



UNIVERSIDAD DE
MANIZALES

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA
PARA LA ELABORACIÓN DE PLANES DE MANEJO AMBIENTAL PARA
PROYECTOS DE EXPLORACIÓN SÍSMICA. SECTOR DE APLICACIÓN:
PROYECTO SISMICO PUT 10 2D EN EL DEPARTAMENTO DEL
PUTUMAYO.

ALEJANDRO TORO GUERRERO

UNIVERSIDAD DE MANIZALES
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA
ESPECIALIZACION EN SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA
2013



*Facultad de Ciencias e
Ingeniería*

*Especialización en Sistemas de
Información Geográfica*

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA
PARA LA ELABORACIÓN DE PLANES DE MANEJO AMBIENTAL PARA
PROYECTOS DE EXPLORACIÓN SÍSMICA. SECTOR DE APLICACIÓN:
PROYECTO SISMICO PUT 10 2D EN EL DEPARTAMENTO DEL
PUTUMAYO

Proyecto de grado para optar por el título de Especialista en Sistemas de
Información Geográfica presentado por:

ALEJANDRO TORO GUERRERO

Código: 83201120566

Director

Ing. José Fernando Mejía Correa

UNIVERSIDAD DE MANIZALES
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA
ESPECIALIZACION EN SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA

2013

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE CUADROS	4
LISTA DE FIGURAS	4
INTRODUCCIÓN.....	7
1. LOCALIZACIÓN GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO	8
2. JUSTIFICACIÓN	10
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
4. HIPÓTESIS	14
5. OBJETIVOS	15
5.1 Objetivo General	15
5.2 Objetivos Específicos.....	15
6. METODOLOGÍA PROPUESTA.....	16
6.1 Recopilación y organización de la información requerida según la ANLA	16
6.2 Estructura de datos de la GDB.....	16
6.3 Elaboración de los Modelos Cartográficos para las Zonificaciones ..	16
6.4 Diseño y Salida Grafica de Mapas Temáticos Individuales.....	17
7. MARCO CONCEPTUAL	19
7.2.1 Fases de un proyecto sísmico.....	24
8 INVENTARIO Y ANALISIS DE INFORMACIÓN	35
9 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE DATOS, SEGÚN REQUERIMIENTOS DEL ANLA Y ELABORACION DE MAPAS TEMATICOS	45
9.1 ELABORACIÓN DE LOS MAPAS TEMÁTICOS.....	46
10 DEFINICIÓN DE CRITERIOS PARA LA ZONIFICACIÓN AMBIENTAL Y ZONIFICACIÓN DE MANEJO	57
10.1 Zonificación Ambiental.....	57
10.1.1 Modelos Cartográficos para la Zonificación Ambiental.....	58
10.2 Zonificación de Manejo Ambiental.....	63
10.2.1 Modelo Cartográficos para la Zonificación Ambiental.....	66
11 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	69
BIBLIOGRAFÍA	71

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Información requerida por la ANLA y su aplicabilidad al PMA PUT10-2D	36
Cuadro 2. Relación de mapas temáticos elaborados a partir de la estructura de datos de la ANLA	47
Cuadro 3. Criterios técnicos para la zonificación ambiental del proyecto de exploración sísmica PUT10-2D.....	57
Cuadro 4. Líneas sísmicas sobre las áreas de sensibilidad ambiental en el proyecto PUT10-2D	62
Cuadro 5. Criterios técnicos para la zonificación de manejo del proyecto de exploración sísmica PUT10-2D.....	63
Cuadro 6. Áreas de restricción ambiental para la exploración sísmica en el proyecto PUT10-2D	66

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización General del Área para la Exploración Sísmica PUT 10 2D	9
Figura 2. Modelo metodológico.....	18
Figura 3. Adquisición Sísmica Terrestre	22
Figura 4. Imágenes procesadas de exploración sísmica	22
Figura 5. Esquema de Registro	29
Figura 6. Estructura de Data sets para el PMA de PUT10-2D.....	45
Figura 7. Mapa Base.....	48
Figura 8. Mapa Territorial con veredas según Trabajo de campo.....	48
Figura 9. Mapa de Áreas de Manejo Especial	49
Figura 10. Mapa Económico	49

Figura 11. Mapa del Proyecto	50
Figura 12. Mapa de Geología	50
Figura 13. Mapa de Geomorfología	51
Figura 14. Mapa de Suelos	51
Figura 15. Mapa de Amenaza Sísmica e Inundaciones	52
Figura 16. Mapa de Amenaza de Movimientos en Masa e Incendios Forestales	52
Figura 17. Mapa de Clima.....	53
Figura 18. Mapa de Hidrología.....	53
Figura 19. Mapa de Ecosistemas.....	54
Figura 20. Mapa Social	54
Figura 21. Mapa Potencial Arqueológico	55
Figura 22. Mapa Zonificación Ambiental.....	55
Figura 23. Mapa Zonificación de Manejo Ambiental	56
Figura 24. Modelo cartográfico para las Áreas de Especial Significado Ambiental - AESA	60
Figura 25. Modelo cartográfico para las Áreas de recuperación ambiental - ARA y las Áreas de producción económica - APE.....	60
Figura 26. Modelo cartográfico para áreas de riesgo y amenazas - ARAZ..	61
Figura 27. Modelo cartográfico para las áreas de importancia social AIS	61
Figura 28. Línea sísmica (Metros), sobre las áreas de sensibilidad ambiental	62
Figura 29. Líneas sísmicas sobre las áreas de manejo ambiental, según las restricciones para la exploración.....	67
Figura 30. Modelo cartográfico para la zonificación de manejo ambiental para la exploración sísmica en PUT10-2D.....	68

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografía 1. Señalización de líneas sísmicas	25
Fotografía 2. Señalización de pozos	25
Fotografía 3. Señalización de estacas	25
Fotografía 4. Señalización de un desplazamiento de la posición de la estaca	25
Fotografía 5. Equipo de perforación Torre Punzón	27
Fotografía 6. Equipo de perforación Torre Yaco	27
Fotografía 7. Equipo de perforación Taladro Manual	27
Fotografía 8. Casablanca	30
Fotografía 9. Alistamiento de cables	30

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de información geográfica se han convertido en una herramienta de apoyo valiosa en la toma de decisiones, que requieren de un análisis de múltiples variables para la identificación de una solución integral.

En el caso de la exploración sísmica, se evalúan variables biofísicas, socioeconómicas, físico estructurales y de emplazamiento del proyecto de exploración sísmica, de manera tal que se genere el mínimo o nulo impacto al ejecutar el proyecto.

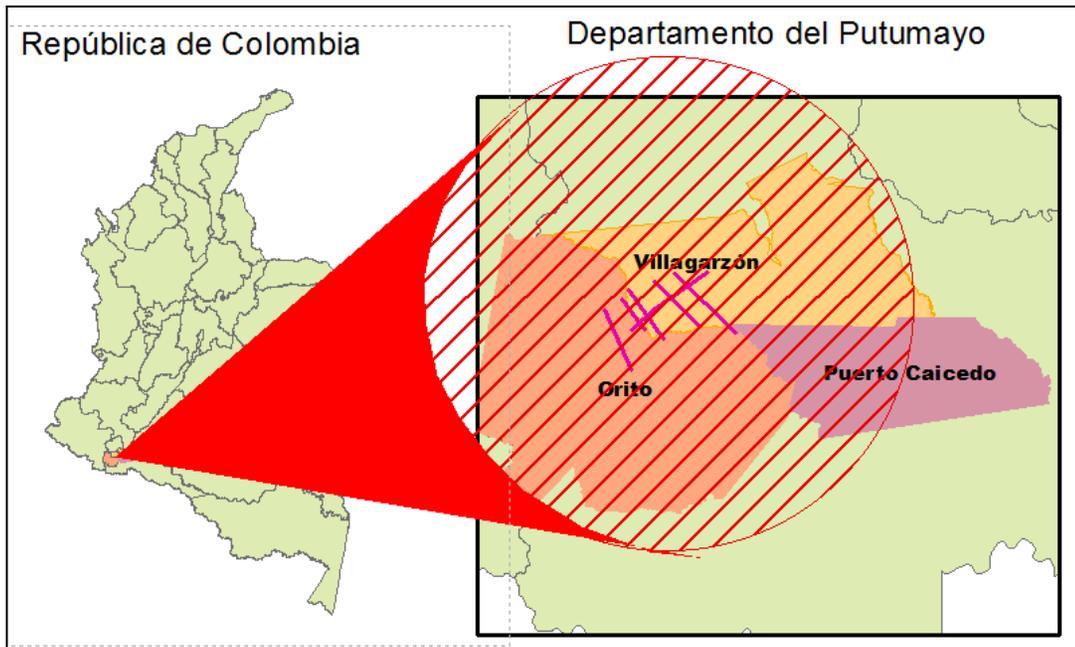
El proyecto de exploración sísmica PUT10 - 2D, se realizará en una zona de alta riqueza ambiental y cultural, como lo es la cuenca media del Río Putumayo, motivo por el cual requiere de la elaboración de Plan de Manejo Ambiental, que responde a los requerimientos de la normatividad ambiental vigente y las disposiciones técnicas de análisis y estructuración de datos espaciales de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA.

El siguiente proyecto se inicia con la identificación y recopilación de la información cartografía requerida por la ANLA y que adicionalmente responda a las necesidades y realidades de la zona de estudio; se continua con la estructuración de la Geoatbase – GDB, según la estructura de datos de la ANLA, posteriormente se generan las salidas gráficas de los mapas temáticos y finalmente se diseña el modelo cartográfico para la elaboración de los mapas de zonificación ambiental y zonificación de manejo.

1. LOCALIZACIÓN GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

El bloque PUT 10 se encuentra ubicado en la cuenca sedimentaria Caguan-Putumayo, al occidente del Departamento del Putumayo, en jurisdicción de los Municipios de Orito, Santiago, Puerto Caicedo y Villagarzón. Este bloque fue otorgado por la Agencia Nacional de Hidrocarburos – ANH a la empresa GRAN TIERRA ENERGY COLOMBIA LTD con el fin de iniciar la exploración. Dentro de esta área se han realizado anteriormente varias sísmicas 2D - 3D y pozos exploratorios, lo que indica que se han realizado actividades exploratorias especialmente entre los años 60's, 70's y 80's.

El programa sísmico PUT 10 2D, se localiza entre las confluencia de los ríos Conejo, San Juan y Chalguyaco, con un total de 74,4 km de longitud de líneas sísmicas, de las cuales 28% equivalente a 20,7 km se encuentran en la jurisdicción del municipio de Villagarzón, 2,0% correspondiente a 1,5 km en el municipio de Puerto Caicedo, 28% correspondiente a 20,9 km en el municipio de Orito y 42% equivalente a 31,2 km en área de conflicto limítrofe entre los municipios de Orito y Villagarzón (**Figura 1**).



Fuente: Este Estudio, 2013

**Figura 1. Localización General del Área para la Exploración Sísmica
PUT 10 2D**

2. JUSTIFICACIÓN

Los estudios ambientales para la exploración sísmica requieren de la evaluación espacial interrelacionada de los componentes: socio- económico (usos del suelo, infraestructura vial, de servicios públicos, viviendas) ambiental (bosques, geología, suelos, hidrología, entre otros) y físico espacial (de las construcciones que se generaran para la exploración sísmica); que obedecen a los requerimientos de la normatividad ambiental de Colombia vigente¹, enmarcada en la Ley 99 de 1993.

El principal propósito de realizar un análisis espacial de los componentes antes mencionados, es identificar las áreas de sensibilidad ambiental y de manejo, con el fin de que los trabajos realizados en el proyecto de exploración sísmica no afecten al sistema biofísico y a las comunidades presentes (con sus bienes y servicios).

Este análisis espacial requerido, es posible desarrollarlo mediante el uso de las herramientas de los sistemas de información geográfica, considerando todas las variables al tiempo y de manera eficaz y eficiente, y así poder determinar las medidas de manejo ambiental que deben tomar las empresas de Sísmica para que la intervención sobre el medio ambiente sea lo mínimo posible.

El Plan de Manejo Ambiental del Programa de Exploración Sísmica PUT 10 2D, considera los temas que aplican en el territorio objeto de estudio, toda vez que los lineamientos de la metodología general para la presentación de estudios ambientales elaborada por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) en el año 2010, tienen un carácter genérico y

¹Igualmente, ICONTEC mediante la Norma Técnica Colombiana NTC 5067 de 2002 define las directrices para la planificación y gestión ambiental para proyectos sísmicos en Colombia.

en consecuencia deben ser adaptados a la magnitud y otras particularidades del proyecto. En consecuencia, el análisis espacial realizado para el presente proyecto, aunque parte de los términos de referencia del Ministerio de Ambiente, define su propio modelo cartográfico, de manera que responda a las situaciones existentes en el territorio.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los planes de manejo ambiental son instrumentos de gestión que definen el sitio óptimo para emplazar o ejecutar proyectos industriales, mineros, energéticos, entre otros, con el menor impacto ambiental; la ubicación más adecuada de estos proyectos requiere de hacer análisis espacial de diferentes temáticas que coexisten en un mismo territorio; en este sentido, los sistemas de información geográfica son una herramienta clave para localizar estos sitios óptimos.

Los proyectos de exploración sísmica, según la legislación ambiental colombiana, no requiere de estudios de impacto ambiental; sin embargo, existe una Guía Ambiental de Exploración Sísmica, que orienta la gestión ambiental de estos proyectos, además el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, emitió unos términos de referencia para la elaboración de estudios ambientales, los cuales son aplicables para los proyectos sísmicos.

El área de estudio se encuentra ubicada en el Bloque Petrolero denominado PUT 10, que se localiza en un sitio de alto interés ambiental para Colombia, ya que es parte de la cuenca alta del río Amazonas.

Teniendo en cuenta que la zona de estudio tiene una gran riqueza ambiental, socioeconómica y étnica, el análisis espacial requiere de un modelo que permita evaluar variables sociales, económicas y ambientales, estableciendo las zonas con mayor sensibilidad para la exploración sísmica.

El desarrollo de proyectos de exploración sísmica sin tomar las medidas de manejo ambiental adecuadas, puede generar condiciones adversas en el territorio, entre las cuales se pueden mencionar procesos de inestabilidad, vibraciones y agrietamientos en el suelo, viviendas y otras infraestructuras; toda vez que esta exploración requiere de la perforación de pozos donde se introduce un material detonante denominado Sismigel, que es detonado de manera controlada.

4. HIPÓTESIS

Los Sistemas de Información Geográfica permiten generar conocimiento de aspectos físicos, bióticos y socioeconómicos del área de influencia de los proyectos de exploración sísmica, con el propósito de identificar las áreas de sensibilidad ambiental para tomar las medidas de manejo socioambiental adecuadas previendo y mitigando el impacto ambiental.

5. OBJETIVOS

5.1 Objetivo General

Implementar un Sistema de Información Geográfica para la elaboración de planes de manejo ambiental orientado a la exploración sísmica, sector de aplicación: Área Sísmica PUT 10 2D en el departamento del Putumayo.

5.2 Objetivos Específicos

- Realizar un inventario de la información cartográfica del área de influencia del proyecto, teniendo en cuenta las disposiciones de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales- ANLA.
- Estructurar una Geodatabase de acuerdo a los lineamientos de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales-ANLA.
- Elaborar la cartografía temática según los lineamientos de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales- ANLA
- Realizar la zonificación ambiental y manejo ambiental para el área del proyecto aplicando herramientas de ArcGIS.

6. METODOLOGÍA PROPUESTA

6.1 Recopilación y organización de la información requerida según la ANLA

Con base en la estructura de datos exigido por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales - ANLA, se realizó un inventario de la información requerida y se contrastó con la información existente, la que requiere levantarse en campo y la información que no requiere ser levantada para el área Sísmica PUT10-2D, porque no aplica para las condiciones de su territorio, ni para el alcance de un proyecto de exploración sísmica.

6.2 Estructura de datos de la GDB

El diseño de la Geodatabase – GDB, parte de la estructura de datos exigida por la ANLA y organiza la información en los siguientes feature datasets: Áreas de Manejo Especial, Medio Socio económico, Medio Biótico, Medio Abiótico, Amenazas y Riesgos, Proyecto y Zonificación, en cada uno se organizaron los feature class y dominios que aplica incluir en la GDB; dadas las condiciones del proyecto.

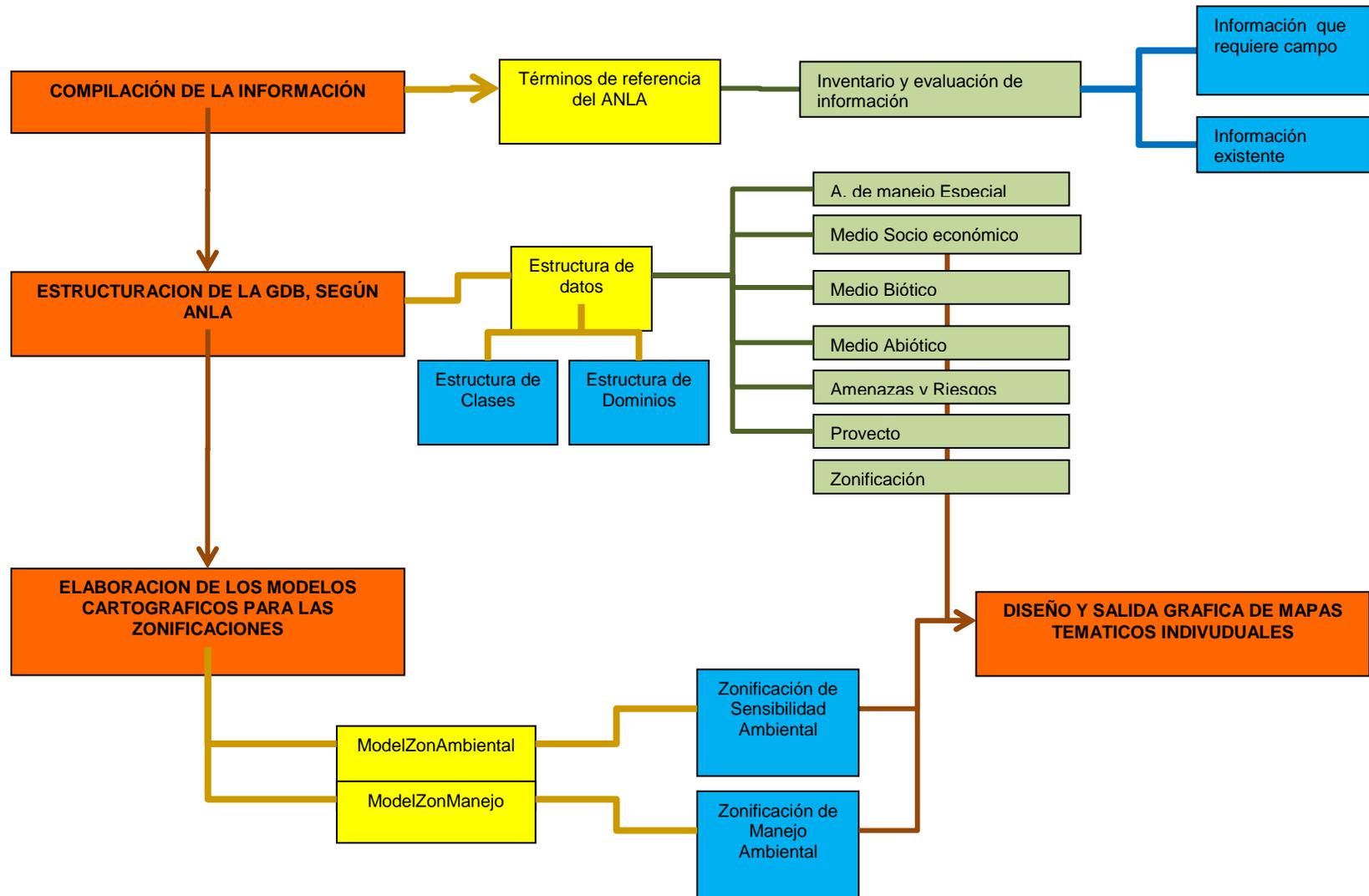
6.3 Elaboración de los Modelos Cartográficos para las Zonificaciones

A partir de la información recopilada y organizada en la GDB según la estructura de datos de la ANLA, se diseñó con el *Model Builder* de ArcGIS el modelo para la zonificación ambiental y la zonificación de manejo, aplicando los aislamientos, restricciones, prohibiciones establecidas para la zonificación

de manejo y las condiciones de sensibilidad según los elementos y ecosistemas estratégicos existentes en el área de influencia del proyecto; todo lo anterior, teniendo en cuenta la normatividad vigente para proyectos de exploración sísmica.

6.4 Diseño y Salida Grafica de Mapas Temáticos Individuales

Finalmente, se diseñaron las salidas graficas de los mapas para impresión, con las respectivas leyendas y tablas de datos que se requerían como complementarias a las leyendas de los mapas.



Fuente: Este Estudio, 2013

Figura 2. Modelo metodológico

7. MARCO CONCEPTUAL

7.1 ESTUDIOS AMBIENTALES

Los estudios o evaluaciones de impacto ambiental buscan identificar las posibles consecuencias sobre el medio ambiente y los habitantes, que provocaría la implementación de proyectos industriales, mineros, energéticos y viales, entre otros.

Los estudios de impacto ambiental, surgen formalmente en Estados Unidos en los años sesenta, después de comprobarse que la contaminación producida por una compañía generó, en los habitantes del poblado cercano a la localización de dicha empresa, varios tipos de enfermedades, desde infecciones simples hasta cánceres; los impactos se visualizaban sobre la calidad del agua y del aire principalmente. Como consecuencia del proceso anterior, se desarrolló el “Environmental Impact Assessment” (E.I.A.) y la creación del “Environmental Protection Agency” y “Council on Environmental Quality” que inicia acciones de control, seguimiento y monitoreo de las intervenciones antrópicas y sus efectos en el ambiente bajo las normas del “National Environmental Policy Act” (N.E.P.A.); pero solo hasta 1979, se aprobó el “Regulations for implementing the Procedural Previsions of N.E.P.A.” (Federal Historic Preservation Laws, 2000), que obligó a todos los proyectos públicos a elaborar EIA (EPA Journal, 1980). Otros países como **Canadá** (1973), **Francia** (1976), **Brasil** (1979), la **Comunidad Europea** (1985), Holanda (1986), continúan con la promulgación de normas y metodologías para la elaboración de estudios de impacto ambiental para diferentes proyectos.

En Colombia, los estudios de impacto ambiental se formalizaron y se hicieron obligatorios en 1993, con la expedición de la Ley 99 de 1993 y los decretos reglamentarios al respecto, como el decreto 1220 de 2005 y luego 2820 de 2010; que determina la evaluación y aprobación de dichos estudios, según el volumen de material a explotar o el tipo del proyecto. El ministerio de Ambiente ha generado una serie de guías y criterios para la formulación y evaluación de estudios de impacto ambiental (Ministerio de Medio Ambiente - Convenio Andrés Bello, 2002).

Según Espinoza (2001), el estudio de impacto ambiental es *“un proceso de advertencia temprana que verifica el cumplimiento de las políticas ambientales. Es la herramienta preventiva mediante la cual se evalúan los impactos negativos y positivos que las políticas, planes, programas y proyectos generan sobre el medio ambiente, y se proponen las medidas para ajustarlos a niveles de aceptabilidad”*.

Para los usuarios a quienes se les exige un estudio de impacto ambiental, será *“... el conjunto de la información que deberá presentar ante la autoridad ambiental competente el petitionario de una licencia Ambiental. El estudio de impacto ambiental contendrá información sobre la localización del proyecto, y los elementos abióticos, bióticos y socioeconómicos del medio que puedan sufrir deterioro por la respectiva obra o actividad, para cuya ejecución se pide licencia, y la evaluación de los impactos que puedan producirse. Además incluirá el diseño de los planes de prevención, corrección y compensación de impactos y el plan de manejo ambiental de la obra o actividad.”*(Aerocivil, 2000)

Los proyectos sísmicos según la normatividad ambiental vigente no requieren de Licencia Ambiental, por lo que la gestión ambiental de estos proyectos se basa en una Guía Ambiental del Ministerio de Ambiente del año 1997.

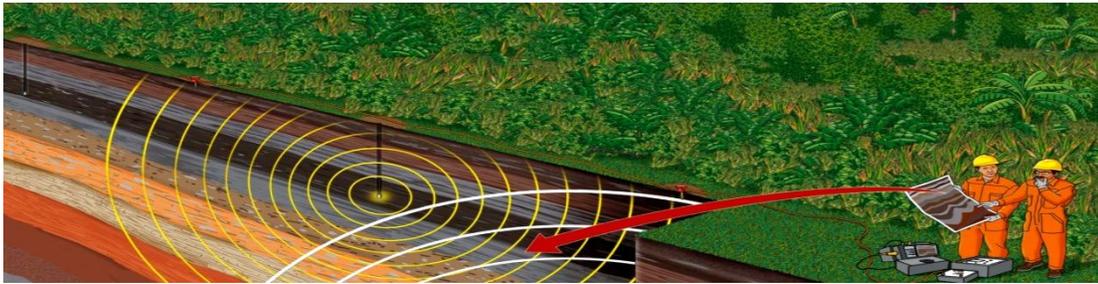
En la actualidad las empresas elaboran Planes de Manejo Ambiental para los proyectos sísmicos que pueden definirse como: *“...el conjunto detallado de medidas o actividades que, producto de una evaluación ambiental, que están orientadas a prevenir, mitigar, corregir y compensar los impactos y efectos ambientales, que se caucen por el desarrollo de un proyecto....”*

7.2 PROYECTOS SÍSMICOS

Según la Guía Básica Ambiental del Ministerio de Medio Ambiente (1997) la actividad de exploración sísmica es un método utilizado para estudiar el subsuelo y comprobar la existencia de hidrocarburos² tales como petróleo o gas.

La Sísmica consiste en un estudio del subsuelo, a través de la creación de ondas sonoras artificiales mediante el accionar de pequeñas cantidades de un material especial llamado Sismigel, que se ubica en pequeños pozos o huecos. A medida que las ondas se propagan hacia el interior de las capas de la tierra, se producen ecos que son percibidos por aparatos especiales llamados geófonos, los cuales son colocados en la superficie de la tierra (Ministerio de Ambiente, 1997) (Figura 1).

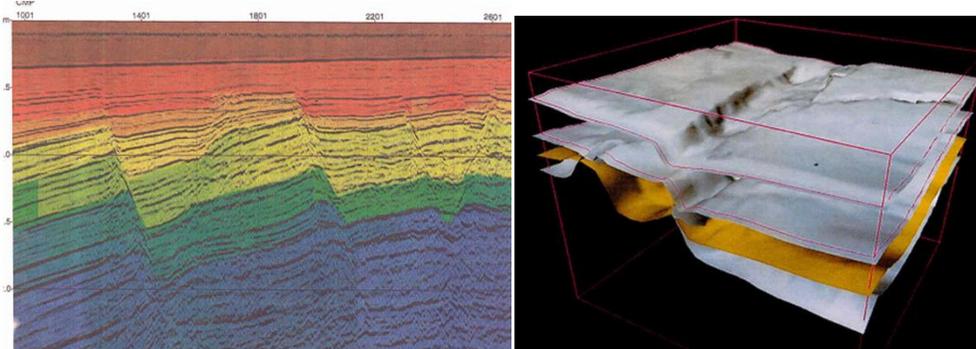
² Los hidrocarburos son recursos naturales que se encuentran en forma líquida o gaseosa debajo de la tierra. Cuando se presentan en estado líquido se llama PETRÓLEO y en estado gaseoso se llama GAS.



Fuente: Este Estudio, 2013

Figura 3. Adquisición Sísmica Terrestre

La Sísmica es un método que muestra estructuras geológicas usando tiempos de viaje de frentes de ondas (Figura 2), las ondas elásticas que entran a un medio de alta velocidad (un refractor) muy cerca a un ángulo crítico, viajan en el medio de alta velocidad casi paralelo a la superficie refractora antes de regresar a la superficie de la Tierra.



Fuente: Montes, 2007

Figura 4. Imágenes procesadas de exploración sísmica

En la imagen izquierda se muestran las estructuras geológicas en 2D, en la imagen derecha, las estructuras geológicas en un pre procesamiento 3D.

El objetivo en los estudios de refracción es medir los tiempos en que llegan los frentes de onda en función de la distancia fuente-receptor, de modo que la profundidad de los refractores en los cuales viajaron pueda ser

determinada (Sheriff, 2000), para determinar así el espesor de las capas del subsuelo.

Esta onda sísmica puede generar fracturas en el terreno que en algunos casos resultan en pequeños deslizamientos, de otra parte genera vibraciones en el suelo que generalmente molesta a los habitantes aledaños y, en otros casos, puede generar fracturas sobre la infraestructura existente. Por lo anterior, es necesario realizar un estudio ambiental y socioeconómico antes de iniciar la exploración sísmica, para que el diseño de las líneas de exploración se trace de manera tal que provoque el menor impacto.

Considerando que la exploración sísmica interviene directamente en el suelo, pero la onda de detonación puede tener efectos en los sistemas (biofísico, socioeconómico, físico estructural) aledaños, se requiere de una herramienta que permita integrar las diferentes variables: físico bióticas, socioeconómicas y de las infraestructuras para la ejecución del proyecto de exploración sísmica, en un análisis que aunque complejo, debe ser integral. *“El nuevo paradigma, ecodesarrollo o desarrollo sostenible, imponía la necesidad de abordar la planificación desde un enfoque integral y multidisciplinario y no, tal y como venía haciéndose, aislado y segmentado. El objetivo que vincula a las distintas aplicaciones bióticas desarrolladas con tecnología SIG no es otro que el de resolver situaciones complejas en cuanto a la toma de decisiones, convirtiendo a la planificación en un proceso racional que busca ante todo optimizar los respectivos recursos”* (Rodríguez, 1999).

7.2.1 Fases de un proyecto sísmico

7.2.1.1 Trocha y Topografía

La llegada de las cuadrillas de topografía y trocha marca el comienzo de la fase operativa. Su primera tarea es localizar uno o varios puntos geodésicos de la red del Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Si no existe un vértice IGAC en la zona, se trasladará la red apoyado en los sistemas de georeferencia (GPS) y se elaborará una. Con el trazado de las líneas se tendrá en cuenta la normatividad ambiental: ancho de picas ecológicas, distancias a nacederos, cuerpos de agua y otros elementos de carácter físico, biótico o socio-económico que sean relevantes para el desarrollo de la actividad.

Como se trata de una sísmica 2D se realizan un tipo de línea en el terreno: Donde se localizan los puntos de salvos y receptoras. Los puntos receptores son plantados los materiales de registro como cajas, cables y geófonos. Los puntos de salvo son aquellas donde se señalizan los pozos a perforar.

Conforme avanza el trazado topográfico, las líneas se va señalizando y nivelando con estacas de metal y cartomplast, marcadas con un número y distanciadas de acuerdo con el diseño y los parámetros de campo para la adquisición sísmica, las estacas receptoras estarán señalizadas con color blanco con números enteros, mientras los pozos en color rojo, en caso de algún cambio para obtener visual sobre el siguiente punto a ubicar se marcarán en color azul detallando la distancia de desplazamiento (**Ver Fotografía 1 a la Fotografía 4**).

En los extremos inicial y final de cada línea sísmica materializada se construirán mojones en cemento, en los cuales se incrustará una placa de bronce informando: Nombre de la operadora (GRAN TIERRA ENERGY

COLOMBIA LTD.), número de estaca, contratista y número de grupo; a 1m de esta placa, se colocará un tubo testigo de 1m de altura sobre el suelo, el cual se pintará de color rojo y blanco. Este procedimiento o actividad se llama monumentación de GPS's y se hace con el fin de amarrar el proyecto geográficamente y así tener mayor precisión en el área de interés del proyecto.



Fuente: CGL S.A.S, 2012

Fotografía 1. Señalización de líneas sísmicas



Fuente: CGL S.A.S, 2012

Fotografía 2. Señalización de pozos



Fuente: CGL S.A.S, 2012

Fotografía 3. Señalización de estacas



Fuente: CGL S.A.S, 2012

Fotografía 4. Señalización de un desplazamiento de la posición de la estaca

7.2.1.2 Perforación

En esta etapa de la sísmica se procede a la perforación de los puntos señalados durante la etapa topografía. Los pozos o huecos a perforar se identifican mediante tarjetas de color rojo y sólo realizan en las señalizaciones de la línea sísmica.

Una vez abierto los huecos en la línea de salvos, se deposita la carga de sismigel para generar las ondas sonoras artificiales que permiten obtener la información del subsuelo.

Los pozos se ubican cada 120 metros sobre la trocha abierta. El diámetro de cada pozo es de 10 centímetros y su profundidad oscila entre 10 metros.

La perforación para cada una de las diferentes líneas sísmicas, se puede realizar de tres diferentes maneras:

- De forma manual con punzones o taladros manuales.
- Con taladros de tipo mecánico accionados con motores a gasolina o diesel.
- Con taladros neumáticos con suministro de aire a presión a partir de un compresor.

La escogencia del método de perforación depende de las características del terreno (físico – bióticas) y la profundidad a la cual se va a perforar los puntos de disparo (**Ver Fotografía 5 a la Fotografía 7**).



Fuente: CGL S.A.S, 2012

Fotografía 5. Equipo de perforación Torre Punzón



Fuente: CGL S.A.S, 2012

Fotografía 6. Equipo de perforación Torre Yaco



Fuente: CGL S.A.S, 2010

Fotografía 7. Equipo de perforación Taladro Manual

7.2.1.3 Cargado y Tacado de Pozos

Después de realizados los pozos y una vez alcanzada la profundidad, viene la etapa de introducción y taponado de las cargas en el fondo de los mismos. Para tal efecto se utiliza generalmente Sismigel, que es un explosivo compacto de alta velocidad de detonación (5.700m/s), estable y seguro para su transporte y manipulación (**ver Cuadro 1**). Para su utilización, es necesaria la obtención del permiso del Ministerio de Defensa Nacional. La cantidad de explosivo será de 3,600 gramos por pozo de disparo aproximadamente para lo de profundidad de 10 metros.

Cuadro 1. Características técnicas del Sismigel

ESPECIFICACIONES	UNIDAD	VALOR
Densidad	gr./cm ³	1,22
Velocidad de Detonación	m./seg.	5.700
Volumen de gases	l/Kg.	966
Potencia Absoluta en volumen (ABS)	Cal/cm ³	1.287
Presión de detonación	Kilobar	99
Potencia absoluta en peso (AWS)	Cal/gr.	1.055
Resistencia a la presión hidrostática	Cal/cm ³	1,6
	Kg./cm ³	3,0
Sensibilidad al detonador Sismográfico	-----	POSITIVA

Fuente: INDUMIL, 2012

7.2.1.4 Detonación y Registro

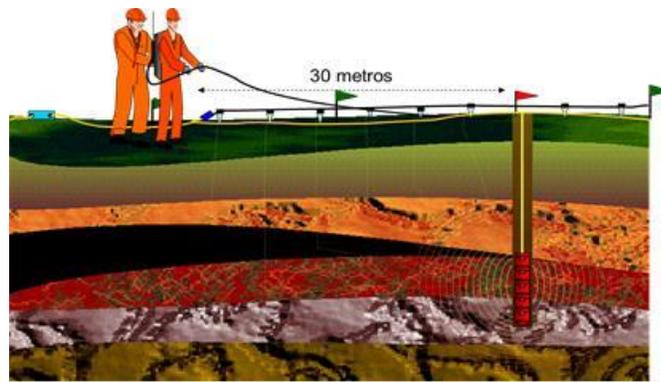
El siguiente paso consiste en distribuir el material de registro (cajas, cables y geófonos) sobre las líneas del programa sísmico. Los geófonos son un tipo de sensor especial que va enterrado en el suelo, el cual tiene la capacidad de percibir la señal sísmica después de que ésta ha sido reflejada por las discontinuidades (contrastes litológicos, planos de falla, etc.) del interior de la tierra.

La detonación de los pozos es una actividad desarrollada por un disparador (Shooter) encargado de conectar la línea de fuego (cable) al detonador y éste al pozo que se disparará, previa revisión de continuidad. El observador ubicado en la unidad de registro, activará el equipo para que sincronizadamente envíe señal para detonar el pozo y simultáneamente se dé inicio a la grabación de las ondas sísmicas reflejadas por las rocas del subsuelo, capturada por los sensores y transmitida por las estaciones de campo o cajas hasta Casablanca (**ver**

Figura 5 y Fotografías 8 a 9). Luego de detonado el pozo y grabada la información o datos de campo, el disparador se moviliza al siguiente pozo y se repite el proceso, cubriendo de esta manera, toda la línea con información derivada de la detonación de cada pozo.

La explosión genera una onda de choque que tritura la roca a su alrededor pero cuyo frente de presión se amortigua rápidamente; otra parte de la energía liberada crea una onda acústica que viaja por el subsuelo y se refleja de acuerdo con las características del terreno.

La señal sísmica que es registrada por los geófonos, según la ley de la reflexión, es el producto de todas las superficies que actuaron como reflectores en el subsuelo, por lo tanto toda la información que se obtiene, es un reflejo de la forma y disposición de toda la secuencia litológica que se encuentra por debajo de la “malla” laborada, es así como en esa información se puede identificar la existencia o no de sitios probables para la acumulación de hidrocarburos (“Trampas”).



Fuente. CGL S.A.S, 2011

Figura 5. Esquema de Registro



Fuente: CGL S.A.S, 2011

Fotografía 8. Casablanca



Fuente: CGL S.A.S, 2011

Fotografía 9. Alistamiento de cables

7.3 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se siguen afianzando cada día como un instrumento básico en los procesos de gestión de recursos naturales en tanto estos se disponen como fenómenos espaciales que pueden ser modelados y analizados a fin de encontrar alternativas a problemas medio ambientales.

Según el IGAC la definición de SIG es.. "Conjunto de métodos, herramientas y actividades que actúan coordinada y sistemáticamente para recolectar, almacenar, validar, manipular, integrar, analizar, actualizar, extraer y desplegar información, tanto gráfica como descriptiva de los elementos considerados, con el fin de satisfacer múltiples propósitos"

Según National Center for Geographic Information Systems and Analysis (NCGIA), 1990 el SIG es: "*Un sistema de hardware, software y procedimientos diseñado para realizar la captura, almacenamiento, manipulación, análisis, modelación y representación de datos referenciados*"

espacialmente para la resolución de problemas complejos de planificación y gestión"

Las ventajas de un SIG son³:

- Los SIG brindan el salto del mapa impreso en papel al manejo de mapas digitales.
- Los SIG no sólo nos permiten manipular los elementos de un mapa sino relacionar cada objeto con información alfanumérica asociada. Así, en los SIG cada objeto de un modelo del paisaje posee un registro en la base de datos con sus atributos respectivos.
- Eficiencia para ejecutar algunas operaciones de modelamiento espacial ejecutadas antes de forma análoga. El salto de la superposición manual con transparencias a la superposición digital.
- Los modelos conceptuales del paisaje pueden ser probados y evaluados compartivamente con más eficiencia.
- Los SIG permiten análisis matemáticos y estadísticos de información espacial que por otros sistemas podría ser más complejo.
- Los SIG permiten generar muchos modelos y mapas desde una misma información. Los SIG facilitan la ejecución de diversas manipulaciones cartográficas y múltiples salidas gráficas.
- Los SIG brindan una excelente ayuda en análisis multitemporales.
- Los SIG permiten una detección y cuantificación rápida de cambios espaciales y no espaciales entre niveles temáticos de periodos distintos.

3

<http://www.cursoglobal.com/linkout.php?url=gemini.udistrital.edu.co/comunidad/profesores/rfranco/sig.htm>

La evolución de los SIG se describe a continuación:

Los SIG como los conocemos hoy en día son consecuencia de la mecanización de pesadas tareas de producción cartográfica ligada desde un principio a los sistemas digitales y evolucionando propiamente desde los años 60's hasta nuestros días.

Hacia la década de 1870 se organizó un sistema de información geográfica por parte de una empresa de trenes en Irlanda que empleó la superposición de acetatos.

Hacia los años 50's aparecieron los primeros softwares de cartografía automatizada (CAD y CAM) y las primeras bases de datos para manejar atributos en el computador. Hasta ese entonces lo único que se hacía eran "Bonitos mapas" y nada más.

Luego, a fines de los 60's surgieron sistemas que permitían integrar la bases de datos con las figuras y esta facilidad fue puesta en práctica desde entonces.

Sin embargo, el primer SIG que logró cierta eficiencia fue el SIG-Canadá que fue orientado al manejo de bosques y estaba basado más que todo en polígonos. Este fue creado por: Roger Tollimson; John Herring (creo luego INTERGRAPH) y Jack Dangermond (creo luego ESRI)

Para Rodríguez, y otros (2009) *“la utilización del Sistema de Información Geográfica (SIG) como herramienta de control de los emplazamientos con posibles impactos sobre el medio ambiente de la Empresa Eléctrica Provincial (EEP) de Santiago de Cuba; para lograr este objetivo se realizó un inventario de los posibles focos de contaminación en toda la provincia para su mejor gestión del estudio, con ello se logra conocer de forma integral cuáles son los puntos donde se pueden provocar posibles afecciones al medio ambiente debido a la generación y transmisión de energía. El sistema permite tener una base de datos para el control y realizar proyectos con programas de mitigación de CO2 y otros contaminantes para cada zona donde se encuentren ubicados los grupos electrógenos y poder tener realmente producciones de energía más limpia”*

Según el Manual para la evaluación de estudios de impacto ambiental, la utilización de los SIG se encuentra entre las metodologías de alta sofisticación para evaluar impactos ambientales (Ministerio de Medio Ambiente - Convenio Andrés Bello, 2002)

Para la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales - ANLA, el Sistema de Información Geográfica – SIG se considera *“... como una herramienta que le permitirá satisfacer sus necesidades de información a nivel interno y externo, dando soporte a las diferentes instituciones nacionales que conforman El Sistema de Información Nacional Ambiental SINA, bajo estándares establecidos por la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales ICDE. El SIG de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales ANLA, se está alimentado con los proyectos, obras y actividades que competen a la entidad, información que conforma la geodatabase. De esta manera, los Estudios de Impacto Ambiental, Planes de Manejo y todo tipo de datos que faciliten el seguimiento de los proyectos, harán parte del SIG, integrando la información con los demás sistemas o aplicativos en uso por parte de la Autoridad*

Nacional de Licencias Ambientales ANLA, tales como El sistema de Información de Licencias Ambientales SILA, La Ventanilla Integral de Trámites Ambientales en Línea VITAL y El Registro Único Ambiental RUA. (ANLA, 2012).

Mediante la Resolución 1503 de 2010, se adoptó la Metodología de Presentación de Estudios Ambientales, incluyendo por primera vez la estructura de la Geodatabase o GDB (Base de Datos Geográfica), como requerimiento de soporte de la información documental de los proyectos y trámites ambientales presentados ante la Autoridad Ambiental entre los que se incluyen los Estudios de Impacto Ambiental EIA, Los Planes de Manejo Ambiental PMA entre otros.

El 17 de agosto de 2012 a través de la Resolución 1415 el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible actualizó y modificó el modelo de almacenamiento geográfico (Geodatabase) contenido en la Metodología General para la presentación de Estudios Ambientales adoptada mediante la Resolución 1503 del 4 de agosto de 2010, haciendo obligatorio su elaboración para los proyectos sujetos a licenciamiento ambiental.

Considerando lo anterior, el sistema de información geográfica para la elaboración del plan de manejo ambiental del presente proyecto, se articula con la estructura de datos de la ANLA, para alimentar así, los sistemas de información ambiental existentes en el país y apoyar el seguimiento, conocimiento y control de las entidades que hacen parte del SINA.

8 INVENTARIO Y ANALISIS DE INFORMACIÓN

La información a utilizar parte de los requerimientos de la Autoridad Nacional de Licencias – ANLA, que diseñó una estructura de datos, con mínimos cartográficos para la formulación de planes de manejo ambiental, establecidos en la Resolución 1415 de 2012.

La estructura de datos diseñada por la ANLA, se organiza en datasets, temas, feature class, identifica el tipo de geometría, establece un código, entre otros; en el cuadro 2, se incluyen casillas que definen si los datos totales aplican para el Plan de Manejo Ambiental PMA, si requieren verificación de campo y la fuente para la adquisición de la información.

El modelo de datos de la ANLA maneja para la elaboración de Planes de Manejo Ambiental 167 feature class, organizados en 10 Data sets. De acuerdo al análisis de la información se obtuvo que el 31% (52 feature class) aplican para un PMA de Sísmica, teniendo en cuenta que estos proyectos no requieren Licencia Ambiental por lo que algunos componentes no son de estricto cumplimiento o no aplican por el tipo de proyecto.

Cuadro 2. Información requerida por la ANLA y su aplicabilidad al PMA PUT10-2D

DISEÑO Y ESTRUCTURA DEL MODELO DE DATOS DE LA GEODATABASE PARA LA PRESENTACIÓN DE PLANES DE MANEJO AMBIENTAL ESPECÍFICOS – PMA AUTORIDAD NACIONAL DE LICENCIAS AMBIENTALES - ANLA (Abril-2012)				APLICABILIDAD PARA EL PMA		
DATA SET / TABLAS / RASTER	TEMA	FEATURE CLASS	GEOMETRÍA / TIPO DATO	APLICA EN EL PMA	VERIFICACION DE CAMPO	FUENTE
<<MEDIO_ABIOTICO>>	Geología	<<UnidadGeologica>>	Polígono	SI	NO	INGEOMINAS
		<<ContactoGeologico>>	Línea	SI	NO	INGEOMINAS
		<<EstructuraFallaLineam>>	Línea	SI	NO	INGEOMINAS
		<<EstructuraPliegueLN>>	Línea	SI	NO	INGEOMINAS
		<<EstructuraPlieguePT>>	Punto	NO	NO	INGEOMINAS
		<<DatoEstructuralGeol>>	Punto	NO	NO	INGEOMINAS
		<<MaterialesConstruccion>>	Punto	NO	NO	INGEOMINAS
	Geomorfología	<<UnidadGeomorfologica>>	Polígono	SI	NO	INGEOMINAS
		<<ProcesoMorfodinamicoPG>>	Polígono	SI	NO	INGEOMINAS
		<<ProcesoMorfodinamicoLN>>	Línea	SI	NO	INGEOMINAS
		<<ProcesoMorfodinamicoPT>>	Punto	NO	N/A	INGEOMINAS
		<<Pendiente>>	Polígono	SI	NO	Análisis Espacial
	Suelos	<<Suelo>>	Polígono	SI	NO	IGAC-ESTUDIO IFCAYA
		<<PuntoMuestreoSuelo>>	Punto	NO	NO	N/A
		<<UsoActualSuelo>>	Polígono	SI	NO	Interpretacion Imágenes
		<<UsoPotencialSuelo>>	Polígono	NO	NO	IGAC-ESTUDIO IFCAYA

DISEÑO Y ESTRUCTURA DEL MODELO DE DATOS DE LA GEODATABASE PARA LA PRESENTACIÓN DE PLANES DE MANEJO AMBIENTAL ESPECÍFICOS – PMA AUTORIDAD NACIONAL DE LICENCIAS AMBIENTALES - ANLA (Abril-2012)				APLICABILIDAD PARA EL PMA		
DATA SET / TABLAS / RASTER	TEMA	FEATURE CLASS	GEOMETRÍA / TIPO DATO	APLICA EN EL PMA	VERIFICACION DE CAMPO	FUENTE
		<<ConflictoUsoSuelo>>	Polígono	NO	NO	Análisis Espacial
	Hidrología	<<CuencaHidrografica>>	Polígono	SI	NO	Análisis Espacial
		<<OcupacionCauce>>	Punto	NO	NO	N/A
		<<CaptacionAguaPT>>	Punto	SI	SI	Trabajo de Campo
		<<CaptacionAguaLN>>	Línea	SI	SI	Trabajo de Campo
		<<VertimientoPT>>	Punto	SI	SI	Trabajo de Campo
		<<VertimientoLN>>	Línea	NO	NO	N/A
		<<VertimientoPG>>	Polígono	NO	NO	N/A
	Calidad Agua	<<PuntoMuestreo>>	Punto	SI	SI	Trabajo de Campo
	Hidrogeología	<<UnidadHidrogeologica>>	Polígono	NO	NO	N/A
		<<ZonasRecarga>>	Polígono	NO	NO	N/A
		<<PuntoHidrogeologico>>	Punto	NO	NO	N/A
		<<ModeloHidrogeologico_PG>>	Polígono	NO	NO	N/A
		<<ModeloHidrogeologico_LN>>	Línea	NO	NO	N/A
		<<ModeloHidrogeologico_PT>>	Punto	NO	NO	N/A
		<<Vulnerabilidad>>	Polígono	NO	NO	N/A
	Geotécnica	<<ZonificacionGeotecnica>>	Polígono	NO	NO	N/A
		<<MuestreoParamResistencia>>	Punto	NO	NO	N/A
	Atmósfera	<<FuenteFijaEmision>>	Punto	NO	NO	N/A

DISEÑO Y ESTRUCTURA DEL MODELO DE DATOS DE LA GEODATABASE PARA LA PRESENTACIÓN DE PLANES DE MANEJO AMBIENTAL ESPECÍFICOS – PMA AUTORIDAD NACIONAL DE LICENCIAS AMBIENTALES - ANLA (Abril-2012)				APLICABILIDAD PARA EL PMA		
DATA SET / TABLAS / RASTER	TEMA	FEATURE CLASS	GEOMETRÍA / TIPO DATO	APLICA EN EL PMA	VERIFICACION DE CAMPO	FUENTE
		<<FuenteDispersaEmisionPG>>	Polígono	NO	NO	N/A
		<<FuenteDispersaEmisionPT>>	Punto	NO	NO	N/A
		<<FuenteLinealEmision>>	Línea	NO	NO	N/A
		<<FuenteEmisionRuido>>	Punto	NO	NO	N/A
		<<MonitoreoRuidoAmbiental>>	Punto	NO	NO	N/A
		<<IsofonaDiurno>>	Línea	NO	NO	N/A
		<<IsofonaNocturno>>	Línea	NO	NO	N/A
		<<CalidadAire>>	Punto	NO	NO	N/A
		<<FuenteFijaOlores>>	Punto	NO	NO	N/A
		<<FuenteDispersaOlores>>	Polígono	NO	NO	N/A
		<<MonitoreoVibraciones>>	Punto	NO	NO	N/A
		<<IsolineaVibraciones>>	Línea	NO	NO	N/A
		<<IsolineaSobrepresion>>	Línea	NO	NO	N/A
	Clima	<<Precipitacion>>	Punto	SI	NO	IDEAM
		<<Temperatura>>	Punto	SI	NO	IDEAM
		<<PresionAtmosferica>>	Punto	NO	NO	N/A
		<<Isoyeta>>	Línea	SI	NO	Análisis Espacial
		<<Isoterma>>	Línea	SI	NO	Análisis Espacial
		<<HumedadRelativa>>	Punto	NO	NO	N/A

DISEÑO Y ESTRUCTURA DEL MODELO DE DATOS DE LA GEODATABASE PARA LA PRESENTACIÓN DE PLANES DE MANEJO AMBIENTAL ESPECÍFICOS – PMA AUTORIDAD NACIONAL DE LICENCIAS AMBIENTALES - ANLA (Abril-2012)				APLICABILIDAD PARA EL PMA		
DATA SET / TABLAS / RASTER	TEMA	FEATURE CLASS	GEOMETRÍA / TIPO DATO	APLICA EN EL PMA	VERIFICACION DE CAMPO	FUENTE
		<<Viento>>	Punto	NO	NO	N/A
		<<RadiacionSolar>>	Punto	NO	NO	N/A
		<<Nubosidad>>	Punto	NO	NO	N/A
		<<Evaporacion>>	Punto	NO	NO	N/A
		<<ZonificacionClimatica>>	Polígono	NO	NO	N/A
<<MEDIO_BIOTICO>>	Ecosistemas Continentales y Costeros	<<Ecosistema>>	Polígono	SI	NO	IDEAM
		<<CoberturaTierra>>	Polígono	SI	NO	Análisis Espacial
		<<PuntoMuestreoFlora>>	Punto	SI	SI	Trabajo de Campo
		<<PuntoMuestreoFauna>>	Punto	SI	SI	Trabajo de Campo
		<<AreaSolicitAprovecha>>	Polígono	NO	NO	N/A
		<<IndiceFragmen>>	Polígono	NO	NO	N/A
		<<SitiImportanciaCostero>>	Polígono	NO	NO	N/A
		<<SitiImportanciaContinental>>	Polígono	NO	NO	N/A
<<MEDIO_SOCIOECONOMICO>>	Territorial	<<AreaInfluenciaSocial>>	Polígono	SI	SI	Trabajo de Campo
		<<Vereda>>	Polígono	SI	SI	Trabajo de Campo -EOT
		<<Municipio>>	Polígono	SI	NO	EOT - IGAC
		<<Asentamiento>>	Polígono	SI	SI	EOT - IGAC
		<<EntidadTerritIndigena>>	Polígono	SI	SI	INCODER
		<<ComunidadAfrocolombiana>>	Polígono	NO	NO	INCODER

DISEÑO Y ESTRUCTURA DEL MODELO DE DATOS DE LA GEODATABASE PARA LA PRESENTACIÓN DE PLANES DE MANEJO AMBIENTAL ESPECÍFICOS – PMA AUTORIDAD NACIONAL DE LICENCIAS AMBIENTALES - ANLA (Abril-2012)				APLICABILIDAD PARA EL PMA		
DATA SET / TABLAS / RASTER	TEMA	FEATURE CLASS	GEOMETRÍA / TIPO DATO	APLICA EN EL PMA	VERIFICACION DE CAMPO	FUENTE
		<<SabanaComunal>>	Polígono	NO	NO	N/A
		<<ReservaCampesina>>	Polígono	NO	NO	N/A
		<<ReservaSociedadCivil>>	Polígono	NO	NO	N/A
		<<AreaExpansionUrbana>>	Polígono	NO	NO	EOT
	Economico	<<InfraestructuraLN>>	Línea	SI	SI	Trabajo de Campo -EOT
		<<InfraestructuraPT>>	Punto	SI	SI	Trabajo de Campo -EOT
		<<RutaMovilizacion>>	Línea	SI	SI	Trabajo de Campo -EOT
	Social	<<ProyeccionDesarrollo>>	Polígono	NO	NO	N/A
		<<EstructuraPropiedad>>	Polígono	NO	NO	N/A
		<<FormaTenencia>>	Polígono	NO	NO	N/A
		<<SitioInteresCultural>>	Punto	SI	SI	Trabajo de Campo
		<<DensidadPoblacion>>	Polígono	SI	NO	Análisis Espacial
	Arqueología	<<ZonaArqueologica>>	Polígono	SI	SI	Trabajo de Campo - ICANH
		<<PotencialArqueologico>>	Polígono	SI	SI	Trabajo de Campo - ICANH
<<SitioArqueologico>>		Punto	SI	SI	Trabajo de Campo - ICANH	
<<PAISAJE>>	Paisaje	<<SitioPaisajePT>>	Punto	NO	NO	N/A
		<<SitioPaisajeLN>>	Línea	NO	NO	N/A
		<<SitioPaisajePG>>	Polígono	NO	NO	N/A
		<<EscalaVisual>>	Polígono	NO	NO	N/A

DISEÑO Y ESTRUCTURA DEL MODELO DE DATOS DE LA GEODATABASE PARA LA PRESENTACIÓN DE PLANES DE MANEJO AMBIENTAL ESPECÍFICOS – PMA AUTORIDAD NACIONAL DE LICENCIAS AMBIENTALES - ANLA (Abril-2012)				APLICABILIDAD PARA EL PMA		
DATA SET / TABLAS / RASTER	TEMA	FEATURE CLASS	GEOMETRÍA / TIPO DATO	APLICA EN EL PMA	VERIFICACION DE CAMPO	FUENTE
		<<NiveldeInteres>>	Polígono	NO	NO	N/A
		<<IntegridadEscenica>>	Polígono	NO	NO	N/A
		<<ElemDiscordante>>	Polígono	NO	NO	N/A
		<<TamaDiscordancia>>	Polígono	NO	NO	N/A
		<<CorresCromatica>>	Polígono	NO	NO	N/A
		<<FormaPaisaje>>	Polígono	NO	NO	N/A
		<<IndiceFinalBellezaPaisaje>>	Polígono	NO	NO	N/A
<<RIESGO_AMENAZA>>	Riesgo y Amenaza	<<Amenaza>>	Polígono	SI	NO	CORPOAMAZONIA - Municipio
		<<Vulnerabilidad>>	Polígono	NO	NO	CORPOAMAZONIA - Municipio
		<<Riesgo>>	Polígono	NO	NO	CORPOAMAZONIA - Municipio
<<PROYECTO>>	Tipo de Proyecto del Estudio	<<AreaProyecto>>	Polígono	SI	SI	Trabajo de Campo
		<<ArealInfluencia>>	Polígono	SI	NO	Análisis Espacial
		<<PuntoProyecto>>	Punto	SI	NO	N/A
		<<LineaProyecto>>	Línea	SI	SI	Trabajo de Campo
		<<InfraProyectoPG>>	Polígono	NO	NO	N/A
		<<InfraProyectoLN>>	Línea	NO	NO	N/A
		<<InfraProyectoPT>>	Punto	NO	NO	N/A
		<<DisposicionResiduosSolidos>>	Punto	NO	NO	N/A
		<<ZODMES>>	Polígono	NO	NO	N/A

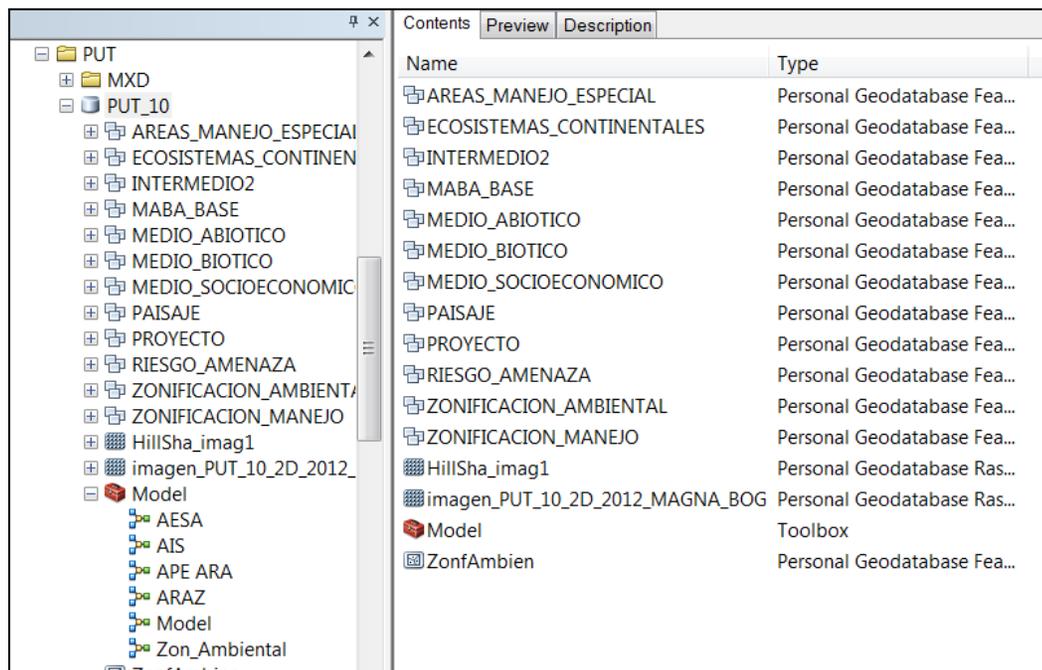
DISEÑO Y ESTRUCTURA DEL MODELO DE DATOS DE LA GEODATABASE PARA LA PRESENTACIÓN DE PLANES DE MANEJO AMBIENTAL ESPECÍFICOS – PMA AUTORIDAD NACIONAL DE LICENCIAS AMBIENTALES - ANLA (Abril-2012)				APLICABILIDAD PARA EL PMA		
DATA SET / TABLAS / RASTER	TEMA	FEATURE CLASS	GEOMETRÍA / TIPO DATO	APLICA EN EL PMA	VERIFICACION DE CAMPO	FUENTE
		<<DragadoyDisposicion>>	Polígono	NO	NO	N/A
<<AREAS_MANEJO_ESPECIAL>>	Suelo de Protección	<<SueloProtección>>	Polígono	SI	NO	CORPOAMAZONIA - EOT
		<<AreaSolicitadaSustraer>>	Polígono	SI	NO	Análisis Espacial
<<COMPENSACIONES>>	Compensaciones	<<Compensaciones>>	Polígono	NO	NO	N/A
<<INVERSION_1_POR_CIENTO>>	Inversión 1 por ciento	<<Inversion1porcientoPG>>	Polígono	NO	NO	N/A
		<<Inversion1porcientoPT>>	Punto	NO	NO	N/A
<<LAM****ImaSatReg>>	Imagen de Satélite Regional		Continuo	SI	NO	Sensor Remoto
<<LAM****ImaSatDet>>	Imagen de Satélite Alta Resolución		Continuo	SI	NO	Sensor Remoto
<<LAM****Ortofoto>>	Orfografía Aérea		Continuo	NO	NO	
<<LAM****DTM>>	Modelo Digital del Terreno DTM		Continuo	SI	NO	Análisis Espacial
<<LAM****DSM>>	Modelo Digital de Superficie DSM		Continuo	NO	NO	
<<LAM****Pendiente>>	Modelo Digital de Pendientes		Continuo	SI	NO	Análisis Espacial
<<LAM****MDPrec>>	Modelo Digital de Precipitación		Continuo	NO	NO	
<<LAM****MDTemp>>	Modelo Digital de Temperatura		Continuo	NO	NO	
<<LAM****MDPSTDiario>>	Modelo de Dispersión de PST Diario		Continuo	NO	NO	
<<LAM****MDPSTAnual>>	Modelo de Dispersión de PST Anual		Continuo	NO	NO	
<<LAM****MDPM10Diario>>	Modelo de Dispersión de PM10 Diario		Continuo	NO	NO	
<<LAM****MDPM10Anual>>	Modelo de Dispersión de PM10 Anual		Continuo	NO	NO	

DISEÑO Y ESTRUCTURA DEL MODELO DE DATOS DE LA GEODATABASE PARA LA PRESENTACIÓN DE PLANES DE MANEJO AMBIENTAL ESPECÍFICOS – PMA AUTORIDAD NACIONAL DE LICENCIAS AMBIENTALES - ANLA (Abril-2012)				APLICABILIDAD PARA EL PMA		
DATA SET / TABLAS / RASTER	TEMA	FEATURE CLASS	GEOMETRÍA / TIPO DATO	APLICA EN EL PMA	VERIFICACION DE CAMPO	FUENTE
<<LAM****MDPM25Diario>>	Modelo de Dispersión de PM2.5 Diario		Continuo	NO	NO	
<<LAM****MDPM25Anual>>	Modelo de Dispersión de PM2.5 Anual		Continuo	NO	NO	
<<LAM****MDSO2Anual>>	Modelo de Dispersión de SO2 Anual		Continuo	NO	NO	
<<LAM****MDSO2Diario>>	Modelo de Dispersión de SO2 Diario		Continuo	NO	NO	
<<LAM****MDSO2TresH>>	Modelo de Dispersión de SO2 a 3 horas		Continuo	NO	NO	
<<LAM****MDNO2Anual>>	Modelo de Dispersión de NO2 Anual		Continuo	NO	NO	
<<LAM****MDNO2Diario>>	Modelo de Dispersión de NO2 Diario		Continuo	NO	NO	
<<LAM****MDNO2UnaH>>	Modelo de Dispersión de NO2 a 1 hora		Continuo	NO	NO	
<<LAM****MDO3OchoH>>	Modelo de Dispersión de O3 a 8 horas		Continuo	NO	NO	
<<LAM****MDO3UnaH>>	Modelo de Dispersión de O3 a 1 hora		Continuo	NO	NO	
<<LAM****MDCOOchoH>>	Modelo de Dispersión de CO a 8 horas		Continuo	NO	NO	
<<LAM****MDCOUnaH>>	Modelo de Dispersión de CO a 1 hora		Continuo	NO	NO	
<<LAM****MVIB>>	Modelo de Vibraciones		Continuo	NO	NO	
<<LAM****MSPA>>	Modelo de Sobre Presión del Aire		Continuo	NO	NO	
<<ContFuenteFijaEmisionTB>>	Contaminantes fuentes fijas de emisión		Tabla	NO	NO	
<<ContFuenteDispEmisionTB>>	Contaminantes fuentes dispersas emisión		Tabla	NO	NO	
<<FuentesMovilesEmisionTB>>	Fuentes móviles de emisión		Tabla	NO	NO	

DISEÑO Y ESTRUCTURA DEL MODELO DE DATOS DE LA GEODATABASE PARA LA PRESENTACIÓN DE PLANES DE MANEJO AMBIENTAL ESPECÍFICOS – PMA AUTORIDAD NACIONAL DE LICENCIAS AMBIENTALES - ANLA (Abril-2012)				APLICABILIDAD PARA EL PMA		
DATA SET / TABLAS / RASTER	TEMA	FEATURE CLASS	GEOMETRÍA / TIPO DATO	APLICA EN EL PMA	VERIFICACION DE CAMPO	FUENTE
<<PluviometroTB>>	Precipitación – Pluviometro		Tabla	SI	NO	IDEAM
<<PluviografoTB>>	Precipitación – Pluviógrafo		Tabla	NO	NO	
<<TemperaturaTB>>	Temperatura		Tabla	SI	NO	IDEAM
<<PresionAtmosfericaTB>>	Presión Atmosférica		Tabla	NO	NO	
<<HumedadRelativaTB>>	Humedad Relativa		Tabla	NO	NO	
<<RadiacionSolarTB>>	Radiación Solar		Tabla	NO	NO	
<<BrilloSolarTB>>	Brillo Solar		Tabla	NO	NO	
<<NubosidadTB>>	Nubosidad		Tabla	NO	NO	
<<EvaporacionTB>>	Evaporación		Tabla	NO	NO	
<<VientoTB>>	Viento		Tabla	NO	NO	
<<MuestreoFloraTB>>	Muestreo de especies de flora		Tabla	SI	SI	Trabajo de Campo
<<MuestreoFaunaTB>>	Muestreo de especies de fauna		Tabla	SI	SI	Trabajo de Campo
<<MuestreoFloraMarinaTB>>	Muestreo especies Flora Marina		Tabla	NO	NO	
<<MuestreoFaunaMarinaTB>>	Muestreo especies Fauna Marina		Tabla	NO	NO	
<<AreaInfluenciaSocialTB>>	Área de Influencia Socioeconómica		Tabla	SI	SI	Trabajo de Campo
<<AreaProyectoTB>>	Área de Proyecto		Tabla	NO	NO	
<<AreaInfluenciaTB>>	Área de Influencia del Proyecto		Tabla	NO	NO	

9 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE DATOS, SEGÚN REQUERIMIENTOS DEL ANLA Y ELABORACION DE MAPAS TEMATICOS

Una vez inventariada la información, se procedió a diseñar con ArcGIS versión 10 la estructura de datos presentada en **la Figura 6**, de acuerdo a los requerimientos de la ANLA, en una GDB denominada PUT_10, adicionando entre los feature datasets el “mapa base”, “zonificación ambiental”, “zonificación Manejo” y un feature class denominado “intermedios2” donde se almacenarán los mapas de los procesamientos intermedios generados con el Model Builder. Previamente se estandarizó la información espacial en el sistema de coordenadas en Colombia Magna-Sirgas Origen Bogotá.



Name	Type
AREAS_MANEJO_ESPECIAL	Personal Geodatabase Fea...
ECOSISTEMAS_CONTINENTALES	Personal Geodatabase Fea...
INTERMEDIO2	Personal Geodatabase Fea...
MABA_BASE	Personal Geodatabase Fea...
MEDIO_ABIOTICO	Personal Geodatabase Fea...
MEDIO_BIOTICO	Personal Geodatabase Fea...
MEDIO_SOCIOECONOMICO	Personal Geodatabase Fea...
PAISAJE	Personal Geodatabase Fea...
PROYECTO	Personal Geodatabase Fea...
RIESGO_AMENAZA	Personal Geodatabase Fea...
ZONIFICACION_AMBIENTAL	Personal Geodatabase Fea...
ZONIFICACION_MANEJO	Personal Geodatabase Fea...
HillSha_imag1	Personal Geodatabase Ras...
imagen_PUT_10_2D_2012_...	Personal Geodatabase Ras...
Model	Toolbox
ZonAmbien	Personal Geodatabase Fea...

Figura 6. Estructura de Data sets para el PMA de PUT10-2D

En la GDB se incluyó además una caja de herramientas o toolbox denominado model, dentro de la cual se diseñaron los modelos intermedios y los modelos cartográficos finales para la zonificación ambiental y la zonificación de manejo.

Entre los modelos intermedios elaborados están: Áreas de Especial Significado Ambiental AESA, Áreas de recuperación ambiental ARA, Áreas de riesgo y amenazas ARAZ, Áreas de producción económica APE, Áreas de importancia social AIS.

Así mismo, se diseñaron los feature class de acuerdo a los requerimientos de la ANLA

9.1 ELABORACIÓN DE LOS MAPAS TEMÁTICOS

De acuerdo al Modelo de Datos de la ANLA se realizaron Dieciocho (18) mapas temáticos (**Ver Cuadro 2**) a los cuales se les incluyó la información estadística sobre las zonas y porcentajes de afectación, de las líneas por cada eje temático, por ejemplo: metros de línea sísmica sobre áreas forestales ó sobre resguardos indígenas.

Los datos estadísticos que se generan con los mapas y las sobreposiciones son importantes para la identificación cuantitativa de las posibles afectaciones por la ejecución del proyecto de exploración sísmica en algún componente específico.

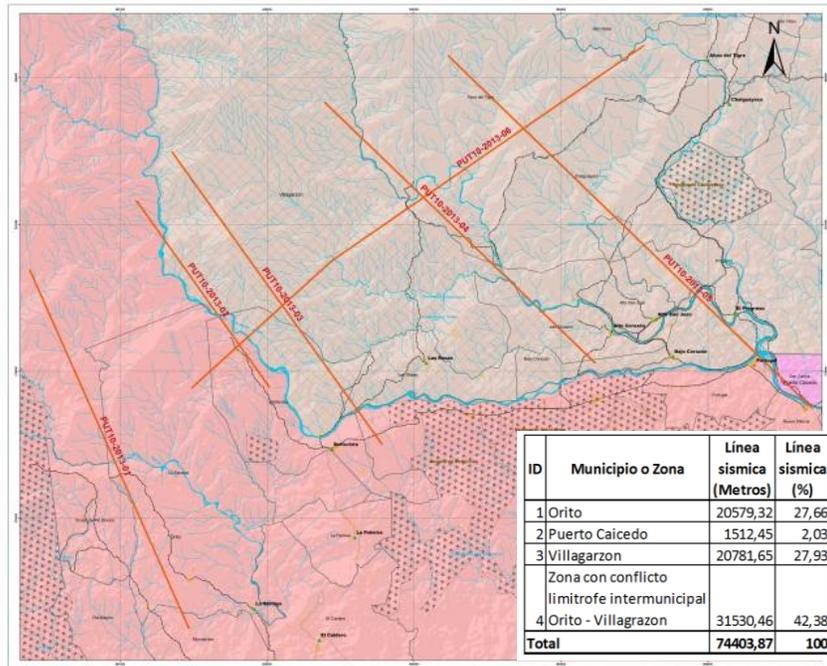
Cuadro 2. Relación de mapas temáticos elaborados a partir de la estructura de datos de la ANLA

Nro	CODIGO DEL MAPA	NOMBRE DEL MAPA
1	PUT102D-2013-A01	Mapa Base
2	PUT102D-2013-A02_a	Territorial con veredas POT
3	PUT102D-2013-A02_b	Territorial con veredas Trabajo de Campo
4	PUT102D-2013-A03	Áreas de Manejo Especial y Suelo de Protección
5	PUT102D-2013-A04	Económico
6	PUT102D-2013-A05	Tipo de proyecto del estudio
7	PUT102D-2013-A06	Geología
8	PUT102D-2013-A07	Geomorfología
9	PUT102D-2013-A08	Suelo
10	PUT102D-2013-A09A	Amenaza Sísmica y por Inundaciones
11	PUT102D-2013-A09B	Amenaza por deslizamientos e Incendios Forestales
12	PUT102D-2013-A10	Clima
13	PUT102D-2013-A11	Hidrología y Calidad de Agua
14	PUT102D-2013-A12	Ecosistemas
15	PUT102D-2013-A13	Social
16	PUT102D-2013-A14	Arqueología
17	PUT102D-2013-A15	Zonificación Ambiental
18	PUT102D-2013-A16	Zonificación de Manejo Ambiental

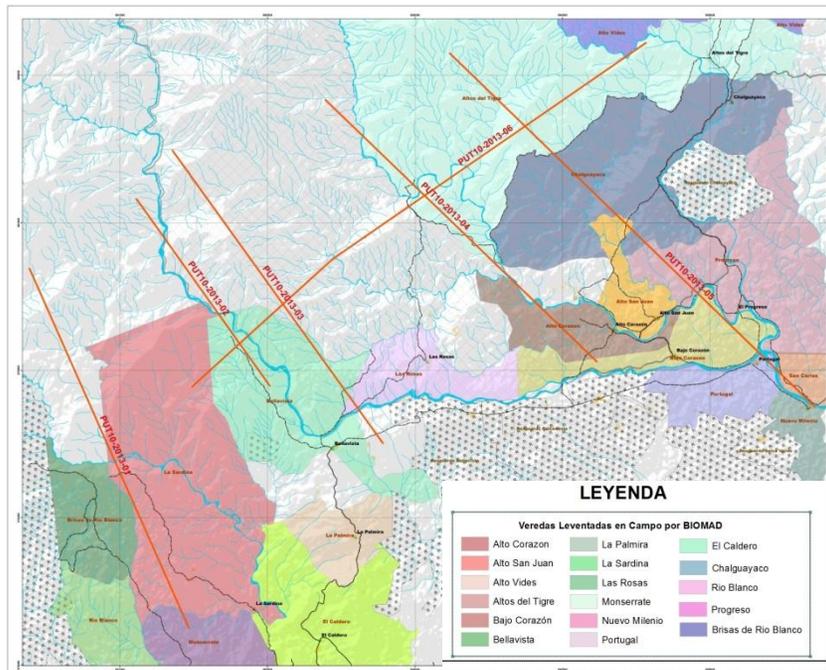
Fuente: Este Estudio, 2013

Se destaca que el mapa Territorial tuvo que elaborarse en dos versiones la primera según fuente de los Planes de Ordenamiento Territorial de los municipios del área de influencia del proyecto y el segundo según información de los recorridos de campo realizados, debido a que la versión de los municipios se encuentra desactualizada (año 2002). Así mismo, para el mapa de Amenazas se subdividió en un mapa de Amenaza sísmica e Inundaciones y otro mapa de Deslizamientos e incendios forestales, debido a que toda esta información en un solo mapa quedaría sobre cargado y no se podría observar muy bien los resultados de estas zonas.

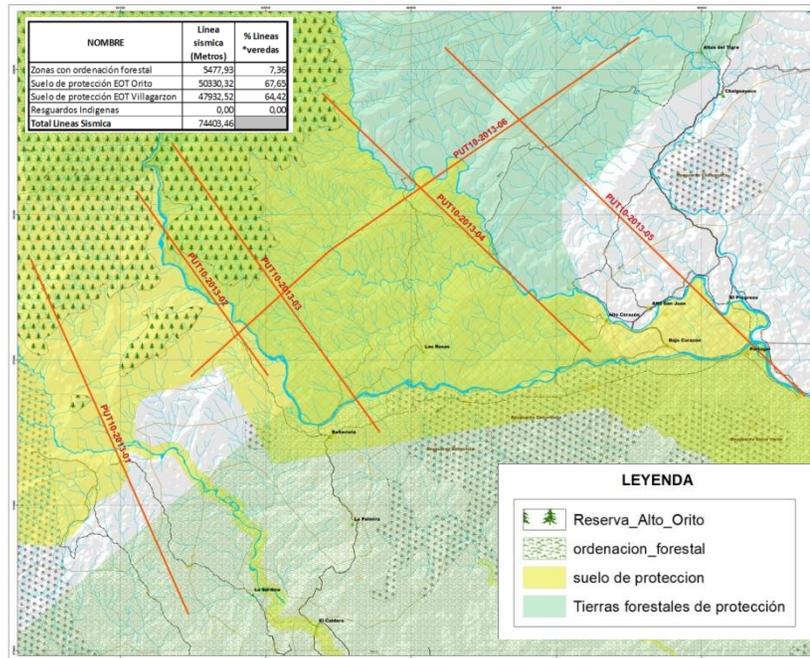
En las siguientes Figuras se observan los dieciocho (18) mapas elaborados a partir de la GDB de la ANLA.



Fuente: Este Estudio, 2013
Figura 7. Mapa Base

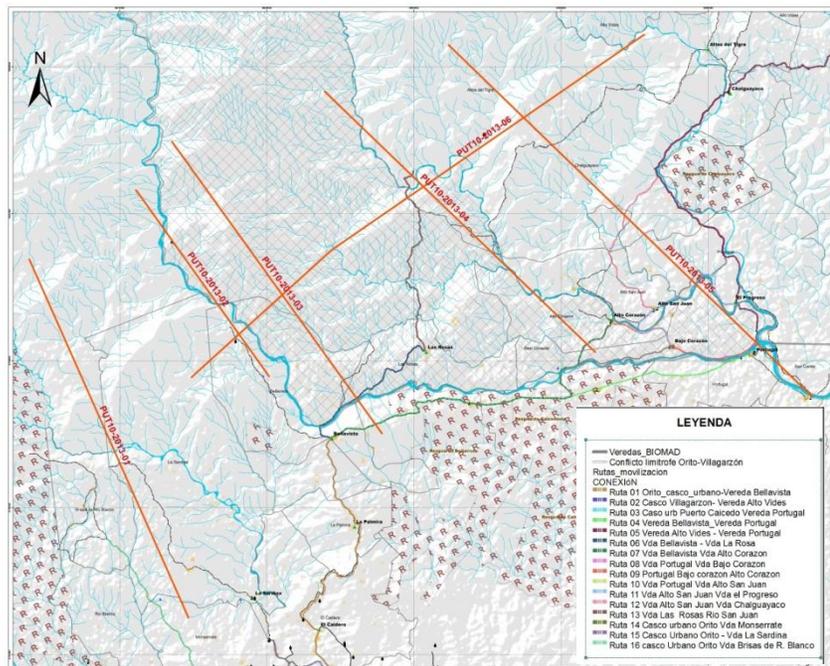


Fuente: Este Estudio, 2013
Figura 8. Mapa Territorial con veredas según Trabajo de campo



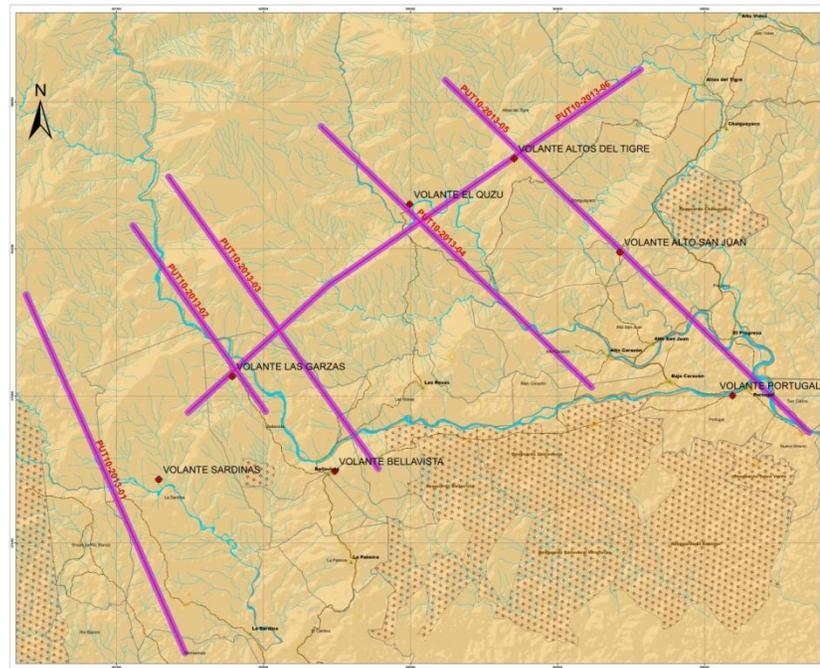
Fuente: Este Estudio, 2013

Figura 9. Mapa de Áreas de Manejo Especial

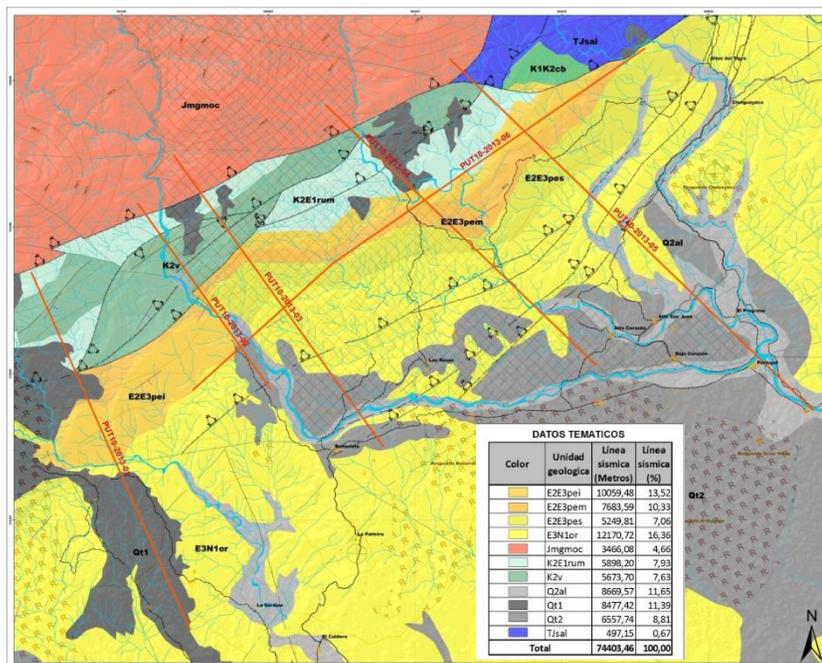


Fuente: Este Estudio, 2013

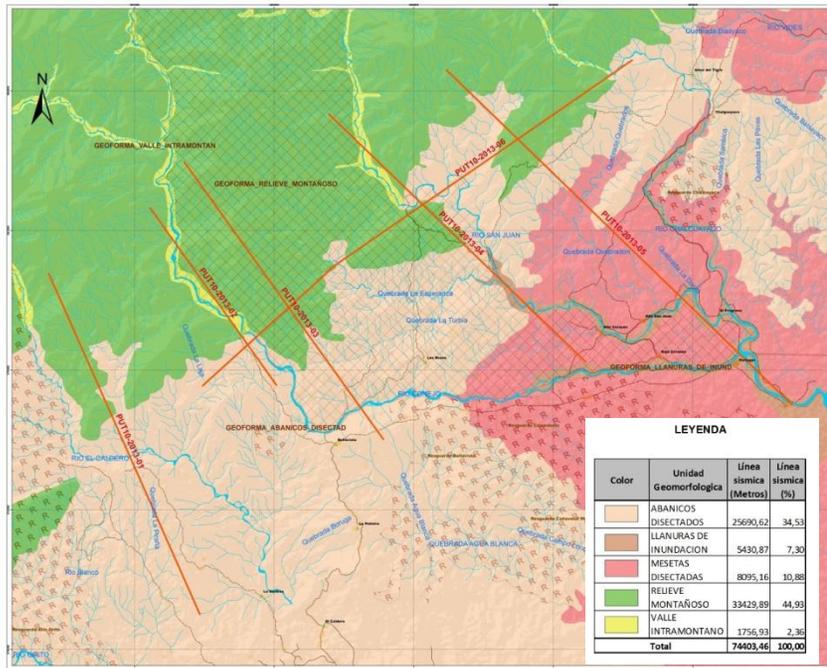
Figura 10. Mapa Económico



Fuente: Este Estudio, 2013
Figura 11. Mapa del Proyecto

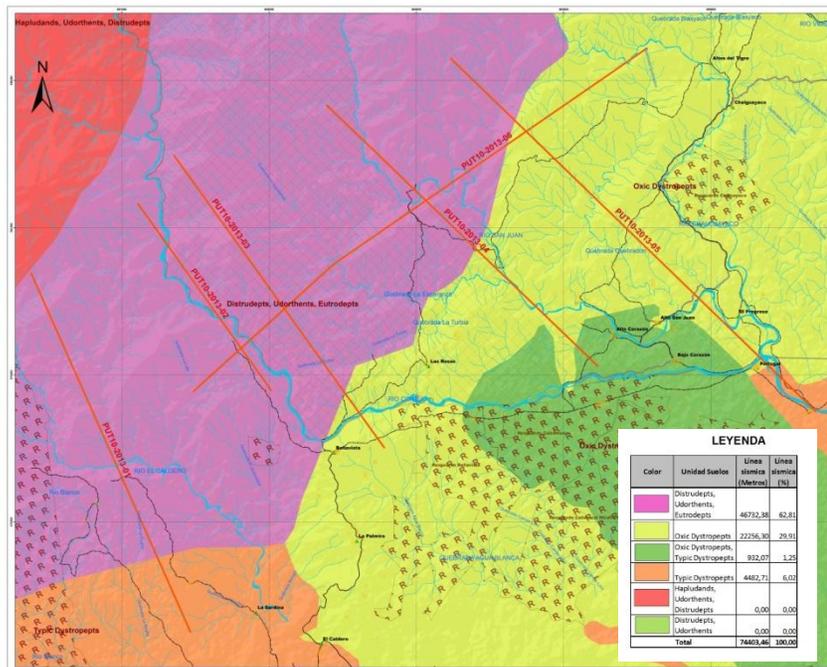


Fuente: Este Estudio, 2013
Figura 12. Mapa de Geología



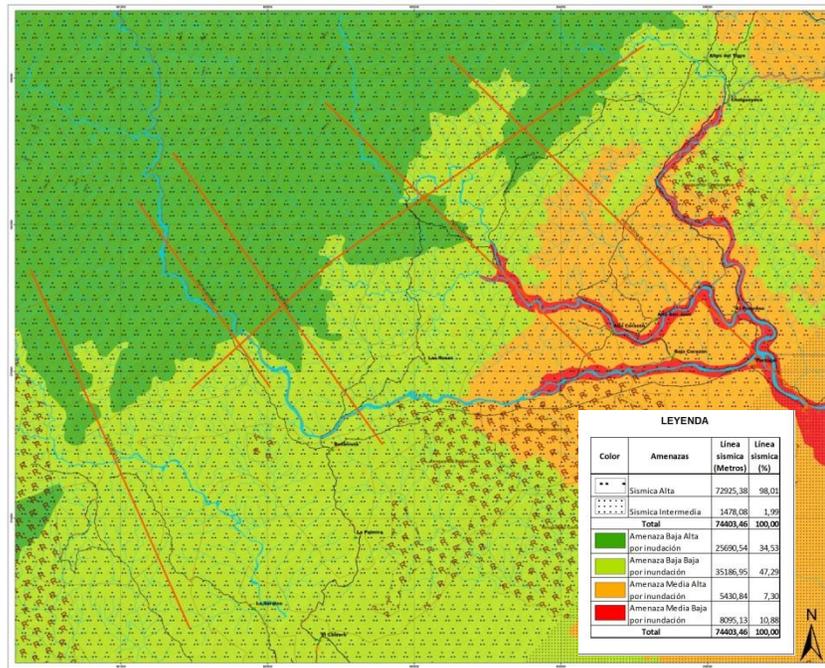
Fuente: Este Estudio, 2013

Figura 13. Mapa de Geomorfología



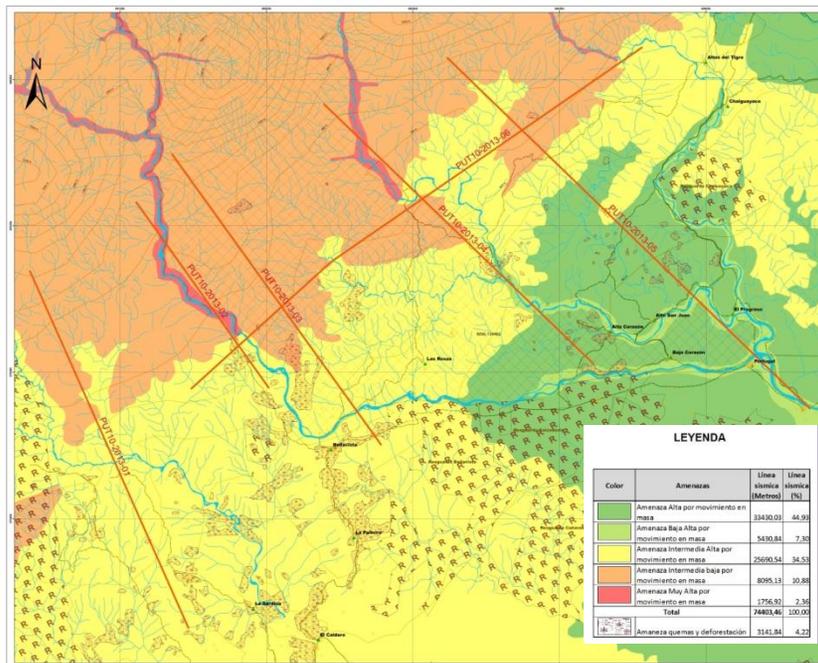
Fuente: Este Estudio, 2013

Figura 14. Mapa de Suelos



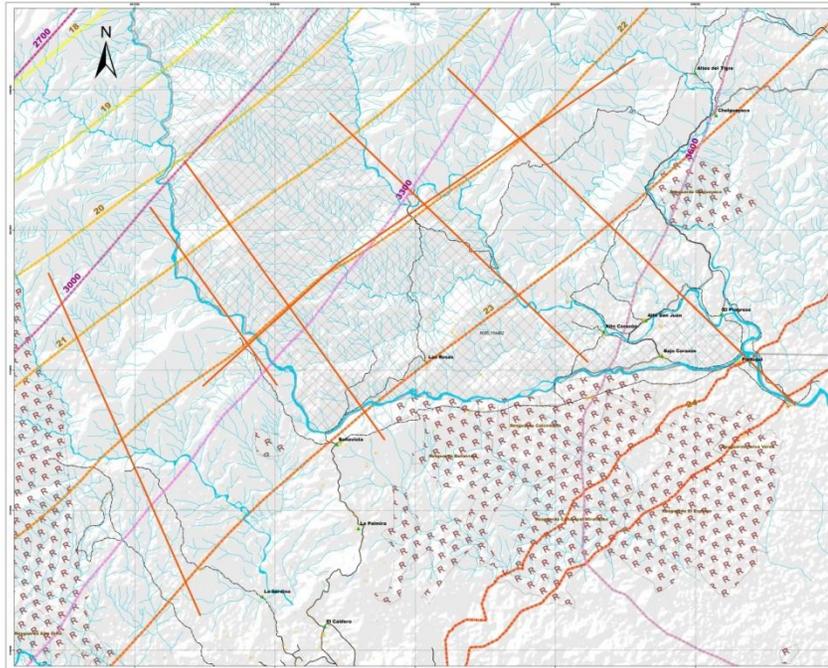
Fuente: Este Estudio, 2013

Figura 15. Mapa de Amenaza Sísmica e Inundaciones

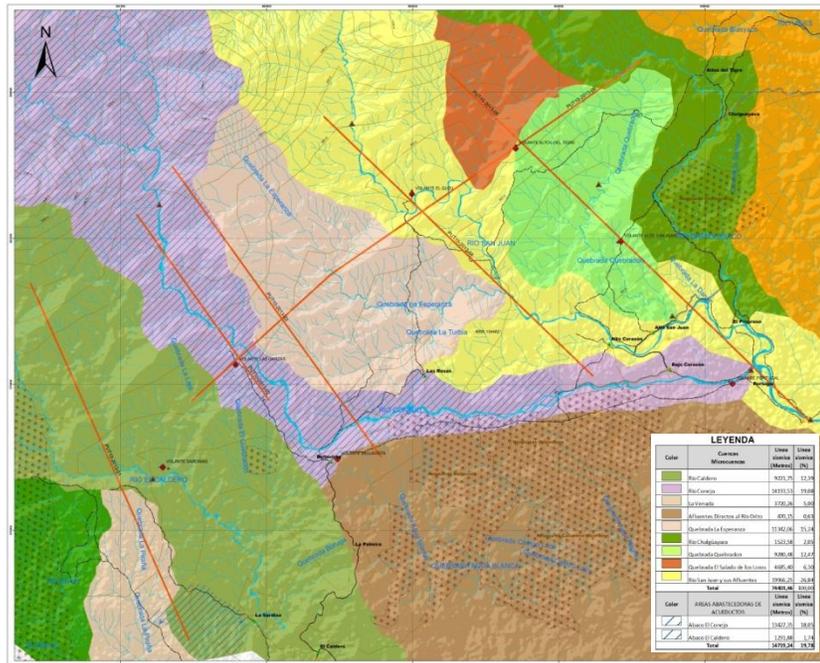


Fuente: Este Estudio, 2013

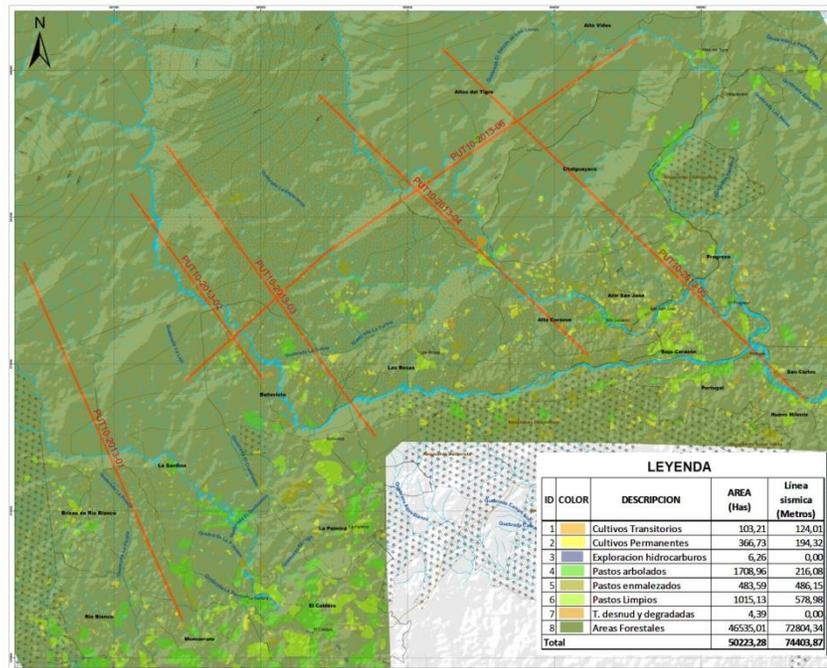
Figura 16. Mapa de Amenaza de Movimientos en Masa e Incendios Forestales



Fuente: Este Estudio, 2013
Figura 17. Mapa de Clima

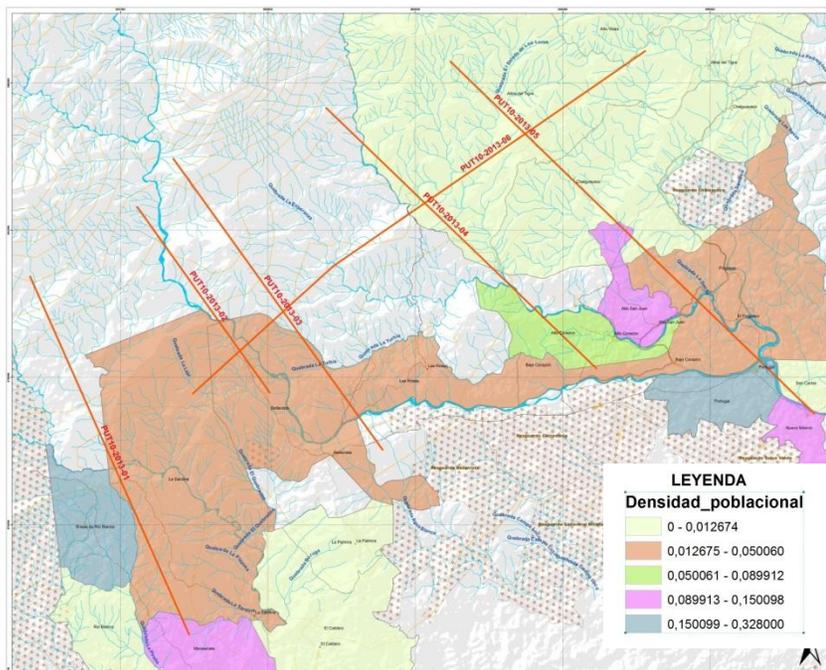


Fuente: Este Estudio, 2013
Figura 18. Mapa de Hidrología



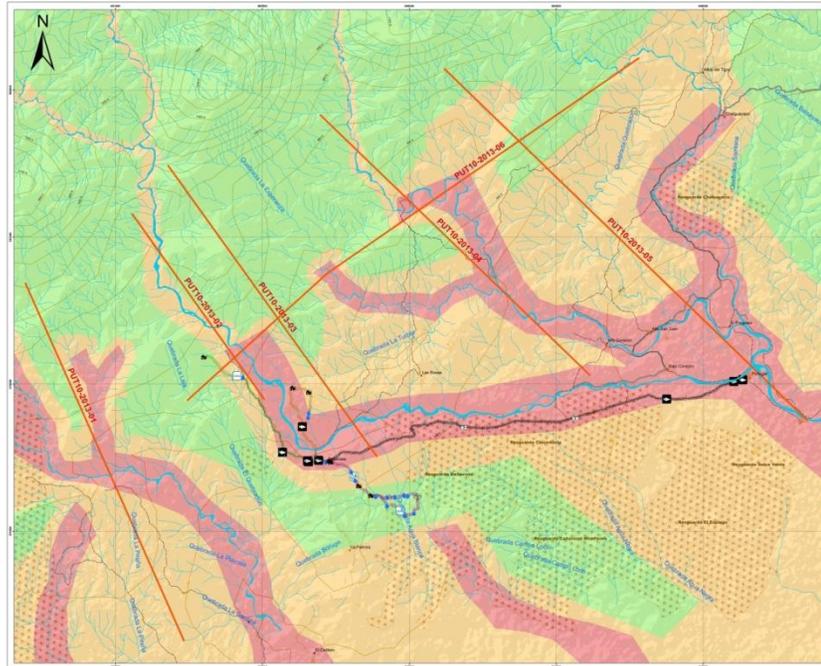
Fuente: Este Estudio, 2013

Figura 19. Mapa de Ecosistemas



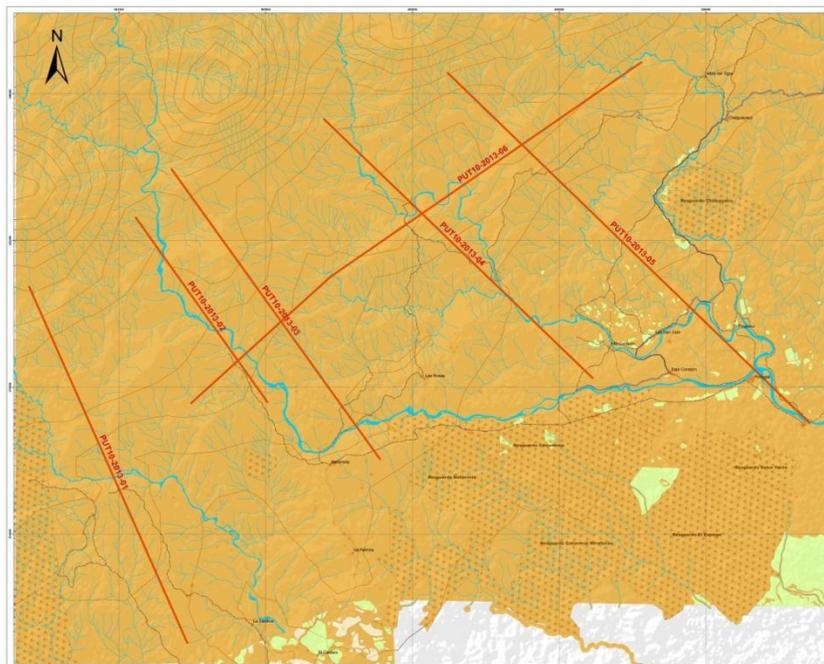
Fuente: Este Estudio, 2013

Figura 20. Mapa Social



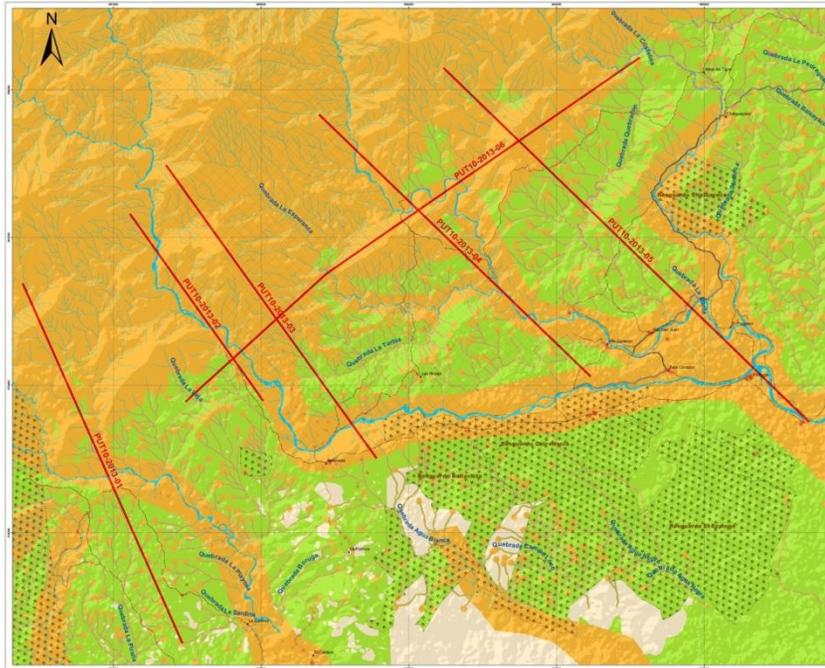
Fuente: Este Estudio, 2013

Figura 21. Mapa Potencial Arqueológico



Fuente: Este Estudio, 2013

Figura 22. Mapa Zonificación Ambiental



Fuente: Este Estudio, 2013

Figura 23. Mapa Zonificación de Manejo Ambiental

10 DEFINICIÓN DE CRITERIOS PARA LA ZONIFICACIÓN AMBIENTAL Y ZONIFICACIÓN DE MANEJO

La zonificación es una operación de análisis espacial en la cual se suman o sobreponen diferentes temas, en el mapa resultado se definen sectores homogéneos cuyas características permiten establecer por sector, para este caso, una zona de especial importancia ambiental o de un manejo particular.

10.1 Zonificación Ambiental

Es la definición de zonas homogéneas a partir de la caracterización de los recursos y potencialidades ambientales existentes en un sitio. Según (MAVDT, 2010) la evaluación sugerida para la zonificación, comprende en general los siguientes pasos:

- a) Agrupación de atributos, entendiéndose por atributos las unidades definidas en las diferentes variables.
- b) Superposición de la información usando sistemas de información geográfica (SIG), donde se utiliza cruce y superposición de temas.
- c) Obtención de mapas de zonificación intermedios
- d) Superposición de mapas intermedios para obtener la zonificación final.

La agrupación de atributos para la superposición se realizó identificando los criterios técnicos para generación de zonificaciones intermedias, de las cuales se realizó una zonificación ambiental final (**Cuadro 3**).

Cuadro 3. Criterios técnicos para la zonificación ambiental del proyecto de exploración sísmica PUT10-2D

Área según MADS	Criterio	Sensibilidad
Áreas de especial	Áreas protegidas o de manejo especial (Incluye Resguardos Indígenas)	Alta

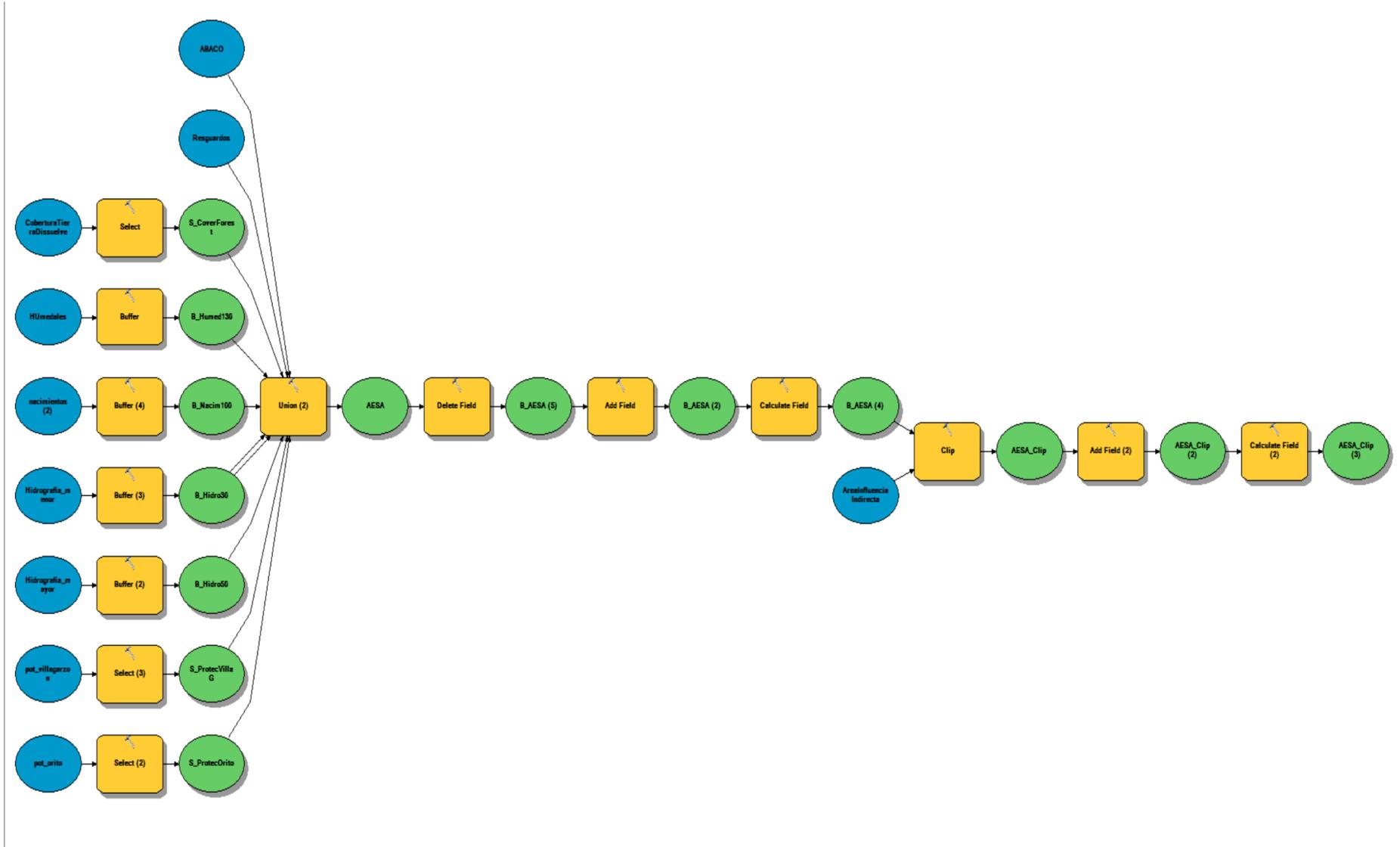
Área según MADS	Criterio	Sensibilidad
significado ambiental AESA	Cuerpos de agua y áreas de protección de fuentes hídricas (Quebradas) en una ronda de 30 m.	Alta
	Cuerpos de agua mayores y áreas de protección de fuentes hídricas (RIOS) en una ronda de 50 m.	Alta
	Áreas de protección de nacimientos de agua en una ronda de 100 m	Alta
	Áreas de abastecimiento de acueductos veredales o municipales	Alta
	Áreas de humedales o Cananguchales en una ronda de 30 m desde su cota máxima de inundación.	Alta
	Bosques Naturales Poco Intervenidos	Alta
	Bosques Naturales Muy Intervenidos	Media
Áreas de recuperación ambiental ARA	Áreas Erosionadas	Alta
	Áreas con conflicto de uso o contaminadas	Media
Áreas de riesgo y amenazas ARAZ	Pendientes mayores a 50%	Alta
	Pendientes entre 30-50%	Media
	Pendientes entre 0-30%	Baja
	Amenaza Alta por movimiento en masa	Alta
	Amenaza Intermedia Alta por movimiento en masa	Alta
	Amenaza Muy Alta por movimiento en masa	Alta
	Amenaza Intermedia baja por movimiento en masa	Media
	Amenaza Baja Alta por movimiento en masa	Baja
	Fallamientos	Alta
	Área de riesgos de inundaciones Media Alta	Alta
	Área de riesgos de inundaciones Media Baja	Media
Área de riesgos de inundaciones (Baja-Alta y Baja-Baja)	Baja	
Áreas de producción económica APE	Áreas diferentes a cobertura de bosques (pastos y cultivos)	Baja
Áreas de importancia social AIS	Asentamientos humanos	Media
	Infraestructura física y social	Media
	Áreas de importancia histórica y social	Alta

10.1.1 Modelos Cartográficos para la Zonificación Ambiental

Una vez establecidos los criterios para la zonificación de las áreas según el MADS (Cuadro 3), se elaboraron los modelos cartográficos por cada área, con los mapas de resultado de cada zona intermedia: áreas de especial

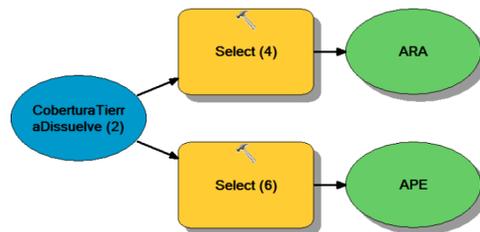
significado ambiental AESA (Figura 24), áreas de recuperación ambiental ARA, las áreas de producción económica APE (Figura 25), áreas de riesgo y amenazas ARAZ (Figura 26) y las áreas de importancia social AIS (Figura 27); se elaboró la zonificación ambiental final.

Por cada criterio considerado para la zonificación ambiental, se definió el grado de sensibilidad que podría tener la implementación del proyecto de exploración sísmica PUT10-2D, según el criterio de expertos. Se establecieron las zonas con alta sensibilidad ambiental, la zona sensibilidad ambiental media y de sensibilidad ambiental baja



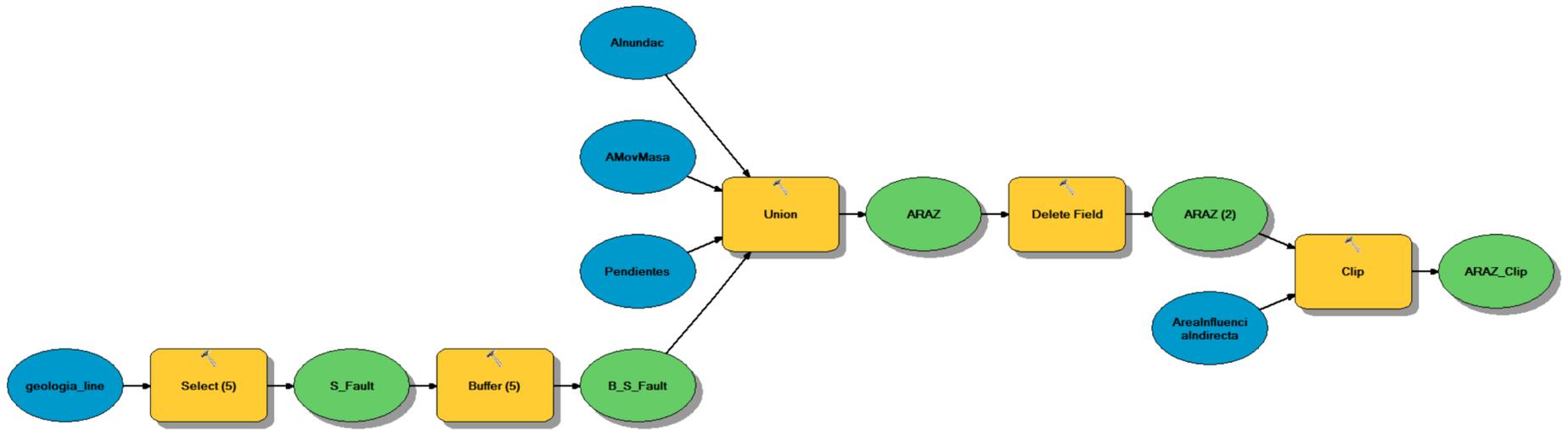
Fuente: Este Estudio, 2013

Figura 24. Modelo cartográfico para las Áreas de Especial Significado Ambiental - AESA



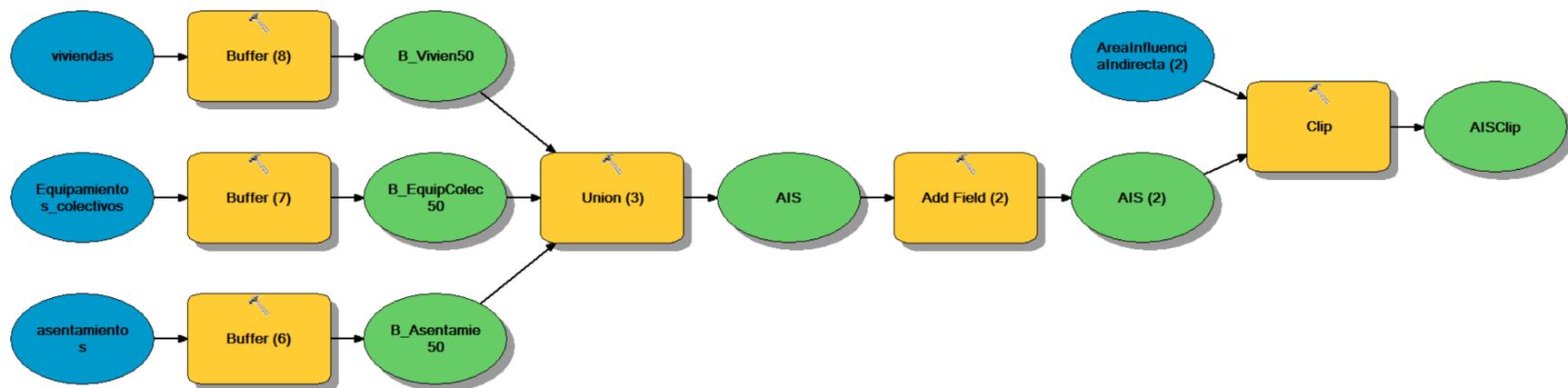
Fuente: Este Estudio, 2013

Figura 25. Modelo cartográfico para las Áreas de recuperación ambiental - ARA y las Áreas de producción económica - APE



Fuente: Este Estudio, 2013

Figura 26. Modelo cartográfico para áreas de riesgo y amenazas - ARAZ



Fuente: Este Estudio, 2013

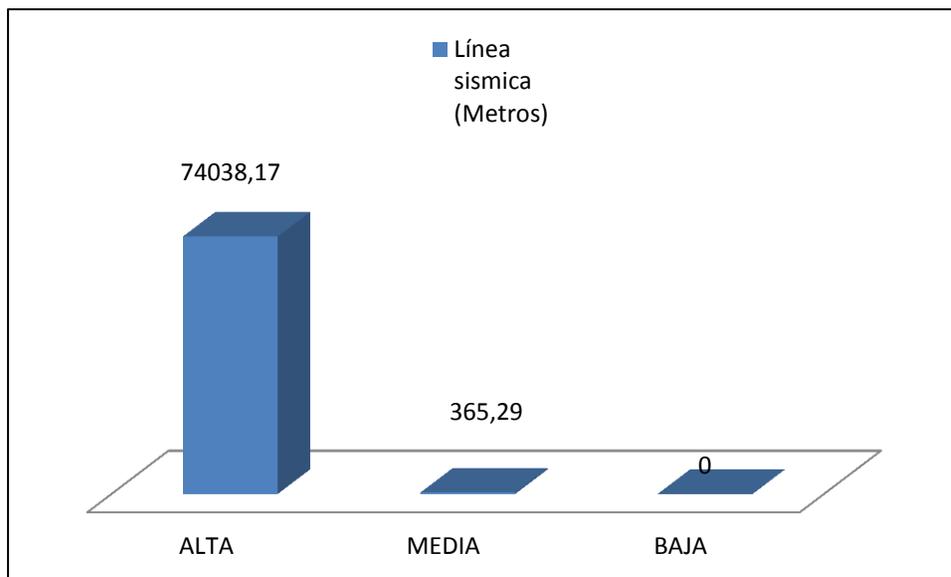
Figura 27. Modelo cartográfico para las áreas de importancia social AIS

Como resultado de la zonificación ambiental, se tiene que el 99,51% de la longitud total de las líneas de exploración sísmica se encuentran sobre la zona con alta sensibilidad ambiental, el 0,49% sobre la zona con sensibilidad media y ninguna parte de la línea sísmica esta en zona con sensibilidad baja (Cuadro 4, Figura 28).

Cuadro 4. Líneas sísmicas sobre las áreas de sensibilidad ambiental en el proyecto PUT10-2D

Sensibilidad	Línea sísmica (Metros)	Línea sísmica (%)
ALTA	74038,17	99,51
MEDIA	365,2929	0,49
BAJA	0	0,00
Total	74403,46	100,00

Fuente: Este Estudio, 2013



Fuente: Este Estudio, 2013

Figura 28. Línea sísmica (Metros), sobre las áreas de sensibilidad ambiental

10.2 Zonificación de Manejo Ambiental

La zonificación de manejo define las áreas con alta, media y baja restricción, para el emplazamiento de las líneas sísmicas y de la infraestructura requerida para la exploración sísmica. El análisis de cada una de las unidades de manejo se realizó de manera cualitativa con base en el conocimiento de expertos en las posibles afectaciones por exploración sísmica hacia los sistemas abiótico, biótico y socioeconómico.

En la zonificación de manejo se establecieron las áreas limitadas, vedadas y permitidas para las diferentes fases de exploración sísmica (instalación de campamentos, apertura de trochas y topografía, perforación, detonación y registro), que al final definirán el grado de restricción para la exploración sísmica (**Cuadro 5**).

Cuadro 5. Criterios técnicos para la zonificación de manejo del proyecto de exploración sísmica PUT10-2D

ELEMENTO SOCIO AMBIENTAL	INSTALACIÓN DE CAMPAMENTOS	APERTURA DE TROCHAS Y TOPOGRAFÍA	PERFORACIÓN, DETONACIÓN Y REGISTRO	ZONIFICACIÓN DE MANEJO – GRADO DE RESTRICCIÓN
Nacimientos de agua y su ronda de 100 m	Vedada	Limitada	Vedada	ALTA RESTRICCIÓN
Infraestructura educativa y de salud con su ronda de 100m	Limitada	Limitada	Vedada	ALTA RESTRICCIÓN
Bancos de arena	Vedada	Limitada	Vedada	ALTA RESTRICCIÓN

ELEMENTO SOCIO AMBIENTAL	INSTALACIÓN DE CAMPAMENTOS	APERTURA DE TROCHAS Y TOPOGRAFÍA	PERFORACIÓN, DETONACIÓN Y REGISTRO	ZONIFICACIÓN DE MANEJO – GRADO DE RESTRICCIÓN
Cuerpos de agua mayores a 5 m y una ronda de 50 m a (Rio Conejo, Rio San Juan, Rio Chalguyaco, quebrada La Turbia, quebrada Blas, quebrada El Quebradon, etc)	Vedada	Limitada	Vedada	ALTA RESTRICCIÓN
Áreas con pendientes igual o mayor a 100%	Vedada	Limitada	Vedada	ALTA RESTRICCIÓN
Cuerpos de agua menores 5 m de ancho y una ronda de 30 m	Vedada	Limitada	Vedada	ALTA RESTRICCIÓN
Viviendas aisladas en madera y una ronda de 70 m	Limitada	Limitada	Vedada	ALTA RESTRICCIÓN
Bocatomas con estructuras en concreto y su ronda de 100 m	Vedada	Limitada	Vedada	ALTA RESTRICCIÓN
Zonas con amenaza muy alta, alta y media-alta por deslizamientos	Vedada	Vedada	Vedada	ALTA RESTRICCIÓN
Zonas con amenaza media-alta por inundación	Vedada	Limitada	Limitada	ALTA RESTRICCIÓN
Infraestructura vial (carreteras y caminos interveredales) y una franja de 10m a cada lado	Limitada	Limitada	Vedada	ALTA RESTRICCIÓN

ELEMENTO SOCIO AMBIENTAL	INSTALACIÓN DE CAMPAMENTOS	APERTURA DE TROCHAS Y TOPOGRAFÍA	PERFORACIÓN, DETONACIÓN Y REGISTRO	ZONIFICACIÓN DE MANEJO – GRADO DE RESTRICCIÓN
Zonas de interés cultural y arqueológico	Vedada	Limitada	Vedada	ALTA RESTRICCIÓN
Cuencas en ordenación	Limitada	Limitada	Limitada	MEDIA RESTRICCIÓN
Suelos de protección declarados en los EOT'S	Limitada	Limitada	Limitada	MEDIA RESTRICCIÓN
Resguardos Indígenas	Limitada	Limitada	Limitada	MEDIA RESTRICCIÓN
Áreas con Amenaza Media baja y Baja por Inundación e Intermedia por Deslizamientos	Limitada	Limitada	Limitada	MEDIA RESTRICCIÓN
Área de cobertura vegetal de porte fustal y en estado de regeneración natural. (Forestal, Tierras Desnudas y Pastos Arbolados)	Limitada	Permitida	Permitida	MEDIA RESTRICCIÓN
Amenazas Baja por Inundación y deslizamientos	Permitida	Permitida	Permitida	SIN RESTRICCIÓN
Áreas de cobertura de pastos y cultivos	Permitida	Permitida	Permitida	SIN RESTRICCIÓN

Fuente: Este Estudio, 2013

10.2.1 Modelo Cartográficos para la Zonificación Ambiental

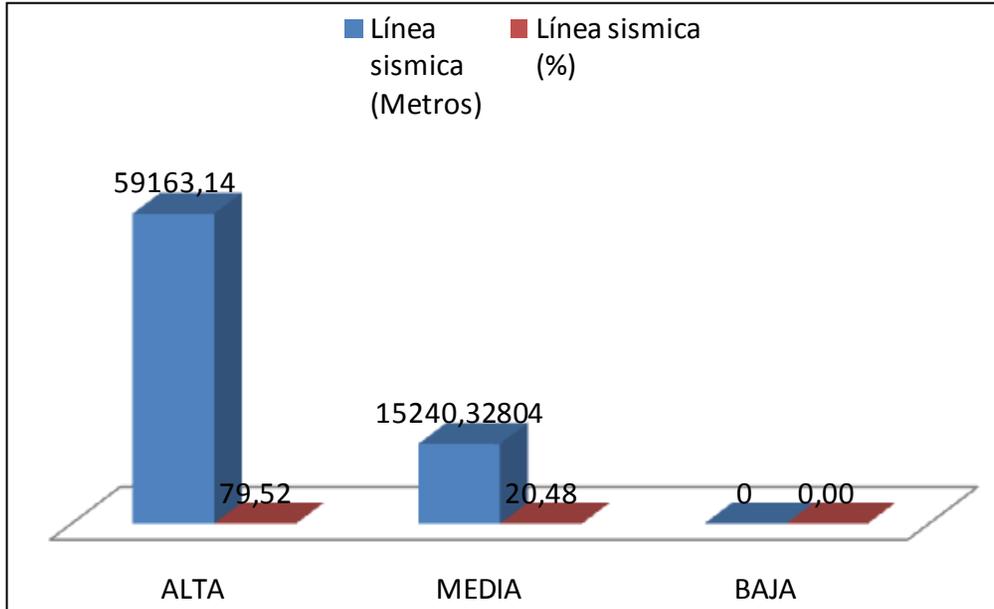
Considerando los criterios del Cuadro 5 se diseñó un modelo cartográfico (**Figura 30**) que define las zonas según grados de restricción ambiental para los emplazamientos de la exploración sísmica, el resultado de correr el modelo es el mapa de zonificación de manejo ambiental (Mapa 4)

Al igual que en la zonificación ambiental, se calculó la estadística para establecer los metros de líneas sísmica que se encuentran con restricciones ambientales; para el caso se tiene que el 20,48% (15240,33 metros) se encuentra con restricción media y 79,52% (59163,14 metros) se encuentran en una zona con alta restricción ambiental, lo cual quiere decir que deben tomar medidas restrictivas en esta área y en lo posible orientarse hacia las zonas con restricción ambiental baja o donde ambientalmente es permitido realizar la exploración sísmica (**Cuadro 6, Figura 29**).

Cuadro 6. Áreas de restricción ambiental para la exploración sísmica en el proyecto PUT10-2D

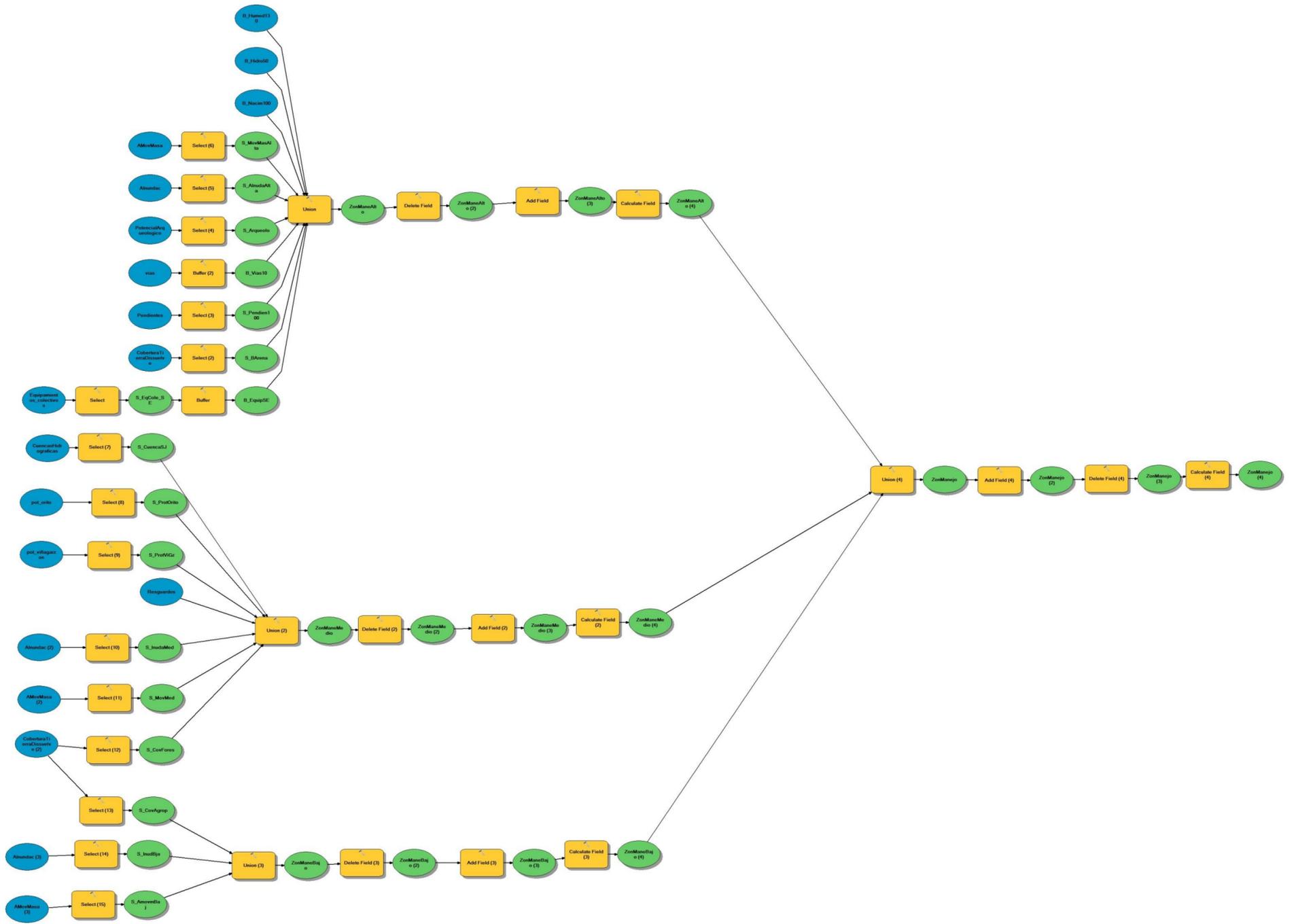
Restricción	Línea sísmica (Metros)	Línea sísmica (%)
ALTA	59163,14	79,52
MEDIA	15240,33	20,48
BAJA	0	0,00
Total	74403,46	100,00

Fuente: Este Estudio, 2013



Fuente: Este Estudio, 2013

Figura 29. Líneas sísmicas sobre las áreas de manejo ambiental, según las restricciones para la exploración



Fuente: Este Estudio, 2013

Figura 30. Modelo cartográfico para la zonificación de manejo ambiental para la exploración sísmica en PUT10-2D

11 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo al análisis de la información se obtuvo que el 31% del modelo de Datos de la ANLA (52 feature class) aplican para este PMA de Sísmica. El modelo de datos de la ANLA es genérico y de acuerdo al tipo de proyecto se ajustó para responder a las necesidades de la actividad sísmica.

La estructura de la GDB de la ANLA contribuye a la organización de la información cartográfica del País, lo que facilita la evaluación ambiental y seguimiento de los proyectos que están sujetos a Licencia Ambiental.

Un SIG permite la interrelación de los componentes del medio ambiente y las actividades de un proyecto sísmico, lo que permite identificar las áreas con restricciones y de sensibilidad ambiental.

La herramienta Modelbuilder de ARGIS permite de manera eficaz relacionar diferentes capas (feature class) creando modelos cartográficos que facilita la zonificación ambiental del área de un proyecto sísmico.

El SIG es una herramienta fundamental para la elaboración de los Planes de Manejo Ambiental de proyectos sísmicos, ya que facilita la caracterización socioambiental del área de influencia y la definición de las medidas de manejo ambiental que debe cumplir las empresas dedicadas a esta actividad.

La zonificación ambiental para el proyecto sísmico PUT 10 2D, identifico con el 99% del área de influencia directa se encuentra en una zona de sensibilidad ambiental alta, lo que significa que se deberán establecer medidas de manejo ambiental más restrictivas con el fin de prevenir los impactos ambientales en la zona.

La zonificación de manejo ambiental indicó que el 75% del área se encuentra en áreas de alta restricción y 25% en áreas de media restricción, lo que indica que algunas actividades de la sísmica no podrán realizarse en algunas zonas o deberán ser limitadas por los diferentes elementos socio ambientales encontrados.

Los modelo cartográficos, permiten integrar la información de manera gráfica y establecer un o varios procesos para el análisis espacial de daros, según las necesidades o requerimientos necesarios.

Un proceso antes de iniciar cualquier proyecto que involucre los SIG es definir la información requerida, establecer la información con la que se cuenta y la información que requiere trabajo de campo, bien sea para la verificación ó para el levantamiento de la misma

Si para cada modelo se requiere involucrar muchas variables es recomendable definir submodelos cuyos resultados se pueden integrar en un modelo final.

En los análisis cualitativos es importante contar con un grupo de profesionales expertos, en este caso, en potencialidades ambientales y posibles afectaciones ante un proyecto de exploración sísmica.

BIBLIOGRAFÍA

- **Aerocivil. 2000.** AEROCIVIL. [En línea] 2000. [Citado el: 2 de Febrero de 2013.] www.aerocivil.gov.co.
- Análisis espacio-temporal con SIG del ruido ambiental urbano en Madrid y sus distritos. **Martínez, Pedro y Moreno, Antonio. 2005.** 2005, Revista Internacional de Ciencia y Tecnología en la Información Geográfica, pág. 249.
- **ANLA, Agencia Nacional de Licencias Ambientales. 2012.** Agencia Nacional de Licencias Ambientales. Sistema de Información Geográfica. [En línea] 2012. [Citado el: 12 de Febrero de 2013.] www.anla.gov.co.
- **BAKER, Gregory. 1999.** Processing Near - Surface Seismic Reflection Data: A Primer. New York : Society of Exploration Geophysicists, 1999.
- El país no estaba preparado para el auge minero. **Revista Portafolio. 2011.** 2011.
- **EPA Journal. 1980.** The National Environmental Policy Act: An interview with William Hedeman. EPA Journal, 1980.
- Escenarios de aptitud y modelización cartográfica del crecimiento urbano mediante técnicas de evaluación multicriterio. **Rodríguez, Asensio & Otros. 2006.** 2006, El Acceso a la Información Espacial y las Nuevas Tecnologías Geográficas, pág. 325.
- **Espinoza, Guillermo. 2001.** Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental. Santiago de Chile : Banco Interamericano de Desarrollo - BID, 2001.
- **Federal Historic Preservation Laws. 2000.** [En línea] 2000. <http://www.cr.nps.gov/local-law>.
- Las Tecnologías Geográficas Aplicaciones Locales para la Conservación Global. **X Conferencia Iberoamericana de sistemas**

de información geográfica. 2005. San Juan de Puerto Rico : s.n., 2005, Memorias X Conferencia Iberoamericana de sistemas de información geográfica, pág. 55.

- Los sistemas de información geográfica y sus aplicaciones en la conservación de la diversidad biológica. **Moreira, Andrés. 1996.** Santiago de Chile : Universidad Católica de Chile, 1996, Ambiente y Desarrollo - Universidad Católica de Chile, pág. 80.
- **Ministerio de Medio Ambiente - Convenio Andrés Bello. 2002.** Manual de Evaluación de Estudios Ambientales. Bogotá : Servigraphic Ltda., 2002.
- **Montes, Luis. 2007.** Interpretación Sísmica, notas de clase maestría en ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá : s.n., 2007.
- **Naciones Unidas. 2000.** Manual de sistemas de y cartografía digital. New York : Departamento de Asuntos Económicos y Sociales - División de Estadística. Naciones Unidas, 2000.
- **Oyarzun, Jorge. 2008.** Evaluación de Impactos Ambientales. Santiago de Chile : www.aulados.net, 2008.
- **Presidencia de la Republica de Colombia. 22 de diciembre de 1993.** Ley 99 de 1993. Bogotá : Diario Oficial No. 43.091, 22 de diciembre de 1993.
- **Rodríguez, María José. 1999.** Los Sistemas de Información Geográfica: Una Herramienta de Analisis de los Estudios de Impacto Ambiental (EIA). Barcelona : s.n., 1999.
- **Rodríguez, María, y otros. 2009.** Utilización de un Sistema de Información Geográfica para realizar los estudios de impacto ambiental en la Empresa Eléctrica Provincial de Santiago de Cuba. Santiago de Cuba : Organización Básica Eléctrica, 2009.
- **Sheriff, R. E. 2000.** Encyclopedic Dictionary of Exploration Geophysics. s.l. : publicado por la Sociedad de Estudiantes de Geofísica, 2000.



- **The National Environmental Policy Act.**[En línea]
<http://www.epa.gov/lawsregs/laws/nepa.html>.