

"PREVENCIÓN DE RIESGOS NATURALES Y TECNOLÓGICOS EN LA PLANIFICACIÓN TERRITORIAL Y URBANÍSTICA"

RIESGOMAP

DESARROLLO DE DIVERSAS ACTIVIDADES DEL PROYECTO RIESGOMAP

PROGRAMA DE COOPERACIÓN TRANSLACIONAL MADEIRA-AZORES-CANARIAS (MAC 2007-2013)

SEPTIEMBRE 2014



GRAFCAN
cartográfica de canarias, s.a.



Unión Europea
Fondo Europeo de
Desarrollo Regional
Invertimos en su futuro



INDICE

1. INTRODUCCIÓN	6
1.1 ANTECEDENTES	6
2. EXPOSICIÓN.....	7
2.1 METODOLOGÍA APLICADA EN LA ESTIMACIÓN DE LA EXPOSICIÓN SOCIAL.....	7
2.1.1 <i>Cálculo de la capa de edificios</i>	7
1.1.1.1 Generación de la capa de edificios.....	7
1.1.1.2 Cálculo de las alturas de los edificios	8
1.1.1.3 Asignación del tipo de construcción.....	9
2.1.2 <i>Exposición social. Edificios.</i>	12
2.1.3 <i>Exposición social. Resto de suelos.</i>	16
2.2 METODOLOGÍA APLICADA EN LA ESTIMACIÓN DE LA EXPOSICIÓN ECONÓMICA.	18
2.2.1 <i>Exposición económica.</i>	18
3. VULNERABILIDAD	20
3.1 METODOLOGÍA APLICADA EN LA ESTIMACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SOCIAL.	20
3.1.1 <i>Vulnerabilidad social individual</i>	20
3.1.1.1 Edad	20
3.1.1.2 Personas dependientes o enfermas	21
3.1.1.3 Número de plantas de los edificios	21
3.1.2 <i>Vulnerabilidad social colectiva</i>	21
3.1.2.1 Densidad de población	21
3.1.2.2 Distancia a vías de comunicación	21
3.1.2.3 Distancia a centros de transporte	22
3.1.2.4 Cálculo de la vulnerabilidad colectiva	22
3.1.3 <i>Vulnerabilidad social total</i>	22
3.2 METODOLOGÍA APLICADA EN LA ESTIMACIÓN DE LA VULNERABILIDAD ECONÓMICA.....	23
3.2.1 <i>Cálculo del año de construcción de las edificaciones.</i>	23
3.2.2 <i>Vulnerabilidad económica de las edificaciones por riesgo sísmico.</i>	24
3.2.3 <i>Vulnerabilidad económica de las edificaciones por riesgo volcánico.</i>	24
3.2.4 <i>Vulnerabilidad económica de las edificaciones por riesgo de inundación fluvial.</i>	25
3.2.5 <i>Vulnerabilidad económica de las edificaciones por riesgo de inundación costera.</i>	27
3.2.6 <i>Vulnerabilidad económica de las edificaciones por riesgo de incendio forestal.</i>	29
3.2.7 <i>Vulnerabilidad económica de las edificaciones por riesgo de dinámica de laderas.</i>	31
3.2.8 <i>Vulnerabilidad económica del suelo.</i>	34
3.2.9 <i>Vulnerabilidad económica total.</i>	36
4. PELIGROSIDAD.....	38
4.1 MAPAS DE PELIGROSIDAD SISMICA	38

4.1.1	<i>Introducción</i>	38
4.1.2	<i>Metodología de elaboración de los mapas</i>	39
4.1.2.1	Metodología.....	39
4.1.2.2	Zonas sismogénicas.....	43
4.1.2.3	LEY DE ATENUACIÓN.....	45
4.1.2.4	ANÁLISIS PROBABILÍSTICO.....	45
4.1.2.5	Resultados.....	49
4.1.3	<i>Fuentes de información cartográfica</i>	52
4.1.3.1	Información general:.....	52
4.1.3.2	Peligrosidad sísmica:.....	52
4.1.4	<i>Tipos de Mapas obtenidos</i>	53
4.1.4.1	Mapa de peligrosidad sísmica en Canarias a escala Nacional.....	53
4.1.4.2	Mapa de peligrosidad sísmica a escala de Canarias.....	53
4.1.4.3	Otros mapas de peligrosidad sísmica.....	53
4.1.5	<i>Modelo de datos</i>	53
4.1.6	<i>Sistema de representación</i>	60
4.1.7	<i>Conclusiones</i>	61
4.2	MAPAS DE PELIGROSIDAD VOLCÁNICA	61
4.2.1	<i>Introducción</i>	61
4.2.2	<i>Tipos de peligros simulados actualmente</i>	63
4.2.3	<i>Metodología de elaboración de mapas</i>	66
4.2.3.1	Fuentes de información cartográfica.....	66
4.2.3.2	Tipos de Mapas obtenidos.....	68
4.2.3.3	Modelo de datos.....	69
4.2.3.4	Sistema de representación.....	77
4.2.4	<i>Conclusiones</i>	83
4.3	MAPAS DE PELIGROSIDAD DE INUNDACIÓN FLUVIAL	84
4.3.1	<i>Introducción</i>	84
4.3.2	<i>Metodología de elaboración del mapa de peligrosidad de inundación fluvial</i>	85
4.3.2.1	Metodología.....	86
4.3.2.2	Resultados.....	93
4.3.2.3	Fuentes de información cartográfica.....	93
4.3.2.4	Tipos de Mapas obtenidos.....	96
4.3.2.5	Modelo de datos.....	96
4.3.2.6	Sistema de representación.....	104
4.3.3	<i>Conclusiones</i>	106
4.4	MAPAS DE PELIGROSIDAD DE INUNDACIÓN COSTERA	107
4.4.1	<i>Introducción</i>	107
4.4.2	<i>Metodología de elaboración del Mapa de peligrosidad de inundación costera</i>	109
4.4.2.1	Metodología.....	109
4.4.2.2	Resultados.....	111
4.4.2.3	Fuentes de información cartográfica.....	111

4.4.2.4	Tipos de Mapas obtenidos	113
4.4.2.5	Modelo de datos	113
4.4.2.6	Sistema de representación.....	116
4.4.3	<i>Conclusiones</i>	117
4.5	MAPAS DE SUSCEPTIBILIDAD DE INCENDIO FORESTAL	119
4.5.1	<i>Introducción</i>	119
4.5.2	<i>Metodología de elaboración del Mapa de susceptibilidad de incendios forestales</i>	122
4.5.2.1	Metodología	123
4.5.2.2	Resultados	132
4.5.2.3	Fuentes de información cartográfica	132
4.5.2.4	Tipos de Mapas obtenidos	133
4.5.2.5	Modelo de datos	133
4.5.2.6	Sistema de representación.....	134
4.5.3	<i>Conclusiones</i>	135
4.6	MAPAS DE SUSCEPTIBILIDAD DE DINÁMICA DE LADERAS	137
4.6.1	<i>Introducción</i>	137
4.6.2	<i>Metodología de elaboración del Mapa de susceptibilidad de movimientos de ladera</i>	140
4.6.2.1	Metodología.....	141
4.6.2.2	Resultados	147
4.6.2.3	Fuentes de información cartográfica	147
4.6.2.4	Tipos de Mapas obtenidos	148
4.6.2.5	Modelo de datos	148
4.6.2.6	Sistema de representación.....	149
4.6.3	<i>Conclusiones</i>	150
5.	MAPAS DE RIESGO	152
5.1	METODOLOGÍA.....	152
5.2	RESULTADOS.....	153
5.3	SISTEMA DE REPRESENTACIÓN	153
5.4	MAPAS PARA LA REDUCCIÓN DEL RIESGO EN LA PLANIFICACIÓN TERRITORIAL.....	154
6.	REGIÓN EXTERNA, CABO VERDE	161
6.1	INTRODUCCIÓN.....	161
6.2	EXPOSICIÓN	161
6.2.1	<i>Exposición social</i>	161
6.2.1.1	Exposición social. Edificios.	161
6.2.1.1	Exposición social. Resto de suelos.....	162
6.2.2	<i>Exposición económica</i>	163
6.3	MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD VOLCÁNICA DE FOGO	164
6.3.1	<i>Introducción</i>	164
6.3.2	<i>Tipos de peligros simulados actualmente</i>	166
6.3.3	<i>Metodología de elaboración del mapa</i>	169

6.3.3.1	Fuentes de información cartográfica	169
6.3.3.2	Tipos de Mapas obtenidos	170
6.3.3.3	Modelo de datos	170
6.3.3.4	Sistema de representación.....	173
6.3.4	Conclusiones	175
6.4	MAPA DE RIESGO	175

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Este documento describe la implementación realizada de las metodologías recogidas en el documento de metodología de RiesgoMap y su aplicación en Canarias y Cabo Verde con los datos obtenidos para cada territorio.

En muchos casos la metodología original recoge datos que no se encuentran disponibles y por tanto, ha habido que realizar de acuerdo con el equipo técnico, algunas adaptaciones de las metodologías propuestas para poder implementarlas en el ámbito de ejecución del proyecto.

En los siguientes apartados se describirán los procesos y procedimientos realizados para la ejecución de los diferentes apartados de la metodología. En muchos casos son procedimientos que han requerido la generación de código para su ejecución en el entorno de las herramientas GIS empleadas.

Este documento abarca la generación de mapas de exposición social y económica, vulnerabilidad social y económica, mapas de peligro y la composición final de los mapas de riesgos para cada uno de los riesgos evaluados en el marco del proyecto.

2. EXPOSICIÓN

2.1 Metodología aplicada en la estimación de la exposición social.

El objetivo principal de la exposición social es identificar la población Canaria (nº de personas) que se pueden ver afectadas por un determinado peligro o amenaza y evaluar su distribución.

La metodología elegida para aplicar en el ámbito de Canarias, tal y como se recoge en el documento metodológico es la correspondiente a cargas de ocupación. A cada tipología de edificación se le asignará un valor según su ocupación.

2.1.1 Cálculo de la capa de edificios

Para la generación de la capa de Edificios que utilizaremos en el marco del proyecto RiesgoMap se han tomado como referencia las siguientes capas del Mapa Topográfico Integrado de Canarias (escalas de referencia 1:1.000 y 1:5.000):

- C16_Construcciones_singulares
- C17_Construcciones_CxS
- C18_PatioLucernario_CxS
- C20_Edificaciones_CxS

1.1.1.1 Generación de la capa de edificios

Se han ejecutado los siguientes procesos GIS:

- Selección de elementos de la capa C17_Construcciones_CxS. Los elementos seleccionados son:
- Borrado de los elementos de C20_Edificaciones_CxS de las construcciones seleccionadas anteriormente
- Borrado de C16_ConstruccionesSingulares_CxS de C20_Edificaciones_CxS
- Unir las capas anteriores (Merge): C20_Edificaciones_sin_singulares + C16_Construcciones_singulares + C17_Construcciones_seleccionadas
- Borrar C18_PatioLucernario_CxS.shp del resultado de la capa anterior.
- Eliminar edificios en ruinas ("CDE" = "Rui")

- Eliminar fuentes (“CDE” = “Fte”)

1.1.1.2 Cálculo de las alturas de los edificios

Para la ejecución de la metodología de exposición social y el posterior reparto de la población en las construcciones es necesario conocer las alturas de los edificios para poder tener en cuenta el volumen edificado. Para el cálculo de las alturas de los edificios se va a utilizar por primera vez en Canarias la información proveniente del sensor Lidar que nos permitirá conocer con exactitud las alturas relativas de los edificios con respecto al suelo y poder así realizar estimaciones precisas del número de plantas.

Tomando como referencia el mapa Lidar de Canarias de las campañas 2011-2012 se ha realizado la normalización de alturas de los elementos Lidar empleando la clasificación de suelo y se ha generado el mapa de alturas relativas normalizado para todo el territorio. Este mapa tiene formato Raster y recoge las alturas relativas de todos los elementos del territorio con respecto al suelo.

Para asignar las alturas de los edificios a la capa anteriormente generada se realizaron las siguientes operaciones:

- Cargar el Mapa de alturas relativas normalizado en formato Ráster
- Ejecutar la herramienta “Estadísticas zonales como Tabla” y tomar la estadística de la media.
- Este proceso se ha realizado para cada isla y en el caso de las islas grandes se ha tenido que realizar en múltiples ejecuciones debido al gran volumen de datos para el cálculo.
- Aquellos elementos que no han cruzado correctamente (altura =0) se les asignará una altura por defecto de 3.5 metros (altura por defecto para una planta).
- La tabla resultante se unió (JOIN) a la tabla de construcciones para la asignación de alturas.
- Se ha calculado el número de plantas estimado “numplantas” como altura relativa/3.3 (3.3 metros es un valor medio extraído de un muestreo sobre zonas de control previamente seleccionadas).

1.1.1.3 Asignación del tipo de construcción

- Asignar el TIPO según la tabla de exposición social edificios ocupación descrita en la metodología.

Edificaciones en zona rural

- Tipo por defecto: TIPOE = 2

Edificios en zonas urbanas:

- Selección con la capa de SIOSE de núcleos urbanos:
- ("OCPPAL11" = 'UCS') OR("OCPPAL11" = 'UEN') OR("OCPPAL11" = 'UDS') OR("OCPPAL11" = 'TCO') OR("OCPPAL11" = 'TCH') OR("OCPPAL11" = 'EDU') OR("OCPPAL11" = 'EAI')OR("OCPPAL11" = 'EPU')
- Asignación de TIPOE = 1 a los edificios en zonas urbanas (Selección espacial por intersección)

Selección de naves y polígonos industriales:

- ("CDE" = 'N') OR(("CDE" = 'ESin') AND ("CLASIF" = 'Industrial'))

Selección de hospitales:

- Seleccionamos de la capa de puntos de interés TIPO=14.
- Selección por localización de elementos que intersecten.
- Selección de Centros sanitarios: Seleccionamos de la capa de puntos de interés TIPO=15.
- Selección por localización de elementos que intersecten.

Selección de puntos de interés de Residencias 3ª edad:

- ("TIPO" = '57') AND(("DESCRIPCIO" LIKE '%Residencia%') OR("DESCRIPCIO" LIKE '%Hogar%'))
- Selección por localización de elementos que intersecten.

Selección de puntos de interés de Centros de día:

- ("TIPO" = '57') AND(("DESCRIPCIO" LIKE '%dia%') OR("DESCRIPCIO" LIKE '%día%')OR("DESCRIPCIO" LIKE '%Día%')OR("DESCRIPCIO" LIKE '%Mayores%')OR("DESCRIPCIO" LIKE '%mayores%')OR("DESCRIPCIO" LIKE '%Edad%')OR("DESCRIPCIO" LIKE '%edad%')) AND ("DESCRIPCIO" NOT LIKE '%Sociedad%')
- Selección por localización de elementos que intersecten.

Selección de colegios de Primaria/Secundaria sobre los POIs:

- ("TIPO" = '24') AND(("DESCRIPCIO" LIKE '%Colegio%') OR ("DESCRIPCIO" LIKE '%CEIP%')OR ("DESCRIPCIO" LIKE '%C.E.I.P%')OR ("DESCRIPCIO" LIKE '%IES%')OR ("DESCRIPCIO" LIKE '%CIP%')OR ("DESCRIPCIO" LIKE '%C.I.P.%')OR ("DESCRIPCIO"

LIKE '%C.P%') OR ("DESCRIPCIO" LIKE '%I.E.S%') OR ("DESCRIPCIO" LIKE '%C.E.O%'))

- Cargamos capa C15_ZonasDelimitadas_CxS con Definition query: "CLASIF" = 'Educativa'
- Selección de la capa C15_ZonasDelimitadas por localización de elementos que intersecten con buffer de 2m con los puntos de interés seleccionados
- Seleccionamos los elementos de ExposicionConstruccionAlturas por localización que estén contenidos en los elementos seleccionados de C15_ZonasDelimitadas
- Asignamos TIPOE = 9

Selección de resto de centros educativos:

- ("TIPO" = '24') AND NOT (("DESCRIPCIO" LIKE '%Colegio%') OR ("DESCRIPCIO" LIKE '%CEIP%')OR ("DESCRIPCIO" LIKE '%C.E.I.P%')OR ("DESCRIPCIO" LIKE '%IES%')OR ("DESCRIPCIO" LIKE '%CIP%')OR ("DESCRIPCIO" LIKE '%C.I.P.%')OR ("DESCRIPCIO" LIKE '%C.P%') OR ("DESCRIPCIO" LIKE '%I.E.S%') OR ("DESCRIPCIO" LIKE '%C.E.O%'))
- Selección por localización de elementos que intersecten.

Selección de Iglesias:

- Selección de Iglesias sobre los POIs:
- ("TIPO" = '25')
- Selección por localización de elementos (TIPOE=1 ORE TIPOE=2) que intersecten (buffer de 2 metros).

Selección de Estaciones de transporte:

- Selección de Estaciones de guaguas y tranvías sobre los POIs:
- ("TIPO" = '6') OR ("TIPO" = '51')
- Selección por localización de elementos que intersecten (buffer de 2 metros).

Selección de Edificios públicos:

- Selección de Edificios públicos sobre los POIs:
- ("TIPO" = '20') AND (("DESCRIPCIO" LIKE '%untamiento%') OR ("DESCRIPCIO" LIKE '%ficinas%') OR ("DESCRIPCIO" LIKE '%Agencia Tributaria%') OR ("DESCRIPCIO" LIKE '%uzgados%') OR ("DESCRIPCIO" LIKE '%AEA%') OR ("DESCRIPCIO" LIKE '%INEM%') OR ("DESCRIPCIO" LIKE '%onsorcio de Tributos%')) Selección por localización de elementos que intersecten (buffer de 2 metros).

Selección de Edificios de espectáculos:

- Selección de Edificios públicos sobre los POIs:
- ("TIPO" = '23') OR ("TIPO" = '38')
- Selección por localización de elementos que intersecten (buffer de 2 metros).

Selección de Centro SocioCultural (museos):

- Selección de POIs:
- ("TIPO" = '22') OR ("TIPO" = '36') OR (("TIPO" = '37') AND NOT ("DESCRIPCIO" LIKE 'Sala%'))
- Selección por localización de elementos que intersecten (buffer de 3 metros).

Selección de Centro Comerciales:

- Selección de POIs:
- ("TIPO" = '17')
- Selección por localización de elementos que intersecten (buffer de 2 metros).

Selección de Instalaciones Energéticas:

- Selección de Edificios singulares:
- "CLASIF" = 'Energético'

Selección de Centros de Investigación:

- Selección de Edificios singulares:
- "CLASIF" = 'Científico / Investigación'

Selección de Zonas y Edificios Militares:

- Seleccionar de la capa C15_ZonasDelimitadas_CxS
- ("CLASIF" = 'Seguridad / Protección Civil / Defensa')AND (("TEXTO" LIKE '%ilitar%') OR ("TEXTO" LIKE '%Acuartelamiento%') OR ("TEXTO" LIKE '%Aviación%') OR ("TEXTO" LIKE '%Base%')OR ("TEXTO" LIKE '%Polvorín%')OR ("TEXTO" LIKE '%Artiller%')OR ("TEXTO" LIKE '%Infanter%')OR ("TEXTO" LIKE '%Bater%'))
- Selección por localización de elementos que estén contenidos.
- Además seleccionar directamente de la capa los edificios singulares con
- ("CLASIF" = 'Seguridad / Protección Civil / Defensa') AND(("TEXTO" LIKE '%ilitar%') OR ("TEXTO" LIKE '%rtiller%')OR ("TEXTO" LIKE '%nfanter%')OR ("TEXTO" LIKE '%efensa%'))

Selección de Servicios de Emergencia/Policia/Bomberos:

- Selección sobre la capa POI's
- [TIPO] = '10' OR [TIPO] = '27'
- Selección de elementos solamente de TIPOE=1 OR TIPOE=2
- Selección por localización de elementos que intersecten (buffer de 2 metros).

Selección de Casas Rurales:

- Selección sobre la capa POI's
- [TIPO] = '5'
- Selección por localización de elementos que intersecten (buffer de 3 metros).

Selección de Apartamentos:

- Selección sobre la capa POI's
- [TIPO] = '2' OR [TIPO] = '3'
- Generamos una capa de Catastro con las Parcelas Urbanas
- Selección por localización las parcelas de catastro que intersecten (buffer de 2 metros).
- Realizar un buffer de 5 metros sobre la capa de parcelas resultante
- Seleccionamos los edificios que están dentro de las parcelas seleccionadas.

Selección de Hoteles:

- Selección sobre la capa POI's
- [TIPO] = '1'
- Generamos una capa de Catastro con las Parcelas Urbanas
- Selección por localización las parcelas de catastro que intersecten (buffer de 2 metros).
- Realizar un buffer de 5 metros sobre la capa de parcelas resultante
- Seleccionamos los edificios que están dentro de las parcelas seleccionadas.

2.1.2 Exposición social. Edificios.

Una vez que tenemos la capa de edificios con la clasificación según la metodología, procedemos a aplicar la siguiente tabla con los índices de ocupación por tipología de edificación:

ACTIVIDAD ECONÓMICA	Tipo	Subtipo/Sufijo	VALORES PROPUESTOS RIESGOMAP
			OCUPACIÓN (personas/m ²)
URBANO CONCENTRADO	URBANO CONCENTRADO	Edificio	0,05 (este valor implica 5 personas cada 100 m ² que creemos que es el razonable para Canarias)
URBANO DISPERSO	URBANO DISPERSO	Edificio aislado o adosado	0.02
INDUSTRIAL	INDUSTRIAL DISPERSO O CONCENTRADO	Naves industriales	0.01
INFRAESTRUCTURA SOCIAL	Centros sanitarios	Hospital	0,167 (considerando solo la edificación)
		Hospital	0,071 (toda la parcela que alberga el elemento)
		Centro de Salud	0.111
		Otros centros sanitarios	0.111
	Centros de asistencia social	Residencia 3º edad	0.027
		Centro de día	0.333

		Otros centros de asistencia social	0.333
	<u>Centros educativos</u>	Centro educativo Primaria/Secundaria/Especial	0.5
		Centro educativo Primaria/Secundaria/Especial	0,05 (considerando toda la parcela que alberga el elemento, incluye patio, zonas deportivas, etc...)
		Otros centro educativos	0.333
		Otros centro educativos	0,03 (considerando toda la parcela que alberga el elemento, incluye patio, zonas deportivas, etc...)
		Instalación deportiva	Campo de futbol
	Campo de futbol		0,05 (Campos de futbol resto de núcleos)
	Polideportivo		1,667 (polideportivos grandes en ciudades principales)
	Polideportivo		0,25 (Polideportivos ubicados en el resto de núcleos)
	Piscina pública		0.25
	<u>Camping y zonas recreativas</u> [7]	Camping y zonas recreativas	1 (Polígono que albergue únicamente las zonas de acampada)
		Camping y zonas recreativas	0,25 (Considerando todas las instalaciones del camping)
	Edificios de espectáculos		1,667 (teatros, cines, conciertos, donde las personas están de pie o sentados en gradas)
	Edificios públicos	Centro socio-cultural	0,333 (museos, bibliotecas, etc.)
		Edificio de culto	0,2 (iglesias, edificios religiosos)
		Edificios públicos, ayuntamientos...	0.1
		Estación de transporte	0.667
		Recintos feriales	1,667 (correspondientes a zonas de grandes exposiciones o eventos)
	Instalaciones comerciales	Instalaciones comerciales	0,5 (Solo edificio)
		Instalaciones comerciales	0,286 (todas las instalaciones, correspondientes a grandes centros comerciales)
TERCIARIO	Establecimientos hoteleros	Hotel	0,071 (Solo edificios)
		Hotel	0,02 (Complejos hoteleros)
		Apartamentos	0,05 (Solo edificios)
		Hostal	0,083 (Solo edificios)
		Hotel casa rural	0,033 (Solo edificios)
INFRAESTRUCTURA SOCIAL	Medios de comunicación social	Medios de comunicación social	0,1
TERCIARIO	Zonas de esparcimiento	Parque de atracciones	1
		Zoológico	0,25 (Incluiría al LoroParque y todos aquellos parques temáticos que tienen mucha zona verde)
		Parque urbano	0.002
OTRAS ÁREAS		Playas, dunas y arenales	0.667
	Servicios de	Bomberos	0.1

INFRAESTRUCTURA SOCIAL	seguridad y emergencias	Policía	0.1
		Protección Civil	0.1
		TSU	0.1
		Coordinación emergencias	0.1
		Coordinación de servicios esenciales	0.1
		FCSE	0.1
		Servicios militares (Zonas militares)	0.037
TERCIARIO	Estación de servicio	Estación de servicio	0.01
INFRAESTRUCTURA SOCIAL	Centros de investigación		0.002
INFRAESTRUCTURA: ENERGÍA	Instalaciones radiológico-nucleares		0.002
INFRAESTRUCTURA HIDRAULICO-SANITARIA	Instalaciones de abastecimiento de agua	Depuración/desalación	0.002
INFRAESTRUCTURA: ENERGÍA	Red eléctrica	Producción eléctrica	0.002
		Subestación/transformador	0.002
INFRAESTRUCTURA:RESIDUOS	Instalaciones gestión de residuos	Punto limpio	0.002
		Planta de transferencia	0.002
AGRICOLA/OTROS USOS RURALES	Explotaciones ganaderas	Ganaderas	0.002
		Agrícolas	0.002
OTROS USOS RURALES	Explotaciones de acuicultura, forestal, minero extractivo		0.002

Para expresar el grado de ocupación es necesario conocer la superficie total del edificio teniendo en cuenta el número de plantas que posee. El número de plantas se ha calculado usando la metodología LIDAR expuesta en el punto 1.1.1.2

$$\text{Grado de ocupación} = \text{Ocupación (personas/m}^2\text{)} \times \text{Superficie edificación} \times \text{N}^{\circ} \text{ plantas}$$

En función de la tipología de la edificación se aplicará un *grado de exposición* en función del tipo de riesgo. Esto queda reflejado en la siguiente tabla:

	Sísmico	Volcánico	Inundación	Incendio	Dinámica de ladera
Al aire libre	0,100	1,000	1,000	0,100	1,000
Al aire libre con alguna infraestructura	0,250	0,900	0,900	0,250	0,900
Edificación entre 1-3 plantas	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
Edificación con más de tres plantas	0,950	0,175	0,175	0,500	0,175

Finalmente se establece que la Exposición social se calcula como:

Exposición social = Grado de ocupación x Grado de exposición

La ponderación en niveles se efectúa con la siguiente tabla:

Niveles	Valor
Muy bajo	<0,1
Bajo	1-0,1
Medio	10-1
Alto	50-10
Muy alto	>50

2.1.3 Exposición social. Resto de suelos

En el resto de usos del territorio no relacionados con edificaciones no se puede asignar un grado de ocupación de la población y por tanto en estas áreas la exposición social quedará valorada directamente según la siguiente tabla:

Clase	Tipo	Subtipo/Sufijo	Nivel
	Bienes histórico-artístico	BIC	Media (1-10)
		Archivo	
		Interés turístico	
		Sitio histórico	
		Monumento histórico-artístico	
Elementos tecnológicos	Vías de comunicación	Autopistas	Alta (10-50)
		Autovías	
		Vías rápidas	
		Carreteras convencionales	
		Vías urbanas	
	Vías férreas	Caminos y pistas	Baja (0,1-1)
		Vías férreas (tranvía)	Media (1-10)
	Puerto	Puerto	Alta (10-50)
	Aeropuertos y aeródromos	Aeropuerto	
	Helipuerto y helisuperficie	Helipuerto	Baja (0,1-1)
	Tomas aéreas	Tomas aéreas	Muy Baja (< 0,1)
	Oleoductos	Oleoductos	
	Instalaciones mineras		
	Instalaciones de abastecimiento de agua	Presa	
		Galería	
		Pozo	
		Canal/conducción	
		Almacenaje hidráulico	
	Instalaciones de saneamiento	Red de distribución hidráulica	
		Emisario submarino	
Red eléctrica	Alcantarillado		
	Líneas de distribución		
Red de telecomunicación	Red de telecomunicación		
	Red de telecomunicación emergencias		
Red meteorológica			
Red sísmico-volcánica			
Red de contaminación			
Residuos	Complejo ambiental		
	Vertedero		
ZEC	ZEC	Baja (0,1-1)	
ZEPA	ZEPA		
ENP	ENP		
Montes Bosques	Montes Bosques		
Mirador	Mirador		
Cultivos	Cultivos herbáceos distintos del arroz		
	Frutales cítricos		
	Frutales no cítricos		
	Viñedo		
	Otros cultivos leñosos		
Pastos	Prados		
Pastizales		Muy Baja (< 0,1)	
Matorral			

Clase	Tipo	Subtipo/Sufijo	Nivel
	Terrenos sin vegetación	Acantilados marinos	
		Coladas lávicas cuaternarias	
		Canchales	
		Afloramientos rocosos	
		Ramblas	
		Roquedo	
		Suelo desnudo	
		Zonas quemadas	
	Cobertura húmeda		
	Cobertura de agua	Cursos de agua	
		Mares y océanos	
		Lagunas costeras	

Para realizar la selección de cada categoría, se han utilizado los datos de la capa SIOSE, los datos de callejero y una selección de los puntos de interés.

2.2 Metodología aplicada en la estimación de la exposición económica.

El objetivo principal de la exposición económica es identificar los elementos del territorio de Canarias que representan un mayor valor y que pueden verse afectados por un determinado peligro o amenaza.

2.2.1 Exposición económica.

La exposición económica se estimará a partir únicamente del valor de uso del suelo mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Valor.uso.suelo} = \text{Valor.uso}(\text{€/m}^2) \times \text{Superficie} (\text{m}^2)$$

Uso del suelo	Valor (€/m ²)
Urbano concentrado	
Edificación asociada a urbano concentrado (sin desagregar edificaciones)	350
Edificación asociada a urbano concentrado (edificios desagregados)	400
Urbano disperso	
Edificación asociada a urbano disperso (sin desagregar edificaciones)	170
Edificación asociada a urbano disperso (edificios desagregados)	260
Asociado a urbano	150
Infraestructura social	200
Terciario	380
Industrial concentrado	
Industrial concentrado (sin desagregar edificaciones)	450
Industrial concentrado (edificios desagregados)	380
Industrial disperso	
Industrial disperso (sin desagregar edificaciones)	170
Industrial disperso (edificios desagregados)	380
Agrícola – Secano	1
Agrícola – Regadio	5
Agrícola indeterminado	3
Otros usos rurales	0.5
Forestal	0
Infraestructuras: carreteras	250
Infraestructuras: ferrocarriles	350
Infraestructuras: aeroportuarias	450
Infraestructuras: energía	500
Infraestructuras: comunicaciones	500
Infraestructuras: hidráulico - sanitarias	500
Infraestructuras: residuos	150
Masas de agua	0
Otras áreas sin riesgo económico	0

Es decir, según lo establecido para clasificar la exposición económica, si se trabaja en formato raster y se considera un pixel de tamaño 10x10. A partir de los datos de la tabla anterior, el valor de la exposición económica máximo por pixel es de 50.000€.

Por tanto, se consideran los siguientes niveles de exposición económica:

Tabla: Niveles establecidos de exposición económica

Niveles	Valor (€)
Muy bajo	Entre 0-5.000
Bajo	Entre 5.000-12.500
Medio	Entre 12.500-25.000
Alto	Entre 25.000-40.000
Muy Alto	Mayor de 40.000

Fuente: Elaboración propia

3. VULNERABILIDAD

3.1 Metodología aplicada en la estimación de la vulnerabilidad social.

La vulnerabilidad social tiene como objetivo identificar aquellas características que generan que un determinado grupo de la población expuesta, presente un mayor grado de fragilidad respecto al resto de población expuesta.

Para realizar el cálculo de la vulnerabilidad social, se debe separar el cálculo según la fragilidad sea individual o colectiva.

Tal como indica la metodología, se trabaja a nivel de secciones censales.

3.1.1 Vulnerabilidad social individual

Se han realizado las indicaciones tal cual indica la metodología excepto aplicar los datos de “conocimiento del idioma” puesto que no se disponía de esa información.

3.1.1.1 Edad

Se establecen determinados valores según la población sensible represente un porcentaje con respecto a la población total municipal.

Franja de edad	0-2,5% del total del municipio	2,5-5 %	5-10 %	10-15 %	> 15 %
Porcentaje de población entre 0-17 años	0,05	0,1	0,15	0,2	0,4
Porcentaje de población mayor de 65 años	0,05	0,1	0,15	0,2	0,4

Fuente: Elaboración propia

En aquellos lugares donde se localizan elementos especiales que afectan a población vulnerable por edad, se le establece los siguientes valores, en lugar del indicado en la sección censal:

Franja de edad	Tipo-subtipo	Valor
Elementos con alto porcentaje de población inferior a 5 años	Centro de educación infantil-preescolar	1
Elementos con alto porcentaje de población entre 5 y 17 años	Centro educativo Primaria/Secundaria/Especial	1
Elementos con alto porcentaje de población mayor de 65 años	Residencia 3ª edad, Centro de día	1

Fuente: Elaboración propia

3.1.1.2 Personas dependientes o enfermas

La ubicación de los hospitales y de las residencias de la tercera edad se marcan con valor de 1. El resto se elementos del territorio, respecto a este aspecto se considera como 0.

3.1.1.3 Número de plantas de los edificios

Se estima el número de plantas que presentan los edificios, puesto que está relacionado con la dificultad de evacuación de la población y con el grado de fragilidad de la misma. Para realizar este cálculo se han tomado los datos calculado en el punto 1.1.1.2.

Tipo de edificio	0-2,5% del total del municipio
Edificios de una o dos plantas	0,1
Edificios de entre 2-5 plantas	0,7
Edificios de más de 5 plantas	0,5

Fuente: Elaboración propia

Para estimar el total de vulnerabilidad individual social, se aplicará la siguiente fórmula modificada con respecto a la original.

$$\text{Vul. Individual social} = 5 \times (\text{EDAD}) + 5 \times (\text{DEPENDIENTES}) + 4 \times (\text{N}^\circ \text{ DE PLANTAS})$$

3.1.2 Vulnerabilidad social colectiva

La vulnerabilidad colectiva se refiere fundamentalmente a las características de ciertas infraestructuras, bienes y elementos estructurantes que influyen sobre la población. Se genera a partir de los siguientes parámetros:

3.1.2.1 Densidad de población

Se marca cada sección censal en función de su densidad de población con los siguientes valores:

Densidad Personas/km ²	Valor
< 250	0,2
250-500	0,5
500-1.000	0,8
> 1.000	1

3.1.2.2 Distancia a vías de comunicación

Se marcan las zonas del terreno en función de la distancia que existe a vías de comunicación extraídas del callejero. Se seleccionan solo las vías de relativa importancia.

VARIABLE	Valor
< 1.000 metros	0,2
1.000-5.000 metros	0,5
5.000-10.000 metros	0,8
> 10.000 metros	1

3.1.2.3 Distancia a centros de transporte

Se marcan las zonas del terreno en función de la distancia que existe a puertos y aeropuertos, seleccionados a partir de los puntos de interés:

VARIABLE	Valor
< 1.000 metros	0,2
1.000-5.000 metros	0,5
5.000-10.000 metros	0,8
> 10.000 metros	1

3.1.2.4 Cálculo de la vulnerabilidad colectiva

Se ha modificado la fórmula inicial para calcular la vulnerabilidad colectiva

$$\text{Vul. colectiva} = 4 \times (\text{DENSIDAD}) + 5 \times (\text{VIAS DE COMUNICACIÓN}) + 2 \times (\text{CENTROS TRANSPORTE})$$

3.1.3 Vulnerabilidad social total

Para proceder a la unión entre la vulnerabilidad colectiva e individual, se procede a la suma directa de los valores de ambos parámetros, aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Vulnerabilidad social} = \text{Vulnerabilidad individual} + \text{Vulnerabilidad colectiva}$$

Obteniendo como resultado los siguientes 5 niveles:

Vulnerabilidad social	Valor
Muy alta	0-6
Alta	6-12
Media	12-23
Baja	23-29
Muy baja	29

Fuente: Elaboración propia

3.2 Metodología aplicada en la estimación de la vulnerabilidad económica.

La vulnerabilidad económica se entiende como la estimación del grado de fragilidad que pueden sufrir los bienes, servicios, edificaciones o infraestructuras existentes en Canarias, como consecuencia de un proceso natural.

En el proceso se hará primero un cálculo de la vulnerabilidad económica de las edificaciones para cada uno de los riesgos, posteriormente se realizará un cálculo de vulnerabilidad económica para el resto de suelo y por último se juntarán ambas componentes para obtener el resultado final siguiendo las indicaciones del documento de metodología.

3.2.1 Cálculo del año de construcción de las edificaciones.

Una característica necesaria para el cálculo de vulnerabilidad económica y que es común a todos los riesgos es la necesidad de conocer de forma aproximada el año de construcción de las edificaciones para conocer su antigüedad. Este dato no se recoge normalmente en los mapas topográficos así que hemos tenido que recurrir a la información Catastral disponible en la sede virtual de Catastro para recuperar el año de construcción aproximado de las construcciones en función de la parcela catastral en la que se encuentran. La fecha de extracción de los datos es de Junio de 2014.

El dato obtenido en la sede virtual de catastro se corresponde con el año de construcción de la construcción que es la principal, por lo tanto, al resto de construcciones de la parcela, se le ha asignado el mismo valor. En aquellos casos en los que no se pudo obtener el dato de año de construcción, se le asignó una media de las construcciones cercanas.

3.2.2 *Vulnerabilidad económica de las edificaciones por riesgo sísmico.*

La metodología recoge que las características necesarias para calcular la vulnerabilidad económica por riesgo sísmico dependen de las siguientes características:

- Año de construcción
- Altura de los edificios
- Tipología constructiva
- Tipo de cimentación
- Estado del edificio

La metodología propone una simplificación en forma de tabla que tiene en cuenta únicamente los factores de año de construcción y número de plantas. Ambas informaciones ya han sido calculadas para el ámbito del proyecto y por tanto se puede obtener de forma directa el valor de vulnerabilidad.

El resultado final es un archivo Raster con paso de malla de 10 metros y las categorías de vulnerabilidad normalizadas de 1 a 5 (Muy bajo a Muy alto).

3.2.3 *Vulnerabilidad económica de las edificaciones por riesgo volcánico.*

La metodología recoge que las características necesarias para calcular la vulnerabilidad económica por riesgo volcánico dependen de las siguientes características:

- Material del muro de edificación o tipología de la edificación
- Tipo de techo y/o material
- Estado del techo y del edificio
- Número de plantas o altura del edificio

Para la tipología de las construcciones se realiza primero un cruce para diferenciar las edificaciones que se encuentran en ámbito urbano y las que se encuentran en asentamientos rurales. Una vez separadas se aplica la clasificación de edificios recogida en la metodología para la tipología de construcciones (tiene en cuenta año de construcción y número de plantas).

En Canarias existen pocas construcciones con techos de Teja así que se ha tomado la simplificación de suponer como material para el techo Hormigón. Aplicamos la tabla de tipos de categorías de las edificaciones según sus características de techo, condición del edificio y altura.

Ambas informaciones se combinan para obtener el valor de vulnerabilidad buscado.

Vul.eco.edif.riesgo.volcanico = Tipología edificaciones + Características Techo

El resultado final es un archivo Raster con paso de malla de 10 metros y las categorías de vulnerabilidad normalizadas de 1 a 5 (Muy bajo a Muy alto).

3.2.4 *Vulnerabilidad económica de las edificaciones por riesgo de inundación fluvial.*

La metodología recoge que las características necesarias para calcular la vulnerabilidad económica por riesgo de inundación fluvial son las siguientes:

- Material o tipología de la edificación
- Estado de conservación
- Emplazamiento de la edificación (edificaciones próximas a barrancos)
- Ubicación del edificio. Se identificarán las zonas bajas y las edificaciones incluidas en las mismas

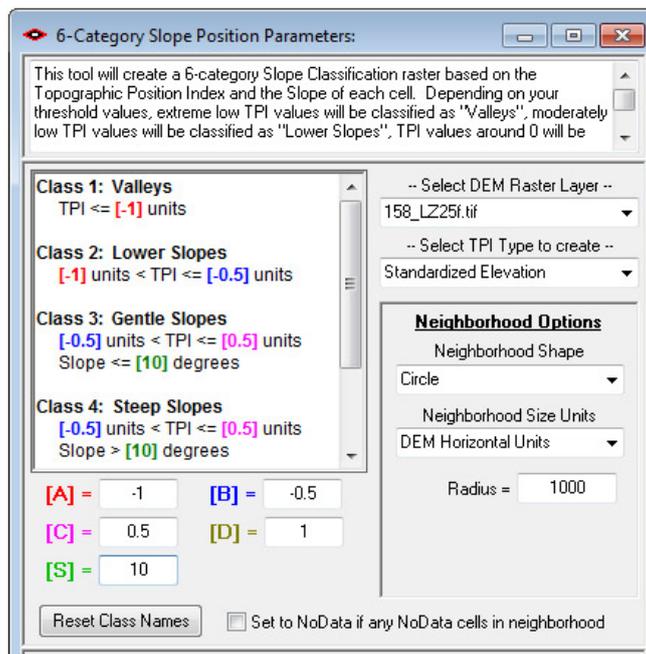
La tipología de la edificación se puntúa según las tablas descritas en la metodología distinguiendo entre asentamientos rurales y cascos urbanos.

La selección por proximidad a barrancos se ha realizado empleando la capa de barrancos del mapa topográfico integrado empleando un buffer de 50 metros y seleccionando las edificaciones que intersectan en el área de influencia del barranco.

Para la selección de las “zonas bajas” descritas en el último apartado se ha empleado la metodología desarrollada por la USDA y la herramienta denominada “Land Facet Corridor

Designer”. Estas herramientas permiten calcular el índice de posición topográfico (TPI: Topographic Position Index) desarrollado por Andrew Weiss (2001) que basándose en los modelos digitales del terreno permite obtener una definición de las zonas bajas, zonas de ladera y zonas altas o crestas. Se han empleado los modelos digitales del terreno generados con el mapa topográfico, generalizados a un tamaño de celda de 25 metros/píxel y con un suavizado (Low pass filter).

Se ha procedido a calcular el TPI de 6 categorías con los siguientes parámetros:



Con el resultado obtenido se han procedido a seleccionar las construcciones ubicadas en las zonas bajas (categorías Lower slopes y valleys).

La vulnerabilidad económica por riesgo de inundación fluvial se calcula finalmente con la siguiente fórmula:

$$\text{Vul.eco.Inund.fluvial} = 6x(\text{TIPOLOGIA}) + 4x(\text{CONSERVACION}) + 10x(\text{EMPLAZAMIENTO}) + 10x(\text{ZONAS BAJAS})$$

El resultado final es un archivo Raster con paso de malla de 10 metros y las categorías de vulnerabilidad normalizadas de 1 a 5 (Muy bajo a Muy alto).

3.2.5 Vulnerabilidad económica de las edificaciones por riesgo de inundación costera.

La metodología recoge que las características necesarias para calcular la vulnerabilidad económica por riesgo de inundación costera son las siguientes:

- Vulnerabilidad estructural de los edificios (**BV**)
- Nivel de protección (**Prot**)

El parámetro **BV** (Vulnerabilidad de las edificaciones) se va a calcular teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

- Número de plantas (s)
- Materiales de construcción y Técnica de construcción (m)
- Cimentación (f)
- Bienes Muebles (mo) (zonas de parking cercanas)

Se han descartado las componentes de orientación de la huella del edificio y del estado de conservación del mismo, quedando la formula final como:

$$Bv(-1,1) = (1/280) \times [100 \times (s) + 80 \times (m) + 60 \times (f) + 40 \times (mo)]$$

Para el parámetro **Prot** se han considerado los siguientes parámetros:

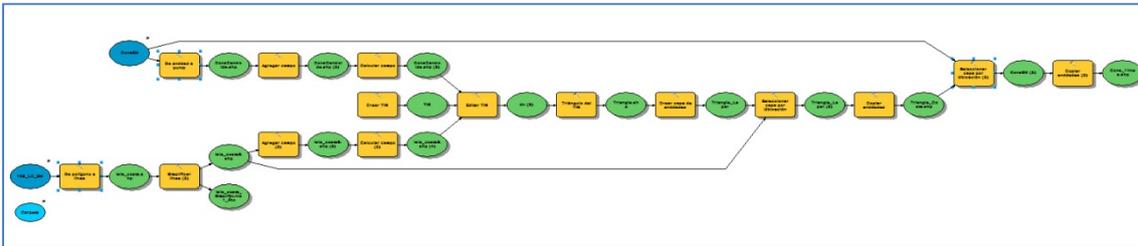
- Fila edificios (Prot_br): primera fila de costa, segunda fila...
- Barreras naturales (Prot_nb): Dunas o vegetación costera. (En el caso de Canarias la vegetación costera existente no se tendrá en cuenta por su escaso potencial protector)
- Presencia de Diques (Prot_sw): Diques o escolleras que protejan la costa

Para la disposición de la fila de edificios con respecto a la costa se han seleccionado primeramente los edificios que están en primera fila de costa. Para realizar esta selección de primera fila se han realizado las siguientes operaciones GIS:

- Selección de la línea de costa
- Generalización de la línea de costa
- Cálculo de centroides de las edificaciones
- Triangulación (delanuy) entre ambos conjuntos de datos
- Selección de triángulos que tocan la línea de costa

- Selección de construcciones que intersectan con esos triángulos.

Modelo de ArcGIS generado para la selección de construcciones en primera fila:



Estos pasos nos permiten tener una primera aproximación a las construcciones que están situadas en primera línea de costa. Posteriormente un editor GIS ha revisado y corregido los errores que pudieran derivarse del proceso anterior.

Únicamente se han tenido en cuenta edificaciones que se encuentren situadas en una cota inferior a los 50 metros.

Para la estimación de las construcciones en 2-3 fila se ha empleado la herramienta de zona de influencia utilizando la primera fila de edificios como referencia con una distancia de 40 metros. Para la estimación de 4-6 fila se he extendido la zona de influencia a 150 metros y para la selección de 7-10 fila se ha empleado un valor de 250 metros.

En el caso de las barreras naturales (Prot_nb) solamente se tendrán en cuenta zonas de dunas.

Se ha realizado la selección manual de aquellas zonas con presencia de Diques o escolleras (Prot_sw).

La componente (Prot_w) que representa la presencia de pared de ladrillo en la metodología se ha eliminado porque habría que estudiar individualmente la orientación, el alto el ancho de los muros para saber el nivel de protección que ofrecen.

La fórmula para el cálculo de Prot será:

$$\text{Prot}(0,1) = (1/301) * [155x\text{Prot}_{br} + 73x\text{Prot}_{nb} + 73x\text{Prot}_{sw}]$$

Finalmente se juntan ambas componentes para obtener el valor de vulnerabilidad por inundación litoral:

$$\text{Vul.eco.Inund.Litoral} = \text{BV} \times \text{Prot}$$

Se han tomado las tablas de conversión descritas en la metodología y la tabla de rangos de vulnerabilidad final.

El resultado final es un archivo Raster con paso de malla de 10 metros y las categorías de vulnerabilidad normalizadas de 1 a 5 (Muy bajo a Muy alto)

3.2.6 *Vulnerabilidad económica de las edificaciones por riesgo de incendio forestal.*

La metodología recoge que las características necesarias para calcular la vulnerabilidad económica por riesgo de incendio forestal son las siguientes:

- *Posición relativa de las edificaciones aisladas en la ladera.* Se distingue:
 - o Localización adecuada: parte inferior de la ladera o zonas llanas
 - o Localización inadecuada 1: edificación situada en la parte media de la ladera con vegetación.
 - o Localización inadecuada 2: edificación situada en la parte superior de la ladera con vegetación.
- *Tipo de vegetación forestal colindante a la edificación.* Zonificación del área que rodea la edificación y se distinguen 4 zonas:
 - o Zona prioritaria 1: vegetación forestal a menos de 10 metros de la vivienda
 - o Zona prioritaria 2: vegetación forestal entre 10 y 30 metros de la vivienda
 - o Zona prioritaria 3: vegetación forestal entre 30 y 100 metros de la vivienda
 - o Resto de viviendas.

Los criterios de “Materiales de la cubierta del tejado” y “Exterior del edificio” no se pueden aplicar porque no se dispone de datos relativos a los materiales de construcción de las viviendas.

Para el criterio de *Posición relativa de las edificaciones aisladas en la ladera* se han realizado los siguientes procesos:

- Selección de edificaciones aisladas. Para ello se ha realizado una agregación de polígonos de edificaciones (distancia de agregación 50 metros, área mínima 2000)

y se seleccionan aquellas viviendas que no intersectan con los polígonos de agregación.

- Para la selección de vegetación se ha empleado el Mapa Forestal de Canarias y se han seleccionado aquellos recintos que tienen el campo de clasificación “CLASMFE_IF” < 200 que corresponden con montes (arbolados o desarbolados) y zonas con matorral.
- Para la selección de la posición con respecto a la ladera se han tomado los resultados del TPI (Topographic Position Index) y se han seleccionado las zonas medias de ladera (con una pendiente superior al 10%) y las zonas altas.
- Se ha realizado el cruce de las capas anteriores y se ha realizado la selección de construcciones aisladas en laderas con vegetación (zona media y alta de la ladera).

Para el criterio del *Tipo de vegetación colindante con la edificación* se ha empleado la tabla que aparece en la metodología. Para distinguir entre *masa aclarada* y *masa cerrada* se ha empleado el campo de fracción de cabida cubierta (TFCCTOT>60) del mapa forestal.

Ambos criterios se han sumado y se ponderan según la siguiente tabla:

	Zona prioritaria1	Zona prioritaria2	Zona prioritaria3
Masa de frondosas	3	2	0
Masa mixta	10	5	1
Masa coníferas	15(masa aclarada) 20(masa cerrada)	10(masa aclarada) 15(masa cerrada)	1
Matorral	1	1	0

Mediante la suma de los valores de los criterios se establece el nivel de vulnerabilidad económica de los edificios mediante la siguiente tabla:

Nivel de vulnerabilidad	Valores
-------------------------	---------

Muy bajo	0
Bajo	1-2
Medio	3-12
Alto	13-20
Muy alto	21-25

El resultado final es un archivo Raster con paso de malla de 10 metros y las categorías de vulnerabilidad normalizadas de 1 a 5 (Muy bajo a Muy alto)

3.2.7 Vulnerabilidad económica de las edificaciones por riesgo de dinámica de laderas.

La metodología recoge que las características necesarias para calcular la vulnerabilidad económica por riesgo de dinámica de laderas son las siguientes:

- Distancia de las edificaciones a la ladera
- Disposición de las edificaciones respecto a la zona de pendiente
- Material de construcción o tipología constructiva
- Cumplimiento de la normativa técnica vigente

El primer paso es determinar las zonas de ladera. En este caso hemos empleado nuevamente la herramienta de TPI (Topographic Position Index) para extraer las laderas con pendientes superiores a 20 grados (equivalente a un 36%). Sobre esta capa hemos realizado un buffer de 15 metros (para suavizar) y una selección de aquellas zonas con área superior a los 100.000 metros cuadrados.

También, empleando la misma herramienta hemos calculado las zonas altas (crestas) de las laderas para poder filtrar las construcciones de las zonas altas de la ladera y eliminarlas de los cálculos, ya que en el riesgo de dinámica de laderas las construcciones en riesgo son las que están en la zona media o baja de la ladera.

Para el cálculo de distancia de las edificaciones hemos empleado la herramienta de zona de influencia para intersectar aquellas construcciones que están a una distancia inferior a 200 metros, 1 kilómetro y 2 kilómetros.

Distancia	Rango	Grado vulnerabilidad
Muy cercana (0-200m)	1	Muy alta
Cercana (200m-1kilometro)	0.75	Alta
Lejana (1-2 kilómetros)	0.5	Media
Muy lejana (>2kilometros)	0.25	Baja

Para el cálculo de disposición de las edificaciones con respecto a la pendiente se han seleccionado primeramente aquellas edificaciones que están a menos de un kilómetro de alguna ladera y que no están en la zona alta de la ladera. Sobre estas construcciones vamos a calcular las construcciones que están en primera fila con respecto a la ladera. Para localizar las construcciones en primera fila hemos usado el mismo método que en la localización de construcciones en primera fila para inundación costera, es decir, mediante triangulación de Delanuy con la delimitación de las laderas y selección de construcciones que tocan los triángulos. Para calcular las construcciones en 2, 3,4 fila hemos empleado buffers de zonas de influencia con valores de 40m y 100m. Se ponderan según tabla de la metodología.

Para el cálculo del material de construcción o tipología se emplean las tablas propuestas en la metodología que se basan en el año de construcción (diferenciando entre ámbito urbano y rústico).

El cumplimiento de la normativa vigente se puede estimar de forma aproximada según el año de construcción, tal y como se propone en la metodología.

La formula final aplicada para el cálculo de vulnerabilidad es la siguiente:

$$V_{eco.edif.riesgo Dinámica Laderas} = (2 * L_v + 2 * D_v + M_v + C_v) / 6$$

Siendo, Lv = Localización de las viviendas, Dv = Disposición, Mv = Materiales, Cv = Cumplimiento normativa

Se han tomado las tablas de conversión descritas en la metodología y la tabla de rangos de vulnerabilidad final.

El resultado final es un archivo Raster con paso de malla de 10 metros y las categorías de vulnerabilidad normalizadas de 1 a 5 (Muy bajo a Muy alto)

3.2.8 Vulnerabilidad económica del suelo.

A continuación se realiza el cálculo de la vulnerabilidad económica para resto de elementos del suelo en función de su tipología. Para realizar este cálculo se ha empleado la siguiente tabla basada en la metodología pero con algunas pequeñas variaciones:

Tipo	Subtipo/Sufijo	V. Sísmica	V. volcánica	V. inundación	V. incendios	V. Laderas					
Centros sanitarios	Hospital										
	Centro de Salud										
	Otros centros sanitarios										
Centros de asistencia social	Residencia 3º edad										
	Centro de día										
	Otros centros de asistencia social										
Centros educativos	Centro educativo infantil-preescolar										
	Centro educativo Primaria/Secundaria/Especial										
	Centro educativo superior										
	Otros centro educativo						5				
Instalación deportiva	Campo de futbol						1	4	4	2	3
	Polideportivo						3				
	Piscina pública						1	4	4	1	4
Camping y zonas recreativas	Camping y zonas recreativas							1	5	5	5
Edificios de espectáculos	Edificios de espectáculos						3				
Edificas públicos	Centro socio-cultural										
	Edificio de culto										
	Edificio en altura										
	Estación de transporte						4				
	Recintos feriales						1	4	4	3	4
Instalaciones comerciales	Instalaciones comerciales	4									
Establecimientos hoteleros	Hotel	5									
	Apartamentos										
	Hostal										
	Hotel casa rural						4				
Medios de comunicación social	Medios de comunicación social						3				
Zonas de esparcimiento	Parque de atracciones	3									
	Zoológico	1	5	5	5	5					
	Parque urbano		5	5	5	5					
	Playas, dunas y arenales		5	5	1	5					
Servicios de seguridad y emergencias	Bomberos										
	Policía										
	Protección Civil										
	TSU										
	Coordinación emergencias	3									

	Coordinación de servicios esenciales					
	FCSE					
	Servicio militar					
Otros elementos sociales	Otros elementos sociales	3				
Vías de comunicación	Autopistas	1	4	4	4	4
	Autovías					
	Vías rápidas					
	Carreteras convencionales					
	Caminos y pistas					
Vías férreas	Vías férreas	5				
Puerto	Puerto	3	4	5	1	4
Aeropuertos y aeródromos	Aeropuerto	2	5	4	5	4
Helipuerto y helisuperficie	Helipuerto	2	5		5	
Estación de servicio	Estación de servicio	4	5	4	5	4
Centros de investigación	Centros de investigación	3				
Instalaciones radiológico-nucleares		5				
Agua	Desalación	3	3	5	1	3
Saneamiento	Depuración	3	3	5	1	3
Red eléctrica	Producción eléctrica	3	4	4	5	4
Red de telecomunicación	Red de telecomunicación	3				
	Eólica	4				
	Solar	4				
	Térmica	4				
Residuos	Complejo ambiental	2	4	4	5	4
	Planta de transferencia	2	4	4	5	4
	Vertedero	1	4	4	5	4
Explotaciones ganaderas	Ganaderas	1	2	3	2	2
	Agrícolas		2	3	2	2
Explotaciones de acuicultura, forestal, minero extractivo	Explotaciones de acuicultura, forestal, minero extractivo	3	2	2	1	2
Polígonos industriales	Polígonos industriales	4				
Áreas Protegidas	Parques Nacionales	2	3	3	4	3
	Resto áreas protegidas	1	2	2	3	2
Urbano	Casco: Edificio aislado	4				
	Casco: Edificio entre medianeras	5				
	Casco: Vivienda unifamiliar aislada	4				
	Casco: Vivienda unifamiliar adosada	5				
	Casco: Nave	4				
	Ensanche: Edificio aislado	4				
	Ensanche: Edificio entre medianeras	5				
	Ensanche: Vivienda unifamiliar aislada	4				
	Ensanche: Vivienda unifamiliar adosada	5				
	Ensanche: Nave	4				
	Discontinuo: Edificio aislado	3				
	Discontinuo: Edificio entre medianeras	5				
	Discontinuo: Vivienda unifamiliar aislada	3				
	Discontinuo: Vivienda unifamiliar adosada	4				

	Discontinuo: Nave	4			
Cultivos	Cultivos herbáceos				
	Frutales cítricos				
	Frutales no cítricos				
	Viñedo				
	Otros cultivos leñosos				
	Prados				
	Pastizales				
Matorral, Arbolado forestal					
Coníferas					
Forestal					
	Frondosas Caducifolias				
	Frondosas Perennifolias	2	2	3	2
Terrenos sin vegetación	Acantilados marinos				
	Coladas lávicas cuaternarias				
	Canchales				
	Afloramientos rocosos				
	Ramblas				
	Roquedo				
	Suelo desnudo				
	Zonas quemadas				
Coberturas húmedas (humedales continentales o marinos, salinas, marismas, turberas, zonas pantanosas, salinas continentales)					
Cobertura de agua	Cursos de agua, láminas de agua	1			1
	Estuarios, mares y océanos				
	Lagunas costeras				
Zonas verde artificial y arbolado urbano		1	5	5	5
Lamina de agua artificial		1			
Vial, aparcamiento o zona peatonal sin vegetación		1	4	5	1
Otras construcciones		4			
Suelo no edificado		1	4	5	1
Zona de extracción o vertido		1	4	4	1

Para realizar la selección de cada categoría, se han utilizado los datos de la capa SIOSE, de las capas de edificaciones ya explicadas en el punto 2.1.1 y de los datos de callejero.

3.2.9 Vulnerabilidad económica total.

Una vez ponderados los usos de suelo y la vulnerabilidad de las construcciones para estimar la vulnerabilidad económica total se emplea la siguiente fórmula:

$$Vul.eco.total = Vul.eco.edificaciones \times Vul.eco.uso.suelo$$

Cuando no haya edificación simplemente se tomará la vulnerabilidad del suelo.
Se establecen los siguientes niveles de vulnerabilidad económica total:

Rango	Grado de vulnerabilidad
25	Muy alta
16-24	Alta
5-15	Media
2-4	Baja
1	Muy baja

4. PELIGROSIDAD

4.1 MAPAS DE PELIGROSIDAD SISMICA

4.1.1 Introducción

La peligrosidad sísmica es la probabilidad de que el valor de un cierto parámetro, que mide el movimiento fuerte del suelo (intensidad; aceleración, etc.), en un emplazamiento concreto, sea superado en un determinado período de tiempo.

Los movimientos fuertes de terreno (*strong ground motion*) se caracterizan por tres parámetros: amplitud, frecuencia y duración. El parámetro de amplitud que se emplea con mayor frecuencia es la aceleración máxima horizontal o aceleración de pico del suelo (PGA del inglés *peak ground acceleration*), y se expresa habitualmente en unidades “g”, es decir normalizada con respecto a la aceleración de la gravedad.

La peligrosidad sísmica depende de tres parámetros fundamentalmente:

- *Magnitud de sismo*, que es una medida cuantitativa de la energía liberada en el punto donde se produce.
- *Distancia a la fuente*, donde se produce el sismo que libera la energía.
- *Características del terreno*, es decir de las condiciones y propiedades geomecánicas del terreno.

Con estos tres parámetros y mediante análisis estadísticos, se obtienen las denominadas leyes o funciones de atenuación, que permiten en función de los tres parámetros predecir el valor de la aceleración. Para establecer una ley de atenuación específica para una zona determinada, se requiere disponer de un número de datos representativo, tanto de las fuentes (sismos), como de aceleraciones, obtenidas mediante medidas con acelerómetros o deducidas a través de los efectos que producen estos sobre el terreno. Este no es el caso de Canarias, por lo que para el análisis de la peligrosidad se realiza utilizando leyes de atenuación calculadas para terrenos tipo.

Los estudios de peligrosidad realizados hasta la fecha en Canarias han utilizado diferentes leyes de atenuación. González de Vallejo *et al.* (2006) utilizan la ley de atenuación de Munson y Thurber (1997), establecida para terrenos volcánicos de las islas de Hawái, y Crespo *et al.* (2007) emplean una de las leyes de atenuación más utilizadas en países europeos, la de Ambraseys *et al.* (1996). El último trabajo del Instituto Geográfico Nacional sobre el cálculo de

la peligrosidad sísmica (IGN, 2013), utiliza la ley de atenuación de Zhao *et al.* (2006) para zonas de subducción interplaca de Japón, por considerar que es uno de los modelos mejor valorados de acuerdo con el trabajo de Delavaud *et al.* (2012).

Teniendo en cuenta todo lo anterior, los estudios de peligrosidad sísmica obtienen los valores de aceleración máxima, para distintos periodos de tiempo, a partir de los terremotos ocurridos en la zona.

4.1.2 Metodología de elaboración de los mapas

Para elaborar los mapas de peligrosidad sísmica en Canarias se ha utilizado el documento: *Actualización de mapas de peligrosidad sísmica de España – 2012, publicado por el IGN en el año 2013*, en el que a partir de un análisis probabilístico PSHA mediante el "Método de zonas de Poisson" [Cornell, 1968; McGuire, 1995], se estima la peligrosidad sísmica.

A continuación, se describe la metodología seguida para la elaboración de los mapas a partir del documento del IGN, particularizada a Canarias.

4.1.2.1 Metodología

El primer paso para estimar la peligrosidad sísmica consiste en analizar las principales características tectónicas y la sismicidad de las islas Canarias, con la finalidad de definir y caracterizar las fuentes sísmicas.

4.1.2.1.1 Principales características tectónicas de Canarias

Las islas Canarias son un archipiélago volcánico intraplaca, sobre cuyo origen existen varios modelos sobre los que la comunidad científica no se ha puesto de acuerdo. Los modelos se pueden agrupar en dos, los que explican el origen por la existencia de una pluma térmica del manto (Hoernle y Schminke, 1993; Oyarzun *et al.*, 1997; Carracedo *et al.*, 1998), y aquellos que dan a la tectónica un papel fundamental (Anguita y Hernán, 1975; Araña y Ortiz, 1991). Posteriormente se ha propuesto un modelo "unificador o integrador" que recoge elementos provenientes de los modelos anteriores (Anguita y Hernán, 2000).

La actividad volcánica en Canarias se ha desarrollado de manera discontinua desde hace 35 Ma hasta la actualidad (Hoernle y Schmincke, 1993), alternando periodos de actividad en los que las islas han ido creciendo por acumulación de materiales, con periodos de inactividad donde los procesos erosivos han ido actuando, desmantelando los edificios volcánicos. En todo caso, el ritmo de crecimiento de las islas y el volumen de los materiales emitidos es mucho menor

que el que se da en otros archipiélagos volcánicos intraplaca, como Hawaii (Carracedo *et al.*, 2005).

La estructura tectónica más relevante documentada en las islas, es la fractura existente entre las islas de Gran Canaria y Tenerife. Esta fractura fue inicialmente propuesta por estudios realizados en los años 70 (Dash y Bosshard, 1969; Bosshard y MacFarlane, 1970) y posteriormente apoyada por los análisis de terremotos en los años 90 (Mezcua *et al.*, 1990, 1992). Tiene una longitud estimada de 30 km y dirección NE-SO, y parece ser la causante de la gran concentración de sismos en la zona, y se ha asociado a la misma el terremoto de mayor magnitud registrado instrumentalmente en el archipiélago (Gonzalez de Vallejo *et al.* 2006; IGN, 2013). No obstante, Carbo *et al.* (2003) señalan que no existe evidencia gravimétrica relacionada con esta fractura.

En relación a los análisis estructurales en las islas, estos son muy escasos en el archipiélago, siendo incluso inexistentes en las islas de Gran Canaria, La Gomera y El Hierro, lo que dificulta la comprensión de la tectónica regional de las islas Canarias (Llanes, 2006). Destacar tan solo, por la importancia que ha tenido para la definición de las zonas sismogénicas¹ – como se verá posteriormente –, los estudios realizados por González de Vallejo *et al.* (2003) sobre paleosismitas en la zona de El Medano (sur de Tenerife), y cuya formación se explican por un terremoto de magnitud elevada (6.4-7.2) ocasionado por la falla submarina localizada entre Gran Canaria y Tenerife, o por otra local que afecta a las arenas donde se encontraron las citadas estructuras de licuefacción.

Por todo lo expuesto, siguen existiendo numerosas incertidumbres en cuanto a las relaciones tectónicas y magmáticas de cada isla, del archipiélago en conjunto y con la cadena del Atlas desde el Mioceno a la actualidad (Llanes, 2006).

4.1.2.1.2 Sismicidad

La sismicidad de una zona está definida por el número de sismos registrados y por la energía que libera cada uno de ellos. Para determinar la energía liberada se utilizan dos tipos de medidas, una cuantitativa (instrumental) que es la magnitud y que mide la energía liberada por un sismo en su fuente; y otra cualitativa, la intensidad, que mide la gravedad de la sacudida en

¹ Una zona sismogénica es un área que presenta valores y relaciones similares entre los parámetros corticales y sísmicos.

un punto determinado en función de los efectos producidos, y que por tanto depende de la distancia a la fuente sísmica. Para analizar la sismicidad de una determinada zona, se utilizan los catálogos sísmicos.

En España, el catálogo sísmico existente lo elabora el IGN, cuya página web es la siguiente: <http://www.ign.es/ign/layoutIn/sismoFormularioCatalogo.do>

El catálogo del IGN se divide en dos épocas diferenciadas:

- Los comprendidos entre 1963 y 1974 que son los correspondientes al periodo histórico, ya que hasta entonces los sismos están caracterizados por la intensidad². Anteriormente a esa fecha se habían producido varios terremotos, tal y como recogen González de Vallejo *et al.* (2006), pero no están incluidos en el catálogo. Entre los más destacables se encuentran el que tuvo lugar en La Palma en 1677 (de intensidad VII-VIII), los de 1920 y 1949 en Cumbre Vieja (La Palma) (VII), en Ingenio (Gran Canaria) en 1913 (VII), y en Fuerteventura en 1915 y 1917 (ambos de intensidad VII). Aunque el episodio de mayor intensidad (X) probablemente tuvo lugar cerca de Yaiza (Lanzarote) como consecuencia de la erupción de Timanfaya (1730-1736) (ver Tabla 2 en la que se muestra la versión abreviada de la escala de intensidades EMS).
- Los correspondientes al periodo instrumental, en el que de manera general se registran magnitudes³, que comienza en el año 1975 con la instalación de tres sismógrafos en las islas de Tenerife, La Palma y El Hierro. A partir de esa fecha y hasta la actualidad, la red se ha ido completando hasta llegar a un número de 17 estaciones sísmicas instaladas en las siete islas del archipiélago (IGN, 2013).

Según el registro histórico de sismos en canarias, se puede observar que existen dos grandes concentraciones de sismos muy evidentes y una tercera no tan claramente definida espacialmente:

- La primera concentración está situada en la isla de El Hierro y corresponde a la crisis volcánica que comenzó en el año 2011, y que dio lugar a la erupción volcánica submarina de octubre de 2011.

² La intensidad es una medida subjetiva, basada en los efectos con que el terremoto se deja sentir en una región. Se emplean las escalas de Mercalli, MM (Modified Mercalli), MSK (Medvedev- Sponheuer-Karnik) y EMS (European Macroseismic Scale). Tienen 12 estadios y se numeran con números romanos, del I al XII. (Tabla 2)

³ La magnitud es la medida objetiva del tamaño real de un terremoto en su foco. Se basa en la amplitud registrada de las ondas, pero que tiene en cuenta también la distancia al foco.

- La segunda concentración se sitúa entre las islas de Tenerife y Gran Canaria, su origen es tectónico, como consecuencia de la actividad de la falla situada en esa zona. Aquí se ha registrado el terremoto de mayor magnitud (5.2) del archipiélago.
- El tercer agrupamiento (pequeño) de sismos, no tan claramente definido espacialmente, se encuentra en la zona norte de la isla de Tenerife, y también se debe a una pequeña crisis volcánica acontecida en el año 2004. Las señales registradas en esta zona por tres antenas sísmicas instaladas en Las Cañadas fueron analizadas por Almendros *et al.* (2007) quienes observaron no sólo la ocurrencia de terremotos volcano-tectónicos relacionados con el volcán Teide, sino también las señales correspondientes a la actividad producida por la interacción con fluidos volcánicos, incluyendo entre ellas el primer temblor volcánico (tremor) registrado en el Teide (Seisdedos, 2009).

Con todo lo visto, se constata lo que ponen de manifiesto la mayor parte de los trabajos consultados (IGN, 2013; Carracedo *et al.*, 2005; Llanes, 2006; Afonso & Asociados, 2004; Seisdedos, 2009), que la sismicidad en el archipiélago puede considerarse baja y dispersa y en gran parte asociada a procesos volcánicos, como corresponde a la situación geodinámica de la zona, situada en una zona de intraplaca cercana a un borde continental pasivo.

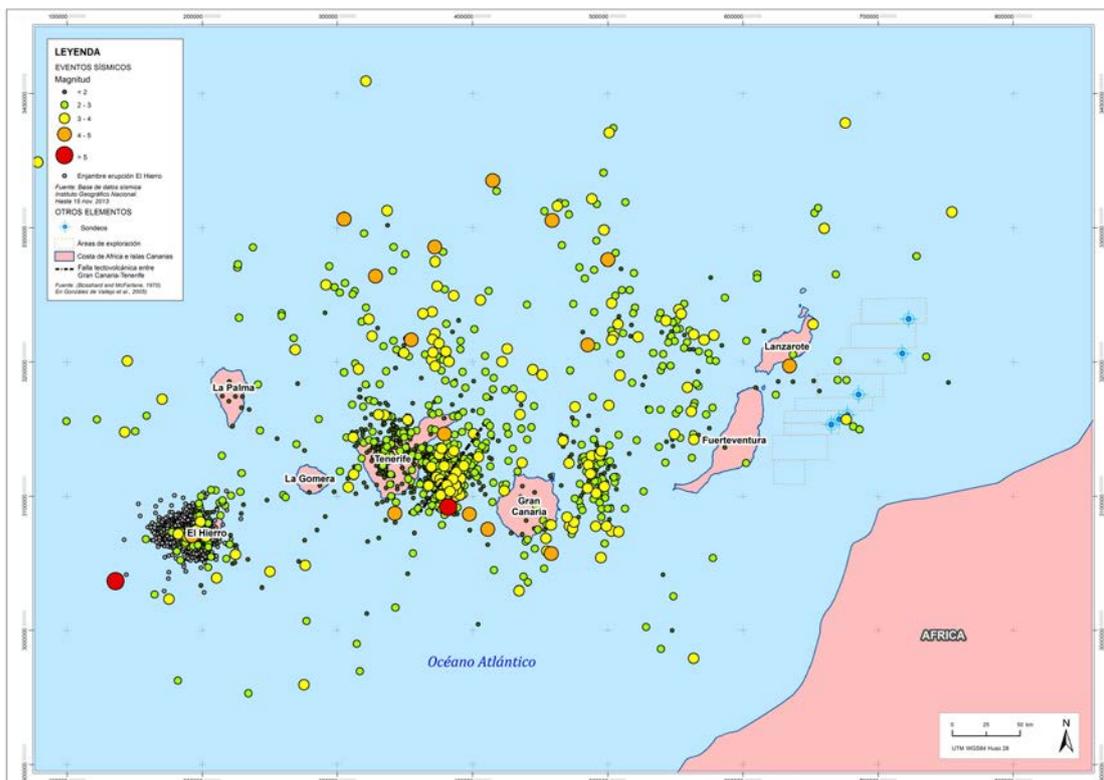


Figura: Catálogo sísmico Canarias. Fuente: Catálogo sísmico IGN. Datos hasta Diciembre de 2013. Elaboración propia.

4.1.2.2 Zonas sismogénicas

A partir de las principales características tectónicas y la distribución de la sismicidad (Catalogo de eventos sísmicos) en las Islas Canarias, se pueden identificar las fuentes sísmicas mediante las zonas sismogénicas.

Las zonas sismogénicas son áreas dentro de las cuales se asume que existe un potencial sísmico uniforme espacial y temporalmente, donde la probabilidad de ocurrencia de un evento de cierta magnitud es la misma en cualquier punto de la zona y en cualquier instante.

Cada zona se caracteriza por una distribución de frecuencia de ocurrencia de sismos en función de su magnitud representando la ley de recurrencia en la misma, para lo que se utiliza la ley de Guterberg-Richter.

En Canarias, González de Vallejo *et al.* (2005), establecieron tres zonas sismogénicas:

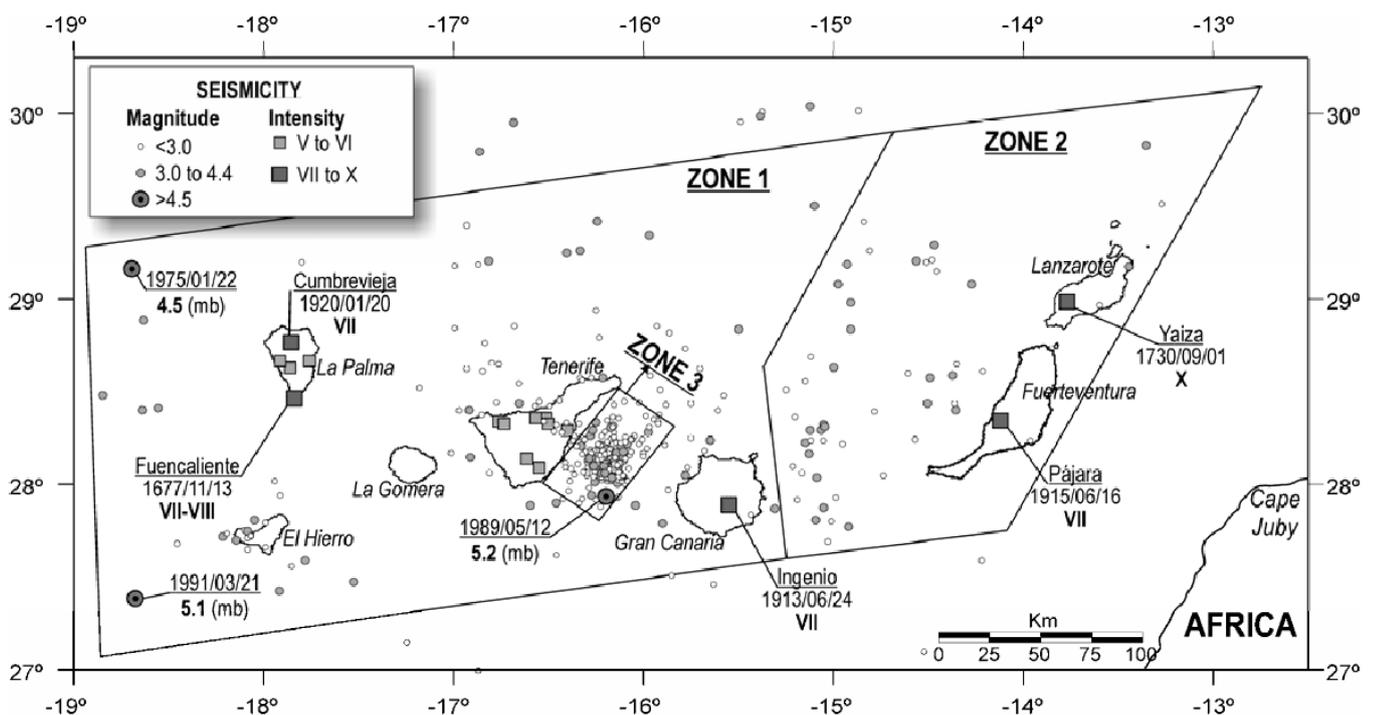


Figura: Zonas sismogénicas. Fuente: Seismotectonics and Seismic Hazard of the Canary Islands, González de Vallejo, L.I., García-Mayordomo, J. y Insua, J.M., 2005

- Las zonas 1 y 2 se definen por la ocurrencia en las mismas de sismos de moderada a baja magnitud, independientemente de su origen volcánico o tectónico.
- La zona 3 se delimitó por la posible ocurrencia de sismos tectónicos de moderados a fuertes ($M > 6$) dentro de la zona 1, debido a la presencia de la falla responsable de la serie sísmica de 1989 ($mLg=5.2$) (Mezcua *et al.*, 1992). La magnitud máxima estimada

en esta zona se ha realizado en base a la presencia de paleosismitas en los depósitos arenosos de la zona de El Medano (Tenerife).

- Sin embargo, estudios recientes (Kröcher, 2009), concluyen que un terremoto de magnitud 5.2 en alta mar, o uno menos intenso con epicentro más próximo al sur de Tenerife, es suficiente para producir las paleosismitas observadas y, por tanto, un terremoto de una magnitud de 6.8, propuesto anteriormente por González de Vallejo *et al.* (2003), esté probablemente sobrevalorado.

Establecidas las diferentes zonas sismogenéticas, es necesario caracterizar las mismas y definir los parámetros de sismicidad del modelo de recurrencia de Gutenberg-Richter (establece una proporción constante entre el número de sismos grandes frente a pequeños) para cada una de ellas. Para ello los parámetros de las tres zonas consideradas son calculados siguiendo dos métodos: el de máxima verisimilitud y el de mínimos cuadrados, teniendo en cuenta la propagación de la incertidumbre.

ZONAS ISLAS CANARIAS										
Zona	Máxima verosimilitud			Mínimos Cuadrados			Función de distribución de la magnitud máxima			
	$\tau(4.0)$	β	σ_{β}	$\tau(4.0)$	β	σ_{β}	MM media	σ_{MM}	MM_{\min}	MM_{\max}
1	0.276	1.492	0.068	0.260	1.699	0.068	5.8	0.3	5.5	6.1
2	0.064	2.915	0.305	0.079	1.632	0.305	5.8	0.3	5.5	6.1
3	0.043	3.360	0.440	0.048	2.7205	0.440	5.0	0.3	4.7	5.3

Tabla: Parámetros de sismicidad de las zonas de Canarias. Fuente: Seismotectonics and Seismic Hazard of the Canary Islands, González de Vallejo, L.I., García-Mayordomo, J. y Insua, J.M., 2005

4.1.2.3 LEY DE ATENUACIÓN

Caracterizadas las zonas sismogénicas, es necesario establecer el modelo de movimiento fuerte, también llamado como ley de atenuación o ecuación de predicción de movimiento fuerte (GMPE, Ground Motion Prediction Equation).

Las GMPE se utilizan para estimar el movimiento del suelo en un emplazamiento dado a partir de la magnitud del sismo, la distancia fuente-emplazamiento y otras variables como son el mecanismo focal, el tipo de suelo, etc. Para establecer una ley de atenuación específica para una zona determinada, se requiere disponer de un número de datos representativo, tanto de las fuentes (sismos), como de aceleraciones, medidas con acelerómetros o deducidas a través de los efectos que producen estos sobre el terreno.

No existen suficientes datos de movimientos fuertes como para desarrollar una ecuación de predicción del movimiento fuerte aplicado a Canarias, ni tampoco para realizar un análisis de residuos que ayude a identificar los desarrollados por otros autores que resulten idóneos para la zona de estudio.

Por este motivo, en el último trabajo del Instituto Geográfico Nacional sobre el cálculo de la peligrosidad sísmica (IGN, 2013), se utiliza la ley de atenuación de Zhao *et al.* (2006) para zonas de subducción interplaca de Japón, por considerar que es uno de los modelos mejor valorados de acuerdo con el trabajo de Delavaud *et al.* (2012).

4.1.2.4 ANÁLISIS PROBABILÍSTICO

Se considera que la sismicidad se ajusta a un modelo Poisson (los terremotos se consideran equiprobables espacial y temporalmente dentro de un área). El modelo Poisson establece que la probabilidad (P) de que haya al menos una excedencia del parámetro de movimiento (PGA) en un tiempo de exposición determinado, está relacionada con un periodo de retorno (Tr).

$$P(\text{al menos una excedencia en un año})=1/Tr$$

Es decir, para un tiempo de exposición de un año ($t=1$), la probabilidad anual de excedencia de un nivel de movimiento dado se aproxima a la tasa anual de excedencia de dicho nivel.

Las normativas sismoresistentes adoptan generalmente un tiempo de exposición (t) de 50 años. La probabilidad de excedencia (P) del movimiento que se asume, es función de la importancia de la estructura.

Una probabilidad de excedencia del 10%, durante un periodo de exposición o periodo de vida de 50 años, para la acción de un sismo, en estructuras de importancia normal (viviendas convencionales), bajo el requerimiento de no colapso, equivale a un periodo de retorno de 475 años. Siendo este periodo el establecido como básico la norma sismoresistente vigente en España NCS-02.

Otros periodos de retorno utilizados en ámbito de la peligrosidad sísmica son:

- 95 años, cuando se considera una probabilidad de excedencia del 10% en 10 años, para estructuras con daños limitados
- 975 años, cuando se considera una probabilidad de excedencia del 5% en 50 años para estructuras de importancia especial.
- 2.475 años, cuando se considera una probabilidad de excedencia del 2% en 50 años para estructuras de importancia muy especial.

Tabla: Equivalencia entre nivel de probabilidad de excedencia (p), tiempo de exposición (t) y periodo de retorno (Tr)

Probabilidad de excedencia (%)	10	10	5	2
t (años)	10	50	50	50
Tr (Periodo de retorno)	95	475	975	2.475

Para el cálculo de la peligrosidad sísmica se utiliza el programa CRISIS 2007, desarrollado en el Instituto de Ingeniería de la UNAM (México) [Ordaz et al., 1999].

Se establece una malla de puntos de cálculo separados 0,1 grados de latitud y longitud.

Para cada nodo o punto de la malla, se realizan un número determinado de simulaciones, escogiendo aleatoriamente un valor de magnitud (según la zona sismogénica) y su

distribución de probabilidad y se calculan los parámetros de distribución de Guterberg-Richter. A partir de estos parámetros, la peligrosidad se calcula para cada punto o nodo, en función del modelo de movimiento fuerte adoptado.

Como resultado se obtiene un valor de aceleración (PGA) correspondiente a una tasa anual de excedencia o periodo de retorno en cada nodo de la malla, lo que permite elaborar las curvas de isoaceleraciones y mediante interpolación, el mapa de peligrosidad para cada periodo de retorno considerado.

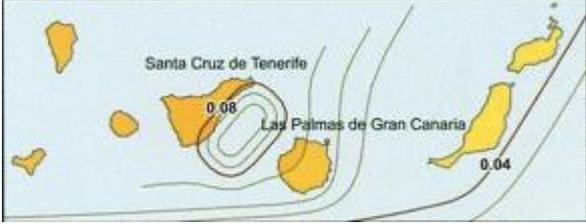
Periodos de retorno	Mapas de aceleración pico del terreno (PGA) para Canarias
95 años	
475 años	
975 años	
2.475 años	



Figura.- Mapas de aceleración pico del terreno (PGA) para un periodo de retorno de 95, 475 y 2475 años respectivamente. Fuente: Actualización de mapas de peligrosidad sísmica de España 2012.

El significado de estos valores de movimiento del terreno, son el resultado de la acción de terremotos en el área de influencia, durante el periodo de tiempo especificado en cada mapa, y no como consecuencia de terremotos que se produzcan necesariamente en la zona de detalle.

Para comprender en mayor medida los valores de aceleración (PGA) se pueden convertir en su equivalente en intensidad y magnitud. Para ello se requieren unas transformaciones complejas que son función de las características de la serie sísmica utilizada y su relación con los efectos históricos producidos por los terremotos en una zona. La metodología detallada para realizar esta conversión se puede consultar en IGN (2013), no obstante, a continuación se incluye un pequeño resumen del proceso.

- La relación PGA-Intensidad, se obtiene utilizando correlaciones para la conversión aceleración espectral máxima del suelo- intensidad macrosísmica. El IGN utiliza como base un conjunto de datos registrados de intensidad-PGA disponibles para España. A partir de estos datos, busca las metodologías desarrolladas hasta el momento, que más se adaptan a los mismos, obteniendo como resultado que las AK07 (Atkinson and Kaka, 2007) y FM10 (Faenza and Michelini, 2010) son las más adecuadas.
- Finalmente, lleva a cabo la combinación de los modelos que más se adecuan a los datos en España, emulando un esquema de árbol lógico, dando pesos iguales a ambos métodos AK07 y FM10. Con todo lo anterior, se obtiene la tabla 2, donde se indican los valores mínimos de PGA, a partir de los cuales se incrementa en una unidad la intensidad estimada:

$I = 0.5 \cdot AK07 + 0.5 \cdot FM10$	
PGA(g)	I (EMS98)_conv.
≥ 0.005	4
≥ 0.015	5
≥ 0.049	6
≥ 0.098	7
≥ 0.196	8
≥ 0.392	9

Tabla.- Valores mínimos de PGA a partir de los cuales se obtiene un incremento de una unidad en Intensidad. (Fuente: IGN, 2013)

- Una vez estimada la intensidad, el siguiente paso es su transformación en magnitud. Para ello, el IGN utiliza la correlación existente entre la I_0 (intensidad máxima en la zona epicentral) y la M_w , para relacionar los I_0 expresados en intensidad EMS-98 (III a IX-X), obtenida del catálogo de eventos registrados.

Con ello se obtiene una función de ajuste que se representa en la figura:

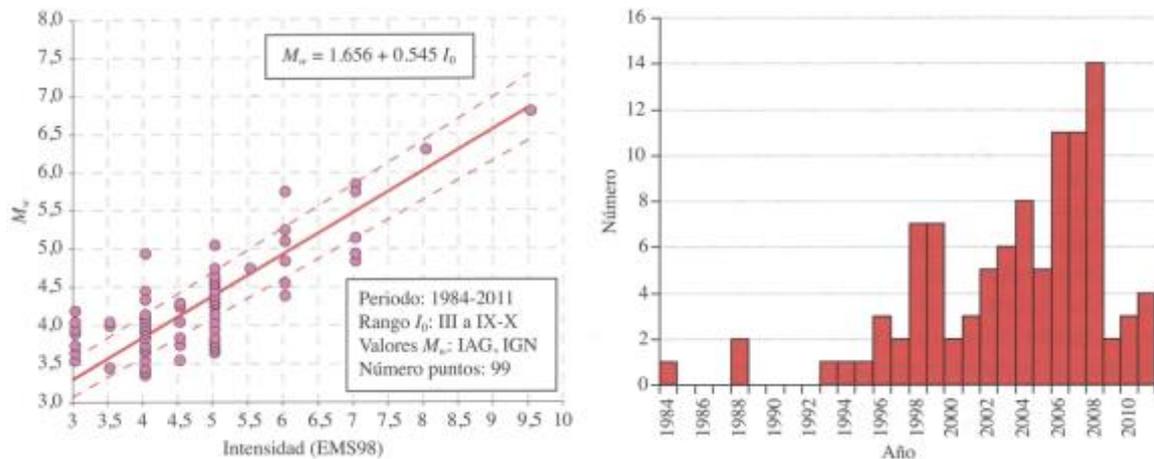


Figura.- Correlación entre M_w y la intensidad máxima en la zona epicentral (izquierda) y distribución temporal de los terremotos con datos de intensidad (derecha). (Fuente: IGN, 2013).

4.1.2.5 Resultados

A partir de estos Mapas de aceleración pico del terreno (PGA), obtenidos de la Actualización de los mapas de peligrosidad sísmica de España, 2012, se realizan los Mapas de Peligrosidad Sísmica de Canarias.

Para ello se siguen las pautas de otros proyectos en los que se establecen los niveles de peligrosidad en función de los valores de PGA, como es el caso del SISNA (Plan Especial de Protección Civil ante el riesgo sísmico en la Comunidad Foral de Navarra, 2011), o el SISMIMUR (Plan Especial de Protección Civil ante el Riesgo Sísmico en la región de Murcia, 2006) entre otros.

En estos proyectos la valoración ha sido:

PGA (g)	Valor peligrosidad sísmica SISMIMUR
< 0,12 g	Baja
0,12-0,16 g	Media

0,16-0,20 g	Alta
> 0,20 g	Muy Alta

Tabla: Ejemplo de relación en los valores de PGA y la valoración de la peligrosidad. Fuente: SISMIMUR

PGA (cm/s ²)	PGA (g)	Valor peligrosidad sísmica SISNA
50-70	0,05-0,07	Muy Baja
71-100	0,07-0,1	Baja
101-130	0,1-0,13	Media
131-180	0,13-0,18	Alta
181-270	0,18-0,27	Muy alta

Tabla: Ejemplo de relación en los valores de PGA y la valoración de la peligrosidad. Fuente: SISNA

Utilizando estos valores como base, según los valores obtenidos de PGA en Canarias y la intensidad de los eventos sísmicos que han tenido lugar en el Archipiélago, se han establecido los siguientes niveles de peligrosidad, teniendo en cuenta además los criterios de la escala EMS-98 de intensidad:

PGA (g)	PGA (cm/s ²)	Valor peligrosidad sísmica
0-0,03	0-39	Muy Baja
0,04-0,06	40-69	
0,07-0,08	70-89	Baja
0,09-0,10	90-109	
0,11-0,13	110-139	Media

Tabla: Valores de peligrosidad sísmica según los valores obtenidos del PGA a escala Nacional. Fuente: Elaboración propia

Estos valores de peligrosidad se consideran a escala Nacional.

Con la finalidad facilitar la comprensión del mapa obtenido e identificar las zonas de mayor peligrosidad sísmica en Canarias, se han relacionado los valores obtenidos de PGA en Canarias, con los 5 niveles de graduación de peligrosidad de tal forma que se obtiene:

PGA (g)	PGA (cm/s ²)	Valor peligrosidad sísmica
0-0,03	0-39	Muy Baja
0,04-0,06	40-69	Baja
0,07-0,08	70-89	Media
0,09-0,10	90-109	Alta
0,11-0,13	110-139	Muy Alta

Tabla: Valores de peligrosidad sísmica según los valores obtenidos del PGA ajustado a la escala de Canarias. Fuente:
Elaboración propia

4.1.3 Fuentes de información cartográfica

4.1.3.1 Información general:

- Fisuras y dorsales:
 - Navarro J. M. (1974). Estructura geológica de la isla de Tenerife y su influencia sobre la hidrogeología. Actas del I Congreso Internacional sobre Hidrología en Islas Volcánicas, Lanzarote, Spain
 - Bosshard E. y MacFarlane, D.J. (1970). Crustal structure of the western Canary Islands from seismic refraction and gravity data. Mezcua J., Buforn E., Udías A. y Rueda, J. (1992). Seismotectonics of the Canary Island
 - Carbó A., Muñoz-Martín A., Llanes P., Álvarez J., and the ZEE Working Group (2003). Gravity analysis offshore the Canary Islands from a systematic survey. Mar. Geophys. Res. 24, 113-127.
 - González de Vallejo, L. I., Capote R., Cabrera L., Insua J.M., and Acosta J. (2003). Paleoliquefaction evidence in Tenerife (Canary Islands) and possible seismotectonic sources.
- Red sísmica-volcánica: IGN, INVOLCAN.
- Catálogo sísmico: Catálogo sísmico IGN.
- Zonas sismogenéticas:
 - González de Vallejo L.I., García-Mayordomo J. and Insua J.M. (2006): Probabilistic Seismic-Hazard Assessment of the Canary Islands. Bulletin of the Seismological Society of America, 96(6): 2040-2049.
- Cartografía Base: GRAFCAN S.A.

4.1.3.2 Peligrosidad sísmica:

- Peligrosidad sísmica: *Actualización de mapas de peligrosidad sísmica de España – 2012*, se basa en el análisis probabilístico PSHA mediante el "Método de zonas de Poisson" [Cornell, 1968; McGuire, 1995] particularizado a Canarias.

4.1.4 Tipos de Mapas obtenidos

Los Mapas de peligrosidad sísmica en Canarias más utilizados son los que se obtienen para un periodo de retorno de 475 años, ya que se corresponden con los establecidos en la norma sismoresistente vigente en España NCS-02 y se corresponden a un periodo de exposición de 50 años.

4.1.4.1 Mapa de peligrosidad sísmica en Canarias a escala Nacional

Recoge los valores de peligrosidad sísmica en Canarias para un periodo de retorno de 475 años, teniendo en cuenta la graduación de peligrosidad a nivel Mundial.

4.1.4.2 Mapa de peligrosidad sísmica a escala de Canarias

Recoge los valores de peligrosidad sísmica en Canarias para un periodo de retorno de 475 años, teniendo en cuenta la graduación de peligrosidad a nivel local (Canarias).

4.1.4.3 Otros mapas de peligrosidad sísmica

Incluye los mapas de peligrosidad sísmica en Canarias para otros periodos de retorno como son: 95, 975 y 2.475 años.

4.1.5 Modelo de datos

Los datos se entregan en una geodatabase denominada: **Map_pel**.

Esta geodatabase albergará **5 dataset** correspondientes a los procesos naturales estudiados en el proyecto RIESGOMAP.

- Pel_sismica
- Pel_volcanica
- Pel_inundac
- Pel_inc_forest
- Pel_mov_ladera

En el Dataset **Pel_volcanica**, objeto del presente documento se incluyen:

Datos de los Mapas de peligrosidad Sísmica

La información correspondiente a los Mapas de Peligrosidad obtenidos se representarán como Pel_sismica.

Dataset		
Pel_sismica		
Nombre del feature class:	Escala: Varias escalas, depende isla	Tipo: Polígono

Pel_sismica_Nac		Fuente: Varias fuentes		Representación gráfica: 
Definición: Polígonos que indican los diferentes valores de la peligrosidad volcánica				
ATRIBUTOS	TIPO	LONGITUD	NULL	DESCRIPCIÓN
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Código dado al elemento
P_RETORNO	Double	4	Yes	Se refiere a los diferentes periodos de retorno estimados para la peligrosidad volcánica. Referido a años.
GRADUA	String	10	No	Graduación de la peligrosidad
PGA	Double	4	No	Valor de PGA
INTENSIDAD	String	10	No	Valor de Intensidad EMS-98
MAGNITUD	String	10	No	Valor de magnitud
ESCALA	String	10	No	Escala de representación, según la información disponible y estimada
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
MUNICIPIO				Municipio
FUENTE	String	250	No	Fuente de la información
Dominio Gradua: 1: Muy Alta, 2: Alta, 3: Media, 4: Baja, 5: Muy Baja				
Dominio Isla: GC: Gran Canaria, TF: Tenerife, LZ: Lanzarote, FV: Fuerteventura, LP: La Palma, LG: La Gomera, EH: El Hierro				

Dataset				
Pel_sismica				
Nombre del feature class:		Escala: Varias escalas, depende isla		Tipo: Polígono
Pel_sismica_Can		Fuente: Varias fuentes		Representación gráfica: 
Definición: Polígonos que indican los diferentes valores de la peligrosidad volcánica				
ATRIBUTOS	TIPO	LONGITUD	NULL	DESCRIPCIÓN
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Código dado al elemento
P_RETORNO	Double	4	Yes	Se refiere a los diferentes periodos de retorno estimados para la peligrosidad volcánica. Referido a años.
GRADUA	String	10	No	Graduación de la peligrosidad
PGA	Double	4	No	Valor de PGA
INTENSIDAD	String	10	No	Valor de Intensidad EMS-98
MAGNITUD	String	10	No	Valor de magnitud
ESCALA	String	10	No	Escala de representación, según la información disponible y estimada
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
MUNICIPIO				Municipio
FUENTE	String	250	No	Fuente de la información
Dominio Gradua: 1: Muy Alta, 2: Alta, 3: Media, 4: Baja, 5: Muy Baja				

Como información adicional respecto a la peligrosidad sísmica, se incluyen en el Modelo de datos de entrega, los valores de peligrosidad para otros periodos de retorno, cuyos shape o feature class se denominaran:

- Otros_pel_sismica_Nac_95
- Otros_pel_sismica_Nac_975
- Otros_pel_sismica_Nac_2475

Otros elementos a representar:

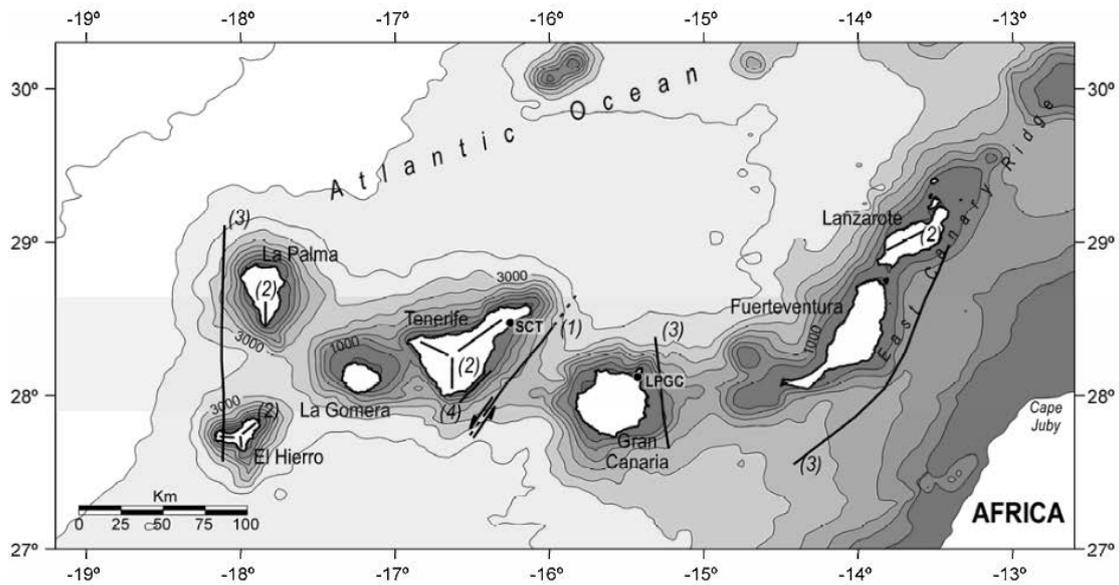
Como información adicional, se recogen otros elementos que se consideran de relevancia para analizar la peligrosidad volcánica. Estos elementos son los siguientes:

- Fisuras y dorsales

Dataset				
Pel_volcanica				
Nombre del feature class:	Escala:	Tipo: Línea		
Fis_Dor	Fuente: Datos bibliográficos	Representación gráfica:		
Definición: Líneas que representan las dorsales o fisuras tectónicas identificadas en Canarias por diferentes autores				
ATRIBUTOS	TIPO	LONGITUD	NULL	DESCRIPCIÓN
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Recogerá un código asignado a cada elemento
DENOM	String	50	Yes	Incluye el nombre dado a la fisura, dorsal o rift
UBICACIÓN	String	50	Yes	Incluye el nombre de la isla o el lugar (topónimo) donde se encuentra el elemento
FUENTE	String	50	Yes	Fuente donde se ha obtenido la información

Fis_dor: Feature class de líneas cuya información es obtenida a partir de los estudios llevados a del origen de la sismicidad en Canarias y las fracturas de la placa que se asienta en el Archipiélago. (Mezcua et al, 1992; González de Vallejo et al, 2003.).

Figura: Principales características tectovolcánicas y alineaciones de las Islas Canarias:



Fuente: Seismotectonics and Seismic Hazard of the Canary Islands L.i. González de Vallejo, j. García-Mayordomo, and J.M. Insua, Universidad Complutense de Madrid, Departamento de Geodinámica: (1). Bosshard y McFarlane, 1970; Mezcua et al, 1992, (2), Navarro, 1974, (3) Carbó et al, 2003, (4) González. de Vallejo et al, 2003. Isolíneas mostrar la batimetría. Las ciudades capitales del archipiélago se muestran: Santa Cruz de Tenerife (SCT) y Las Palmas de Gran Canaria (LPGC).

- Red sísmica y volcánica

Dataset				
Pel_volcanica				
Nombre del feature class:	Escala:	Tipo: Punto		
Red_sism_volc	Fuente: IGN, CSIC	Representación gráfica:		
Definición: Puntos donde se ubican las estaciones sísmicas-volcánicas existentes en Canarias				
ATRIBUTOS	TIPO	LONGITUD	NULL	DESCRIPCIÓN
CODIGO_ID	Double	8	No	Recogerá un código asignado a cada evento que comenzará por el 0000001 y así sucesivamente
COD_EST	String	10	No	Denominación de la estación por el IGN o CSIC
RED	String	254	No	Tipo de red (Geodésica, Sísmica o GPS)
FUENTE	String	50	No	Entidad que gestiona la red y fuente donde se ha obtenido la información
TIPO	String	25	No	Tipo de estación sísmica-volcánica
FECHA_ALTA	Date		Yes	Fecha de alta de la estación
FECHA_BAJA	Date		Yes	Fecha de baja de la estación
UTM_X	Double	10	No	Coordenada X UTM 28
UTM_Y	Double	10	No	Coordenada Y UTM 28
NOMBRE	String	25	Yes	Nombre de la estación

ISLA	String	25	No	Incluye el nombre de la isla donde se ha producido el evento
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Red_sism_volc: Feature class de puntos que representa la ubicación de las estaciones de la red sísmico-volcánica desplegada en Canarias. La información se obtendrá del sistema de vigilancia sísmico y volcánico del IGN. Así como de la información de la red volcánica de INVOLCAN, Red Canaria de Estaciones permanente GNSS (Red Geodésica Activa) y de la red Geodésica pasiva.

- PGA

Dataset				
PeI_sismica				
Nombre del feature class:	Escala:	Tipo: Línea		
PGA	Fuente: Datos bibliográficos	Representación gráfica: 		
Definición: Líneas que representan las dorsales o fisuras tectónicas identificadas en Canarias pro diferentes autores				
ATRIBUTOS	TIPO	LONGITUD	NULL	DESCRIPCIÓN
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Recogerá un código asignado a cada elemento
PGA	Double	4	No	Valor de PGA
P_RETORNO	Double	4	Yes	Se refiere a los diferentes periodos de retorno estimados para la peligrosidad volcánica. Referido a años.
FUENTE	String	50	Yes	Fuente donde se ha obtenido la información

PGA: Feature class de líneas cuya información es obtenida a partir de los valores de PGA del documento " *Actualización de mapas de peligrosidad sísmica de España – 2012*".

- Cat_sismos

Dataset				
PeI_sismica				
Nombre del feature class:	Escala:	Tipo: Punto		
Cat_sismos	Fuente: IGN, CSIC	Representación gráfica: 		
Definición: Puntos que identifican donde se ha producido un sismo				
ATRIBUTOS	TIPO	LONGITUD	NULL	DESCRIPCIÓN
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Recogerá un código asignado a cada evento que comenzará por el 0000001 y así sucesivamente
CODIGO_FU	Double	6	Yes	Recogerá el código asignado a cada evento dado por el IGN o por el CSIC
FECHA	Date	-	Yes	Fecha del evento
TIPO	String	25	Yes	Clasificación del evento sísmico si es del

				enjambre de la erupción de El Hierro o no.
Latitud	Double	10	Yes	Corresponderá con la coordenada UTM28 X del evento sísmico correspondiente
Longitud	Double	25	No	Corresponderá con la coordenada UTM28 Y del evento sísmico correspondiente
PROF_KM	Double	3		Se corresponde al dato de la profundidad del evento sísmico registrado (hipocentro), medido en km
MAGNITUD	Double	3		Dato de la magnitud (escala Richter) del evento medida en la estación sísmica correspondiente
INTEN	String	5		Dato de la intensidad según la escala EMS-98 del evento correspondiente.
Localizaci	String	50	No	Situación en Canarias del evento sísmico que incluya el nombre del municipio donde se ha producido
FUENTE	String	50	Yes	Fuente del evento sísmico IGN o CSIC

Cat_sismos: Se utilizarán los datos de los sismos registrados en Canarias por el IGN. Los datos serán recopilados a partir de la Base de datos de eventos sísmicos del IGN. Estos datos se dispondrán en formato txt o excel y serán depurados (se utilizarán únicamente aquellos cuya magnitud sea superior a 2,9) y tratados eliminando incompatibilidades y (tratamiento de los datos, verificando formato (evitar confusión entre puntos y comas)) asignando un código a cada evento, para su posterior paso a un Sistema de Información Geográfica.

La zona geográfica correspondiente a las Islas Canarias que se ha extraído de la Base de datos de eventos sísmicos del IGN es:

Latitud mínima 26

Latitud máxima 31

Longitud mínima -20, -14

El paso a SIG se realizará a partir de las coordenadas de ubicación de los epicentros de cada evento sísmico registrado, obteniendo como resultado puntos.

- Zonas sismogenéticas

Dataset				
Pel_sismica				
Nombre del feature class:	Escala:	Tipo:	Línea	
Zonas_sismogenéticas	Fuente: Datos bibliográficos	Representación gráfica:		
Definición: Líneas que representan las dorsales o fisuras tectónicas identificadas en Canarias por diferentes autores				
ATRIBUTOS	TIPO	LONGITUD	NULL	DESCRIPCIÓN

CODIGO_ID	Double	8	Yes	Recogerá un código asignado a cada elemento
ZONA	String	50	Yes	Incluye el nombre del a zona designada por González Vallejo et al. (2005)
FUENTE	String	50	Yes	Fuente donde se ha obtenido la información

Zonas_sismogeneticas: Feature class de líneas que recoge las zonas sismogeneticas establecidas por González de Vallejo *et al.* (2005).

4.1.6 Sistema de representación

Los **Mapas de Peligrosidad** se representarán en 4 niveles, en los que quedará plasmado todo el territorio que presente riesgo de peligrosidad sísmica. Estos niveles son: nivel de peligrosidad volcánica nivel alto, nivel medio, nivel bajo y nivel muy bajo (no existen zonas con peligrosidad muy alta según las fuentes consultadas). Esta zonificación se representará mediante polígonos.

El sistema de representación de los 4 niveles que definirán la zonificación del territorio en función de la peligrosidad sísmica, serán:

- Verde (nivel muy bajo)
- Verde Amarillento (nivel bajo)
- Amarillo (nivel moderado)
- Naranja (nivel alto)

Como **otros elementos adicionales**, se representan los elementos que se han utilizado para determinar la susceptibilidad o peligrosidad, que podrán ir incorporados en los mapas resultantes o constituir mapas auxiliares. Se representará:

A partir de la información del feature class: Fis_Dor, las dorsales o rifts

- Dorsales o Rifts
- Falla Tectónica
- - - Posibles fallas, datos gravimetricos

Red de estaciones sísmicas-volcánicas existentes en Canarias, utilizada como sistema de vigilancia sísmica a partir de la información del feature class red_sism_volc

-  Estacion permanente ERGNSS
-  Estacion permanente ERGNSS-GPS
-  Estaciones sísmicas de transmisión analógica
-  Estaciones sísmicas de transmisión digital vía satélite
-  Estaciones sísmicas fuera de servicio
-  Estación GPS

4.1.7 Conclusiones

Es importante tener en cuenta que:

- No se dispone de información existente similar para todas las islas, por lo que los mapas de peligrosidad y de peligros solo se pueden representar en aquellas donde se dispone realizado estudios previos.
- Parte de información obtenida se ha digitalizado para su utilización en los Sistemas de Información Geográfica, debido a la no disposición en formato digital de la fuente original. Por lo que pueden existir ciertas diferencias a una escala muy detallada con las fuentes originales.
- Las zonas que no aparecen representadas en la cartografía, son zonas que presentan una peligrosidad o susceptibilidad que no es nula, ya que las Islas Canarias son de origen volcánico y su proceso de formación aún no está resuelto, por lo que no se puede descartar que surjan procesos volcánicos en cualquier punto de las islas. Si bien, se puede afirmar que en función de la historia geológica y eruptiva de las islas, son zonas que presentan una probabilidad de ocurrencia mínima.
- También, es importante recalcar la enorme incertidumbre existente en las simulaciones de los procesos volcánicos, por lo que los mapas o escenarios resultantes hay que tomarlos con precaución, entendiendo que identifican las zonas de mayor probabilidad de ocurrencia, según diferentes métodos teóricos y científicos que buscan ajustarse a los procesos que ocurren en la realidad, pero que no reflejan la totalidad de los mismos.

4.2 MAPAS DE PELIGROSIDAD VOLCÁNICA

4.2.1 Introducción

Una erupción volcánica es una emisión de materiales sólidos, viscosos y gaseosos que surge en la superficie a través de grietas de la corteza fluvial. Dependiendo de la temperatura de los magmas, de la cantidad de productos volátiles que acompañan a las lavas y de su fluidez o viscosidad, el tipo de erupción puede ser diferente.

El peligro volcánico se define como la probabilidad de que un punto de la superficie terrestre, en un intervalo de tiempo determinado, sea afectado por un evento peligroso (Llinares et al, 2004), en este caso, por el material que emite un volcán durante una erupción. Sin embargo, el

impacto esperado también se puede representar en base al espesor del material, energía, etc. En ocasiones, es habitual hablar de peligros volcánicos de forma genérica, haciendo alusión solo a la forma en la que se emite el material (coladas de lava, caídas de ceniza, etc.), sin tener en cuenta el concepto probabilístico de la peligrosidad.

Los principales peligros volcánicos que caracterizan la peligrosidad son:

Tabla: Factores de peligro volcánico

Manifestación volcánicas que condicionan la peligrosidad
Piroclastos de caída
Dispersión de cenizas
Flujo de coladas de lavas o coladas lávicas
Flujo piroclástico
Colapso estructural total o parcial del edificio volcánico
Gases volcánicos
Peligros indirectos
Lahares
Sismos volcánicos

Fuente: Dirección General de Protección Civil

Piroclastos de caída: Las características de la proyección de los piroclastos varían en función de las características del magma y la fragmentación que se produce a lo largo de su salida a través del conducto o cráter. En las erupciones basálticas, la boca eruptiva arroja al aire fragmentos de lava que se acumulan formando un cráter. Los fragmentos de mayor tamaño (escorias y bombas volcánicas), pueden alcanzar cientos de metros de altura y esparcirse a grandes distancias. En las erupciones fonolíticas, el material se fragmenta y el producto es su mayoría está constituido por pómez y cenizas, lo que genera una mayor explosividad y mayor dispersión. No son tan peligrosas para la población fuera del área próxima al volcán, pero pueden generar incidencia sobre infraestructura al verse colapsadas. En las erupciones hidrovulcánicas, el aumento de la explosividad es enorme, generando embudos explosivos y dispersando grandes bloques, e incluso en algunos casos, provocando ondas de choque.

Dispersión de cenizas volcánicas: La densidad de la ceniza varía entre 0,5 y 2 g/cm³, dependiendo del contenido de agua y la compactación que experimente. Esto supone un peso de 20 kg/m² por cada cm de ceniza, acumulándose en los tejados de pendiente inferior al 20%. La ceniza colapsa tejados, barrancos, daña los equipos electrónicos, provoca daños sobre la salud (enfermedades pulmonares, intestinales, conjuntivitis y abrasión de la cornea), reduce la visibilidad etc.

Flujos de coladas de lavas: Los flujos de lava son corrientes de roca fundida, que salen del cráter por sus flancos. Estos flujos tienden a seguir las zonas de drenajes y pueden viajar ladera abajo hasta varias decenas de kilómetros. La velocidad depende de la viscosidad, ritmo de

emisión y topografía de la zona. Son el peligro volcánico más común en Canarias. Se puede hablar de coladas basálticas (comportamiento como un fluido y altas temperaturas) y fonolíticas (más viscosas y de menor temperatura).

Flujo piroclástico: Son masas incandescentes formadas por ceniza, gases y fragmentos de roca que se desplazan pendiente abajo a altas velocidades y elevadas temperaturas. Los flujos de mayor desarrollo se producen durante las erupciones explosivas por el colapso de las columnas eruptivas cuando está se vuelve más pesada que la atmósfera. Las coladas de piroclastos son de menor magnitud y volumen, originadas por el colapso de un domo de lava o flujos menores con alto contenido de gases. Pueden cubrir grandes extensiones siendo flujos muy rápidos y de alta temperatura.

Colapsos estructurales: Fenómeno que ocurre debido al movimiento de masas de un edificio volcánico por la inestabilidad generada por un fenómeno tectónico o volcánico, provocando un derrumbe.

Gases volcánicos: En las zonas volcánicas activas existe una emisión difusa de gases volcánicos, asociados fundamentalmente a las proximidades de las coladas de lava, que en el caso de Canarias se corresponde a vapor de agua, CO₂, metano CH₄, hidrógeno H₂, nitrógeno N₂ y ácido sulfhídrico H₂S.

Lahares: Corrientes de materiales volcánicos transportados por el agua a través de la pendiente del terreno, que se pueden originar por el arrastre de materiales piroclásticos sueltos, asociado a una erupción y acción directa de la lava sobre presas o balsas.

Sismos volcánicos: Pueden existir terremotos de origen volcánico, debido al ascenso de diques de magma, siendo la mayoría sismos de poca intensidad. Si eventualmente los focos son cada vez más superficiales y de intensidad creciente, preludian una erupción. La fuerza de los sismos también está asociada a la naturaleza explosiva de la erupción.

4.2.2 *Tipos de peligros simulados actualmente*

Según los estudios y mapas de peligrosidad llevados a cabo hasta el momento en España, los únicos peligros volcánicos que se pueden simular y representar son: *Flujo de coladas de lava*, *Piroclastos de caída y dispersión de ceniza volcánica*. Al tratarse de simulaciones, los resultados obtenidos arrojan una elevada incertidumbre.

Flujo de coladas de lava: El desarrollo de un flujo de lava depende de múltiples factores. Entre ellos, los principales son el ritmo de emisión, las características geológicas del magma

y la topografía (Hulme, 1974). El modelo de simulación más utilizado para estimar este parámetro es el *modelo de máxima pendiente*. En éste modelo se asume que la topografía juega el papel principal en la determinación del camino seguido por la colada. El modelo requiere para su funcionamiento la existencia de un Modelo Digital de Elevación (DEM) de la zona de estudio y el conocimiento del punto que se ha seleccionado como emisor del flujo (Felpeto et al., 1996). Desde el pixel que representa el punto emisor, se considera que el flujo puede extenderse hacia cualquiera de los vecinos que lo rodean. La probabilidad de que la colada se desplace hacia un pixel determinado es proporcional a la diferencia de alturas entre éste y el pixel en el que se encuentra situado, teniendo en cuenta que si la diferencia es negativa la probabilidad será cero, es decir, que la colada no puede propagarse en contra de la pendiente. Aplicando un algoritmo de MonteCarlo se calcula un posible camino de la colada para muchos puntos de flujo. Este esquema general presenta un problema de que la longitud de la colada es indefinida, por lo que si entra en una zona llana permanece retenido indefinidamente en ella y, en caso contrario, la longitud sería infinita. Para evitar este efecto es práctico introducir un parámetro denominado "longitud máxima del flujo" (l_{max}). Su función es detener la colada cuando ésta ha recorrido una determinada distancia (es decir, un número determinado de celdas). Otro parámetro que debe introducirse es la "altura crítica" (h_c), entendida como un término que se suma a la altura de cada una de las celdas que recorre la colada. Este parámetro simula el efecto de la altura de la colada lávica u otros efectos como la rugosidad del terreno. Muestran especial atención los puntos en que la colada pueda llegar al mar. Posibles áreas de emanación y dispersión, según los flujos de viento dominante en la zona de emisión y, sobre todo, las áreas deprimidas donde puedan quedar acumulados los gases más pesados. Estos son puntos críticos que deberán estar perfectamente señalizados. La víctima mortal que hubo en la erupción del volcán Teneguía (1971), en la isla de La Palma, lo fue por esta causa.

Flujos de piroclastos y block and ash: La aproximación a la modelización del comportamiento de oleadas piroclásticas es la basada en el concepto de línea de energía (Sheridan, 1979; Malin y Sheridan, 1982). Pueden clasificarse en:

Flujo piroclástico denso (Pyroclastic Density Current, PDC), que se mueve sobre el suelo a alta temperatura y velocidad. A lo largo de su recorrido pierde gas y deposita el material más grueso. Se detiene cuando el contenido en gas es insuficiente para mantener la fluidización. Están fuertemente condicionados por la topografía y los cambios de pendiente lo desestabilizan, liberando más gas. A lo largo del recorrido, el

gas liberado arrastra las partículas más finas dando lugar a la llamada nube acompañante.

Oleada piroclástica (Pyroclastic Surge), son flujos de baja densidad, afectados por las condiciones meteorológicas locales y poco condicionados por la topografía. Son de corto recorrido y se desplazan de forma turbulenta. El término también se aplica a la nube acompañante de los flujos piroclásticos. Es una nube densa con forma de anillo que se desplaza horizontalmente a partir de la base de la columna vertical de la explosión a 50 metros por segundo, desplazando fragmentos sólidos a varios km de distancia (Moore, 1967).

Flujo de bloques y cenizas (Block-and-Ash), son flujos procedentes del colapso de domos y coladas que, al fragmentarse, desgasifican bruscamente formando un flujo piroclástico (Charbonnier and Gertisser, 2009). Se caracterizan por contener, predominantemente, material fino y bloques de mayor tamaño. Este tipo de flujos no se producen en lavas de baja viscosidad.

El modelo que simula el flujo piroclástico considera que se mueve a lo largo de las laderas del volcán disipando su energía de forma lineal con la distancia, de acuerdo con un factor que se asocia a una altura de colapso y ángulo de fricción. Con este modelo se estima el área potencial que puede alcanzar el flujo mostrando los efectos producidos por la topografía, como son efectos de sombra y capacidad de remonte. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que no se consideran otros efectos como la nube acompañante, la formación de columnas, etc. Hay que representar las áreas que alcanzaran este tipo de elementos en su trayectoria balística, considerando, lógicamente, las condiciones del relieve en el punto de emisión y su entorno.

Dispersión de cenizas volcánicas: Los modelos más empleados son los denominados de advección-difusión. Estos modelos consideran que la expansión de la nube de cenizas lejos del centro de emisión es debida únicamente a la turbulencia atmosférica (difusión) y a la acción del viento (advección), mientras que la deposición de las partículas está controlada por su velocidad límite de caída. Aún con las mayores simplificaciones admisibles, estos modelos necesitan múltiples parámetros de entrada (volumen o masa total emitida, distribución de tamaños de partícula y altura máxima alcanzada por la columna y parámetros que definan la distribución de masa dentro de la misma, ritmo de emisión y duración de la erupción). Además de estos parámetros "volcanológicos" es preciso contar con datos de dirección e intensidad de viento a diversas alturas, valores de difusividad y un

modelo de atmósfera que determine la variación con la altura de la densidad y viscosidad del aire. Evidentemente, la mayoría de estos parámetros debe ser definida basándose en el estudio de la historia eruptiva del volcán, aunque muchos de ellos (como por ejemplo la forma de la columna) son muy difíciles de determinar en erupciones que no sean muy recientes y muy bien estudiadas.

4.2.3 Metodología de elaboración de mapas

La metodología seguida para realizar los mapas de peligrosidad volcánica ha consistido en:

- Recopilación de la cartografía y documentación existente relacionada con la peligrosidad volcánica en Canarias.
- Evaluación de las fuentes existentes y tipos de mapas resultantes.
- Obtención/digitalización de la información cartográfica existente relacionado con la peligrosidad volcánica, para su disposición en formato digital y/o generación de información digital nueva a partir de las metodologías estudiadas.
- Homogenización de la información cartográfica digital.
- Diseño del modelo de datos.
- Establecimiento de un sistema de representación de la información.

4.2.3.1 Fuentes de información cartográfica

Información general:

- Centros eruptivos: Mapa Geológico Digital Continuo de Canarias.
- Fisuras y dorsales:
 - Navarro J. M. (1974). Estructura geológica de la isla de Tenerife y su influencia sobre la hidrogeología. Actas del I Congreso Internacional sobre Hidrología en Islas Volcánicas, Lanzarote, Spain
 - Bosshard E. y MacFarlane, D.J. (1970). Crustal structure of the western Canary Islands from seismic refraction and gravity data. Mezcuca J., Buforn E., Udías A. y Rueda, J. (1992). Seismotectonics of the Canary Islands
 - Carbó A., Muñoz-Martín A., Llanes P., Álvarez J., and the ZEE Working Group (2003). Gravity analysis offshore the Canary Islands from a systematic survey. Mar. Geophys. Res. 24, 113-127.

- González de Vallejo, L. I., Capote R., Cabrera L., Insua J.M., and Acosta J. (2003). Paleoliquefaction evidence in Tenerife (Canary Islands) and possible seismotectonic sources.
- Red sísmica-volcánica: IGN, INVOLCAN.
- Erupciones históricas: Mapa Geológico Digital Continuo de Canarias.
- Cartografía Base: GRAFCAN S.A.

Información cartográfica existente utilizada para cada una de las islas ha sido la siguiente:

Isla de Tenerife:

- Mapa de Peligrosidad Volcánica de la isla de Tenerife, Instituto Geológico y Minero de España (IGME), 2007
- Densidad de los centros eruptivos

Isla de El Hierro:

- Becerril L., Cappello A., Galindo I., Neri M., DelNegro C., (2013). Spatial probability distribution of future volcanic eruptions at El Hierro Island (Canary Islands, Spain). *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 257:21–30.
- Becerril L., Bartolini S., Martí J., Morales J.M. y Galindo I., (2014). Long-term volcanic hazard assessment on El Hierro (Canary Islands). *Natural Hazard and Earth System Sciences*.
- Bartoloni S., Marti J., Sobradelo R., Becerril L., (2014). Nuevas herramientas para la ayuda en la toma de decisiones durante crisis sismo-volcánicas. EMERNET. Congreso Macaronésico de Protección Civil y Emergencias.

Isla de Lanzarote:

- Felpeto A. (2002): Modelización física y simulación numérica de procesos eruptivos para la generación de mapas de peligrosidad volcánica. Tesis doctoral (Inédita). Univ. Complutense.
- Felpeto A., Araña V., Ortiz R., Astiz M. y García, A., (2001): Assessment and modelling of lava flow hazard on Lanzarote (Canary Islands). *Natural Hazards* 23, p. 247-257.

Isla de La Palma:

- Marrero J.M, (2013). Mapa de peligros volcánicos de la isla de La Palma.

Isla de Gran Canaria:

- Rodríguez-González A.m Fernández-Turiel J. L., Pérez-Torrado F. J., Hansen A., Aulinas M., Carracedo J. C., Gimeno D., Guillou H., Paris R. Paterne M., (2009). “The Holocene volcanic history of Gran Canaria island: implications for volcanic hazards” Journal of Quaternary Science 24(7): 697-709.

4.2.3.2 Tipos de Mapas obtenidos

4.2.3.2.1 *Mapas de peligrosidad volcánica*

Recogen la síntesis de todos los peligros existentes. Actualmente, existen mapas de peligrosidad para dos islas del archipiélago Canario, la isla de Tenerife y la isla de El Hierro. Estos mapas se han realizado a partir de la georeferenciación y digitalización de las fuentes de información correspondientes.

4.2.3.2.2 *Mapas de peligros volcánicos*

Isla de Tenerife

- Dispersión de cenizas (fallout): Recoge la susceptibilidad frente a caída de cenizas en la zona de influencia de Teide-Pico Viejo. La distribución que se ha representado es la distribución máxima para vientos dominantes.

Isla de El Hierro

- Dispersión de cenizas (fallout): Recoge la susceptibilidad frente a caída de cenizas en la zona de influencia de Montaña de Orchilla y de la zona de Montaña de los Elechos y Montaña Entremontañas (inmediaciones de San Andrés). La distribución que se ha representado es la distribución máxima para vientos dominantes.
- Proyección de Piroclastos de Caída: Representa la simulación de piroclastos de caída.
- Escenarios de coladas: Representa la simulación de coladas de lava.

Isla de Lanzarote

- Escenarios de coladas: Representa la simulación de coladas de lava.

Isla de La Palma

- Dispersión de cenizas (fallout): Recoge la susceptibilidad frente a caída de cenizas en la zona de influencia de Cumbre Vieja. La distribución que se ha representado es la distribución máxima para vientos dominantes.
- Representa la simulación de piroclastos de caída.

- Escenarios de coladas: Representa la simulación de coladas de lava.

4.2.3.2.3 Mapas de susceptibilidad volcánica

Probabilidad de eventos: Se representa la probabilidad espacial de albergar un nuevo centro eruptivo en un área considerada. Se estima a partir de la densidad de Kernel, utilizando como parámetros de entrada la localización de centros eruptivos, así como otros elementos geológicos característicos como diques, fallas, fracturas. Para las islas de El Hierro y Tenerife se dispone de información existente. En el resto de islas ha sido mediante elaboración propia a partir de los centros eruptivos del Mapa Digital Continua de Canarias y con la herramienta Kernel Density.

4.2.3.3 Modelo de datos

Los datos se entregan en una geodatabase denominada: **Map_pel**.

Esta geodatabase albergará **5 dataset** correspondientes a los procesos naturales estudiados en el proyecto RIESGOMAP.

- Pel_sismica
- Pel_volcanica
- Pel_inundac
- Pel_inc_forest
- Pel_mov_ladera

En el Dataset **Pel_volcanica**, objeto del presente documento se incluyen:

Datos de los Mapas de Peligrosidad

La información correspondiente a los Mapas de Peligrosidad obtenidos se representará como Pel_volcanica.

Dataset				
Pel_volcanica				
Nombre del feature class:		Escala: Varias escalas, depende isla		Tipo: Polígono
Pel_volcanica		Fuente: Varias fuentes		Representación gráfica: 
Definición: Polígonos que indican los diferentes valores de la peligrosidad volcánica				
ATRIBUTOS	TIPO	LONGITUD	NULL	DESCRIPCIÓN
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Código dado al elemento
P_RETORNO	Double	4	Yes	Se refiere a los diferentes periodos de retorno estimados para la peligrosidad volcánica. Referido a años.
GRADUA	String	10	No	Graduación de la peligrosidad
ESCALA	String	10	No	Escala de representación, según la

				información disponible y estimada
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
FUENTE	String	250	No	Fuente de la información
Dominio Gradua: 1: Muy Alta, 2: Alta, 3: Media, 4: Baja, 5: Muy Baja				
Dominio Isla: GC: Gran Canaria, TF: Tenerife, LZ: Lanzarote, FV: Fuerteventura, LP: La Palma, LG: La Gomera, EH: El Hierro				

Puesto que solo existen Mapas de peligrosidad para dos islas (El Hierro y Tenerife), la escala a representar será insular y se incluye un feature class por cada isla:

- Pel_volcanica_TF: Feature class del Mapa de Peligrosidad de la isla de Tenerife.
- Pel_volcanica_EH: Feature class del Mapa de Peligrosidad de la isla de El Hierro.

Datos de los Mapas de Peligros

- Fallout: Capa que representa la dispersión de cenizas.

Dataset				
Pel_volcanica				
Nombre del feature class:	Escala: Varias escalas, depende isla		Tipo:	Líneas
Fallout	Fuente: Varias fuentes		Representación gráfica:	
Definición: Polígonos que indican los diferentes valores de la susceptibilidad volcánica				
ATRIBUTOS	TIPO	LONGITUD	NULL	DESCRIPCIÓN
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Código dado al elemento
ESPESOR	String	10	No	Espesor de las cenizas
PROBA	String	10	No	Probabilidad de ocurrencia
DIRECCION	String	10	No	Dirección del viento
CENTRO_ERUP	String	10	No	Centro eruptivo desde el que se ha simulado la dispersión de cenizas
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
FUENTE	String	254	No	Fuente de la que se ha extraído la cartografía
Dominio Isla: GC: Gran Canaria, TF: Tenerife, LZ: Lanzarote, FV: Fuerteventura, LP: La Palma, LG: La Gomera, EH: El Hierro				

En este caso, solo se dispone de información de Fallout en tres islas (El Hierro, La Palma y Tenerife), la escala a representar será insular y se incluye un feature class por cada isla:

- Fallout_TF: Feature class resultado de la simulación de dispersión de cenizas en la isla de Tenerife.
- Fallout_EH: Feature class resultado de la simulación de dispersión de cenizas en la isla de El Hierro.
- Fallout_LP: Feature class resultado de la simulación de dispersión de cenizas en la isla de La Palma.

- PDC: Capa que representa los piroclastos de caída.

Dataset				
Pel_volcanica				
Nombre del feature class:		Escala: Varias escalas, depende isla	Tipo: Polígono	
PDC		Fuente: Varias fuentes	Representación gráfica: 	
Definición: Polígonos que indican los diferentes valores de la susceptibilidad volcánica				
ATRIBUTOS	TIPO	LONGITUD	NULL	DESCRIPCIÓN
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Código dado al elemento
TIPO	String	10	No	Máfico o Felsico
PROBA	String	10	No	Probabilidad de ocurrencia
ANGULO	String	10	No	Angulo de fricción
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
FUENTE	String	254	No	Fuente de la que se ha extraído la cartografía
Dominio Isla: GC: Gran Canaria, TF: Tenerife, LZ: Lanzarote, FV: Fuerteventura, LP: La Palma, LG: La Gomera, EH: El Hierro				

Solo existe información PDC en dos islas (El Hierro y La Palma), la escala a representar será insular y se incluye un feature class por cada isla:

- PDC_EH: Feature class de simulación de PDC en la isla de El Hierro.
- PDC_LP: Feature class de PDC en la isla de La Palma

- Coladas de lava: Capa que simula las coladas de lava.

Dataset				
Pel_volcanica				
Nombre del feature class:		Escala: Varias escalas, depende isla	Tipo: Polígono	
Coladas_lava		Fuente: Varias fuentes	Representación gráfica: 	
Definición: Polígonos que indican los diferentes valores de la susceptibilidad volcánica				
ATRIBUTOS	TIPO	LONGITUD	NULL	DESCRIPCIÓN
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Código dado al elemento
NIVEL	String	10	No	Probabilidad de ocurrencia
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
FUENTE	String	254	No	Fuente de la que se ha extraído la cartografía
Dominio Nivel: 1: Muy Alta, 2: Alta, 3: Media, 4: Baja, 5: Muy Baja				
Dominio Isla: GC: Gran Canaria, TF: Tenerife, LZ: Lanzarote, FV: Fuerteventura, LP: La Palma, LG: La Gomera, EH: El Hierro				

Puesto que solo existe información de Coladas_lava para tres islas (Lanzarote, El Hierro y La Palma), la escala a representar será insular y se incluye un feature class por cada isla:

- Coladas_lava_EH: Feature class de simulación de coladas de lava de la isla de El Hierro.
- Coladas_lava_LP: Feature class de simulación de coladas de lava de la isla de La Palma.
- Coladas_lava_LZ: Feature class de simulación de coladas de lava de la isla de Lanzarote.

Datos del Mapa de susceptibilidad:

La información correspondiente a los mapas de susceptibilidad volcánica se representan mediante la capa Sucep_volcanica. En este caso se dispone de información para todas las islas.

Dataset				
Pel_volcanica				
Nombre del feature class:		Escala: Varias escalas, depende isla	Tipo: Polígono	
Sucep_volcanica		Fuente: Varias fuentes	Representación gráfica: 	
Definición: Polígonos que indican los diferentes valores de la susceptibilidad volcánica				
ATRIBUTOS	TIPO	LONGITUD	NULL	DESCRIPCIÓN
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Código dado al elemento
GRADUA	String	10	No	Graduación de la peligrosidad
FUENTE	String	254	No	Fuente de la que se ha extraído la cartografía
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Grada: 1: Muy Alta, 2: Alta, 3: Media, 4: Baja, 5: Muy Baja				
Dominio Isla: GC: Gran Canaria, TF: Tenerife, LZ: Lanzarote, FV: Fuerteventura, LP: La Palma, LG: La Gomera, EH: El Hierro				

Otros elementos a representar:

Como información adicional, se recogen otros elementos que se consideran de relevancia para analizar la peligrosidad volcánica. Estos elementos son los siguientes:

- Red sísmica y volcánica

Dataset				
Pel_volcanica				
Nombre del feature class:		Escala:	Tipo: Punto	
Red_sism_volc		Fuente: IGN, CSIC	Representación gráfica: 	
Definición: Puntos donde se ubican las estaciones sísmicas-volcánicas existentes en Canarias				
ATRIBUTOS	TIPO	LONGITUD	NULL	DESCRIPCIÓN
CODIGO_ID	Double	8	No	Recogerá un código asignado a cada evento que comenzará por el 0000001 y así sucesivamente
COD_EST	String	10	No	Denominación de la estación por el IGN o CSIC
RED	String	254	No	Tipo de red (Geodésica, Sísmica o GPS)
FUENTE	String	50	No	Entidad que gestiona la red y fuente donde se ha obtenido la información
TIPO	String	25	No	Tipo de estación sísmica-volcánica
FECHA_ALTA	Date		Yes	Fecha de alta de la estación
FECHA_BAJA	Date		Yes	Fecha de baja de la estación
UTM_X	Double	10	No	Coordenada X UTM 28
UTM_Y	Double	10	No	Coordenada Y UTM 28
NOMBRE	String	25	Yes	Nombre de la estación
ISLA	String	25	No	Incluye el nombre de la isla donde se ha producido el evento
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

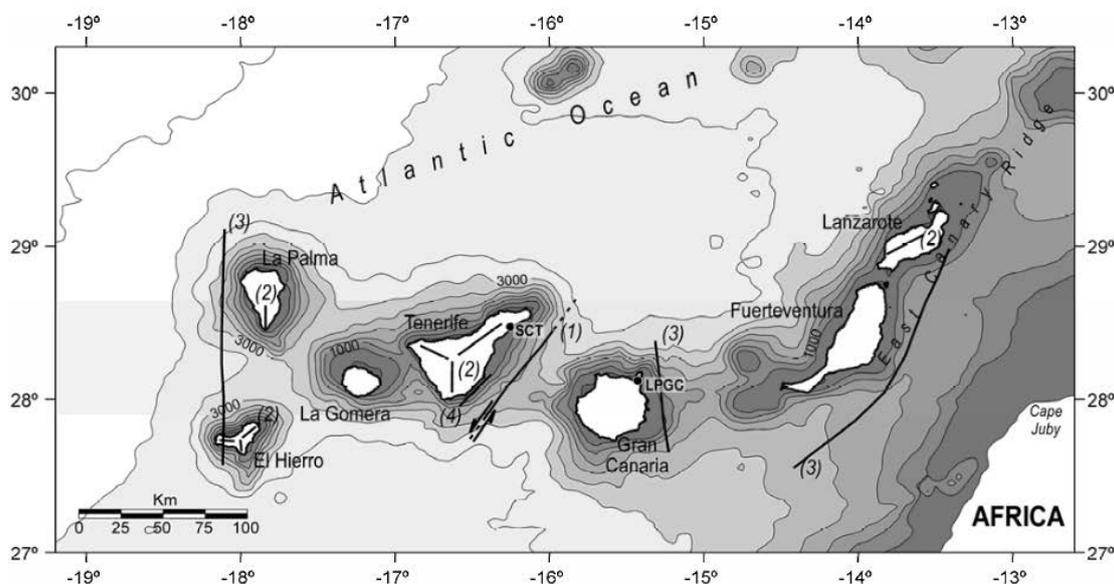
Red_sism_volc: Feature class de puntos que representa la ubicación de las estaciones de la red sísmico-volcánica desplegada en Canarias. La información se obtendrá del sistema de vigilancia sísmico y volcánico del IGN. Así como de la información de la red volcánica de INVOLCAN, Red Canaria de Estaciones permanente GNSS (Red Geodésica Activa) y de la red Geodésica pasiva.

- Fisuras y dorsales

Dataset				
PeI_volcanica				
Nombre del feature class:		Escala:	Tipo:	Línea
Fis_Dor		Fuente: Datos bibliográficos	Representación gráfica:	
Definición: Líneas que representan las dorsales o fisuras tectónicas identificadas en Canarias por diferentes autores				
ATRIBUTOS	TIPO	LONGITUD	NULL	DESCRIPCIÓN
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Recogerá un código asignado a cada elemento
DENOM	String	50	Yes	Incluye el nombre dado a la fisura, dorsal o rift
UBICACIÓN	String	50	Yes	Incluye el nombre de la isla o el lugar (topónimo) donde se encuentra el elemento
FUENTE	String	50	Yes	Fuente donde se ha obtenido la información

Fis_dor: Feature class de líneas cuya información es obtenida a partir de los estudios llevados a del origen de la sismicidad en Canarias y las fracturas de la placa que se asienta en el Archipiélago. (Mezcua et al, 1992; González de Vallejo et al, 2003.).

Figura: Principales características tectovolcánicas y alineaciones de las Islas Canarias:



Fuente: Seismotectonics and Seismic Hazard of the Canary Islands L.i. González de Vallejo, j. García-Mayordomo, and J.M. Insua, Universidad Complutense de Madrid, Departamento de Geodinámica: (1). Bosshard y McFarlane, 1970; Mezcua et al, 1992, (2), Navarro, 1974, (3) Carbó et al, 2003, (4) González. de Vallejo et al, 2003. Isolíneas mostrar la batimetría. Las ciudades capitales del archipiélago se muestran: Santa Cruz de Tenerife (SCT) y Las Palmas de Gran Canaria (LPGC).

- Centros eruptivos

Dataset				
PeI_volcanica				
Nombre del feature class:		Escala:	Tipo:	Punto
Cntrto_Erupt		Fuente: Mapa Geológico Digital Continuo de Canarias	Representación gráfica:	
Definición: Puntos que identifican la ubicación de centros eruptivos tanto los visibles como los que no son apreciables a simple vista.				

ATRIBUTOS	TIPO	LONGITUD	NULL	DESCRIPCIÓN
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Recogerá un código asignado a cada elemento
PUN_ID	Double	8	Yes	Recogerá el código asignado a cada elemento en el Mapa Geológico Digital Continuo de Canarias
PUN_NOMBRE	String	254	Yes	Nombre según su tipología donde se ha extraído la información: Centro de emisión sin cráter o Borde de cráter
FUENTE	String	254	Yes	Origen información
ISLA	String	4	Yes	Incluye el nombre de la isla donde se ha producido el evento
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Centro_erupt: Los datos de la base se obtendrán a partir de la información existente en el Mapa Geológico Digital Continuo de Canarias. De la capa denominada PUNTOS, se obtendrá los registros que en el campo PUN_NOMBRE de la tabla dbf del shape, aparecen designados como *Centro de emisión sin cráter* y tienen código 1, ya que representan la ubicación de los centros eruptivos no apreciables a simple vista.

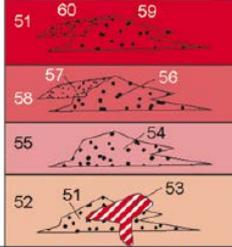
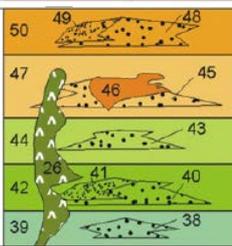
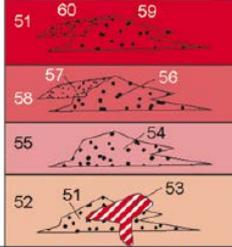
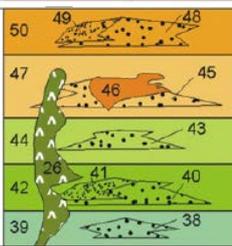
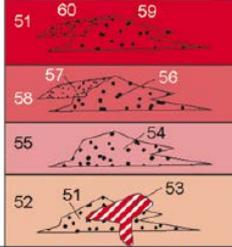
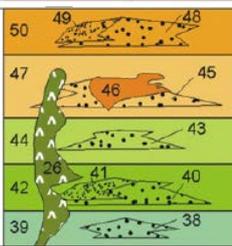
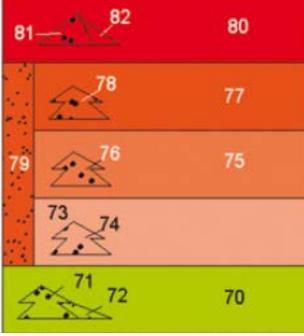
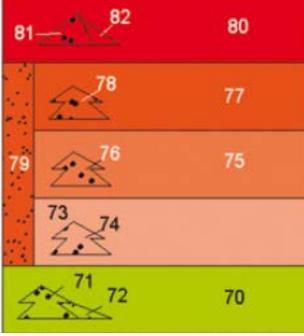
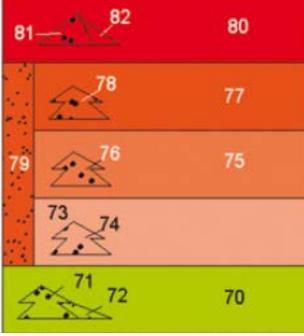
- Erupciones históricas

Dataset Pel_volcanica				
Nombre del feature class:	Escala:	Tipo:	Polígono	
Erupc_hist	Fuente: Mapa Geológico Digital Continuo de Canarias	Representación gráfica:		
Definición: Polígonos que identifican las coladas históricas o recientes que aparecen recogidas en el Mapa Geológico Digital Continuo de Canarias como: erupciones históricas, subhistóricas, prehistóricas o recientes. Estas erupciones incluyen todas las erupciones que se han producido recientemente desde el punto de vista geológico y a las 16 erupciones históricas constatadas.				
ATRIBUTOS	TIPO	LONGITUD	NULL	DESCRIPCIÓN
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Código dado a cada elemento
CODIGO_LE	Double	8	Yes	Código de la leyenda del Mapa Geológico a que corresponde
LIT_NOMBRE	String	100	No	Denominación de la litología del Mapa Geológico
TIPO	String	100	Yes	Incluye si se corresponde a una erupción histórica constatada
COD_EHIST	Double	8	Yes	Código de la erupción histórica según la tabla erupciones históricas constatadas
NOMBRE	String	250	Yes	Nombre de la erupción histórica
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
Dominio Isla: 1: Gran Canaria, 2: Tenerife, 3: Lanzarote, 4: Fuerteventura, 5: La Palma, 6: La Gomera, 7: El Hierro				

Erupc_hist: Se entiende por erupciones históricas a las que aparecen recogidas en el Mapa Geológico Digital Continuo de Canarias como: erupciones históricas, subhistóricas, prehistóricas o recientes. Estas erupciones incluyen todas las erupciones que se han producido recientemente desde el punto de vista geológico y a las 16 erupciones históricas constatadas.

Se parte de la información del Mapa Geológico Digital Continuo de Canarias, donde aparecen señaladas las litologías correspondientes a erupciones históricas y que son las que se incluyen en el siguiente cuadro:

Tabla: Erupciones históricas (recientes, históricas, subhistóricas o prehistóricas).

Isla	Trama	Código leyenda Mapa Geológico								
La Palma	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="384 521 440 768">CUATERNARIO</td> <td data-bbox="440 521 552 768">HOLOCENO</td> <td data-bbox="552 521 639 768">Volcanismo histórico</td> <td data-bbox="639 521 967 768">  </td> </tr> <tr> <td data-bbox="384 768 440 1014">CUATERNARIO</td> <td data-bbox="440 768 552 1014">HOLOCENO</td> <td data-bbox="552 768 639 1014"></td> <td data-bbox="639 768 967 1014">  </td> </tr> </table>	CUATERNARIO	HOLOCENO	Volcanismo histórico		CUATERNARIO	HOLOCENO			<p>ERUPCIONES HISTÓRICAS</p> <p>ERUPCIONES DEL SIGLO XX</p> <p>61.- Coladas basálticas</p> <p>60.- Depósitos freatomagmáticos</p> <p>59.- Conos de piroclastos basálticos</p> <p>ERUPCIONES DEL SIGLO XVIII</p> <p>58.- Coladas basálticas</p> <p>57.- Depósitos freatomagmáticos</p> <p>56.- Conos de piroclastos basálticos</p> <p>ERUPCIONES DEL SIGLO XVII</p> <p>55.- Coladas basálticas</p> <p>54.- Conos de piroclastos basálticos</p> <p>ERUPCIONES DEL SIGLO XVI</p> <p>53.- Fonolitas juveniles intrusivas</p> <p>52.- Coladas basálticas</p> <p>51.- Conos de piroclastos basálticos</p> <p>ERUPCIONES PREHISTÓRICAS Y RECIENTES</p> <p>VOLCÁN MARTÍN Y MONTAÑA QUEMADA</p> <p>50.- Coladas basálticas</p> <p>49.- Depósitos freatomagmáticos</p> <p>48.- Conos de piroclastos basálticos</p> <p>MALFORADA Y NANBROQUE</p> <p>47.- Coladas tefríticas y fonolíticas</p> <p>46.- Intrusiones de fonolitas juveniles</p> <p>45.- Conos de piroclastos basálticos, basaníticos y tefríticos</p> <p>VOLCÁN FUEGO Y VOLCANES DE LA FAJANA</p> <p>44.- Coladas basálticas</p> <p>43.- Conos de piroclastos basálticos, basaníticos y tefríticos</p> <p>VOLCÁN SAN ANTONIO - LA CALDERETA</p> <p>42.- Coladas basálticas</p> <p>41.- Depósitos freatomagmáticos</p> <p>40.- Conos piroclásticos basálticos</p> <p>GRUPO BIRIGOYO - LA BARQUITA</p> <p>39.- Coladas basálticas</p> <p>38.- Conos de piroclastos basálticos</p>
CUATERNARIO	HOLOCENO	Volcanismo histórico								
CUATERNARIO	HOLOCENO									
Lanzarote	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="384 1137 440 1473">CUATERNARIO</td> <td data-bbox="440 1137 663 1473">HOLOCENO</td> <td data-bbox="663 1137 967 1473">  </td> </tr> </table>	CUATERNARIO	HOLOCENO		<p>ERUPCIONES HISTÓRICAS</p> <p>Alineación volcánica del año 1824</p> <p>82. Piroclastos de dispersión</p> <p>81. Conos de tefra</p> <p>80. Coladas basálticas</p> <p>Volcanismo del siglo XVIII (Timanfaya)</p> <p>79. Piroclastos de dispersión de los tres episodios</p> <p>78. Conos de tefra del tercer episodio</p> <p>77. Coladas basálticas y basálticas olivínicas del tercer episodio</p> <p>76. Conos de tefra del segundo episodio</p> <p>75. Coladas basálticas y basálticas olivínicas del segundo episodio</p> <p>74. Conos de tefra del primer episodio</p> <p>73. Coladas basálticas y basálticas olivínicas del primer episodio</p> <p>ERUPCIONES SUBHISTÓRICAS</p> <p>72. Piroclastos de dispersión</p> <p>71. Conos de tefra</p> <p>70. Coladas basálticas y basálticas olivínicas</p>					
CUATERNARIO	HOLOCENO									

Tenerife	<table border="1"> <tr> <td>CENOZOICO</td> <td>CUATERNARIO</td> <td>HOLCENO</td> <td></td> <td>199</td> <td>200</td> <td>201</td> <td>202</td> <td>203</td> <td>204</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>196</td> <td>197</td> <td>198</td> <td></td> <td>194</td> <td>195</td> </tr> </table>	CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLCENO		199	200	201	202	203	204					196	197	198		194	195	<p>ERUPCIONES HISTÓRICAS ERUPCIONES DEL SIGLO XX Erupción del Chinyero (1909) 204.- Coladas basálticas 203.- Piroclastos basálticos ERUPCIONES DEL SIGLO XVIII Erupción del Chahorra ó Narices del Teide (1798) 202.- Coladas basálticas 201.- Piroclastos basálticos Erupción de Montaña Negra ó Garachico (1706) 200.- Coladas basálticas 199.- Piroclastos basálticos Fisura eruptiva de Siete Fuentes-Fasnia Arafo (1704-05) 198.- Coladas basálticas 197.- Piroclastos finos 196.- Piroclastos basálticos ERUPCIONES DEL SIGLO XIV y XV Erupción fisural del Taoro 195.- Coladas traquibasálticas 194.- Piroclastos</p> <p>ERUPCIONES SUBHISTÓRICAS Volcán de Montaña Reventada 193.- Coladas de traquitas máficas 192.- Piroclastos traquíticos Volcán de Arafo 191.- Coladas basálticas 190.- Piroclastos basálticos Volcán de las Arenas 189.- Coladas basálticas-traquibasálticas 188.- Piroclastos basálticos 187.- Piroclastos de dispersión Volcán de Güimar 186.- Coladas basálticas 185.- Piroclastos basálticos finos de dispersión 184.- Piroclastos basálticos</p>
	CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLCENO		199	200	201	202	203	204												
				196	197	198		194	195													
<table border="1"> <tr> <td>CENOZOICO</td> <td>CUATERNARIO</td> <td>HOLCENO</td> <td></td> <td>192</td> <td>190</td> <td>188</td> <td>187</td> <td>184</td> <td>185</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>193</td> <td>191</td> <td>189</td> <td></td> <td></td> <td>186</td> </tr> </table>	CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLCENO		192	190	188	187	184	185					193	191	189			186		
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLCENO		192	190	188	187	184	185													
				193	191	189			186													
El Hierro	<table border="1"> <tr> <td>CUATERNARIO</td> <td></td> <td>HOLOCENO</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> </tr> </table>	CUATERNARIO		HOLOCENO																		<p>POSIBLE ERUPCIÓN HISTORICA 36.- Coladas basálticas (s.l.) EMISIONES RECIENTES 35.- Piroclastos de dispersión basálticos (s.l.), basaníticos y foidíticos 34.- Conos de tefra basálticos (s.l.), basaníticos y foidíticos 33.- Coladas basálticas (s.l.), basaníticas y foidíticas EMISIONES SUBRECIENTES 32.- Conos de tefra basálticos (s.l.), basaníticas y foidíticas 31.- Coladas basálticas (s.l.), basaníticas y foidíticas</p>
CUATERNARIO		HOLOCENO																				

Fuente: Mapa Geológico Digital Continuo de Canarias

A continuación se detallan las erupciones históricas constatadas y su relación con la leyenda del Mapa Geológico:

Tabla: Erupciones históricas constatadas

Isla	Erupciones históricas constatadas		Código leyenda Mapa Geológico
	Año	Denominación	
Lanzarote	1730-36	Timanfaya	79-73
	1824	Volcán de Tao, Volcán Nuevo del Fuego o del Chinero y Volcán de Tinguatón	81-80
Tenerife	1704-05	V. de Sietefuentes, V. de Fasnia y V. de Arafo	198-196
	1706	E. de Garachico y V. de Arenas Negras	200-199
	1798	E. Narices del Teide y V. de Chahorra	202-201
	1909	V Chinyero	204-203
La Palma	1430-1440	Tacande-Montaña Quemada	47-45
	1585	Tehuya	53-51
	1646	Volcán Martín o de Tigalate	55-54
	1667-68	Volcán de San Antonio	55-54
	1712	E. del Charco	58-56
	1949	E. de San Juan	61-59
	1949	V. de Nambroque	61-59
	1971	V. de Teneguía	61-59

Fuente: Mapa Geológico Digital Continuo de Canarias y C. Romero (2007). Dpto. Geografía Univ. La Laguna

4.2.3.4 Sistema de representación

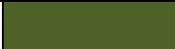
Los **Mapas de Peligrosidad** se representarán en 4 niveles, en los que quedará plasmado todo el territorio que presente riesgo de peligrosidad volcánica. Estos niveles son: nivel de peligrosidad volcánica nivel alto, nivel medio, nivel bajo y nivel muy bajo (no existen zonas con peligrosidad muy alta según las fuentes consultadas). La peligrosidad volcánica que constituye estos 4 niveles incluirá todos los procesos o peligros volcánicos que se registren en esa zona. Esta zonificación se representará mediante polígonos.

El sistema de representación de los 4 niveles que definirán la zonificación del territorio en función de la peligrosidad volcánica, serán:

- Verde (nivel muy bajo)
- Verde Amarillento (nivel bajo)
- Amarillo (nivel moderado)
- Naranja (nivel alto)

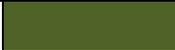
Isla de Tenerife

- Se representa el Mapa de peligrosidad de excedencia del 10% para un periodo de retorno 50 años (fuente: Mapa de Peligrosidad Volcánica de la isla de Tenerife, Instituto Geológico y Minero de España). La graduación del mapa se ha adaptado a la establecida en el proyecto RIESGOMAP, según los siguientes niveles:

Mapa del Peligrosidad IGME	RIESGOMAP	
Mínima	Muy Baja	
Baja	Baja	
Moderada	Moderada	
Alta	Alta	

Isla de El Hierro

- Se representa el Mapa de peligrosidad de la isla de El Hierro. Se ha adaptado la graduación, en función de los niveles del proyecto RIESGOMAP.

(Becerril L., et al, 2014)	RIESGOMAP	
Very low	Muy Baja	
Low	Baja	
Medium	Moderada	
High	Alta	

Mapas de Peligros:

Se representan los distintos peligros volcánicos de los que se ha obtenido información.

Isla de Tenerife

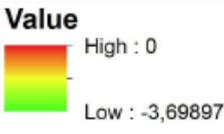
- Dispersión de cenizas (Fallout_TF): Se representa mediante una línea discontinua en negro (se incluye el layer en la información de entrega). Además, se presentan los labels que indican el espesor de las cenizas. No se dispone de datos de probabilidad. El origen de la simulación es Pico Viejo y se ha considerado según distribución máxima de vientos dominantes.

Isla de El Hierro

- Dispersión de cenizas (Fallout_EH): Se representa mediante una línea discontinua en negro (se incluye el layer en la información de entrega). Además, se presentan los labels que indican el espesor de las cenizas. No se dispone de datos de probabilidad. El origen de la simulación es la zona de influencia de Montaña de Orchilla y de la zona de Montaña de los Elechos y Montaña Entremontañas (inmediaciones de San Andrés). La distribución que se ha representado es la distribución máxima para vientos dominantes.
- Proyección de Piroclastos de Caída (PDC_EH): Se representa según la zona afectada por erupciones de tipo máficas. Se representa mediante un polígono de color morado (se incluye layer correspondiente).
- Escenarios de coladas (Coladas_lava_EH): Se representa el camino seguido por la simulación de las coladas que tiene origen en distintos centros eruptivos de la isla (no se tiene en cuenta la probabilidad de ocurrencia del centro eruptivo). Los niveles más elevados representan las zonas de mayor probabilidad de que un punto de la

superficie de la isla se vea afectado por el flujo de colada de un centro de emisión determinado.

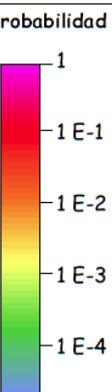
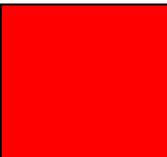
Se representan según los siguientes niveles, mediante un polígono (se incluye layer correspondiente):

(Becerril L., et al, 2014)	RIESGOMAP	
Value  High : 0 Low : -3,69897	Muy Alta	
	Alta	
	Moderada	
	Baja	
	Muy Baja	

Isla de Lanzarote

- Escenarios de coladas (Coladas_lava_LZ): Se representa el camino seguido por la simulación de las coladas que tiene origen en distintos centros eruptivos de la isla (no se tiene en cuenta la probabilidad de ocurrencia del centro eruptivo). Los niveles más elevados representan las zonas de mayor probabilidad de que un punto de la superficie de la isla se vea afectado por el flujo de colada de un centro de emisión determinado.

Se representan según los siguientes niveles, mediante un polígono (se incluye layer correspondiente):

(Felpeto A., 2001)	RIESGOMAP	
Probabilidad 	Muy Alta	
	Alta	
	Moderada	
	Baja	

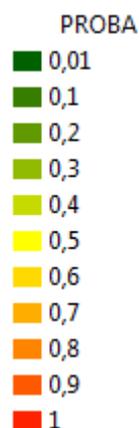
	Muy Baja	
--	----------	--

Isla de La Palma

- **Dispersión de cenizas (Fallout_LP):** Se representa mediante una línea discontinua en negro (se incluye el layer en la información de entrega), según la probabilidad de ocurrencia agrupada: 0-0,01 (incluido), 0,01-0,02 (incluido), 0,02-0,03 (incluido)... hasta 0,09-0,1 (incluido)

Se representa los labels que indican dicha probabilidad. No se dispone de datos de espesor de ceniza. El origen de la simulación es la zona de influencia de Cumbre Vieja. La distribución que se ha representado es la tipo 2, para los vientos dominantes alisios.

- **Proyección de Piroclastos de Caída:** Se representa según la zona afectada mediante un polígono con una escala de colores, según la probabilidad de ocurrencia (se incluye layer correspondiente).

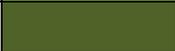


- **Escenarios de coladas:** Se representa el camino seguido por la simulación de las coladas que tiene origen en distintos centros eruptivos de la isla (no se tiene en cuenta la probabilidad de ocurrencia del centro eruptivo). Los niveles más elevados representan las zonas de mayor probabilidad de que un punto de la superficie de la isla se vea afectado por el flujo de colada de un centro de emisión determinado.

En este caso, el mapa representado se obtiene a partir de la mayor probabilidad obtenida mediante la combinación de los pixeles de los resultados obtenidos por Marrero J.M. 2013 para cada una de las 4 zonas definidas en su estudio. Es decir, si en un mismo área (pixel), la simulación de la zona 2 indica una probabilidad de 0,3 y la de

la zona 4 una probabilidad 0,9, se ha considerado siempre el valor de mayor probabilidad.

Se representan según los siguientes niveles, mediante un polígono (se incluye layer correspondiente):

(Marrero J.M. 2013)	RIESGOMAP	
Probabilidad 1-0,9	Muy Alta	
0,8-0,7	Alta	
0,6-0,5	Moderada	
0,4-0,3	Baja	
0,2-0,1	Muy Baja	

Mapa de susceptibilidad volcánica:

Se representa mediante la densidad de centros eruptivos obtenidos a partir de la cartografía del Mapa Digital Continuo de Canarias. En este caso se han considerado las zonas de mayor densidad como los valores más elevados y las zonas de menor densidad como valores más bajos. Se representa mediante un polígono. (se incluye el layer correspondiente).

En el caso de las islas de El Hierro y Tenerife, se han utilizado las fuentes de información disponibles. Además, los resultados se han matizado para una mejor representación.

Nº centros de emisión/km ²	RIESGOMAP	
> 4	Muy Alta	
3,1- 4	Alta	
2,1-3	Moderada	
1,1-2	Baja	
0,1-1	Muy Baja	

Como **otros elementos adicionales**, se representan los elementos que se han utilizado para determinar la susceptibilidad o peligrosidad, que podrán ir incorporados en los mapas resultantes o constituir mapas auxiliares. Se representará:

A partir de la información del feature class: Fis_Dor, las dorsales o rifts

-  Dorsales o Rifts
-  Falla Téctica
-  Posibles fallas, datos gravimétricos

La capa de centros eruptivos Cntro_erupt se representará:

- Centros eruptivos sin cráter: Puntos: 

Red de estaciones sísmicas-volcánicas existentes en Canarias, utilizada como sistema de vigilancia sísmica a partir de la información del feature class red_sism_volc

-  Estacion permanente ERGNSS
-  Estacion permanente ERGNSS-GPS
-  Estaciones sísmicas de transmisión analógica
-  Estaciones sísmicas de transmisión digital vía satélite
-  Estaciones sísmicas fuera de servicio
-  Estación GPS

Las coladas históricas identificadas en cada una de las islas, que quedarán representadas como polígonos a partir de la información del feature Erupc_hist:

- Coladas de erupciones históricas con la trama 

4.2.4 Conclusiones

Es importante tener en cuenta que:

- No se dispone de información existente similar para todas las islas, por lo que los mapas de peligrosidad y de peligros solo se pueden representar en aquellas donde se dispone realizado estudios previos.
- Parte de información obtenida se ha digitalizado para su utilización en los Sistemas de Información Geográfica, debido a la no disposición en formato digital de la fuente original. Por lo que pueden existir ciertas diferencias a una escala muy detallada con las fuentes originales.
- Las zonas que no aparecen representadas en la cartografía, son zonas que presentan una peligrosidad o susceptibilidad que no es nula, ya que las Islas Canarias son de origen volcánico y su proceso de formación aún no está resuelto, por lo que no se puede descartar que surjan procesos volcánicos en cualquier punto de las islas. Si bien, se puede afirmar que en función de la historia geológica y eruptiva de las islas, son zonas que presentan una probabilidad de ocurrencia mínima.
- También, es importante recalcar la enorme incertidumbre existente en las simulaciones de los procesos volcánicos, por lo que los mapas o escenarios resultantes hay que tomarlos con precaución, entendiendo que identifican las zonas de mayor probabilidad de ocurrencia, según diferentes métodos teóricos y científicos que buscan ajustarse a los procesos que ocurren en la realidad, pero que no reflejan la totalidad de los mismos.

4.3 MAPAS DE PELIGROSIDAD DE INUNDACIÓN FLUVIAL

4.3.1 Introducción

Una inundación es un aumento del caudal de agua (avenida), que genera la sumersión de zonas normalmente secas, como consecuencia de la aportación inusual de agua superior a la que es habitual en una zona determinada. La Directiva Europea de gestión del riesgo de inundación la define como el "anegamiento temporal de terrenos que no están normalmente cubiertos por agua", es decir, que se refieren a zonas que a escala humana, pasan más tiempo emergidas que sumergidas bajo el agua.

Existen varios tipos de inundaciones en función del criterio que se considere (Díez Herrero *et al.*, 2009). En el presente proyecto se estudian únicamente dos tipos de riesgo de inundación: las inundaciones fluviales (asociadas a avenidas) y las inundaciones costeras, ambas existentes en las Islas Canarias.

Las inundaciones fluviales pueden deberse al desbordamiento de redes fluviales (ríos, arroyos, torrentes, etc..) o bien el encharcamiento de zonas llanas o endorreicas.

El riesgo de inundaciones esta regulado mediante legislación. A nivel Europeo aparece la **Directiva 2007/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2007, relativa a la evaluación y gestión de los riesgos de inundación**. La Directiva tiene por objeto gestionar y reducir el riesgo de inundaciones, especialmente en las riberas y en las zonas costeras. La transposición de la Directiva de Inundaciones a la legislación española, viene dada por el **Real Decreto 903/2010, de 9 de julio, de evaluación y gestión de riesgos de inundación**, publicado en el BOE nº 171 de 15 de julio de 2010. Este decreto establece los criterios a tener en cuenta para la protección del dominio público hidráulico y para la gestión del riesgo de inundaciones para la protección de personas y bienes. Regula los procedimientos para realizar la Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación (EPRI), la elaboración de los Mapas de Peligrosidad y Riesgo y los Planes de Gestión de los riesgos de inundación en todo el territorio nacional. Para ello establece que se lleven a cabo los siguientes pasos según unos plazos de tiempo determinados:

- Evaluación Preliminar del riesgo de inundación (2011)
- Mapas de peligrosidad y de riesgo de inundación (2013)
- Planes de gestión del riesgo de inundación (2015)

Actualmente, en las Islas Canarias, se ha realizado la Evaluación Preliminar del riesgo de inundación y están en el proceso de Consultas Previas, los "*Mapas de peligrosidad y riesgo de inundación de las ARPSIs fluviales*" de cada una de las islas que componen el archipiélago. Las ARPSI son las Áreas de Riesgo Potencial Significativo de Inundación.

Los Mapas de peligrosidad de las ARPSI se han utilizado como una de las fuentes de información para elaborar los mapas peligrosidad de inundación fluvial del presente documento.

Por otro lado, antes de la entrada en vigor del Real Decreto 2010, la empresa INCLAM S.A. junto con el Cabildo de la isla de Tenerife y el Consejo de Aguas Insular de la misma, elaboraron el Plan de Defensa frente a Avenidas de la isla de Tenerife, 2003 (en adelante PDA). En este plan se identifican puntos críticos hidráulicos, en zonas de ámbito urbano, donde los barrancos existentes son interceptados por diferentes infraestructuras o elementos de carácter antrópico.

Siguiendo con la metodología del PDA, en 2010, la empresa *CivilPort Ingenieros S.L.P.* junto con GESPLAN S.A. llevó a cabo el "*Estudio de Riesgos Hidráulicos y de Desprendimientos Insulares (islas de El Hierro, La Palma, La Gomera, Gran Canaria, Fuerteventura y Lanzarote)*". Posteriormente, en 2011, se efectúa la comprobación de estos riesgos hidráulicos inventariados mediante la redacción del "*Estudio de Riesgos Hidráulicos constatados y de riesgos de incendios insulares. Memoria Estudio de Riesgos Hidráulicos Constatados para las islas de Gran Canarias, Fuerteventura, Lanzarote, El Hierro, La Gomera y La Palma (Noviembre de 2011)*".

4.3.2 *Metodología de elaboración del mapa de peligrosidad de inundación fluvial*

Para elaborar el mapa de peligrosidad de inundación fluvial de Canarias, se han utilizado dos fuentes:

- Los Mapas de calado de los documentos: "*Mapas de peligrosidad y Riesgo de inundación de las ARPSIs fluviales en la demarcación hidrográfica de La Palma, Tenerife, La Gomera, El Hierro, Gran Canaria, Lanzarote y Fuerteventura*", respectivamente.
- Los puntos constatados identificados en el documento de "*Estudio de Riesgos Hidráulicos constatados y de riesgos de incendios insulares. Memoria Estudio de Riesgos Hidráulicos Constatados para las islas de Gran Canarias, Fuerteventura, Lanzarote, El Hierro, La Gomera y La Palma (Noviembre de 2011)*".

A continuación, se describe la metodología seguida para la elaboración del mapa a partir de los documentos anteriores.

4.3.2.1 Metodología

El primer paso para estimar la peligrosidad de inundación fluvial, consiste en analizar toda la información disponible en Canarias relacionada con la peligrosidad de inundación. En este caso, parte de la información disponible se corresponden con los documentos de los Mapas de peligrosidad y riesgo de inundación de las ARPSI de Canarias.

Mapas de peligrosidad de inundación de las ARPSIs de Canarias

Los Estados miembros tiene la obligación de preparar, para cada demarcación hidrográfica, mapas de peligrosidad por inundaciones y mapas de riesgo de inundación, a la escala que resulte más apropiada para las zonas determinadas como ARPSIs.

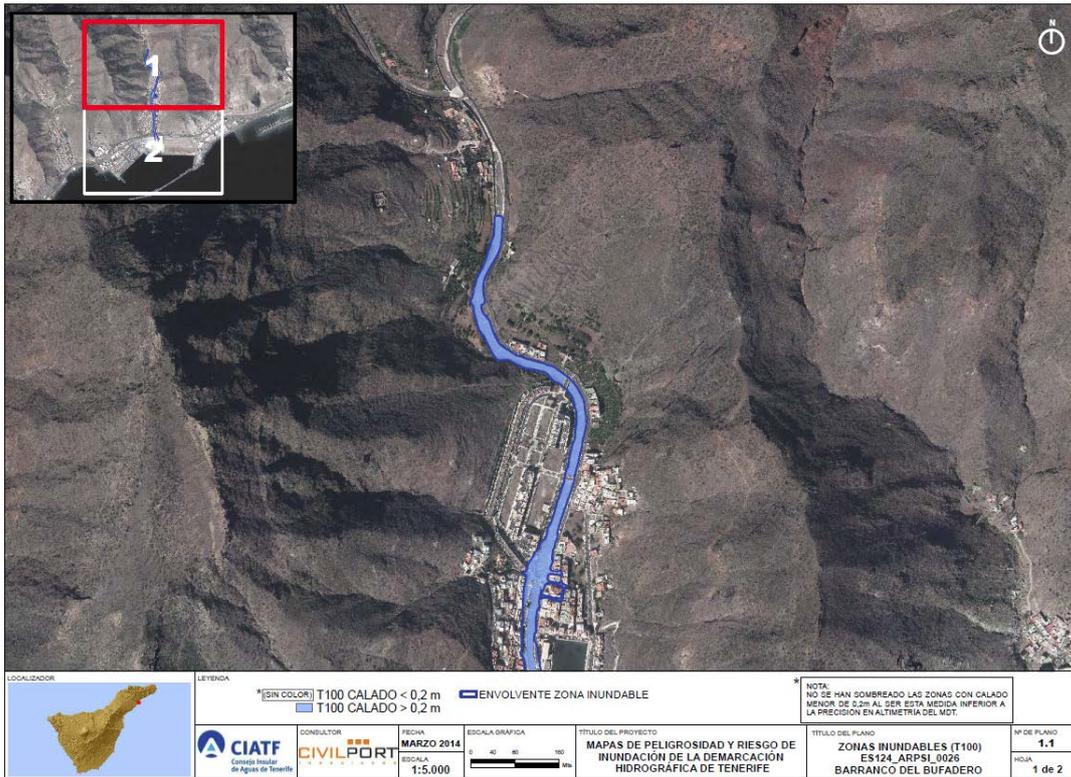
Estos mapas de peligrosidad por inundaciones deben incluir las zonas geográficas que podrían inundarse según los escenarios siguientes:

- a) Baja probabilidad de inundación o escenario de eventos extremos (periodo de retorno igual a 500 años).*
- b) Probabilidad media de inundación (período de retorno ≥ 100 años).*
- c) alta probabilidad de inundación (período de retorno ≥ 10 años). (en el caso de Canarias, este valor no se ha presentado en los informes de las consultas públicas).*

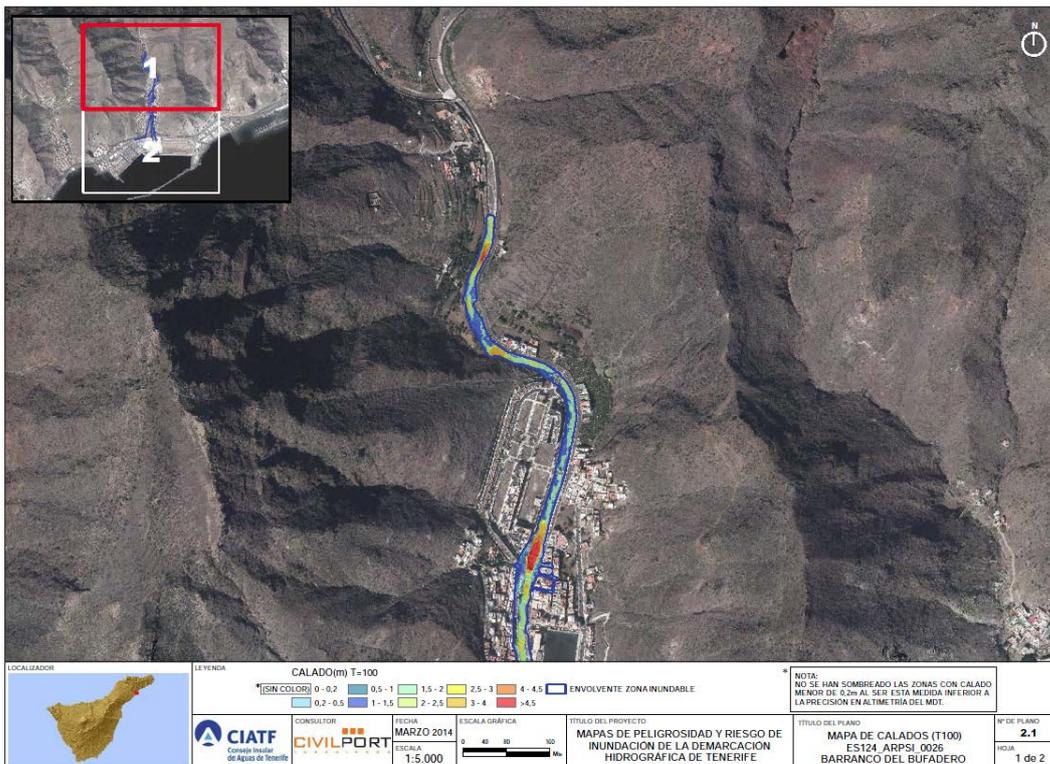
Mostrando la extensión de inundación, los calados del agua o nivel del agua y cuando proceda, la velocidad de la corriente o el caudal de agua correspondiente.

En las Islas Canarias, los mapas de peligrosidad de inundación de las ARPSIs están actualmente en Consulta Pública. La única información disponible, a la que se ha tenido acceso para el presente proyecto, ha sido la mostrada en este proceso de exposición pública y se ha correspondido a los siguientes mapas de peligrosidad:

- *Mapa de las zonas inundables: Representan el Calado del agua, para periodos de retorno de 100 y 500 años. (Calado mayor de 0,2 metros y calado menor de 0,2m).*



- Mapa de calados de inundación para periodos de retorno de 100 y 500 años.



- Zona de flujo preferente, según la definición recogida en el Real Decreto 9/2008 y obtenida como envolvente de la Zona de Graves Daños y la Vía de Intenso Desagüe para T= 100 años.



- Mapa del Dominio Público Hidráulico junto con la Zona de Servidumbre de 100 años.



A partir de los Mapas de las zonas inundables de cada una de las Demarcaciones Hidrográficas de Canarias (dividas por islas, La Palma, Tenerife, Gran Canaria, El Hierro, La Gomera, Lanzarote y Fuerteventura), se ha digitalizado la información de cada uno de los mapas de y se ha obtenido la peligrosidad de inundación fluvial para el presente proyecto, atendiendo a la siguiente asignación:

- Zonas de periodo de retorno de 500 años con calado inferior a 0,2 m: Se le asigna una peligrosidad Muy Baja.
- Zonas de periodo de retorno de 500 años con calado superior a 0,2 m: Se le asigna una peligrosidad Baja.
- Zonas de periodo de retorno de 100 años con calado inferior a 0,2 m: Se le asigna una peligrosidad Media.
- Zonas de periodo de retorno de 100 años con calado superior a 0,2 m: Se le asigna una peligrosidad Alta.

Puntos constatados de Riesgo Hidráulico

A partir del documento "Estudio de Riesgos Hidráulicos constatados y de riesgos de incendios insulares. Memoria Estudio de Riesgos Hidráulicos Constatados para las islas de Gran Canarias,

Fuerteventura, Lanzarote, El Hierro, La Gomera y La Palma (Noviembre de 2011)", se han obtenido, los puntos de riesgo hidráulico constatados, en formato digital.

Es importante tener en cuenta que en este estudio del riesgo hidráulico, no se incluye la isla de Tenerife, ya que como se ha comentado, esta isla presentaba con anterioridad el Plan de Defensas frente de Avenidas (PDA).

Se entiende por Registro de riesgo hidráulico constatado (RRC), como la identificación de un bien o servicio que pudiera verse afectado por riadas o inundaciones, en el que se constata los posibles daños que se ocasionarían y su gravedad.

Según la metodología de GESPLAN, de cada registro se determina:

1. **Descripción** del registro y su entorno.
2. Determinación de las **características hidráulicas** del cauce u obra de paso (dimensiones, materiales, estado de conservación y limpieza)
3. Determinación de la **Causas del Daño**:
 - Ocupación urbana, viaria o agrícola del cauce.
 - Inexistencia de obra de paso.
 - Concentración de acarreos sólidos
 - Accidente hipotético de presa o balsa
 - Escorrentía de ladera
 - Sección insuficiente del cauce u obra de paso.
4. Determinación del **Tipo de bien o servicio afectado**:
 - Afección a viviendas
 - Equipamientos y Servicios.
 - Servicios esenciales en emergencia
 - Instalaciones Industriales
 - Infraestructura Viaria y Comunicaciones
 - Terreno no urbanizado.
5. Determinación del Tipo afección:

TIPO DE BIEN O SERVICIO AFECTADO	TIPO DE AFECCIÓN
Afección a viviendas y residencial colectivo	Daños importantes en mas de 5 viviendas y residencial colectivo (camping, residencias de ancianos, hoteles, centro penitenciario, cuarteles)
	Daños importantes que afectan a menos de 5 viviendas

	Daños leves en más de 5 viviendas y residencial colectivo
	Daños leves que afectan a menos de 5 viviendas
Equipamientos y Servicios	Daños importantes en equipamientos y servicios básicos (Universidades, centros principales de trabajo, canales principales de distribución de agua, depuradoras principales, desaladoras-desalinizadoras, PIRS, embalses con capacidad >50.000m3)
	Daños importantes en servicios secundarios (Deportivo, Ocio, Cultura, comercial, otros)
	Daños leves en equipamientos y servicios básicos
	Daños leves en servicios secundarios
Servicios Esenciales en Emergencia	Daños importantes en Hospitales y Cruz Roja, Servicios de emergencia, centrales y subestaciones clave
	Daños importantes en centros sanitarios, subestaciones y centros de transformación
	Daños leves en Hospitales y Cruz Roja, Servicios de emergencia, centrales y subestaciones clave
	Daños leves en centros sanitarios, subestaciones y centros de transformación
Instalaciones Industriales	Daños importantes en áreas o polígonos industriales
	Daños importantes en otras instalaciones industriales
	Daños leves en áreas o polígonos industriales
	Daños leves en otras instalaciones industriales
Infraestructura Viaria y Comunicaciones	Interrupción de vías importantes, Aeropuertos y Puertos principales
	Interrupción en carreteras secundarias
	Interrupción en carreteras locales
	Daños leves en vías Importantes, Aeropuertos y Puertos principales
	Daños leves en carreteras secundarias
	Daños leves en carreteras locales
Terreno no urbanizados	Daños en terrenos no urbanizados

6. Determinación del nivel de gravedad de cada registro de riesgo:

TIPO DE BIEN O SERVICIO AFECTADO	TIPO DE AFECCIÓN	FRECUENCIA O POSIBILIDAD DEL SUCESO		
		Casi todos los años (no cumple para T=2,5 años)	Una vez cada 10 años (cumple para T=2,5 y no cumple para T= 10 años)	Existe riesgo potencial (cumple para T=10 años y no cumple para T= 500 años)
Afección a viviendas y residencial colectivo	Daños importantes en mas de 5 viviendas y residencial colectivo (camping, residencias de ancianos, hoteles, centro penitenciario, cuarteles)	Muy grave	Muy grave	Grave
	Daños importantes que afectan a menos de 5 viviendas	Muy grave	Grave	Grave
	Daños leves en mas de 5 viviendas y residencial colectivo	Grave	Moderado	Moderado
	Daños leves que afectan a menos de 5 viviendas	Moderado	Escaso	Escaso
Equipamientos y Servicios	Daños importantes en equipamientos y servicios básicos (Universidades, centros principales de trabajo, canales principales de distribución de agua, depuradoras principales, desaladoras-desalinizadoras, PIRS, embalses con capacidad >50.000m3)	Muy grave	Muy grave	Grave
	Daños importantes en servicios secundarios (Deportivo, Ocio, Cultura, comercial, otros)	Grave	Grave	Moderado
	Daños leves en equipamientos y servicios básicos	Grave	Moderado	Moderado
	Daños leves en servicios secundarios	Moderado	Moderado	Escaso

Servicios Esenciales en Emergencia	Daños importantes en Hospitales y Cruz Roja, Servicios de emergencia, centrales y subestaciones clave	Muy grave	Muy grave	Grave
	Daños importantes en centros sanitarios, subestaciones y centros de transformación	Grave	Grave	Moderado
	Daños leves en Hospitales y Cruz Roja, Servicios de emergencia, centrales y subestaciones clave	Grave	Moderado	Moderado
	Daños leves en centros sanitarios, subestaciones y centros de transformación	Moderado	Moderado	Escaso
Instalaciones Industriales	Daños importantes en áreas o polígonos industriales	Muy Grave	Grave	Grave
	Daños importantes en otras instalaciones industriales	Grave	Grave	Moderado
	Daños leves en áreas o polígonos industriales	Grave	Moderado	Moderado
	Daños leves en otras instalaciones industriales	Moderado	Escaso	Escaso
Infraestructura Viaria y Comunicaciones	Interrupción de vías importantes, Aeropuertos y Puertos principales	Muy grave	Muy Grave	Grave
	Interrupción en carreteras secundarias	Grave	Moderado	Moderado
	Interrupción en carreteras locales	Grave	Escaso	Escaso
	Daños leves en vías Importantes, Aeropuertos y Puertos principales	Grave	Moderado	Moderado
	Daños leves en carreteras secundarias	Moderado	Moderado	Escaso
	Daños leves en carreteras locales	Moderado	Escaso	Escaso
Terreno no urbanizados	Daños en terrenos no urbanizados	Moderado	Escaso	Escaso

Aunque en todo momento, en el documento del GESPLAN, se identifican estos puntos como zonas de Riesgo, en el presente estudio se ha considerado adecuado incluir estas zonas en el mapa de peligrosidad del presente documento y asignarle un determinado valor de peligrosidad, ya que los Mapas de las zonas inundables por sí solas, no recogen todas las particularidades de los peligros de inundación fluvial que existen en las islas Canarias, ni tampoco se han estudiado todos los cauces, sino únicamente los identificados como ARPSI. Para relacionar los puntos de riesgo hidráulico constatados con la peligrosidad se ha utilizado los siguientes valores:

- Zona de riesgo Escaso: Peligrosidad hidráulica asignada Muy Baja.
- Zonas de riesgo leve: Peligrosidad hidráulica asignada Baja.
- Zonas de riesgo Moderado: Peligrosidad hidráulica asignada Media.
- Zonas de riesgo grave: Peligrosidad hidráulica asignada Alta.
- Zona de riesgo Muy grave: Peligrosidad hidráulica asignada Muy Alta.

Es importante tener en cuenta que algunas de las zonas de riesgo hidráulico grave o muy grave coinciden total o parcialmente con las zonas de peligrosidad identificadas en los Mapas de Peligrosidad de las ARPSIs, ya que esta información se utilizó para identificar las mismas. En estas zonas, se ha mantenido como valor de peligrosidad, el registrado en los Mapas de peligrosidad de las ARPSIs.

Además, hay que señalar que debido a la no disponibilidad del Plan de Defensa frente a Avenidas en formato digital (tras varias peticiones al Consejo Insular de Aguas de Tenerife, no se nos ha facilitado la información de la cartografía en formato digital), no se ha podido incluir la peligrosidad hidráulica de la isla de Tenerife en el presente proyecto.

4.3.2.2 Resultados

A partir de las fuentes de información analizadas (Mapas de Peligrosidad de inundación fluvial según las ARPSIs y Puntos de Riesgo Constatados), se ha obtenido la peligrosidad de inundación fluvial del presente documento.

Peligrosidad de inundación fluvial:

Mapas de peligrosidad de inundación según las ARPSIs	Valor peligrosidad inundación fluvial
Zonas de periodo de retorno de 500 años con calado inferior a 0,2 m	Muy Baja
Zonas de periodo de retorno de 500 años con calado superior a 0,2 m	Baja
Zonas de periodo de retorno de 100 años con calado inferior a 0,2 m	Media
Zonas de periodo de retorno de 100 años con calado superior a 0,2 m	Alta

Peligrosidad hidráulica fluvial:

Puntos constatados de Riesgo Hidráulico	Valor peligrosidad inundación fluvial
Escaso	Muy Baja
Leve	Baja
Moderado	Media
Grave	Alta
Muy grave	Muy Alta

4.3.2.3 Fuentes de información cartográfica

Información general:

- Cauces:
 - Cauces_TF: Cauces de la isla de Tenerife, obtenidos del Cabildo Insular de Tenerife.
 - Cauces_FV: Cauces de la isla de Fuerteventura, obtenidos de la información cartográfica del "*Estudio de Riesgos Hidráulicos constatados y de riesgos de incendios insulares. Memoria Estudio de Riesgos Hidráulicos Constatados para las islas de Gran Canarias, Fuerteventura, Lanzarote, El Hierro, La Gomera y La Palma (Noviembre de 2011)*".

- Cauces_GC: Cauces de Gran Canaria, obtenidos de la cartografía topográfica 1:5.000 de GRAFCAN.
- Cauces_LZ: Cauces de la isla de Lanzarote, obtenidos de la información cartográfica del "*Estudio de Riesgos Hidráulicos constatados y de riesgos de incendios insulares. Memoria Estudio de Riesgos Hidráulicos Constatados para las islas de Gran Canarias, Fuerteventura, Lanzarote, El Hierro, La Gomera y La Palma (Noviembre de 2011)*".
- Cauces_LP: Cauces de la isla de La Palma, obtenidos de la información cartográfica del "*Estudio de Riesgos Hidráulicos constatados y de riesgos de incendios insulares. Memoria Estudio de Riesgos Hidráulicos Constatados para las islas de Gran Canarias, Fuerteventura, Lanzarote, El Hierro, La Gomera y La Palma (Noviembre de 2011)*".
- Cauces_EH: Cauces de la isla de El Hierro, obtenidos de la información cartográfica del "*Estudio de Riesgos Hidráulicos constatados y de riesgos de incendios insulares. Memoria Estudio de Riesgos Hidráulicos Constatados para las islas de Gran Canarias, Fuerteventura, Lanzarote, El Hierro, La Gomera y La Palma (Noviembre de 2011)*".
- Cauces_LG: Cauces de la isla de La Gomera, obtenidos de la información cartográfica del "*Estudio de Riesgos Hidráulicos constatados y de riesgos de incendios insulares. Memoria Estudio de Riesgos Hidráulicos Constatados para las islas de Gran Canarias, Fuerteventura, Lanzarote, El Hierro, La Gomera y La Palma (Noviembre de 2011)*".
- Playas:
 - Playas_LG, Playas_GC, Playas_LZ, Playas_FV, Playas_EH, Playas_LP: Playas obtenidas de la información cartográfica del "*Estudio de Riesgos Hidráulicos constatados y de riesgos de incendios insulares. Memoria Estudio de Riesgos Hidráulicos Constatados para las islas de Gran Canarias, Fuerteventura, Lanzarote, El Hierro, La Gomera y La Palma (Noviembre de 2011)*".
 - Playas_TF: Playas obtenidas a partir de la información del proyecto SIOSE (actualización 2011) para la isla de Tenerife.
 - Presas: Presas_LG, Presas_GC, Presas_LZ, Presas_FV, Presas_EH, Presas_LP: Presas obtenidas de la información cartográfica del "*Estudio de Riesgos Hidráulicos constatados y de riesgos de incendios insulares. Memoria Estudio de Riesgos Hidráulicos Constatados para las islas de Gran Canarias,*

Fuerteventura, Lanzarote, El Hierro, La Gomera y La Palma (Noviembre de 2011)".

- *Presas_TF: Presas obtenidas a partir de la información del proyecto SIOSE (actualización 2011) para la isla de Tenerife.*
- **Grandes presas:**
 - *GrandesPresas_LG, GrandesPresas _GC, GrandesPresas: Grandes presas obtenidas de la información cartográfica del "Estudio de Riesgos Hidráulicos constatados y de riesgos de incendios insulares. Memoria Estudio de Riesgos Hidráulicos Constatados para las islas de Gran Canarias, Fuerteventura, Lanzarote, El Hierro, La Gomera y La Palma (Noviembre de 2011)".*
- **Cuencas:**
 - *Cuencas_LG, Cuencas _GC: Cuencas obtenidas de la información cartográfica del "Estudio de Riesgos Hidráulicos constatados y de riesgos de incendios insulares. Memoria Estudio de Riesgos Hidráulicos Constatados para las islas de Gran Canarias, Fuerteventura, Lanzarote, El Hierro, La Gomera y La Palma (Noviembre de 2011)".*
 - *Cuencas_TF, Cuencas_FV, Cuencas_LP: Cuencas obtenidas de la información de los Cabildos Insulares respectivos.*

Información cartográfica existente utilizada para estimar la peligrosidad de inundación fluvial en cada una de las islas:

- **Peligrosidad inundación fluvial:**
 - *Isla de Tenerife: "Mapas de peligrosidad y Riesgo de inundación de las ARPSIs fluviales en la demarcación hidrográfica de Tenerife".*
 - *Isla de La Gomera: "Mapas de peligrosidad y Riesgo de inundación de las ARPSIs fluviales en la demarcación hidrográfica de La Gomera ".*
 - *Isla de Lanzarote: "Mapas de peligrosidad y Riesgo de inundación de las ARPSIs fluviales en la demarcación hidrográfica de Lanzarote".*
 - *Isla de Gran Canaria: "Mapas de peligrosidad y Riesgo de inundación de las ARPSIs fluviales en la demarcación hidrográfica de Gran Canaria ".*
 - *Isla de La Palma: "Mapas de peligrosidad y Riesgo de inundación de las ARPSIs fluviales en la demarcación hidrográfica de La Palma ".*

- Isla de El Hierro: *"Mapas de peligrosidad y Riesgo de inundación de las ARPSIs fluviales en la demarcación hidrográfica de El Hierro "*.
- Isla de Fuerteventura *"Mapas de peligrosidad y Riesgo de inundación de las ARPSIs fluviales en la demarcación hidrográfica Fuerteventura"*.
- Peligrosidad inundación hidráulica: *"Estudio de Riesgos Hidráulicos constatados y de riesgos de incendios insulares. Memoria Estudio de Riesgos Hidráulicos Constatados para las islas de Gran Canarias, Fuerteventura, Lanzarote, El Hierro, La Gomera y La Palma (Noviembre de 2011)"*.

4.3.2.4 Tipos de Mapas obtenidos

4.3.2.4.1 Mapas de peligrosidad de inundación fluvial

El mapa de peligrosidad obtenido recoge los valores de peligrosidad de inundación fluvial en Canarias para un periodo de retorno de 100 y 500 años, teniendo en cuenta una graduación de la peligrosidad basada en el calado de la inundación.

Además, se acompaña de la peligrosidad hidráulica de Canarias que incluye todas las islas del archipiélago excepto Tenerife. Estimada para un periodo de retorno de entre 2,5 a 500 años.

4.3.2.5 Modelo de datos

Los datos se entregan en una geodatabase denominada: **Map_pel**.

Esta geodatabase albergará **5 dataset** correspondientes a los procesos naturales estudiados en el proyecto RIESGOMAP.

- Pel_sismica
- Pel_volcanica
- Pel_inundacion
- Pel_inc_forest
- Pel_mov_ladera

En el Dataset **Pel_inundación**, objeto del presente documento se incluyen:

Datos del Mapa de Peligrosidad de inundación fluvial

La información correspondiente al Mapa de Peligrosidad de inundación fluvial obtenido se representarán como Pel_inund_fluvial.

Dataset				
Pel_inundacion				
Nombre del feature class:		Escala: Varias escalas, depende isla	Tipo: Polígono	
Pel_inund_fluvial		Fuente: Varias fuentes	Representación gráfica: 	
Definición: Polígonos que indican los diferentes valores de la peligrosidad volcánica				
ATRIBUTOS	TIPO	LONGITUD	NULL	DESCRIPCIÓN
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Código dado al elemento
CODIGO_SUB	String	254	No	Código dado a cada ARPSI
EUUOMCODE	String	254	No	Código de la Unión Europea dado a cada cuenca o demarcación hidrográfica
DEMARCACIO	String	100	No	Nombre de la demarcación hidrográfica
ARSFRCode	String	254	No	Código dado a cada ARPSI
NameofAPSF	String	254	No	Nombre de la ARPSI
ORIGEN_INU	String	50	No	Origen inundación
MECAN_INUN	String	254	No	Mecanismo de inundación
GRADUA	String	10	No	Graduación de la peligrosidad
P_RETORNO	Double	8	No	Periodo de retorno
FUENTE	String	250	No	Fuente de la información
Dominio Gradua: 1: Muy Alta, 2: Alta, 3: Media, 4: Baja, 5: Muy Baja				

Dataset				
Pel_inundacion				
Nombre del feature class:		Escala: Varias escalas, depende isla	Tipo: Polígono	
Pel_hidrau_polygon		Fuente: Varias fuentes	Representación gráfica: 	
Definición: Polígonos que indican los diferentes valores de la peligrosidad volcánica				
ATRIBUTOS	TIPO	LONGITUD	NULL	DESCRIPCIÓN
Codigo	Double	8	Yes	Código dado al elemento
Gravedad	String	50	Yes	Grado de daño asignado
Fuente	String	254	Yes	Fuente del punto de riesgo constatado
NombMun	String	254	Yes	Nombre del municipio
NombCuenca	String	254	No	Nombre de la cuenca
NameofAPSF	String	254	No	Nombre de la ARPSI
Observacio	String	50	No	Observaciones
Descripicio	String	254	Yes	Descripción y características punto constatado
GRADUA	String	10	No	Graduación de la peligrosidad
Dominio Gradua: 1: Muy Alta, 2: Alta, 3: Media, 4: Baja, 5: Muy Baja				

Dataset				
Pel_inundacion				
Nombre del feature class:		Escala: Varias escalas, depende isla	Tipo: Polígono	
Pel_hidrau_line		Fuente: Varias fuentes	Representación gráfica: 	
Definición: Polígonos que indican los diferentes valores de la peligrosidad volcánica				
ATRIBUTOS	TIPO	LONGITUD	NULL	DESCRIPCIÓN
Codigo	Double	8	Yes	Código dado al elemento
Gravedad	String	50	Yes	Grado de daño asignado
Fuente	String	254	Yes	Fuente del punto de riesgo constatado

NombMun	String	254	Yes	Nombre del municipio
NombCuenca	String	254	No	Nombre de la cuenca
NameofAPSF	String	254	No	Nombre de la ARPSI
Observacio	String	50	No	Observaciones
Descripicio	String	254	Yes	Descripción y características punto constatado
GRADUA	String	10	No	Graduación de la peligrosidad

Dominio Gradua: 1: Muy Alta, 2: Alta, 3: Media, 4: Baja, 5: Muy Baja

Dataset				
Pel_inundacion				
Nombre del feature class:	Escala: Varias escalas, depende isla		Tipo:	Punto
Pel_hidrau_point	Fuente: Varias fuentes		Representación gráfica:	
Definición: Polígonos que indican los diferentes valores de la peligrosidad volcánica				
ATRIBUTOS	TIPO	LONGITUD	NULL	DESCRIPCIÓN
Codigo	Double	8	Yes	Código dado al elemento
Gravedad	String	50	Yes	Grado de daño asignado
Fuente	String	254	Yes	Fuente del punto de riesgo constatado
NombMun	String	254	Yes	Nombre del municipio
NombCuenca	String	254	No	Nombre de la cuenca
NameofAPSF	String	254	No	Nombre de la ARPSI
Observacio	String	50	No	Observaciones
Descripicio	String	254	Yes	Descripción y características punto constatado
GRADUA	String	10	No	Graduación de la peligrosidad

Dominio Gradua: 1: Muy Alta, 2: Alta, 3: Media, 4: Baja, 5: Muy Baja

Otros elementos a representar:

Como información adicional, se recogen otros elementos que se consideran de relevancia para analizar la peligrosidad de inundación fluvial. Estos elementos son los siguientes:

- Cauces

Dataset				
Pel_inundacion				
Nombre del feature class:	Escala:		Tipo:	Línea
Cauces_TF	Fuente: Cabildo Insular Tenerife		Representación gráfica:	
Definición: Puntos donde se ubican las estaciones sísmicas-volcánicas existentes en Canarias				
ATRIBUTOS	TIPO	LONGITUD	NULL	DESCRIPCIÓN
CODIGO_ID	Double	8	No	Recogerá un código asignado a cada evento que comenzará por el 0000001 y así sucesivamente
NOMBRE	String	50	Yes	Nombre del barranco

Dataset				
Pel_inundacion				
Nombre del feature class:	Escala:		Tipo:	Línea
Cauces_LZ	Fuente: GESPLAN		Representación gráfica:	
Definición: Puntos donde se ubican las estaciones sísmicas-volcánicas existentes en Canarias				
ATRIBUTOS	TIPO	LONGITUD	NULL	DESCRIPCIÓN
CODIGO_ID	Double	8	No	Recogerá un código asignado a cada evento que comenzará por el 0000001 y así sucesivamente
NOMBRE	String	50	Yes	Nombre del barranco

Dataset				
Pel_inundacion				

Nombre del feature class:		Escala:	Tipo: Línea
Cauces_LP		Fuente: GESPLAN	Representación gráfica: 
Definición: Puntos donde se ubican las estaciones sísmicas-volcánicas existentes en Canarias			
ATRIBUTOS	TIPO	LONGITUD	NULL
CODIGO_ID	Double	8	No
NOMBRE	String	50	Yes
DESCRIPCIÓN			
Recogerá un código asignado a cada evento que comenzará por el 0000001 y así sucesivamente			
Nombre del barranco			

Dataset			
Pel_inundacion			
Nombre del feature class:		Escala:	Tipo: Línea
Cauces_LG		Fuente: GESPLAN	Representación gráfica: 
Definición: Puntos donde se ubican las estaciones sísmicas-volcánicas existentes en Canarias			
ATRIBUTOS	TIPO	LONGITUD	NULL
CODIGO_ID	Double	8	No
NOMBRE	String	50	Yes
DESCRIPCIÓN			
Recogerá un código asignado a cada evento que comenzará por el 0000001 y así sucesivamente			
Nombre del barranco			

Dataset			
Pel_inundacion			
Nombre del feature class:		Escala:	Tipo: Línea
Cauces_GC		Fuente: GRAFCAN	Representación gráfica: 
Definición: Puntos donde se ubican las estaciones sísmicas-volcánicas existentes en Canarias			
ATRIBUTOS	TIPO	LONGITUD	NULL
CODIGO_ID	Double	8	No
NOMBRE	String	50	Yes
DESCRIPCIÓN			
Recogerá un código asignado a cada evento que comenzará por el 0000001 y así sucesivamente			
Nombre del barranco			

Dataset			
Pel_inundacion			
Nombre del feature class:		Escala:	Tipo: Línea
Cauces_FV		Fuente: GESPLAN	Representación gráfica: 
Definición: Puntos donde se ubican las estaciones sísmicas-volcánicas existentes en Canarias			
ATRIBUTOS	TIPO	LONGITUD	NULL
CODIGO_ID	Double	8	No
NOMBRE	String	50	Yes
DESCRIPCIÓN			
Recogerá un código asignado a cada evento que comenzará por el 0000001 y así sucesivamente			
Nombre del barranco			

Dataset			
Pel_inundacion			
Nombre del feature class:		Escala:	Tipo: Línea
Cauces_EH		Fuente: GESPLAN	Representación gráfica: 
Definición: Puntos donde se ubican las estaciones sísmicas-volcánicas existentes en Canarias			
ATRIBUTOS	TIPO	LONGITUD	NULL
CODIGO_ID	Double	8	No
NOMBRE	String	50	Yes
DESCRIPCIÓN			
Recogerá un código asignado a cada evento que comenzará por el 0000001 y así sucesivamente			
Nombre del barranco			

- Playas

Dataset			
Pel_inundacion			
Nombre del feature class:		Escala:	Tipo: Polígono
Playas_TF		Fuente: SIOSE	Representación gráfica: 

Definición: Puntos donde se ubican las estaciones sísmicas-volcánicas existentes en Canarias				
ATRIBUTOS	TIPO	LONGITUD	NULL	DESCRIPCIÓN
CODIGO_ID	Double	8	No	Recogerá un código asignado a cada evento que comenzará por el 0000001 y así sucesivamente
Cod_pol_SIOSE	String	50	Yes	Nombre de la playa

Dataset Pel_inundacion				
Nombre del feature class: Playas_LZ		Escala:	Tipo: Línea	
		Fuente: GESPLAN	Representación gráfica:	
Definición: Puntos donde se ubican las estaciones sísmicas-volcánicas existentes en Canarias				
ATRIBUTOS	TIPO	LONGITUD	NULL	DESCRIPCIÓN
CODIGO_ID	Double	8	No	Recogerá un código asignado a cada evento que comenzará por el 0000001 y así sucesivamente
NOMBRE	String	50	Yes	Nombre de la playa

Dataset Pel_inundacion				
Nombre del feature class: Playas_LP		Escala:	Tipo: Línea	
		Fuente: GESPLAN	Representación gráfica:	
Definición: Puntos donde se ubican las estaciones sísmicas-volcánicas existentes en Canarias				
ATRIBUTOS	TIPO	LONGITUD	NULL	DESCRIPCIÓN
CODIGO_ID	Double	8	No	Recogerá un código asignado a cada evento que comenzará por el 0000001 y así sucesivamente
NOMBRE	String	50	Yes	Nombre de la playa

Dataset Pel_inundacion				
Nombre del feature class: Playas_LG		Escala:	Tipo: Línea	
		Fuente: GESPLAN	Representación gráfica:	
Definición: Puntos donde se ubican las estaciones sísmicas-volcánicas existentes en Canarias				
ATRIBUTOS	TIPO	LONGITUD	NULL	DESCRIPCIÓN
CODIGO_ID	Double	8	No	Recogerá un código asignado a cada evento que comenzará por el 0000001 y así sucesivamente
NOMBRE	String	50	Yes	Nombre de la playa

Dataset Pel_inundacion				
Nombre del feature class: Playas_GC		Escala:	Tipo: Línea	
		Fuente: GRAFCAN	Representación gráfica:	
Definición: Puntos donde se ubican las estaciones sísmicas-volcánicas existentes en Canarias				
ATRIBUTOS	TIPO	LONGITUD	NULL	DESCRIPCIÓN
CODIGO_ID	Double	8	No	Recogerá un código asignado a cada evento que comenzará por el 0000001 y así sucesivamente
NOMBRE	String	50	Yes	Nombre de la playa

Dataset Pel_inundacion				
Nombre del feature class: Playas_FV		Escala:	Tipo: Línea	
		Fuente: GESPLAN	Representación gráfica:	
Definición: Puntos donde se ubican las estaciones sísmicas-volcánicas existentes en Canarias				
ATRIBUTOS	TIPO	LONGITUD	NULL	DESCRIPCIÓN
CODIGO_ID	Double	8	No	Recogerá un código asignado a cada evento que comenzará por el 0000001 y así sucesivamente
NOMBRE	String	50	Yes	Nombre de la playa

Dataset Pel_inundacion				
Nombre del feature class:		Escala:		Tipo: Línea
Playas_EH		Fuente: GESPLAN		Representación gráfica: 
Definición: Puntos donde se ubican las estaciones sísmicas-volcánicas existentes en Canarias				
ATRIBUTOS	TIPO	LONGITUD	NULL	DESCRIPCIÓN
CODIGO_ID	Double	8	No	Recogerá un código asignado a cada evento que comenzará por el 0000001 y así sucesivamente
NOMBRE	String	50	Yes	Nombre de la playa

- Presas

Dataset Pel_inundacion				
Nombre del feature class:		Escala:		Tipo: Polígono
Presas_TF		Fuente: SIOSE		Representación gráfica: 
Definición: Puntos donde se ubican las estaciones sísmicas-volcánicas existentes en Canarias				
ATRIBUTOS	TIPO	LONGITUD	NULL	DESCRIPCIÓN
CODIGO_ID	Double	8	No	Recogerá un código asignado a cada evento que comenzará por el 0000001 y así sucesivamente
DES_OCP11	String	100	Yes	Descripción tipo de ocupación del suelo

Dataset Pel_inundacion				
Nombre del feature class:		Escala:		Tipo: Línea
Presas_LZ		Fuente: GESPLAN		Representación gráfica: 
Definición: Puntos donde se ubican las estaciones sísmicas-volcánicas existentes en Canarias				
ATRIBUTOS	TIPO	LONGITUD	NULL	DESCRIPCIÓN
CODIGO_ID	Double	8	No	Recogerá un código asignado a cada evento que comenzará por el 0000001 y así sucesivamente

Dataset Pel_inundacion				
Nombre del feature class:		Escala:		Tipo: Línea
Presas_LP		Fuente: GESPLAN		Representación gráfica: 
Definición: Puntos donde se ubican las estaciones sísmicas-volcánicas existentes en Canarias				
ATRIBUTOS	TIPO	LONGITUD	NULL	DESCRIPCIÓN
CODIGO_ID	Double	8	No	Recogerá un código asignado a cada evento que comenzará por el 0000001 y así sucesivamente
NOMBRE	String	50	Yes	Nombre de la presa

Dataset Pel_inundacion				
Nombre del feature class:		Escala:		Tipo: Línea
Presas_LG		Fuente: GESPLAN		Representación gráfica: 
Definición: Puntos donde se ubican las estaciones sísmicas-volcánicas existentes en Canarias				
ATRIBUTOS	TIPO	LONGITUD	NULL	DESCRIPCIÓN
CODIGO_ID	Double	8	No	Recogerá un código asignado a cada evento que comenzará por el 0000001 y así sucesivamente
NOMBRE	String	50	Yes	Nombre de la presa

Dataset Pel_inundacion				
Nombre del feature class:		Escala:		Tipo: Línea
Presas_GC		Fuente: GRAFCAN		Representación gráfica: 

Definición: Puntos donde se ubican las estaciones sísmicas-volcánicas existentes en Canarias				
ATRIBUTOS	TIPO	LONGITUD	NULL	DESCRIPCIÓN
CODIGO_ID	Double	8	No	Recogerá un código asignado a cada evento que comenzará por el 0000001 y así sucesivamente
NOMBRE	String	50	Yes	Nombre de la presa

Dataset Pel_inundacion				
Nombre del feature class: Presas_FV		Escala:	Tipo: Poligono	
		Fuente: GESPLAN	Representación gráfica:	
Definición: Puntos donde se ubican las estaciones sísmicas-volcánicas existentes en Canarias				
ATRIBUTOS	TIPO	LONGITUD	NULL	DESCRIPCIÓN
CODIGO_ID	Double	8	No	Recogerá un código asignado a cada evento que comenzará por el 0000001 y así sucesivamente
NOMBRE	String	50	Yes	Nombre de la presa

Dataset Pel_inundacion				
Nombre del feature class: Presas_EH		Escala:	Tipo: Línea	
		Fuente: GESPLAN	Representación gráfica:	
Definición: Puntos donde se ubican las estaciones sísmicas-volcánicas existentes en Canarias				
ATRIBUTOS	TIPO	LONGITUD	NULL	DESCRIPCIÓN
CODIGO_ID	Double	8	No	Recogerá un código asignado a cada evento que comenzará por el 0000001 y así sucesivamente
NOMBRE	String	50	Yes	Nombre de la presa

- Grandes presas

Dataset Pel_inundacion				
Nombre del feature class: Grandespresas_LZ		Escala:	Tipo: Línea	
		Fuente: GESPLAN	Representación gráfica:	
Definición: Puntos donde se ubican las estaciones sísmicas-volcánicas existentes en Canarias				
ATRIBUTOS	TIPO	LONGITUD	NULL	DESCRIPCIÓN
CODIGO_ID	Double	8	No	Recogerá un código asignado a cada evento que comenzará por el 0000001 y así sucesivamente
NOMBRE	String	50	Yes	Nombre del barranco

Dataset Pel_inundacion				
Nombre del feature class: Grandespresas_LG		Escala:	Tipo: Línea	
		Fuente: GESPLAN	Representación gráfica:	
Definición: Puntos donde se ubican las estaciones sísmicas-volcánicas existentes en Canarias				
ATRIBUTOS	TIPO	LONGITUD	NULL	DESCRIPCIÓN
CODIGO_ID	Double	8	No	Recogerá un código asignado a cada evento que comenzará por el 0000001 y así sucesivamente
NOMBRE	String	50	Yes	Nombre del barranco

Dataset Pel_inundacion				
Nombre del feature class: Grandespresas_GC		Escala:	Tipo: Línea	
		Fuente: GRAFCAN	Representación gráfica:	
Definición: Puntos donde se ubican las estaciones sísmicas-volcánicas existentes en Canarias				
ATRIBUTOS	TIPO	LONGITUD	NULL	DESCRIPCIÓN
CODIGO_ID	Double	8	No	Recogerá un código asignado a cada evento que comenzará por el 0000001 y así sucesivamente

NOMBRE	String	50	Yes	Nombre del barranco
---------------	--------	----	-----	---------------------

- Cuencas

Dataset Pel_inundacion				
Nombre del feature class:		Escala:		Tipo:
Cuencas_FV		Fuente: Cabildo Insular		Poligono
				Representación gráfica: 
Definición: Puntos donde se ubican las estaciones sísmicas-volcánicas existentes en Canarias				
ATRIBUTOS	TIPO	LONGITUD	NULL	DESCRIPCIÓN
CODIGO_ID	Double	8	No	Recogerá un código asignado a cada evento que comenzará por el 0000001 y así sucesivamente
CUENCA	String	50	Yes	Nombre de la cuenca

Dataset Pel_inundacion				
Nombre del feature class:		Escala:		Tipo:
Cuenca_GC		Fuente: GESPLAN		Poligono
				Representación gráfica: 
Definición: Puntos donde se ubican las estaciones sísmicas-volcánicas existentes en Canarias				
ATRIBUTOS	TIPO	LONGITUD	NULL	DESCRIPCIÓN
CODIGO_ID	Double	8	No	Recogerá un código asignado a cada evento que comenzará por el 0000001 y así sucesivamente
NOMBRE	String	50	Yes	Nombre de la cuenca

Dataset Pel_inundacion				
Nombre del feature class:		Escala:		Tipo:
Cuenca_TF		Fuente: Cabildo insular		Poligono
				Representación gráfica: 
Definición: Puntos donde se ubican las estaciones sísmicas-volcánicas existentes en Canarias				
ATRIBUTOS	TIPO	LONGITUD	NULL	DESCRIPCIÓN
CODIGO_ID	Double	8	No	Recogerá un código asignado a cada evento que comenzará por el 0000001 y así sucesivamente
NOMBRE	String	50	Yes	Nombre de la cuenca

Dataset Pel_inundacion				
Nombre del feature class:		Escala:		Tipo:
Cuenca_LP		Fuente: Cabildo Insular		Poligono
				Representación gráfica: 
Definición: Puntos donde se ubican las estaciones sísmicas-volcánicas existentes en Canarias				
ATRIBUTOS	TIPO	LONGITUD	NULL	DESCRIPCIÓN
CODIGO_ID	Double	8	No	Recogerá un código asignado a cada evento que comenzará por el 0000001 y así sucesivamente
NOMBRE	String	50	Yes	Nombre de la presa

Dataset Pel_inundacion				
Nombre del feature class:		Escala:		Tipo:
Cuenca_LG		Fuente: GESPLAN		Poligono
				Representación gráfica: 
Definición: Puntos donde se ubican las estaciones sísmicas-volcánicas existentes en Canarias				
ATRIBUTOS	TIPO	LONGITUD	NULL	DESCRIPCIÓN
CODIGO_ID	Double	8	No	Recogerá un código asignado a cada evento que comenzará por el 0000001 y así sucesivamente
NOMBRE	String	50	Yes	Nombre de la presa

4.3.2.6 Sistema de representación

Los **Mapas de Peligrosidad** se representará en 4 niveles, que alberguen las zonas consideradas como ARPSI, en las que se ha estimado la peligrosidad de inundación fluvial. Estos niveles son: nivel de peligrosidad alta, media, baja y muy baja (no existen zonas con peligrosidad muy alta según las fuentes consultadas, ya que el periodo de retorno mínimo son 100 años). Esta zonificación se representará mediante polígonos.

El sistema de representación de los 4 niveles que definirán la zonificación del territorio en función de la peligrosidad de inundación fluvial, serán:

- Verde (Peligrosidad Muy Baja)
- Verde Amarillento (Peligrosidad Baja)
- Amarillo (Peligrosidad Moderada)
- Naranja (Peligrosidad Alta)

La peligrosidad hidráulica también se representará por niveles, en este caso en 5 niveles. Estos niveles son: nivel de peligrosidad muy alta, nivel de peligrosidad alta, media, baja y muy baja. Se representarán mediante polígonos o puntos, en función del tamaño de la zona en la que se haya identificado el riesgo constatado.

El sistema de representación de los 5 niveles que definirán la zonificación del territorio en función de la peligrosidad hidráulica, serán:

- Verde (Peligrosidad Muy Baja)
- Verde Amarillento (Peligrosidad Baja)
- Amarillo (Peligrosidad Moderada)
- Naranja (Peligrosidad Alta)
- Rojo (Peligrosidad Muy Alta)

Como **otros elementos adicionales**, se representarán aquellos elementos que puedan complementar la información del mapa de peligrosidad de inundación fluvial, bien porque representen los cauces de los barrancos o las cuencas de los mismos o bien porque representen infraestructuras que condicionan esos cauces (presas, playas). Se representarán los siguientes:

Cauces: Se representarán mediante una línea, el cauce de los barrancos existentes en el territorio. Debido a que en las Islas Canarias, estos cauces presentan cursos de agua fundamentalmente ocasionales se utilizará:

- Curso de agua ocasionales 

Playas: Se representará la línea de playa mediante una línea.  Playas

Presas y grandes presas: Se representará el muro o delimitación de la presa mediante una línea.

-  Presas
-  Grandes Presas

Cuencas: Se representará el contorno de la cuenca mediante una línea.  Cuencas

4.3.3 Conclusiones

Es importante tener en cuenta que:

- Se ha partido de información de peligrosidad existente y disponible, relacionada con la peligrosidad de inundación fluvial en Canarias, no generando información nueva o adicional, sino adaptando la información existente.
- No se dispone de información similar para todas las islas. En el caso de la isla de Tenerife, no se ha obtenido el Plan de Defensa frente a Avenidas, lo que implica que no se ha podido obtener la peligrosidad hidráulica.
- Parte de información obtenida se ha digitalizado para su utilización en los Sistemas de Información Geográfica, debido a la no disposición en formato digital de la fuente original. Por lo que pueden existir ciertas diferencias a una escala muy detallada con las fuentes originales.
- Los barrancos en los que no se ha estimado la peligrosidad de inundación fluvial, y que no aparecen representadas en la cartografía, no implica que la presentan una peligrosidad o susceptibilidad sea nula en los mismos, sino que se parte de información disponible y de las ARPSI que se han estudiado, que se corresponden con los barrancos donde a lo largo de los años. se ha constatado, que ha existido una mayor peligrosidad.
- También, es importante recalcar la enorme incertidumbre existente que implican las simulaciones de los procesos de inundación fluvial, por lo que los mapas resultantes hay que tomarlos con precaución, entendiendo que identifican las zonas de mayor probabilidad de ocurrencia, según diferentes métodos teóricos y científicos que buscan ajustarse a los procesos que ocurren en la realidad, pero que no reflejan la totalidad de los mismos.

4.4 MAPAS DE PELIGROSIDAD DE INUNDACIÓN COSTERA

4.4.1 Introducción

Una inundación es un aumento del caudal de agua (avenida), que genera la sumersión de zonas normalmente secas, como consecuencia de la aportación inusual de agua superior a la que es habitual en una zona determinada. La Directiva Europea de gestión del riesgo de inundación la define como el "anegamiento temporal de terrenos que no están normalmente cubiertos por agua", es decir, que se refieren a zonas que a escala humana, pasan más tiempo emergidas que sumergidas bajo el agua.

Existen varios tipos de inundaciones en función del criterio que se considere (Díez Herrero *et al.*, 2009). En el presente proyecto se estudian únicamente dos tipos de riesgo de inundación: las inundaciones fluviales (asociadas a avenidas) y las inundaciones costeras, ambas existentes en las Islas Canarias.

En el caso de las inundaciones costeras, su origen puede relacionarse con aumentos del nivel del agua de mar durante tormentas y temporales (olas de tormenta o *storm surges*, galernas, etc.), fenómenos ciclónicos atípicos (huracanes, tifones, tormentas tropicales, ciclones, tornados, etc.), fuertes variaciones mareales (mareas vivas y muertas, corrientes de marea...) y barométricas (rizagas), o tras maremotos, grandes desprendimientos o actividad volcánica (tsunamis).

Las causas de las sobreelevaciones del nivel del mar son debidas a:

- *Marea astronómica (astronomical tide)*: La marea astronómica se produce por la atracción que ejercen los astros (fundamentalmente la Luna, porque está cerca, y el Sol, porque tiene una gran masa) sobre los océanos. El efecto combinado de esta atracción con la rotación de la Tierra hace que en latitudes medias como las de España se manifieste como una sucesión de oscilaciones del nivel del mar con un máximo (pleamar) y un mínimo (bajamar) en cada ciclo.
- *Depresión barométrica (barometric surge)*: Cuando entre dos puntos del mar existe una diferencia de presión barométrica, se produce una fuerza que tiende a mover la masa de agua desde el punto de mayor presión hasta el de menor presión hasta que el desnivel compensa la diferencia de presión ejercida por la atmósfera.

- *Viento del mar a tierra (wind setup)*: Cuando se da la situación de Canarias (vientos alisios), donde el viento sopla en dirección a tierra sobre una gran extensión de superficie marina, se produce una acumulación de agua en la costa hasta que se alcance una contrapendiente que contrarreste la fuerza que el viento ejerce sobre las aguas.
- La marea meteorológica está formada por estas dos últimas variables, depresión barométrica y acción del viento.
- *Oleaje (wave setup and wave runup)*: El tamaño y la intensidad de las olas generadas por una tormenta dependerá de la magnitud de la tormenta, los vientos (a mayor velocidad del viento, mayor olas) y la duración de la tormenta (las tormentas de mayor duración tiene más tiempo para impartir energía al agua, produciendo grandes olas). En general, la altura máxima de ruptura de ola en cualquier punto, a lo largo de la costa, es una función de la profundidad del agua en ese lugar particular (en las zonas próximas a la costa y de poca profundidad, la altura de la ola aumenta considerablemente).
- *Otras causas*: Otras causas de sobreelevación del nivel del mar son los tsunamis.

El riesgo de inundaciones tanto fluviales como costeras, está regulado mediante legislación. A nivel Europeo aparece la **Directiva 2007/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2007, relativa a la evaluación y gestión de los riesgos de inundación**. La Directiva tiene por objeto gestionar y reducir el riesgo de inundaciones, especialmente en las riberas y en las zonas costeras. La transposición de la Directiva de Inundaciones a la legislación española, viene dada por el **Real Decreto 903/2010, de 9 de julio, de evaluación y gestión de riesgos de inundación**, publicado en el BOE nº 171 de 15 de julio de 2010. Este decreto establece los criterios a tener en cuenta para la protección del dominio público hidráulico y para la gestión del riesgo de inundaciones para la protección de personas y bienes. Regula los procedimientos para realizar la Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación (EPRI), la elaboración de los Mapas de Peligrosidad y Riesgo y los Planes de Gestión de los riesgos de inundación en todo el territorio nacional. Para ello establece que se lleven a cabo los siguientes pasos según unos plazos de tiempo determinados:

- Evaluación Preliminar del riesgo de inundación (2011)
- Mapas de peligrosidad y de riesgo de inundación (2013)
- Planes de gestión del riesgo de inundación (2015)

Actualmente, en las Islas Canarias, se ha realizado la Evaluación Preliminar del riesgo de inundación y están en el proceso de Consultas Previas, los "Mapas de peligrosidad y riesgo de inundación de las ARPSIs costeras" de cada una de las islas que componen el archipiélago. Las ARPSI son las Áreas de Riesgo Potencial Significativo de Inundación.

4.4.2 Metodología de elaboración del Mapa de peligrosidad de inundación costera

Para elaborar el Mapa de peligrosidad de inundación costera de Canarias de RIESGOMAP, se han utilizado:

- Los Mapas de calado de los documentos: "Mapas de peligrosidad y Riesgo de inundación de las ARPSIs costeras en la demarcación hidrográfica de La Palma, Tenerife, La Gomera, El Hierro, Gran Canaria, Lanzarote y Fuerteventura", respectivamente.

A continuación, se describe la metodología seguida para la elaboración del mapa a partir de los documentos anteriores.

4.4.2.1 Metodología

El primer paso para estimar la peligrosidad de inundación costera, consiste en analizar toda la información disponible en Canarias relacionada con la peligrosidad de inundación. En este caso, parte de la información disponible se corresponden con los documentos de los Mapas de peligrosidad y riesgo de inundación de las ARPSI costeras de Canarias.

Mapas de peligrosidad de inundación de las ARPSIs costeras de Canarias

Los Estados miembros tiene la obligación de preparar, para cada demarcación hidrográfica, mapas de peligrosidad por inundaciones y mapas de riesgo de inundación, a la escala que resulte más apropiada para las zonas determinadas como ARPSIs.

Estos mapas de peligrosidad por inundaciones deben incluir las zonas geográficas que podrían inundarse según los escenarios siguientes:

- a) Baja probabilidad de inundación o escenario de eventos extremos (periodo de retorno igual a 500 años).
- b) Probabilidad media de inundación (período de retorno ≥ 100 años).
- c) alta probabilidad de inundación (período de retorno ≥ 10 años). (en el caso de Canarias, este valor no se ha presentado en los informes de las consultas públicas).

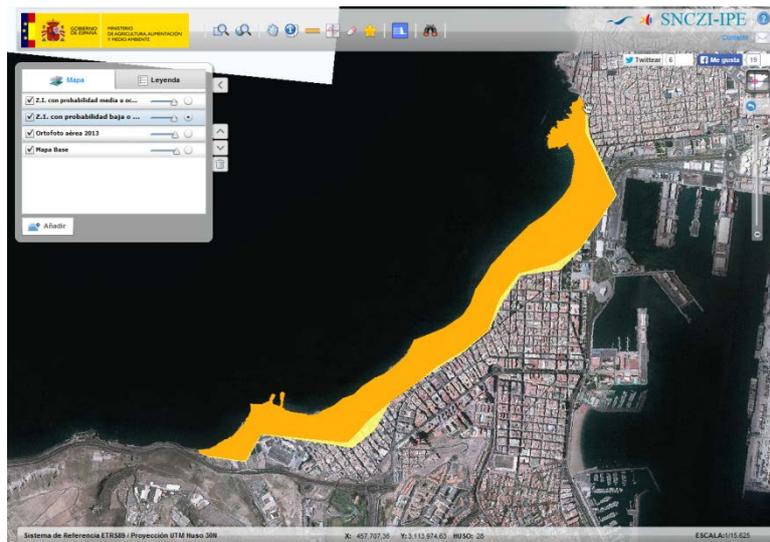
Mostrando la extensión de inundación, los calados del agua o nivel del agua y cuando proceda, la velocidad de la corriente o el caudal de agua correspondiente.

En las Islas Canarias, los mapas de peligrosidad de inundación de las ARPSIs están actualmente en Consulta Pública. La única información disponible, a la que se ha tenido acceso para el presente proyecto, ha sido la mostrada en este proceso de exposición pública y se ha correspondido a los siguientes mapas de peligrosidad:

- *Mapa de Peligrosidad: Zonas inundables: Representan el Calado del agua, para periodos de retorno de 100 y 500 años.*



Además, el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, siguiendo los principios de la Directiva 2007/60 sobre evaluación y gestión de riesgos de inundación, ha puesto en marcha el Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI), un instrumento de apoyo a la gestión, prevención de riesgos, planificación territorial y transparencia administrativa. El eje central del SNCZI es el visor cartográfico de zonas inundables (<http://sig.magrama.es/snczi/visor.html?herramienta=DPHZI>), que permite a todos los interesados visualizar los estudios de delimitación del Dominio Público Hidráulico (DPH) y los estudios de cartografía de zonas inundables, elaborados por el Ministerio y aquellos que han aportado las Comunidades Autónomas. En Canarias, está disponible en el visor las zonas inundables de origen marino o costeras.



A partir de los Mapas de las zonas inundables de cada una de las Demarcaciones Hidrográficas de Canarias (dividas por islas, La Palma, Tenerife, Gran Canaria, El Hierro, La Gomera, Lanzarote y Fuerteventura), se ha digitalizado la información de cada uno de los mapas y se ha obtenido la peligrosidad de inundación costera para el presente proyecto, atendiendo a la siguiente asignación:

- Zonas de periodo de retorno de 500 años: Se le asigna una peligrosidad Baja.
- Zonas de periodo de retorno de 100 años: Se le asigna una peligrosidad Alta.

4.4.2.2 Resultados

A partir de las fuentes de información analizadas (Mapas de Peligrosidad de inundación de las ARPSIs costeras de las demarcaciones hidrográficas de Canarias), se ha obtenido la peligrosidad de inundación fluvial del presente proyecto RIESGOMAP.

Peligrosidad de inundación costera:

Mapas de peligrosidad de inundación según las ARPSIs	Valor peligrosidad inundación costera
Zonas de periodo de retorno de 500 años	Baja
Zonas de periodo de retorno de 100 años	Alta

4.4.2.3 Fuentes de información cartográfica

Información general:

- Red de mareógrafos y boyas:

- Puertos del Estado.
 - La Red Costera de Puertos del Estado (REDCOS): Proporciona datos de oleaje en tiempo real en puntos de aguas poco profundas. Canarias consta de 2 boyas en Tenerife y Gran Canaria (el Confital a 42 m de profundidad).
 - Red de boyas en aguas abiertas (REDEXT): La red exterior está compuesta por boyas de tipo Wavwescan y SeaWatch.
 - Red de correntímetros (miden las corrientes de agua).
 - Red Meteorología Portuaria (REMPOR): Dos estaciones en El Hierro y Tenerife norte y dos boyas en aguas abiertas en Tenerife Sur y Gran Canaria que miden el viento.
 - Red de Mareógrafos REDMAR: En funcionamiento desde 1992. El objetivo es la monitorización del dato de nivel del mar en tiempo real y la generación de series históricas para su posterior explotación. En la actualidad está constituida por 8 mareógrafos en las islas Canarias (La Palma 2007, El Hierro 2001, Tenerife -Sur 2001, Tenerife-Norte 1992, Gran Canaria - Norte 1992, Gran Canaria - Sur 2001, Fuerteventura 2001 y Lanzarote 2008).
 - En Canarias existe una base de datos de oleaje simulados numéricamente, SIMAR-44. A partir de las series de oleaje de los registros desde 1958.
- Playas:
 - Playas_LG, Playas_GC, Playas_LZ, Playas_FV, Playas_EH, Playas_LP: Playas obtenidas de la información cartográfica del "*Estudio de Riesgos Hidráulicos constatados y de riesgos de incendios insulares. Memoria Estudio de Riesgos Hidráulicos Constatados para las islas de Gran Canarias, Fuerteventura, Lanzarote, El Hierro, La Gomera y La Palma (Noviembre de 2011)*".
 - Playas_TF: Playas obtenidas a partir de la información del proyecto SIOSE (actualización 2011) para la isla de Tenerife.

Información cartográfica existente utilizada para estimar la peligrosidad de inundación costera en cada una de las islas:

- Peligrosidad inundación costera:

- Isla de Tenerife: *"Mapas de peligrosidad y Riesgo de inundación de las ARPSIs costera en la demarcación hidrográfica de Tenerife"*.
- Isla de La Gomera: *"Mapas de peligrosidad y Riesgo de inundación de las ARPSIs costera en la demarcación hidrográfica de La Gomera "*.
- Isla de Lanzarote: *"Mapas de peligrosidad y Riesgo de inundación de las ARPSIs costera en la demarcación hidrográfica de Lanzarote"*.
- Isla de Gran Canaria: *"Mapas de peligrosidad y Riesgo de inundación de las ARPSIs costera en la demarcación hidrográfica de Gran Canaria "*.
- Isla de La Palma: *"Mapas de peligrosidad y Riesgo de inundación de las ARPSIs costera en la demarcación hidrográfica de La Palma "*.
- Isla de El Hierro: *"Mapas de peligrosidad y Riesgo de inundación de las ARPSIs costera en la demarcación hidrográfica de El Hierro "*.
- Isla de Fuerteventura *"Mapas de peligrosidad y Riesgo de inundación de las ARPSIs costera en la demarcación hidrográfica Fuerteventura"*.

4.4.2.4 Tipos de Mapas obtenidos

4.4.2.4.1 *Mapas de peligrosidad de inundación costera*

El mapa de peligrosidad obtenido recoge los valores de peligrosidad de inundación costera de las ARPSIs identificadas en cada una de las islas del archipiélago, para un periodo de retorno de 100 y 500 años, teniendo en cuenta una graduación de la peligrosidad basada en el periodo de retorno.

4.4.2.5 Modelo de datos

Los datos se entregan en una geodatabase denominada: **Map_pel**.

Esta geodatabase albergará **5 dataset** correspondientes a los procesos naturales estudiados en el proyecto RIESGOMAP.

- Pel_sismica
- Pel_volcanica
- Pel_inundacion
- Pel_inc_forest
- Pel_mov_ladera

En el Dataset **Pel_inundación**, objeto del presente documento se incluyen:

Datos del Mapa de Peligrosidad de inundación costera

La información correspondiente al Mapa de Peligrosidad de inundación costera obtenido se representarán como Pel_inund_costera.

Dataset				
Pel_inundacion				
Nombre del feature class:		Escala: Varias escalas, depende isla	Tipo: Polígono	
Pel_inund_costera		Fuente: Varias fuentes	Representación gráfica: 	
Definición: Polígonos que indican los diferentes valores de la peligrosidad volcánica				
ATRIBUTOS	TIPO	LONGITUD	NULL	DESCRIPCIÓN
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Código dado al elemento
CODIGO_SUB	String	254	No	Código dado a cada ARPSI
EUUOMCODE	String	254	No	Código de la Unión Europea dado a cada cuenca o demarcación hidrográfica
DEMARCACIO	String	100	No	Nombre de la demarcación hidrográfica
ARSFRCode	String	254	No	Código dado a cada ARPSI
NameofAPSF	String	254	No	Nombre de la ARPSI
ORIGEN_INU	String	50	No	Origen inundación
MECAN_INUN	String	254	No	Mecanismo de inundación
GRADUA	String	10	No	Graduación de la peligrosidad
P_RETORNO	Double	8	No	Periodo de retorno
FUENTE	String	250	No	Fuente de la información
Dominio Grada: 1: Muy Alta, 2: Alta, 3: Media, 4: Baja, 5: Muy Baja				

Otros elementos a representar:

Como información adicional, se recogen otros elementos que se consideran de relevancia para analizar la peligrosidad de inundación costera. Estos elementos son los siguientes:

- Red de mareografos y boyas

Dataset				
Pel_inundacion				
Nombre del feature class:		Escala:	Tipo: Punto	
Red_mareo_boyas		Fuente: IGN, CSIC	Representación gráfica: 	
Definición: Puntos donde se ubican las estaciones sísmicas-volcánicas existentes en Canarias				
ATRIBUTOS	TIPO	LONGITUD	NULL	DESCRIPCIÓN
CODIGO_ID	Double	8	No	Recogerá un código asignado a cada evento que comenzará por el 0000001 y así sucesivamente
COD_EST	String	10	No	Denominación o código de los mareógrafos, estaciones o boyas
TIPO	String	25	No	Tipo de estación (Boya, Mareógrafo, Punto SIMAR 44)
UTM_X	Double	10	No	Coordenada X UTM 28
UTM_Y	Double	10	No	Coordenada Y UTM 28
RED	String	254	No	Tipo de red (REDCOS, REMPOR; REDMAR, SIMAR-4)
NOMBRE	String	25	Yes	Nombre de la estación
FUENTE	String	50	No	Entidad que gestiona la red y fuente donde se ha obtenido la información

- Playas

Dataset Pel_inundacion				
Nombre del feature class:		Escala:		Tipo:
Playas_TF		Fuente: SIOSE		Polígono
				Representación gráfica: 
Definición: Puntos donde se ubican las estaciones sísmicas-volcánicas existentes en Canarias				
ATRIBUTOS	TIPO	LONGITUD	NULL	DESCRIPCIÓN
CODIGO_ID	Double	8	No	Recogerá un código asignado a cada evento que comenzará por el 0000001 y así sucesivamente
Cod_pol_SIOSE	String	50	Yes	Nombre de la playa

Dataset Pel_inundacion				
Nombre del feature class:		Escala:		Tipo:
Playas_LZ		Fuente: GESPLAN		Línea
				Representación gráfica: 
Definición: Puntos donde se ubican las estaciones sísmicas-volcánicas existentes en Canarias				
ATRIBUTOS	TIPO	LONGITUD	NULL	DESCRIPCIÓN
CODIGO_ID	Double	8	No	Recogerá un código asignado a cada evento que comenzará por el 0000001 y así sucesivamente
NOMBRE	String	50	Yes	Nombre de la playa

Dataset Pel_inundacion				
Nombre del feature class:		Escala:		Tipo:
Playas_LP		Fuente: GESPLAN		Línea
				Representación gráfica: 
Definición: Puntos donde se ubican las estaciones sísmicas-volcánicas existentes en Canarias				
ATRIBUTOS	TIPO	LONGITUD	NULL	DESCRIPCIÓN
CODIGO_ID	Double	8	No	Recogerá un código asignado a cada evento que comenzará por el 0000001 y así sucesivamente
NOMBRE	String	50	Yes	Nombre de la playa

Dataset Pel_inundacion				
Nombre del feature class:		Escala:		Tipo:
Playas_LG		Fuente: GESPLAN		Línea
				Representación gráfica: 
Definición: Puntos donde se ubican las estaciones sísmicas-volcánicas existentes en Canarias				
ATRIBUTOS	TIPO	LONGITUD	NULL	DESCRIPCIÓN
CODIGO_ID	Double	8	No	Recogerá un código asignado a cada evento que comenzará por el 0000001 y así sucesivamente
NOMBRE	String	50	Yes	Nombre de la playa

Dataset Pel_inundacion				
Nombre del feature class:		Escala:		Tipo:
Playas_GC		Fuente: GRAFCAN		Línea
				Representación gráfica: 
Definición: Puntos donde se ubican las estaciones sísmicas-volcánicas existentes en Canarias				
ATRIBUTOS	TIPO	LONGITUD	NULL	DESCRIPCIÓN
CODIGO_ID	Double	8	No	Recogerá un código asignado a cada evento que comenzará por el 0000001 y así sucesivamente
NOMBRE	String	50	Yes	Nombre de la playa

Dataset Pel_inundacion				
Nombre del feature class:		Escala:		Tipo:
Playas_FV		Fuente: GESPLAN		Línea
				Representación gráfica: 

				gráfica:
Definición: Puntos donde se ubican las estaciones sísmicas-volcánicas existentes en Canarias				
ATRIBUTOS	TIPO	LONGITUD	NULL	DESCRIPCIÓN
CODIGO_ID	Double	8	No	Recogerá un código asignado a cada evento que comenzará por el 0000001 y así sucesivamente
NOMBRE	String	50	Yes	Nombre de la playa

Dataset				
Pel_inundacion				
Nombre del feature class:		Escala:		Tipo:
Playas_EH		Fuente: GESPLAN		Línea
				Representación gráfica: 
Definición: Puntos donde se ubican las estaciones sísmicas-volcánicas existentes en Canarias				
ATRIBUTOS	TIPO	LONGITUD	NULL	DESCRIPCIÓN
CODIGO_ID	Double	8	No	Recogerá un código asignado a cada evento que comenzará por el 0000001 y así sucesivamente
NOMBRE	String	50	Yes	Nombre de la playa

4.4.2.6 Sistema de representación

Los **Mapas de Peligrosidad de inundación costera** se representará en 2 niveles, que alberguen las zonas consideradas como ARPSI, en las que se ha estimado la peligrosidad de inundación costera. Estos niveles son: nivel de peligrosidad alta y baja (no existen el resto de niveles de peligrosidad (muy alta, media y muy baja) ya que únicamente se disponía de la delimitación de las zonas inundables costeras para el periodo de retorno de 100 años y 500 años). Esta zonificación se representará mediante polígonos.

El sistema de representación de los 2 niveles que definirán la zonificación del territorio en función de la peligrosidad de inundación costera, serán:

- Verde Amarillento (Peligrosidad Baja)
- Naranja (Peligrosidad Alta)

Como **otros elementos adicionales**, se representarán aquellos elementos que puedan complementar la información del mapa de peligrosidad de inundación costera:

- Red de mareógrafos o boyas (Red_mareo_boyas): Red de sistemas (mareógrafos, boyas, estaciones meteorológicas, puntos SIMAR) que miden las condiciones y características del medio marino.

-  Boya
-  Estacion Meteorológica
-  Mareografo
-  Punto SIMAR 44

- *Playas*: Se representará la línea de playa mediante una línea.  Playas

4.4.3 Conclusiones

Es importante tener en cuenta que:

- Se ha partido de información de peligrosidad existente y disponible, relacionada con la peligrosidad de inundación costera en Canarias, no generando información nueva o adicional, sino adaptando la información existente.
- La información obtenida se ha digitalizado para su utilización en los Sistemas de Información Geográfica, debido a la no disposición en formato digital de la fuente original. Por lo que pueden existir ciertas diferencias a una escala muy detallada con las fuentes originales.
- Las zonas costeras que no aparecen representadas en la cartografía, no implica que la peligrosidad o susceptibilidad que presentan sea nula, sino que no se han considerado como ARPSI y por tanto no se han estudiado. Las zonas ARPSI son las Áreas de Riesgo Potencial Significativo de Inundación, que se corresponden con las zonas costeras donde a lo largo de los años, se ha constatado, que ha existido una mayor peligrosidad.
- También es importante recalcar la enorme incertidumbre existente que implican las simulaciones de los procesos de inundación costera, por lo que los mapas resultantes hay que tomarlos con precaución, entendiendo que identifican las zonas de mayor probabilidad de ocurrencia, según diferentes métodos teóricos y científicos que buscan ajustarse a los procesos que ocurren en la realidad, pero que no reflejan la totalidad de los mismos.

4.5 MAPAS DE SUSCEPTIBILIDAD DE INCENDIO FORESTAL

4.5.1 Introducción

Se define un incendio como un fuego grande que abrasa lo que no está destinado a arder. El fuego es producto de la reacción química exotérmica de oxidación-reducción, con liberación súbita de energía, emisión de gases inflamados (nitrógeno, anhídrido carbónico) y de nutrientes en forma de cenizas.

El fuego necesita tres elementos para generarse, es lo que se conoce como triángulo de fuego o combustión. Un combustible, un comburente (un agente oxidante como el oxígeno) y energía de activación. Cuando estos factores se combinan en la proporción adecuada, el fuego se desencadena. Es igualmente posible prevenir o atacar un fuego eliminando uno de ellos.

- Sin el calor suficiente, el fuego no puede ni comenzar ni propagarse. Puede eliminarse introduciendo un compuesto que tome una parte del calor disponible para la reacción. Habitualmente se emplea agua, que toma la energía para pasar a estado gaseoso. También son efectivos polvos o gases con la misma función.
- Sin el combustible, el fuego se detiene. Puede eliminarse naturalmente, consumido por las llamas, o artificialmente, mediante procesos químicos y físicos que impiden al fuego acceder al combustible. Este aspecto es muy importante en la extinción de incendios forestales (por ejemplo, mediante cortafuegos, así como en los incendios controlados).
- La insuficiencia de oxígeno impide al fuego comenzar y propagarse.

Los efectos destructores o renovadores de un incendio dependen de unos factores intrínsecos (frecuencia, intensidad, tamaño, forma del incendio y momento en el que se produce) y otros propios de la estación y vegetación (factores climáticos, geomorfológicos, topográficos, edáficos, estructurales, florísticos y fenológicos).

Los incendios forestales, son fuegos que se extienden por terreno forestal, afectando a vegetación que no estaba destinada a arder. Según el Plan Forestal Canario, se entiende por “terreno forestal” o “propiedad forestal”: *“Tierra en que vegetan especies arbóreas, arbustivas, de matorral o herbáceas, sea espontáneamente o procedan de siembra o plantación, siempre que no sean características del cultivo agrícola o fueren objeto del mismo. No obstante se exceptúan de los comprendidos en dicho concepto, los terrenos que formando parte de una finca fundamentalmente agrícola y sin estar cubiertos apreciablemente con*

especies arbóreas o arbustivas de carácter forestal, resultaren convenientes para atender al sostenimiento del ganado de la propia explotación agrícola y, asimismo, los prados desprovistos sensiblemente de arbolado de dicha naturaleza.”.

El incendio forestal depende de tres grandes factores:

- Los factores climáticos, que pueden condicionar la posibilidad de incendios y modificar la duración e intensidad de sus efectos:
 - El ritmo de las precipitaciones, más que la cantidad, determina la aparición de incendios y el tamaño de las superficies recorridas por el fuego.
 - La temperatura influye directamente en la humedad relativa del aire. Con el tiempo cálido y seco, el riesgo de incendios y la magnitud de sus efectos son máximos. Los combustibles más verdes y húmedos no se queman fácilmente, pero cuando se encuentran más secos es más fácil que se inflamen. Normalmente, el aire está más seco durante el día que por la noche. Esto provoca que sea más normal que los incendios se propaguen más lentamente por la noche, los combustibles más ligeros absorben humedad del aire saturado de la noche.
 - El viento, contribuye a la desecación del combustible y proporciona oxígeno, uno de los tres elementos esenciales que constituyen el denominado triángulo del fuego. El viento tiene un triple efecto:
 - Aportan oxígeno en forma de aire que alimenta la combustión.
 - Extienden las llamas a los combustibles inmediatamente por delante del frente de avance (al inclinarlas calienta y enciende estos materiales).
 - Transportan las cenizas a distancia, generándose la posibilidad de focos secundarios a distancias muy lejanas del foco principal o inicial
- La topografía influye en los factores anteriores y en la progresión e intensidad local del fuego, determinando corrientes de aire y modificando su dirección y velocidad.
 - La pendiente es un factor determinante en la propagación de un incendio. El fuego se extiende más rápidamente a lo largo de fuertes pendientes ya que los combustibles están más cerca de las llamas, su precalentamiento es más rápido, la velocidad del viento aumenta y se desarrolla rápidamente la columna de convección. Estas circunstancias generan efectos que hacen al incendio más devastador y difícil de combatir.

- La configuración del terreno y su rugosidad, afectan a los patrones del viento, las precipitaciones, la orientación y en definitiva, a todos los factores que determinan la propagación del incendio. Así por tanto, un valle cerrado, o un barranco, pueden facilitar un itinerario del viento diferente al del viento predominante. La forma del territorio puede afectar al itinerario de la propagación del fuego, velocidad e intensidad de los incendios. En un barranco, los fuegos reaccionan como una chimenea; el aire es absorbido hacia el interior o fondo del barranco creando fuertes ráfagas vertiente arriba, facilitando una rápida propagación del fuego. Este efecto puede desencadenar un comportamiento extremo del fuego y puede ser muy peligroso.
- La exposición es un factor determinante en las variaciones del tiempo atmosférico en el transcurso del día. Al cambiar la posición del sol varía la temperatura, viéndose afectadas también la humedad relativa, el contenido de humedad de los combustibles y la velocidad y dirección de los vientos locales. Las laderas con orientación a solana están más expuestas a la radiación solar, tienen mayor temperatura y como consecuencia menor humedad relativa y menos cantidad de agua que las de umbría y generalmente, menos cantidad de combustible que éstas.
- La estructura de la vegetación y el combustible (el número y distribución de sus estratos y disposición de las ramas y del follaje) influye directamente en la cantidad y calidad del combustible que rige el comportamiento del fuego. También la composición florística puede ser decisiva en la progresión del fuego y determinar los efectos que este produce en la vegetación y la regeneración subsiguiente. Las características físicas y químicas de los combustibles determinan la posibilidad de iniciar un fuego, el comportamiento posterior, la energía liberada por él y por tanto, la dificultad de controlarlo. Los modelos de combustible se definen en función de la estructura de una formación vegetal, la cantidad de material vivo y muerto de diverso tamaño presente y de la manera en la que se propagaría un fuego si se produjera. Una vez definidos y cartografiados se pueden utilizar para realizar simulaciones de comportamiento del fuego donde se tienen en cuenta también otras variables ya mencionadas como pendiente, temperatura, humedad relativa y viento. En estas simulaciones se calcula la longitud de llama, la actividad de fuego en copas y la velocidad de propagación en el territorio por lo que son muy importantes a la hora de evaluar el riesgo de incendio.

- En cuanto a los factores que se conocen que pueden ser origen del inicio de un incendio, excepto los provocados por causas naturales, el resto tienen un origen antrópico más o menos conocido.

A partir del RDL 11/2005, de 22 de julio, por el que se aprueban medidas urgentes en materia de incendios forestales (en adelante, RDL 11/2005) cuya entrada en vigor tuvo lugar el día 23 de julio de 2005, se establecieron en Canarias las **Zonas de Alto Riesgo de Incendio (ZARI)**.

Las ZARI representan aquellas áreas en las que la frecuencia o virulencia de los incendios forestales y la importancia de los valores amenazados hacen necesarias medidas especiales de protección contra los incendios, podrán ser declaradas zonas de alto riesgo de incendio o de protección preferente, correspondiendo a las Comunidades Autónomas su declaración y la aprobación de sus planes de defensa.

Tras establecerse un proceso de colaboración con los respectivos Cabildos Insulares, se declararon mediante la ORDEN nº 452, de 5 de agosto de 2005, las zonas de alto riesgo de incendios forestales de Canarias, concretamente para las islas de Gran Canaria, Tenerife, La Palma, La Gomera y El Hierro. Esta orden ha sido modificada posteriormente por diversas órdenes: ORDEN nº 127, de 23 de mayo de 2006 por la que se amplían las superficies de las ZARIs en Tenerife y La Palma, la ORDEN nº 277, del 9 de octubre del 2007 por la que se amplía la superficie de las ZARIs de Gran Canaria, la ORDEN nº 423 del 17 de diciembre de 2008 por la que se amplía la superficie de ZARIs de La Palma, y finalmente la ORDEN de 22 de abril de 2009 por la que se modifica la Orden de 5 de agosto de 2005. De esta manera, y después de un proceso de varios años, quedan definidas las Zonas de Alto Riesgo de Incendios en todas las islas con masa forestal en Canarias.

4.5.2 Metodología de elaboración del Mapa de susceptibilidad de incendios forestales

Para elaborar el Mapa de susceptibilidad por incendios forestales de Canarias, se han utilizado las siguientes fuentes:

- ZARI (Zonas de Alto Riesgo de Incendio): Los respectivos Cabildos Insulares, declararon mediante legislación (ORDEN nº 452, de 5 de agosto de 2005, ORDEN nº 127, de 23 de mayo de 2006, ORDEN nº 277, del 9 de octubre del 2007, ORDEN nº 423 del 17 de diciembre de 2008 y ORDEN de 22 de abril de 2009), la definición de las Zonas de Alto Riesgo de Incendios en todas las islas que presentan masa forestal.

- *"Estudio de los riesgos hidráulicos constatados y de riesgos de incendios insulares". GESPLAN S. A. Noviembre 2011*
- *Elaboración de cartografía básica de peligrosidad por incendios forestales en emergencias y protección civil en Canarias". GESPLAN S. A. Diciembre 2012.*

A continuación, se describe la metodología seguida para la elaboración del mapa a partir de los documentos anteriores.

4.5.2.1 Metodología

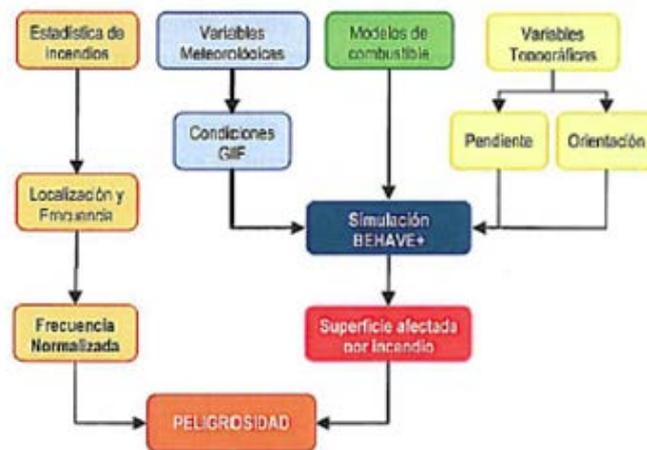
En Noviembre de 2011, **GESPLAN S.A.** utilizando una metodología muy similar a la desarrollada por el Plan Territorial Especial de Ordenación para la Prevención de los Riesgos en la Isla de Tenerife para incendios forestales, desarrolló un documento, *"Estudio de los riesgos hidráulicos constatados y de riesgos de incendios insulares"*, donde se recogían a nivel insular, los riesgos de incendio forestal de las islas de El Hierro, La Palma, Gran Canaria y La Gomera (Lanzarote y Fuerteventura no se consideraron por disponer de masas forestales de entidad).

Ampliando el proyecto de 2011, **GESPLAN S.A.** elaboró los primeros Mapas básicos de peligrosidad por incendios forestales en el estudio *"Elaboración de cartografía básica de peligrosidad por incendios forestales en emergencias y protección civil en Canarias"*, en Diciembre 2012.

MAPA BÁSICOS DE PELIGROSIDAD DE INCENDIOS FORESTALES

La metodología de GESPLAN S.A., se base en métodos analíticos, ya que consiste en la elaboración de mapas temáticos que se superponen y se agregan para obtener un mapa final. En cuanto a la evaluación de las unidades temáticas, se utiliza la evaluación multicriterio consultando expertos y técnicos de los Servicios de Prevención y Extinción de Incendios de los Cabildos, buscando ajustarse lo máximo posible a la realidad.

Para desarrollar la metodología primero se deben identificar los factores que influyen en el peligro de Incendio Forestal (Factores incipientes). Para ello, se siguieron los criterios del proyecto FIREMAP.



Se parte del registro histórico de incendios. (Base de Datos Nacional de Incendios Forestales (GIF) de la Dirección General para la Biodiversidad. En Tenerife, también se cuenta con el registro del Servicio de Montes del Cabildo. Se analizan las zonas en las que se ha producido un incendio y su superficie, así como las causas de los mismos.

Se propone el cálculo de la frecuencia normalizada de incendio por cada término municipal, definida como el número de incendios en un periodo de tiempo dado, a partir de la siguiente fórmula:

$$F_i = \frac{1}{a} \sum n_i$$

Dónde: F_i , frecuencia de incendios para cada municipio
 n_i , número de incendios en cada año
 a , número de años del estudio

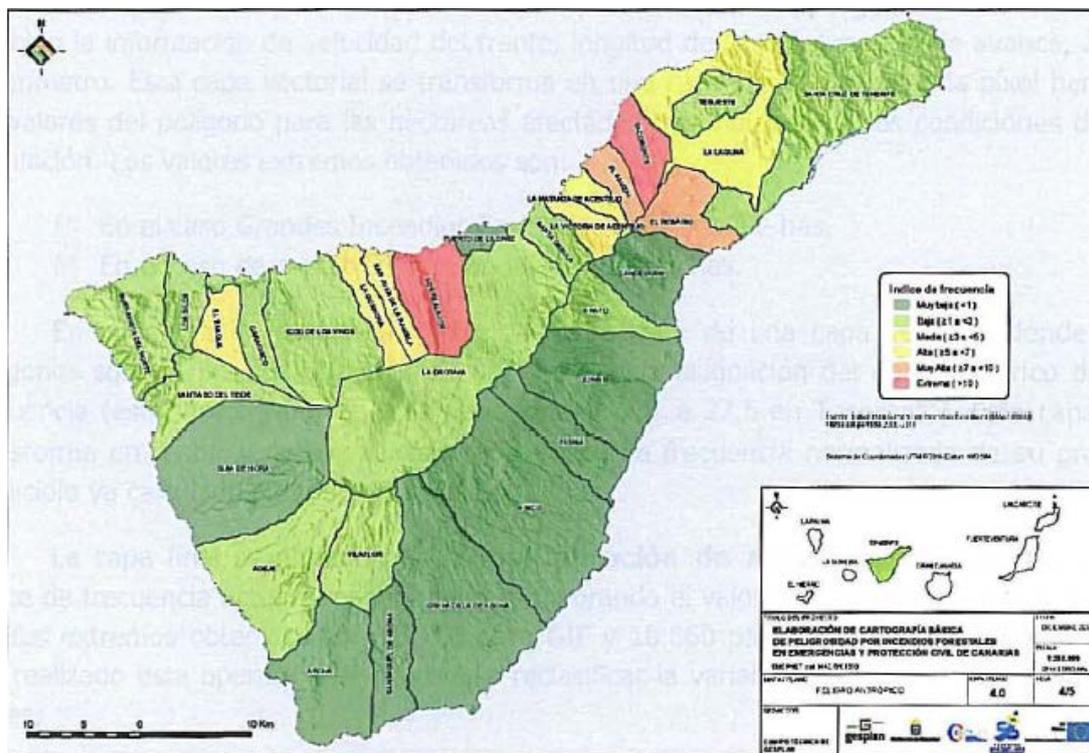
Considerando que el número de incendios ocurrido en una superficie, es proporcional al valor del tamaño de la misma, es necesario relativizar este índice calculando la frecuencia normalizada (número de incendios por cada 10.000 ha).

$$F_{NI} = F_i \times \frac{10.000}{S_i}$$

Dónde: F_i , frecuencia de incendios para cada municipio
 S_i , Superficie forestal del término municipal "i"

La valoración del índice de frecuencia normalizada de incendio forestal es la siguiente:

Valoración	F_{NI}
Muy Baja	<1
Baja	≥1 a <3
Media	≥3 a <5
Alta	≥5 a <7
Muy Alta	≥7 a <10
Extremo	>10



Fuente: GESPLAN S.A.

Posteriormente, se consideran las variables topográficas, en este caso: la pendiente y la exposición, para incluirlas en el programa BehavePlus.

EXPOSICIÓN	GRADOS	VALOR DE CÁLCULO	CLASE	PENDIENTE (%)	VALOR DE CÁLCULO (%)
N	316º-45º	0	1	0-15	7,5
E	46º-135º	90	2	16-30	23
S	136º-225º	180	3	31-45	38
O	226º-315º	270	4	46-60	53
			5	>61	68

Fuente: GESPLAN S.A.

Respecto a los mapas de combustible de las islas, se utilizan los modelos de combustible definidos para cada una de las mismas:

- Tenerife, realizados por TECNOMA en 2002.
- En el caso de La Palma, el mapa de Modelos de Combustible realizado en el Proyecto de Prevención de incendios y seguimiento del impacto de incendios forestales en el ámbito del proyecto (INTERREG IIIB Azores-Madeira-Canarias).
- Para La Gomera y El Hierro se ha utilizado los mapas de Modelos de Combustible desarrollados en el trabajo: "Realización de un inventario, caracterización y zonificación detallada de los modelos de combustible presentes en las islas de La Gomera y El Hierro", perteneciente al Proyecto "Cooperación y Sinergias en materia de aprovechamiento forestal sostenible en la Región Macaronésica" - FORESMAC con código MAC/2/C75.
- En el caso de la isla de Gran Canaria, la fuente de la que se extrae el Modelo de Combustible que sirve de variable biótica para la implementación de este estudio es el Plan de Prevención de Incendios Forestales de Gran Canaria (2003) y Manual de operaciones contra incendios forestales del ICONA (1993).
- Fuerteventura y Lanzarote no presentan masa forestal.

Para que los modelos de combustible puedan ser usados en las simulaciones del programa BehavePlus, se necesita conocer una serie de parámetros intrínsecos al modelo y que definen el comportamiento frente al fuego:

1HR. Carga de los elementos finos muertos, en tn/ha
10HR. Carga de los elementos medios muertos en tn/ha
100HR. Carga de los elementos gruesos muertos en tn/ha
HERB. Carga de hojas verdes en tn/ha
WOODY. Carga de ramillas vivas de diámetro menor de ¼ de pulgada (0.67cm) en tn/ha
S/V. Fracción entre la superficie que presenta para arder un elemento y su volumen en cm^{-1}
PROF. Altura/profundidad efectiva del complejo de combustible
HEAT. Cantidad de calor desprendido en Kj/Kg
EXT. MOIS. Humedad de extinción en %

La mayor parte de estos parámetros se estiman en función de los resultados de los modelos de combustible de Tenerife, por lo que es necesario relacionar el resto de modelos de combustible de las islas con los de Tenerife.

Por último, se evalúan las condiciones meteorológicas. Se consideran dos tipos: los valores obtenidos a los largo de los grandes incendios forestales de Canarias, en las olas de calor y los valores que se registran en condiciones normales en las Islas Canarias.

Los datos de partida que se introducen en el programa de simulaciones BehavePlus son:

Modelo de combustible debidamente generado en formato *.bpf compatible con el programa. (ver el punto 0 de los modelos de combustible)
 Orientación en grados (ver el punto 3.5.3 del modelo de exposición)
 Dirección del viento en grados (ver el punto 0 de las condiciones meteorológicas)
 Velocidad del viento a media llama en km/h.
 Pendiente del terreno en % (ver el punto 3.5.2 del modelo de pendientes)
 Humedad del combustible ligero muerto con 1h de tiempo de retardo en %.
 Humedad del combustible ligero muerto con 10h de tiempo de retardo en %.
 Humedad del combustible ligero muerto con 100h de tiempo de retardo en %.
 Humedad del combustible vivo en %.
 Tiempo de cálculo en horas.

La humedad del combustible ligero muerto y vivo, se estima mediante las tablas elaboradas por el ICONA, que lo relaciona con el modelo de combustible, la temperatura considerada y la exposición.

La velocidad del viento se determina a partir de cada modelo de combustible, su exposición y la orientación habitual del viento.

Todos estos valores se introducen en el programa BehavePlus dando como resultado la siguiente información de salida:

Velocidad del frente de llamas en m/min.
 Longitud de llama en m.
 Dirección del avance del fuego en ° con respecto al norte.
 Área del incendio en ha.
 Longitud del perímetro quemado en m.
 Largo de la elipse que define el área quemada en m.
 Ancho de la elipse que define el área quemada en m.

Los resultados de la simulación con el programa Behaveplus, se representan en un mapa.

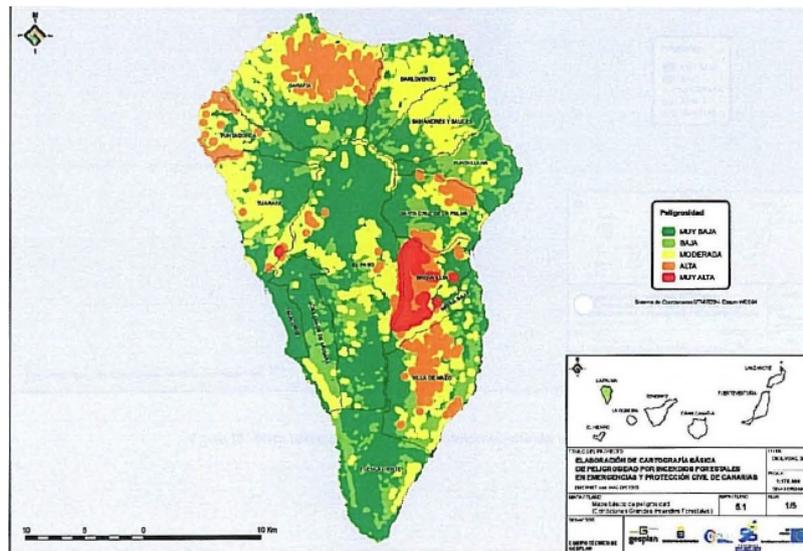
Mediante la combinación de los resultados de la frecuencia normalizada de incendios forestales y los resultados del programa Behaveplus (considerando las condiciones estándar y los grandes incendios forestales) se obtiene una capa final, actuando el índice de frecuencia de tal forma que magnifica o minimiza el valor de las hectáreas quemadas.

Una vez realizada la combinación se reclasifica la variable continua y se obtiene el mapa final de peligrosidad de incendios forestales:

CLASE	INTERVALO	BUFFER
MUY BAJA	0-100	0 m
BAJA	101-500	100 m
MODERADA	501-1000	200 m
ALTA	1001-5000	300 m
MUY ALTA	>5000	400 m

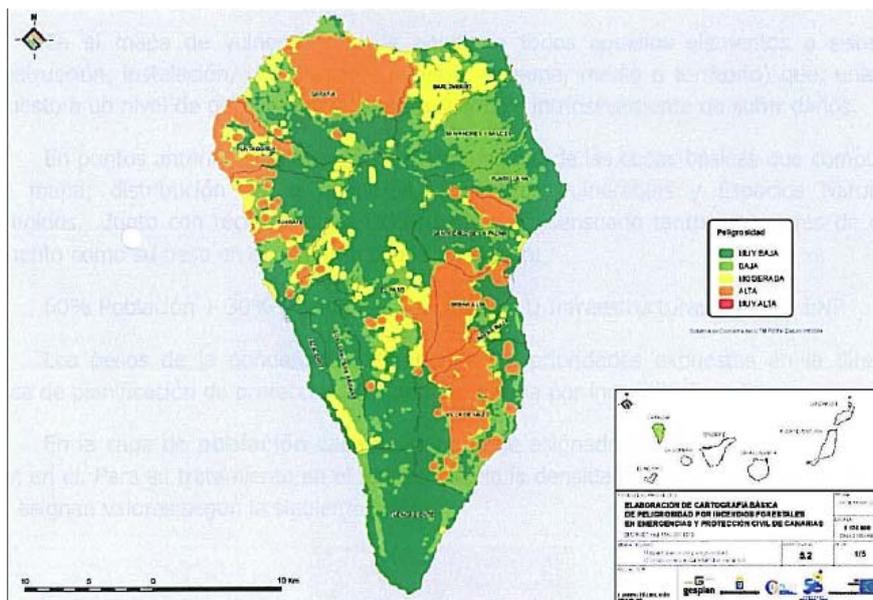
Como resultado se obtienen dos mapas:

- Peligrosidad de incendios forestales en condiciones de Grandes Incendios Forestales:



Fuente: Mapa básico de peligrosidad en condiciones de Grandes Incendios Forestales en La Palma. GESPLAN S.A.

- Peligrosidad de incendios forestales en condiciones estándar o normales:



Fuente: Mapa básico de peligrosidad en condiciones normales en La Palma. GESPLAN S.A.

GESPLAN S.A. elabora unos mapas básicos considerados como de peligrosidad de incendios forestales, sin tener en cuenta los periodos de retorno o la probabilidad de ocurrencia en el tiempo, de los incendios forestales. El concepto de peligrosidad de incendios forestales implica determinar la mayor probabilidad de incendio forestal en un periodo de tiempo determinado (periodo de retorno), utilizando métodos probabilísticos, lo que debido a la elevada influencia

de los efectos antrópicos en el proceso, resulta poco eficiente y efectivo, por lo que se debería hablar de Mapas de susceptibilidad ante incendios forestales.

A partir del resultado de los Mapas de peligrosidad de incendios forestales de GESPLAN S.A. para cada una de las islas del archipiélago (tanto en condiciones de Grandes Incendios como en condiciones normales) y de la información de las ZARI, se ha desarrollado el Mapa de susceptibilidad de incendios forestales de RIESGOMAP.

Para ello, el primer paso implica la combinación directa de los siguientes mapas:

- Mapa de Peligrosidad de incendios forestales en condiciones de Grandes Incendios Forestales de cada una de las islas del archipiélago.
- Mapa de Peligrosidad de incendios forestales en condiciones normales de cada una de las islas del archipiélago.

Dicha combinación se realiza con la finalidad de recoger en un único mapa, ambas condiciones, siempre abogando por los valores o condiciones más extremas.

La combinación se realiza pasando los mapas a formato raster (con tamaño del pixel de 10 m) y superponiendo los pixeles de cada uno de los mapas, de tal forma que como resultado de la combinación, se obtendrá un mapa, en el que se asigna a cada pixel, la categoría mayor de los dos mapas. Es decir, si un pixel tiene un valor para Grandes Incendios forestales de peligrosidad Alta y para condiciones normales un valor de Peligrosidad Media, el pixel resultante de la combinación tendrá un valor de Susceptibilidad en el mapa final de Alta.

Mapa pel.de Grandes Incendios x Mapa pel.en cond.estandar= Mapa de susceptibilidad de RIESGOMAP preliminar

Mapa pel. Grandes Incendios	X	Mapa pel. Cond. estándar	=	Mapa suscept. RIESGOMAP preliminar
Categoría de Peligrosidad		Categoría de Peligrosidad		Categoría de Susceptibilidad
Muy Alta	X	(Muy Alta, Alta, Media, Baja o Muy Baja)	=	Muy Alta
Alta	X	(Alta, Media, Baja o Muy Baja)	=	Alta
Media	X	(Media, Baja o Muy Baja)	=	Media
Baja	X	(Baja o Muy Baja)	=	Baja
Muy Baja	X	(Muy Baja)	=	Muy Baja

(Muy Alta, Alta, Media, Baja o Muy Baja)	X	Muy Alta	=	Muy Alta
(Alta, Media, Baja o Muy Baja)	X	Alta	=	Alta
(Media, Baja o Muy Baja)	X	Media	=	Media
(Baja o Muy Baja)	X	Baja	=	Baja
(Muy Baja)	X	Muy Baja	=	Muy Baja

En el mapa de susceptibilidad preliminar obtenido, aparecen zonas designadas como ZARI, correspondientes a masas arboladas, donde la susceptibilidad ante incendios forestales es Muy Baja y tienen valores similares a las Dunas de Maspalomas o en el centro del casco urbano de Santa Cruz de Tenerife (zonas no inflamables o donde no se prevé que existan incendios forestales).

Para paliar estas incoherencias, se ha corregido el mapa utilizando dos metodologías, una que se corresponde con las zonas ZARI donde se aplicará un mínimo de susceptibilidad Baja y la otra se corresponde a la elaboración de una máscara de la cartografía en la que se identifiquen las zonas no inflamables de las islas.

- Zonas ZARI: Se les asigna, a todos los píxeles de las zonas definidas como ZARI, un valor mínimo de susceptibilidad considerado como Baja. Es decir, sí en el Mapa preliminar aparece un píxel designado con susceptibilidad Muy Baja dentro de la delimitación de una ZARI, automáticamente pasará a tener un valor de Susceptibilidad Baja por definición, ya que las ZARI son las zonas de Alto riesgo de Incendios de Canarias.
- En caso de que tras la combinación de los Mapas de GESPLAN, en el Mapa preliminar de susceptibilidad de incendios forestales, dentro de la delimitación de las zonas ZARI, existan píxeles con una Susceptibilidad superior a la categoría de Baja, es decir que tengan valores de susceptibilidad Muy Alta, Alta o Media, se conservarán estos valores superiores.
- Máscara de zonas no inflamables: Debido a la incoherencia que implica que se asigne a una zona de Dunas o área urbana, alejadas de las zonas forestales, un valor de susceptibilidad Muy Baja, similar a otras zonas con masa forestal de matorral o arbolada, se ha realizado una máscara considerando como nulas aquellas categorías de suelo del proyecto SIOSE 2011 (Sistema de Información de Ocupación de Suelo

de España), que se consideran no inflamables o sin posibilidad de albergar un incendio forestal por su lejanía a las zonas forestales o al no encontrarse aisladas, ya que como se ha explicado en el apartado de Introducción, sin combustible, no se puede producir el fuego.

- Las categorías consideradas como no inflamables del SIOSE 2011 de Canarias, son las siguientes:

Categorías del SIOSE 2011	
Administrativo Institucional	Todos aquellos que estén alejados de las zonas forestales
Aeroportuario	
Campo de Golf	Todos aquellos que estén alejados de las zonas forestales
Casco urbano	Todos aquellos que estén alejados de las zonas forestales
Cementerio	Todos aquellos que estén alejados de las zonas forestales
Coladas Lávicas	
Zona Comercial y Oficinas	Todos aquellos que estén alejados de las zonas forestales
Grandes complejos Hoteleros	Todos aquellos que estén alejados de las zonas forestales
Cultivos Herbáceos distintos de Arroz	
Cultural	Todos aquellos que estén alejados de las zonas forestales
Deportivo	
Depuradoras y Potabilizadoras	
Desalinizadora	
Educación	Todos aquellos que estén alejados de las zonas forestales
Eléctrica	
Embalses	
Ensanche	Todos aquellos que estén alejados de las zonas forestales
Lagunas Costeras	
Lámina de Agua Artificial	
Mares y Océanos	
Marismas	
Zonas Minero Extractivas	
Otras Construcciones	
Parque Recreativo	Todos aquellos que estén alejados de las zonas forestales
Parque Urbano	Todos aquellos que estén alejados de las zonas forestales
Plantas de Tratamiento	
Playas, dunas y arenales	
Polígono Industrial Ordenado	
Polígono Industrial sin Ordenar	
Portuario	
Red Viaria	
Salinas Marinas	
Sanitario	Todos aquellos que estén alejados de las zonas forestales
Solar	Todos aquellos que estén alejados de las zonas forestales
Suelo No Edificado	
Telecomunicaciones	Todos aquellos que estén alejados de las zonas forestales
Térmica	

Vertederos y Escombreras	Todos aquellos que estén alejados de las zonas forestales
Vial, Aparcamiento o Zona Peatonal sin Vegetación	
Zona Verde Artificial y Arbolado Urbano	Todos aquellos que estén alejados de las zonas forestales
Zonas de Extracción o Vertido	
Zonas Pantanosas	

Tras la aplicación de la máscara de las zonas consideras como no inflamables y de las zonas ZARI, se obtiene como resultado el Mapa de susceptibilidad de incendios forestales de Canarias del proyecto RIESGOMAP.

4.5.2.2 Resultados

A partir de las fuentes de información analizadas (Mapas de Peligrosidad de incendios forestales de GESPLAN S.A., las ZARI y la máscara de zonas no inflamables), se ha obtenido la susceptibilidad de incendios forestales del proyecto de RIESGOMAP, que se ha graduado en las siguientes categorías:

Valor de la susceptibilidad de incendios forestales
Muy Baja
Baja
Media
Alta

4.5.2.3 Fuentes de información cartográfica

Información general:

- ZARI (Zonas de Alto Riesgo de Incendio Forestales):
 - Fuente: GRAFCAN S.A.

Información cartográfica existente utilizada para estimar la peligrosidad de incendio forestal en cada una de las islas:

- Peligrosidad de incendio forestal:
 - Mapas de peligrosidad de Grandes Incendios forestales. Fuente: "Elaboración de cartografía básica de peligrosidad por incendios forestales en emergencias y protección civil en Canarias", Diciembre 2012. GESPLAN S.A.
 - Mapas de peligrosidad de incendios forestales en condiciones normales, Fuente: "Elaboración de cartografía básica de peligrosidad por incendios

forestales en emergencias y protección civil en Canarias", Diciembre 2012.
GESPLAN S.A.

-

4.5.2.4 Tipos de Mapas obtenidos

4.5.2.4.1 Mapas de susceptibilidad de incendios forestales

El mapa de susceptibilidad de incendios forestales obtenido muestra las zonas más susceptibles de incendio forestal, en función de los resultados de las simulaciones del programa BehavePlus, la estadística del registro de incendios forestales y de las ZARI.

4.5.2.5 Modelo de datos

Los datos se entregan en una geodatabase denominada: **Map_pel**.

Esta geodatabase albergará **5 dataset** correspondientes a los procesos naturales estudiados en el proyecto RIESGOMAP.

- Pel_sismica
- Pel_volcanica
- Pel_inundacion
- Pel_inc_forest
- Pel_mov_ladera

En el Dataset **Pel_incendios_forest**, objeto del presente documento se incluyen:

Datos del Mapa de Susceptibilidad de incendios forestales

La información correspondiente al Mapa de Susceptibilidad de incendios forestales obtenido se representarán como Pel_incendios_forest.

Dataset				
Pel_incendios_forest				
Nombre del feature class:		Escala: Varias escalas, depende isla		Tipo: Polígono
Suscept_incend_forest		Fuente: Varias fuentes		Representación gráfica: 
Definición: Polígonos que indican los diferentes valores de la peligrosidad volcánica				
ATRIBUTOS	TIPO	LONGITUD	NULL	DESCRIPCIÓN
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Código dado al elemento
GRADUA	String	10	No	Graduación de susceptibilidad
FUENTE	String	250	No	Fuente de la información
Dominio Gradua: 1: Muy Alta, 2: Alta, 3: Media, 4: Baja, 5: Muy Baja				

Otros elementos a representar:

Como información adicional, se recogen otros elementos que se consideran de relevancia para analizar la susceptibilidad de incendios forestales. Estos elementos son los siguientes:

- ZARI

Dataset Pel_incendios_forest				
Nombre del feature class:		Escala:	Tipo: Polígono	
ZARI		Fuente: GRAFCAN	Representación gráfica: 	
Definición: Puntos donde se ubican las estaciones sísmicas-volcánicas existentes en Canarias				
ATRIBUTOS	TIPO	LONGITUD	NULL	DESCRIPCIÓN
CODIGO_ID	Double	8	No	Recogerá un código asignado a cada evento que comenzará por el 0000001 y así sucesivamente
ZONA	String	254	Yes	Nombre de la zona
ISLA	String	35	Yes	Nombre de la isla
BOC	String	100	Yes	
PDF00_DES	String	40	Yes	Boletín Oficial de Canarias en el que se ha publicado la ZARI
PDF01_DES	String	40	Yes	Boletín Oficial de Canarias en el que se ha publicado la actualización de la ZARI
PDF00_TXT	String	35	Yes	Boletín Oficial de Canarias en el que se ha publicado la ZARI
PDF01_TXT	String	35	Yes	Boletín Oficial de Canarias en el que se ha publicado la actualización de la ZARI
Ha	Double	8	Yes	Superficie en hectáreas
ZARI_DES	String	100	Yes	Descripción de la ZARI

4.5.2.6 Sistema de representación

Los 5 niveles en los que quedará representado todo el territorio que presente susceptibilidad ante incendios forestales serán: nivel muy alto, nivel alto, nivel medio, nivel bajo y nivel muy bajo, que van de mayor peligrosidad a peligrosidad. Estos niveles estructuran el territorio, llevando a cabo una zonificación del mismo, por lo que se expresarán mediante polígonos.

Para representar los 5 niveles que definirán la zonificación del territorio, se utilizará el siguiente sistema de representación:

- **Muy Baja (Verde):** Valores 12-1  **Muy alta**
- **Baja (Verde Amarillento):** Valores 16-13  **Alta**
- **Moderada (Amarillo):** Valores 24-17  **Moderada**
- **Alta (Naranja):** Valores 31-25  **Baja**
- **Muy Alta: (Rojo):** Valores 37-32  **Muy baja**

Será necesario además incluir las ZARI (Zonas de Alto Riesgo de Incendio) declaradas en Canarias por los respectivos Cabildos mediante legislación (ORDEN nº 452, de 5 de agosto de 2005, ORDEN nº 127, de 23 de mayo de 2006, ORDEN nº 277, del 9 de octubre del 2007, ORDEN nº 423 del 17 de diciembre de 2008 y ORDEN de 22 de abril de 2009), en todas las islas

que presentan masa forestal, estas zonas se representarán mediante polígonos a partir del feature class ZARI.

- Se utilizará la siguiente trama  ZARI

4.5.3 Conclusiones

Es importante tener en cuenta que:

- No todas las islas de Canarias presentan masa forestal. En este caso Lanzarote y Fuerteventura al no presentar especies arbóreas forestales, la susceptibilidad de incendios forestal en las mismas se ha considerado Muy Baja.
- La acción humana adquiere un papel muy importante, al ser la principal causa de los incendios en España y en las Islas Canarias.
- Se ha partido de información denominada de peligrosidad, existente y disponible, relacionada con la peligrosidad de incendios forestales en Canarias, no generando información nueva o adicional, sino adaptando la información existente.
- ES importante recalcar la enorme incertidumbre existente que implican las simulaciones de los procesos de comportamiento de los incendios forestales (programa BehavaPlus), por lo que los mapas resultantes hay que tomarlos con precaución, entendiendo que identifican las zonas de mayor probabilidad de ocurrencia, según diferentes métodos teóricos y científicos que buscan ajustarse a los procesos que ocurren en la realidad, pero que no reflejan la totalidad de los mismos.

4.6 MAPAS DE SUSCEPTIBILIDAD DE DINÁMICA DE LADERAS

4.6.1 Introducción

Los fenómenos de dinámica de vertientes son cambios en la forma geométrica externa de la superficie fluvial en zonas localizadas, debido a las fuerzas o movimientos gravitatorios. Según *Varnes, 1984* es "un movimiento de una masa de roca, tierra o derrubios hacia debajo de una ladera bajo la influencia de la gravedad". Estos fenómenos son el tercer riesgo natural en el mundo por número de víctimas después de los terremotos e inundaciones (Ayala-Carcedo, 2002).

Normalmente, la peligrosidad de dinámica de vertientes está asociada a los movimientos de ladera y se encuentra acompañada de otras fuerzas de la naturaleza, como los movimientos sísmicos, procesos volcánicos o fuertes precipitaciones.

El tipo de movimiento de ladera se refiere a los mecanismos internos que generan el desplazamiento, vertiente abajo, de la masa inestabilizada. Los tipos de mecanismos principales son:

- **Desprendimientos:** Masa rocosa o de tierra que se separa de una vertiente casi vertical y cae libremente. En este proceso la roca se fragmenta en bloques más pequeños acumulándose en las zonas bajas.
- **Vuelcos:** Los vuelcos son columnas rocosas, o de tierras, que muestran un movimiento de rotación hacia delante y hacia el exterior de una ladera alrededor de un eje situado por debajo de su centro de gravedad. Los vuelcos se producen principalmente en escarpes en donde existen fracturas verticales en el terreno que son las causantes de separar las columnas rocosas, o de tierras, susceptibles al vuelco. Los efectos destructivos son similares a los desprendimientos.
- **Deslizamientos:** Un deslizamiento es el movimiento de una porción de terreno a través de una superficie de rotura neta con la preservación general de la estructura interna original. Se pueden diferenciar dos tipos de deslizamientos: los deslizamientos rotacionales en donde la superficie de rotura es circular, a modo de cuchara y los deslizamientos translacionales donde la superficie de rotura es totalmente plana. Los deslizamientos son especialmente frecuentes en laderas inclinadas, entre 20 y 50 grados, y con formaciones geológicas poco resistentes y cohesivas (lutitas arcillosas, margas, etc.)

- **Flujos o coladas:** Un flujo es un movimiento de masa de suelo (flujo de barro o tierra) o derrubios (coladas de derrubios) donde el material se comporta como un fluido viscoso, sufriendo una deformación continua y sin presentar superficies de rotura definidas. El agua es el principal agente desencadenante, por la pérdida de resistencia a que da lugar en materiales poco cohesivos. Principalmente afectan a materiales arcillosos susceptibles que sufren una considerable pérdida de resistencia al ser movilizados., estos tipos de movimientos, poco profundos en relación a su extensión, presentan una morfología tipo glaciar y pueden tener lugar en laderas de bajas pendientes, incluso menores de 10º. Los más habituales en España son las coladas fangosas, las corrientes de derrubios y la reptación superficial. La colada fangosa tiene lugar en materiales finos y cohesivos como son los limos y las arcillas. La corriente de derrubios habitualmente es un flujo “turbulento” formado por un material fangoso con bloques rocosos La reptación superficial es la inestabilidad de la parte más superficial del terreno (de decímetros a pocos metros de grosor) y que se desplaza mediante velocidades muy lentas (del orden de mm/año a dm/año).
- **Hundimiento del terreno:** Se corresponden a procesos de subsidencia (hundimiento lento) o colapsos (hundimientos bruscos).

Para que exista un proceso de dinámica de vertientes, es necesaria la presencia de un conjunto de factores condicionantes que generan la inestabilidad.

Los factores “intrínsecos” se corresponden a los existentes en la propia ladera como son las características litológicas (composición, granulometría, grado de consolidación y cementación) del substrato geológico, estructurales (discontinuidades tectónicas o estratigráficas), hidrogeológicos (permeabilidad) y morfológicos (la pendiente), éstos son la causa de que los movimientos de ladera se manifiesten en un determinado sector del territorio.

Otros factores, son los desencadenantes como los ambientales, (precipitaciones, hielo-deshielo, humedad-sequedad o erosión) caracterizados por la saturación del terreno por el agua, sísmicos y las acciones antrópicas (los usos del suelo por parte del ser humano).

Tabla: Factores condicionantes y desencadenantes de los movimientos de ladera y su influencia en las condiciones de los materiales y de las laderas

	Factores	Influencias y efectos
Condicionantes	Relieve (pendientes)	Distribución del peso del terreno
	Litología (composición)	Densidad, resistencia Comportamiento hidrogeológico
	Estratigrafía	Comportamiento discontinuo y heterogéneo
	Estructura geológica y estado tensional	Resistencia, deformabilidad Comportamiento discontinuo y anisótropo Zonas de debilidad
	Propiedades geomecánicas de los materiales	Resistencia, deformabilidad
	Propiedades hidrogeológicas del terreno	Comportamiento hidrogeológico Generación de presiones intersticiales
	Deforestación	Modificaciones en el balance hídrico Erosión
	Meteorización	Cambios físicos y químicos, erosión externa e interna, generación de zonas de debilidad
Desencadenantes	Precipitaciones y aporte de agua	Variación de las presiones intersticiales y del peso del terreno
	Cambio en las condiciones hidrogeológicas	Saturación en suelos Erosión
	Aplicación de cargas estáticas o dinámicas	Cambio en la distribución del peso de los materiales y en el estado tensional de la ladera Incremento de presiones intersticiales
	Cambio morfológicos y de la geometría de las laderas	Variación de las fuerzas debidas al peso Cambio en el estado tensional
	Erosión o socavación del pie	Cambios geométricos Cambios en la distribución del peso de los materiales y en el estado tensional de la ladera
	Acciones climáticas (procesos de deshielo, heladas, sequías)	Cambio en el contenido de agua Generación de grietas y planos de debilidad Disminución de las propiedades resistentes

Fuente: Guía mapas inventario y susceptibilidad de movimientos de ladera, escala 1:50.000. IGME, 2008.

Los daños por movimientos de ladera dependen de:

- Velocidad y magnitud del proceso
- La posibilidad de prevención y predicción, que depende del tipo de movimiento, su velocidad, magnitud o volumen
- Posibilidad de actuar sobre el procesos y controlarlo
- Medidas de protección de los elementos expuestos a sus efectos.

En el caso de los Movimientos de Ladera, es muy difícil determinar la peligrosidad de los mismos, ya que depende de la componente temporal (probabilidad de ocurrencia de las roturas o reactivaciones) y son fenómenos que no presentan una continuidad en el tiempo, ni una relación temporal. En algunas metodologías se ha buscado asociarlos con los periodos de

retorno de la precipitación, para incorporarles la componente temporal. Si bien, es más adecuado hablar de susceptibilidad de movimientos de ladera. En general la evaluación de la susceptibilidad se puede efectuar mediante dos grandes grupos de aproximaciones (Corominas, 1992):

- Análisis de la ocurrencia de movimientos de ladera en amplias regiones utilizando observaciones geológicas y geomorfológicas y modelos basados en el tratamiento estadístico de los parámetros de las laderas (**métodos no deterministas**)
- Predicción del comportamiento de laderas o taludes mediante modelos de cálculo de estabilidad (**métodos deterministas**) y que pretenden determinar la predicción del instante concreto de rotura. Los métodos deterministas se basan en leyes físicas y mecánicas universales de conservaciones de masa, energía y equilibrio de fuerzas. Estos métodos son de gran aplicación en el cálculo de movimientos de laderas naturales de pequeñas dimensiones (Ayala-Carcedo y Andreu eds. 1987; Alonso, 1989).
- Cabría mencionar un tercer tipo de métodos, combinación de los anteriores, denominados **modelos conceptuales** (Terlien, 1996).

4.6.2 Metodología de elaboración del Mapa de susceptibilidad de movimientos de ladera

Para elaborar el Mapa de susceptibilidad por movimientos de ladera en Canarias, se han utilizado las siguientes fuentes:

- Memoria explicativa del proyecto INES (**Inventario Nacional de Erosión del Suelo 2002-2012**) elaborado en 2006, desarrollado por la Dirección General de Biodiversidad del Ministerio de Medio Ambiente.
- Memoria descriptiva del **Mapa Geotécnico de Canarias**, GRAFCAN S.A., 2011.
- Plan Territorial Especial de Ordenación para la prevención de riesgos en la isla de Tenerife (PTOPRT).
- "Estudio de los riesgos hidráulicos constatados y de riesgos de incendios insulares". GESPLAN S. A. Noviembre 2011.
- Apartado de Riesgos del Plan General de Ordenación de La Laguna, Documento de aprobación inicial.

A continuación, se describe la metodología seguida para la elaboración del mapa a partir de los documentos anteriores.

4.6.2.1 Metodología

El **INES** (Inventario Nacional de Erosión del Suelo) establece las tipologías de movimientos en masa existentes en Canarias a nivel provincial y el grado de potencialidad de los mismos. Los tipos de movimientos identificados y analizados son: Derrumbes en general (desprendimientos, vuelcos hundimientos..); Deslizamientos (rotacionales y traslacionales); Flujos (reptaciones, solifluxiones y flujos de tierra...) y Complejos o mixtos (avalanchas, corrientes de lodo)

La tipología se obtiene de analizar las características de las formaciones geológicas del mapa geológico 1:50.000 publicado por el Instituto Geológico y Minero de España (Serie MAGNA):

- Tipo geotécnico (suelo blando, suelo duro, roca blanda o roca dura).
- Estructura: abundancia y disposición de discontinuidades (estratificación, esquistosidad, fracturación,...).
- Homogeneidad o heterogeneidad de la formación.
- Potencia o espesor.
- Textura o granulometría (fina, media, equilibrada o gruesa).

Identificados los tipos de movimientos en masa existentes en Canarias, el siguiente paso es relacionar la pendiente del terreno en las Islas Canarias, con los tipos de movimientos en masa, para determinar su potencialidad.

La Pendiente se ha obtenido a partir de los Modelos Digitales del Terrenos (MDT) obtenidos con metodología LiDAR, con una resolución de 2,5 x 2,5 m. GRAFCAN S.A., 2013-2014. Se clasifica en los siguientes niveles:

0-10⁰ Muy Bajas

10⁰-25⁰ bajas

25⁰-45⁰ Medias

45⁰-70⁰ Altas

> 70⁰ Muy Altas

La pendiente se clasifica según estos niveles, ya que utilizando la metodología desarrollada en el Plan General de Ordenación de La Laguna, Documento de aprobación inicial, se pueden

clasificar los tipos de movimientos de ladera en función de los grados de pendiente que presentan, a partir del criterio de un experto.

Establecidos los distintos tipos de movimientos, se definen una serie de grados de susceptibilidad. Además, se gradúa, de forma teórica y subjetiva (a partir de criterio experto), en función del tipo de movimiento, la probabilidad de ocurrencia de los mismos entre ellos, sin especificar ningún valor, lo que junto a los grados de susceptibilidad permite estimar la susceptibilidad de riesgo de dinámica de vertientes:

	Tipos de movimientos	Áreas con grados de susceptibilidad		
		ALTA	MEDIA	BAJA
PROBABILIDAD DE OCURRENCIA	Deslizamientos y desprendimientos <i>Bajo y junto a escarpes ligados a erosión remanente y/o fuerte encajamiento. Eventualmente asociados a escarpes acantilados</i>			
	Flujos generalmente lentos y reptaciones de material no consolidado <i>En laderas con depósitos coluviales</i>			
	Deslizamientos de materiales consolidados <i>En laderas sin depósitos coluviales</i>			
	Desprendimientos y eventualmente pequeños deslizamientos <i>Bloques rocosos (acantilados, escarpes de montaña, obras viarias) o de material fino (canteras de picón)</i>			
	Aterramientos <i>Por arrastres de riadas en disminuciones bruscas de pendiente de barrancos</i>			
	Colapsos y descalces <i>En áreas costeras por socavamiento debido a oleaje</i>			

Deslizamientos y desprendimientos (según la tipología de tipos de movimientos en masa del INES, se refiere a los derrumbes en general). Se han identificados los siguientes niveles de susceptibilidad:

- Alta: Zonas que presentan grados de pendiente de $> 70^\circ$.
- Media: presentan grados de pendiente de $45^\circ-70^\circ$.
- Baja: Se corresponden con zonas con pendiente de $25^\circ-45^\circ$.
- Muy Baja: Se corresponden con zonas con pendiente de $10^\circ-25^\circ$.

Flujos generalmente lentos y reptaciones de material no consolidado (según la tipología de tipos de movimientos en masa del INES, se refiere a los deslizamientos y flujos). Movimientos que presentan los depósitos coluviales, constituidos por materiales no consolidados y con notable proporción de material matriz limo-arcilloso. Se identifican los siguientes grados de susceptibilidad:

- Muy Alta: presentan grados de pendiente de $45^\circ-70^\circ$.
- Alta: Se corresponden con zonas con pendiente de $25^\circ-45^\circ$.
- Media: Se corresponden con zonas con pendiente de $10^\circ-25^\circ$.

Este tipo de movimiento responde al carácter plástico del material, tanto más propenso a fluir ladera abajo cuanto más grado de humedecimiento comporte (humedecimiento que puede lograrse, a veces, tras lluvias importantes). Los movimientos serán, generalmente, lentos, afectando a cimentaciones (si éstas no alcanzan el sustrato rocoso no alterado), aunque no cabe descartar la generación de alguna avalancha rápida –muy localizada- en las zonas de susceptibilidad alta-media. Estas avalanchas consistirían en flujos de barro/tierra, con o sin derrubios, con relaciones profundidad/longitud del orden de 0,05-0,01 o incluso menores. Las zonas de susceptibilidad alta-media y media-baja se presentan, en su mayor parte, al pie de las laderas principales.

Deslizamientos de material consolidado (según la tipología de tipos de movimientos en masa del INES, se refiere a los deslizamientos). Este tipo de susceptibilidad atiende a los movimientos que pueden presentar (y han presentado recientemente, según observaciones geomorfológicas) los materiales rocosos de las laderas. Para este tipo de movimientos se han identificado los siguientes grados de susceptibilidad, basados en los rangos de pendiente:

- Muy Alta: Zonas que presentan grados de pendiente de $> 70^\circ$.
- Alta: presentan grados de pendiente de $45^\circ-70^\circ$.
- Media: Se corresponden con zonas con pendiente de $25^\circ-45^\circ$.
- Baja: Se corresponden con zonas con pendiente de $10^\circ-25^\circ$.

Las zonas susceptibles a deslizamientos de material consolidado, se suelen presentar, en muchos casos, inmediatamente encima de las zonas con susceptibilidad alta a Flujos. Aunque no es un caso frecuente, en las franjas de laderas donde ocurre esta vecindad, las zonas con susceptibilidad media-baja a este tipo de deslizamientos pueden tener, superpuestas, zonas con susceptibilidad alta-media a Flujos.

Desprendimientos y deslizamientos (según la tipología de tipos de movimientos en masa del INES, se refiere a los derrumbes y deslizamiento). Este tipo de peligrosidad se presenta a los pies (y más abajo de los mismos) de los escarpes existentes, bien sean éstos naturales (escarpes acantilados, escarpes litológicos de montaña) o artificiales (frentes de canteras de picón y taludes verticalizados de vías o carreteras). Para este tipo de movimientos se establecen los siguientes grados de susceptibilidad basados en los rangos de pendiente:

- Muy Alta: Zonas que presentan grados de pendiente de $> 70^\circ$.
- Alta: presentan grados de pendiente de $45^\circ-70^\circ$.
- Media: Se corresponden con zonas con pendiente de $25^\circ-45^\circ$.

- Baja: Se corresponden con zonas con pendiente de 10°-25°

Complejos o mixtos: Son unos tipos de movimientos no muy frecuentes en Canarias. Los grados de susceptibilidad establecidos son los siguientes:

- Muy Alta: Zonas que presentan grados de pendiente de > 70°.
- Alta: presentan grados de pendiente de 45°-70°.
- Media: Se corresponden con zonas con pendiente de 25°-45°.
- Baja: Se corresponden con zonas con pendiente de 10°-25°.

Obtenida la potencialidad de los movimientos de ladera, a partir de la combinación de la tipología de los movimientos en masa con la pendiente, la metodología para desarrollar los Mapas de susceptibilidad de Movimientos de ladera, se basa en la siguiente fórmula, desarrollada a partir PTOVRT:

$$\text{MAPA SUSCEPTIBILIDAD VERTIENTES} = 5 \times \text{POTENCIALIDAD MOV. LADERA} + 5 \times \text{GEOTECNIA} + \frac{1}{2} \times \text{PRECIPITACIÓN} + 2 \times \text{USOS DEL SUELO o EXISTENCIA DE CÁRCAVAS}$$

A continuación se analizan los factores que interviene en los procesos de dinámica de vertientes y se establece la ponderación de los mismos. Los factores considerados son:

Potencialidad de Movimientos de Ladera: Obtenida anteriormente, mediante la combinación de la tipología de los movimientos en masa con la pendiente.

Tabla: Valoración de las litologías

Potencialidad	Valor
Muy Baja	1
Baja	2
Media	3
Alta	4
Muy Alta	5

Geotecnia: La naturaleza de los materiales influye en la susceptibilidad a la erosión a medida que los materiales son más o menos resistentes. Además, la fracturación a que está sometido el terreno supone un factor más de inestabilidad ante los procesos erosivos que facilita su acción. La información utilizada se ha obtenido del Mapa Geotécnico de Canarias.

Tabla: Valoración de las tipologías del mapa Geotécnico

Niveles del Mapa Geotécnico	Nivel de susceptibilidad
Terrenos favorables (T1)	1 (Baja)

Terrenos intermedio (T2)	2 (Media)
Terreno desfavorable (T3)	3 (Alta)

En algunos casos es necesario conocer la pendiente para poder diferenciar entre las clases T1 y T3. Este es el caso de las tipologías T1-T3 (terrenos favorables o desfavorables en función de si la pendiente es superior a 15°).

Usos del suelo o existencia de cárcavas: El tipo de uso al que está sometido un suelo afecta directamente a su erosionabilidad dependiendo del grado de protección que su cobertura le proporciona. Se han seleccionado los siguientes tipos de usos de suelo, ya que favorecen el proceso de movimientos de ladera.

Tabla: Ponderación de los usos del suelo

Uso del Suelo
Acantilados marinos rocosos
Afloramientos rocosos y roquedos
Coladas lávicas
Minero extractivo
Playas, dunas y arenales
Ramblas
Suelo desnudo
Vertederos y Escombreras
Zonas de Extracción o Vertidos
Zonas quemadas
Zonas con cárcavas del INES

Además, se han considerado las zonas identificadas como con presencia de cárcavas, obtenidas del **INES** (Inventario Nacional de Erosión del Suelo).

Precipitación: El agente erosivo más relevante en Canarias es la lluvia. Su acción mecánica sobre las partículas del suelo provoca su denudación y puesta en movimiento provocando así la pérdida de suelo. A partir del mapa de Isoyetas para un periodo de retorno de 500 años (isomáximas de precipitación diaria), obtenidas del proyecto de GESPLAN S.A. y del Consejo Insular de Aguas de Tenerife. Además, se han incluido las zonas que albergan precipitación horizontal, zonas asociadas a la laurisilva según Mapa de Vegetación de Canarias. Estas zonas se han designado como valor 3. La susceptibilidad frente a la precipitación se ha agrupado en tres categorías:

Tabla: Ponderación de las precipitaciones

Intervalo (mm)	Valor
150-300	1
300-450	2

>450 o zonas con precipitación horizontal (Laurisilva)

3

Una vez analizados los distintos parámetros descritos, los resultados se combinan linealmente para generar la cartografía final de susceptibilidad del territorio frente al riesgo asociado a la dinámica de vertientes, asignando el mayor peso a la geotecnia y a la pendiente, por considerar que son aquellos factores que más contribuyen a la ocurrencia de los procesos erosivos.

Como paso final y dado que lo que se pretende reproducir son los procesos de dinámica de vertientes asociados a laderas principalmente, se asigna a terrenos con una pendiente inferior a 10° el valor cero en cuanto a la susceptibilidad a este tipo de fenómenos. Se entiende que en el rango de pendiente comprendido entre el 0 y el 10° , los procesos ligados a los movimientos de ladera se ven neutralizados o sensiblemente mermados.

Además, se han identificado las zonas bajas a pie de ladera, ya que en caso de que se produzca algún tipo de movimiento en la ladera, la gravedad genera que lleguen hasta el pie de la ladera y que sean zonas de gran peligrosidad y riesgo. Al cruzar el mapa de peligrosidad, con el resto de componentes de riesgo.

A continuación se describen las clases o niveles que se establecen:

- **Muy alta:** Se corresponde con áreas de pendientes extremas y que presentan alguna tipología de movimientos en masa inventariados o en las que el terreno presenta un estado desfavorable desde el punto de vista de la geotecnia y además, alberga zonas con usos del suelo que favorecen los movimientos de ladera.
- **Alta:** Se trata de zonas que presentan alguna tipología de movimientos en masa inventariados, principalmente asociadas con litologías fácilmente disgregables, en entornos donde las precipitaciones, especialmente las de tipo torrencial, pueden provocar importantes procesos erosivos debido a la escasa cobertura de vegetación existente y en las que los desprendimientos en relación con obras de tipo lineal pueden ser relevantes en determinados puntos donde el trazado intercepta áreas especialmente sensibles. También pertenecen a esta clase áreas de fuerte relieve, áreas en las que la cobertura vegetal (uso del suelo) es por lo general escasa o nula y el terreno desde el punto de vista geotécnico, puede favorecer la ocurrencia de desprendimientos de rocas o deslizamientos del terreno. Comprende por último algunas zonas de pendiente moderada asociadas a cárcavas, con precipitaciones intensas y terreno desfavorables.

- Moderada: Comprende zonas caracterizadas aún por fuertes pendientes, que presentan alguna tipología de movimientos en masa inventariados, pero en las que las características del terreno son intermedias, la hacen lo suficientemente resistente como para frenar el progreso de la erosión. Generalmente son zonas que se encuentran, además cubiertas por vegetación arbustiva densa (no presenten usos del suelo que favorezcan los movimientos de ladera), con un carácter que protege la superficie del suelo frente a las precipitaciones, en ocasiones intensas. También quedan incluidas dentro de esta clase zonas relativamente llanas, pero en las que las condiciones del terreno son desfavorables.
- Baja: Se corresponde con zonas de vertientes moderadas y en las que la vegetación o el uso del suelo (especialmente en zonas agrícolas) frenan el progreso de los procesos erosivos.
- Muy Baja: Se corresponden con zonas de cierta pendiente, que no tiene porque albergar tipología de movimientos en masa, con usos del suelo desfavorables, sin precipitación y en terrenos favorables. O bien a terrenos desfavorables pero con tipología de usos del suelo que no producen movimientos en masa ni precipitación.

4.6.2.2 Resultados

A partir de las fuentes de información analizadas (Pendiente, Tipología de movimientos en masa, geotecnia, usos del suelo y precipitación), se ha obtenido la susceptibilidad de movimientos de ladera del proyecto de RIESGOMAP, que se ha graduado en las siguientes categorías:

Valor de la susceptibilidad de movimientos de ladera
Muy Baja
Baja
Media
Alta

4.6.2.3 Fuentes de información cartográfica

Información general:

- Tipos de movimientos en masa: Cartografía de potencialidad y tipología de los movimientos en masa de las provincias de Las Palmas y Tenerife, del proyecto INES (**Inventario Nacional de Erosión del Suelo 2002-2012**) elaborado en 2006, desarrollado por la Dirección General de Biodiversidad del Ministerio de Medio Ambiente.

- Geotecnia: Cartografía del **Mapa Geotécnico de Canarias**, GRAFCAN S.A., 2011.
- Isoyetas (periodo de retorno de 500 años, isomáximas de precipitación diaria, 24 horas) de las islas Gran Canaria, Lanzarote, Fuerteventura, La Palma, El Hierro y La Gomera, a partir de la cartografía del "*Estudio de los riesgos hidráulicos constatados y de riesgos de incendios insulares*". GESPLAN S. A. *Noviembre 2011*.
- Isoyetas de la isla de Tenerife: Consejo Insular de Aguas de Tenerife.
- SIOSE 2011: Cartografía del proyecto SIOSE. GRAFCAN. S.A.
- Mapa de Vegetación de Canarias. GRAFCAN. S.A.
- Identificación de las zonas a pie de ladera: Jeff Jenness, Brian Brost, Paul Beier. (2013). *Land Facet Corridor Designer*. USDA Forest Service Rocky Mountain Research Station.
- Mapas de pendiente mediante tecnología LiDAR: GRAFCAN S. A.
- Cárcavas: Cartografía de zonas con cárcavas de las provincias de Las Palmas y Tenerife, del proyecto INES (**Inventario Nacional de Erosión del Suelo 2002-2012**) elaborado en 2006, desarrollado por la Dirección General de Biodiversidad del Ministerio de Medio Ambiente.

-

4.6.2.4 Tipos de Mapas obtenidos

4.6.2.4.1 *Mapas de susceptibilidad de movimientos de ladera*

El mapa de susceptibilidad de movimientos de ladera obtenido muestra las zonas más susceptibles de movimientos de ladera, en función de los resultados de la combinación de diferentes factores o parámetros que están relacionados con los movimientos en masa, y de la metodología de la combinación de estos factores, desarrollada en el proyecto Plan Territorial Especial de Ordenación para la prevención de riesgos en la isla de Tenerife (PTOPRT).

4.6.2.5 Modelo de datos

Los datos se entregan en una geodatabase denominada: **Map_pel**.

Esta geodatabase albergará **5 dataset** correspondientes a los procesos naturales estudiados en el proyecto RIESGOMAP.

- Pel_sismica

- Pel_volcanica
- Pel_inundacion
- Pel_inc_forest
- Pel_mov_ladera

En el Dataset **Pel_Mov_ladera** objeto del presente documento se incluyen:

Datos del Mapa de Susceptibilidad de movimientos de ladera

La información correspondiente al Mapa de Susceptibilidad de movimientos de ladera obtenido se representarán como Pel_mov_ladera.

Dataset				
Pel_Mov_ladera				
Nombre del feature class:		Escala: Varias escalas, depende isla	Tipo: Polígono	
Suscept_Mov_ladera		Fuente: Varias fuentes	Representación gráfica: 	
Definición: Polígonos que indican los diferentes valores de la peligrosidad volcánica				
ATRIBUTOS	TIPO	LONGITUD	NULL	DESCRIPCIÓN
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Código dado al elemento
GRADUA	String	10	No	Graduación de susceptibilidad
Dominio Gradua: 1: Muy Alta, 2: Alta, 3: Media, 4: Baja, 5: Muy Baja				

Otros elementos a representar:

Como información adicional, se recogen otros elementos que se consideran de relevancia para analizar la susceptibilidad de movimientos de ladera. Estos elementos son los siguientes:

- Tipos de movimientos en Masa

Dataset				
Pel_Mov_ladera				
Nombre del feature class:		Escala:	Tipo: Polígono	
Tipo_Mov_masa		Fuente: GRAFCAN	Representación gráfica: 	
Definición: Puntos donde se ubican las estaciones sísmicas-volcánicas existentes en Canarias				
ATRIBUTOS	TIPO	LONGITUD	NULL	DESCRIPCIÓN
CODIGO_ID	Double	8	No	Recogerá un código asignado a cada evento que comenzará por el 0000001 y así sucesivamente
TIPO	Double	8	No	Código de la tipología de movimientos en masa.
INOMBRE	String	100	Yes	Nombre del tipo de movimiento
FUENTE	String	254	Yes	Fuente de los tipos de movimientos en masa

4.6.2.6 Sistema de representación

Los 5 niveles en los que quedará representado las zonas consideradas que presenten susceptibilidad ante movimientos de ladera serán: nivel muy alto, nivel alto, nivel medio, nivel bajo y nivel muy bajo, que van de mayor peligrosidad a peligrosidad. Estos niveles estructuran

el territorio, llevando a cabo una zonificación del mismo, por lo que se expresarán mediante polígonos.

Para representar los 5 niveles que definirán la zonificación del territorio, se utilizará el siguiente sistema de representación:

- **Muy Baja (Verde):** Valores 12-1
 - **Baja (Verde Amarillento):** Valores 16-13
 - **Moderada (Amarillo):** Valores 24-17
 - **Alta (Naranja):** Valores 31-25
 - **Muy Alta: (Rojo):** Valores 37-32
-  **Muy alta**
 -  **Alta**
 -  **Moderada**
 -  **Baja**
 -  **Muy baja**

Será necesario además incluir la tipología de los movimientos en masa, obtenida a partir del INES (Inventario Nacional de Erosión de Suelos).

-  Complejos o mixtos
-  Derrumbes en general
-  Derrumbes en general y Deslizamientos
-  Deslizamientos
-  Deslizamientos y Flujos

4.6.3 Conclusiones

Es importante tener en cuenta que:

- o La tipología de los movimientos en masa se ha obtenido del INES (Inventario Nacional de Erosión de Suelos), 2006 y la escala original de la información es muy elevada 1:200.000. Si bien, se ha matizado utilizado para asignar la susceptibilidad, los mapas de pendiente a partir de los MDT (resolución 2,5x2,5 metros) obtenidos mediante tecnología LiDAR.
- o Los tipos de movimientos de ladera y la estimación de la peligrosidad o susceptibilidad de los mismos, es un proceso muy complejo y poco estudiado. Actualmente, existen numerosas metodologías desarrolladas en diferentes países como EEUU, Francia, Australia, Inglaterra, Suiza o países Sudamericanos, que engloban diferentes factores intrínsecos y desencadenantes, que dependen de las características de cada lugar. En el presente proyecto se ha optado por utilizar la metodología desarrollada por el

PTOPRT, ya que es la que mejor se adaptaba a los tipos de factores relacionados con los movimientos de ladera existentes en Canarias y de los cuales, se disponía e información. No se ha generado información nueva, sino que se han utilizado fuentes de información existente.

5. MAPAS DE RIESGO

5.1 Metodología

Para la realización de los mapas de riesgo se han seguido las indicaciones propuestas en el documento de Metodología de RiesgoMap.

Una vez obtenidas las capas de Exposición Social, Exposición económica, Vulnerabilidad Social, Vulnerabilidad Económica, así como los mapas de peligrosidad o susceptibilidad se procederá a generar los mapas de Riesgos.

Empleando solamente la componente social de los mapas de exposición y vulnerabilidad se creará el mapa de riesgo social (asociado a cada uno de los riesgos) y empleando la componente económica de la exposición y la vulnerabilidad se crearán los mapas de riesgo económico, nuevamente para cada uno de los riesgos propuestos.

Los mapas de Riesgo Total se construyen combinando los mapas de Riesgo Social y Riesgo Económico según las tablas de cruce propuestas en la metodología. Estas tablas de cruce representan la forma tabulada los resultados del cruce de los diferentes de niveles de ambas capas. Ejemplo de tabla de cruce:

RIESGO VOLCÁNICO TOTAL	RIESGO VOLCÁNICO ECONÓMICO				
RIESGO VOLCÁNICO SOCIAL	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja
Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Alta	Alta	Media
Alta	Muy Alta	Alta	Alta	Media	Media
Media	Alta	Alta	Media	Media	Baja
Baja	Media	Media	Media	Baja	Baja
Muy Baja	Media	Media	Baja	Baja	Muy Baja

Tablas de cruce similares se emplean para el cruce de los datos de Peligro, Exposición y Vulnerabilidad.

Según el tipo de riesgo se han seguido los pasos y las tablas descritas en la metodología. Para ello se han programado Scripts específicos en ArcPython para cada riesgo que ejecutan secuencialmente los pasos descritos en la metodología. Todas las operaciones realizadas en esta fase final son operaciones sobre capas ráster y los resultados son igualmente capas ráster.

5.2 Resultados

El resultado de los mapas de Riesgo son capas ráster con una resolución de 10 metros pixel en formato estándar TIF. Todas las capas ráster en el marco del proyecto RIESGOMAP se han alineado tomando el mismo origen de referencia para asegurar que se puedan realizar operaciones entre las diferentes capas.

5.3 Sistema de representación

Todos los mapas compartirán los mismos 5 niveles en los que quedará representado todo el territorio que presente riesgo y que serán: nivel muy alto, nivel alto, nivel medio, nivel bajo y nivel muy bajo, que van de mayor riesgo a menor riesgo. Estos niveles estructuran el territorio, llevando a cabo una zonificación del mismo, por lo que se expresarán mediante polígonos.

Para representar los 5 niveles que definirán la zonificación del territorio, se utilizará el siguiente sistema de representación:

- | | |
|-----------------------------------|---|
| • Muy Baja (Verde) |  Muy alta |
| • Baja (Verde Amarillento) |  Alta |
| • Moderada (Amarillo) |  Moderada |
| • Alta (Naranja) |  Baja |
| • Muy Alta: (Rojo) |  Muy baja |

Asimismo se incluirán los límites municipales como referencia espacial del territorio con una simbología de línea discontinua. Los mapas dispondrán también de un fondo compuesto por el modelo de sombras generado a partir del modelo digital del terreno (proveniente de los mapas topográficos).

En los mapas de riesgo no se emplearán otro tipo de sobrecargas para permitir apreciar con todo detalle las zonas de riesgo y que no existan ocultaciones.

5.4 Mapas para la reducción del riesgo en la planificación territorial

Dentro del proyecto RIESGOMAP, una de las actividades incluidas en el mismo, se refiere a la elaboración de mapas que permitan la reducción de riesgos en la Planificación Territorial y Urbanística, para lo que se habla del uso de los Mapas de Riesgos.

A continuación se procederá a justificar que los Mapas que deben ser utilizados en la Planificación Territorial y Urbanística, con la finalidad de reducir el riesgo, son los Mapas de Amenazas/Peligrosidad o Susceptibilidad.

En las dos últimas décadas, la preocupación por el desarrollo territorial y su planeamiento se ha ido incrementando, incluyendo conceptos y criterios nuevos como el desarrollo sostenible desde la perspectiva ambiental o el concepto de el riesgo.

En 1971, la Organización de Naciones Unidas (ONU), por medio de la Resolución 2816, creó la Oficina de la Organización de Naciones Unidas para Ayuda al Desastre (UNDRO), que gravitaba sobre la importancia de la atención inmediata ante desastres naturales. En 2001, ve la luz la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (EIRD, UNISDR en inglés), como consecuencia de un progresivo cambio conceptual en la atención a los desastres, más encaminada a la reducción de los mismos.

A partir de las iniciativas promovidas por Naciones Unidas, en la Unión Europea se llevan a cabo programas que incluyen el concepto de riesgo, como son: *Europa 2000 (1991)*, *Europa 2000+ (1995)*, *La Estrategia Territorial Europea (1999)*, *Programas de la Comisión Europea: Iniciativa INTERREG III B (para promover un mayor grado de integración territorial en el seno de grandes agrupaciones de regiones en Europa, con el fin de lograr un desarrollo sostenible, armonioso y equilibrado)*. De hecho, la preocupación por los riesgos desde las instituciones comunitarias, ha llevado a la aprobación de la Directiva 2007/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2007, relativa a la evaluación y gestión de los riesgos de inundación.

En España, la introducción de los riesgos en el escenario de la Planificación Territorial y Urbanística se produjo tras la Ley 6/98, considerándose hasta entonces exclusivamente en la Planificación Territorial de Emergencias de Protección Civil y en la Planificación Sectorial principalmente de aguas. La Ley 8/2007 de Suelo, de 28 de Mayo (Ley de Suelo), posteriormente derogada por el RD Legislativo 2/2008, de 20 de junio, por el que se aprueba el

Texto Refundido de la Ley de Suelo, orienta las políticas públicas territoriales y urbanísticas hacia el principio jurídico del desarrollo territorial y urbano sostenible, en consonancia con las nuevas tendencias de la Unión Europea y incluye en su Art 12.2a (*....en las zonas afectadas por algún riesgo natural catastrófico, se desaconseja la transformación urbanística de un suelo rural, mientras persista el riesgo*).

En las Islas Canarias, la Directriz 50, de la Ley 19/2003, por la que se aprueban las Directrices de Ordenación General y las Directrices de Ordenación del Turismo de Canarias, es la que previamente y dentro del marco autonómico, especificaba la necesidad de establecer, por parte del planeamiento, un apartado específico relacionado con la prevención de riesgos sísmicos, geológicos, meteorológicos u otros, incluyendo los incendios forestales, junto con la definición de las áreas que queden excluidas del proceso de urbanización y edificación, por razones de riesgo, los criterios a seguir en el trazado y diseño de la infraestructuras, por tal causa, así como recoger las determinaciones sobre las edificaciones e infraestructuras de cara a la minimización de riesgos.

Estas inclusiones del concepto de riesgo, en las normativas relacionadas con la Planificación Territorial y Urbanística, hay que tratarlas con cautela, ya que a la hora de hablar de riesgo, normalmente se ha venido confundiendo los conceptos de riesgo y peligrosidad.

Una de las razones para la dificultad en la terminología, es que el lenguaje del riesgo se ha desarrollado a través de una amplia gama de disciplinas, riesgo financiero, gestión de desastres, seguros, etc.

De acuerdo a la Real Academia Española (RAE), la palabra Riesgo significa "Contingencia o proximidad de algún daño", se entiende como una situación de pérdida potencial de bienes y materiales y/o servicios, o de amenaza potencial a la integridad humana.

Naciones Unidas, a través del programa de la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastre de las Naciones Unidas (UNISDR, 2009), ha definido el riesgo (Risk) como: "*la combinación de la probabilidad de que se produzca un evento y sus consecuencias negativas*" y al Riesgo de desastres (Disaster Risk, como "*las posibles pérdidas que ocasionaría un desastre en términos de vidas, las condiciones de salud, los medios de sustento, los bienes y los servicios, y que podrían ocurrir en una comunidad o sociedad particular en un período específico de tiempo en el futuro*").

De forma concreta, el riesgo es el resultado de la combinación de tres componentes complejas:

$$\text{Riesgo} = \text{Peligrosidad} \times \text{Exposición} \times \text{Vulnerabilidad}$$

Peligrosidad (P) de un proceso o fenómeno.

Exposición (E), de los elementos vulnerables al peligro concreto.

Vulnerabilidad (V), es la fragilidad intrínseca de los elementos vulnerables (personas, bienes, servicios, medio ambiente) al peligro.

Para que exista riesgo (R), tienen que converger las tres componentes simultáneamente, en cuanto no exista una de ellas, el riesgo será nulo.

Con el fin de evitar que las situaciones de riesgo potencial se transformen en desastres o catástrofe, o bien minimizar los efectos que se pueden generar en estos desastres, existen una serie de medidas que pueden ser incorporadas en la planificación y que están agrupadas en tres grandes grupos de técnicas a adoptar:

Medidas

Predictivas: Son medidas que se aplican con el fin de saber dónde y cuándo se va a producir el desastre; por ejemplo, las redes de alerta temprana de inundación desarrolladas por las confederaciones hidrográficas, con instrumental que detecta el inicio del fenómeno, radares meteorológicos, etc.

Preventivas: Son medidas cuya finalidad es detectar dónde se suele producir un riesgo, y/o actuar allí sobre las componentes del mismo. Las medidas preventivas se suelen diferenciar entre medidas estructurales o ingenieriles (actuaciones, construcción de obras o movimientos de tierras) y medidas no estructurales (ordenación del territorio, protección civil y sistemas de aseguramiento).

Correctoras o post-desastre: Son medidas que persiguen minimizar los efectos una vez que ha ocurrido el evento o desastre. Comprenden las actuaciones de protección civil en emergencias y los sistemas de indemnizaciones y ayudas (declaración de zonas catastróficas).

Respecto a la peligrosidad, la RAE (Real Academia Española) define la peligrosidad como la "calidad de peligro", en términos técnicos se expresa como "amenaza impuesta por ciertos fenómenos naturales, que pueden causar consecuencias adversas a la actividad humana, impacto social negativo y pérdidas humanas y económicas severas" (Souter, 1996).

Naciones Unidas, a través del programa de la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastre de las Naciones Unidas (UNISDR, 2009), *ha definido* la Amenaza o peligro natural (Hazard) como: " *Un proceso o fenómeno natural que puede ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales. Las amenazas naturales se pueden caracterizar por su magnitud o intensidad, su velocidad en un principio la duración y el área que abarcan. Tales amenazas surgen de una gran variedad de fuentes: geológicas, meteorológicas, hidrológicas, oceánicas, biológicas y tecnológicas que algunas veces actúan de forma combinada*".

La peligrosidad puede definirse como la probabilidad de que ocurra un fenómeno de una intensidad y características determinadas en una zona específica y en un periodo de tiempo dado. Para su evaluación es necesario conocer dónde y cuando ocurrieron los procesos en el pasado, la intensidad y magnitud que tuvieron estos procesos, las zonas en que pueden ocurrir los procesos futuros y la frecuencia con que ocurrirán. Es decir, la peligrosidad incorpora una predicción temporal, cuya evaluación es compleja y difícil, siendo necesario disponer de un gran número de datos de eventos pasados para que su estimación sea lo más fiable posible.

La mayoría de los estudios en los que se estima la peligrosidad de un fenómeno o el riesgo, se corresponden realmente a estudios de susceptibilidad, en los que se muestra la distribución espacial de los procesos esperables y/o las zonas que pueden verse afectadas, pero no se indican sus pautas temporales de ocurrencia (periodos de retorno).

Hay que tener en cuenta además, que mientras la peligrosidad es función del intervalo de tiempo, la exposición y vulnerabilidad solo son función del punto considerado y de la actividad humana que se desarrolla en ella, por lo que la peligrosidad sería la componente del riesgo que podría estar sujeta a normas tendentes que contribuyan a disminuir el riesgo, lo que se conseguiría mediante la Planificación Territorial y Urbanística.

Los Mapas de Riesgo, resultado de la combinación de sus componentes, muestran la combinación de un peligro natural, con unos elementos existentes que están expuestos y son vulnerables a dicho peligro y que solo son función del punto considerado y de la actividad humana que se desarrolla en ellos.

En relación con la Planificación Territorial o Urbanística, los Mapas de riesgo únicamente se podrían utilizar para identificar las zonas en las que ya existe riesgo potencial, y proceder a aplicar medidas preventivas de tipo estructural (diseño de barreras o actuaciones que eviten el

peligro) o bien medidas correctoras (traslado de la población en riesgo) sobre estos puntos. Es decir, su uso en la planificación estaría más encaminado, a su aplicación en la gestión de las emergencias, cuando se produce un peligro natural.

Los Mapas de Peligrosidad, serían los más indicados para su uso en la Planificación Territorial o Urbanística, ya que muestran las zonas que podrían verse potencialmente afectadas por el peligro. Estos mapas permiten limitar los usos en los enclaves de mayor peligrosidad y desarrollar medidas preventivas tanto de tipo estructural como no estructural para minimizar las amenazas existentes.

Como ejemplo de las limitaciones de uso, relacionadas con la ocupación del territorio y con la Planificación Territorial y Urbanística, que se pueden establecer según el grado de peligrosidad existente, independientemente del tipo de proceso natural que se produzca, en la Guía Metodológica para la elaboración de cartografías en España de Riesgo Naturales. (Regueiro, 2008), se propone la compatibilidad del tipo de peligrosidad existente con los diferentes grupos de usos y/o los tipos de ocupaciones del territorio. Se identifican los siguiente rangos o niveles: totalmente compatible (C), con algún tipo de restricción o limitación (R) e incompatible o prohibida (P).

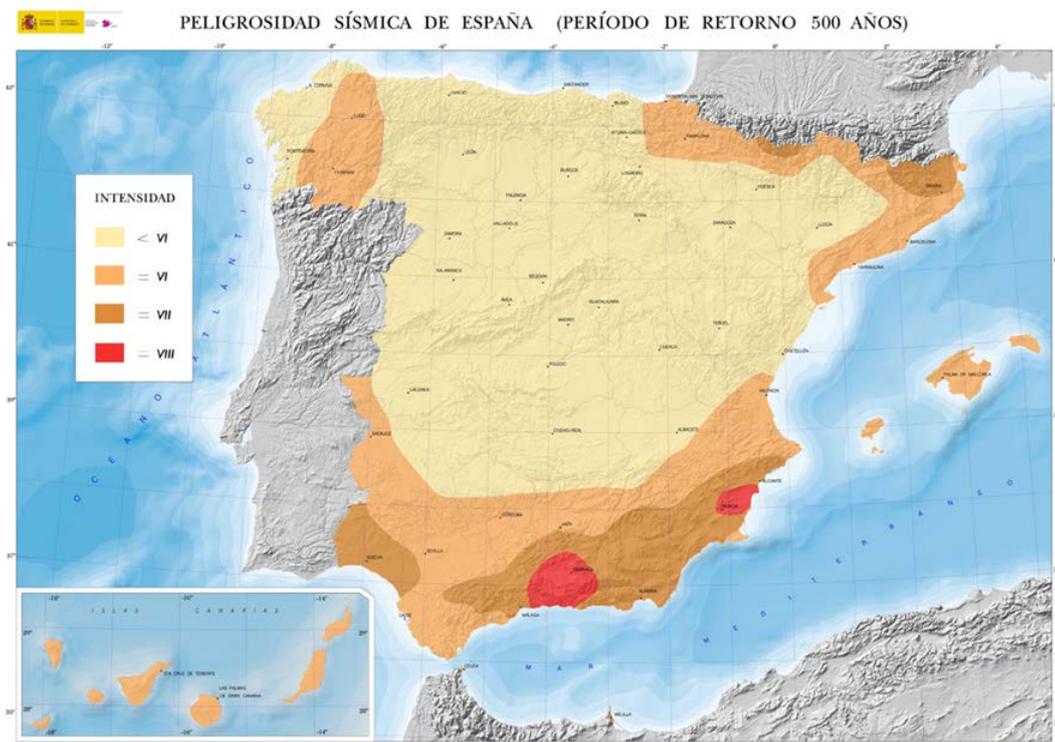
Tabla: Limitación de usos del suelo según la peligrosidad

Tipos de usos del suelo o actividades de ocupación del territorio		PELIGROSIDAD		
		MUY ALTA	ALTA	MEDIA/BAJA
Áreas naturales y seminaturales		R	R	C
Agricultura y ganadería	Extensivas	R	C	C
	Intensivas	P	R	C
Ocio y recreativo	Parques y jardines	R	R	C
	Campamentos turísticos	P	P	R
Industrial	Extractiva (minería)	P	R	C
	Almacenaje inertes	P	R	C
	Transformación	P	R	R
	Energética	P	P	R
	Sustancias peligrosas	P	P	P
Urbano (residencial)	Edificaciones aisladas	P	R	R
	Baja densidad	P	P	R
	Alta densidad	P	P	R
	Centros neurálgicos	P	P	R
Infraestructuras lineales y puntuales		P	R	C

Fuente: Grado de compatibilidad de los grandes grupos de actividades de ocupación del territorio o usos del suelo, en las distintas zonas de peligrosidad establecidas en los mapas: C, perfectamente compatible sin limitaciones; R, limitaciones de implantación (se requieren estudios de detalle); P, incompatibles prohibidos. Adaptado y sintetizado de Francés (2005), CGRM (2007) y Llorente-Isidro et al. (2007).

Como ejemplo de la aplicación de los Mapas de Peligrosidad en la planificación, se puede citar la Norma de Construcción Sismoresistente (NCSR-02), en la que se utilizan **Mapas de Peligrosidad Sísmica (2002) de España**, desarrollados por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), a escala 1:1.250.000 para un periodo de retorno de 500 años, como elemento de clasificación del territorio, para evaluar la aplicación de la norma en las nuevas edificaciones a construir en una determinada zona del territorio.

Figura: Mapa de peligrosidad sísmica en España, según la clasificación EMS-98.



Fuente: IGN

Se puede concluir que con la finalidad de reducir el riesgo, en la Planificación Territorial y Urbanística, los mapas que deberían ser utilizados, se corresponden con los Mapas de Peligrosidad o Susceptibilidad.

Los Mapas de Riesgo, están más destinados a su uso, como elementos para la gestión y la planificación en la respuesta ante desastres y emergencias, por Protección Civil o por la Dirección general de Seguridad y emergencias, ya que identifican las zonas más vulnerables y expuestas a un determinado peligro y por tanto, marcan las zonas que primero deben ser evacuadas o sobre las que primero se deben aplicar las medidas de gestión ante cualquier amenaza natural.

6. REGIÓN EXTERNA, CABO VERDE

6.1 Introducción

El proyecto RiesgoMap establece la tarea de extender la metodología aplicada en Canarias a otras regiones externas y realizar un proyecto piloto en alguna región para verificar su usabilidad fuera del marco territorial de las islas Canarias.

La región elegida corresponde a Cabo Verde y en concreto a la isla de Fogo. La isla de Fogo, perteneciente a conjunto de islas de Sotavento del archipiélago de Cabo Verde. Con una superficie de 476 Kilómetros cuadrados y una población de 37.071 habitantes en el año 2010, supone la cuarta isla en extensión y población de Cabo Verde. Esta isla se caracteriza por estar coronada por la elevación más alta de todo el país, el Pico de Fogo (2.829 metros).

La historia de esta isla siempre ha estado asociada a la actividad volcánica, siendo la última erupción registrada en 1995. Este hecho hace que el riesgo a evaluar en el marco de este trabajo sea precisamente el riesgo volcánico en la isla de Fogo.

6.2 Exposición

6.2.1 Exposición social

El objetivo principal de la exposición social es identificar la población que se pueden ver afectadas por un determinado peligro o amenaza y evaluar su distribución.

La metodología elegida para aplicar en el ámbito de Canarias fue la correspondiente a cargas de ocupación. En esta metodología a cada tipología de edificación se le asignará un valor según su ocupación. En el caso de Cabo Verde no se dispone de una tipología de las edificaciones que permita ejecutar esta metodología y por tanto se ha decidido emplear una metodología de reparto de población en construcciones (también se describe en el documento de metodología de RiesgoMap).

6.2.1.1 Exposición social. Edificios.

Los datos de los que se dispone son de la distribución de la población por **zonas** y de la capa de construcciones de la isla de Fogo que proviene del Mapa Topográfico a escala 1:5.000 de la isla de Fogo con año de vuelo **2013**. Una vez realizada la conversión a polígonos de la capa de

construcciones se realiza el cálculo de área de las mismas y se procede al reparto de la población en las construcciones. Este reparto se realiza proporcionalmente al área de las construcciones. Una vez repartida la población se procede a convertirlo a los niveles de representación (desde Muy bajo a Muy alto). Como no se dispone de metodología específica para Cabo Verde hemos procedido a realizar un reparto por el método de Cortes naturales (Jenks). Las clases de cortes naturales están basadas en las agrupaciones naturales inherentes a los datos. Los cortes de clase se caracterizan porque agrupan mejor los valores similares y maximizan las diferencias entre clases.

6.2.1.1 Exposición social. Resto de suelos.

Para caracterizar el resto de suelos se ha construido una capa equivalente a un Mapa de Ocupación de suelo. Para ello se ha empleado el Mapa de Vegetación de la isla de Fogo.

El resultado de este Mapa de Ocupación de suelo y su correspondiente asignación de valor se recogen en la siguiente tabla (tabla de elaboración propia):

Tipología	Valor
Aeropuerto	Alta (10-50)
Asentamiento Rural	Media (1-10)
Asentamiento urbano	Alta (10-50)
Coladas históricas	Muy Baja (< 0,1)
Granjas agropecuarias y bosques de galería	Baja (0,1-1)
Matorral densidad media (30-70%)	Muy Baja (< 0,1)
Matorral denso (>70%)	Muy Baja (< 0,1)
Matorral poco denso (10-30%)	Muy Baja (< 0,1)
Mosaico vegetación seminatural y cultivos denso	Muy Baja (< 0,1)
Mosaico vegetación seminatural y cultivos no denso	Muy Baja (< 0,1)
Pastizales con arbolado disperso	Muy Baja (< 0,1)
Pastizales con arbolado muy disperso	Muy Baja (< 0,1)
Puerto	Alta (10-50)
Suelo desnudo	Muy Baja (< 0,1)
Zonas de cultivo	Baja (0,1-1)

Las capas de Exposición social de edificios y Exposición social para el resto de suelos se unen empleando un criterio de selección del mayor nivel de riesgo.

6.2.2 Exposición económica

El objetivo principal de la exposición económica es identificar los elementos del territorio de que representan un mayor valor y que pueden verse afectados por un determinado peligro o amenaza.

La exposición económica, al igual que en la metodología empleado en Canarias se calcula a partir de las capas que caracterizan los usos del suelo. En el caso de Cabo Verde y en concreto de la isla de Fogo, emplearemos la misma capa de Mapa de Ocupación de suelo empleada en el apartado anterior.

En el caso de la exposición económica la tabla de valoración por uso de suelo queda de la siguiente manera (tabla de elaboración propia):

Tipología	Relación con tabla Usos de suelo	Valor (€/m2)
Aeropuerto	Infraestructura aeroportuarias	450
Asentamiento Rural	Urbano disperso (edificios desagregados)	260
Asentamiento urbano	Urbano concentrado (edificación desagregados)	400
Coladas históricas	Otras áreas sin riesgo económico	0
Granjas agropecuarias y bosques de galería	Agrícola indeterminado	3
Matorral densidad media (30-70%)	Forestal	0
Matorral denso (>70%)	Forestal	0
Matorral poco denso (10-30%)	Forestal	0

Mosaico vegetación seminatural y cultivos denso	Forestal	0
Mosaico vegetación seminatural y cultivos no denso	Forestal	0
Pastizales con arbolado disperso	Otros usos rurales	0,5
Pastizales con arbolado muy disperso	Otros usos rurales	0,5
Puerto	Infraestructura aeroportuarias	450
Suelo desnudo	Otras áreas sin riesgo económico	0
Zonas de cultivo	Agrícola indeterminado	3

La valoración en niveles de exposición se realiza siguiendo la misma tabla de valor que en la metodología de Canarias y teniendo en cuenta que el resultado del mapa será un ráster con un tamaño de celda de 10x10 metros y por tanto 100m² de superficie por celda.

Niveles	Valor (€)
Muy bajo	Entre 0-5.000
Bajo	Entre 5.000-12.500
Medio	Entre 12.500-25.000
Alto	Entre 25.000-40.000
Muy Alto	Mayor de 40.000

6.3 Mapa de susceptibilidad volcánica de Fogo

6.3.1 Introducción

Una erupción volcánica es una emisión de materiales sólidos, viscosos y gaseosos que surge en la superficie a través de grietas de la corteza fluvial. Dependiendo de la temperatura de los magmas, de la cantidad de productos volátiles que acompañan a las lavas y de su fluidez o viscosidad, el tipo de erupción puede ser diferente.

El peligro volcánico se define como la probabilidad de que un punto de la superficie terrestre, en un intervalo de tiempo determinado, sea afectado por un evento peligroso (Llinares et al, 2004), en este caso, por el material que emite un volcán durante una erupción. Sin embargo, el impacto esperado también se puede representar en base al espesor del material, energía, etc. En ocasiones, es habitual hablar de peligros volcánicos de forma genérica, haciendo alusión

solo a la forma en la que se emite el material (coladas de lava, caídas de ceniza, etc.), sin tener en cuenta el concepto probabilístico de la peligrosidad.

Los principales peligros volcánicos que caracterizan la peligrosidad son:

Tabla: Factores de peligro volcánico

Manifestación volcánicas que condicionan la peligrosidad
Piroclastos de caída
Dispersión de cenizas
Flujo de coladas de lavas o coladas lávicas
Flujo piroclástico
Colapso estructural total o parcial del edificio volcánico
Gases volcánicos
Peligros indirectos
Lahares
Sismos volcánicos

Fuente: Dirección General de Protección Civil

Piroclastos de caída: Las características de la proyección de los piroclastos varían en función de las características del magma y la fragmentación que se produce a lo largo de su salida a través del conducto o cráter. En las erupciones basálticas, la boca eruptiva arroja al aire fragmentos de lava que se acumulan formando un cráter. Los fragmentos de mayor tamaño (escorias y bombas volcánicas), pueden alcanzar cientos de metros de altura y esparcirse a grandes distancias. En las erupciones fonolíticas, el material se fragmenta y el producto es su mayoría está constituido por pómez y cenizas, lo que genera una mayor explosividad y mayor dispersión. No son tan peligrosas para la población fuera del área próxima al volcán, pero pueden generar incidencia sobre infraestructura al verse colapsadas. En las erupciones hidrovulcánicas, el aumento de la explosividad es enorme, generando embudos explosivos y dispersando grandes bloques, e incluso en algunos casos, provocando ondas de choque.

Dispersión de cenizas volcánicas: La densidad de la ceniza varía entre 0,5 y 2 g/cm³, dependiendo del contenido de agua y la compactación que experimente. Esto supone un peso de 20 kg/m² por cada cm de ceniza, acumulándose en los tejados de pendiente inferior al 20%. La ceniza colapsa tejados, barrancos, daña los equipos electrónicos, provoca daños sobre la salud (enfermedades pulmonares, intestinales, conjuntivitis y abrasión de la cornea), reduce la visibilidad etc.

Flujos de coladas de lavas: Los flujos de lava son corrientes de roca fundida, que salen del cráter por sus flancos. Estos flujos tienden a seguir las zonas de drenajes y pueden viajar ladera abajo hasta varias decenas de kilómetros. La velocidad depende de la viscosidad, ritmo de emisión y topografía de la zona. Son el peligro volcánico más común en Cabo Verde. Se puede

hablar de coladas basálticas (comportamiento como un fluido y altas temperaturas) y fonolíticas (más viscosas y de menor temperatura).

Flujo piroclástico: Son masas incandescentes formadas por ceniza, gases y fragmentos de roca que se desplazan pendiente abajo a altas velocidades y elevadas temperaturas. Los flujos de mayor desarrollo se producen durante las erupciones explosivas por el colapso de las columnas eruptivas cuando está se vuelve más pesada que la atmósfera. Las coladas de piroclastos son de menor magnitud y volumen, originadas por el colapso de un domo de lava o flujos menores con alto contenido de gases. Pueden cubrir grandes extensiones siendo flujos muy rápidos y de alta temperatura.

Colapsos estructurales: Fenómeno que ocurre debido al movimiento de masas de un edificio volcánico por la inestabilidad generada por un fenómeno tectónico o volcánico, provocando un derrumbe.

Gases volcánicos: En las zonas volcánicas activas existe una emisión difusa de gases volcánicos, asociados fundamentalmente a las proximidades de las coladas de lava, se corresponde a vapor de agua, CO₂, metano CH₄, hidrógeno H₂, nitrógeno N₂ y ácido sulfhídrico H₂S.

Lahares: Corrientes de materiales volcánicos transportados por el agua a través de la pendiente del terreno, que se pueden originar por el arrastre de materiales piroclásticos sueltos, asociado a una erupción y acción directa de la lava sobre presas o balsas.

Sismos volcánicos: Pueden existir terremotos de origen volcánico, debido al ascenso de diques de magma, siendo la mayoría sismos de poca intensidad. Si eventualmente los focos son cada vez más superficiales y de intensidad creciente, preludian una erupción. La fuerza de los sismos también está asociada a la naturaleza explosiva de la erupción.

6.3.2 *Tipos de peligros simulados actualmente*

Según los estudios y mapas de peligrosidad llevados a cabo hasta el momento en España, los únicos peligros volcánicos que se pueden simular y representar son: *Flujo de coladas de lava*, *Piroclastos de caída* y *dispersión de ceniza volcánica*. Al tratarse de simulaciones, los resultados obtenidos arrojan una elevada incertidumbre.

Flujo de coladas de lava: El desarrollo de un flujo de lava depende de múltiples factores. Entre ellos, los principales son el ritmo de emisión, las características geológicas del magma y la topografía (Hulme, 1974). El modelo de simulación más utilizado para estimar este parámetro es el *modelo de máxima pendiente*. En éste modelo se asume que la topografía

juega el papel principal en la determinación del camino seguido por la colada. El modelo requiere para su funcionamiento la existencia de un Modelo Digital de Elevación (DEM) de la zona de estudio y el conocimiento del punto que se ha seleccionado como emisor del flujo (Felpeto et al., 1996). Desde el pixel que representa el punto emisor, se considera que el flujo puede extenderse hacia cualquiera de los vecinos que lo rodean. La probabilidad de que la colada se desplace hacia un pixel determinado es proporcional a la diferencia de alturas entre éste y el pixel en el que se encuentra situado, teniendo en cuenta que si la diferencia es negativa la probabilidad será cero, es decir, que la colada no puede propagarse en contra de la pendiente. Aplicando un algoritmo de MonteCarlo se calcula un posible camino de la colada para muchos puntos de flujo. Este esquema general presenta un problema de que la longitud de la colada es indefinida, por lo que si entra en una zona llana permanece retenido indefinidamente en ella y, en caso contrario, la longitud sería infinita. Para evitar este efecto es práctico introducir un parámetro denominado "longitud máxima del flujo" (l_{max}). Su función es detener la colada cuando ésta ha recorrido una determinada distancia (es decir, un número determinado de celdas). Otro parámetro que debe introducirse es la "altura crítica" (h_c), entendida como un término que se suma a la altura de cada una de las celdas que recorre la colada. Este parámetro simula el efecto de la altura de la colada lávica u otros efectos como la rugosidad del terreno. Muestran especial atención los puntos en que la colada pueda llegar al mar. Posibles áreas de emanación y dispersión, según los flujos de viento dominante en la zona de emisión y, sobre todo, las áreas deprimidas donde puedan quedar acumulados los gases más pesados. Estos son puntos críticos que deberán estar perfectamente señalizados. La víctima mortal que hubo en la erupción del volcán Teneguía (1971), en la isla de La Palma, lo fue por esta causa.

Flujos de piroclastos y block and ash: La aproximación a la modelización del comportamiento de oleadas piroclásticas es la basada en el concepto de línea de energía (Sheridan, 1979; Malin y Sheridan, 1982). Pueden clasificarse en:

Flujo piroclástico denso (Pyroclastic Density Current, PDC), que se mueve sobre el suelo a alta temperatura y velocidad. A lo largo de su recorrido pierde gas y deposita el material más grueso. Se detiene cuando el contenido en gas es insuficiente para mantener la fluidización. Están fuertemente condicionados por la topografía y los cambios de pendiente lo desestabilizan, liberando más gas. A lo largo del recorrido, el gas liberado arrastra las partículas más finas dando lugar a la llamada nube acompañante.

Oleada piroclástica (Pyroclastic Surge), son flujos de baja densidad, afectados por las condiciones meteorológicas locales y poco condicionados por la topografía. Son de corto recorrido y se desplazan de forma turbulenta. El término también se aplica a la nube acompañante de los flujos piroclásticos. Es una nube densa con forma de anillo que se desplaza horizontalmente a partir de la base de la columna vertical de la explosión a 50 metros por segundo, desplazando fragmentos sólidos a varios km de distancia (Moore, 1967).

Flujo de bloques y cenizas (Block-and-Ash), son flujos procedentes del colapso de domos y coladas que, al fragmentarse, desgasifican bruscamente formando un flujo piroclástico (Charbonnier and Gertisser, 2009). Se caracterizan por contener, predominantemente, material fino y bloques de mayor tamaño. Este tipo de flujos no se producen en lavas de baja viscosidad.

El modelo que simula el flujo piroclástico considera que se mueve a lo largo de las laderas del volcán disipando su energía de forma lineal con la distancia, de acuerdo con un factor que se asocia a una altura de colapso y ángulo de fricción. Con este modelo se estima el área potencial que puede alcanzar el flujo mostrando los efectos producidos por la topografía, como son efectos de sombra y capacidad de remonte. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que no se consideran otros efectos como la nube acompañante, la formación de columnas, etc. Hay que representar las áreas que alcanzaran este tipo de elementos en su trayectoria balística, considerando, lógicamente, las condiciones del relieve en el punto de emisión y su entorno.

Dispersión de cenizas volcánicas: Los modelos más empleados son los denominados de advección-difusión. Estos modelos consideran que la expansión de la nube de cenizas lejos del centro de emisión es debida únicamente a la turbulencia atmosférica (difusión) y a la acción del viento (advección), mientras que la deposición de las partículas está controlada por su velocidad límite de caída. Aún con las mayores simplificaciones admisibles, estos modelos necesitan múltiples parámetros de entrada (volumen o masa total emitida, distribución de tamaños de partícula y altura máxima alcanzada por la columna y parámetros que definan la distribución de masa dentro de la misma, ritmo de emisión y duración de la erupción). Además de estos parámetros "volcanológicos" es preciso contar con datos de dirección e intensidad de viento a diversas alturas, valores de difusividad y un modelo de atmósfera que determine la variación con la altura de la densidad y viscosidad del aire. Evidentemente, la mayoría de estos parámetros debe ser definida basándose en el

estudio de la historia eruptiva del volcán, aunque muchos de ellos (como por ejemplo la forma de la columna) son muy difíciles de determinar en erupciones que no sean muy recientes y muy bien estudiadas.

6.3.3 Metodología de elaboración del mapa

La metodología seguida para realizar el mapa de susceptibilidad volcánica de la isla de Fogo (Cabo Verde) ha consistido en:

- Recopilación de la cartografía y documentación existente relacionada con la peligrosidad volcánica en Cabo Verde.
- Evaluación de las fuentes existentes y tipos de mapas resultantes.
- Obtención/digitalización de la información cartográfica existente relacionado con la peligrosidad/susceptibilidad volcánica, para su disposición en formato digital y/o generación de información digital nueva a partir de las metodologías estudiadas.
- Homogenización de la información cartográfica digital.
- Diseño del modelo de datos.
- Establecimiento de un sistema de representación de la información.

6.3.3.1 Fuentes de información cartográfica

Información general:

- Centros eruptivos: Mapa Geológico Digital de la isla de Fogo (Cabo Verde).
- Red sísmica-volcánica: Proyecto MAKAVOL. Observatorio vulcanológico de Cabo Verde.
- Erupciones históricas: Mapa Geológico Digital de la isla de Fogo (Cabo Verde).
- Cartografía Base: GRAFCAN S.A.

Información cartográfica existente utilizada para la isla de Fogo:

Isla de Fogo:

- Depresión: Costa, F.L., Impactos geomorfológicos da erupção de Abril de 1995 na ilha do Fogo (Cabo Verde).
- Boca volcánica: Costa, F.L., Impactos geomorfológicos da erupção de Abril de 1995 na ilha do Fogo (Cabo Verde).
- Borde caldera: Costa, F.L., Impactos geomorfológicos da erupção de Abril de 1995 na ilha do Fogo (Cabo Verde).

6.3.3.2 Tipos de Mapas obtenidos

6.3.3.2.1 *Mapa de susceptibilidad volcánica de la isla de Fogo*

Probabilidad de eventos: Se representa la probabilidad espacial de albergar un nuevo centro eruptivo en un área considerada. Se estima a partir de la densidad de Kernel, utilizando como parámetros de entrada la localización de centros eruptivos del Mapa Geológico de la isla de Fogo y utilizando la herramienta Kernel Density.

Se han considerado como centros eruptivos del Mapa geológico de la isla de Fogo:

Tipología Mapa Geológico isla de Fogo	Valor dado	Tipología considerada
Cones de cinzas historicos	2	Centro eruptivo
Cones de cinzas parasitas no estratovolcalo Holocenico-Pleistocenico	1	
Pico de Fogo	2	

Se han valorado, según la antigüedad de los conos eruptivos, dando un valor 1 a los correspondientes al Holoceno-Pleistoceno y valor 2 a los conos históricos y al Pico de Fogo.

6.3.3.3 Modelo de datos

Los datos se entregan en una geodatabase denominada: **Map_pel**.

Esta geodatabase albergará **un dataset** correspondientes a los procesos naturales estudiados en el proyecto RIESGOMAP.

- Pel_volcanica

En el Dataset **Pel_volcanica**, objeto del presente documento se incluyen:

Datos del Mapa de susceptibilidad:

La información correspondiente a los mapas de susceptibilidad volcánica se representa mediante la capa Sucep_volcanica. En este caso se dispone de información para todas las islas.

Dataset				
Pel_volcanica				
Nombre del feature class:		Escala: Varias escalas, depende isla		Tipo: Polígono
Sucep_volcanica		Fuente: Varias fuentes		Representación gráfica: 
Definición: Polígonos que indican los diferentes valores de la susceptibilidad volcánica				
ATRIBUTOS	TIPO	LONGITUD	NULL	DESCRIPCIÓN
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Código dado al elemento
GRADUA	String	10	No	Graduación de la peligrosidad
ISLA	String	25	No	Nombre de la isla
FUENTE	String	254	No	Fuente de la que se ha extraído la cartografía

Dominio Gradua: 1: Muy Alta, 2: Alta, 3: Media, 4: Baja, 5: Muy Baja
Dominio Isla: Fogo (Cabo Verde)

Otros elementos a representar:

Como información adicional, se recogen otros elementos que se consideran de relevancia para analizar la peligrosidad volcánica. Estos elementos son los siguientes:

- Red sísmica y volcánica

Dataset Pel_volcanica				
Nombre del feature class:		Escala:	Tipo: Punto	
Red_sism_volc		Fuente: MAKAVOL, observatorio vulcanológico de Cabo Verde.	Representación gráfica: 	
Definición: Puntos donde se ubican las estaciones sísmicas-volcánicas existentes en la isla de Fogo				
ATRIBUTOS	TIPO	LONGITUD	NULL	DESCRIPCIÓN
CODIGO_ID	Double	8	No	Recogerá un código asignado a cada evento que comenzará por el 0000001 y así sucesivamente
COD_EST	String	10	No	Denominación de la estación
RED	String	254	No	Tipo de red
FUENTE	String	50	No	Entidad que gestiona la red y fuente donde se ha obtenido la información
TIPO	String	25	No	Tipo de estación sísmica-volcánica
NOMBRE	String	25	Yes	Nombre de la estación
ISLA	String	25	No	Incluye el nombre de la isla donde se ha producido el evento
Dominio Isla: Fogo (Cabo Verde)				

Red_sism_volc: Feature class de puntos que representa la ubicación de las estaciones de la red sísmico-volcánica desplegada en la isla de Fogo como consecuencia del proyecto MAKAVOL.

- Bordes de caldera

Dataset Pel_volcanica				
Nombre del feature class:		Escala:	Tipo: Línea	
Borde_caldera		Fuente: Impactos geomorfológicos da erupção de Abril de 1995 na ilha do Fogo (Cabo Verde)	Representación gráfica: 	
Definición: Líneas que representan los bordes de caldera y otros elementos geológicos de importancia.				
ATRIBUTOS	TIPO	LONGITUD	NULL	DESCRIPCIÓN
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Recogerá un código asignado a cada elemento
TIPO	String	50	Yes	Tipo de estructura (Canal de escorrentía de la colada, borde de cono, borde de caldera)
FUENTE	String	50	Yes	Fuente donde se ha obtenido la información

Borde_caldera: Feature class de líneas cuya información es obtenida a partir de los estudios llevados a cabo en la isla de Fogo. Fuente: Costa, F.L., Impactos geomorfológicos da erupção de Abril de 1995 na ilha do Fogo (Cabo Verde).

- Centros eruptivos

Dataset Pel_volcanica

Nombre del feature class:		Escala:	Tipo:	Punto
Cntrto_Erupt		Fuente: Mapa Geológico isla de Fogo	Representación gráfica:	
Definición: Puntos que identifican la ubicación de centros eruptivos tanto los visibles como los que no son apreciables a simple vista.				
ATRIBUTOS	TIPO	LONGITUD	NULL	DESCRIPCIÓN
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Recogerá un código asignado a cada elemento
Form_geolo	Double	8	Yes	Tipo de formación geológica asignada en el Mapa Geológico de la isla de Fogo
Geologia	String	254	Yes	Tipo de estructura geológica asignada en el Mapa Geológico de la isla de Fogo
FUENTE	String	254	Yes	Origen información

Cntrto_erupt: Los datos de la base se obtendrán a partir de la información existente en el Mapa Geológico de la isla de Fogo.

- Erupciones históricas

Dataset				
Pel_volcanica				
Nombre del feature class:		Escala:	Tipo:	Polígono
Erupc_hist		Fuente: Mapa Geológico isla de Fogo	Representación gráfica:	
Definición: Polígonos que identifican las coladas históricas o recientes que aparecen recogidas en el Mapa Geológico de la isla de Fogo				
ATRIBUTOS	TIPO	LONGITUD	NULL	DESCRIPCIÓN
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Código dado a cada elemento
Form_geolo	Double	8	Yes	Tipo de formación geológica asignada en el Mapa Geológico de la isla de Fogo
Geologia	String	254	Yes	Tipo de estructura geológica asignada en el Mapa Geológico de la isla de Fogo
FUENTE	String	254	Yes	Origen información

Erupc_hist: Se entiende por erupciones históricas a las que aparecen recogidas en el Mapa Geológico de la isla de Fogo como: Fluxos de Lava como y el año de la erupción.

- Depresión

Dataset				
Pel_volcanica				
Nombre del feature class:		Escala:	Tipo:	Polígono
Depresion		Fuente: Impactos geomorfológicos da erupção de Abril de 1995 na ilha do Fogo (Cabo Verde)	Representación gráfica:	
Definición: Polígonos que identifican las depresiones dentro de la caldera del Pico de Fogo.				
ATRIBUTOS	TIPO	LONGITUD	NULL	DESCRIPCIÓN
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Recogerá un código asignado a cada elemento
Tipo	Double	8	Yes	Tipo de formación geológica
FUENTE	String	254	Yes	Origen información

Depresion: Feature class de polígonos cuya información es obtenida a partir de los estudios llevados a cabo en la isla de Fogo. Fuente: Costa, F.L., Impactos geomorfológicos da erupção de Abril de 1995 na ilha do Fogo (Cabo Verde). Refleja las zonas de depresión dentro de la caldera del Pico de Fogo.

- Bocas volcánicas

Dataset Pel_volcanica				
Nombre del feature class:		Escala:		Tipo: Polígono
Boca-volc		Fuente: Impactos geomorfológicos da erupção de Abril de 1995 na ilha do Fogo (Cabo Verde)		Representación gráfica: 
Definición: Polígonos que identifican las bocas volcánicas que pueden reabrirse dentro de la caldera del Pico de Fogo.				
ATRIBUTOS	TIPO	LONGITUD	NULL	DESCRIPCIÓN
CODIGO_ID	Double	8	Yes	Recogerá un código asignado a cada elemento
Tipo	Double	8	Yes	Tipo de formación geológica (reapertura de boca volcánica)
FUENTE	String	254	Yes	Origen información

Depresion: Feature class de polígonos cuya información es obtenida a partir de los estudios llevados a cabo en la isla de Fogo. Fuente: Costa, F.L., Impactos geomorfológicos da erupção de Abril de 1995 na ilha do Fogo (Cabo Verde). Refleja las zonas de reapertura de bocas volcánicas en la caldera del Pico de Fogo.

6.3.3.4 Sistema de representación

Los **Mapas de Peligrosidad** se representarán en 4 niveles, en los que quedará plasmado todo el territorio que presente riesgo de peligrosidad volcánica. Estos niveles son: nivel de peligrosidad volcánica nivel alto, nivel medio, nivel bajo y nivel muy bajo (no existen zonas con peligrosidad muy alta según las fuentes consultadas). La peligrosidad volcánica que constituye estos 4 niveles incluirá todos los procesos o peligros volcánicos que se registren en esa zona. Esta zonificación se representará mediante polígonos.

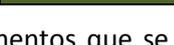
El sistema de representación de los 4 niveles que definirán la zonificación del territorio en función de la peligrosidad volcánica, serán:

- Verde (Susceptibilidad Muy Baja)
- Verde Amarillento (Susceptibilidad Baja)
- Amarillo (Susceptibilidad Media)
- Naranja (Susceptibilidad Alta)
- Rojo (Susceptibilidad Muy Alta)

Mapa de susceptibilidad volcánica:

Se representa mediante la densidad de centros eruptivos obtenidos a partir de la cartografía del Mapa Geológico de la isla de Fogo (Cabo Verde). En este caso se han considerado las zonas

de mayor densidad como los valores más elevados y las zonas de menor densidad como valores más bajos. Se representa mediante un polígono. (se incluye el layer correspondiente).

Nº centros de emisión/km ²	RIESGOMAP	
> 4	Muy Alta	
3,1- 4	Alta	
2,1-3	Moderada	
1,1-2	Baja	
0,1-1	Muy Baja	

Como **otros elementos adicionales**, se representan los elementos que se han utilizado para determinar la susceptibilidad, que podrán ir incorporados en los mapas resultantes o constituir mapas auxiliares. Se representará:

A partir de la información del feature class: Borde_caldera,

Tipo

	Borde caldera
	Borde cono
	Canal de escorrentia de la colada

La capa de centros eruptivos Cntro_erupt se representará:

- Centros eruptivos: Puntos: 

Red de estaciones sísmicas-volcánicas existentes en la isla de Fogo, utilizada como sistema de vigilancia sísmica a partir de la información del feature class red_sism_volc

	Estaciones geodesicas GPS
	Estaciones geoquimicas
	Estaciones sismicas

Las coladas históricas identificadas en la isla, que quedarán representadas como polígonos a partir de la información del feature class Erupc_hist:

- Coladas de erupciones históricas con la trama 

Las zonas de depresión identificadas en la caldera feature class Depresion:

- Depresión 

Las zonas de bocas volcánicas que pueden reabrirse identificadas en la caldera feature Boca_volc:

- Boca_volc 

6.3.4 Conclusiones

Es importante tener en cuenta que:

- o Parte de información obtenida se ha digitalizado para su utilización en los Sistemas de Información Geográfica, debido a la no disposición en formato digital de la fuente original. Por lo que pueden existir ciertas diferencias a una escala muy detallada con las fuentes originales.
- o También, es importante recalcar la enorme incertidumbre existente en las simulaciones de los procesos volcánicos, por lo que los mapas o escenarios resultantes hay que tomarlos con precaución, entendiendo que identifican las zonas de mayor probabilidad de ocurrencia, según diferentes métodos teóricos y científicos que buscan ajustarse a los procesos que ocurren en la realidad, pero que no reflejan la totalidad de los mismos.

6.4 Mapa de riesgo

En el caso de Cabo Verde y en concreto de la isla de Fogo no se disponen de datos suficientes para realizar cálculos de vulnerabilidad tal y como se recogen en la metodología aplicada en Canarias y por tanto el cálculo de los mapas de riesgo se realizará empleando los mapas de exposición y peligro (o susceptibilidad).

$$\text{Riesgo} = \text{Exposición} \times \text{Peligro}$$

Los cruces entre las capas de Exposición y Peligro se han realizado siguiendo la misma metodología y tablas de cruce empleadas en Canarias para la evaluación del Riesgo Volcánico.

El cruce de Exposición social con Peligrosidad nos devolverá un Mapa de Riesgo Social Volcánico. El cruce de Exposición económica con Peligrosidad nos devolverá un Mapa de Riesgo Económico Volcánico y por último el cruce de ambos mapas de Riesgo nos devolverá un mapa de Riesgo Total Volcánico.

La tabla de cruce final es la siguiente:

RIESGO VOLCÁNICO TOTAL	RIESGO VOLCÁNICO ECONÓMICO				
RIESGO VOLCÁNICO SOCIAL	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja
Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Alta	Alta	Media
Alta	Muy Alta	Alta	Alta	Media	Media
Media	Alta	Alta	Media	Media	Baja
Baja	Media	Media	Media	Baja	Baja
Muy Baja	Media	Media	Baja	Baja	Muy Baja

El resultado final de estos mapas es una capa ráster con una resolución de 10 metros por pixel (al igual que en Canarias) y con un sistema de representación equivalente:

- **Muy Baja (Verde)**
 - **Baja (Verde Amarillento)**
 - **Moderada (Amarillo)**
 - **Alta (Naranja)**
 - **Muy Alta: (Rojo)**
-  **Muy alta**
 -  **Alta**
 -  **Moderada**
 -  **Baja**
 -  **Muy baja**