

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Colegio de Posgrados

**Aplicación de Sistemas de Información Geográfica para
evaluar la vulnerabilidad frente a fenómenos de deslizamiento
de masa y amenaza de tsunami para el Terminal Marítimo de
Balao**

Pablo Eduardo Pérez Flores

Richard Resl, Ph.D.(c), Director de Tesis

Tesis de grado presentada como requisito
para la obtención del título de Magister en Sistemas de Información Geográfica

Quito, junio de 2015

Universidad San Francisco de Quito

Colegio de Posgrados

HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS

**Aplicación de Sistemas de Información Geográfica para
evaluar la vulnerabilidad frente a fenómenos de deslizamiento
de masa y amenaza de tsunami para el Terminal Marítimo de
Balao**

Pablo Eduardo Pérez Flores

Richard Resl, Ph.D.(c)
Director de Tesis

Karl Atzmanstorfer, MSc.
Miembro del Comité de Tesis

Richard Resl, Ph.D.(c)
**Director de la Maestría en Sistemas
de Información Geográfica**

Stella de la Torre, Ph.D.
**Decana del Colegio de Ciencias
Biológicas y Ambientales**

Víctor Viteri Breedy, Ph.D.
Decano del Colegio de Posgrados

Quito, junio de 2015

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído la Política de Propiedad Intelectual de la Universidad San Francisco de Quito y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo de investigación quedan sujetos a lo dispuesto en la Política.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Pablo Eduardo Pérez Flores

C. I.: 1718066184

Quito, junio de 2015

DEDICATORIA

“A mis padres con todo mi cariño”

Pablo Eduardo Pérez Flores

AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento para el Ph.D.c. Richard Reasl, por el acompañamiento, comprensión y apoyo como Director del Proyecto de Tesis, que hizo posible su desarrollo y culminación.

Mis agradecimientos al personal técnico y académico del Programa UNIGIS.

Mis agradecimientos a la Ing. Julia Moreno e Ing. Marco Pabón, Intendente de Seguridad, Salud y Ambiente e Intendente General del Terminal Marítimo de Balao, por el apoyo y las facilidades brindadas tanto técnicas, logísticas, administrativas y económicas para la realización de este proyecto.

RESUMEN

El presente investigación tiene por objetivo realizar un diagnóstico de vulnerabilidad de movimientos de masas y tsunamis sobre el Terminal Marítimo de Balao, utilizando los sistemas de información geográfica como el medio para el análisis espacial de variables ambientales y operacionales del sector estratégico petrolero dentro de uno de los terminales marítimo más importantes del Ecuador.

La investigación busca ligar dos conceptos, el análisis de variables espaciales que describe los fenómenos naturales de deslizamiento de masas y tsunami y el análisis de riesgos sobre operaciones petroleras desde un punto de vista ocupacional. A través del SIG se explora una metodología que inicia con la digitalización de información mediante CAD, el análisis de bases de datos, las operaciones de mapas y la generación de productos cartográficos.

El resultado permite disponer de información espacial para dos áreas importantes, el primero el mejoramiento del análisis de riesgos de tsunami en la Provincia de Esmeraldas y la segunda el mejoramiento de la planificación de facilidades en la costa, y la elaboración de planes de emergencia de incendio, explosión, derrame y evacuación.

La metodología propuesta se puede replicar en diferentes instalaciones petroleras, mejorando su análisis de riesgos naturales, la generación de cartografía temática de riesgos y la planificación de instalaciones petroleras costeras.

ABSTRACT

This investigation is aiming at developing a conceptual framework of applying GIS methodology allowing for a diagnosis of soil dynamics and the resulting vulnerability in case of Tsunamis in the área of the maritime port of Balao in Ecuador. It is to be shown how GIS can optimally attend the process of spatial analysis of the environmental and operational variables identified within the área of petroleum industry at this important port.

The research seeks to join two concepts, on one hand, the análisis of spatial variables regarding soil dynamics and their risk assessment regarding Tsunamis and on the other hand, a territorial analysis of the petroleum industry's infrastructure. The GIS approach focuses on a data structuring procedure using CAD plans, in order to perform spatial analysis and finally obtain map products that support the evaluation of the risk in the context of units of infrastructure.

The results provide then spatial information for two important risk management tasks: improvement of information for tsunami risk at the Esmeraldas Province and build up emergencia plans for fire, explosion, spill and evacuation for coast's facilities planification

The proposed methodology is aimed at providing a conceptual framework that could be applied further on for similar risk assessments of petroleum facilities along the coast of Ecuador.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	7
ABSTRACT.....	8

1.- INTRODUCCION

1.1.- Antecedentes.....	13
1.2.- Objetivos.....	14
1.2.1.- Objetivos Generales.....	14
1.2.2.- Objetivos Específicos.....	14
1.3.- Motivación de la investigación.....	15
1.4.- Importancia para la EP PETROECUADOR y aplicación de resultados.....	16
1.5.- Alcance.....	17

2.- MARCO TEORICO

2.1.- Sistemas de Información Geográfica.....	18
2.1.1.- Recopilación Bibliográfica.....	18
2.1.2.- Levantamiento y digitalización de la Información.....	19
2.1.2.1.- Información obtenida por métodos directos.....	19
2.1.2.2.- Información obtenida por métodos indirectos.....	21
2.1.3.- Estructuración y Operaciones de mapas.....	21
2.2.- Aspectos y Riesgos Operativos.....	22
2.2.1.- Incendio y explosión.....	22
2.2.2.- Derrame.....	22
2.2.3.- Plan de Manejo Ambiental.....	23
2.2.4.- Planes de emergencia.....	24
2.3.- Riesgos Ocupacionales.....	24
2.4.- Riesgos Naturales.....	25
2.4.1.- Deslizamientos.....	25
2.4.2.- Inundación y tsunami.....	25

3.- METODOLOGIA

3.1.- Descripción del área de estudio.....	28
3.2.- Delimitación del Área de Estudio.....	29
3.3.- Captura y recolección de datos.....	29
3.3.1.- Sistema de referencia.....	30
3.3.2.- Escala de trabajo.....	31
3.4.- Migración de datos del CAD al SIG.....	32
3.5.- Modelo cartográfico alfanumérico.....	32
3.5.1.- Aspectos operativos.....	33
3.5.2.- Riesgo operativo.....	34
3.6.- Valoración del riesgo.....	35
3.6.1.- Movimiento de masas.....	35
3.6.2.- Cuerpos hídricos.....	35

3.6.3.- Zonas inundables.....	35
3.6.4.- Peligro de tsunami.....	36
3.6.5.- Método William Fine.....	36
3.6.5.1.- Grado de peligro.....	37
3.6.5.2.- Probabilidad.....	37
3.6.5.3.- Consecuencias.....	37
3.6.5.4.- Exposición.....	38
3.6.5.5.- Clasificación del grado de peligro (GP).....	38
3.6.5.6.- Grado de Repercusión.....	38
3.7.- Análisis de casos similares.....	39
3.8.- GeoDataBase.....	40
3.9.- Análisis de mapas.....	40
3.10.- Productos cartográficos.....	42

4.- APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA

4.1.- Descripción del medio físico.....	43
4.1.1.- Geología regional.....	43
4.1.2.- Geomorfología.....	44
4.1.3.- Suelo: Tipo y características.....	44
4.1.3.1.- Muestreo de suelo.....	44
4.1.3.2.- Tipo de suelo.....	45
4.1.3.3.- Uso actual de suelo.....	46
4.1.4.- Hidrología.....	46
4.1.5.- Clima.....	47
4.1.6.- Cobertura vegetal.....	47
4.2.- Aspectos operativos.....	48
4.2.1.- Mapa de instalaciones.....	48
4.2.2.- Equipos de atención a emergencias.....	49
4.2.3.- Área de incendio, explosión y derrame.....	50

5.- RESULTADOS Y ANALISIS

5.1.- Resultados.....	51
5.1.1.- Grado de peligrosidad – riesgo.....	51
5.1.2.- Grado de repercusión.....	52
5.2.- Análisis de riesgo.....	52
5.2.1.- Evaluación de riesgo de las instalaciones.....	52
5.2.2.- Evaluación de equipos de atención a emergencias.....	54
5.2.3.- Evaluación de información cartográfica.....	55
5.2.4.- Evaluación del análisis versus estudios similares.....	55

6.- CONCLUSIONES.....58

7.- RECOMENDACIONES.....60

8.- BIBLIOGRAFIA.....62

9.- GLOSARIO.....67

10.- ANEXOS.....71

LISTA DE FIGURAS

<i>Fig.1</i> - Equipamiento utilizado en desarrollo del presente estudio.....	20
<i>Fig.2</i> - Mapa de inundación calculado para Esmeraldas.....	27
<i>Fig.3</i> - Boya "X".....	28
<i>Fig.4</i> - Esquema conceptual del SIG.....	33
<i>Fig.5</i> - Modelo conceptual para la generación de mapas de vulnerabilidad frente a fenómenos de deslizamiento de masa y amenaza de tsunami...33	
<i>Fig.6</i> - Flujograma de procesamiento.....	41
<i>Fig.7</i> - Base de datos de las instalaciones.....	49

LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1:</i> Planificación de captura y recolección de datos.....	30
<i>Tabla 2:</i> Parámetros de datos para el estudio.....	31
<i>Tabla 3:</i> Escalas calculadas para el estudio.....	31
<i>Tabla 4:</i> Descripción de aspectos operativos.....	34
<i>Tabla 5:</i> Riesgos operativos en base a la norma NFPA.....	34
<i>Tabla 6:</i> Clasificación de cálculo para movimiento de masas.....	35
<i>Tabla 7:</i> Levantamiento de información hídrica.....	35
<i>Tabla 8:</i> Clasificación de peligros de tsunami.....	36
<i>Tabla 9:</i> Valores de probabilidad de ocurrencia de un riesgo.....	37
<i>Tabla 10:</i> Valores de consecuencia de un riesgo.....	37
<i>Tabla 11:</i> Valores de exposición de un riesgo.....	38
<i>Tabla 12:</i> Interpretación de grado de peligrosidad.....	38
<i>Tabla 13:</i> Clasificación de factor de ponderación.....	39
<i>Tabla 14:</i> Grado de repercusión.....	39
<i>Tabla 15:</i> Parámetros de datos para el estudio.....	40
<i>Tabla 16:</i> Clasificación de unidades geomorfológicas.....	44
<i>Tabla 17:</i> Clasificación de pendiente.....	44
<i>Tabla 18:</i> Puntos de Suelo tomado en los Tanques de Almacenamiento de Balao.....	45
<i>Tabla 19:</i> Clasificación de suelo.....	45
<i>Tabla 20:</i> Uso de suelo.....	46
<i>Tabla 21:</i> Tipo de cobertura de vegetal.....	48
<i>Tabla 22:</i> Clasificación de cobertura vegetal.....	48
<i>Tabla 23:</i> Clasificación de instalaciones.....	48
<i>Tabla 24:</i> Clasificación de instalaciones de emergencias.....	50
<i>Tabla 25:</i> Fuentes de riesgo operativos.....	50
<i>Tabla 26:</i> Calculo de GP para tsunami.....	51
<i>Tabla 27:</i> Riesgo de movimiento de masas asociados al efecto de tsunami.....	51
<i>Tabla 28:</i> Riesgo de inundación asociado al efecto de un tsunami.....	51
<i>Tabla 29:</i> Calculo de Gr para tsunami.....	52
<i>Tabla 30:</i> GR del riesgo de movimiento de masas asociado al efecto de un Tsunami.....	52
<i>Tabla 31:</i> GR del riesgo de inundación asociado al efecto de un tsunami.....	52
<i>Tabla 32:</i> Análisis de resultados, riesgos operativos vs riesgos naturales por área operativa.....	53
<i>Tabla 33:</i> Análisis de resultados, riesgos operativos vs riesgos naturales por equipo de emergencia.....	54
<i>Tabla 34:</i> Comparación con estudios similares.....	56

1. Introducción

1.1. Antecedentes

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en el análisis de riesgos naturales se constituyen en una herramienta fundamental para digitalizar, clasificar y analizar los riesgos, proponiendo varios tipos de soluciones de acuerdo al contexto del análisis.

La digitalización de datos y la atribución de características en ficheros, permite en forma eficiente establecer valores para la realización de cálculos espaciales, que de otra manera solo serían representando en extensas tablas sin lograr su objetivo.

Este documento presenta una metodología para unir el análisis de riesgos de fenómenos naturales con el análisis de riesgos operacionales desde un punto de vista ocupacional, mediante el uso de una herramienta SIG.

Dentro de la EP PETROECUADOR, y en general dentro de las empresas petroleras en el Ecuador, el SIG es utilizado en casos esporádicos para aplicaciones ambientales y en algunos interfaces de sistemas control automatizado, sin embargo, no se incorpora en las operaciones propias de la cadena de valor. El presente análisis generara productos que servirán para la planificación de facilidades e instalaciones y el alineamiento de los procedimientos operativos y de emergencia.

El área de estudios se ubica en El Terminal Marítimo de Balao constituye parte del Sistema de Oleoducto Transecuatoriano construido en 1976, es la Estación No 11 del Oleoducto y en ella se almacena y se despacha crudo oriente, mediante gravedad a los buque tanque conectados a las boyas "X" y "Y" que se encuentran aproximadamente a 7Km costa fuera.

Dentro de su sector de control se encuentra las Estación Quinde hasta el Terminal Marítimo de Balao, Área Marítima, Boyas y almacenamiento en el Área de Tanques, adicional a las funciones de control, brinda una de las mayores facilidades de mantenimiento, control, almacenamiento de suministros y materiales, campamento y apoyo a emergencias.

El Terminal es calificado como uno de los mejores de Latinoamérica y su posición geográfica estratégica para el comercio a través de puerto marítimo, el sector turístico, y pesquero hace que los cuidados en las operaciones frente a la posibilidad de incendios, explosiones y derrames sean más alta que otras instalaciones por el grado de afectación colateral que puede generar una emergencia.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivos Generales

Diseñar una metodología para analizar la vulnerabilidad frente a fenómenos naturales de movimiento de masas, inundaciones y amenazas de tsunamis sobre el Terminal Marítimo de Balao propiamente dicho, con enfoque en el riesgo naturales y operacionales, a través de la recopilación, estructuración de datos y operación de mapas en un SIG.

1.2.2. Objetivos Específicos

1. Investigar los fenómenos naturales como inundaciones, tsunamis, y deslizamiento de masas, como una amenaza a las operaciones hidrocarburíferas del Terminal Marítimo de Balao de la EP PETROECUADOR, mediante el uso de herramientas SIG.
2. Analizar y comparar mediante tablas de datos geográficas, los riesgos operacionales relacionados a incendios, explosión y capacidad de respuesta dentro del Terminal Marítimo de Balao de la EP PETROECUADOR.

3. Evaluar el riesgo frente a fenómenos naturales, con enfoque en el riesgo a los trabajadores, e infraestructura, utilizando operaciones de mapas.
4. Generar productos cartográficos que unifique los mapas de facilidades e instalaciones con las zonas de amenaza, para luego generar mapas de riesgo, que sirva para la futura elaboración de Planes Operacionales y de Emergencia.

1.3. Motivación de la investigación

Durante muchos años hemos escuchado en el Ecuador que Instituciones como la Ex Defensa Civil, Secretaria de Gestión de Riesgos, Fuerzas Armadas, Municipios Costeros, Centros Universitarios como la ESPOL, ESPE, EPN, entre otras, han trabajado sobre el riesgo sísmico, de inundaciones, deslizamientos y tsunamis, sin embargo, el país cuenta con poca información técnica, documental, cartográfica al respecto, y sobre todo los análisis espaciales se realizan sobre cartografía en escala regional, por ello es importante evaluar las zonas de riesgo sobre las operaciones hidrocarburíferas en una zona de ocurrencia de tsunamis.

Considerando que el Terminal Marítimo de Balao de la EP PETROECUADOR se encuentra en las orillas de la costa del Océano Pacífico, y con la evidencia de las consecuencias de los deslizamientos en la Provincia de Esmeraldas, los graves daños que han generado tsunamis y terremotos en otras naciones como Indonesia y Japón, se hace imprescindible contar con estudios de vulnerabilidad y riesgos que permitan elaborar planes de acción, planes de emergencia, determinación de zonas seguras y ejercicio prácticos también llamados simulacros frente a un posible evento.

Es importante considerar que los análisis espaciales se enfocan a variables naturales y socioeconómicas regionales donde uno de los productos principales es la generación de cartografía temática, sin embargo dentro de las empresas los riesgos se enfocan desde la afectación a sus actividades,

instalaciones y sobre todo trabajadores, así por ejemplo, en la empresa hidrocarburífera, los riesgos de incendio, explosión, derrame van de la mano con los riesgos ocupacionales de los trabajadores, con esto en mente, se requiere ir más allá en el análisis de los fenómenos naturales como una amenaza al sector hidrocarburífero enlazando los riesgos naturales y sus zonas de afectación con la vulnerabilidad de la operación para determinar un riesgo a estos eventos.

En el mundo actual, el uso de tecnología SIG permite estructurar, componer tablas de datos espaciales y realizar mediante álgebra de mapas para obtener diferentes productos, ya sean estos cartográficos o bases de datos espaciales, por ello la motivación principal de este documento es aprovechar las características de análisis espacial del SIG, para combinar variables ambientales y operaciones y obtener productos que sirvan en la planificación de un sector estratégico importante del Ecuador.

1.4. Importancia y aplicación de resultados

La Empresa Pública de Petróleos del Ecuador EP PETROECUADOR, es la principal empresa del Ecuador que provee al Estado de una cantidad importante de recursos económicos para el desarrollo del país, por ello la afectación que puedan sufrir sus diferentes elementos y facilidades repercuten directamente en la economía nacional.

El Terminal Marítimo de Balao, de la Empresa Pública de Petróleos del Ecuador EP PETROECUADOR, conformado por las Instalaciones del Terminal, Área Marítima, y Boyas de Anclaje, son conjuntamente con el Terminal de OCP, las principales vías de exportación de petróleo del País, por ello estudiar las amenazas relacionadas a fenómenos naturales y los riesgos que estos podrían producir para la naturaleza, riesgo de los trabajadores y afectación a las instalaciones es muy importante.

Su **importancia** radica en utilización del SIG para generar productos cartográficos de zonas de vulnerabilidad operacionales y de riesgos naturales

que sirvan de insumo para la planificación operativa de la cadena de valor de la empresa.

1.5. Alcance

- Determinar una zonificación de peligro de fenómenos naturales en el área del Terminal Marítimo de Balao, producto de la operación de mapas y tablas de datos geográficas en el SIG.
- Generar cartografía de zonas de posible afectación para facilidades e instalaciones e instalaciones petroleras.
- Generación de productos cartográficos estructurados para el análisis futuro de ubicación de instalaciones y facilidades, así como los Planes de Emergencia y operativos relacionados a los eventos de Incendio, explosión, derrame, y fenómenos naturales.

2. Marco Teórico

Para la comprensión de la metodología y resultados producto del análisis de este documento se requiere tener presente los siguientes conceptos y aspectos.

2.1. Sistemas de Información Geográfica

Los Sistemas de Información Geográfica se pueden definir como una *tecnología integradora que une varias disciplinas con el objeto común del análisis, creación, adquisición, almacenamiento, edición, transformación, visualización, distribución, etc. De la información geográfica* (Goodchild, 2000), en este sentido el uso de los diferentes elementos del SIG han permitido en varios campos de la ciencia la generación de información y el análisis espacial aplicado a situaciones específicas, en este sentido, los SIG pueden considerarse como una “*caja de experimentación*” (Bosque, 1997).

2.1.1. Recopilación Bibliográfica

Para iniciar el estudio se debe efectuarse una investigación exhaustiva para localizar y obtener todos los datos de levantamientos, planos existentes, fotografías aéreas, imágenes de satélites, estudios similares o vinculados, bases de datos, etc. Esta recopilación bibliográfica se hace más difícil cuando los documentos fueron realizados por varios autores y/o son muy antiguos.

La recopilación bibliográfica viene acompañada de la clasificación de la información recolectada discriminando la utilidad de la misma, eliminando aquella que no aporta a la investigación. Producto de esta clasificación de la información se determina los datos de campo que se requieren levantar, y por lo tanto el plan de trabajo de campo y el costo estimado de obtención de datos.

2.1.2. Levantamiento y digitalización de la Información

Uno de los principales problemas de los estudios en áreas específicas es la disponibilidad de la información, el tiempo, logística y el costo económico que genera el levantamiento y procesamiento de la información. Los datos son los insumos principales del Sistema, su calidad determina en gran medida la calidad de los productos cartográficos generados, así como brindar los elementos necesarios para aplicar la metodología propuesta.

En el Ecuador contar con información a detalle, en escalas mayores que 1:25000 son difícil de conseguir, sin embargo por facilidad de equipos y el acceso a las áreas operativas, este estudio se basó en su mayoría en mapeo y levantamiento de información por métodos directos (GPS, nivel, topografía).

La información GPS, así como la información topográfica, permiten definir los elementos con mucha precisión, y también la recopilación de metadatos in situ, mientras el análisis de la cartografía base producida en primera instancia por el procesamiento de estos datos permite alimentar la base de datos con información de mejor calidad, sin embargo el costo económico y de tiempo que implica esta recolección de información es elevada respecto a métodos indirectos.

2.1.2.1. Información obtenida por métodos directos

El levantamiento de la información directa, consiste en la medición de los elementos físicos, mediante técnicas locales como la topografía, levantamiento estatico-cinematico GPS, mediciones de distancias, entre otras.

Dentro del área del Terminal Marítimo, la mayor parte de la información requiere el levantamiento de información directamente ya que por su topografía y características de instalaciones y naturales no pueden ser obtenidas a través de sensores remotos, y requiere su categorización in situ, Por lo que se utilizan los siguientes elementos.

Las medición **Topográfica** consiste en determinar la localización espacial relativa de los puntos ubicados sobre la superficie terrestre o próximos a ella (Anderson, 1997), la precisión de las mediciones debe ser consistente con el propósito del levantamiento y relacionado con el problema en sí mismo y los productos cartográficos a ser generados, dentro de este proceso se identificada la toma de datos de campo y el procesamiento en gabinete, ambos se realizan en forma simultánea y su control permite asegurar la calidad de la información generada. Dentro del proceso de medición, a cada elemento punto se relaciona en forma básica un identificador y una descripción, que permiten alimentar al CAD y al SIG para la construcción de elementos espaciales y clasificarlos según la necesidad del análisis respectivamente.

2.1.2.2. Información obtenida por métodos indirectos

Los métodos indirectos permiten recolección de la información a través de equipos y sensores remotos, que obtienen datos sin estar directamente en el sitio, o a través cálculos o procesos secundarios.

Para el levantamiento de la información en el área de estudio se utilizó estos métodos en la secciones de bosque, zonas montañosas y como complemento de la información de campo, que incluye información cartografía de elementos no visibles ubicados durante los procesos constructivos iniciales de las instalaciones. Para ellos se utilizó la carta Topográfica 1:25000 de Esmeraldas, algunos planos planimetricos antiguos del Terminal, imágenes de satélite de años anteriores disponibles en la empresa.

2.1.3. Estructuración y Operaciones de mapas

Dentro de un Sistema de Información Geográfica, el subsistema de almacenamiento a través de un administrador de bases de datos (DBMS)¹ permite el ingreso de los datos discretos que permiten establecer la clasificación propuesta en la metodología, que vinculados con los elementos

¹ DBMS: Data Base Management System (Sistema de Administración de Base de Datos)

gráficos (puntos, líneas y polígonos), permite acceder en forma rápida a los datos codificados y recuperarlos para el análisis.

Los datos de variables ambientales, físicas, operacionales se clasifica según sus características intrínsecas, organizadas según la necesidad del análisis de riesgos, en este estudio se establecen los puntos y líneas como elementos de origen de los riesgos y los polígonos como elementos de áreas de influencia, integradas con capas de aspectos ambientales y operaciones que limitan o intensifican los efectos del riesgo.

2.2. Aspectos y Riesgos Operativos

Son aquellos riesgos que tienen como fuentes de amenaza los procesos operativos como por ejemplo: uso de maquinaria y equipos, donde la vulnerabilidad se encuentra en los trabajadores, las instalaciones y la operación propiamente dicha. Como resultado de la presencia de estos riesgos se desarrollan planes, programas, procedimientos operacionales y de emergencia para supervisarlos, controlarlos y mitigarlos.

2.2.1. Incendio y explosión

Un Incendio es una manifestación de combustión descontrolada, que se producen cuando las condiciones de combustibles, comburente y punto de ignición son óptimas para generar fuego.

Dentro de los materiales combustibles de mayor comercialización se encuentran los combustibles automotrices y marítimos, por otro lado, la refinación, transporte y almacenamiento de estos requieren materiales químicos y altamente susceptibles a inflamarse.

2.2.2. Derrame

Un Derrame es la cobertura de áreas naturales u operativas que normalmente no tengan presencia de hidrocarburos que pueden ser: petróleo, productos

limpios (gasolina, diésel, Fuel Oil u otro derivado), productos relacionados como agua de formación o químicos, como consecuencia de acciones o condiciones subestandar de la actividad operativa.

Los derrames de hidrocarburos se comportan como un líquido, que puede fluir sobre el suelo, vegetación o agua, presenta condiciones y comportamientos muy diversos como son precipitación, evaporación, infiltración, disolución entre los principales.

Los posibles efectos sobre el ambiente dependen de varios factores, tales como los siguientes.

- Naturales (pendiente, geomorfología, clima, hidrología, corrientes marinas, tipos de suelo, cobertura vegetación y flora y fauna marina)
- Volumen y perdurabilidad del hidrocarburo derramado
- Extensión de desplazamiento del hidrocarburo derramado
- Sensibilidad del ambiente.
- Sensibilidad e importancia de la zona socioeconómica circundante.

Los derrames sucedidos en las diferentes filiales de la EP PETROECUADOR, generan más cartografía para identificar y evaluar las facilidades y áreas afectadas, así como su afectación socioeconómica, que cartografía para evaluar los riesgos y planificar las operaciones. (Ordoñez, P; Pérez P; *Atlas Geográfico de Petroecudor-VAS*). Por ello la necesidad de disponer de información de riesgos en las instalaciones, que disminuya el costo de indemnizaciones, así como los costos ambientales y de operación por la afectación de facilidades de la empresa.

2.2.3. Plan de Manejo Ambiental

Es el conjunto de documentos que describen las características operacionales y ambientales de la actividad hidrocarburífera, para determinar sus características específicas y luego identificar los procesos y los aspectos e impactos ambientales.

Establece las acciones, recursos y personal que se requieren para prevenir, mitigar, controlar, compensar y corregir los posibles efectos o impactos ambientales negativos causados en desarrollo de un proyecto, obra o actividad, incluye sub planes para el monitoreo, seguimiento, evaluación y contingencia de emergencias, entre los principales.

Producto del análisis de procesos se establece Sub-planes de: control, seguimiento, monitoreo ambiental, relacionamiento comunitario, prevención, contingencia y remediación de emergencias, como resultado de las actividades operativas incluidas dentro de su cadena de valor.

2.2.4. Planes de emergencia

Son el conjunto de actividades ordenadas, que describen una emergencia específica, identifican sus riesgos operacionales y ocupacionales y establecen los pasos para enfrentar, controlar, mitigar dicho evento, en este sentido los mapas de instalaciones, áreas de riesgo, zonas seguras, son de alta importancia en su aplicación, ya que el documento de texto es convertido en información o representaciones cartográficas para el entendimiento de todas las personas que se encuentran en el área de influencia.

El SIG como herramienta para la gestión de riesgo permite en una primera etapa identificar los riesgos y como producto de su análisis definir las zonas que debe considerar el Plan de Emergencias y la representación cartográfica permite la socialización y entendimiento de dicho Plan.

2.3. Riesgos Ocupacionales

Son riesgos asociados a los trabajadores, se fundamenta en el marco legal, desde el cual se alinean las actividades dentro del Ecuador, como parte del marco legal, se encuentra la función de definir los parámetros de procedimientos y evaluaciones técnicas.

Como autoridad de control se encuentran el Ministerio de Relaciones Laborales, MAE, El IESS y como parte de la aplicación se encuentran las empresas públicas y áreas técnicas. La EP PETROECUADOR, dentro de la prevención de riesgos acoge las normativas publicados por los organismos de control, en este sentido el análisis de riesgos establecido por la normativa corresponde al de William Fine.

2.4. Riesgos Naturales

2.4.1. Deslizamientos

Los deslizamientos consisten en un descenso masivo y relativamente rápido, a lo largo de una pendiente. El material se mueve como una masa cohesionada, no como varios elementos que se mueven a la vez. El deslizamiento se efectúa a lo largo de una superficie de deslizamiento, o plano de cizalla, que facilita la acción de la gravedad. Esta superficie se crea por la absorción de agua a una profundidad determinada, lo que implica un cambio de densidad de la capa subyacente que es lo que provoca la existencia de un plano de deslizamiento, donde la fuerza de fricción y cohesión de materiales se ven disminuidos.

2.4.2. Inundación y tsunami

Una inundación es la ocupación de agua en zonas en las que normalmente está libre de esta. En el Ecuador con la llegada del invierno aumenta la intensidad de las precipitaciones, que constituye la principal razón de las inundaciones, especialmente en la región litoral. Las inundaciones de mayor impacto se relacionan al Fenómeno del Niño, mientras que aquellas producidas en el mar por sismos se conocen como tsunamis.

Un **tsunami o maremoto** (del japonés *tsu*, «puerto» o «bahía», y *nami*, «ola»; literalmente significa *gran ola en el puerto*) es una ola o un grupo de olas de gran energía que se producen cuando algún fenómeno extraordinario desplaza verticalmente una gran masa de agua.

El Tsunami es una ola gigante generada por la liberación de energía debido al movimiento de las placas tectónicas de la tierra, esta liberación de energía se propaga a través de ondas en el mar a alta velocidad pudiendo viajar cientos de kilómetros.

En alta mar las olas pueden presentarse con pocos centímetros de altura, mientras que al acercarse a la plataforma continental, las olas enfrentan una disminución continua de profundidad lo que produce que la energía transportada genere en incremento de su altura. Los tsunamis en Ecuador se relacionan principalmente a la actividad sísmica del Cinturón de Fuego del Pacífico,

Según el tipo de daño que pueden causar, se clasifican los eventos que generan daños de la siguiente manera:

- **Amenaza por rotura o colapso de cresta** (“efecto de ariete” o mecánico, por acción hidráulica: golpe o embate de la ola)
- **Amenaza por inundación** turbulenta veloz, espumosa y gran inercia (run up) debido al desplazamiento hacia delante de una importante cantidad de agua colapsada.
- **Amenaza por erosión activa** durante el reflujó o retroceso de la masa de agua, (run off) antes de la llegada de la siguiente ola
- **Amenaza por “efecto de dique”** en zonas de desembocadura al mar de ríos y esteros: es decir el reflujó de las aguas de estos, provocado por el ingreso de olas tsunamigenicas a sus cauces, ocasionando inundaciones costa adentro, por elevación rápida de los niveles de agua, en ríos y esteros(Cruz, Mario; Riesgo por Tsunami en la Costa Ecuatoriana; 2004)

En Ecuador, se han realizado varios estudios relacionados a través de simulaciones matemáticas, dentro de lo esperado para la zona de Esmeraldas se espera un escenario similar al producido por un sismos de 8.8 grados en la Escala de Richter, y olas cercanas a los 8 metros de altura.

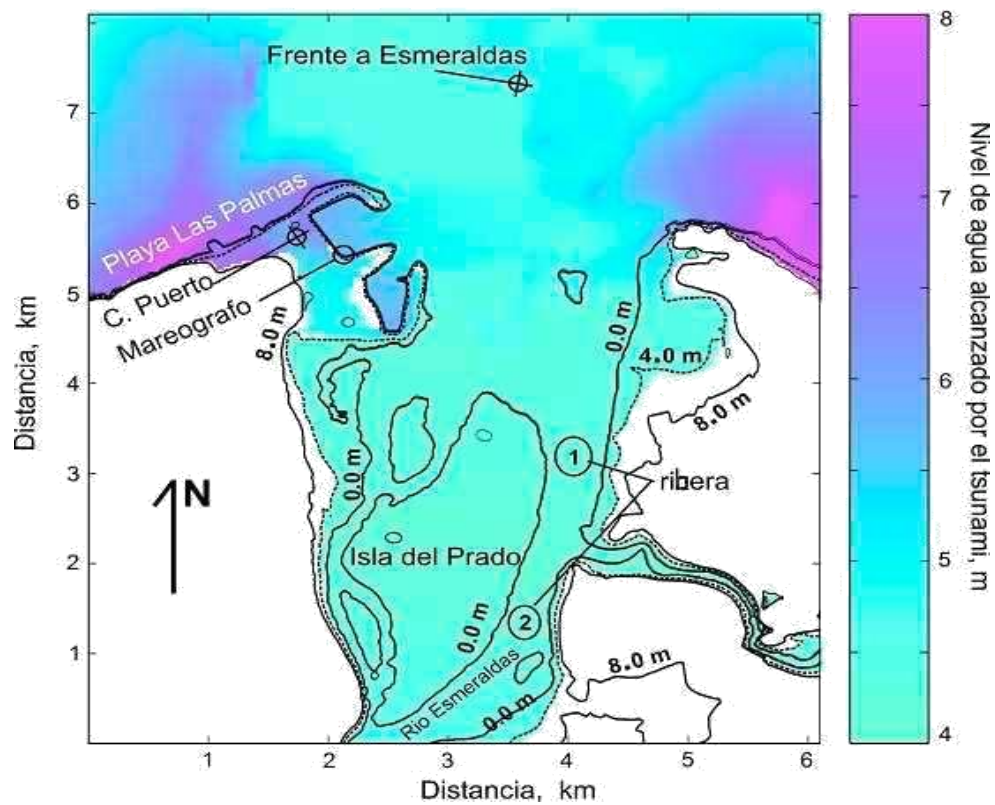


Fig. 2: Mapa de inundación calculado para Esmeraldas resultado del modelo de dislocación producida en el sismo del 31 de enero de 1906 considerando un escenario con marea alta. Los contornos de 0, 4 y 8 metros sobre el nivel del mar están indicados en la figura. Las localizaciones de los tsunamis intéticos (mareógrafo, costa afuera de Esmeraldas, márgenes 1 y 2 del río), son también indicadas. (Arreaga, Patricia - 1998)

3. Metodología

3.1. Descripción del área de estudio

El Terminal Marítimo de Balao constituye parte del Sistema de Oleoducto Transecuatoriano construido en 1976, es la Estación No 11 del Oleoducto y en ella se almacena y se despacha crudo oriente, mediante gravedad a los buque tanque conectados a las boyas “X” y “Y” que se encuentran aproximadamente a 7Km costa fuera.



Fig. 3: Boya “X”; Terminal Marítimo Balao; 2013

Terminal Marítimo de Balao

Propiamente dicho es desde donde se dirige la operación, se encuentra ubicado en el sector de Las Palmas, frente a la playa encerrado por la Cordillera Costanera, cubierta por un bosque seco, concentra a la mayor cantidad de personal y en él se ubican oficinas, bodegas, campamentos y la línea terrestre– submarina que permite el despacho de crudo.

Área de tanques

En esta área se ubican 10 tanques que poseen una capacidad de almacenamiento de 322.000 bbls² cada uno, teniendo una capacidad máxima total de 3'220.000 bbls de crudo oriente, ubicados en la parte más alta de la cordillera a 183 metros de altura sobre el nivel medio del mar.

Área Marítima

Se encuentra separada del Terminal y ubicada en el Puerto Pesquero de Esmeraldas, desde ella se coordina las actividades de remolcadores, barcaza y equipos de contingencia, mantenimiento de las boyas y otras operaciones en altamar.

Área de Boyas

Conformada por dos boyas, la “X” y la “Y” conectadas a la Plataforma submarino desde el cual asciende la tubería submarina de 42 metros aproximadamente, y se conecta al buque tanque para la carga del crudo oriente para exportación, ubicadas a 7 km y 6,7 Km respectivamente.

Terminal de Productos Terminados (TEPRE)

Recientemente incluido dentro del Terminal Marítimo de Balao permite la transferencia de productos limpios a través de un sistema de amarre convencional con cuatro boyas ubicada a aproximadamente 5.3 Km costa fuera y que posteriormente es almacenada y transportada para su comercialización mediante el Poliducto E-SD-Q-M.³

3.2.- Delimitación del Área de Estudio

El Área de Estudio se definió utilizando las línea costera, la delimitación de la cuenca hidrográfica, las vías y accesos, los cuerpos hídricos principales, linderos del Terminal. Para la optimización de recursos la delimitación del área de estudio se utiliza como elemento principal los linderos y facilidades e instalaciones del Terminal Marítimo de Balao, ya el objetivo del estudio es el análisis de vulnerabilidad utilizando el SIG sobre estas áreas.

3.3. Captura y recolección de datos

La captura de los datos es una fase del SIG donde físicamente se registra parte de la realidad en forma digital, ya sea por mediciones directa, indirectas o por la digitalización de documentos análogos. Para la captura y recolección de datos se llevaron a cabo las siguientes actividades.

1. Recorrido de accesos, caminos, facilidades e instalaciones operativas del Terminal Marítimo de Balao.
2. Medición topográfica y altimétrica en campo.

³ Gerencia de Transporte: EPPETROECUADOR:

3. Medición con un GPS código, mediante métodos de medición estático y estatico-cinematico.
4. Observación de campo de las capas de suelo y su forma, así como también sitios de deslizamientos y procesos de reptación de suelo.
5. Análisis de las condiciones de playa, colinas, vegetación y cuerpos hídricos
6. Recolección y digitalización de documentos cartográficos, estudios relacionados e información alfanumérica.

Capas	Objeto espacial			Levantamiento de datos			Bibliografía	
	Raster	vector	Base de datos	GPS	Topografía/ Altimetría	Teledetección	Digitalización	Tablas de Datos
facilidades e instalaciones		•	•	•	•		•	•
Zonas Inundable y de influencia natural	•	•	•	•				
Muestreos en campo		•	•	•				
Áreas de riesgo		•	•	•				
Hidrología		•					•	•
Hipsografía		•					•	
Áreas operativas y de influencia operacionales	•	•	•	•	•			
Geología, Geomorfología, Suelos		•	•					
facilidades e instalaciones	•	•	•	•			•	
Zonas Inundable y de influencia natural		•	•	•	•	•		

Tabla 1: Planificación de captura y recolección de datos.

3.3.1. Sistema de referencia

El control espacial se fija con el objetivo de establecer un marco de referencia para las diferentes etapas cartográficas, en este sentido la SEMPLADES tiene por objetivo *Garantizar la generación, procesamiento, disponibilidad, intercambio, actualización, difusión y uso de información geoespacial, generada a nivel nacional, para proveer el marco general que impulse la creación, mantenimiento y administración de la Infraestructura Ecuatoriana de Datos Geoespaciales (IEDG) y el fortalecimiento del Sistema Nacional Descentralizado de Planificación Participativa (SNDPP)(SEMPLADES, 2013)*

En la elaboración de la cartografía del presente estudio se utilizó el siguiente estándar de datos.

PARAMETROS DE REFERENCIA	
Espacio Geográfico	Región Costa
Sistema Principal	WGS84
Sistema Secundario	PSAD56 Ecuador
Elipsoide Primario	WGS84
Datum Vertical (altura ortométrica)	Estación Mareografica de la Libertad, Provincia del Guayas, año de 1959.
Zona	17 Sur
Proyección	UTM medida en metros
Formatos de Información CAD	*.DWG2000
Formatos de Información GIS	*.SHP con tabla de datos atribuida Proyecto realizado en ArcGIS 10.1
Formato de imagen	*.GEOTIFF

Tabla 2: Parámetros de datos para el estudio.

3.3.2. Escala de trabajo

La Proyección UTM es un sistema mundial de coordenadas planas en fajas de 6 de ancho preparado sobre la proyección TM para cubrir latitudes hasta 80°, en sistema UTM está relacionado a coordenadas planas x,y, medidas en metros, este sistema utiliza un factor de escala central diferente para representar de mejor manera la faja.

Para establecer la precisión y por lo tanto la escala de generación de la cartografía, así como la evaluación de la información bibliográfica-cartografía ya existente recolectada se debe definir el nivel de detalle que se encuentra relacionado con el uso del equipo para obtener la información y el tamaño de los objetos necesarios en el análisis, clasificándose de la siguiente manera.

Capas /Temas/Instalaciones	Escala de generación
Facilidades e instalaciones	1:15000
Zonas Inundable y de influencia natural	1:15000
Muestreos en campo	1:15000
Áreas de riesgo	1:15000
Hidrología	1:25000
Hipsografía	1:25000
Áreas operativas y de influencia operacionales	1:25000
Geología, Geomorfología, Suelos	1:50000

Tabla 3: Escalas calculadas para el estudio.

3.4. Migración de datos del CAD al SIG

Con la recolección de información en campo se descargan la información desde los programas de cada equipo en formato del programa GNSS y *.dwg, los mismos que son transformados a formato *.dwg de AutoCAD, para luego dibujar los elementos geométricos en este CAD, con sus herramientas de puntos, líneas y polígonos.

La migración hacia ArcGIS se hace utilizando el botón *AddData*, una vez cargado la información que cada elemento que se encuentre leída por el SIG, verificando que se encuentre en la capa que le corresponda, para luego ser guardada en la carpeta del Proyecto a través de *Data; Export Data* al hacer *click derecho* sobre la capa.

3.5. Modelo cartográfico alfanumérico

El Modelo de datos vectoriales, está conformada por la información representada digitalmente como elementos puntos, líneas y polígonos, la asignación de atributos en este modelo se realiza a través de una tabla de atributos asociada a cada capa, en la cual una “etiqueta” identifica cada objeto espacial. Mientras que en el modelo de datos raster, el espacio está representado por un conjunto de unidades espaciales llamadas celdas o pixeles, las cuales representan unidades homogéneas de información espacial. Luego de disponer de los datos, el modelo de valoración de riesgos que puede ser calculado en forma numérica, almacenado en la base de datos y representado mediante el SIG producto de operaciones entre mapas.



Fig. 4: Esquema conceptual del SIG.

El Modelo Conceptual muestra los pasos a seguir, para generar las diferentes capas que a través de operaciones en mapas generan la necesaria para obtener el análisis deseado, cada uno de los elementos del modelo se describen a mayor detalle en el anexo.



Fig. 5: Modelo conceptual para la generación de Mapas de vulnerabilidad frente a fenómenos de deslizamiento de masa y amenaza de tsunami.

3.5.1. Aspectos operativos

Describen las características de las instalaciones y facilidades del Terminal Marítimo de Balao, su funcionalidad y la capacidad de enfrentar un riesgo; Los parámetros utilizados se describen a continuación, los mismos que se incluyen en los atributos de las tablas de datos.

Ítem	Aspectos
Descripción de instalaciones	<p>¿Cuáles son las características de la Instalación?</p> Actividad Cantidad de Trabajadores (1: 0 a 10; 2: 11 a 25; 3: 26-100) Área Tipo de estructura Sistema
Importancia Operacional	<p>¿Cuán importante es el área/equipo/instalación en la operación?</p> Vital (su daño para completamente la operación, urgente) Alto (su daño para parcialmente la operación, se puede esperar) Media (su daño no para la operación, funciona temporalmente con sistemas auxiliares, pero deben repararse inmediatamente) Baja (su función es de apoyo, su daño afecta a la operación en las otras fases y en procesos de mantenimiento)

Tabla 4: Descripción de aspectos operativos

3.5.2. Riesgo operativo

Estos riesgos se relacionan directamente a eventos del proceso productivo y la naturaleza de la actividad. En el sector hidrocarburífero son principalmente: incendio, explosión y derrame, los mismos que se incluyen en los atributos de las tablas de datos.

Ítem	Incendio y Explosión	Derrame
Área operativa	<p>Alta: almacenamiento de hidrocarburo, presencia de vapores, condiciones de ignición permanentes.</p> <p>Media: presenta hidrocarburo y vapores con condiciones de ignición externas temporales para iniciar.</p> <p>Baja: combustible y comburente escaso, fuentes de ignición externas erráticas</p>	<p>Alta: contiene hidrocarburo almacenado o transportado a alta presión</p> <p>Media: líneas o almacenamiento secundario o de mantenimiento</p> <p>Baja: Almacenamiento temporal, instalaciones independientes del sistema.</p>
Protección	<p>Alta: equipos y materiales contraincendios y emergencias completos</p> <p>Media: equipos y materiales contraincendios alejados o parciales.</p> <p>Baja: Equipos y materiales contraincendios mínimos y lejanos</p>	<p>Alta: Equipos y materiales de contingencia disponibles a corta distancia y verificados y operativos.</p> <p>Media: Equipos y materiales de contingencia disponibles en áreas cercanas, sin verificación.</p> <p>Baja: no hay disponibilidad de equipos y materiales de contingencia, equipos parcial o totalmente fuera de servicio.</p>
Riesgos Naturales	<p>Alto: Directamente afectado por fenómeno natural</p> <p>Medio: área de influencia secundaria en ocurrencia de un fenómeno natural</p> <p>Bajo: área independiente del área de influencia en ocurrencia de un fenómeno natural.</p>	

Tabla 5: Riesgos operativos en base a la norma NFPA.

3.6. Valoración del riesgo

3.6.1. Movimiento de masas

En base a los deslizamientos de suelo sucedidos en varias áreas perimetrales de la Refinería Esmeraldas (observados en campo), se ha evidenciado que condiciones similares, el retiro de la cobertura vegetal y zonas intervenidas por maquinaria, personas e instalaciones son el principal factor movimiento de suelo, en este contexto para la clasificación del peligro de movimiento de masas se utiliza la siguiente expresión.

$$\text{Peligro} = \frac{(2 \times \text{Zonas Intervenidas}) + (2 \times \text{Cobertura vegetal}) + \text{Geomorfología} + \text{Mapa de Pendiente} + \text{Tipo de Suelo}}{7}$$

Peligro (Resultado formula)	Clase
1 a 3	Estable
3 a 4	Ligeramente estable
4 a 5	Ligeramente inestable
5 a 8	Medianamente inestable
8 a 10	Inestable

Tabla 6: Clasificación de cálculo para movimiento de masas.

3.6.2. Cuerpos hídricos

1era aproximación (Digitalización)	Identificación de Esteros y quebradas, digitalización cuerpos hídricos de la carta topográfica.
2da aproximación (Medición)	Supervisión en campo, se realiza el recorrido de los cuerpos hídricos (esteros, esteros temporales, quebradas), mediante el método de recolección de datos GPS cinemático, con el equipo GPS código

Tabla 7: Levantamiento de información hídrica.

3.6.3. Zonas inundables

Los mapas de inundación se fundamentaron en los datos de precipitación para tener una zona inundable teórica, la misma que fue confirmada en campo, explorando los esteros y colinas cercanas al Terminal, donde se pudo evidenciar las zonas inundables por el cambio de zonas de vegetación y formación de terrazas o bancos de arena.

Es importante señalar que dentro del Terminal existen movimientos de tierra, y adecuaciones en función de las necesidades operacionales, una de esa adecuaciones es la construcción de un dique para provisión de agua fresca en

el Terminal, que interrumpió la circulación natural del agua de la montaña, sin embargo, el desfogue del agua al resto del estero natural se realiza a través de tubería.

3.6.4. Peligro de tsunami

De acuerdo a los estudios realizados en el Ecuador, los modelamiento matemáticos prevén un para un sismo de 8.8 grados en la Escala de Richter, una ola de 8 metros de altura, con la finalidad de tener un valor de seguridad para el cálculo se estableció una ola de 10m de altura. Para la evaluación de los datos y clasificación cartográfica se utiliza los siguientes criterios.

Efecto	Tipo
Colapso de la ola "Efecto Ariete"	Zona de colapso de la ola e inundación inmediata
Colapso de la ola "Efecto Ariete" (flancos del acantilado)	Inundación y deslizamiento por efecto del golpe de la ola
Inundación turbulenta	Área de inundación y deslizamiento secundaria por daño por masa de agua
Reflujo o retroceso del agua	Inundación inmediata con daños por retroceso de agua con materiales destruidos
Efecto de dique	Inundación secundaria por ingreso de agua por la cuenca del Estero Balao

Tabla 8: Clasificación de peligros de tsunami.

3.6.5. Método William Fine

Es un método matemático para la evaluación de riesgos, que se fundamenta en el cálculo del grado de peligrosidad que originalmente fue concebido para el control de los riesgos cuyas medidas correctivas se direccionan para la reducción de los mismos eran de alto costo.

La fórmula de la Magnitud del Riesgo o Grado de Peligrosidad es la siguiente:

$$GP = C \times E \times P$$

- GP = Grado de Peligrosidad
- C = Consecuencias
- E = Exposición
- P = Probabilidad

3.6.5.1. Grado de peligro

El grado de peligro debido a un riesgo reconocido se calcula por medio de una evaluación numérica, considerando tres factores: las consecuencias de un posible accidente debido al riesgo, la exposición a la causa básica y la probabilidad de que ocurra la secuencia completa del accidente y sus consecuencias.

3.6.5.2. Probabilidad

Probabilidad de que una vez presentada la situación de riesgo, los acontecimientos de la secuencia completa del accidente se sucedan en el tiempo, originando accidente y consecuencia. Para esta categorización se deberá utilizar la siguiente tabla.

La Probabilidad de Ocurrencia del Accidente, Incluyendo las Consecuencias	Valor
Es el resultado más posible y esperado, si se presenta la situación de riesgo	10
Es completamente posible, no sería nada extraño, 50% posible	6
Sería una secuencia o coincidencia rara	3
Sería una coincidencia remota posible, se sabe que ha ocurrido	1
Extremadamente remota pero concebible, no ha pasado en años	0,5
Prácticamente imposible (posibilidad 1 en 1'000.000)	0.1

Tabla No. 9: Valores de probabilidad de ocurrencia de un riesgo; Fuente: Ministerio de Relaciones Laborales, 2013

3.6.5.3. Consecuencias

Los resultados más probables de un riesgo laboral, debido al factor de riesgo que se estudia, incluyendo desgracias personales y daños materiales. Para esta categorización es importante señalar que se adaptara los valores para la escala de la empresa petrolera en la tabla propuesta por William Fine, en el cálculo se deberá utilizar la siguiente tabla.

Grado de severidad de las consecuencias	Valor
Catástrofe, numerosas muertes, grandes daños, suspección de la actividad	100
Varias muertes, daños de todas las facilidades operativas, incendios grandes y explosiones, derrames de gran magnitud	50
Muerte, daños del 50% de la infraestructura, derrames, conatos de incendio	25
Lesiones extremadamente graves (amputación, invalidez permanente, Quemaduras	15
Lesiones con baja no graves	5
Pequeñas heridas, contusiones, golpes, pequeños daños	1

Tabla 10: Valores de consecuencia de un riesgo; Fuente: Ministerio de Relaciones Laborales, 2013 - Adaptación Autor

3.6.5.4. Exposición

Frecuencia con que se presenta la situación de riesgo, siendo tal el primer acontecimiento indeseado que iniciaría la secuencia del accidente. Para esta categorización se deberá utilizar la siguiente tabla.

La Situación de Riesgo Ocurre	Valor
Continuamente (o muchas veces al día)	10
Frecuentemente (1 vez al día)	6
Ocasionalmente (1 vez / semana – 1 vez /mes)	3
Irregularmente (1 vez / mes – 1 vez / año)	2
Raramente (se ha sabido que ha ocurrido)	1
Remotamente posible (no se conoce que haya ocurrido)	0,5

Tabla11: Valores de exposición de un riesgo; Fuente: Ministerio de Relaciones Laborales, 2013 - Adaptación Autor

3.6.5.5. Clasificación del grado de peligro (GP)

Finalmente una vez aplicada la fórmula para el cálculo del Grado de Peligro: $GP=C*E*P$ su interpretación se la realiza mediante el uso de la siguiente tabla.

Valor índice de William Fine	Interpretación	Acción
Menor que 18	Bajo	Acción necesaria planificada
$18 < GP \leq 85$	Medio	Acción necesaria, que se debe realizar sin perder tiempo
$85 < GP \leq 200$	Alto	Acción inmediata
GP mayor que 200	Crítico	Acción Urgente

Tabla 12: Interpretación de grado de peligrosidad; Fuente: Ministerio de Relaciones Laborales, 2013 – Adaptación Autor

3.6.5.6. Grado de Repercusión

El cálculo del grado de repercusión está dado por el factor de peligrosidad, multiplicado por un factor de ponderación que se lo obtiene de una tabla de acuerdo con el porcentaje de personas expuestas a dicho peligro.

$$GR = GP \times F P$$

El porcentaje de trabajadores expuestos se lo calcula de la siguiente forma.

$$\% \text{ Expuestos} = \frac{\# \text{ trab. Expuestos}}{\# \text{ total trabajadores}} \times 100\%$$

Donde el número de trabajadores expuestos, se refiere a los trabajadores que se encuentran cercanos a la fuente del peligro.

El número total de trabajadores, se refiere al número de trabajadores que se encuentran laborando en el área donde se está realizando la identificación de riesgos.

Una vez calculado el porcentaje de expuestos, se procede a designar el factor de ponderación, cuyo valor se lo encuentra en la siguiente tabla.

% Expuesto	Factor de Ponderación
1-20%	1
21-40%	2
41-60%	3
61-80%	4
81-100%	5

Tabla 13: Clasificación del factor de ponderación;
Fuente: Ministerio de Relaciones Laborales, 2013

El principal objetivo de toda evaluación de riesgos es priorizar los mismos para empezar a atacar a los de mayor peligrosidad. Una vez obtenido el valor del grado de repercusión para cada uno de los riesgos identificados se los procede a ordenar de acuerdo con la siguiente escala.

GR	Repercusión
1-1500	Bajo
15001-3000	Medio
3001-5000	Alto

Tabla 14: Grado de repercusión;
Fuente: Procedimiento Identificación, Medición y Evaluación de Riesgos Laborales; 2013
Ministerio de Relaciones Laborales;
Método William Fine

3.7. Análisis de casos similares

La discusión y comparación con casos similares muestra las ventajas y debilidades de cada análisis. Para el caso del presente estudio su comparación se realiza versus el Plan de Contingencia Frente de Tsunamis elaborado por el

Municipio de Esmeraldas y el Análisis de Riesgo frente a Tsunami en la ciudad de Esmeraldas realizado por la ESPOL. El método utilizado será una tabla comparativa que incluyen aspectos cartográficos, metodología de análisis, profundidad de estudio aplicación práctica, costos relacionados, entre los principales

3.8. GeoDataBase

Este sistema de base de datos (GeoDatabase) determina de manera eficiente las consultas en una base de datos estadística, a través de la atribución de características dentro de la tabla de datos en ArcGIS. En las GeoDatabases, los atributos administrados por la tabla, permiten combinar información descriptiva con los elementos de los mapas de instalaciones, aspectos naturales y riesgos, para crear nuevas relaciones que puedan determinar una planificación operativa de nueva infraestructura.

DESCRIPCION DE LA TABLA DE DATOS	
Identificador	Elemento único discreto, tipo texto (string)
Atributos	Los atributos son de tipo: numero entero, numero decimales, texto
Elementos geométricos	Cada elemento geométrico debe tener asignado un registro
Separador Digital	Coma(,)
Valor Nulo	No debe existir registros nulos o vacíos, en ese caso colocar S/D o S/N

Tabla 15: Parámetros de datos para el estudio; Fuente: El Autor

3.9. Análisis de mapas (herramientas de procesamiento)

Una vez realizada la migración del CAD al SIG, proyección de capas, atribución de datos y clasificada la información se realiza el geoprocésamiento (Algebra de mapas) para combinar los mapas en operaciones para obtener los productos cartográficos, a continuación se describe el flujo de actividades de este geoprocésamiento.

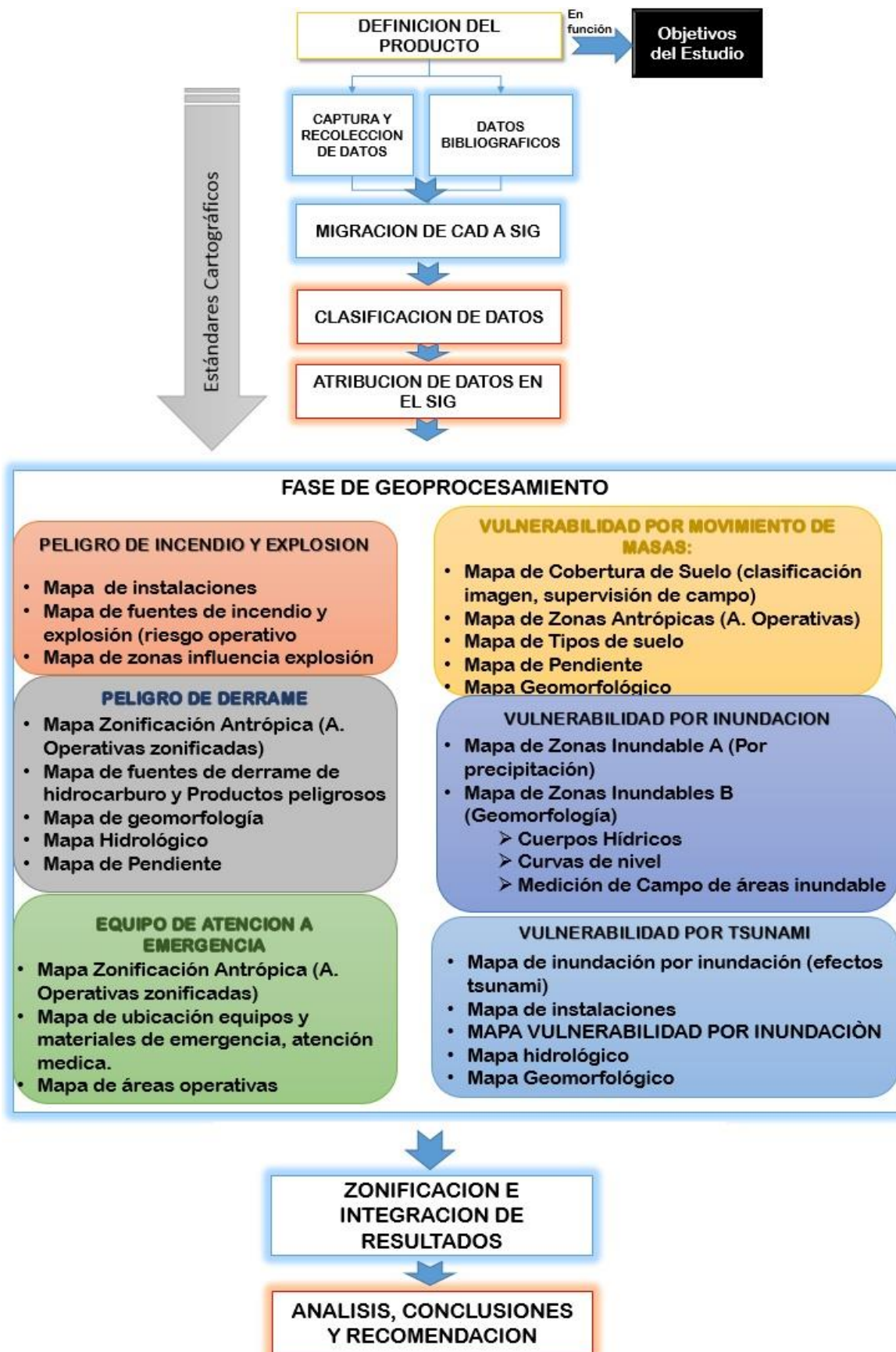


Fig. 6: Flujograma de procesamiento

3.10. Productos cartográficos

La cartografía final generada producto de la aplicación de la metodología para el caso de estudio, son presentados en base a lo establecido en el Anexo No del Reglamento para Actividades Hidrocarburíferas, Decreto 1215, parámetros de productos cartográficos del IGM y la norma SI-004 de la EP PETROECUADOR.

4. Aplicación de la Metodología

4.1. Descripción del medio físico

4.1.1. Geología regional

La morfología y estructuras existentes en el margen occidental del continente sudamericano, así como el volcanismo y las sismicidad son generados por el proceso de convergencia entre las placas Nazca y Sudamericana, el cual ha dado lugar al sistema orogénico del Ecuador. El sistema orogénico está compuesto de dos cadenas montañosas sub-lineares de dirección aproximada N-S, referidas como Cordillera Real en el Este y Cordillera Occidental en el Oeste, separados por el Callejón Interandino. Las cordilleras limitan las principales regiones geomorfológicas del país, las cuales de Este a Oeste son: la Región Oriental, la Cordillera Real, la Región Interandina, la Cordillera Occidental y la Costa (*VILLARES, 2010.*)

Cuenca Esmeraldas-Atacames

La cuenca Esmeraldas-Atacames (unidad 57), el modelado está constituido por colinas entre bajas y medias, con latitudes vecinas a 10-150m, alcanzando las más altas 200m al borde del mar inmediatamente al Oeste de Esmeraldas, Las vertientes, con pendiente mediana cercana al 40%, son de tipo convexo con una parte basal cóncava. Bajo un clima, con estación seca bien marcada, se desarrolla alteraciones arcillosas medianamente profundas y los suelos con régimen de humedad ustico, son pardos arcillosos. La acumulación de carbonato de calcio, bajo la forma de finos micelios, es frecuente al contacto con el horizonte de alteración. Este paisaje integra también valles bastante extensos, el complejo de terrazas entre arenosas y limosas en la desembocadura del río Esmeraldas (*Winckell, 1987.*)

Costas acantiladas altas con pequeñas bahías intercaladas en las zonas de relieves sedimentarios terciarios de la parte central entre Río Verde y Muisne o de Pedernales a Manglaralto. (*Winckell, 1987*)

Formación borbón (PI DB)

Formado por areniscas de grano medio, conglomeráticas, en bancos métricos de color amarillento con intercalaciones de niveles calcáreos con areniscas tobáceas y limonitas, correspondientes al periodo del plioceno - cuaternario.

4.1.2. Geomorfología

El Terminal Marítimo de Balao se encuentra en un terreno ligeramente ondulado sobre terrazas medias y zonas aluviales de la cuenca del Río Esmeraldas, se ubica sobre Mesas Marinas de la cordillera Costera Ecuatoriana. El análisis de las unidades geomorfológicas encontradas se basó en la aplicación del “Modelo de Unidades Geomorfológicas para la representación Cartográfica de Ecosistemas del Ecuador Continental”, publicada por el Ministerio del Ambiente. Para el área de estudio se identificó las siguientes clases.

Región Biogeográfica	Relieve general	Macrorelieve	Mesorelieve	Valor
Litoral	Costa	Penillanura	Colinas Bajas	7
			Acantilado	10
		Llanura	Terrazas	4
			Playa	1
			Llanura aluvial	2

Tabla 16: Clasificación de unidades geomorfológicas.

Pendiente	Ponderación
0-15%	1
16-30%	2
31-45%	4
46-60%	6
Mayor a 60%	10

Tabla 17: Clasificación de pendiente.

4.1.3. Suelo: Tipo y características

Muestreo de Suelo

La caracterización del suelo se realizó en el Área de Tanques de Almacenamiento y en su ladera, que incluyen el monitoreo de suelo reclasificados con la tabla de taxonomía, estos monitoreos están son

necesarios para el análisis de deslizamientos, en este caso se asume el mismo tipo de suelo para la parte baja. ⁴

Puntos de suelo muestreados en área de Tanques de Almacenamiento			
Pto	E(m)	N(m)	Descripción
B1	651927	10103384	Limo inorgánico de alta plasticidad arenosos
B2	651859	10103107	Limo arenoso
B3	651695	10102960	Limo inorgánico de alta plasticidad arenosos
B4	651786	10102722	Limo inorgánico de alta plasticidad arenosos
B5	651735	10102366	Limo inorgánico de alta plasticidad arenosos
B6	651395	10102190	Limo arenoso
B7	651158	10102252	Limo inorgánico de alta plasticidad arenosos
B8	651158	10102513	Limo inorgánico de alta plasticidad arenosos
B9	651401	10102631	Limo inorgánico de alta plasticidad arenosos
B10	651350	10102920	Limo inorgánico de alta plasticidad arenosos
B11	651560	10103084	Limo inorgánico de alta plasticidad arenosos
B12	651429	10103316	Limo inorgánico de alta plasticidad arenosos
B13	651571	10103452	Limo inorgánico de alta plasticidad arenosos
B14	651684	10103616	Limo arenoso

Tabla 18: Puntos de Suelo tomado en los Tanques de Almacenamiento de Balao; Fuente: Estudio de Vulnerabilidad Frente a Fenómenos de Remoción en masa para la Infraestructura Petrolera de Refinería Estatal de Esmeraldas (REE) y los Tanques de Almacenamiento de Petróleo del Puerto de Balao

Tipo de suelo

El área Estudio presenta una taxonomía de suelo modificada, con presencia predominante de Alfisoles y algunas áreas con Vertisoles. Para el presente estudio se considerara un suelo de tipo Alfisol, debido a que es el predominante en el área del Terminal Marítimo de Balao.

Los Alfisoles se originan por el movimiento vertical del agua por períodos prolongados en condiciones de alta temperatura sobre prácticamente casi cualquier tipo de material parental. Su principal característica es la formación de un horizonte argílico es decir de acumulación de arcilla (que migra del horizonte superficial al profundo). Para que la lixiviación ocurra con intensidad, la precipitación debe ser más elevada que la evapotranspiración potencial en condiciones de drenaje libre.

Mesorelieve	Textura	Tipo de Suelo	Ponderación
Colinas Bajas	Limo inorgánico de alta plasticidad arenoso	Inceptisol	4
Llanura aluvial			4
Terrazas			4
Acantilado	Arenoso		7
Playa			7

Tabla 19: Clasificación de suelo.

4: Zuleta C; Custodio S. (2007); Estudio de Vulnerabilidad Frente a Fenómenos de Remoción en masa para la Infraestructura Petrolera de Refinería Estatal de Esmeraldas (REE) y los Tanques de Almacenamiento de Petróleo del Puerto de Balao

Uso actual de suelo

Para El Terminal Marítimo de Balao el uso actual de suelo es **Urbano** de acuerdo al Municipio de Esmeraldas con un uso **industrial**, es importante señalar que durante la construcción del Terminal Marítimo de Balao, el Sistema de Oleoducto Transecuatoriano (SOTE) y la construcción de la Refinería de Esmeraldas, el Estado Ecuatoriano adquirió los predios adyacentes y las áreas de acceso, lo que ha permitido en la actualidad la conservación de bosque seco de Balao, frente a las invasiones ilegales de pobladores en zona de expansión urbana de la ciudad.

Clasificación	Tipo de Uso	Tipo	Ponderación
Terminal Marítimo de Balao	Industrial	Sin instalación	1
		Instalaciones	3
		Plataformas de trabajo temporal	6
Bosque	Zona protegida, bosque nativo	Bosque y pastizales	1
Accesos y derecho de vía	Industrial	Vías y accesos	2
		Excavación	10

Tabla 20: Uso de suelo

4.1.4. Hidrología

El Terminal Marítimo de Balao se encuentra dentro de la microcuenca del Estero Balao, los afluentes de este estero nacen en la cordillera costera y desemboca directamente en el Océano Pacífico, a poco más de 3 km al sur desde la desembocadura la Cuenca del Río Esmeraldas.

Río Esmeraldas

Recorre la Provincia de Esmeraldas, nace de la unión de los ríos Canande, Blanco, Guayllabamba y Quinde, su cuenca abarca las provincias de Pichincha, Manabí, Esmeraldas y Santo Domingo de los Tsachilas, se constituye por dos cuencas principales la del Río Guayllabamba que nace en las estribaciones de la cordillera Occidental a los 3000 msnm, y El Río Blanco que nace en las estribaciones occidentales del volcán Pichincha a los 4600 msnm. Su cuenca abarca un área aproximada de 20000 km² y presenta un caudal aproximado de 1034 litros/segundo.

Estero Balao

El Estero Balao recibe aguas de los Esteros Balaito y Estero Ciego, su microcuenca tiene una longitud aproximada de 9 km desde su nacimiento en la cordillera costera a 220 msnmm, hasta su desembocadura en el Océano Pacífico, no tiene conexión con otras cuencas adyacentes, como la Macrocuena pertenece a la del Río Esmeraldas, y en la mayor parte de su recorrido cruza por el Bosque Seco Tropical de Balao, y desemboca a cerca de 100m del ingreso de la tubería submarina al mar.

4.1.5. Clima

El Terminal Marítimo de Balao se ubica en un Piso Árido Tropical donde el clima predominante de la zona corresponde a un tipo Ecuatorial Megatérmico Seco, con un rango de temperatura media anual de 24 a 26 grados centígrados, y una precipitación entre 750mm y 1150mm. Con dos estaciones predominantes “tropical monzón” la primera que va de Junio a Noviembre presenta un 40% de humedad y un promedio de temperatura de 21 grados centígrados, mientras que la segunda que va de Noviembre a Mayo presenta casi 100% de humedad y un promedio de temperatura de 28 grados centígrados. (INAMHI, 2010)

4.1.6. Cobertura vegetal

Esta zona de vida bordea el mar, se extiende desde el nivel del mar hasta los 200 msnmm, con un promedio anual de precipitación de 1000 a 2000 mm. En esta zona se presenta un periodo de sequía más o menos largo, y un apreciable sobrante de lluvias durante el invierno que se pierde por escurrimiento. Los bosques en esta zona son semidecídulos, y los árboles presentan un diámetro, frecuencia y altura menor que en los bosques húmedos tropicales. En el Ecuador existen dos tipos de clasificaciones, a continuación se describe las correspondientes a la ubicación del Terminal Marítimo de Balao y el área de estudio.

Clasificación	Cobertura Vegetal
Zonas de vida de Holdrige	Bosque seco tropical
Pisos Biogeográficos de Sierra	Zona Colinda: Bosque Semidecidual de Tierras bajas de la costa
	Zona plana – Terminal: Matorral seco de Tierras Bajas de la costa

Tabla 21: Tipo de cobertura vegetal.

Para la clasificación y geoprocesamiento se reclasifica según su nivel de estabilidad

Tipo	Valor asignado en tabla
Bosque seco	1
Vegetación arbustiva	3
Pastizales	7
Sin cobertura	10

Tabla 22: Clasificación de cobertura vegetal.

4.2. Aspectos operativos

4.2.1. Mapa de instalaciones

El mapa de instalaciones se realiza en base principalmente a mediciones de campo topográficas, GPS, altimétricas apoyadas con información complementaria bibliográfica, la clasificación de las instalaciones se realiza mediante inspecciones de campo y se asigna a cada punto, polígono y línea la descripción de la instalación para luego ser clasificada según su importancia operativa.

Para determinar el mapa de riesgo operativo se establece un inventario de fuentes y luego se determina conjuntamente, con las capas de geomorfología, hidrología, hipsometría, cobertura vegetal y los parámetros de la norma NFPA y eventos similares de derrames sucedidos en la historia operativa de EP PETROECUADOR.^{/5}

Instalación	Área	No Trabajador		Tipo de estructura	Importancia Operacional
Líneas de Flujo	Almacenamiento de Hidrocarburos	11 a 25	2	Metálica	Vital
Oleoducto		11 a 25	2	Metálica	Vital
Válvulas		0 a 10	1	Metálica	Vital
Instalaciones de bombeo		0 a 10	1	Metálica	Vital
Sumideros	Almacenamiento y	0 a 10	1	Metálica, concreto	Alto

	Transporte de Hidrocarburos				
Piscinas API		0 a 10	1	Concreto	Alto
Tanques		11 a 25	2	Metálica, vehículos	Vital
Cuarto de Control	Control SCADA	11 a 25	2	Concreto, metálica, eléctrica	Vital
Bandejas de Potencia y control		0 a 10	1	Metálica, eléctrica	Alto
Vías y accesos	Áreas Administrativas	25 a 100	3	Concreto, lastre, vehículos	Media
Logo de EP		0 a 10	1	Concreto	Baja
casetas		0 a 10	1	Concreto	Baja
Campamentos		26 a 100	3	Concreto, metálica, vehículos	Media
Canchas		11 a 25	2	suelo, metálica	Baja
Parqueaderos		11 a 25	2	Metálica, lastre, vehículos	Baja
Oficinas		26 a 100	3	Metálica, eléctrica Concreto,	Media
Bodegas de materiales	Facilidades y equipos de apoyo	11 a 25	2	Químico, metálica, concreto	Alto
Sistemas de tratamiento		0 a 10	1	Concreto, químico	Alto
Garitas		0 a 10	1	Madera, metálica	Bajo
Carpintería		0 a 10	1	Madera, metálica	Bajo
Patio de bodega de tubería	Zonas, áreas y Patios	11 a 25	2	Metálica	Alto
Linderos de facilidades e instalaciones		0 a 10	1	Metálica	Bajo
Relleno Sanitario		0 a 10	1	Metálica, suelo	Medio
Área de tanques – cubetos		11 a 25	2	Suelo	Media
Patio de maquinaria		0 a 10	1	Metálica, vehículos	Alto
Áreas recreativas		26 a 100	3	Metálica, suelo	Bajo

Tabla 23: Clasificación de instalaciones

FID	Shape	Id	Nombre	Importan	Area	Sistema	Actividad
22	Polygon	0	Bodega Principal	Media	0	Abastecimientos	Almacenamiento y distribuc
23	Polygon	0	Bodega equipos	Media	0	Abastecimientos	Almacenamiento y distribuc
24	Polygon	0	Bodega	Media	0	Abastecimientos	Almacenamiento y distribuc
25	Polygon	0	Bodega	Media	0	Abastecimientos	Almacenamiento y distribuc
26	Polygon	0	Bodega Tubería	Media	0	Abastecimientos	Almacenamiento y distribuc
29	Polygon	0	Bodega materiales	Media	0	Abastecimientos	Almacenamiento y distribuc
1	Polygon	0	Cabaña	Baja	0	Administrativo	Recreacion
3	Polygon	0	Campamento casa de Playa	Media	0	Administrativo	Descanso de personal
4	Polygon	0	Cancha de voley	Baja	0	Administrativo	ejercitacion
5	Polygon	0	Campamento - Comedor	Media	0	Administrativo	Descanso y alimentacion d
16	Polygon	0	Logo EPP	Baja	0	Administrativo	Imagen empresarial
32	Polygon	0	Parqueadero Operaciones	Baja	0	Administrativo	Aparcamiento de vehiculos
42	Polygon	0	Cancha de Futbol	Baja	0	Administrativo	Recreacion
43	Polygon	0	Tribuna cancha	Baja	0	Administrativo	Recreacion
44	Polygon	0	Tribuna cancha de Futbol	Baja	0	Administrativo	Recreacion
45	Polygon	0	Vestidores	Baja	0	Administrativo	Recreacion
46	Polygon	0	Aula	Baja	0	Administrativo	Capacitacion
19	Polygon	0	Bomberos	Vital	0	Contraincendios	Atencion de emergencias y
39	Polygon	0	Superintendencia	Vital	0	Control	Centro Administrativo Oper

Fig.7: Base de datos de las instalaciones del Terminal Marítimo de Balao

4.2.2. Equipos de atención a emergencias

Una vez clasificadas las áreas en mapa de instalaciones se identificaron las áreas específicas cuya función es la atención a emergencias y su nivel de accesibilidad en una emergencia de la siguiente manera.

Zonificación	Tipo	Accesibilidad	
Áreas Administrativas	Dispensario medico	Bajo	3
Facilidades, equipos y materiales de apoyo	Bodega de contingencias	Media	2
	Bodega de Absorbentes	Alta	1
Zonas, áreas, patios, plataformas	Galpón de bomberos	Alta	1
	Área de maquinaria pesada	Media	2
	Laguna: agua contraincendios	Media	2
	Sistema contraincendios	Alta	1

Tabla 24: Clasificación de instalaciones de emergencias.

4.2.3. Áreas de incendio, explosión y derrame

Las áreas de peligros generados por la actividad propia de la instalación, se realizó a través de la determinación de zonas de afectación de la siguiente manera.

Peligro	Comportamiento	Criterio de Zonificación	Fuentes	R. A. Operativa	Protección
Derrame	Los derrames se comportan como líquidos y utilizan las características de pendiente para desplazarse por el suelo, con elementos de fricción como la vegetación. Cuando se pone en contacto con un cuerpo hídrico este circula a través de su superficie con menor resistencia	Las áreas de afectación son: <ul style="list-style-type: none"> • Ladera inmediata cercana a la rotura • Espejo de agua • Zona Inundable 	Tanques	Alto	Alto
			Líneas de flujo Oleoducto	Alto	Medio
			Línea Submarina	Alto	Bajo
			Estaciones, bombas y válvulas	Medio	Medio
Incendios y Explosión	Los hidrocarburos líquidos y gaseosos en un incendio o una explosión, tienen un punto de ignición y su energía se distribuye en un área en varias direcciones, Las curvas y circunferencias representan esta área de afectación de mejor manera	<ul style="list-style-type: none"> • Rango 5m para cilindros de GLP, líneas de flujo y conatos de incendios • Rango 25m incendios en tanques de combustibles y alivio • Rango 75m para incendios en tanques de crudo 	Tanques	Alto	Alto
			Cilindros de GLP	Medio	Medio
			Líneas de Flujo Oleoducto	Alto	Medio
			Línea submarina (crudo, productos limpios)	Bajo	Bajo

Tabla 25: Fuentes de riesgo operativos.

5. Resultados y Análisis

5.1. Resultados

Producto de la generación de información geográfica, estructuración de la GeoDatabase, geoprocésamiento y edición de datos, utilizando los Sistemas de Información Geográfica con un enfoque de riesgo mediante la aplicación del método de William Fine, se obtienen los siguientes resultados que se encuentran reflejados en los productos cartográficos del análisis.

5.1.1. Grado de peligrosidad - riesgo

El riesgo de Tsunami para el Terminal Marítimo de Balao, se presenta de medio a crítico, considerando un evento similar al sucedido por un sismo en a costa de la Provincia de Esmeraldas en 1906.

Riesgo de Tsunami					
Zonas por tipo de efecto	C	E	P	GP	Riesgo
Área de afectación inmediata: efecto ariete: Run up – Run off	100	1	6	600	Crítico
Área de inundación: efecto dique	25	1	3	75	Medio
Área de inundación y deslizamiento inmediata	90	1	6	540	Crítico
Área de inundación y deslizamiento secundario	25	1	3	75	Medio

Tabla 26: Cálculo de GP para tsunami.

Riesgo por Movimiento de Masas					
Zonificación	C	E	P	GP	Riesgo
Estable	1	0.5	0.1	0.05	Bajo
Ligeramente estable	1	1	0.1	0.1	Bajo
Ligeramente inestable	5	1	1	5	Bajo
Medianamente inestable	5	2	3	30	Medio
Inestable	10	2	6	120	Alto

Tabla 27: Riesgo de movimiento de masas asociado al efecto de un tsunami.

Riesgo por Inundación					
Afectación	C	E	P	GP	Riesgo
Zona máxima inundable	5	0.5	0.5	1.25	Bajo

Tabla 28: Riesgo de inundación asociado al efecto de un tsunami.

5.1.2. Grado de repercusión

El Terminal Marítimo de Balao realiza actividades durante las 24 horas durante todo el año, en sus diferentes áreas trabajan 200 personas por turno de trabajo continuamente, de un total de 406 personas que pertenecen al Terminal.

$$\% \text{ Expuestos} = (200 / 406) * 100 = 49,26\%$$

$$\text{Factor de Ponderación} = 3$$

Grado de repercusión por Riesgo de Tsunami					
Zonas por tipo de efecto	GP	FP	GR	Riesgo	Repercusión
Área de afectación inmediata: efecto ariete: Run up – Run off	600	3	1800	Crítico	Medio
Área de inundación: efecto dique	75	3	225	Medio	Bajo
Área de inundación y deslizamiento inmediata	540	3	1620	Crítico	Medio
Área de inundación y deslizamiento secundario	75	3	225	Medio	Bajo

Tabla 29: Cálculo de GR para tsunami.

Grado de repercusión por Riesgo por Movimiento de Masas					
Zonificación	GP	FP	GR	Riesgo	Repercusión
Estable	0.05	3	0.15	Bajo	Bajo
Ligeramente estable	0.1	3	0.3	Bajo	Bajo
Ligeramente inestable	5	3	15	Bajo	Bajo
Medianamente inestable	30	3	90	Medio	Bajo
Inestable	120	3	360	Alto	Bajo

Tabla 30: GR del Riesgo Movimiento de masas asociado al efecto de un tsunami.

Grado de repercusión por Riesgo por Inundación					
Afectación	GP	FP	GR	Riesgo	Repercusión
Zona máxima inundable	1.25	3	3.75	Bajo	Bajo

Tabla 31: GR del Riesgo de Inundación asociado al efecto de un tsunami.

5.2. Análisis de riesgo

5.2.1. Evaluación de Riesgo de las Instalaciones

A continuación se analiza en función de los resultados del análisis SIG una matriz de comparación entre riesgo operativos versus riesgos naturales por instalación o área operativa, así podemos observar donde se presentan los más altos riesgos y definir un Plan o Procedimiento Operativo y de Emergencia.

Matriz de comparación de Riesgo por Instalación				
Riesgo	Tsunami	Inundación	Movimiento de Masas	Acción
Oficinas e instalaciones administrativas				
Incendio	Bajo	Bajo	Bajo	Dirigirse a la Zona segura
Derrame	Bajo	Bajo	Bajo	
Operativa	Bajo	Bajo	Bajo	
TEPRE				
Incendio	Alta	Media	Baja	Aplicar Planes de Emergencia, evacuar a punto de encuentro
Derrame	Alta	Media	Media	
Operativa	Crítica	Alta	Media	
Campamento y Parquaderos				
Incendio	Alta	Media	Baja	Evacuación inmediata, dirigirse a la zona segura
Derrame	Baja	Baja	Baja	
Operativa	Crítica	Alta	Baja	
Área de Control de Operaciones				
Incendio	Media	Media	Baja	Aplicar Planes de Emergencia, evacuar a punto de encuentro
Derrame	Media	Media	Baja	
Operativa	Crítica	Alta	Baja	
Área de Bodegas				
Incendio	Baja	Baja	Baja	dirigirse a la zona segura
Derrame	Medio	Medio	Baja	
Operativa	Medio	Medio	Baja	
Área de Mantenimiento				
Incendio	Bajo	Baja	Baja	Dirigirse a la zona segura
Derrame	Medio	Baja	Baja	
Operativa	Medio	Baja	Baja	
Área de Equipo Pesado				
Incendio	Baja	Baja	Baja	Evacuación de maquinaria y personal a zona alta
Derrame	Baja	Baja	Baja	
Operativa	Media	Baja	Baja	
Tanques de Almacenamiento				
Incendio	Media	Media	Baja	Aplicación de Planes de Emergencia y evacuación inmediata
Derrame	Alta	Alta	Baja	
Operativa	Crítica	Alta	Baja	
Piscinas API				
Incendio	Media	Baja	Baja	Evacuación, Dirigirse a la zona segura
Derrame	Media	Baja	Baja	
Operativa	Media	Baja	Baja	
Área Recreativa				
Incendio	Baja	Baja	Baja	Dirigirse a la zona segura
Derrame	Baja	Baja	Baja	
Operativa	Baja	Baja	Baja	

Tabla 32: Análisis de resultados, riesgos operativos vs riesgos naturales por área operativa.

Se observa que un fenómeno de Tsunami compromete las instalaciones del Terminal de Productos Limpios, Cuarto de Operaciones, Tanques de Almacenamiento de alivio, y el Campamento, siendo los riesgos más altos los de incendio y derrame, donde estas instalaciones llegarían a un punto crítico dejando de funcionar.

Mientras que, la inundación secundaria producto del tsunami, genera también un alto riesgo de daño producto del efecto de ariete y la inundación, que permite la posibilidad de que los sistemas puedan operar por un tiempo limitado o en forma parcial.

De acuerdo a la geomorfología encajonada donde se ubica y determinándose los cuatros puntos como de mayor riesgos y considerando que el Terminal de Productos Limpios, y los Tanques de Almacenamiento de Alivio son los más afectados, se espera un derrame de productos limpios (gasolina, diésel, fuel oil, nafta base) y crudo oriente, sobre el área del Terminal y su posterior desplazamiento hacia el mar abierto, durante su permanencia en el continente, se espera un incendio sobre agua.

5.2.2. Evaluación de equipos de atención a emergencias

Otro producto importante del análisis es la determinación del riesgo en instalaciones y lugares específicos que concentran el equipo y materiales de emergencia para atender los riesgos operativos y naturales, para lo cual utilizamos una matriz de comparación entre los riesgos operativos versus riesgos naturales para cada recurso de emergencia.

Matriz de comparación de Equipos en atención de Emergencia			
Riesgo	Tsunami	Inundación	Movimiento de Masas
Facilidad y equipos de emergencia			
Incendio	Bajo	Bajo	Bajo
Derrame	Bajo	Bajo	Bajo
Afectación infraestructura	Alta	Media	Baja
Capacidad de respuesta	Limitada	limitada	Alta
Bodega de Contingencia			
Incendio	Media	Bajo	Bajo
Derrame	Media	Media	Bajo
Afectación infraestructura	Media	Baja	Baja
Capacidad de respuesta	Limitada	Media	Alta
Equipos de Bomberos			
Incendio	Bajo	Bajo	Bajo
Derrame	Medio	Medio	Bajo
Afectación infraestructura	Medio	Medio	Bajo
Capacidad de respuesta	Limitada	Media	Alta
Maquinaria pesada			
Incendio	Baja	Baja	Baja
Derrame	Baja	Baja	Baja
Afectación infraestructura	Baja	Baja	Baja
Capacidad de respuesta	Media	Media	Alta

Tabla 33: Análisis de resultados, riesgos operativos vs riesgos naturales por equipo de emergencia.

El evento que disminuye en un alto grado la capacidad de respuesta de los equipos y materiales de contingencia es un tsunami debido al efecto de ariete e inundación. Los equipos portátiles son los que se ven más afectados, mientras la Bodega de contingencia, equipo de bomberos y maquinaria pesada puede ser parcialmente utilizado.

Los movimientos de masas que se pueden generar no afecta en forma significativa la capacidad de respuesta de los equipos de emergencias, sin embargo afectan parcialmente su desplazamiento por el área afectada del Terminal Marítimo. Esto sin embargo no considera el nivel de organización del personal de operadores y brigadistas en el momento de la emergencia.

5.2.3. Evaluación de información cartográfica

Luego del levantamiento, procesamiento y generación de productos cartográficos, se determinó que elementos fueron de mayor significancia y cuáles pueden ser omitido o disminuidos.

El método principal de análisis es la recolección de datos GPS de simple frecuencia, acompañado de zonificación de imagen con supervisión en campo, el catastro de las instalaciones en forma general es una de las variables principales, mientras que el levantamiento topográfico no aporta en precisión del análisis por la escala del fenómeno tsunami.

La determinación de puntos altimétricos claves e inspección de campo para la recolección de datos de elementos naturales como hidrología, cobertura vegetal y evidencias de erosión y deslizamiento, conjuntamente con un mapa de pendiente completo abarca buena parte del análisis.

Mientras que cartografía recopilada diferentes de fuentes debe ser clasificada adecuadamente, caso contrario puede convertirse en una actividad poco productiva para el análisis, y puede generar confusión y errores sistemáticos al ser comparada con información actualizada recopilada.

5.2.4. Evaluación del análisis versus estudios similares

En el Ecuador no existen muchos estudios de análisis de riesgos y muchos de los existentes analizar el fenómeno natural en forma regional, determinándose una zona de inundación y una zona seca. Es decir, determinan la primera etapa del análisis.

En el análisis se utiliza dos métodos claramente definidos, uno basado en métodos numéricos y probabilísticos y el otro basado en el aspecto espacial, en ambos casos, lo que se determina es el tiempo, probabilidad y área de afectación.

Sin embargo, no se establecen estudios específicos que analicen, Planes de emergencia, contaminación ambiental, cuantificación de daños socioeconómicos, Medidas de protección y mitigación entre muchas otras aplicaciones, principalmente por la poca cantidad de información, y el alto costo de su generación.

Comparando el presente estudio con estudios similares existentes en la misma zona tenemos,

	Plan de Contingencias Municipio de Esmeraldas	Estudio de Tsunamis en la Costa Sur del Ecuador	Presente Estudio
Ámbito	Zonal, Informativo	Regional, Investigativo	Específico, Aplicativo
Sistema de referencia	PSA56/WGS84	PSAD56	WGS84
Escala rango	1:25000	1:50000	1:15000
Alcance del estudio	Generación de Planes de emergencia	Tiempo, intensidad y Probabilidad del fenómeno Tsunami	Vulnerabilidad de Instalaciones y riesgos operativo producidos por el fenómeno del Tsunami
Uso	Elaboración de Planes de Emergencia		Mejoramiento de Planes de emergencia y vulnerabilidad de instalación portuaria-petrolera
Análisis	Zonificación	Modelo matemático	Geoprocesamiento

Tabla 34: Comparación con estudios similares.

Durante la elaboración del presente estudio se determinó que:

- Epicentro y fuente del sismo es una variable regional.
- El Tiempo de arribo de la ola, se aplica a los Planes de Emergencia y la Optimización de la Brigada de Comunicación, no es una variable significativa en la vulnerabilidad.
- El tipo de instalación, su contenido (grado de contaminación), tipo de construcción, ubicación y grado de resistencia, son la variables más

significativas en el análisis de vulnerabilidad operacional.

- Los estudios regionales, basados tanto en cartografía como en modelos matemáticos del comportamiento del tsunami, son un insumo base del estudio local.
- La zonificación supervisada mediante métodos GPS, complementado con imagen aérea y con el catastro de los elementos que intervienen en el análisis son las capas principales para cualquier análisis.

6. Conclusiones

6.1. Conclusiones

- A. Producto del análisis SIG se puede apreciar existen **zonas seguras** como las oficinas de Superintendencia, el relleno sanitario, parqueaderos externos, cancha de futbol y aula de capacitación, que por sus características pueden servir de zonas seguras y áreas de rescate.
- B. El presente estudio servirá como modelo para el levantamiento de cartografía y metodología de análisis de riesgos usando los SIG, para evaluar riesgos de tsunami en instalaciones petroleras, incorporando al SIG y variables espaciales como parte de la metodología de estos análisis que normalmente se basa en matrices documentales.
- C. La zonificación supervisada a partir de imágenes (satelital o fotografía aérea) y el levantamiento de información utilizando método GPS en la fase de campo, junto con un catastro de las instalaciones detallada y administrada por una base de datos, son los elementos principales del análisis, que deben ser elaborados bajo un mismo estándar de datos cartográficos y alfanuméricos definido en la fase de planificación y alineados a las políticas de geoinformación del Estado (SEMPLADES al momento)
- D. Las **áreas críticas** son: los campamentos, válvulas, tuberías, TEPRE, líneas submarinas de crudo y productos limpios, área de tanques de alivio y Cuarto de Control. Mientras que las facilidades y equipos de emergencia durante el fenómenos natural especialmente tsunami tiene una capacidad limitada, especialmente el dispensario médico.
- E. El **tsunami** es el principal riesgo mientras que las inundaciones presentan un riesgo menor, seguido por los deslizamientos de masas, por ello podríamos decir que un tsunami producido por un sismo de 8,8 grados en la escala de Richter, paralizaría las operaciones del Terminal Marítimo de Balao y podría producir principalmente derrames de crudo y

combustibles, incendios sobre estos productos derramados y muerte del personal que labora en el Terminal.

- F. Un **proceso de inundación** podría afectar parcialmente las actividades del Terminal, permitiendo su funcionamiento temporal, las áreas afectadas serian bodegas, obras civiles y equipos y maquinarias móviles.
- G. Un proceso de **movimiento de masas** podría afectar parcialmente las actividades del Terminal sin afectar significativamente su operación e instalaciones.
- H. Los Planes de Emergencia en la costa de Esmeraldas, no se encuentran alineados en forma nacional, regional, local y específico a cada empresa. En parte por la escasa cartografía base y temática y la limitado por factores administrativos y costos de los estudios.

7. Recomendaciones

7.1. Recomendaciones

- A. Gestionar la aprobación de los mapas de peligros y riesgos del presente estudio para incluirlos en los análisis de riesgos operacionales, Planes y Procedimientos de Emergencias.
- B. Incluir en la elaboración de estudios de riesgo, pliegos o en las especificaciones técnicas de los procesos de contratación pública de estos estudios, el análisis mediante variables espaciales del riesgo.
- C. Gestionar la creación de un Sistema de Información Geográfica como parte de los Sistemas de Gestión del Terminal de Marítimo de Balao, que participe en los procesos de planificación de la cadena de valor, y de los procesos de seguridad, salud y ambiente.
- D. Analizar la reubicación de los equipos de emergencia y contingencia en base a las zonas de inundación y las áreas críticas, y no únicamente a la disponibilidad de espacio en las instalaciones administrativa, para mejorar su capacidad de respuesta.
- E. Participar en los estudios relacionados a fenómenos naturales con otras instituciones públicas y privadas, donde la generación y administración de la geoinformación este alineado a las políticas de geoinformación del Estado (SEMPLADES al momento)
- F. Redefinir las rutas de evacuación, ubicación del dispensario médico, zonas seguras e incluir las modificaciones en el procedimiento de evacuación, se ha determinado como opciones a evaluar tenemos el relleno sanitario, área de la cancha de futbol, Oficina de Superintendencia, y Parqueaderos externos.

- G. Capacitar al personal de los riesgos asociados a fenómenos de tsunamis, inundaciones y movimiento de masas dentro del Programa de Capacitación Anual propuesto en el Plan de Manejo Ambiental del Terminal Marítimo de Balao.

- H. Realizar simulacros con ejercicios basados en los parámetros del presente estudio, para medir el tiempo de respuesta, el nivel de movilidad y velocidad de evacuación de las zonas de riesgo crítico, verificar el equipo de comunicación y alarmas, observar limitaciones de comunicación, evacuación, atención de emergencias por organismos externos e internos.

- I. Actualizar el análisis de riesgo de derrame, incendio y explosión, utilizando método NFPA, entre otros, para establecer el peligro de cada uno de estos factores en forma independiente.

8. Bibliografía

- Anderson, J., & Minkhail, E. (1987). *Introducción a la Topografía* (pp. 1-142). Ciudad de México: McGrawHill.
- ARPEL (1999). *Control de la Contaminación Proveniente de Terminales Marítimos*. Canadian International Development Agency.
- Arreaga, P. (1998). *Estudio de Tsunamis en la Costa Sur del Ecuador (Golfo de Guayaquil)* (pp 1-16) Guayaquil: INOCAR.
- Banco Interamericano de Desarrollo (2002). *Análisis de riesgos naturales en Latinoamérica*.
- Blachut, T. J. (1979). *Cartografía y Levantamientos Urbanos* (pp 39-346). Ciudad de México: Springer-Verlag.
- Carrillo, H. (2013). *Material de Apoyo Curso de Planes de Manejo*. (pp 1 -62). Quito: EPPETROECUADOR.
- Centro de Investigación y Desarrollo en Información Geográfica (2011). *Análisis y Modelamiento SIG con Aplicaciones en Medio Ambiente: Curso de GIS Avanzado* (pp.1-25).
- Centro Nacional de Prevención de Desastres (2001). *Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastre* (pp 50-57), Ciudad de México.
- CEPAL (2000). *Riesgos Naturales, Definiciones y Conceptos*, Quito: Naciones Unidas.
- CEPEIGE (1995). *Elementos de Cartografía Básica* (pp. 1-64) Quito: Centro Panamericano de Estudios e Investigaciones Geográficas.

- Comunidad Andina (2013). *Grandes olas en puertos*. Comunidad Andina, 88-95, Recuperado de http://www.comunidadandina.org/public/Atlas_8_Grandes_olas_en_puertos.pdf
- Cruz, M., & Acosta, M. (2004). *Riesgo de Tsunami en la Costa Ecuatoriana*, Sección Nacional del Ecuador del Instituto Panamericano de Geografía e Historia. 1-15, Recuperado de <http://www.ipgh.gob.ec/index.php/geofisica/publicaciones/67-riesgos-por-tsunami-en-la-costa-ecuatoriana>
- Cruz, M., & Vásquez, N. (diciembre, 2010). Elaboración de 33 cartas – croquis de amenazas por tsunami y análisis de riesgos en la costa ecuatoriana utilizando indicadores geomorfológicos y socioambientales. *Revista Geoespacial No 7*, 1-20.
- Departamento de Edafología y Química Agrícola (2013). *Edafología de suelo*. Recuperado de <http://edafologia.ugr.es/introeda/tema04/text.htm#anchor622272>
- Diario El Comercio (10 de Julio de 2013). *Los sismos lentos se monitorean con estaciones de banda ancha*, Grupo El Comercio. Recuperado de http://www.elcomercio.com/tecnologia/sismos-lentos-monitorean-estaciones-ancha_0_757724281.html.
- Flores, B. (2010). *Geoprocesamiento Satelital para Investigación Superficial del Terreno en la Provincia de Manabí* (pp. 1-123). Ecuador: Quito: Servicio de publicaciones del Instituto del Petróleo.
- Fuerza Naval del Instituto Oceanográfico (2010). *Plan de Contingencia para Tsunamis de la Ciudad de Esmeraldas* (pp. 1-98) Guayaquil.
- Gómez, M., & Bosque, J. (2004). *Sensitivity analysis in multicriteria decision making: a review, Human and ecological risk assessment* (pp 1-15).

- Gómez, M., & Barredo, J. (2005). *Sistemas de Información Geográfica y Evaluación Multicriterio* (Vol. 2, pp 1-221). Ciudad de México:Alfaomega Ra-Ma.
- INAMHI, Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (2010). *Anuario Meteorológico 2010* (50va ed., pp. 1-139). Quito.
- INAMHI, Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (2013). Recuperado de <http://186.42.174.231/publicaciones/Anuarios/Meteoro/>
- INGEOCONSULT (2001). *Ordenamiento territorial y control de riesgos en las laderas del Cantón Esmeraldas, Unidad de Coordinación de asistencia técnica para la gestión ambiental* (52p).Esmeraldas, Ilustre Municipio de Esmeraldas.
- INOCAR, Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador (2013). *Eventos en el Ecuador tsunamis y maremotos producidos cerca de las costas ecuatorianas*. Recuperado de <http://www.inocar.mil.ec/links.php?C=6&S=4&idC=1>
- Instituto Geofísico - EPN (2013). *Informes Sísmicos*. Recuperado de <http://www.igepon.edu.ec/>
- IGAC, Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2010). *El ABC de los Suelos para no Expertos* (pp 15-93). Bogotá.
- Jolivet, L., Nataf, H., Aubouin, J. (1998). *Geodynamics* (pp. 1-206). Paris: Taylor & Francis.
- MRL, Ministerio de Relaciones Laborales. (2013). *Aplicación de Matriz de Riesgos Laborales* (pp 1-30).

Ministerio del Ambiente. (2013). *Modelo de Unidades Geomorfológicas para la representación Cartográfica de Ecosistemas del Ecuador Continental* (57p). Quito.

Ministerio del Trabajo (2013). *Seguridad y Salud en el Trabajo*. Recuperado de <http://www.relacioneslaborales.gob.ec/seguridad-y-salud-en-el-trabajo/>

Municipio de Esmeraldas (2010). *Plan de contingencia frente a tsunamis – Guía de preparación y respuesta ante tsunamis* (34p). Esmeraldas: Imprenta Sagrado Corazón.

National Geographics (2013). *Tsunamis*, Recuperado de <http://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/desastres-naturales/tsunami-definicion>

NFPA, National Fire Protection Association (2012). *NPFA 10: Norma para extintores portátiles contra incendios* (2012 ed., pp. 2-59).

NFPA, National Fire Protection Association (2012). *NPFA 30: Código de Líquidos Inflamables Combustibles* (2012 ed., pp. 26-41).

NFPA, National Fire Protection Association (2012). *NPFA 704: Sistema Normativo para la Identificación de los Riesgos de Materiales para Respuesta a Emergencias* (2012 ed., pp. 6-12).

NFPA, National Fire Protection Association (2012). *NPFA 30: Norma sobre Administración de Emergencias/Desastres y Programas para la Continuidad del Negocio* (2012 ed., pp. 10-14).

Oficina Nacional de Meteorológica de Republica Dominicana (2013). *Unidad Alerta Tsunami Onamet (UATO)*. Gobierno de Republica Dominicana, Recuperado de <http://www.onamet.gov.do/?s=web&p=1069>

- Ordoñez, P., Pérez, P., Duran, J. (2010). *Atlas Geográfico de Petroecuador – VAS* (pp. 1-84). Quito: Imprenta La Oficina.
- PETROECUADOR (1992). *Distancia mínima de seguridad que deben contemplarse en las instalaciones petroleras: Norma SI-006* (pp 1-11). Quito: Gerencia de Protección Ambiental.
- PETROECUADOR (1992). *Planes de Emergencia: Norma SI-004* (pp. 1-5), Quito: Gerencia de Protección Ambiental.
- PETROECUADOR (2002). *Sistemas de Gestión Ambiental* (pp. 25-32) *Tomo III*, Quito: Editorial Universitaria.
- PETROPRODUCCION (2005). *Reglamento Sustitutivo del Reglamento para Actividades Hidrocarburíferas – Decreto No 1215* (pp. 1-76). Quito: Gerencia de Protección Ambiental
- Turcotte, D., & Schubert, G. (2002). *Geodynamics*. (2nd ed). New York: Cambridge University Press
- USGS, United State Geological Survey (2013). *Earthquake Hazard Program*. Recuperado de <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/>
- Winckell, A. (1997). *Los Paisaje Naturales del Ecuador* (pp 208-322). Quito: Imprenta del Instituto Geográfico Militar.
- Winckell, A. (1992). *Los Paisaje Naturales del Ecuador: Las condiciones generales del medio natural* (Vol. I, pp 1-96). Quito: IPGH.
- Zuleta, C., & Custodio, S. (2007). *Estudio de Vulnerabilidad Frente a Fenómenos de Remoción en masa para la Infraestructura Petrolera de Refinería Estatal de Esmeraldas (REE) y los Tanques de Almacenamiento de Petróleo del Puerto de Balao*. (Tesis de Ingeniería en Ciencias Geográficas inédita), Universidad Católica, Quito.

9. Glosario

Amenaza	Factor externo de riesgo, representado por la potencial ocurrencia (probabilidad) de un suceso de origen natural, generado por la actividad humana, o la combinación de ambos, que puede manifestarse en un lugar específico, con una intensidad y duración determinadas.
BBLS	Barril, barriles (abreviatura para barriles de petróleo de crudo).
Cobertura vegetal	Aporta a la cohesión de las masas, ya que sus raíces al profundizar construyen una red como un esqueleto en el suelo y controla la cantidad de agua en el suelo, los procesos de deforestación se traducen en procesos erosivos y de mayor acumulación de agua.
Desastres	Siniestros de gran severidad y magnitud que producen víctimas y daños económicos (alteraciones en las personas, la economía, los sistemas sociales y el medio ambiente) y que no pueden manejarse con los procedimientos rutinarios de emergencia -superan la capacidad de respuesta de la comunidad afectada-. Causados por sucesos naturales, generados por la actividad humana o por la combinación de ambos.
Emergencia	Siniestros que producen víctimas y daños económicos (alteraciones en las personas, la economía, los sistemas sociales y el medio ambiente) cuyas acciones de respuesta pueden ser manejadas con los recursos localmente disponibles. Causados por sucesos naturales, generados por la actividad humana o por la combinación de ambos
EPN	Escuela Politécnica Nacional
ESPE	Escuela Politécnica del Ejercito
ESPOL	Escuela Politécnica del Litoral
EP PETROECUADOR	Empresa Publica Petróleos del Ecuador
IGEPN	Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional
INAMHI	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

Inceptisol	(Lat. Inceptum, comienzo, incipiente) Suelos de evolución baja a media, ubicados en zonas más o menos estables a través del tiempo, con algún grado de desarrollo, fertilidad variable, desde alta, en las zonas de influencia en los ríos, hasta baja, en las zonas montañosas y muy húmedas.(IGAC, 2010).
Intensidad	Es el grado de daño generado en las áreas de influencia del sismo.
Fenómenos Naturales	Son manifestaciones de los procesos naturales constructivos y destructivos, ya sean atmosféricos o geológicos
Granulometría	Es la medición y clasificación del tamaño de partícula y su proporción en una muestra de suelo definida, representación de un área en la realidad, a partir del cual se puede analizar, las propiedades del suelo, génesis, entre otros parámetros. Para la clasificación por el tamaño de partícula se utiliza una escala, siendo la más usada la desarrollada por la USDA.
MAE	Ministerio del Ambiente
Magnitud:	Es la cantidad de energía liberada, se mide a través de la escala de Richter, que cuantifica la cantidad de energía liberada a través de una escala logarítmica
Medidas de control	Medidas o barreras duras tales como: protecciones de máquinas y elementos de protección personal y medidas blandas, tales como: procedimientos, permisos de trabajo, instructivos de trabajo, inspecciones, instrucción laboral, entrenamiento, etc.
Mapa Temático	Representación a distintas escalas de información cuantitativa y cualitativa de fenómenos naturales o Culturales, relacionados con la actividad humana.
MSNM	Metros sobre el nivel del mar
Peligro	Es el estado latente de una amenaza que ese puede producir o manifestar cualquier momento, cuando las condiciones detonantes se combinan de manera favorable.
Precipitación atmosférica	Consiste en la caída de lluvia, llovizna, nieve, granizo, hielo granulado, etc., desde las nubes a la superficie de la tierra, se mide en alturas de precipitación en mm, que equivale a la altura obtenida por la caída de un litro de agua sobre la superficie de un metro cuadrado. (INAMHI, 1991)

Riesgo sísmico	Es la combinación del peligro sísmico (intensidad del sismo), la vulnerabilidad (cantidad de daño que se genera sobre el área afectada) y la posibilidad que suceda en el tiempo.
SIG	<p>Sistema de Información Geográfica</p> <p>“Es un intento más o menos logrado según los casos de constituir una visión esquemática de una realidad compleja” (<i>BOSQUE, 1994</i>)</p> <p>“Un Sistema de Información Geográfica puede ser concebido como una especialización de un sistema de bases de datos, caracterizado por su capacidad de manejar datos geográficos, que están georeferenciados y los cuales pueden ser visualizados como mapas” (<i>BRACKEN AND WEBSTER, 1992</i>).</p>
Sismo	Conocido también como terremoto es un sacudón, movimiento o vibración del suelo, generalmente producido por la liberación súbita de energía a causa del desplazamiento de masas rocosas en una falla tectónica (<i>página web, Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional</i>).
SOTE	Sistema de Oleoducto Transecuatoriano
Suelo	El Suelo para el común de la gente, es sinónimo de “piso” (el piso de la calle o de las cas, etc.). En esta publicación el suelo es algo diferente, tiene que ver con conceptos como “el medio donde crece las plantas”, con la “capa vegetal”, con las “tierras del país”, en fin, con “la capa que recubre la superficie del planeta (donde no hay agua o rocas) y donde habitan muchos seres, sean estos grandes o pequeños” (<i>IGAC, 2010</i>).
Textura de suelo	La textura del suelo es la proporción en la que se encuentran distribuidas variadas partículas elementales que pueden conformar un sustrato. Según sea el tamaño, porosidad o absorción del agua en la partícula del suelo o sustrato, puede clasificarse en 3 grupos básicos que son: la arena, el limo y las arcillas.
Tierra	Es una porción de la corteza terrestre que involucra el suelo, el subsuelo, los organismos y la atmosfera cercana, así como los procesos naturales e inducidos y los resultados de las actividades humanas pasadas y presentes que tienen un efecto en el comportamiento de las mismo (<i>FAO, 985</i>).

Tipo de suelo	<p>Los suelos se forman a través de la interacción en mayor grado del material parental (origen), clima, vegetación, vida animal, relieve y tiempo.</p> <p>La taxonomía de suelos de USDA, (Soil Taxonomy United States Department of Agriculture), fue desarrollada y coordinada internacionalmente por el Ministerio de Agricultura de los Estados Unidos, es una clasificación de suelos en función de varios características y propiedades que se desarrolla en niveles: Orden, Suborden, Gran Grupo, Subgrupo, Familia, y Serie.</p>
Tsunami	<p>Un tsunami o maremoto (del japonés <i>tsu</i>, «puerto» o «bahía», y <i>nami</i>, «ola»); literalmente significa <i>gran ola en el puerto</i>) es una ola o un grupo de olas de gran energía que se producen cuando algún fenómeno extraordinario desplaza verticalmente una gran masa de agua.</p>
USDA	<p><i>United States Department of Agriculture</i>; Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.</p>
USGS	<p><i>United States Geological Survey</i>; Servicio Geológico de los Estados Unidos.</p>
Vulnerabilidad	<p>Factor interno de riesgo de un sujeto, objeto o sistema, expuesto a una amenaza, que corresponde a su predisposición intrínseca a ser dañado.</p>
Zonas de seguridad	<p>Son las zonas donde el nivel de riesgo es mínimo y brindan las condiciones de seguridad frente a un suceso real de una amenaza natural. Las zonas de seguridad son áreas o lugares donde se los equipos de emergencia se pueden ubicar para atender a las personas en una emergencia.</p>

10. Anexos

10.1- Anexo 1: Flujo grama del mapa de vulnerabilidad por movimiento de masas

10.2- Anexo 2: Flujo grama del mapa de vulnerabilidad por inundación

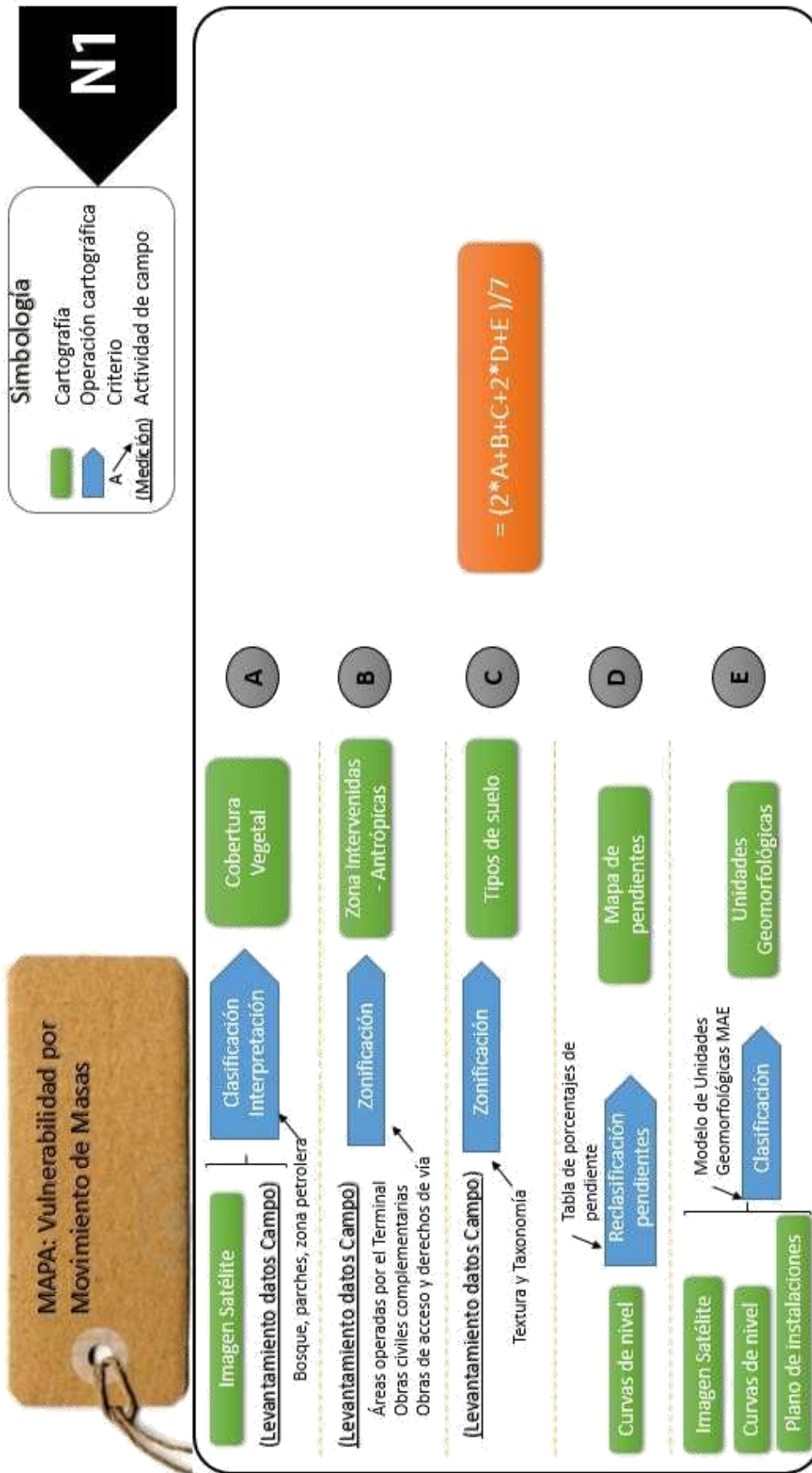
10.3- Anexo 3: Flujo grama del mapa de vulnerabilidad por tsunami

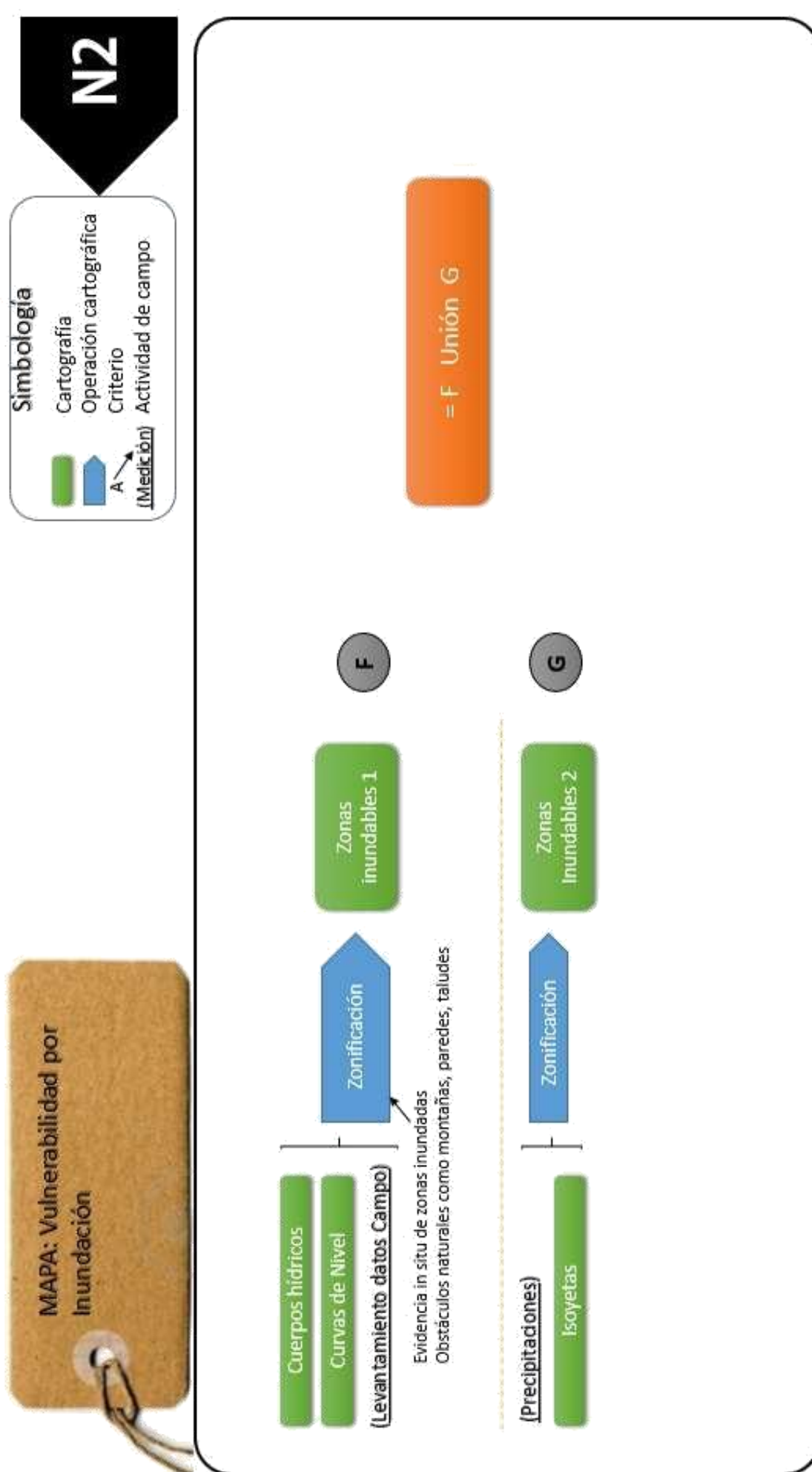
10.4- Anexo 4: Flujo grama del mapa de peligro de incendio y explosión

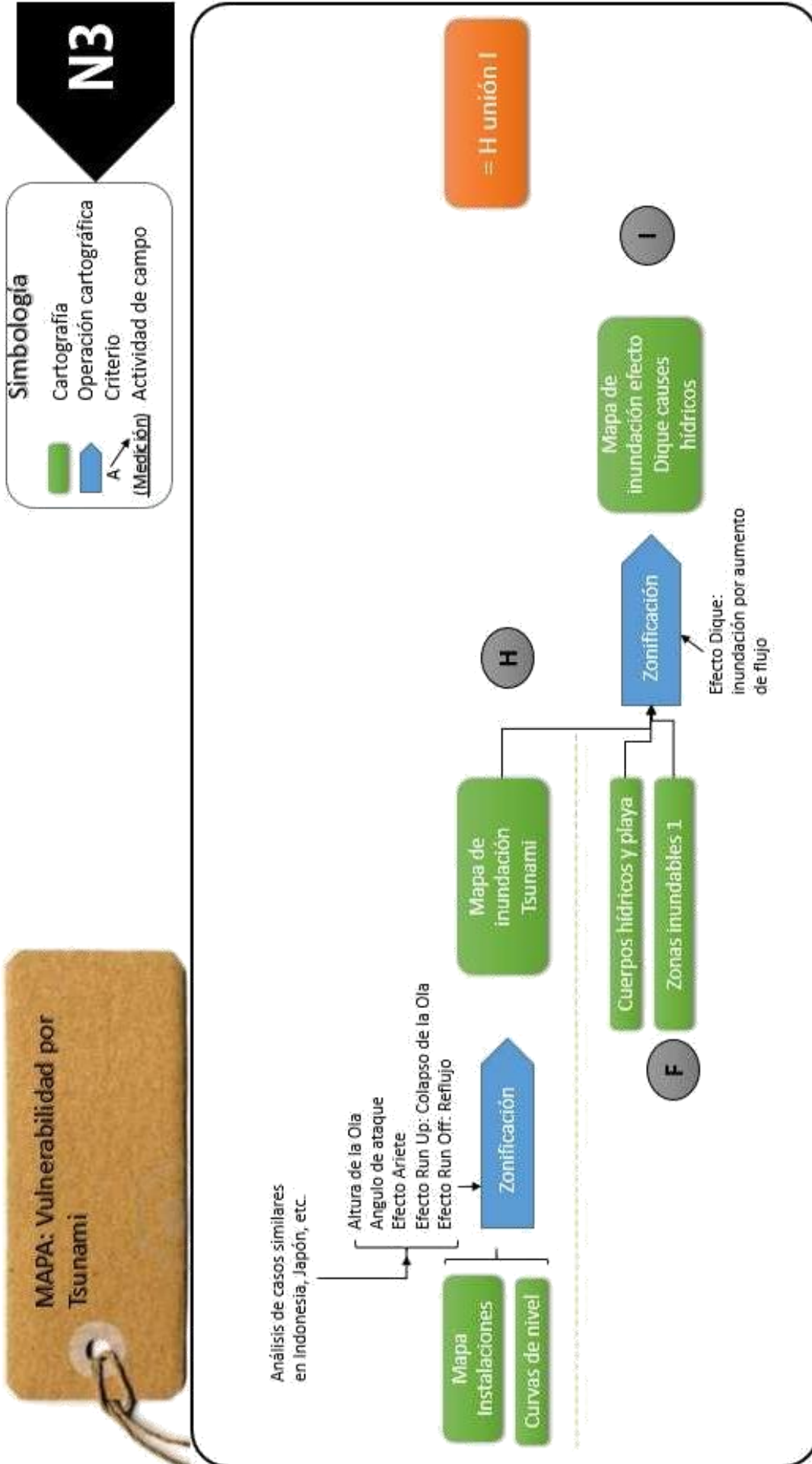
10.5- Anexo 5: Flujo grama del mapa de peligro de derrame

10.6- Anexo 6: Flujo grama del mapa de equipos de atención de emergencia

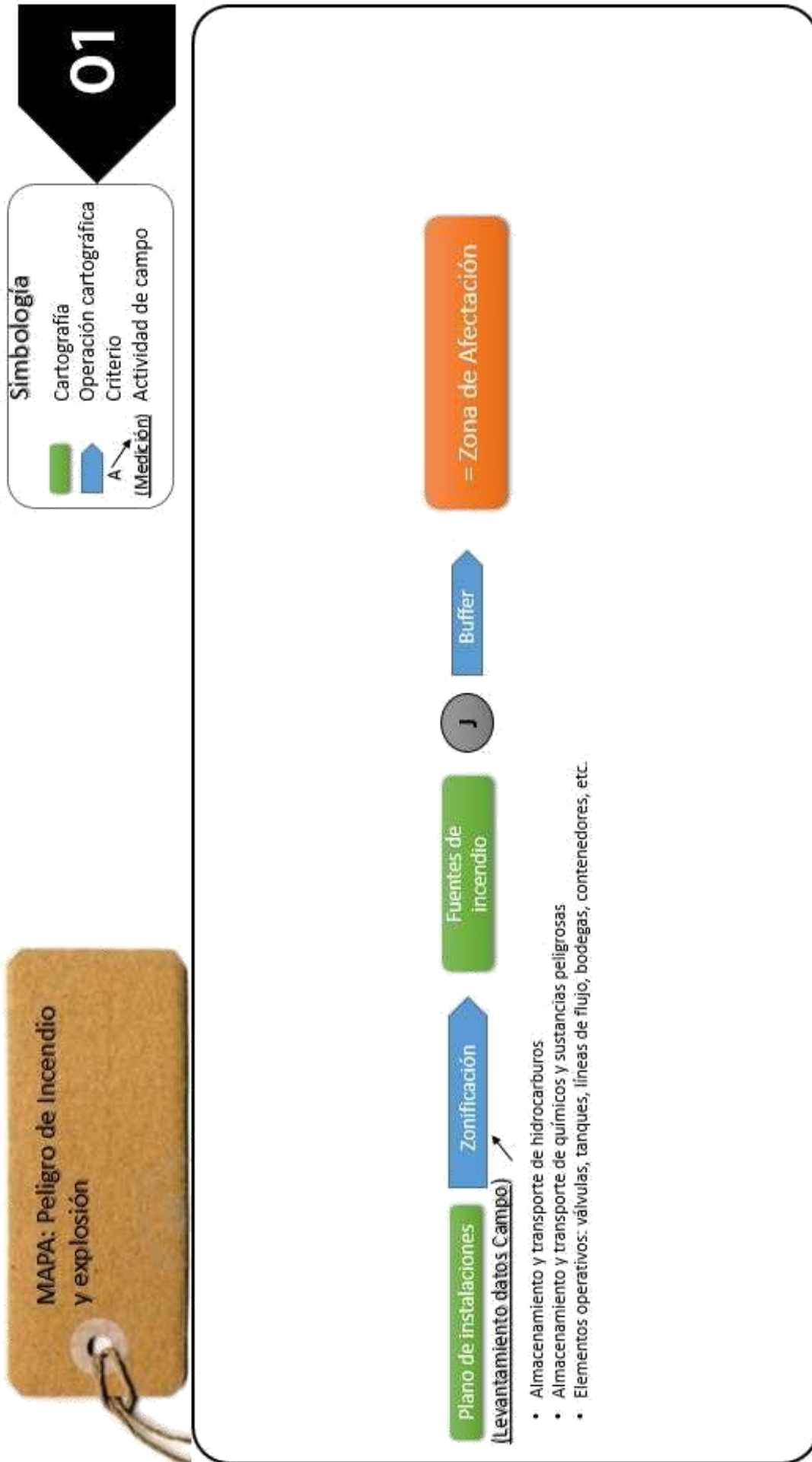
10.1- Anexo 1: Flujo grama del mapa de vulnerabilidad por movimiento de masas



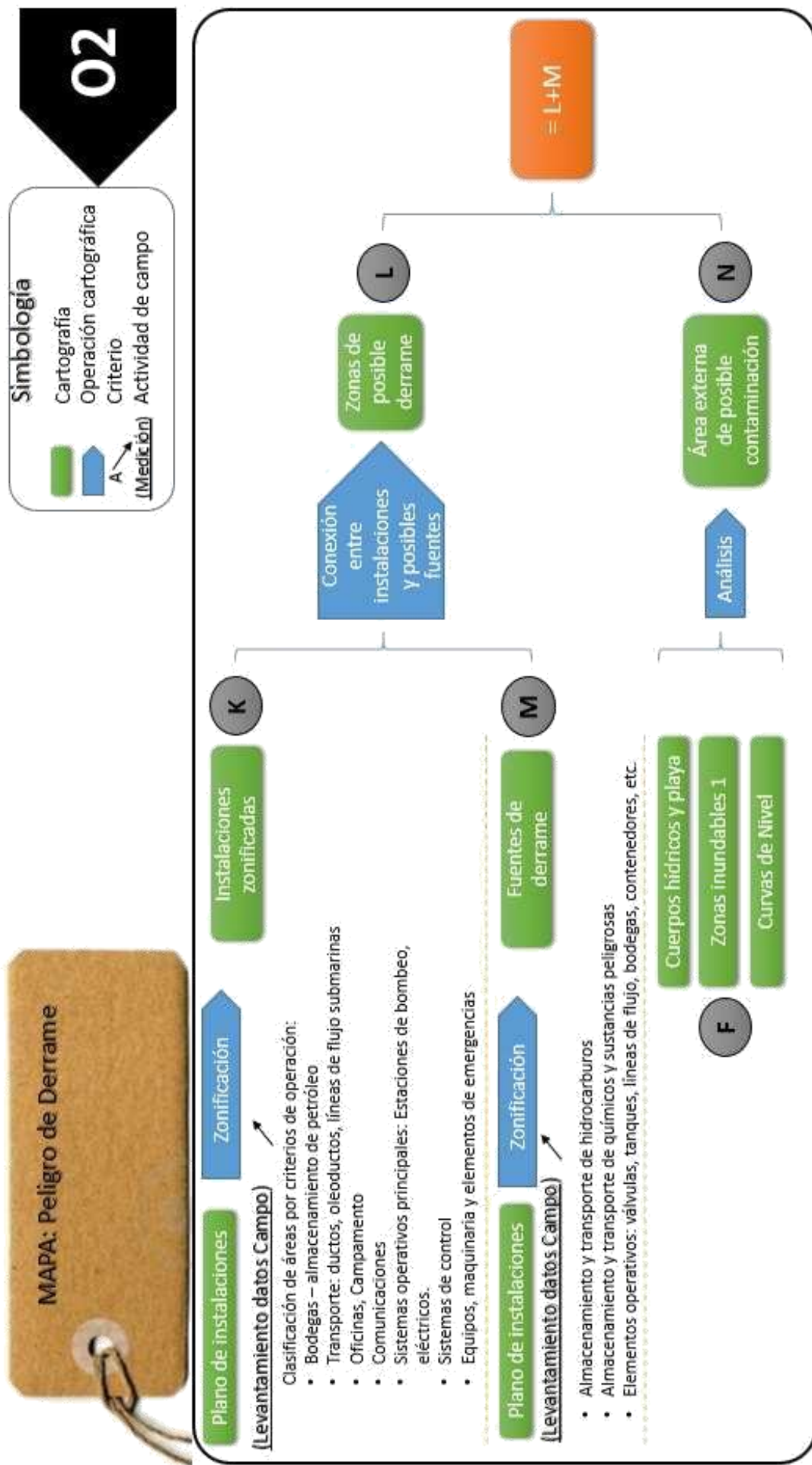




10.4- Anexo 4: Flujo grama del mapa de peligro de incendio y explosión



10.5- Anexo 5: Flujo grama del mapa de peligro de derrame



10.6- Anexo 6: Flujo grama del mapa de equipos de atención de emergencia

