar, que la actividad de la exploración sísmica generalmente no demanda la constitución de servidumbres, ya que por ser una actividad transitoria, las ocupaciones de los terrenos intervenidos por las líneas de sísmica se realizan por períodos cortos de tiempo, casi siempre inferiores a seis meses. Durante esta etapa las negociaciones se centran en el pago de los daños por afectaciones a cultivos y/o coberturas vegetales, infraestructura productiva, y/o afectaciones relacionadas con el trastorno de la explotación económica normal del predio. Es posible también que se recurra a la figura de adquisición de derechos personales para el ejercicio de la actividad petrolera (Restrepo, 2014).

Por el contrario, las otras actividades de Upstream y Downstream, implican necesariamente la ocupación permanente (superior a seis meses) y por ende la negociación de áreas de servidumbre de hidrocarburos.

La gestión inmobiliaria o de tierras en una empresa de hidrocarburos tiene que ver con el aseguramiento de las áreas de terreno requeridas para el desarrollo de los diferentes proyectos, y con la administración y la gestión

de la información de los derechos inmobiliarios adquiridos durante estos procesos.

Por tratarse de una acción continuada en el tiempo, que puede ser ejecutada por más de un operador; la gestión inmobiliaria tiene diferentes momentos a lo largo de un proyecto.

El primer momento o “momento cero”, se inicia con información “cruda” que se obtiene de la base catastral del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), la cual se va depurando o complementando en función del avance o requerimientos específicos, a medida que evoluciona dicho proyecto.

El punto de quiebre en la gestión inmobiliaria tiene que ver con el diagnóstico jurídico catastral, esta actividad se relaciona con la revisión de información documental y de campo en cada uno de los predios con infraestructura asociada al proyecto de hidrocarburos.

A partir del primer diagnóstico, se tienen actividades permanentes de actualización o inclusión de nueva información, con base en la dinámica particular de cada proyecto. Esta dinámica está generalmente asociada con la productividad o la rentabilidad en términos financieros.

Dependiendo de la necesidad de cada empresa, los diagnósticos se repiten cada cierta periodicidad de tiempo y/o en función de requerimientos legales o de procesos internos de la misma.

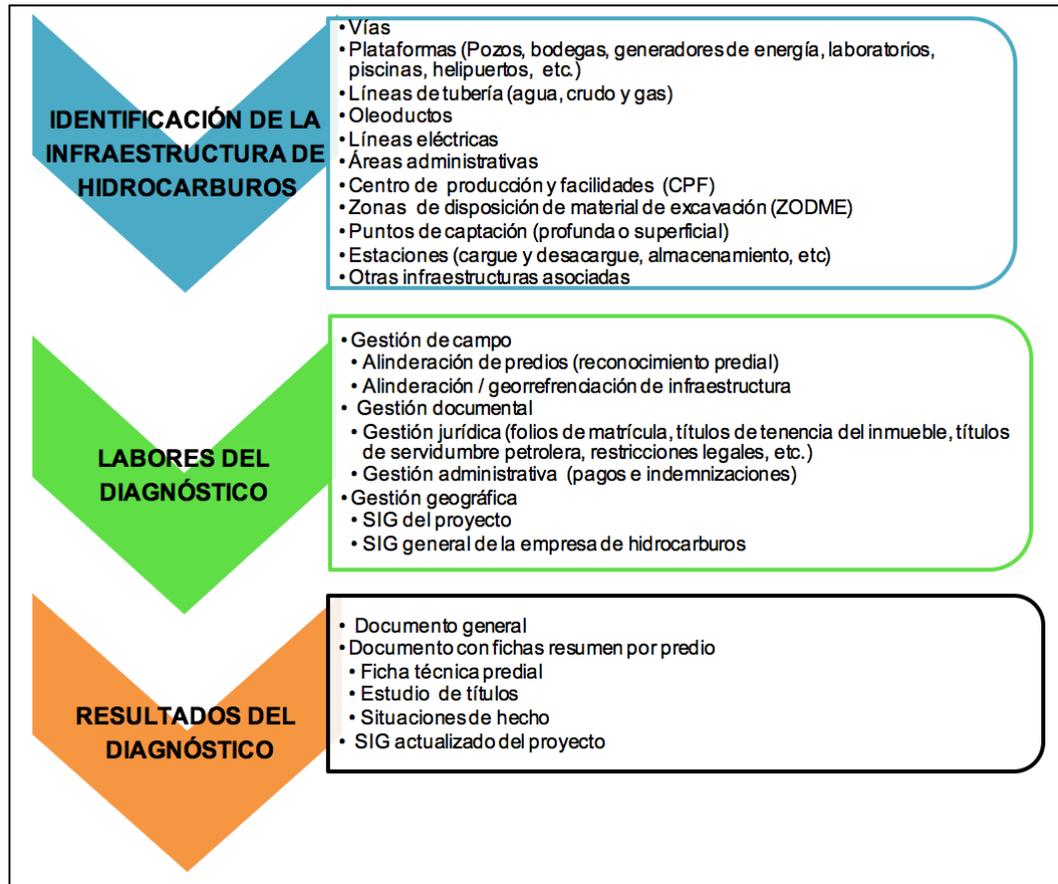


Figura 5. Esquema del proceso de diagnóstico jurídico- catastral

Fuente: Pimentel, R.(2017), Elaboración propia.

8. METODOLOGÍA

8.1. TIPO DE TRABAJO

Este es un trabajo de investigación con enfoque cuantitativo tendiente a estructurar una metodología basada en el método AHP que permite analizar y espacializar en un SIG los riesgos asociados a la negociación directa de derechos de servidumbre como apoyo a la gestión inmobiliaria para la industria de los hidrocarburos en Colombia.

8.2. PROCEDIMIENTO

El trabajo se desarrollará en tres fases. La primera corresponde a la de depuración o parametrización de escenarios, por cuanto es necesario identificar las condiciones que nos lleven a la toma de la **decisión bajo situación de incertidumbre**; para garantizar que la aplicación de la metodología AHP arroje resultados significativos. La segunda fase se enfoca en el desarrollo de la metodología AHP para determinar el riesgo asociado a la negociación directa de derechos inmobiliarios para la industria, y la tercera; a la visualización y espacialización del riesgo y sus componentes en un SIG (estudio de caso).

8.2.1. Adaptación de conceptos

Teniendo en cuenta que el riesgo objetivo para la negociación directa a evaluar, no cuenta con una definición específica en la literatura consultada, resulta necesario adaptar una definición que sea aplicable a la metodología propuesta.

Una adaptación similar deberá realizarse para los conceptos de la amenaza y la vulnerabilidad.

8.2.2. Parametrización de escenarios mediante la identificación de las restricciones legales para la negociación directa de servidumbres de hidrocarburos (Fase 1)

Esta fase se centrará en la delimitación de los escenarios que permitirán la ejecución de la metodología propuesta, teniendo en cuenta que la misma solo será posible si se cumplen “todos” los requisitos previstos por la ley para la negociación directa de derechos de servidumbre de hidrocarburos.

8.2.3. Desarrollo de la metodología AHP en la valoración del riesgo asociado a la negociación directa de derechos inmobiliarios para servidumbres de hidrocarburos (Fase 2).

El desarrollo de la metodología AHP en la presente investigación implica la ejecución de los siguientes pasos:

8.2.3.1. Afinación del modelo (Unidad fundamental)

La unidad fundamental del presente modelo será el predio, definido por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2011, art. 9) como: “El inmueble no separado por otro predio público o privado, con o sin construcciones y/o edificaciones, perteneciente a personas naturales o jurídicas. El predio mantiene su unidad, aunque esté atravesado por corrientes de agua pública” (art. 9).

Esta decisión se toma teniendo en cuenta lo establecido en la Ley 1274 (2009, art. 1), que hace del predio el sujeto del gravamen de la servidumbre especial de hidrocarburos, obligado además a soportar, salvo las excepciones que determine la ley, las servidumbres que requiera esta industria para su desarrollo.

Adicionalmente, los predios a considerar en el presente estudio son los rurales, es decir, aquellos que cumplen con la condición definida por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2011, art. 10) de estar ubicados por fuera de los perímetros urbanos, cabecera, corregimientos y otros núcleos aprobados por el Plan de Ordenamiento Territorial.

8.2.3.2. Construcción del modelo

Conocidos los términos de la ecuación del riesgo (Ecuación 5) y adoptadas las definiciones de cada uno de los términos de la misma, se tendrá entonces que el término sujeto de la aplicación del método AHP corresponde a las amenazas, ya que para este caso, es este término de la ecuación el que recibe la influencia de las variables internas y externas que asociadas a la demanda del área para la construcción de la infraestructura petrolera (vulnerabilidad), permiten cuantificar el riesgo asociado a cada negociación.

El modelo de jerarquías para las amenazas se construirá a partir de “criterios”, los cuales se plantean en función de la “amenaza asociada a la negociación directa de derechos de servidumbres para hidrocarburos”, en el marco preestablecido, considerando cada una de las salvedades realizadas en torno a las restricciones, y centrados en el objetivo de la presente investigación.

8.2.3.3. Consulta al panel de expertos

Según Builes & Lotero (s.f.), los paneles de expertos se presentan a la comunidad científica como un mecanismo para lograr un acercamiento eficiente a la toma de decisiones “informada”, principalmente cuando hay incertidumbre debido a la falta de información o su calidad.

Tanto el modelo propuesto como las variables adoptadas en esta metodología, son revisadas por un panel de expertos compuesto por profesionales de diversas disciplinas y con diferentes roles al interior de un equipo de gestión inmobiliaria de una empresa de hidrocarburos colombiana.

Con el propósito de garantizar la unificación de criterios en torno a la gestión inmobiliaria, el panel de expertos está conformado por miembros de un mismo equipo de gestión. Todos los profesionales prestan sus servicios a la misma empresa de hidrocarburos.

Además de validar el modelo, los expertos deberán valorar cada una de las variables del modelo de amenazas con base en la escala fundamental del método AHP. El método AHP está diseñado para que el decisor (grupo de expertos), mediante jerarquías logre elaborar una matriz en la que se dé mayor peso a las alternativas con la mayor influencia en el problema visto como un todo (Builes & Lotero, s.f.).

Los resultados de la valoración del panel de expertos serán ingresados en la hoja electrónica Excel diseñada por Goepel (2011), que contiene 20 hojas de trabajo de entrada para comparaciones por pares, en la que se ingresa la valoración realizada por cada participante o experto, una hoja para la consolidación de todos los juicios, en la que se observan las comparaciones de cada uno de los participantes y el consolidado de la calificación de todos; y una hoja de resumen para mostrar el resultado, que es la que contiene la ponderación y la jerarquización de las variables comparadas¹⁰. Adicionalmente se tiene una hoja con tablas de referencia (índice aleatorio, límites para el índice de consistencia geométrica_GCI, escalas de juicio) y una hoja para resolver el problema de autovalores cuando se usa el vector propio (eigenvector).

Esta hoja permite la comparación de hasta 10 criterios, en la matriz pareada. Es decir, que puede analizar matrices de 10x10.

¹⁰ Los resultados de las comparaciones, una por cada conjunto de variables a comparar según árbol de jerarquías (5 comparaciones en total), se presentan en el capítulo de resultados (figuras del 7 al 12)

8.2.3.4. Análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad permitirá verificar la consistencia de la valoración más allá de los índices de consistencia de las matrices de comparación analizadas con el método AHP (Saaty & Vargas, 2012).

El análisis de sensibilidad permitirá revisar los resultados de las valoraciones de las variables realizadas con la aplicación de la metodología propuesta y dentro del contexto de las particularidades posibles de cada una de las variables presentes en el escenario de una negociación directa.

Adicionalmente permitirá establecer los rangos en la clasificación de la amenaza, que serán comparados con los grados de vulnerabilidad, para llegar finalmente al riesgo asociado a la negociación, evaluado a nivel de predio.

8.2.3.5. Adopción de rangos de clasificación

El proceso de clasificación de las variables corresponde al de variables de tipo ordinal, con rangos entre muy bajo y muy alto, dependiendo de la variable a evaluar. A cada rango cualitativo se le asignará el valor numérico respectivo.

Una vez obtenidos los rangos de clasificación para la amenaza, se fijarán los rangos de clasificación para la vulnerabilidad y el riesgo, y con base en ellos se generará el conjunto de parámetros que permitirán llegar a la espacialización y visualización gráfica de cada una de las variables.

Lo anterior permitirá completar el conjunto de datos requerido para la presentación de los resultados de la metodología propuesta a través de un SIG.

8.2.4. Visualización del análisis del riesgo en la negociación directa de derechos de servidumbre en el SIG de la gestión inmobiliaria de la empresa de hidrocarburos. (Fase 3)

El SIG de la gestión inmobiliaria de una empresa de hidrocarburos puede ser más o menos complejo dependiendo de la funcionalidad que cumpla dentro de la gestión misma. Por esta razón, el objetivo en esta parte del proyecto se centrará en la interpretación conceptual de lo que sería el componente o módulo, al que se denominará como Módulo de Análisis de la Negociación_MAN. Este módulo funcionaría como un apéndice del SIG de gestión inmobiliaria o de tierras, el cual a su vez, hace parte del SIG principal de la empresa de hidrocarburos.

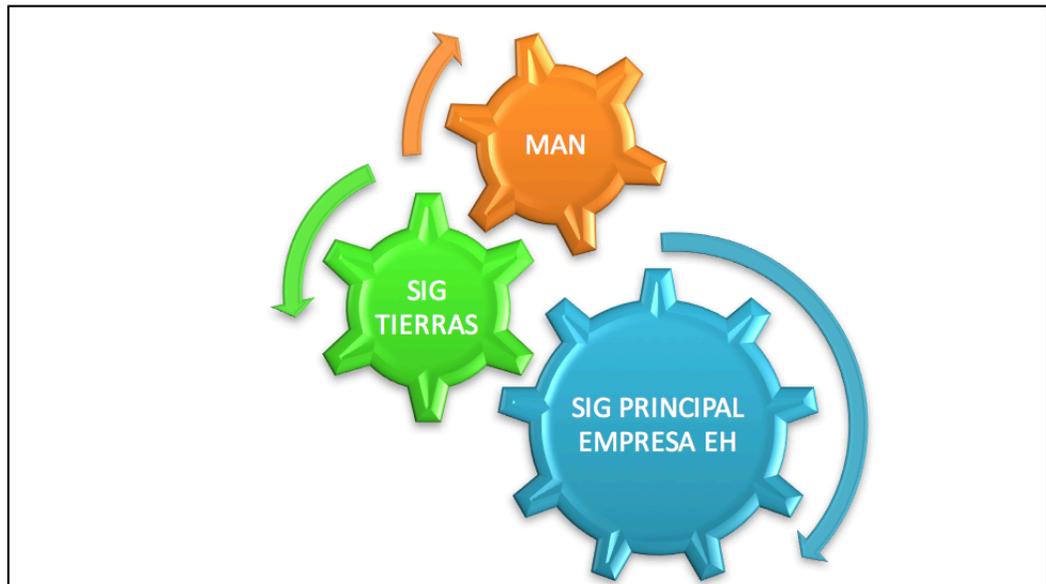


Figura6. Módulo de Análisis de la Negociación en el SIG de la empresa de hidrocarburos.

Fuente: Pimentel, R., (2017), Elaboración propia

El diseño e implementación del MAN, llevará inmersa la ejecución de las siguientes etapas.

- **Etapas de análisis.** Esta etapa se centrará en la selección de las herramientas SIG que permitan cumplir con el objetivo de la presentación gráfica de los resultados de la aplicación del método propuesto, en función de los requerimientos de la empresa de hidrocarburos, de los procesos que desarrolla y de la información disponible.
- **Etapas de diseño.** En esta fase nos centraremos en el diseño conceptual del MAN, como un componente del SIG general de la empresa de Hidrocarburos.
- **Implementación del MAN (Estudio de Caso_EC).** Una vez diseñado el módulo, se realizará la implementación y la aplicación del modelo sobre un bloque petrolero del inventario de la ANH.
- **Presentación y análisis de resultados del EC.** Se presentarán de manera gráfica los resultados de la aplicación del modelo en el bloque de hidrocarburos seleccionado para el EC y se analizarán los resultados obtenidos, desde la perspectiva de la aplicación generalizada del modelo a cualquier bloque de hidrocarburos en el país.

9. RESULTADOS

9.1. DESCRIPCIÓN DE RESULTADOS

9.1.1. Adaptación de conceptos

9.1.1.1. Riesgo Objetivo

Para efectos de la metodología propuesta, el riesgo objetivo se entenderá como la medida de las negociaciones directas fallidas asociadas a las amenazas internas o externas del predio, y de la empresa de hidrocarburos; de una magnitud particular que pueden ocurrir durante el proceso de aseguramiento de las áreas de terreno requeridas para un proyecto específico, en los términos establecidos por la Ley.

9.1.1.2. Amenaza

Con aplicación a la negociación directa de derechos de servidumbre para la industria de hidrocarburos, se entenderá como amenaza a la probabilidad de ocurrencia de un resultado no deseable o no exitoso en la negociación directa con una cierta intensidad en un predio y dentro de los términos establecidos por la Ley. Está constituida por los factores de riesgos asociados al predio, a su entorno y/o a la empresa de hidrocarburos.

9.1.1.3. Vulnerabilidad

Dentro del contexto de esta investigación, se entenderá la vulnerabilidad como el nivel o grado al cual la negociación directa de derechos de servidumbre de hidrocarburos puede verse afectada cuando está sometida a amenazas, donde el sujeto amenazado es el predio que contiene el área de terreno a asegurar.

En tal sentido, se debe entender que para el caso de la negociación directa de derechos de servidumbre, la vulnerabilidad se incrementa en función de la necesidad de la empresa de hidrocarburos de constituir derechos inmobiliarios sobre un inmueble. En otras palabras, la necesidad de negociar derechos inmobiliarios sobre un predio determinado, implica el grado más alto de la vulnerabilidad.

Siendo rigurosos con la interpretación anterior, se puede afirmar que todos los predios al interior de un bloque de hidrocarburos son “vulnerables” para la negociación directa de derechos de servidumbre, Sin embargo, esta “vulnerabilidad” se incrementa en función de que dichos predios sean requeridos por la industria para el desarrollo de alguna o varias de las actividades de la cadena productiva, implicando con ello la necesidad de constituir sobre ellos derechos de servidumbre de hidrocarburos.

La mejor manera de identificar los predios que pueden ser sujetos de intervención con infraestructura de hidrocarburos, es revisando los documentos ambientales como licencias, planes de manejo ambiental y/o aquellos allegados a la autoridad ambiental para la obtención de permisos de aprovechamiento forestal, de ocupación de cauce, etc.

9.1.2. Parametrización y afinación del modelo

Teniendo en cuenta que esta investigación se enmarca en la negociación directa de derechos de servidumbre de hidrocarburos y en su formalización, mediante un contrato que se eleva a escritura pública y se registra debidamente al folio de matrícula inmobiliaria del predio que se grava (Ley 1274, 2009, art. 7). Cualquier referencia al término “negociación directa” implica el estricto cumplimiento de las condiciones anteriormente mencionadas, de manera individual para cada uno de los predios.

9.1.3. Análisis de viabilidad

La condición anterior conlleva a un primer análisis de tipo jurídico o “análisis de viabilidad”, que permitirá establecer si un predio es “viable” o “no viable” para la negociación directa de derechos de servidumbre. Esto es el equivalente a la revisión de los aspectos jurídicos del predio para verificar que el mismo no se encuentre inmerso en las causales de restricción para la negociación directa, considerando “viable” el predio que se encuentre libre de cualquier restricción jurídica. (Ver tabla 3)

El análisis de la viabilidad jurídica para cada uno de los inmuebles puede realizarse en cualquiera de los momentos del proyecto de hidrocarburos, durante el desarrollo de las actividades propias en cada una de las etapas de la cadena productiva. Esto quiere decir, que se puede realizar al inicio del proyecto, durante la fase de diagnóstico jurídico-catastral, o en cualquiera de las actividades de actualización del citado diagnóstico.

Se debe tener suficientemente claro que la aparición de cualquier restricción (causales de “no viabilidad”) es condición suficiente para que el predio objeto de esta situación se excluya de la aplicación de la presente metodología, por cuanto es indispensable que éste presente posibilidades de negociación directa.

9.1.3.1. Tipos de no viabilidad (“saneable” y “no saneable”)

Cuando el análisis de viabilidad concluye que un predio es “no viable” para la negociación directa, se aborda un nuevo escenario relacionado con la amenaza a la constitución del derecho de servidumbre, ya que esta inviabilidad puede ser: “saneable” en lo referente a la posibilidad de lograr el

registro de la servidumbre, o “no saneable” si definitivamente, no se puede lograr el registro de la misma.

Por lo anterior, también es pertinente precisar que sobre un predio considerado “no viable_saneable” se puede constituir servidumbre de hidrocarburos, a través del proceso de imposición por vía judicial.

Las situaciones anteriormente planteadas se resumen en el siguiente diagrama.

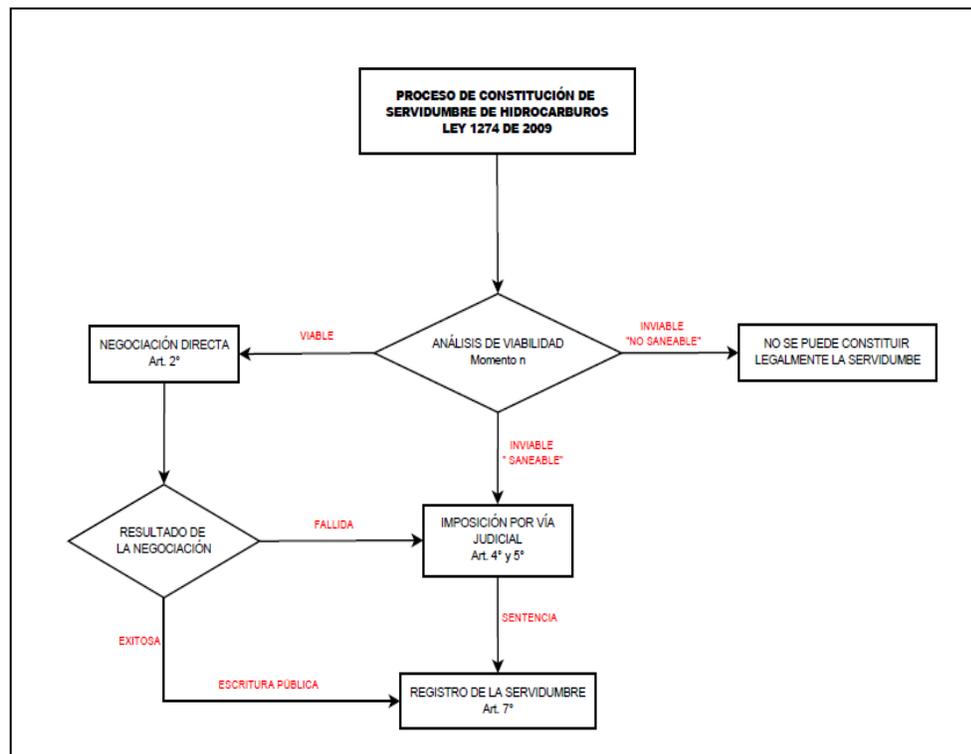


Figura 7. Diagrama de flujo del proceso de constitución de servidumbres de hidrocarburos

Fuente: Pimentel, R., (2017), Elaboración propia con base en Ley 1274 de 2009

Para efectos de la aplicación de la metodología propuesta, la ocurrencia de alguna de las causales “saneables” de la inviabilidad, mencionadas en la tabla 3 conlleva a una situación de decisión bajo certeza que conduce al decisor a saber “sin lugar a dudas”, que en este predio no se puede adelantar ningún tipo de negociación para la constitución de la servidumbre de hidrocarburos, y en consecuencia el derecho deberá constituirse por vía judicial.

Una situación similar ocurre con la inviabilidad “no saneable”, la cual desemboca en una servidumbre de hecho; y por lo tanto, la negociación o la imposición se centrará en el tema de la cuantificación de los daños, cuando exista (n) ocupante (s). En este escenario no es posible lograr el registro de los derechos de la servidumbre bajo ninguna circunstancia.

9.1.3.2. Otros escenarios de la viabilidad jurídica

Otro escenario especial relaciona con la “complejidad jurídica” de la propiedad, se presenta en los resguardos indígenas y en los territorios colectivos de las comunidades negras a los que se refiere la Ley 70 de 1993.

Dentro de estos territorios se pueden encontrar predios con antecedente registral a nombre de particulares o del resguardo indígena; como también predios baldíos con ocupados por particulares, por resguardos indígenas o por comunidades negras.

La anterior particularidad lleva a la confluencia de las dos situaciones de inviabilidad referidas anteriormente.

Esta particularidad obliga a considerar un tratamiento especial, que en el caso de los resguardos indígenas, se resolverá en función de los acuerdos realizados en la consulta previa¹¹⁻¹² realizada en los términos señalados por la Ley; que es adelantada en las etapas anteriores al desarrollo de las fases de perforación exploratoria, producción, refinación, transporte y comercialización.

La figura 6 resume de manera gráfica, las posibles situaciones que se pueden presentar luego del análisis de viabilidad jurídica.

Para efectos de esta investigación y específicamente para la aplicación del método AHP, solo se tendrán en cuenta los predios con viabilidad jurídica.

¹¹ Tomado de la Universidad del Rosario de Colombia que define: “La Consulta Previa es el derecho fundamental que tienen los pueblos indígenas y los demás grupos étnicos cuando se toman medidas (legislativas y administrativas) o cuando se vayan a realizar proyectos, obras o actividades dentro de sus territorios, buscando de esta manera proteger su integridad cultural, social y económica y garantizar el derecho a la participación”

¹² Tomado de la Universidad del Rosario de Colombia, Consulta Previa en los autos 004 y 005 de la Corte Constitucional, <http://www.urosario.edu.co/jurisprudencia/catedra-viva-intercultural/ur/La-Consulta-Previa/Consulta-Previa-en-los-autos-004-y-005-de-la-Corte/>

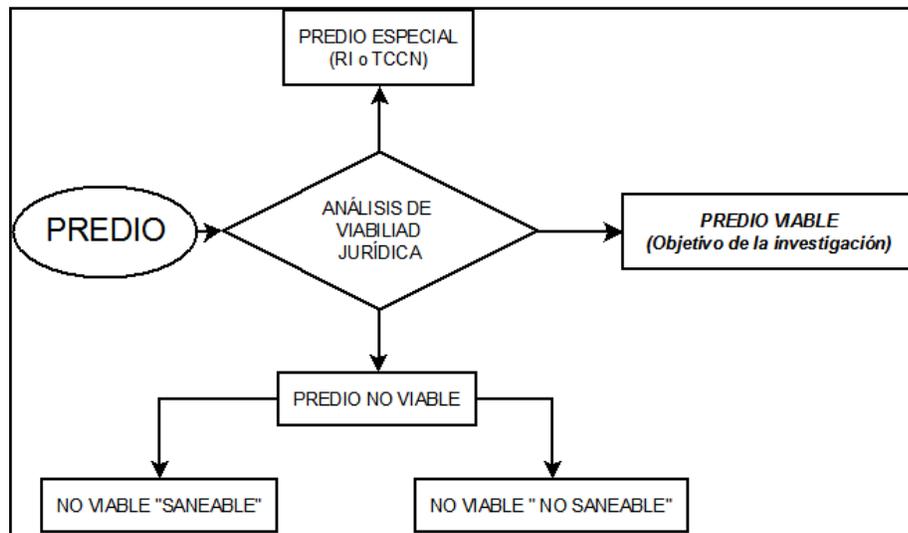


Figura 8. Diagrama de Parametrización de escenarios

Fuente: Pimentel, R., (2017), Elaboración propia.

9.1.4. Construcción del modelo

Con base en el procedimiento propuesto por Saaty & Vargas (2012), y luego de un análisis exhaustivo de cada una de las variables a considerar, se logró identificar y jerarquizar cada uno de los criterios que, a nivel de amenaza, influye en el resultado de una negociación de derechos de servidumbre de hidrocarburos. El árbol de decisión fue construido de tal forma que permitiera el análisis secuencial de los posibles escenarios en los que se vería inmersa una negociación directa, en función de aquellas variables que podían influir en su resultado.

El resultado de la identificación y agrupación de las variables seleccionadas se muestra en la tabla 5.

Tabla 9. Resumen de agrupación de variables para construcción de árbol de amenazas

Variables predictoras	Criterio de agrupación	Variable de criterio
- Aspectos catastrales (aspecto físico, aspecto jurídico, aspecto fiscal)	Aspectos que caracterizan cada predio de manera individual y lo distinguen de los demás	Amenaza interna (Asociada al predio)
- Uso del suelo (productividad)		
- Áreas ocupadas con servidumbres petroleras dentro del predio	Aspectos que identifican la relación entre el predio y las servidumbres que lo gravan	Amenaza externa (Asociada al entorno del predio)
- Antecedentes en la negociación de servidumbres petroleras		
- Presencia de actores del conflicto armado		
- Presencia de organizaciones sociales contrarias a la actividad de los hidrocarburos	Aspectos sociales relevantes del área que circunda el predio	Amenaza externa (Asociada al entorno del predio)
- Proximidad del predio a áreas con restricción especial		
- Presencia de industria de hidrocarburo	Particularidad que relaciona la actividad con el entorno del predio	Amenazas asociadas a la empresa de hidrocarburos
- Aspectos relacionados con el área de tierras de la empresa de hidrocarburos		
- Antecedentes en el proceso de pago de las indemnizaciones de las servidumbres legalmente constituidas	Aspectos relacionados con los procesos internos y la percepción de la imagen de la empresa de hidrocarburos	
- Imagen del actuar de la empresa de hidrocarburos		

Fuente: Pimentel, R., (2017), Elaboración propia con base en Saaty & Vargas (2012)

9.1.4.1. Árbol de amenazas

La ejecución de la primera de las etapas propuestas por Saaty & Vargas (2012) en el método AHP se implementó con la ordenación de los criterios que expresan cada una de las variables en su respectivo nivel dentro del árbol de jerarquías establecidos para este. Las variables debidamente

validadas por el panel de expertos y organizadas de acuerdo al nivel que ocupan dentro del árbol de jerarquías; fueron las siguientes:

- **Nivel 1.** En este nivel se identificaron tres tipos de amenaza, de las cuales, dos cuentan con referencia espacial. Es decir, que dos de las amenazas identificadas se pueden espacializar geográficamente.

Las amenazas con referencia espacial son las siguientes:

- a. *Amenazas Internas (Asociadas al predio).* Habiendo dejado claro que el predio es la unidad fundamental de la presente metodología, le corresponde a esta parte del análisis la revisión de los aspectos que componen dicha unidad y sus relaciones. Cada relación (ejemplo: área- tenencia- número de propietarios) da cuenta de una realidad que puede influir en beneficio o en contra de la negociación y se presentará en la matriz pareada del método AHP. La experiencia en procesos de negociación directa muestra que estas amenazas se relacionan con dos aspectos relevantes: el que tiene que ver con su extensión, tenencia, número de propietarios, capacidad productiva, etc. (aspectos catastrales); y el relacionado con el detalle de los antecedentes (registro histórico) respecto a las servidumbres de hidrocarburos que soporta.

Esta amenaza específica se relaciona con la afectación que ha sufrido o sufrirá el predio debido a la limitación del goce de la tierra por la actividad petrolera. Sobre este particular Restrepo (2014) comenta que:

La construcción de vías de acceso, la exploración sísmica, la perforación y la instalación de líneas eléctricas y de comunicaciones; la erección de facilidades como tanques de almacenamiento, líneas de flujo, separadores, tratadores térmicos, casetas de generadores y química, laboratorios o cargaderos, entre otras, implican una irrupción sobre la tierra superficial que se extiende por encima del área subterránea que se pretende explorar o drenar. Esta ocupación del explorador o explotador las más de las veces puede llegar a afectar a todos aquellos que deriven algún beneficio del bien, sean estos propietarios, poseedores, arrendatarios, etc. (p. 16-17).

- b. *Amenazas Externas (Asociadas al entorno del predio).* La influencia de esta amenaza trasciende los linderos del predio para enfocarse en las características de su entorno. La realidad de la gestión inmobiliaria relacionada con la negociación de nuevas áreas para la industria, muestra una relación directa entre fenómenos sociales como: el conflicto armado y sus consecuencias Fayad (2014). La existencia de organizaciones sociales con políticas contrarias a la explotación de hidrocarburos, como aquellas que lideran los procesos de consultas

populares en contra de la minería, entre otras Asociación Colombiana del Petróleo (2016); y la disponibilidad que muestran los propietarios a realizar las negociaciones.

Para su análisis se deberá recurrir a información geográfica de diversas fuentes, entre ellas, páginas gubernamentales como las de: Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH), Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), Unidad de Restitución de Tierras (URT), Ministerio del Interior, etc.

- c. *Amenaza relacionada con el actuar de la empresa de hidrocarburos.* Esta amenaza que no tiene referencia espacial, incluida en el nivel 1 de la jerarquización, corresponde con el análisis general del “actuar” de la empresa de hidrocarburos (Asociación Colombiana del Petróleo, 2016), y del análisis específico de la gestión inmobiliaria al interior de la misma.

Se centra en la revisión de la estructuración y organización del área de tierras al interior de la compañía, de las áreas transversales que respaldan sus procesos, y en el actuar general de la compañía relacionado directamente con su imagen corporativa.

Estos tres criterios serán objeto de la comparación pareada, dentro del primer nivel de jerarquización, que se realizará en la siguiente fase de la investigación.

- **Nivel 2.** Los criterios analizados en este nivel son los siguientes:

a. *Amenazas Internas.*

- Aspectos catastrales. Corresponde a las características de ubicación, forma y tamaño de los predios. El análisis de las variables relacionadas con este aspecto, permitió seleccionar las relacionadas con el tamaño del predio¹³ Resolución 070 (2011, art. 3); la relación entre el predio y el tenedor de los derechos de propiedad, centrado en el número de propietarios¹⁴ Resolución 070 (2011, art. 4); y la tributación del predio por concepto del impuesto predial unificado que se fija con base en los avalúos masivos del catastro¹⁵ Resolución 070 (2011, art. 6).
- Uso del suelo asociado a la productividad. El uso actual del suelo es “Es la actividad que se desarrolla en un determinado espacio geográfico, en el momento de la elaboración del estudio de zonas homogéneas físicas” (Resolución 070, 2011, art. 46). Todos los

¹³ Aspecto físico

¹⁴ Aspecto jurídico

¹⁵ Aspecto fiscal

predios rurales tienen una vocación productiva asociadas al valor potencial del suelo, a la disponibilidad de agua, a la topografía, infraestructura, etc.

Esta es una característica que se puede identificar claramente y que ya se encuentra cartografiada a diferentes escalas por diversas entidades del orden nacional, regional y local. Adicionalmente, pueden ser verificadas durante las labores del diagnóstico jurídico-catastral adelantadas en cualquiera de los momentos del proyecto.

El análisis de las amenazas permitió concluir que la disponibilidad de los propietarios para la negociación de los derechos de servidumbre, guarda relación con la productividad del predio que se pretende intervenir y/o gravar.

- Existencia de servidumbres de hidrocarburos en el predio. La dinámica normal de los proyectos de hidrocarburos tiende a concentrar su actividad en algunos sectores del bloque asignado por la ANH y/o a disponerlos de manera lineal cuando se trata de vías, líneas de flujo, líneas eléctricas, etc. De manera consecuente se observa que las servidumbres también se concentran sobre algunos predios y es común encontrar que, dependiendo de su extensión y ubicación respecto de la operación de un bloque determinado, un solo predio soporte varias servidumbres de hidrocarburos.

En este sentido se tiene que el área ocupada con servidumbres de hidrocarburos respecto del área total del predio, también puede influir de manera directa en el resultado de la negociación de nuevos derechos de servidumbre.

- Antecedentes en la negociación de los derechos de servidumbre en el predio. Continuando el hilo conductor anterior y considerando la concentración de la actividad sobre un área o línea específica del bloque de hidrocarburos, se determinó que para el caso de la negociación directa, cuenta el resultado histórico de los procesos de negociación realizados. Incluso si se quiere ser más específico, resulta pertinente revisar puntualmente los pormenores de cada una de las negociaciones anteriores, para verificar, por ejemplo, si se trata de los mismos propietarios, la empresa encargada del bloque al momento de la negociación, etc.

b. *Amenazas Externas*

- Presencia de actores del conflicto armado. Desde el punto de vista de las amenazas asociadas al entorno del predio, adquieren especial relevancia los aspectos sociales que afectan de una u otra manera la “libre toma de decisiones” por parte de los propietarios de los inmuebles. Sobre el particular Fayad (2014) refiere diferentes situaciones de esta índole que involucran los grupos ilegales, que son atraídos por el espejismo del petróleo.

Si bien es cierto que la industria de hidrocarburos se considera como una actividad de interés público (Ley 1274, 2009, art. 1), también es necesario resaltar que el espíritu de la normatividad reglamenta su constitución, se centra en la protección de los derechos de los ciudadanos, y para el caso particular, en la identificación y posterior indemnización por los derechos superficiales a adquirir, en función de los daños que se causen como consecuencia de las actividades de la industria (Restrepo, 2014).

- Proximidad a áreas especiales con restricción legal. Adicional al tema de los actores del conflicto armado y casi que de manera conexas con su accionar en los territorios bajo su dominio o influencia, se tiene en el país áreas en las que sus habitantes, y en últimas, propietarios de los predios, han sido objeto de presiones y/o desplazamiento forzoso. Por esta razón, la cercanía a estas áreas identificadas geográficamente por la URT, contempladas además en la Ley 1448 de 2011 y en el Decreto 4829 del mismo año; se consideran dentro del análisis, como un factor que incide en la negociación de los derechos de servidumbre.
- Presencia de organizaciones sociales contrarias a las actividades de la industria de hidrocarburos. Continuando con lo planteado anteriormente, también se tiene en la actualidad una creciente tendencia a la conformación de organizaciones sociales que manifiestan oposición abierta a cualquier actividad minera de gran escala, y por ende, a la actividad de hidrocarburos (mesas hídricas, organizaciones de ambientalistas, etc) (Asociación Colombiana del Petróleo, 2016).

Este tipo de organizaciones y su accionar como colectivo, pueden influir en la decisión de los propietarios en el escenario de una negociación de los derechos de servidumbre.

- Presencia de empresas de hidrocarburos en la zona. De la misma manera como se consideraron amenazas internas relacionadas

con la presencia de servidumbres en un predio y el antecedente de su constitución a la luz de las posibilidades de la Ley 1274 de 2009, también se consideró importante tener en cuenta la presencia de la industria en el entorno del predio.

Es claro que la negociación se ve influenciada y debe ser distinta en las zonas sin presencia de la industria, y en las zonas en las que ya se ha desarrollado o se está desarrollando la actividad. La diferencia principal radica en que para la segunda, sus moradores conocen a grandes rasgos o en detalle, la dinámica de lo que se involucra en cada uno de los procesos, así como el accionar general y particular de cada una de las empresas, bien sean porque actúan solas o porque sobre la misma región confluyen varios bloques con distintos operadores.

c. *Amenazas asociadas a la empresa de hidrocarburos*

- Área de tierras o de gestión inmobiliaria al interior de la empresa. La realidad de la actividad de la industria ha llevado a las empresas del sector a replantear sus políticas y reforzar aquellas que tienen que ver con el relacionamiento con las comunidades del área de influencia de cada proyecto (Asociación Colombiana del Petróleo, 2016).

Parte de la labor de relacionamiento recae sobre el área de gestión inmobiliaria o de tierras, bajo el entendido de que de su gestión depende el aseguramiento de las franjas de terreno que requiere la empresa de hidrocarburos para cumplir con su objeto social.

En función del cumplimiento de este objetivo, resulta como criterio determinante, el engranaje de la gestión, entendida como el posicionamiento del área de tierras al interior de cada empresa, el peso de sus opiniones al momento de la toma de decisiones, la conformación del equipo, la organización interna del mismo equipo, y la claridad en cuanto a los protocolos y procedimientos en cada una de las etapas de la gestión inmobiliaria.

Todos los aspectos anteriormente mencionados, también influyen de manera directa en el resultado de la negociación.

- Procedimientos para el pago de indemnizaciones. Como se observa, el análisis de las amenazas relacionadas con la empresa de hidrocarburos, busca examinar el engranaje de la gestión inmobiliaria dentro del accionar general de la compañía. Parte de este accionar generalmente a cargo de otras áreas de la compañía, tiene que ver con los desembolsos de los dineros que

correspondan con la indemnización por los daños causados como consecuencia de la constitución de la servidumbre petrolera.

Se puede asegurar que la gestión inmobiliaria no se considera completa, hasta tanto los propietarios no reciben la indemnización prometida a través de los diversos contratos que se suscriben entre estos y la empresa, para pagar los perjuicios ocasionados con la servidumbre petrolera; en consecuencia, este también resulta como un aspecto determinante en la negociación, en términos de la confianza que se debe transmitir al momento de llegar a un acuerdo con el propietario.

- Imagen de la empresa de hidrocarburos en la zona. Continuando con la línea de la visión integral de la gestión inmobiliaria, resulta importante considerar entonces la imagen general de la compañía en función de la forma en la que esta lleva a cabo todos sus procesos. La percepción de la imagen de la empresa y de sus procesos, puede terminar siendo un factor de peso en la negociación.

- **Nivel 3.** Los criterios analizados en este nivel son los siguientes:

- a. *Aspectos catastrales (Amenazas internas)*

- Aspecto físico. De acuerdo a la Resolución 070 (2011, art. 3):

Consiste en la identificación, descripción y clasificación del terreno y de las edificaciones del predio, sobre documentos gráficos, tales como cartas, planos, mapas, fotografías aéreas, ortofotografías, espaciomapas, imágenes de radar o satélite u otro producto que cumpla con la misma función (art. 3).

Para este caso particular, la amenaza se califica en función del tamaño del predio.

- Aspecto jurídico. Consiste en indicar y anotar en los documentos catastrales la relación entre el sujeto activo del derecho, o sea el propietario, y el objeto o bien inmueble, mediante la identificación ciudadana o tributaria del propietario o poseedor, y de la escritura y registro o matrícula inmobiliaria del predio respectivo (Resolución 070, 2011, art. 4).

Para este caso, la amenaza se relaciona con el número o la cantidad de propietarios del inmueble.

- Aspecto Fiscal. Tiene que ver con el predio y su relación con el impuesto predial unificado que establecen los municipios con base

en el avalúo catastral realizado por la autoridad catastral (Resolución 070, 2011, art. 6).

Para la metodología propuesta esta amenaza se relaciona con el estado del predio frente a sus obligaciones tributarias con el fisco municipal.

- b. *Área de tierras o de gestión inmobiliaria al interior de la empresa de hidrocarburos (Amenaza asociada a la empresa de hidrocarburos)*
 - Organización del área de tierras o de gestión inmobiliaria al interior de la empresa. Tiene que ver con la “posición” del área al interior de la organización y el peso de sus opiniones y/o recomendaciones, respecto de los demás procesos que se desarrollan en la organización para el cumplimiento del objeto social.
 - Equipo de tierras. Corresponde al conjunto de aspectos relacionados con la interdisciplinariedad del equipo, su organización interna y la de sus procesos, así como los resultados de su gestión.
 - Procedimientos y protocolos. Se relaciona con el conjunto de instrucciones claras y definidas que regulan cada uno de los procesos que se desarrollan, y que instruyen sobre la forma de proceder en cada una de las situaciones que se presentan durante el desarrollo de la gestión inmobiliaria.

Las amenazas identificadas y jerarquizadas en su respectivo nivel se presentan en el anexo D que corresponde al árbol de decisión definido para el problema analizado, conforme a la metodología AHP.

9.1.5. Conceptualización matemática árbol de amenazas

De acuerdo con el modelo propuesto y validado por el panel de expertos, la amenaza se expresaría como la sumatoria de las amenazas agrupadas en el árbol de decisión. A continuación, se presentan las diferentes ecuaciones de las amenazas, construidas a partir de la interpretación de la modelación matemática para el riesgo, planteada por (Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño, s.f.).¹⁶

¹⁶ Las ecuaciones referidas se plantean con base en las jerarquías de clasificación del método AHP. En consecuencia, el nodo superior será igual a la sumatoria de los nodos del nivel inmediatamente inferior, y así sucesivamente. La amenaza total es igual a la suma de las amenazas parciales

$$A = AI + AE + AAEH \text{ (Ecuación 6)}$$

Dónde:

AI= Amenazas internas (Asociadas al predio)

AE= Amenazas externas (Asociadas al entorno)

AAEH= Amenazas asociadas a la empresa de hidrocarburos

A su vez, cada una de las amenazas definidas en la ecuación 8 estaría en función de otras amenazas de menor jerarquía, de la siguiente manera:

$$AI = AC + US + ESH + ANSH \text{ (Ecuación 7)}$$

Dónde:

AC = Aspectos Catastrales

US= Uso del suelo asociado a la productividad

ESH= Existencia de servidumbres de hidrocarburos

ANSH= Antecedentes en la negociación de servidumbres de hidrocarburos

De manera análoga se plantean las siguientes ecuaciones:

$$AE = PACA + POSOI + PAERL + PEHZ \text{ (Ecuación 8)}$$

Dónde:

PACA = Presencia de actores del conflicto armado

OSOI= Presencia de Organizaciones sociales opuestas a la industria de HIDROCARBUROS

PAERL= Proximidad a áreas con restricción legal

PEHZ= Presencia de empresas de hidrocarburos en la zona

$$AAEH = ATIE + PPI + IEHZ \text{ (Ecuación 9)}$$

Dónde:

ATIE= Área de tierras al interior de la empresa de hidrocarburos

PPI= Proceso de pago de indemnizaciones

IEHZ= Imagen de la empresa de hidrocarburos en la zona

$$AC = AF + AJ + AFi \text{ (Ecuación 20)}$$

Dónde:

AF= Aspecto físico

AJ= Aspecto jurídico

AFi= Aspecto fiscal

$$ATIE = OAIE + OET + PP \text{ (Ecuación 31)}$$

Dónde:

OAIE= Organización del área al interior de la empresa de hidrocarburos

OET= Organización del equipo de tierras

PP= Protocolos y procedimientos

Finalmente, la ecuación que contiene todos los términos se plantearía de la siguiente manera:

$$A = (AF + AJ + AFi) + US + ESH + ANSH + PACA + POSOI + PAERL + PEHZ + (OAIE + OET + PP) + PPI + IEHZ \text{ (Ecuación 42)}$$

9.1.6. Consulta a panel de expertos

9.1.6.1. Conformación del panel de expertos

Como se mencionó anteriormente, el panel está compuesto por ocho (8) profesionales de un mismo equipo de tierras de una empresa de hidrocarburos colombiana.

Tabla 10. Composición del panel de expertos

Número de personas	Rol dentro del equipo
1	Líder de Tierras de empresa de hidrocarburos
1	Coordinadora del equipo- Profesional Jurídico
1	Profesional Jurídico
4	Profesional de Campo
1	Profesional Administrativo

Fuente: Pimentel, R., (2017), Elaboración propia

9.1.6.2. Valoración de los elementos del modelo de amenazas

La valoración de cada uno de los criterios, en su respectivo nivel, se realizó con base en la escala de calificación de Saaty (Saaty & Vargas, 2012).

Los expertos fueron consultados mediante una encuesta enviada como hoja electrónica de Excel que contenía generalidades del método AHP, las comparaciones a realizar por cada nivel del árbol de amenazas, y las instrucciones claras y precisas sobre la forma en la que se debían realizar las comparaciones para garantizar la consistencia de los resultados. (Ver Anexos A y B)

Las valoraciones de cada uno de los expertos sobre las comparaciones propuestas en el árbol de decisión, fueron analizadas en hoja electrónica de Excel, la cual contiene una plantilla diseñada para el análisis de los datos a través de la utilización del método AHP (Goepel, 2011).

Como se observará en los resultados, cada criterio se compila en una sola matriz de comparación que promedia los resultados, analizando de paso el consenso de la valoración realizada por el panel de expertos, el cual estará influenciado sin duda por el rol que cada uno de ellos desempeña dentro del proceso de la gestión inmobiliaria de la empresa de hidrocarburos.

Los expertos fueron contextualizados sobre el objetivo y los alcances de la metodología que se pretende construir. Adicionalmente cada uno de ellos, recibió para su evaluación el árbol de amenazas, encuesta para la valoración en la que fue contextualizado sobre el método AHP, la escala de calificación, y los criterios a evaluar según el modelo de amenazas construido. (Ver anexo A)

9.1.6.3. Resultados de la consulta del panel de expertos

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en las matrices de comparación planteadas a partir del árbol de decisión construido, los pesos asignados a cada una de las variables por el panel de expertos, y el consenso logrado en torno a la comparación planteada por el estudio.

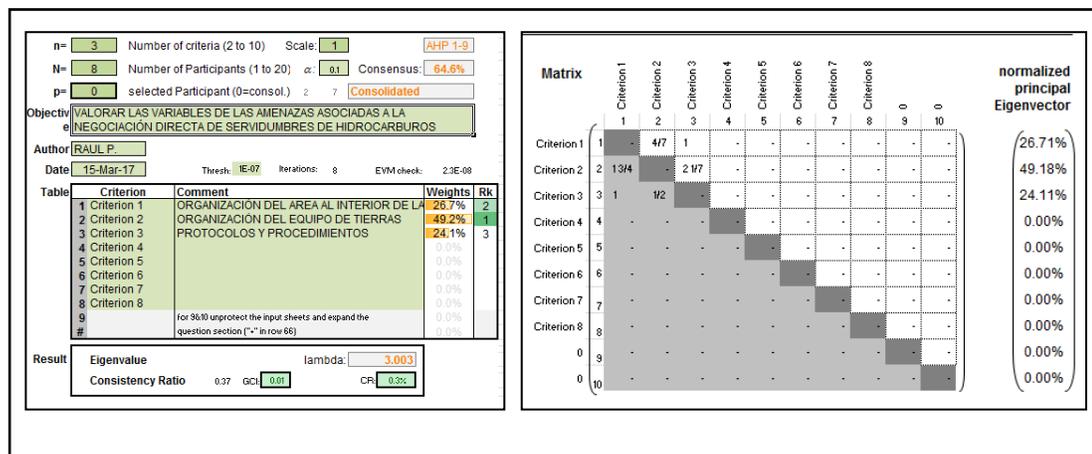


Figura 9: Matriz pareada ponderada, pesos y priorización de la amenaza asociada al área de tierras al interior de la empresa de hidrocarburos

Fuente: Valoración panel de expertos, basado en resultados presentados en hoja resumen de hoja electrónica AHP Excel Template with multiple Inputs, (Goepel, 2011).

La figura 7 muestra que de acuerdo con la valoración realizada por el panel de expertos, para esta comparación del nivel 3, relacionado con el área de tierras al interior de la empresa de hidrocarburos; la organización del equipo de tierras es la variable con mayor peso (49,2%), seguida de la organización del área al interior de la empresa (26.7%), y finalmente, los protocolos y procedimientos (24,1%).

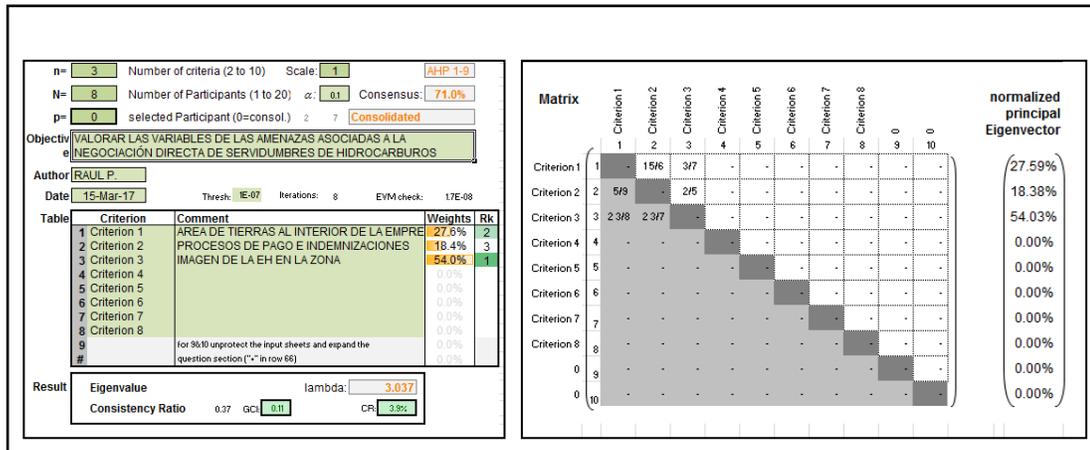


Figura 10: Matriz pareada ponderada, pesos y priorización de la amenaza asociada a la empresa de hidrocarburos

Fuente: Valoración panel de expertos, basado en resultados presentados en hoja resumen de hoja electrónica AHP Excel Template with multiple Inputs, (Goepel, 2011).

La figura 8 muestra que, de acuerdo con la valoración del panel de expertos, en lo que se refiere las amenazas asociadas a la empresa de hidrocarburos, correspondiente a una comparación del nivel 2 del árbol de jerarquías, la variable con mayor peso es la de la imagen de la empresa (54.0 %), seguida del área de tierras al interior de la empresa de hidrocarburos (27.6%), y por último, el proceso de pagos e indemnizaciones (18,4%).

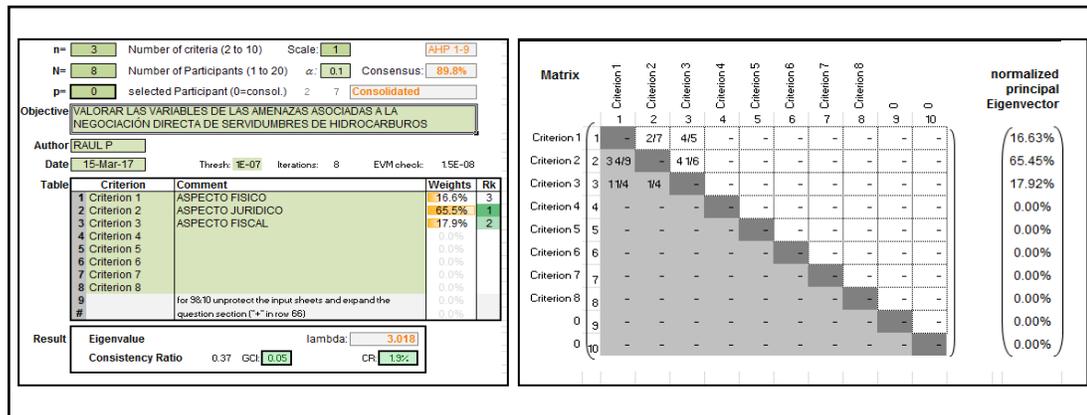


Figura 11: Matriz pareada ponderada, pesos y priorización de la amenaza asociada a los aspectos catastrales

Fuente: Valoración panel de expertos, basado en resultados presentados en hoja resumen de hoja electrónica AHP Excel Template with multiple Inputs, (Goepel, 2011).

En la figura 9 se observa la comparación de los aspectos catastrales, nivel 3 del árbol de jerarquías; en el cual, el mayor peso lo obtiene el aspecto jurídico, relacionado con el número de propietarios (65.5%), seguido del aspecto fiscal (17.9 %), y finalmente, el aspecto físico (16.6%).

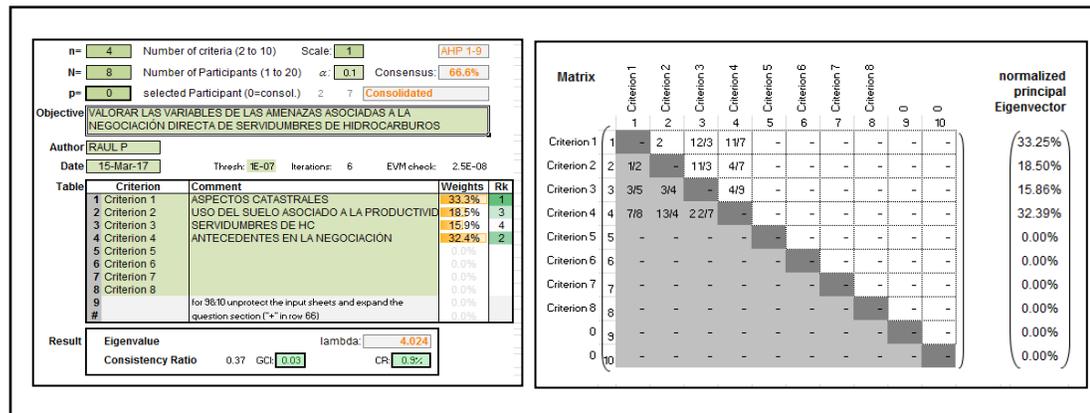


Figura 12: Matriz pareada ponderada, pesos y priorización de las amenazas asociadas al predio

Fuente: Valoración panel de expertos, basado en resultados presentados en hoja resumen de hoja electrónica AHP Excel Template with multiple Inputs, (Goepel, 2011).

La figura 10 corresponde a la priorización dada por el panel de expertos a las comparaciones del nivel 2 del árbol de jerarquías, correspondiente a las amenazas internas o asociadas al predio. En esta valoración, el criterio con mayor peso son los aspectos catastrales (33.3 %), seguido de los antecedentes en la negociación (32.4%), luego el uso del suelo asociado a la productividad (18.5 %), y finalmente, la existencia de servidumbres petroleras en el predio (15.8 %).

La figura 11 contiene las comparaciones del nivel 2 del árbol de jerarquías, correspondientes a las comparaciones pareadas de las amenazas

asociadas a las externalidades del predio. En esta valoración los expertos concluyeron que el criterio con mayor peso es el que tiene que ver con las organizaciones sociales que se oponen a las actividades de la industria petrolera (41 %), posteriormente está la amenaza relacionada con la cercanía a áreas especiales con restricción (24.9 %), continúa con la presencia de empresas de hidrocarburos en la zona (17,4%), y por último, la proximidad a zonas con antecedentes de conflicto armado (15.7%).

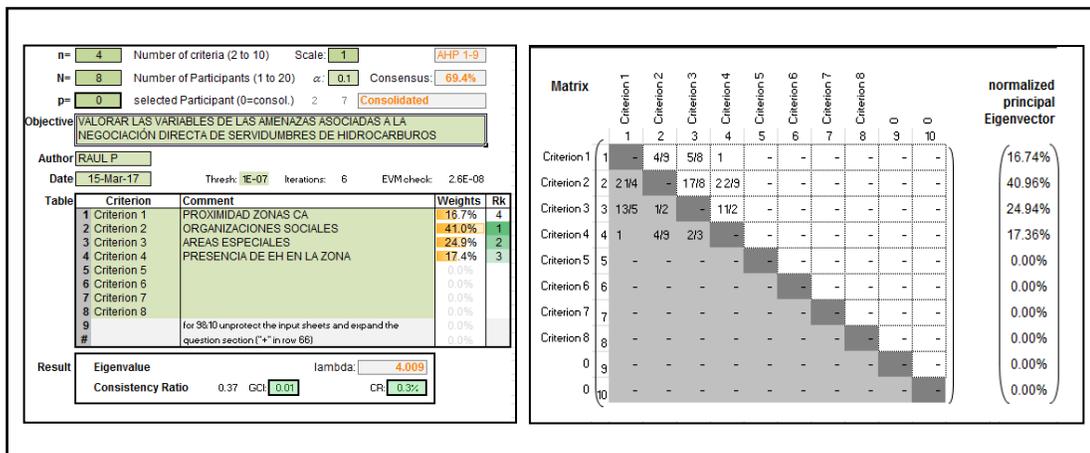


Figura13: Matriz pareada ponderada, pesos y priorización de las amenazas asociadas al entorno del predio

Fuente: Valoración panel de expertos, basado en resultados presentados en hoja resumen de hoja electrónica AHP Excel Template with multiple Inputs, (Goepel, 2011).

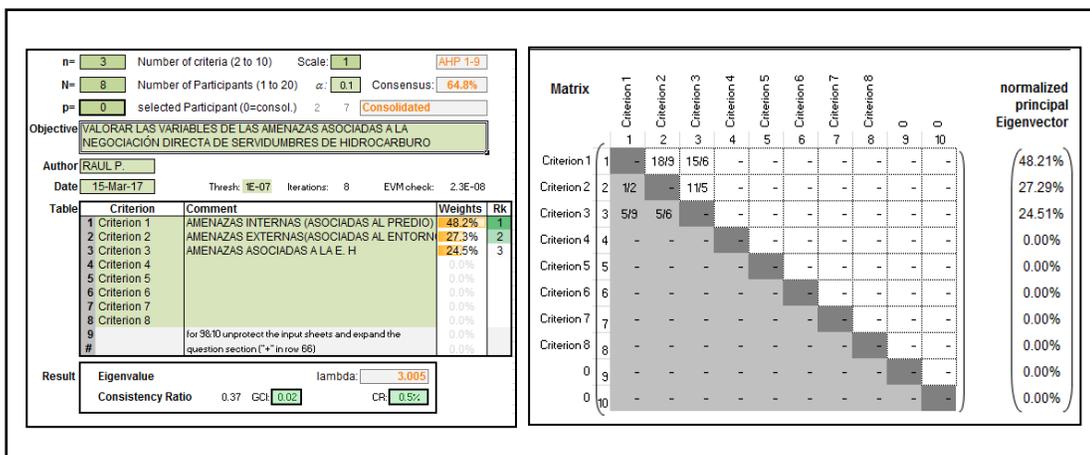


Figura14: Matriz pareada ponderada, pesos y priorización de las amenazas asociadas la negociación directa de servidumbres de hidrocarburos en predios rurales

Fuente: Valoración panel de expertos, basado en resultados presentados en hoja resumen de hoja electrónica AHP Excel Template with multiple Inputs, (Goepel, 2011).

Finalmente, se tiene la comparación del nivel 1 de las amenazas que con influencia directa en el resultado de la negociación de derechos de servidumbre petrolera. En esta comparación, se tiene que las amenazas internas o asociadas al predio son las de mayor relevancia (48.2 %), continúan en orden de importancia, las amenazas asociadas a las externalidades del predio (27.3 %), y finalmente, están las amenazas asociadas a la empresa de hidrocarburos (24.5 %).

En el anexo E se presenta el árbol de decisión con los respectivos pesos (resumen de las figuras 7 al 12) para cada una de las amenazas identificadas.

Todas las valoraciones realizadas y presentadas en las diferentes matrices de comparación analizadas por el panel de expertos cumplieron con el índice de consistencia referido de las ecuaciones 3 y 4, y con los axiomas de reciprocidad, homogeneidad, dependencia y expectativas, que rigen el método AHP.

El método AHP adopta la forma de una matriz lineal que puede expresarse en forma matricial con la siguiente ecuación:

$$A = A_i.W$$

Dónde:

A= Amenaza asociada a la negociación

A_i= Amenazas identificadas

W= Vector de pesos

Si planteamos y desarrollamos el polinomio matricial para las variables del nivel 1 del árbol de decisión, se tiene:

$$A = (0.482, 0.273, 0.245) \begin{bmatrix} AI \\ AE \\ AAEH \end{bmatrix} = 0.482 AI + 0.273 AE + 0.245 AAEH$$

Dónde:

AI= Amenazas internas (Asociadas al predio)

AE= Amenazas externas (Asociadas al entorno)

AAEH= Amenazas asociadas a la empresa de hidrocarburos

Si se aplica el mismo procedimiento para todas las variables identificadas y todos los vectores de peso calculados a través del método AHP, la amenaza A se plantea en los siguientes términos:

$$A = [(0.166 * AF + 0.655 * AJ + 0.179 * AFi) * 0.333 + 0.185 * US + 0.159 * ESH + 0.324 * ANSH] * 0.482 + [0.161 * PACA + 0.41 * POSOI + 0.249 *$$

$$PAERL + 0.174 * PEHZ] * 0.273 + [(0.267 * OAIE + 0.492 * OET + 0.241 * PP) * 0.276 + 0.184 * PPI + 0.54 * IEHZ] * 0.245 \quad (\text{Ecuación 53})$$

9.1.7. Ponderación de variables

Considerando que uno de los objetivos de la investigación se centra en la visualización y espacialización del riesgo asociado a la negociación en un SIG, se requiere entonces ponderar las variables de la ecuación del riesgo para realizar el análisis de sensibilidad de la matriz de comparaciones.

9.1.7.1. Ponderación de variables de la amenaza

Una vez identificadas, caracterizadas y categorizadas, según el caso, las diferentes variables que tienen incidencia en la negociación directa de los derechos de servidumbre de hidrocarburos, se procede entonces establecer los rangos de cada una de las variables identificadas y su respectiva ponderación.

- **Variables de la amenaza.** Con el propósito de mostrar la dimensión de cada una de las variables asociadas el riesgo en la negociación, se procede a establecer los rangos y los valores de cada una de ellas, iniciando por el nivel de menor jerarquía.

a. *Variables con componente espacial*

Tabla 11. Amenazas asociadas al aspecto físico (Área del predio)

Área del predio (Ha)	Clasificación	Peso
>100	Amenaza Muy Baja	0
20.01 – 100	Amenaza Baja	4
5.01 – 20	Amenaza Moderada	8
0- 5	Amenaza Alta	10

Fuente: Pimentel, R., (2017), Elaboración propia.

Tabla 12. Amenazas asociadas al aspecto Jurídico (Número de propietarios)

Número de propietarios del predio	Clasificación	Peso
1	Amenaza Muy Baja	0
2	Amenaza Baja	4
3 – 4	Amenaza Moderada	8
>5	Amenaza Alta	10

Fuente: Pimentel, R., (2017), Elaboración propia.

Tabla 13. Amenazas asociadas al aspecto Fiscal (Pago de Impuesto Predial Unificado)

Deuda de IPU (# años)	Clasificación	Peso
0	Amenaza Muy Baja	0
1	Amenaza Baja	3
2 - 4	Amenaza Moderada	8
>5	Amenaza Alta	10

Fuente: Pimentel, R., (2017), Elaboración propia.

Tabla 14. Amenazas asociadas al uso del suelo en función de la productividad

Zonificación Ambiental EOT	Clasificación	Peso
Área improductiva	Amenaza Muy Baja	0
Área de producción baja	Amenaza Baja	3
Área de producción moderada o intermedia	Amenaza Moderada	8
Área de producción alta	Amenaza Alta	10

Fuente: Pimentel, R., (2017), Elaboración propia.

Tabla 15. Amenazas asociadas a la existencia de servidumbres de hidrocarburos

Área del predio ocupada con servidumbres de hidrocarburos (%) (Área total de servidumbres de HC/ Área del predio)	Clasificación	Peso
0 – 5	Amenaza Muy Baja	1
5.1 - 10	Amenaza Baja	3
10.1 – 20	Amenaza Moderada	8
>20	Amenaza Alta	10

Fuente: Pimentel, R., (2017), Elaboración propia.

Tabla 16. Amenazas asociadas a los antecedentes en la negociación de servidumbres de hidrocarburos

Antecedentes en la negociación	Clasificación	Peso
Todas las negociaciones han sido exitosas	Amenaza Muy Baja	0
Alguna de las negociaciones fue fallida	Amenaza Baja	4
Más de una negociación fue fallida	Amenaza Moderada	7
Todas las negociaciones han sido fallidas	Amenaza Muy Alta	10

Fuente: Pimentel, R., (2017), Elaboración propia.

Tabla 17. Amenazas asociadas a la presencia de actores del conflicto armado CA

Presencia de actores del conflicto armado	Clasificación	Peso
Sin historial ni presencia actual de actores del CA	Amenaza Muy Baja	0
Con historial pero sin presencia actual de actores del CA	Amenaza Baja	5
Con historial y con presencia pasiva de actores del CA	Amenaza Moderada	8
Con presencia activa de actores del CA	Amenaza Alta	10

Fuente: Pimentel, R., (2017), Elaboración propia.

Tabla 18. Amenazas asociadas a la presencia de organizaciones sociales (OS) que se oponen a la actividad extractiva de hidrocarburos (HC)

Presencia de organizaciones sociales	Clasificación	Peso
Sin presencia en el municipio ni en municipios aledaños	Amenaza Muy Baja	0
Sin presencia en el municipio pero si en municipios aledaños	Amenaza Baja	3
Sin presencia formal en el municipio pero en proceso de constitución como organización formal	Amenaza Moderada	7
Con presencia en el municipio	Amenaza Alta	10

Fuente: Pimentel, R., (2017), Elaboración propia.

Tabla 19. Amenazas asociadas con la proximidad a áreas especiales con restricción legal (Áreas focalizadas por la URT)

Proximidad a áreas especiales	Clasificación	Peso
Predio distante de área especial	Amenaza Muy Baja	0
Predio cercano pero no contiguo a área especial	Amenaza Baja	3
Predio contiguo a área especial	Amenaza Moderada	8
Predio ubicado dentro de área especial	Amenaza Alta	10

Fuente: Pimentel, R., (2017), Elaboración propia.

Tabla 20. Amenazas asociadas a la presencia de empresas de HC en la zona

Presencia de empresas de HC	Clasificación	Peso
Zona con presencia y buen relacionamiento con comunidad	Amenaza Muy Baja	0
Zona con presencia de empresas de HC	Amenaza Baja	3
Zona sin presencia de empresas de HC o con presencia y con antecedentes de conflicto con comunidades	Amenaza Moderada	8
Zona con presencia y con conflicto permanente con comunidades	Amenaza Alta	10

Fuente: Pimentel, R., (2017), Elaboración propia.

b. Variables con componente espacial

Tabla 21. Amenazas asociadas a la organización del área de tierras (AT) al interior de la empresa de HC

Organización del AT al interior de la empresa	Clasificación	Peso
Área organizada y con presencia activa en la toma de decisiones en la ejecución de proyectos	Amenaza Muy Baja	0
Área organizada pero con poca presencia en la toma de decisiones en la ejecución de proyectos	Amenaza Baja	3
Área organizada pero ajena la toma de decisiones en la ejecución de proyectos	Amenaza Moderada	8
Área no organizada	Amenaza Alta	10

Fuente: Pimentel, R., (2017), Elaboración propia.

Tabla 22. Amenazas asociadas a la organización del equipo de tierras (ET)

Organización del ET	Clasificación	Peso
Equipo organizado, multidisciplinario y con experiencia	Amenaza Muy Baja	0
Equipo organizado, multidisciplinario pero sin experiencia	Amenaza Baja	5
Equipo poco organizado y sin el personal idóneo	Amenaza Moderada	8
Sin equipo de tierras (función delegada o disgregada sin coordinación)	Amenaza Alta	10

Fuente: Pimentel, R., (2017), Elaboración propia.

Tabla 23. Amenazas asociadas a los protocolos y los procedimientos (P&P)

P&P	Clasificación	Peso
Protocolos y procedimientos claros, suficientes y conocidos por todo el equipo	Amenaza Muy Baja	0
Protocolos y procedimientos claros, suficientes pero poco conocidos por todo el equipo	Amenaza Baja	5
Protocolos y procedimientos insuficientes para la gestión inmobiliaria	Amenaza Moderada	8
Protocolos y procedimientos insuficientes y desconocidos para los encargados de la gestión inmobiliaria	Amenaza Alta	10

Fuente: Pimentel, R., (2017), Elaboración propia.

Tabla 24. Amenazas asociadas a los procesos de pago e indemnizaciones

Procesos de pago e indemnizaciones	Clasificación	Peso
Procesos de pago dentro de términos de contratos	Amenaza Baja	0
Procesos de pago con retraso inferior a un mes respecto de términos de contratos	Amenaza Moderada	5
Procesos de pago con retraso superior a un mes respecto de términos de contratos	Amenaza Alta	10

Fuente: Pimentel, R., (2017), Elaboración propia.

Tabla 25. Amenazas asociadas a la imagen de la empresa de hidrocarburos

Imagen de la empresa de HC	Clasificación	Peso
Empresa con buena imagen y aceptación por el actuar consecuente con sus compromisos de valor	Amenaza Baja	0
Empresa con regular imagen y mediana aceptación debido al incumplimiento de algunos de sus compromisos de valor	Amenaza Moderada	5
Empresa con mala imagen y poca aceptación debido al incumplimiento de la mayoría de sus compromisos de valor	Amenaza Alta	10

Fuente: Pimentel, R., (2017), Elaboración propia.

Tabla 26. Clasificación de la amenaza (aplicación método AHP)

Amenaza	Clasificación
0- 1	Amenaza Muy Baja
1.01 - 2.5	Amenaza Baja
2.501- 5	Amenaza Moderada
5.01- 7	Amenaza Alta
>7	Amenaza Muy Alta

Fuente: Pimentel, R., (2017), Elaboración propia.

9.1.7.2. Ponderación de la vulnerabilidad

Al igual que con las amenazas, la unidad espacial de la vulnerabilidad es el predio, y su grado o magnitud depende directamente de la localización de este respecto de la infraestructura petrolera construida o por construir al interior del bloque de hidrocarburos.

En tal sentido, se entenderá que el grado de vulnerabilidad aumenta o disminuye en función de la cercanía del predio a la ubicación de la infraestructura petrolera de cada bloque, siendo de grado máximo en aquellos predios donde se localiza o localizará la referida infraestructura.

Teniendo en cuenta el carácter espacial de esta variable, la misma podrá ser objeto de análisis y espacialización a través de un SIG. Esta variable solo involucra los predios contenidos parcial o totalmente por el bloque de hidrocarburos entregado por la ANH, y se pondera en función de la demanda de áreas del predio para la construcción y/o adecuación de la infraestructura de hidrocarburos, la cual se proyecta generalmente a partir de los planes de manejo ambiental (PMA) de cada proyecto.

Tabla 27. Clasificación de la vulnerabilidad

Vulnerabilidad	Clasificación
Predio sin infraestructura y/o sin proyección de construcción o adecuación de acuerdo con PMA	Vulnerabilidad Baja
Predio sin infraestructura pero con proyección de construcción o adecuación de acuerdo con PMA	Vulnerabilidad Moderada
Predio con infraestructura	Vulnerabilidad Alta

Fuente: Pimentel, R., (2017), Elaboración propia.

9.1.7.3. Ponderación del riesgo

Con base en los conceptos expuestos hasta el momento y de acuerdo con el planteamiento matemático definido para el riesgo (R), se tiene que la ecuación que exprese la cuantificación del riesgo asociado a la negociación directa de derechos de servidumbre para cada uno de los predios del bloque de hidrocarburos dependerá de la validación y/o la valoración dada por el panel de expertos a cada uno de los criterios identificados como amenaza (A) y de la vulnerabilidad (V) en función de su localización respecto de la infraestructura construida o por construir.

Para la valoración del riesgo se recurrirá a la matriz de comparación amenaza-vulnerabilidad adaptada para esta investigación.

Tabla 28. Matriz del riesgo objetivo asociado a la negociación directa de derechos de servidumbre de hidrocarburos

Vulnerabilidad Amenaza ↓	→ Vulnerabilidad Baja	Vulnerabilidad Moderada	Vulnerabilidad Alta
Amenaza Muy Baja	Bajo	Bajo	Bajo
Amenaza Baja	Bajo	Bajo	Bajo
Amenaza Moderada	Bajo	Moderado	Moderado
Amenaza Alta	Bajo	Moderado	Alto
Amenaza Muy Alta	Bajo	Alto	Alto

Fuente: Pimentel, R., (2017), Elaboración propia con base en ponderación de variables de amenaza y vulnerabilidad.

9.1.8. Visualización del análisis del riesgo en la negociación (módulo de Análisis de la Negociación_ MAN)

El proceso hasta ahora desarrollado nos ha permitido desagregar el problema en criterios cuantificables que permitirán establecer el riesgo asociado a la negociación de derechos inmobiliarios para servidumbres de hidrocarburos en un área o proyecto específico.

Lo que sigue es visualizar el nivel de amenaza, vulnerabilidad y riesgo asociado a la negociación en el SIG de la empresa de HC, y al elemento propuesto como pieza de este SIG es al que denominaremos Módulo de Análisis de la Negociación_ MAN.

- **Información Básica.** Teniendo en cuenta que este componente hará parte del SIG principal de la empresa de HC, nos centraremos en el inventario de la información mínima requerida para la aplicación del modelo. (Ver anexo F)

- **Diseño Conceptual.** El MAN deberá ser un elemento adaptable al SIG de tierras de la empresa de HC, y deberá permitir el acceso de usuarios para consulta y/o análisis de la información.

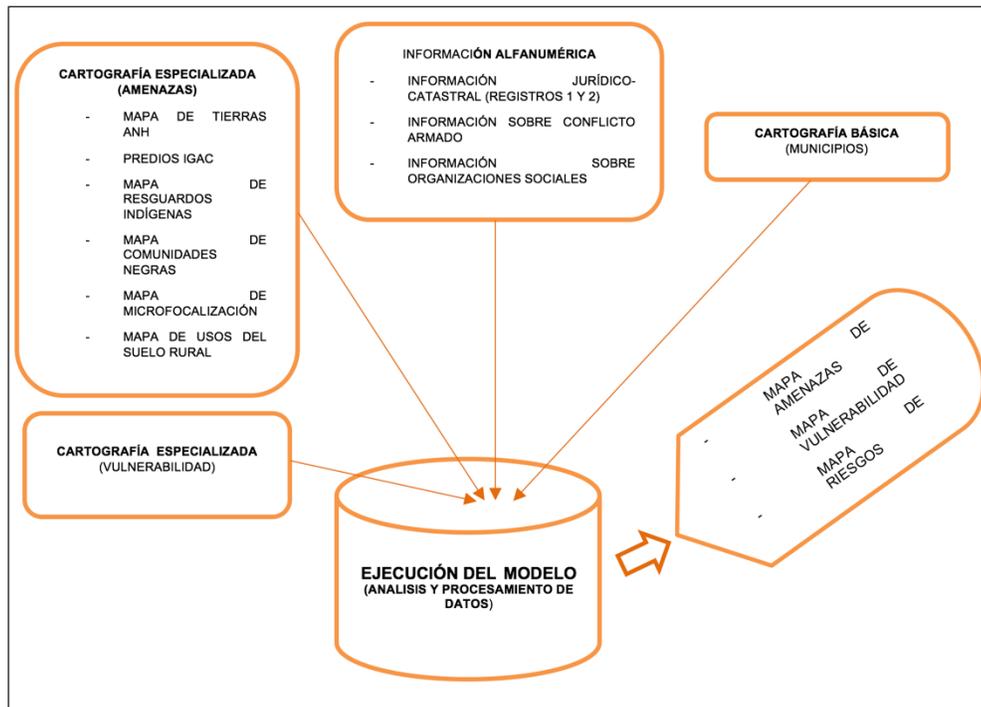


Figura15: Diseño conceptual del MAN

Fuente: Pimentel, R., (2017), Elaboración propia.

9.1.9. Implementación (Estudio de caso)

Como estudio de caso para la aplicación de la metodología desarrollada, se seleccionó uno de los bloques de hidrocarburos a cargo de la ANH.

Tabla 29. Estudio de Caso (Bloque de HC)

Nombre del Contrato (Bloque)	Hobo
Fecha de firma	01-01-1.984
Superficie	Continental
Cuenca	Valle Superior del Magdalena (VSM)
Modelo de explotación	Producción en asociación con Ecopetrol
Operadora	Petrobras Colombia Limited
Tipo de Área	Área en producción
Área (Ha)	7.784,25

Fuente: Pimentel, R., (2017), Elaboración propia con base en mapa de tierras de la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH), año 2017

- **Localización.** El bloque Hobo, está ubicado en el municipio de Yaguará en el departamento del Huila; cuya operación se encuentra actualmente a cargo de Ecopetrol.

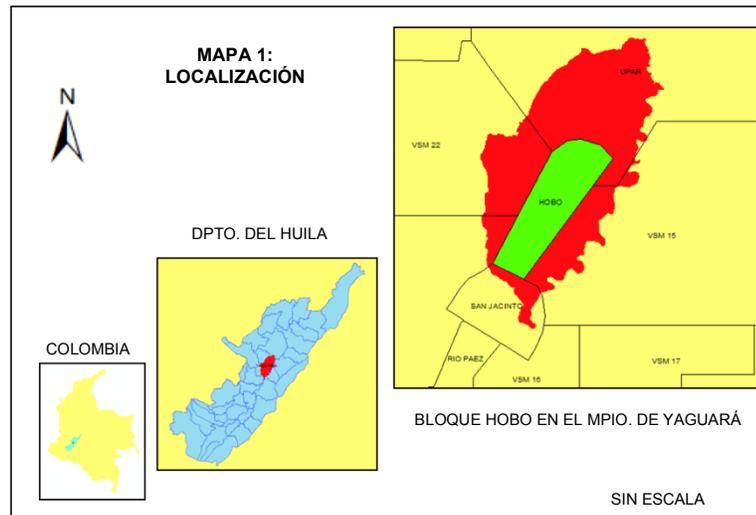


Figura16: Localización Bloque Hobo, municipio de Yaguará, departamento del Huila

Fuente: Pimentel, R., (2017), Elaboración propia con base en cartografía IGAC y Mapa de Tierras ANH

- **Licencia ambiental.** El campo en el que se desarrollan la explotación del bloque petrolero se denomina Campo Yaguará, y su polígono de explotación se encuentra definido en la Resolución 1224 (2015), la cual modificó las Resoluciones 944 de 1999 y 664 de 2013.

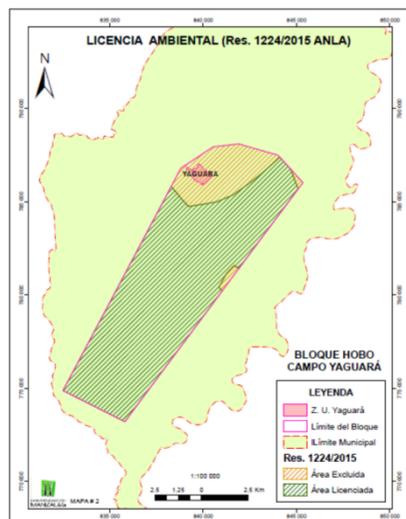


Figura17: Área total Campo Yaguará

Fuente: Pimentel, R., (2017), Elaboración propia con base en Resolución 1224 de 2015 (Licencia Ambiental)

El área licenciada ocupa una superficie de 6.585,3 Ha¹⁷, lo que implica que este bloque tiene un área excluida por licencia ambiental de 1.198,96

¹⁷ Resolución 1224 de 2015 – Agencia Nacional de Licencias Ambientales (ANLA)

Ha, las cuales hacen parte del embalse de Betania (espejo de agua/ zona inundable).

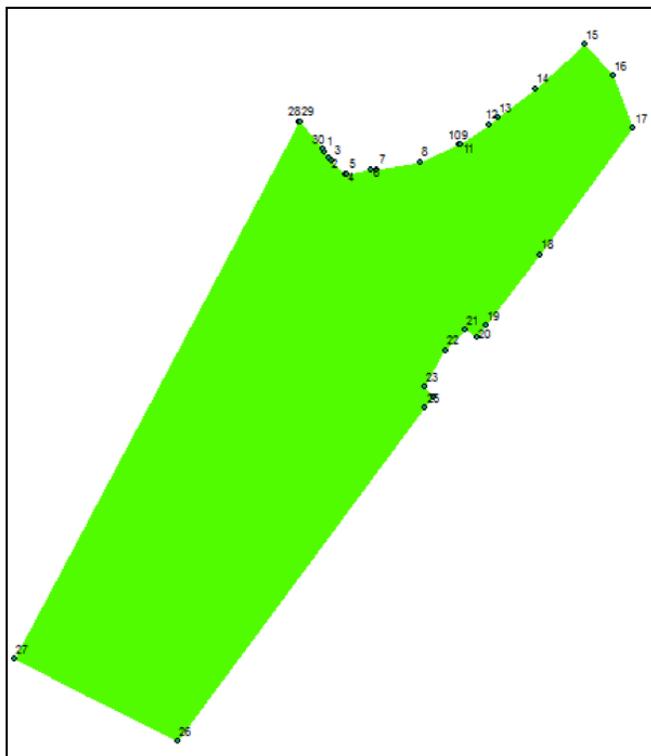


Figura18: Área Licenciada Campo Yaguará

Fuente: Pimentel, R., (2017), Elaboración propia con base en Resolución 1224 de 2015 (Licencia Ambiental)

- **Infraestructura petrolera.** Por tratarse de un campo relativamente antiguo, la mayor parte de la infraestructura petrolera ya se encuentra construida, es decir, que se trata de un campo totalmente desarrollado.

Para efectos de la aplicación metodológica propuesta, se procedió a ubicar la infraestructura correspondiente a los pozos productores referidos en la licencia ambiental.

A partir de esta información se generaron los polígonos correspondientes a las islas o plataformas sobre las que se encuentran los pozos productores. Los polígonos de las plataformas que se construyeron por “fotointerpretación” a partir de imágenes satelitales, y para nuestro ejercicio, ellos corresponderán a las áreas con servidumbre legalmente constituida.

- **Información predial.** Con base en la información gráfica del geoportal del IGAC y con la ayuda de planchas catastrales en físico; se generó la capa

correspondiente a los predios del bloque Hobo. El polígono del bloque cruza un total de 318 predios.

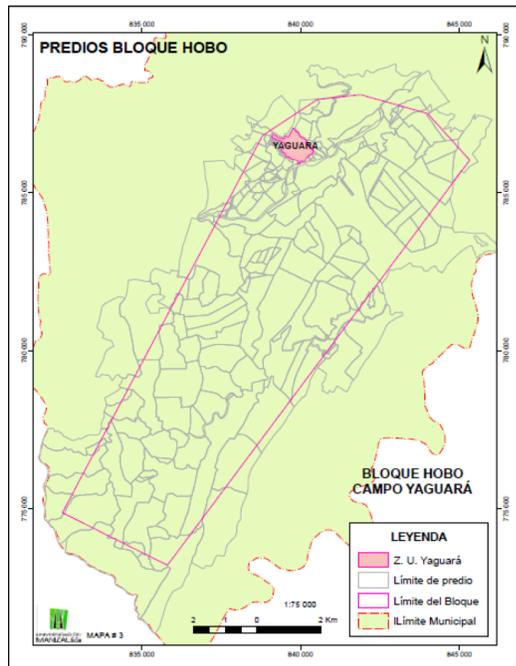


Figura19: Predios del bloque Hobo

Fuente: Pimentel, R., (2017), Elaboración propia con base en: Cartografía IGAC de municipios- Cartografía IGAC Geoportal – Catastro y Resolución 1224 de 2015 (Licencia Ambiental)

- **Viabilidad cero (V0).** Con la información del geoportal del IGAC, se generó el mapa de viabilidad jurídica o de viabilidad cero. En esta viabilidad se identifican los predios que no cuentan con antecedente registral y por lo tanto son “inviabiles no saneables”. (No viables para la negociación directa)
- **Viabilidad cero (V0) vs Licencia Ambiental.** A partir de la viabilidad jurídica y el cruce con las capas de la licencia ambiental, se generó el mapa correspondiente a aquellos predios que pueden ser objeto de negociación directa de derechos de servidumbre. A este mapa lo denominaremos Viabilidad Jurídica Uno (V1)

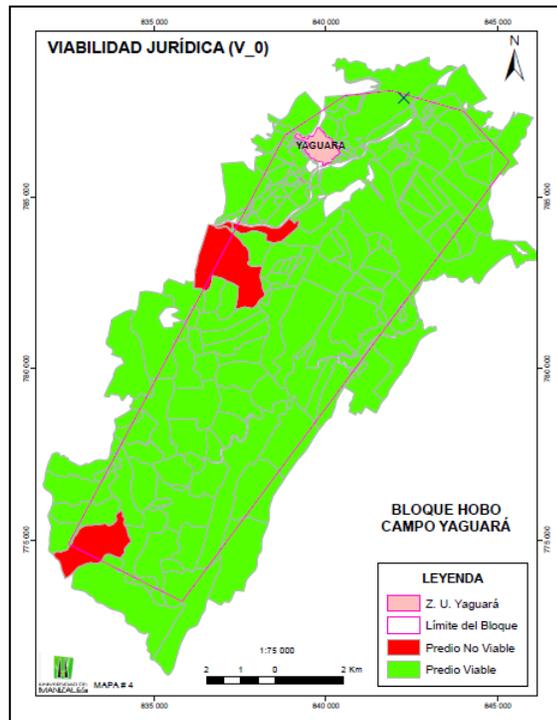


Figura 20: Viabilidad Cero (V0)

Fuente: Pimentel, R., (2017), Elaboración propia

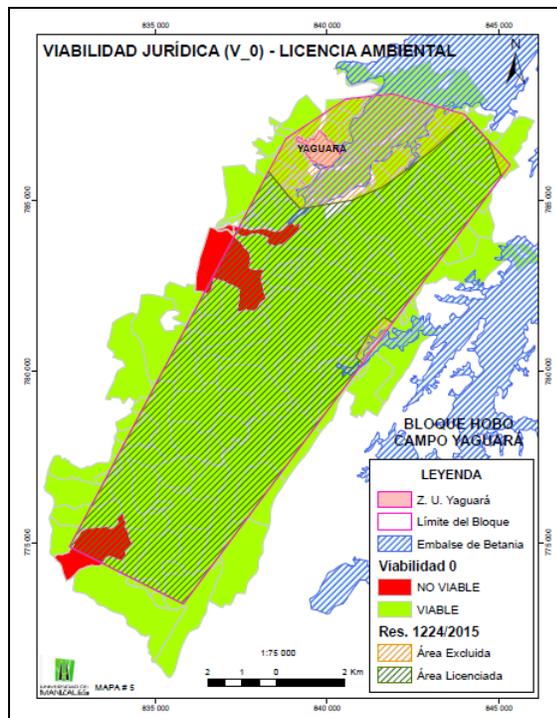


Figura 21: Viabilidad Cero (V0) vs Licencia Ambiental

Fuente: Pimentel, R., (2017), Elaboración propia

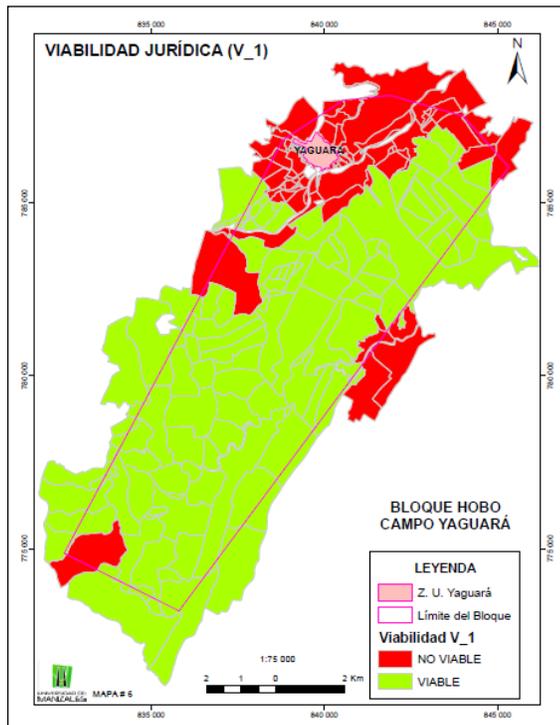


Figura 22: Viabilidad Uno (V1)

Fuente: Pimentel, R., (2017), Elaboración propia

- **Amenazas.** Una vez identificados los predios susceptibles de negociación directa, se generan los mapas de amenazas conforme a las variables jerarquizadas a través del método AHP.

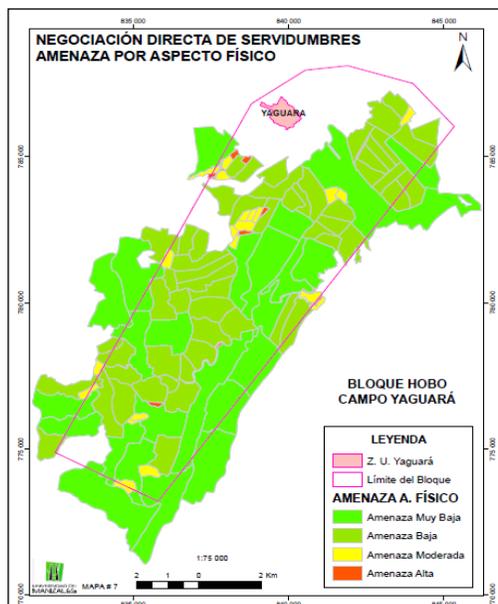


Figura 23: Amenaza por Aspecto Físico

Fuente: Pimentel, R., (2017), Elaboración propia

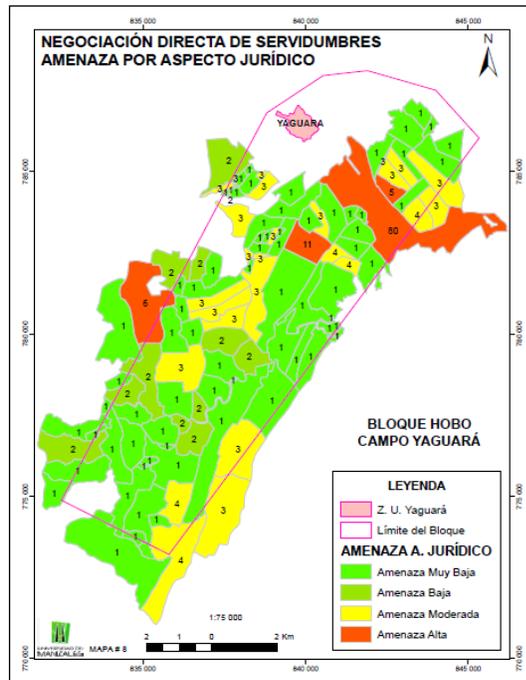


Figura24: Amenaza por Aspecto Jurídico
Fuente: Pimentel, R., (2017), Elaboración propia

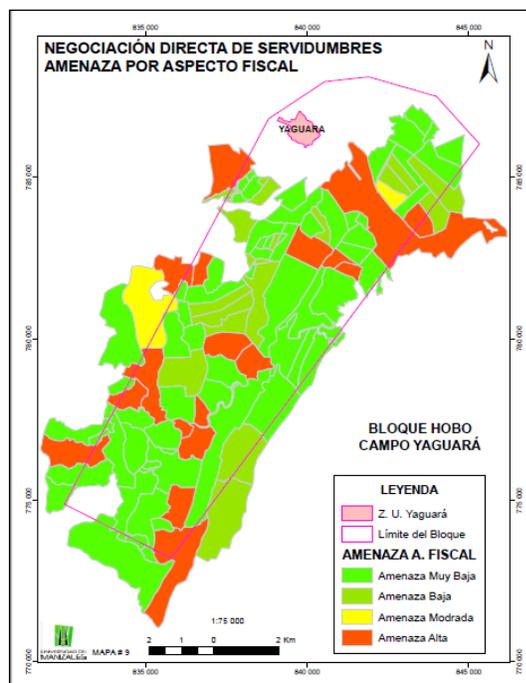


Figura25: Amenaza por aspecto fiscal
Fuente: Pimentel, R., (2017), Elaboración propia

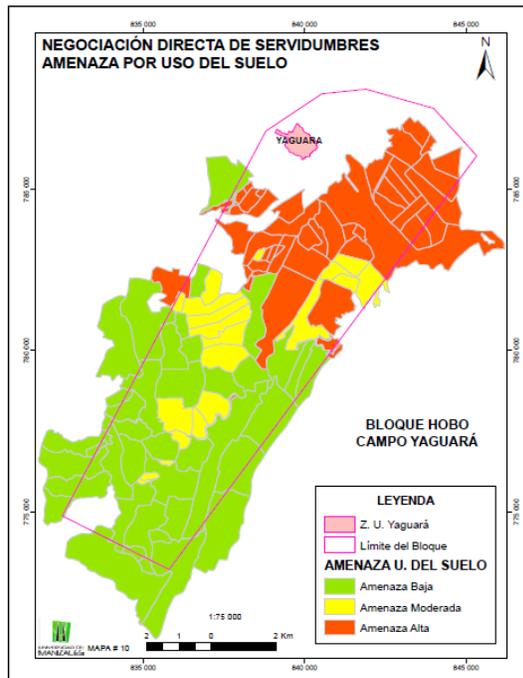


Figura26: Amenaza por uso del suelo

Fuente: Pimentel, R., (2017), Elaboración propia

Con base en la información de la licencia ambiental y con la ayuda de imágenes satelitales gratuitas de Google Earth, se ubican las diferentes plataformas con infraestructura petrolera sobre las cuales se calculará el área de la posible servidumbre. Adicionalmente se dibujan las vías internas del campo, para conectar los polígonos de las plataformas.

Las áreas calculadas que se asumen como áreas de servidumbre, son aproximadas y se limitan al polígono dibujado sobre la imagen satelital.

Con base en estos mismos polígonos se elaborará el mapa correspondiente a la vulnerabilidad, asociada a la ubicación de las plataformas.

Se aclara que al no contar con toda la información de la infraestructura (vías, líneas eléctricas, líneas de flujo de hidrocarburo, líneas de agua, etc.) y sus áreas de servidumbre, el estudio de caso se limita a las áreas de las plataformas cuyos polígonos fueron construidos sobre la imagen satelital.

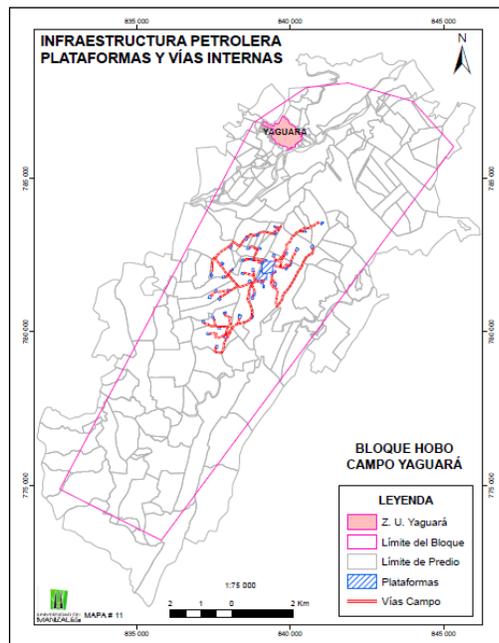


Figura 27: Infraestructura petrolera (Plataformas y Vías) del Campo Yaguará

Fuente: Pimentel, R., (2017), Elaboración propia (Interpretación de detalles sobre imagen google earth)

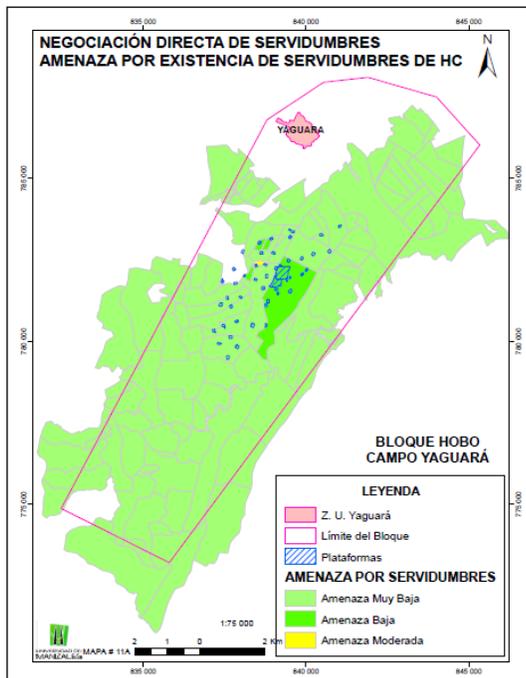


Figura 28: Amenaza por existencia de servidumbres de HC en el predio.

Fuente: Pimentel, R., (2017), Elaboración propia con base en áreas de plataforma dibujadas sobre imagen satelital de Google Earth

Teniendo en cuenta que la variable correspondiente al antecedente en las negociaciones tiene un peso significativo en las amenazas asociadas al predio, y aunque se carece de esta información, se generó el mapa de esta amenaza a partir de la experiencia y ligando esta variable al número de propietarios de cada inmueble.

Se considera de vital importancia mostrar gráficamente esta variable, aclarando que no se trata de datos corroborados en campo.

Como esta es una variable ligada irrestrictamente a la existencia de servidumbres, aquellos predios que no contienen infraestructura petrolera se catalogan con el valor más bajo de esta amenaza, es decir, cero (Amenaza Muy Baja).

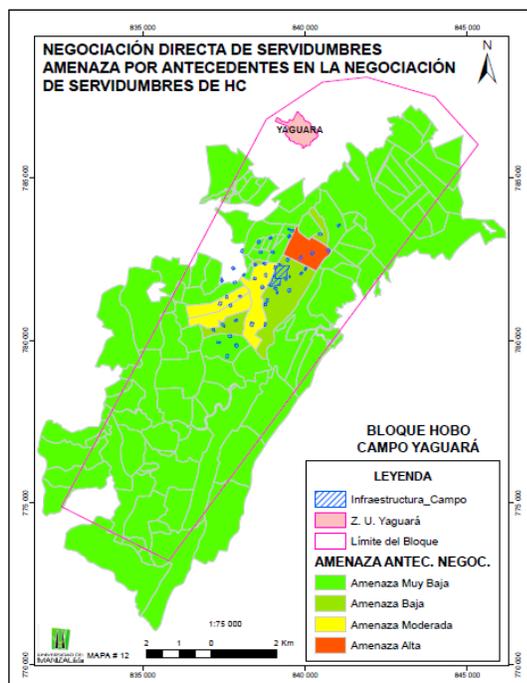


Figura 29: Amenaza por antecedentes en la negociación de servidumbres de HC

Fuente: Pimentel, R., (2017), Elaboración propia.

De esta manera se concluye con la presentación del análisis de las amenazas asociadas al predio, y se debe abordar entonces el análisis correspondiente a las amenazas asociadas al entorno.

La primera de estas variables a analizar corresponde a las amenazas asociadas a los actores del conflicto armado. Para ello se recurrió a una tabla elaborada por la (Conflict Analysis Resource Center, 2012). Los datos fueron contextualizados para el departamento del Huila y actualizados al 2016.

Una contextualización similar se realizó para la amenaza correspondiente a la presencia de organizaciones sociales opuestas a la industria de los HC. En tal sentido se recurrió a la revisión de diarios locales en los que se menciona el accionar de estas organizaciones.

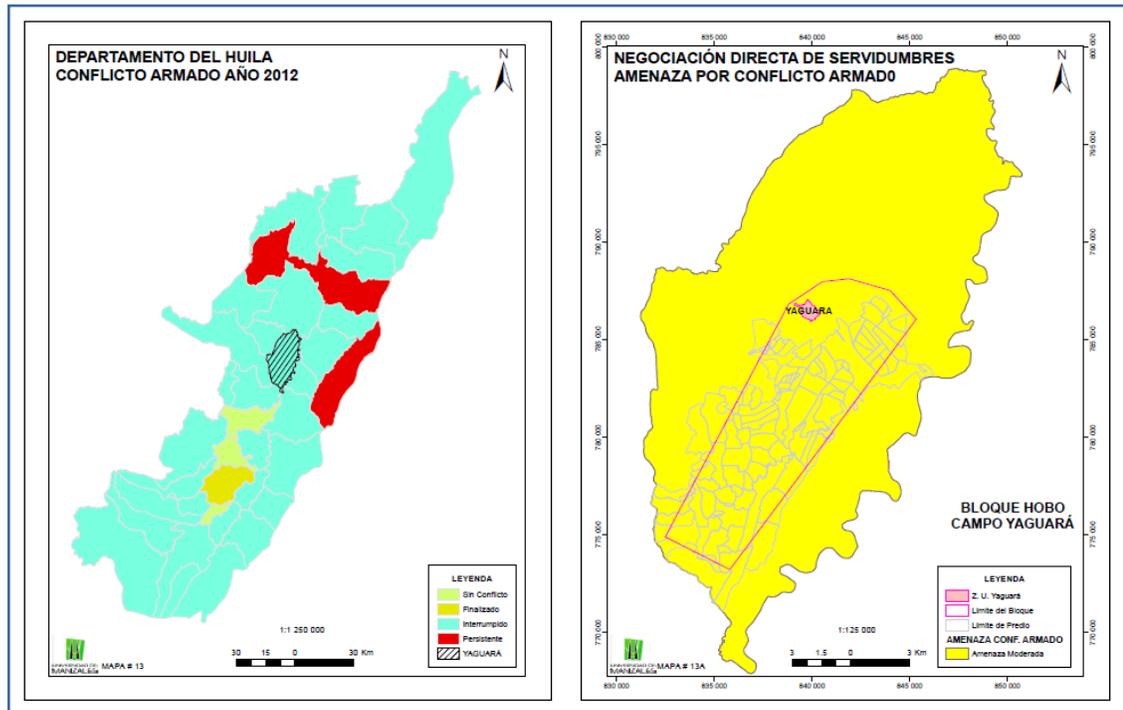


Figura 30: Amenaza por presencia de actores del conflicto armado

Fuente: Pimentel, R., (2017), Elaboración propia con base en datos de CERAC- 2012

El departamento del Huila no es ajeno al fenómeno nacional de conformación de organizaciones sociales en contra de la explotación de los recursos naturales renovables y no renovables. Al respecto se tienen antecedentes de procesos de conformación de organizaciones sociales de este tipo en los municipios de Neiva (defensa del río Las Ceibas), Santa María y Pitalito (oposición a construcción de microcentral hidroeléctrica), Íquira (oposición a exploración petrolera), y Gigante, Agrado y Garzón (construcción hidroeléctrica El Quimbo y explotación petrolera en páramo de Miraflores).

A partir de esta información se construyó el mapa de amenazas relacionado con la existencia de organizaciones sociales contrarias a la explotación de hidrocarburos.

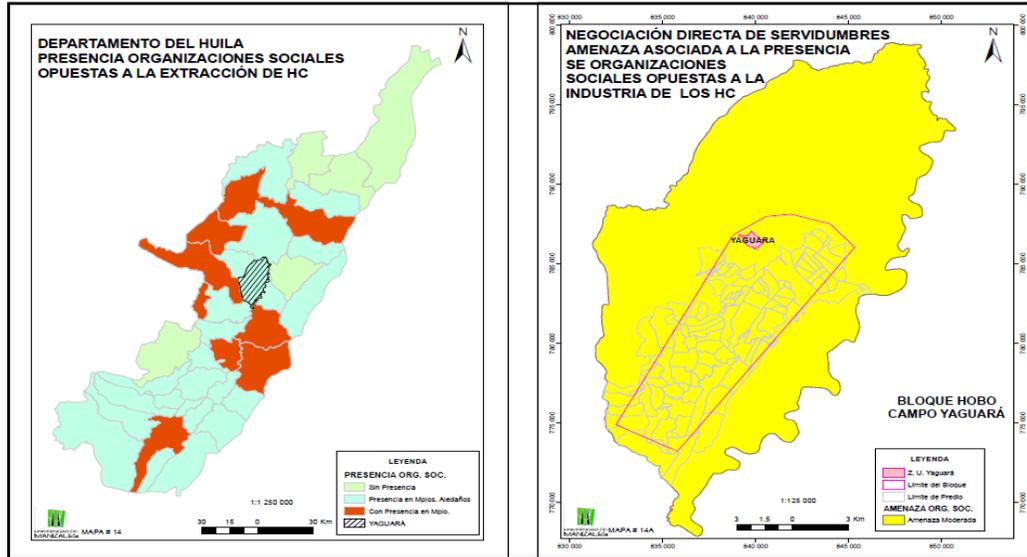


Figura31: Amenaza por presencia de organizaciones sociales opuestas a la industria de los HC

Fuente: Pimentel, R., (2017), Elaboración propia.

La revisión de la información del mapa de zonas microfocalizadas publicado por la (Unidad de Restitución de Tierras, 2017), muestra que ni el municipio de Yaguara ni sus vecinos tienen áreas microfocalizadas o en proceso de microfocalización. En consecuencia, todos los predios del bloque se encuentran distantes de áreas especiales con restricción legal.

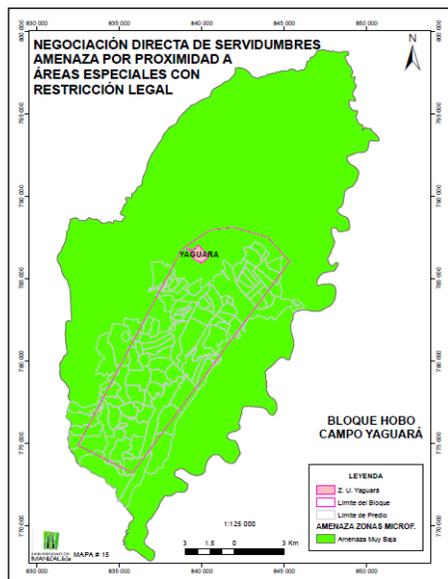


Figura 32: Amenaza por proximidad a áreas especiales con restricción legal (Áreas microfocalizadas URT)

Fuente: Pimentel, R., (2017), Elaboración propia con base en Microzonas URT-, 2017.

Revisado el antecedente de la presencia de empresas de HC en la zona, y considerando como se dijo que este es un bloque plenamente desarrollado, se tiene entonces que el análisis de la amenaza relacionada con este aspecto arroja un valor de 8, que corresponde a “Zona sin presencia de empresas de HC/ o con presencia y con antecedentes de conflicto con comunidades”. Esto significa que la amenaza por este criterio es moderada.

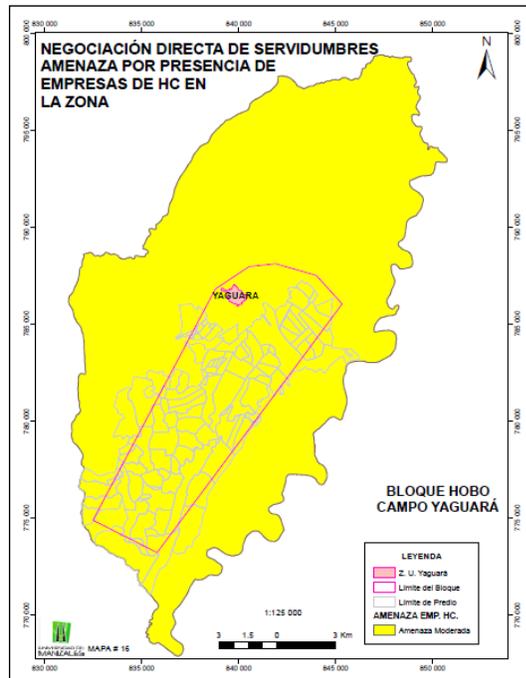


Figura 33: Amenazas asociadas a presencia de empresas de HC en la zona

Fuente: Pimentel, R., (2017), Elaboración propia.

Para las amenazas asociadas a la empresa de HC, se asumen las siguientes valoraciones con base en antecedentes evidenciados en la zona.

Tabla 30. Valoración amenazas asociadas a la empresa de HC (Estudio de Caso)

Amenaza	Valor
Organización del área de tierras al interior de la empresa de HC	0
Organización del equipo de tierras	0
Protocolos y procedimientos	0
Procesos de pagos e indemnizaciones	5
Imagen de la empresa de HC	5

Fuente: Pimentel, R., (2017), Elaboración propia.

Con base en el análisis de todas las variables correspondientes a las amenazas, se aplica la ecuación 15 que arrojó el método AHP. Los resultados se muestran de manera gráfica.

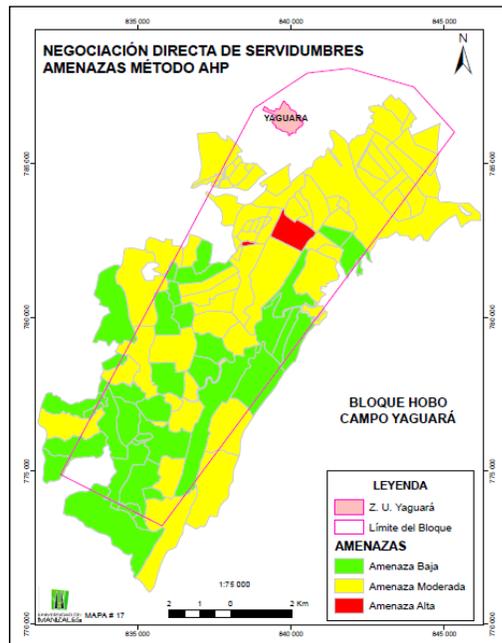


Figura 34: Amenazas para la negociación directa de derechos de servidumbre

Fuente: Pimentel, R., (2017), Elaboración propia.

- **Vulnerabilidad.** A partir de la ubicación de la infraestructura correspondiente a las plataformas del campo, se presenta el mapa de vulnerabilidad.

Figura35: Vulnerabilidad asociada a la infraestructura petrolera (Plataformas)

Fuente: Pimentel, R., (2017), Elaboración propia.

- **Riesgos.** Finalmente, con la ayuda de la tabla 24 (Matriz del riesgo objetivo), se llega al mapa de riesgos para la negociación directa de derechos de servidumbre para el bloque Hobo.

Figura36: Riesgo objetivo para la negociación directa de derechos de servidumbre en el campo Yaguará- Bloque Hobo

Fuente: Pimentel, R., (2017), Elaboración propia.

9.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

8.2.1 El modelo estructurado a partir de la combinación AHP- TIG

Para resolver la pregunta uno, relacionada con la estructuración de una metodología que permitiera la evaluación y espacialización del riesgo en la negociación directa de servidumbres petroleras, a partir de la combinación del AHP y las TIG; se inició con el análisis integral y el conocimiento del método AHP y sus aplicaciones en la solución de problemáticas similares, como se mostró en los estudios de caso referidos por Saaty & Vargas (2012) y García (2010). Posteriormente, se revisaron casos de aplicación combinada (AHP-TIG), como la realizada por Márquez (1999) en la evaluación del riesgo del patrimonio arqueológico de una ciudad, con el propósito de profundizar en las soluciones obtenidas a partir de la integración de la dimensión espacial al método AHP.

Adicionalmente, se revisó la normatividad colombiana aplicable a las servidumbres petroleras, con el fin de establecer los parámetros bajo los cuales debía estructurarse y ajustarse la metodología. La revisión de la normatividad vigente para este tipo de servidumbres, junto con el análisis contextualizado de las variables realizado durante la etapa de parametrización y afinación del modelo, permitió delimitar es escenario de aplicabilidad del método propuesto. Esta fase del proceso fue complementado con la inclusión de los conceptos del análisis de viabilidad para la negociación directa

La ejecución paso a paso de las etapas dispuestas por Saaty para el método AHP, en el contexto de la adaptación realizada dentro de esta investigación, permitió plantear la ecuación de la amenaza asociada a la negociación directa, como la sumatoria de las amenazas identificadas, seleccionadas y priorizadas con base en el análisis del panel de expertos en cada nivel, de acuerdo con el árbol de jerarquías construido. El coeficiente de cada amenaza corresponde al peso calculado con el método AHP.

Finalmente, la integración de la dimensión espacial a los resultados obtenidos con la adaptación del método AHP para cumplir los propósitos de esta investigación, se logró a través de la ponderación y/o el establecimiento de rangos para la espacialización del riesgo y sus componentes (amenaza y vulnerabilidad).

Para Ogliastrì (2001) el resultado de una negociación en el marco de la gestión de tierras para el sector, se ve afectada por variables subjetivas y/u objetivas, por ende su resultado es incierto. El método propuesto permite centrar la planificación de la negociación en el conocimiento y contextualización para sus análisis de los factores objetivos que ponen en riesgo el resultado de la negociación, lo que conlleva a conocer las

posibilidades de un resultado exitoso con base en la toma de decisiones en un ambiente de incertidumbre.

El modelo propuesto sirve de apoyo, y en consecuencia, supone un impacto positivo en la gestión inmobiliaria para la negociación directa de los derechos de superficie, por cuanto permite hacer un uso eficiente de la información y generar productos para la toma de decisiones y/o la selección de alternativas; con base en las particularidades internas y externas de los predios del bloque petrolero.

8.2.2 Las variables para la evaluación del riesgo

Para resolver la pregunta dos, se recurrió a la aplicación rigurosa del procedimiento establecido por Saaty en el AHP, y a la aplicación de los principios del análisis multicriterio.

Con la ayuda del panel de expertos, conformado por profesionales en diversas áreas y con diferentes roles al interior del equipo de gestión de tierras, se logró la identificación, selección y priorización de las variables asociadas con las amenazas al resultado exitoso de una negociación directa de derechos de servidumbre.

La valoración realizada por el panel de expertos, y el cálculo de los pesos de cada variable tras la aplicación del método AHP; arrojó los resultados que se muestran en el anexo E, de los que se puede decir lo siguiente:

- La amenaza con mayor peso (48.2 %) en el nivel 1 del árbol de jerarquías, es la relacionada con los aspectos internos del predio (aspectos catastrales, uso del suelo, existencia de servidumbres de HC y antecedentes en la negociación de servidumbres de HC). Las amenazas asociadas al entorno (presencia de actores del conflicto armado, presencia de organizaciones sociales contrarias a la industria, proximidad del predio a áreas especiales con restricción y presencia de empresas de HC en la zona) y a la empresa de HC (área de tierras al interior de la empresa de HC, procesos de pago e indemnizaciones e imagen de la empresa de HC en la zona, comparten un peso similar, 27.3% y 24.5% respectivamente. De lo anterior se concluye que las amenazas con mayor grado de influencia se relacionan con el predio y sus particularidades internas.
- Los aspectos catastrales (aspecto físico, aspecto jurídico y aspecto fiscal), junto con los antecedentes en la negociación de servidumbres; resultan ser las amenazas más relevantes (33.3 % y 32.4%, respectivamente), de las amenazas internas. Se observa una particular relevancia de la amenaza relacionada con el número de propietarios del

inmueble (aspecto jurídico_65.5%) dentro de las amenazas relacionadas con los aspectos catastrales.

- En cuanto a las amenazas externas, la mayor relevancia la tiene la relacionada con la presencia de organizaciones sociales contrarias a la industria de los hidrocarburos (41 %). Lo anterior tiene sentido si se toma en cuenta lo analizado por ACP (2016) y El Tiempo (2017), cuando se refieren al impacto negativo y de incertidumbre que generan las consultas populares, casi siempre auspiciadas por este tipo de organizaciones.
- En lo que tiene que ver con la relación entre el conflicto armado y la industria del petróleo, que se analiza en las amenazas externas, se observa que el impacto existe pero no es el más importante. Esto en cierta forma, convalida los antecedentes y la historia de la industria en nuestro país, desarrollada sobre áreas con presencia permanente de grupos armados al margen de la ley (Fayad, 2014).
- En lo relacionado con las amenazas asociadas a la empresa de HC, se tiene una significativa relevancia de la imagen de la empresa en la zona (54 %). Lo anterior tiene especial sentido en el contexto del análisis de ACP (2016), por cuanto se da especial relevancia a la percepción de los habitantes de un territorio sobre el actuar de la empresa, y la forma como ellos creen que se están realizando los diferentes procesos.
- De las amenazas relacionadas con el equipo de tierras al interior de la empresa de HC, la organización del equipo de tierras es la que tiene el peso mayor (49,2%).

Los resultados de los pesos de las variables organizadas en el árbol de jerarquías, resultan consistentes con la realidad de la gestión inmobiliaria para este sector de la industria, y satisfactorios en el marco de su aplicación para el cumplimiento del objetivo de la investigación.

8.2.3 El modelo y la dimensión geográfica

La respuesta al interrogante tres de la investigación, se logró con la implementación de las etapas de ponderación de las variables (amenaza, vulnerabilidad y riesgo) y su visualización sobre un módulo especial para la negociación.

Esta parte de la investigación se centró en la estructuración del componente espacial complementario del método AHP, para permitir la generación de mapas destinados al análisis de cada variable, de manera individual y conjunta.

Como particularidad se destaca, que todas las variables con componente espacial documentadas durante el proceso de construcción de la metodología, pueden ser visualizadas para los diferentes análisis planteados por la investigación.

Los productos (mapas) que sean generados como resultado de la aplicación del método propuesto, permitirán que los miembros del equipo de gestión inmobiliaria sin ser expertos en el análisis multicriterio y/o en SIG, analicen de manera individual o conjunta, desde la perspectiva del rol que cada uno de ellos desempeña en la gestión inmobiliaria; las particularidades de un predio o un área del bloque. Esto sin duda apoyará la toma de decisiones y la selección de alternativas tendientes, entre otras, a optimizar los tiempos para la adquisición de los derechos de servidumbre.

8.2.4 El modelo y el caso de estudio

Para dar respuesta a la pregunta de investigación número cuatro, se llevó a cabo el estudio de caso para el bloque Hobo, ubicado en el departamento del Huila. El estudio de caso permitió validar el modelo en su totalidad, y aunque fue necesario suponer algunos datos para darle aplicabilidad completa a la metodología, se obtuvieron resultados satisfactorios.

El estudio de caso permitió comprobar que es posible ejecutar una a una las actividades planteadas en el modelo, y que con ellas se puede analizar el comportamiento de cada una de las variables. Adicionalmente se pudo demostrar que es posible llegar a la visualización gráfica del riesgo y de sus componentes, cumpliendo así con las expectativas y objetivos propuestos en la investigación.

Desde el punto de vista de la gestión inmobiliaria, y con base en los mapas generados a partir de la aplicación de la metodología propuesta para el análisis del riesgo en la negociación directa, se destaca la disponibilidad de información para los diferentes miembros del equipo de tierras, entre otras, para las siguientes variables:

- El análisis de viabilidad permitió identificar los predios con derecho de dominio pleno, desde el punto de vista de la titularidad.
- A partir de la viabilidad también se lograron identificar los predios con restricciones por licencia ambiental.
- El análisis de los aspectos catastrales permitió clasificar los predios de acuerdo con su extensión, revisar el número de propietarios por predio y analizar el nivel de amenaza de este aspecto; y finalmente, la relación entre cada predio y su contribución con el fisco municipal.

- Se identificaron los usos del suelo predominante y la distribución de las áreas productivas en el bloque.
- Se ubicó la distribución de la infraestructura petrolera, observando la concentración de la misma hacia el costado nororiental del área licenciada.
- A partir de la ubicación de la infraestructura, se identificaron los predios con servidumbre petrolera.
- Una vez identificados los predios, se presenta para su análisis, los antecedentes en la negociación directa de los derechos de servidumbre.
- Como externalidades de los predios, se tiene el antecedente de la presencia de actores del conflicto armado, que no existen aún organizaciones sociales opuestas a la industria de los hidrocarburos en el municipio, y que ni en el municipio, ni en los municipios vecinos; se tiene microzonas con procesos jurídicos de restitución.
- A partir de la ubicación de la infraestructura en el bloque, se visualizan los predios que han sido del interés de la industria, y la concentración de la infraestructura en el bloque.
- Finalmente se puede visualizar el riesgo asociado a la negociación directa, para cada uno de los predios del bloque.

10. CONCLUSIONES

- De acuerdo con cifras de la ACP, la industria del petróleo representó para Colombia en el año 2016, el 33% del total de las exportaciones. Esta es una industria que comprende un conjunto de actividades agrupadas en dos grandes áreas (upstream y downstream), en las que se requieren franjas de terreno que son aseguradas legalmente, por el departamento de gestión inmobiliaria o de tierras, de las empresas del sector.
- La adquisición de los derechos de servidumbre petrolera, se realiza en los términos establecidos en la Ley 1274 de 2009. Estos pueden obtenerse de manera voluntaria como resultado de una negociación, o mediante la imposición por vía judicial. Ambos procedimientos deben cumplir con los requisitos exigidos por la Ley para cada caso.
- La negociación directa posibilita la ocupación legal y consensuada de las áreas de terreno requeridas, disminuye los tiempos del aseguramiento y mantiene un buen relacionamiento entre la empresa de hidrocarburos y los propietarios de los predios.
- La integración de la dimensión espacial al método AHP permitió estructurar una metodología para el análisis de variables específicas (amenaza, vulnerabilidad y riesgo), en el ámbito de la negociación directa de servidumbres petroleras. Esta investigación recopiló conceptos técnicos y legales, comparó la problemática evidenciada con problemáticas análogas o similares, adaptó los conceptos, y propuso un modelo con sustento matemático que fue estructurado paso a paso; con el propósito de aportar nuevos elementos de apoyo a la gestión inmobiliaria en el contexto de las necesidades a satisfacer durante la ejecución de las actividades de la cadena de valor de los hidrocarburos.
- La metodología propuesta permite evaluar y espacializar el riesgo en la negociación directa de derechos de servidumbre petrolera, y en consecuencia apoya los procesos relacionados con la adquisición de los derechos de servidumbre requeridos por la industria en las actividades de exploración, explotación y transporte de hidrocarburos.

- La investigación desarrollada cumple con el propósito de estructurar un modelo que no solo brinda la posibilidad de identificar aspectos puntuales que viabilizan o impiden la negociación directa, sino que además permite el análisis espacial de las variables (amenaza, vulnerabilidad y riesgo) asociadas a la misma. Esto lo convierte en un instrumento esencial para la gestión inmobiliaria, que facilita la toma de decisiones y la selección de alternativas en los diferentes proyectos del sector de hidrocarburos.

- La investigación permitió identificar, seleccionar y priorizar las variables relacionadas con el riesgo en la negociación, y sus componentes (amenaza- vulnerabilidad). A partir de allí, fue posible estructurar y desarrollar una metodología fundamentada en los lineamientos del método AHP, con base en: la adaptación de los conceptos, la parametrización de las variables, la elaboración del árbol de jerarquías, la conceptualización y adaptación matemática del modelo, la consulta al panel de expertos, el análisis de sensibilidad y finalmente el planteamiento de las ecuaciones del riesgo y sus componentes, con base en los pesos de cada una de las variables analizadas con el método.

- La identificación, selección y priorización de las variables lograda con la aplicación del método AHP, cumplió con la finalidad de posibilitar la evaluación (medición) del riesgo asociado a la negociación directa de servidumbres petroleras, en el contexto de la realidad actual de la industria y en el marco de la normatividad establecida para la constitución de este gravamen; demostrando así su adaptabilidad para el análisis de este tipo de situaciones, desde la perspectiva de personas de diversas profesiones, que cumplen distintos roles al interior de un equipo de tierras. Lo anterior implica que los resultados que se obtengan con la aplicación de la metodología propuesta, se sustentan en un método matemático que garantiza la especialidad del decisor, la pluralidad de su análisis, y la consistencia de su valoración.

- Con la aplicación de la metodología propuesta, se logró la espacialización de las variables a nivel de predio, favoreciendo así los análisis individuales y/o colectivos realizados por los miembros del equipo de tierras de una empresa del sector, sin necesidad de que estos sean expertos en AHP y/o en SIG; lo que lo convierte en una herramienta importante para la gestión inmobiliaria, la toma de decisiones y la selección de alternativas en los diferentes proyectos de las actividades de la cadena de valor.

- La dimensión geográfica de los resultados obtenidos tras la aplicación de la metodología propuesta, apoyan la identificación, ubicación y el dimensionamiento de los impactos que tienen influencia directa en el resultado objetivo de la negociación.

- La presentación gráfica de las amenazas, vulnerabilidad y el riesgo objetivo asociado a la negociación directa de derechos de servidumbre, mediante la utilización de las herramientas de las TIG, garantiza una visión en tiempo real de la situación de cada uno de los predios y de su entorno, favoreciendo el conocimiento del negociador y de la empresa, sobre las situaciones y escenarios en los que deberá realizarse una negociación de derechos de servidumbre en cada uno de los predios de un bloque de hidrocarburos.

- El estudio de caso realizado sobre el Bloque Hobo, permitió la validación y la aplicación del método propuesto en cada una de sus fases, y generó los productos esperados para el análisis de las amenazas, la vulnerabilidad y el riesgo objetivo asociado a la negociación de derechos de servidumbre petrolera.

- Los productos (mapas) generados en el estudio de caso, amplían el conocimiento de las particularidades de los predios y posibilitan análisis desde diferentes perspectivas y roles al interior de un equipo de tierras. Lo anterior favorece el uso eficiente y eficaz de la información obtenida en los diferentes momentos de la gestión inmobiliaria del proyecto.

- La implementación del método mediante el estudio de caso, reafirman sus bondades y la confianza en los resultados obtenidos, ya que estos se presentan como el resultado de un análisis razonable y objetivo de la realidad y las particularidades internas y externas de cada predio, y del actuar de la empresa encargada de la exploración, explotación y transporte de hidrocarburos, en el cumplimiento de su objeto social.

11.RECOMENDACIONES

- Si se tiene en cuenta que la industria petrolera aporta la tercera parte de los ingresos que obtiene el país por sus exportaciones, y que a su vez, ésta industria requiere la adquisición legal y oportuna de derechos de servidumbre sobre aquellos predios en los que se ubican las áreas en las cuales se deben desarrollar actividades de exploración, explotación y/o transporte de hidrocarburos; se recomienda aplicar la metodología propuesta para dimensionar y espacializar el riesgo objetivo asociado a la negociación directa de dichos derechos.
- El modelo propuesto fue diseñado específicamente para la negociación directa de derechos de servidumbre en predios rurales, en el marco de la de la normatividad vigente para este tipo de servidumbres (Ley 1274, 2009) y la gestión inmobiliaria para el sector de los hidrocarburos. Aunque podría aplicarse para el análisis del riesgo en la negociación para la adquisición de los otros tipos de derechos superficiales mencionados por Restrepo (2014); es importante aclarar que el cambio del objeto de la negociación, modifica las condiciones del análisis y en consecuencia restringe la fiabilidad de sus resultados.
- La metodología propuesta pretende ser una línea de investigación más profunda encaminada a la aplicación del AHP y/o cualquier otro método de análisis multicriterio, a los demás procesos de la gestión inmobiliaria; como por ejemplo, el de la selección del SIG más adecuado para dicha gestión, incluyendo el análisis de adaptación al propósito de la implementación del MAN.
- Es necesario que la metodología propuesta, se aplique en un bloque del cual se posea toda la información requerida, ya que frente a las restricciones normales que se tienen por el desarrollo de la actividad, se hizo necesario “suponer” parte de la información requerida para el estudio de caso realizado para el Bloque Hobo. Esto permitirá una evaluación más profunda y detallada de las verdaderas ventajas y desventajas del modelo, así como los posibles ajustes que requiera, con el propósito fundamental de convertirla en una herramienta para la “predicción” del resultado objetivo de una negociación, a partir del análisis del riesgo asociado a la misma.
- Considerando que los resultados de la aplicación del método dependen de la fiabilidad de la información referente a los atributos del predio y de su entorno, resulta de vital importancia que se refine, controle y actualice esta información para garantizar la confiabilidad de dichos resultados en cada uno de los momentos de la gestión inmobiliaria.

- Teniendo en cuenta que el resultado de la aplicación del método requiere de la evaluación que hace la empresa petrolera sobre sus procesos en la gestión de tierras; se puede utilizar el resultado de esta evaluación para mejorar y/o fortalecer dichos procesos y así disminuir el riesgo asociado a esta amenaza en particular. Si bien es cierto que el criterio de las amenazas asociadas a la empresa de hidrocarburos no es de tipo espacial, no se debe olvidar que esta “variable” forma parte de la ecuación; y por ello, es indispensable que su valoración se realice de manera imparcial y sin sesgo, para evitar que se afecte el resultado en el análisis del conjunto de las amenazas y por ende, el resultado en la valoración del riesgo que se pretende determinar.

- La metodología estructurada en el marco de la presente investigación, se centra en el análisis de variables objetivas y cuantificables, con el propósito de dimensionar y espacializar el nivel de riesgo asociado a la negociación directa de derechos de servidumbre a nivel de predio. Su concepción desestima variables subjetivas y no cuantificables, que pueden afectar el resultado de la negociación. Los resultados obtenidos con la aplicación del método no tienen el alcance de predecir el resultado de la negociación.

- Finalmente, se recalca que la gestión inmobiliaria influye directamente y es soporte de las actividades de exploración, explotación y transporte que realizan las empresas de hidrocarburos, de allí la importancia y las implicaciones de los resultados de sus procesos. No se debe olvidar la máxima de la gestión inmobiliaria, que recuerda que ¡Sin tierras no hay proyectos!

12. REFERENCIAS

- Agencia Nacional de Hidrocarburos. (s.f.). Obtenido de Agencia Nacional de Hidrocarburos: www.anh.gov.co
- Agencia Nacional de Hidrocarburos. (s.f.). Obtenido de <http://www.anh.gov.co/Geoportal/Paginas/default.aspx>
- Agencia Nacional de Hidrocarburos. (s.f.). *Historia del petróleo en Colombia*. Obtenido de <http://www.anh.gov.co/porta regionalizacion/Paginas/Historia-del-petroleo-en-Colombia.aspx>
- Agencia Nacional de Licencias Ambientales. (1 de Octubre de 2015). Resolución 1224. *Por la cual se modifica una licencia ambiental global y se toman otras decisiones*. Bogotá D.C., Colombia.
- Álvarez Alonso, M., Arquero Hidalgo, A., & Martínez Izquierdo, E. (s.f.). Obtenido de http://www.pronacose.gob.mx/pronacose14/Contenido/Documentos/EMPLEO_AHP_ARTICULO.pdf
- Arévalo, E. P., & Fajardo, L. V. (2012). Servidumbre petrolera, un vacío jurídico del ordenamiento colombiano. (U. S. Tomás, Ed.) *Iter Ad VAritatem*(10), 353-368.
- Asociación Colombiana del Petróleo. (Diciembre de 2016). *ACP Hidrocarburos*, 6.
- Bravo & Sánchez. (2012). *Gestión Integral del Riesgo* (Cuarta edición ed., Vol. 1). Bogotá D.C., Colombia: Bravo & Sánchez, EU.
- Bruno, G., & Hurtado, T. (2005). El proceso de análisis jerárquico (AHP) como herramienta para la toma de decisiones en la selección de proveedores. 15-16. Lima, Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Builes Jaramillo, L., & Lotero Vélez, L. (s.f.). Consistencia de expertos en decisiones ambientales. Evaluación mediante un proceso de análisis jerárquico. Medellín, Antioquia, Colombia.
- Celemín, J. (s.f.). Obtenido de http://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/17466/CONICET_Digital_Nro.11456.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño. (s.f.). *Investigación Científica*. Recuperado el 2017, de http://www.ciifen.org/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=84&Itemid=336&lang=es
- Centro Nacional de Memoria Histórica (CNMH). (2015). *Petróleo, coca, despojo territorial y organización social en Putumayo*. Bogotá.
- Chardon, A. C., & González, J. L. (16 de Diciembre de 2002). Amenaza, vulnerabilidad, riesgo, desastre, mitigación, prevención...primer acercamiento a conceptos, características y metodologías de análisis y evaluación. 5. Manizales, Caldas, Colombia: Banco Interamericano de Desarrollo.

- Chardon, A., & González, J. (16 de Diciembre de 2002). Amenaza, vulnerabilidad, riesgo, desastre, mitigación, prevención...primer acercamiento a conceptos, características y metodologías de análisis y evaluación. 23. Manizales, Caldas, Colombia: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Columbia University. (1991). Ecological Economics: The Science and Magnagement of Sustainability. pág. 137.
- Conflict Analysis Resource Center. (2012). Obtenido de <http://www.cerac.org.co/es/recursos/datosconflictoscolombia/>
- Congreso de la República de Colombia. (16 de 1936 de 1936). Ley 200. *Sobre régimen de tierras*.
- Congreso de la República de Colombia. (19 de Diciembre de 1969). Ley 20. *Por el cual se dictan algunas disposiciones sobre minas e hidrocarburos*. Bogotá D.C., Colombia.
- Congreso de la República de Colombia. (3 de Agosto de 1994). Ley 160. *Por el cual se crea el Sistema Nacional de Reforma Agraria y Desarrollo Rural Campesino, se establece un subsidio para la adquisición de tierras, se reforma el Instituto Colombiano de la Reforma Agraria y se dictan otras disposciones*. Bogotá D.C., Colombia.
- Congreso de la República de Colombia. (5 de Enero de 2009). Ley 1274. *Procedimiento de avalúo para las servidumbres petroleras*. Bogotá D.C., Colombia: Diario Oficial.
- Congreso de la República de Colombia. (2009). Ley 1274.
- Congreso de la República de Colombia. (s.f.). Código Civil Colombiano. Bogotá D.C., Colombia.
- Constitución Nacional. (1991). Bogotá.
- DANE. (22 de Agosto de 2017). Recuperado el 2017, de http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/pib/bol_PIB_Iltrim17_oferta_demanda.pdf
- El proceso analítico jerárquico (AHP) fundamentos, metodología y aplicaciones*. (s.f.).
- El Tiempo. (03 de Abril de 2009). *Población, conquista y colonización*. Obtenido de El Tiempo: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-3388267>
- El Tiempo. (5 de Junio de 2017). *Consultas populares amenazan el 10% de la producción petrolera*. Obtenido de El Tiempo: <http://www.eltiempo.com/economia/sectores/consultas-populares-en-contra-de-la-produccion-petrolera-95884>
- El Tiempo. (05 de Mayo de 2017). *En 20 campos se produce el 66 % del petróleo del país*. Obtenido de El Tiempo: <http://www.eltiempo.com/economia/sectores/los-20-campos-petroleros-de-colombia-con-mayor-produccion-84750>
- Esri. (s.f.). Obtenido de <http://www.arcgis.com/home/item.html?id=bb3521d775c94b28b69a10cd184b7c1f>

- Fayad Sanz, D. (2014). *Petróleo y conflicto armado en Colombia: El caso de Arauca entre 1984 y 1992*. (P. U. Javeriana, Ed.)
- Funtowicz, S., & Ravetz, J. (1991). *A New Scientific Methodology for Global Environmental Issues*. New York, EE.UU: Columbia University.
- García Gomez, P. (2010). Una propuesta metodológica para la aplicación del Proceso Analítico Jerárquico en la selección de aerogeneradores. Valencia, España: Universidad Cardenal Herrera.
- García Gomez, P. (2010). Una propuesta metodológica para la aplicación del Proceso Analítico Jerárquico en la selección de aerogeneradores. 63. Valencia, España: Universidad Cardenal Herrera.
- Gaviria, A., Zapata, J. G., & Gonzalez, A. (Marzo de 2002). *Petróleo y Región: el caso del Casanare. Cuadernos Fedesarrollo No. 8*. Bogotá, Colombia: Fedesarrollo.
- Gerente. (15 de Noviembre de 2017). *Gerente.com*. Obtenido de <http://gerente.com/co/meta-produccion-petroleo/>
- Goepel, K. (2011). Obtenido de <https://bpmsg.com/new-ahp-excel-template-with-multiple-inputs/comment-page-4/>
- Granados, J. (2010). LAS MIGRACIONES INTERNAS Y SU RELACIÓN CON EL DESARROLLO. "Una aproximación desde algunos estudios no clasificados como migración interna de los últimos 30 años". Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.
- Henao M., D. J., & Ramírez P., G. (Marzo de 2013). Análisis de inversión para la gestión inmobiliaria en proyectos de exploración sísmica de hidrocarburos. (U. M. Granada, Ed.) Bogotá.
- Henao, J. C., & Montoya Pardo, M. F. (2016). *Minería y Desarrollo: Aspectos Jurídicos de la Actividad Minera. Características particulares de los instrumentos de tributación para el sector extractivo* (1a edición ed.). Bogotá D. C.: Universidad Externado de Colombia.
- Henao, J., & Montoya Pardo, M. (2016). *Minería y Desarrollo: Aspectos Jurídicos de la Actividad Minera. La propiedad del subsuelo en el derecho colombiano* (1a edición ed.). Bogotá, Colombia: Universidad Externado de Colombia.
- INDEPAZ. (enero de 2011). Obtenido de http://ediciones.indepaz.org.co/wp-content/uploads/2012/02/petroleo_Revista1.pdf
- Inflacion. (s.f.). Obtenido de Inflacion: www.inflacion.com.co/valor-fob.html
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2011). Resolución 070. Bogotá D.C., Colombia.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (4 de Febrero de 2011). Resolución 070. Bogotá D.C., Colombia.
- Johnston, R. J., Derek, G., & Smith, D. M. (2000). *Diccionario AKAL de GEOGRAFÍA HUMANA*. (E. A. S.A., Ed., & R. M. López, Trad.) Madrid, España.
- Juan Escrivá, L. (2015). Aplicación del proceso analítico jerárquico (AHP) al dimensionamiento de sistemas renovables. 13. Valencia, España: Universitat Politècnica de València.

- Márquez Rosales, H. (1999). Métodos matemáticos de evaluación de factores de riesgos para el patrimonio arqueológico: Una aplicación GIS del método de jerarquías analíticas de T.L. SAATY.
- Martínez, E., & Escudey, M. (1997). *Evaluación y decisión multicriterio: reflexiones y experiencias*. Santiago de Chile, Chile.
- Martínez, E., & Escudey, M. (1997). Evaluación y decisión multicriterio: reflexiones y experiencias. 35. Santiago de Chile, Chile.
- Mayorga García, F. (Julio de 2002). *Banco de la República de Colombia*. Obtenido de <http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/revistas/credencial/julio2002/industria.html>
- Mckenna, C. K. (1980). *Quantitative Methods for public decision making*. New York: McGraw-Hill.
- Molina, J. (s.f.). Obtenido de <http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/11812/1/Trabajo%20de%20Grado%20Juan%20Javier%20Molina%20Molina%20-%20Geomatica.pdf>
- Monsalve Lugo, I. (2017). Sistema de información geográfico inmobiliario de tierras para el bloque Recetor de Equión Energía Limited. Manizales, Caldas, Colombia: Universidad de Manizales.
- Moreno Jimenez, J. (2002). El proceso analítico jerárquico (AHP) fundamentos, metodología y aplicaciones. 26.
- Moreno Jimenez, J. M. (2002). El proceso analítico jerárquico (AHP) fundamentos, metodología y aplicaciones. 25.
- Moreno Jimenez, J. M. (2002). *El proceso analítico jerárquico (AHP) fundamentos, metodología y aplicaciones*.
- Moreno Jimenez, J. M. (2002). *El proceso analítico jerárquico (AHP) fundamentos, metodología y aplicaciones*.
- Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres. (2009). *Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres*. Recuperado el 2017, de http://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologySpanish.pdf
- Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres. (2009). *Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres*. Obtenido de http://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologySpanish.pdf
- Ogliastri, E. (2001). *¿Cómo negocian los colombianos?* (1a edición ed., Vols. 958-682-305-9). Bogotá D.C., Colombia: Alfaomega.
- Presidencia de la República. (s.f.).
- Presidencia de la República. (20 de Abril de 1953). Decreto 1056. *Por el cual se expide el código de petróleos*. Bogotá D.C., Colombia.
- Presidencia de la República. (16 de Junio de 2003). Decreto 1760. *Por el cual se escinde la Empresa Colombiana de Petróleos, Ecopetrol, se modifica su estructura orgánica y se crea la Agencia Nacional de Hidrocarburos y la Sociedad Promotora de Energía de Colombia S.A.* Bogotá D.C., Colombia.

- Restrepo, T. (2014). *La servidumbre petrolera: estudio de la Ley 1274 de 2009 a partir del derecho civil* (1a edición ed.). (D. d. Colombia, Ed.) Bogotá D.C., Colombia: Universidad Externado de Colombia.
- Restrepo, T. (2014). *La servidumbre petrolera: estudio de la Ley 1274 de 2009 a partir del derecho civil* (1a edición ed.). (D. d. Colombia, Ed.) Bogotá, Colombia: Universidad Externado de Colombia.
- Roa, J. (Junio de 2006). Obtenido de <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/17651/2/articulo8.pdf>
- Saaty, T. L., & Vargas, L. G. (2012). *Models, methods, concepts and applications of the Analytic Hierarchy Process* (2a edición ed., Vol. 175). Springer US.
- Unidad de Restitución de Tierras. (19 de Julio de 2017). Portal de mapas - mapa de microzonas. Bogotá D.C., Colombia.
- Vargas, G. (2012). Espacio y territorio en el análisis geográfico. (U. d. Rica, Ed.) *Reflexiones*, 91(1), 313-326.

ANEXOS

ANEXO A: Generalidades del método AHP e instrucciones para realizar comparaciones pareadas enviados al panel de expertos

GENERALIDADES	INSTRUCCIONES
<p>El método AHP (Analytical Hierarchy Process) o método de análisis de jerarquías fue desarrollado por Thomas L. Saaty en la década de los 70, y es una técnica utilizada regularmente para la toma de decisiones con atributos múltiples. Según su autor, el método está diseñado para hacer frente tanto a lo racional como a lo intuitivo, y para seleccionar lo mejor de una serie de alternativas evaluadas con respecto a diferentes criterios.</p> <p>Esta metodología se centra en la desagregación del problema en "subproblemas" de menor complejidad que se resuelven a través de la comparación de pares de criterios o alternativas, dispuestos en una matriz de comparación diseñada para tal fin.</p> <p>Las comparaciones que está a punto de realizar, corresponden al inventario de las amenazas asociadas a la negociación directa de derechos inmobiliarios para una servidumbre de hidrocarburos en predios rurales.</p> <p>Es importante resaltar que las amenazas aquí identificadas se relacionan <u>única y exclusivamente con la negociación directa</u>, es decir, que deben considerarse bajo el supuesto de que el predio cumple con los <u>criterios de viabilidad</u>, antes de ser objeto del análisis aquí planteado.</p> <p>Dicho de otra manera, en <u>todos los casos</u> existe la posibilidad de que se llegue a una negociación directa y esta debe ser materializada a través del registro del derecho de servidumbre al folio de matrícula respectivo.</p> <p><u>En consecuencia, aquel predio que no cumpla con la viabilidad, se considera por fuera del análisis del presente estudio.</u></p>	<p>Como se dijo anteriormente, esta metodología fue diseñada para desagregar un problema complejo, en subproblemas que serán resueltos a través de la comparación de pares de criterios o alternativas, según el caso.</p> <p>Es importante que tenga en cuenta lo siguiente, al momento de diligenciar las comparaciones planteadas:</p> <ol style="list-style-type: none">1. La comparación entre el mismo par de criterios, debe realizarse <u>sólo una vez</u>. Es decir, que si ya comparó el criterio 1 con el criterio 2, No debe compararlos nuevamente.2. Compare siempre el criterio más importante con el menos importante, y coloque el valor de la importancia de acuerdo con la escala fundamental que se encuentra en cada una de las hojas.3. Su comparación debe ser consistente, es decir, que si el criterio 1 es más importante que el criterio 2 y este a su vez más importante que el criterio 3, entonces el criterio 1 debe ser mas importante que el criterio 3, en las mismas proporciones.4. No hay un criterio infinitamente superior a los otros, ya que el análisis realizado procuró que los criterios a comparar presenten grados de importancia "similar" o lógicamente comparables.5. <u>Si no entiende la comparación planteada o no está de acuerdo con ella, por favor hágalo saber, para discernir sobre el particular.</u> <p>Tómese el tiempo necesario para realizar las comparaciones y trate de ponerse en el contexto nacional, yendo más allá de sus propias realidades actuales, tratando de hacer confluir el conjunto de situaciones vividas a lo largo de su experiencia en la actividad de gestión inmobiliaria para la industria de los hidrocarburos.</p> <p>Piense que la presente metodología debe ser aplicable en todo el territorio nacional, en cualquiera de los bloques asignados por la ANH.</p> <p>Para un mejor entendimiento de las comparaciones planteadas, abra el archivo imagen anexo; allí verá la organización del árbol de amenazas y el nivel que ocupa cada uno de los criterios a comparar.</p> <p style="text-align: center;">GRACIAS POR SU TIEMPO Y SU BUENA DISPOSICIÓN!!!</p>

Fuente: Pimentel, R., (2017), Elaboración propia con base en método AHP.

ANEXO B: Ejemplo de hoja electrónica Excel enviada a expertos para realizar la comparación de criterios

CRITERIOS		
A1= PROXIMIDAD A ZONAS CON PRESENCIA DE ACTORES DEL CONFLICTO ARMADO		
A2= PRESENCIA DE ORGANIZACIONES SOCIALES QUE SE Oponen A LA ACTIVIDAD EXTRACTIVA DE HIDROCARBUROS		
A3= PROXIMIDAD A ÁREAS ESPECIALES CON RESTRICCIÓN LEGAL		
A4= PRESENCIA DE EMPRESAS DE HIDROCARBUROS EN LA ZONA		
CRITERIO	COMPARADO CON	IMPORTANCIA
A1	A2	
	A3	
	A4	
A2	A1	
	A3	
	A4	
A3	A1	
	A2	
	A4	
A4	A1	
	A2	
	A3	

Intensidad o importancia	Definición	Explicación
1	Igual importancia	Las dos actividades contribuyen igualmente al objetivo
2	Débil o leve	
3	Moderada importancia	La experiencia y el juicio favorecen levemente a una actividad sobre la otra
4	Más moderada	
5	Notable importancia	La experiencia y el juicio favorecen notablemente a una actividad sobre la otra
6	Más fuerte	
7	Muy fuerte o moderada importancia	Un elemento domina fuertemente. Su dominación está probada en la práctica
8	Muy, muy fuerte	
9	Extremadamente importante	La experiencia favorece una actividad sobre la otra y su magnitud es del más alto orden posible de afirmación

Los valores pares 2,4,6 y 8 son valores intermedios entre una y otra importancia

Tabla 1: Escala fundamental de números absolutos

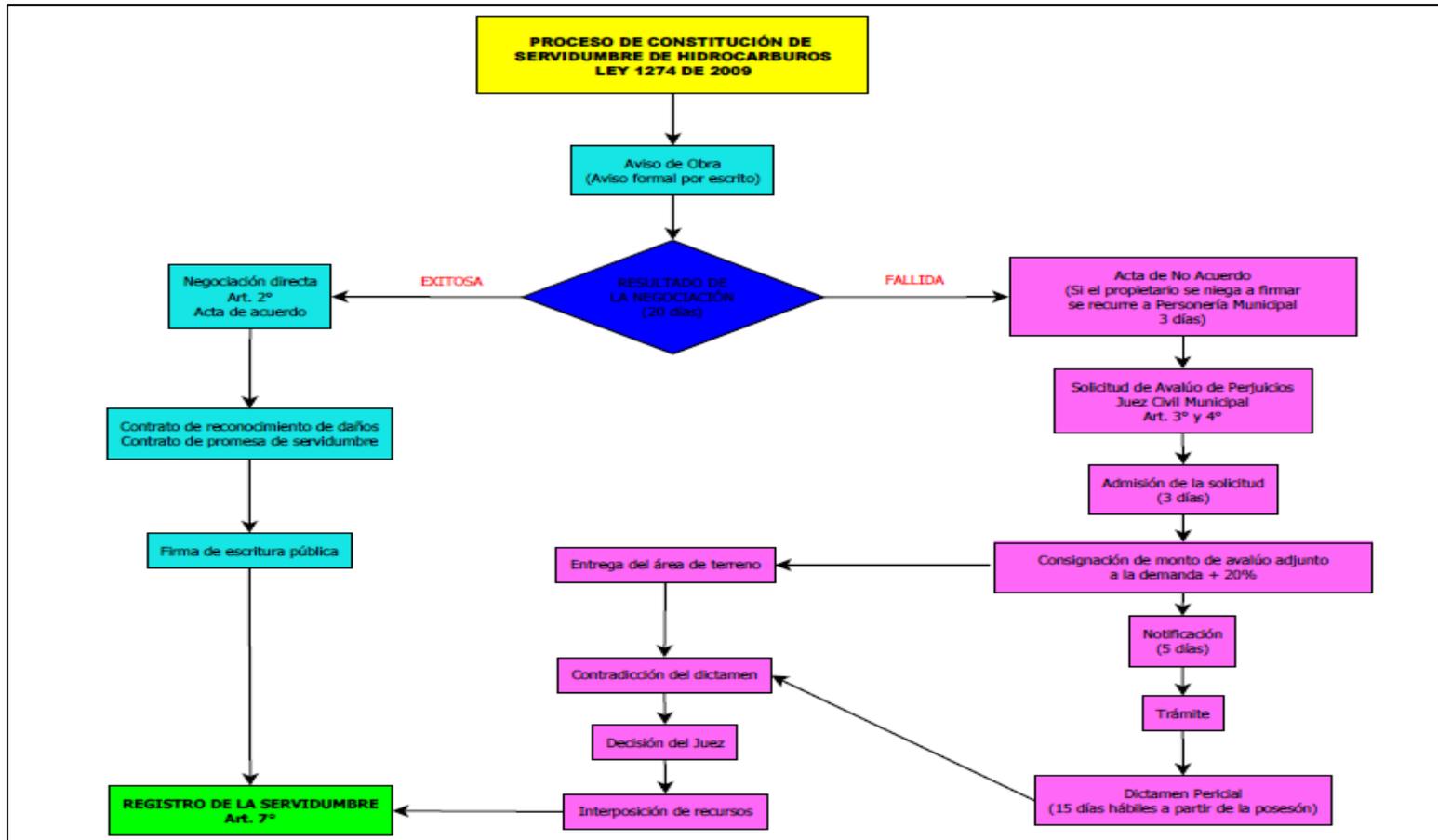
Nota:
 Cada uno de los criterios tiene su comentario en la parte superior derecha de la celda.

Recuerde que solo debe haber una comparación del mismo par de criterios. Coloque el **valor** comparando el más importante versus el menos importante, de acuerdo con su juicio. (Ej. Si A1 es más importante que A2, entonces coloque el valor de la importancia de acuerdo con la escala fundamental. Hecho lo anterior, absténgase de comparar A2 con A1. Si por el contrario usted cree que A2 es más importante que A1, entonces coloque el valor de su juicio según la escala fundamental y absténgase de colocar el valor en la comparación A1- A2)

Si cree que los criterios comparados son igualmente importantes coloque el valor 1 en cualquiera de las comparaciones del mismo par de criterios.

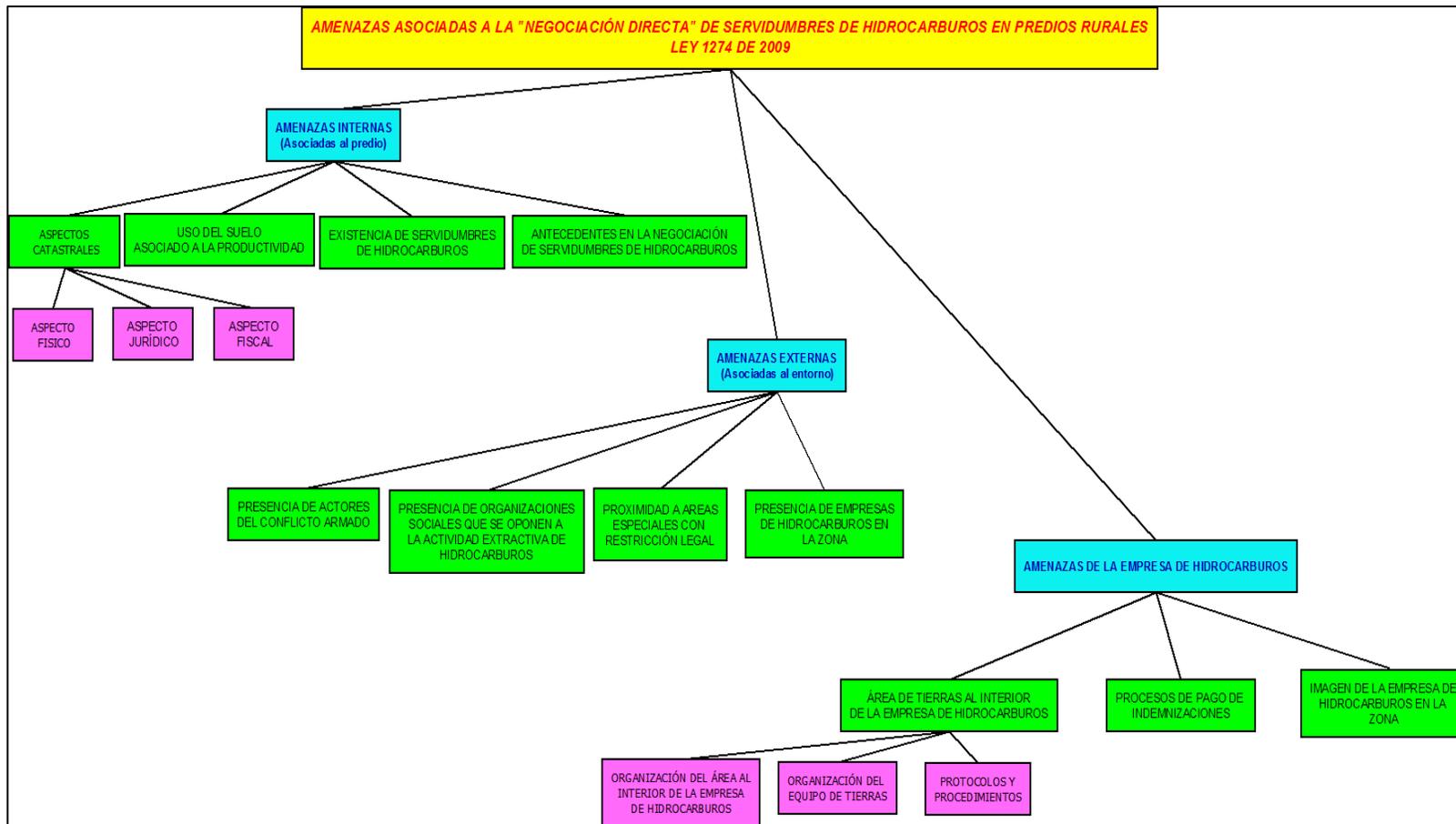
Fuente: Pimentel, R., (2017), Elaboración propia con base en método AHP

ANEXO C: Términos y procedimientos para la constitución de la servidumbre de hidrocarburos



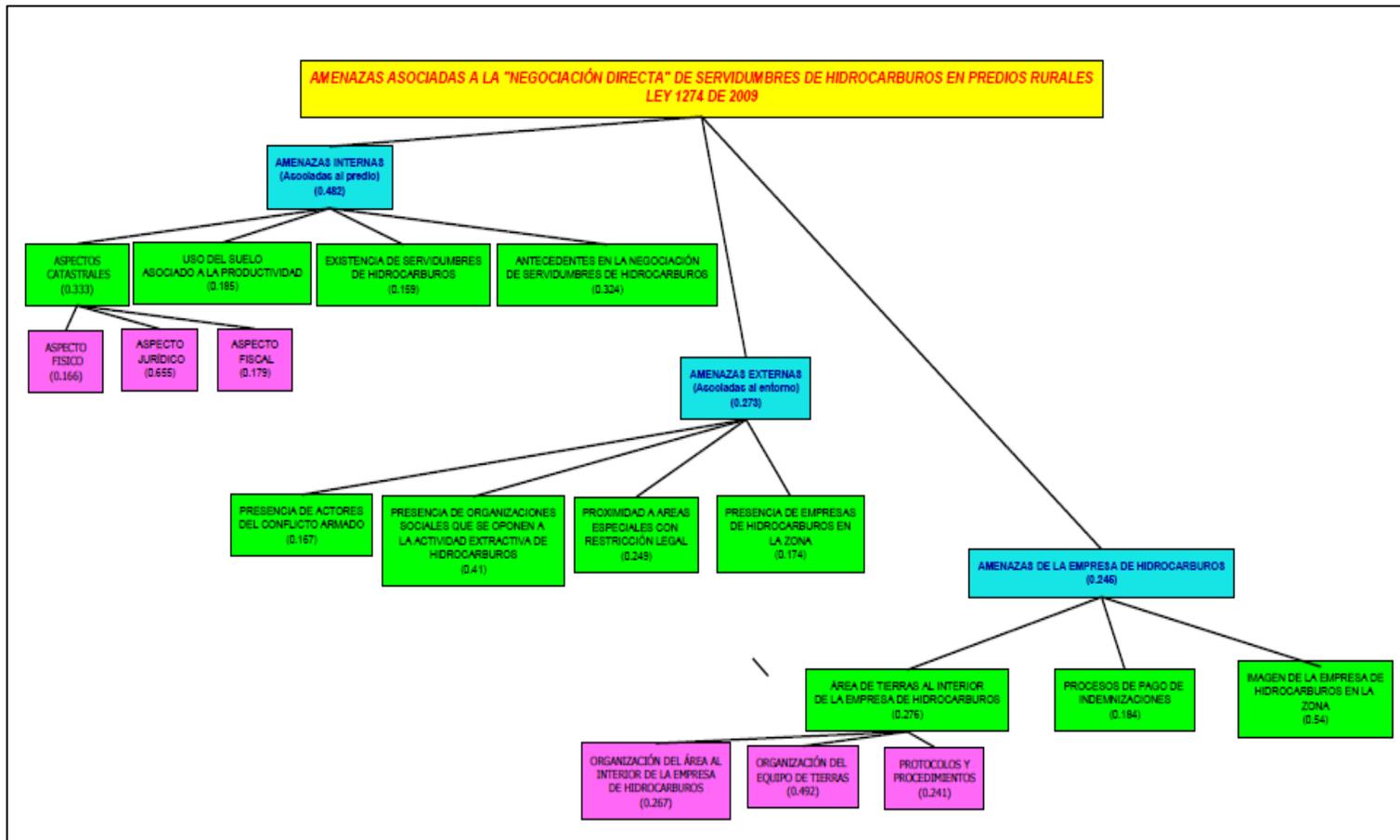
Fuente: Pimentel, R., (2017), Elaboración propia con base en Ley 1274 de 2009

ANEXO D: Árbol de decisión (Amenazas jerarquizadas)



Fuente: Pimentel, R., (2017), Elaboración propia basado en método AHP

ANEXO E: Árbol de decisión valorado por panel de expertos (Pesos de cada variable)



Fuente: Pimentel, R., (2017), Elaboración propia con base en valoración de grupo de expertos

ANEXO F: Inventario de la información mínima requerida

<i>Nombre del dato</i>	<i>Tipo de dato- acceso</i>	<i>Descripción del dato</i>	<i>Fuente</i>
1. Información cartográfica básica			
Mapa de municipios	Espacial- libre	Mapa con división político administrativa	IGAC
2. Información cartográfica especializada			
2.1 Amenazas			
Mapa de tierras	Espacial- libre	Mapa con información sobre bloques de HC distribuidos en todo el territorio nacional	ANH
Mapa predial	Espacial- restringido	Mapa de predios inscritos en catastro	IGAC
Mapa de comunidades indígenas	Espacial- libre	Mapa de ubicación de resguardos indígenas legalmente reconocidos	Ministerio del interior
Mapa de comunidades negras	Espacial- libre	Mapa de territorios colectivos de las comunidades negras (TCCN- Ley 70 de 1993)	Ministerio del interior
Mapa de microfocalización	Espacial- restringido	Áreas microfocalizadas en el marco de la Ley 1448/2011	URT
Mapa de Uso del Suelo	Espacial- libre	Mapa de uso del suelo rural	Municipio (EOT, PBOT, POT)
2.2 Vulnerabilidad			
Mapa de infraestructura existente del bloque de HC	Espacial- restringido	Mapa de inventario e infraestructura asociada a la industria de HC de propiedad del operador designado por la ANH	Empresa de HC
Mapa de infraestructura proyectada para el bloque de HC	Espacial- restringido	Mapa de infraestructura proyectada a construir por parte del operador designado por la ANH	Empresa de HC
3. Información alfanumérica			
Registros 1 y 2	Alfanumérico- restringido	Información catastral asociada al polígono que representa cada predio inscrito en catastro	IGAC
Presencia de actores del conflicto armado	Alfanumérico- libre	Información sobre presencia de actores del conflicto armado a nivel de municipio	Ministerio de defensa URT, ONG's, Plan de Manejo Ambiental (Línea Base)
Presencia de organizaciones sociales opuestas a la industria de HC	Alfanumérico- libre	Información sobre presencia de organizaciones sociales municipales con oposición a la industria de HC	Plan de Manejo Ambiental (Línea Base)

Fuente: Pimentel, R., (2017), Elaboración propia