

PLAN GENERAL DE ORDENACIÓN DE LA LAGUNA DOCUMENTO PARA INFORMACIÓN PÚBLICA

Julio 2014

I. DOCUMENTACIÓN AMBIENTAL

I1d. ANEXO VI_RIESGOS

ANEXO IV

INFORME DE PREVENCIÓN DE RIESGOS NATURALES



1. INTRODUCCIÓN

El análisis y caracterización de los riesgos naturales a los que puede estar sometido el municipio de San Cristóbal de La Laguna, es otro de los aspectos previos a identificar y tener en cuenta para el desarrollo sostenible de un Plan General. Este planteamiento está abalado por el marco jurídico al que se circunscribe este plan. De manera explícita, este requerimiento queda recogido en el art.15.2 del RD Legislativo 2/2008, de 20 de junio, por el que se aprueba el texto Refundido de la Ley del Suelo (TRLS), en el que se dice que “El informe de sostenibilidad ambiental de los instrumentos de ordenación de actuaciones de urbanización, deberá incluir un mapa de riesgos naturales del ámbito objeto de ordenación”. Así mismo, es 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, la que previamente y dentro del marco autonómico, especificaba la necesidad de establecer, por parte del planeamiento, un apartado específico a 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 las infraestructuras, por tal causa, así como recoger las determinaciones sobre las edificaciones e infraestructuras de cara a la minimización de riesgos.

En Canarias, el análisis de los riesgos naturales se ha venido realizando en los planes de emergencias, donde se establecen tanto los riesgos potenciales, como la coordinación de los recursos humanos y materiales frente a una situación de emergencia, y la intervención necesaria para garantizar la protección de la vida y los bienes de las personas. Esto queda reflejado en el Plan Territorial de Protección Civil de la Comunidad Autónoma de Canarias (PLATECA) que establece la organización y procedimiento de actuaciones de los recursos y servicios cuya titularidad corresponde a la Comunidad Autónoma de Canarias.

En la isla de Tenerife (puesto que en la Directriz 50, se exige que el planeamiento en todos sus niveles dedique un apartado específico a la prevención de riesgos de variada índole), en la adaptación a las Directrices de Ordenación General del Plan Insular de Ordenación de Tenerife (PIOT), se desestimó la incorporación del citado análisis al considerar que el Plan Territorial Especial de Ordenación de Servicios de Protección Civil, que también se estaba tramitando a la vez, era el instrumento adecuado para ello. De acuerdo a este nuevo enfoque se produjo un cambio en su denominación, de forma que en lugar de llamarse Plan Territorial Especial de Ordenación de Servicios de Protección Civil se pasó a denominar Plan Territorial Especial de Ordenación para la Prevención de Riesgos (PTEOPRE). Por tanto, a nivel insular, en referencia a los riesgos hay que tener en cuenta, para la planificación urbanística, que en la actualidad, está aprobado inicialmente, el Plan Territorial Especial de Ordenación para la Prevención de Riesgos (PTEOPRE), (instrumento de desarrollo del Plan Insular de Ordenación de Tenerife (PIOT), donde se efectúa un análisis territorial a nivel insular de los riesgos de la isla). La regulación y previsión de los sistemas de actuación, la coordinación y la organización y operatividad de los servicios en una situación de riesgo queda incluida en el Plan Territorial de Emergencias de Protección Civil de Tenerife (PEIN) 2004. Además, existen otros planes relacionados con los riesgos naturales que hay que tener en cuenta como: el Plan de Prevención y Extinción de incendios forestales en la isla de Tenerife. (INFOTEN) o el Plan Especial de Defensa frente a Avenidas de la isla de Tenerife (PDA), actualmente en aprobación inicial.

A nivel municipal, el municipio de San Cristóbal de La Laguna dispone de un Plan de Emergencia Municipal de Protección Civil (PEMU) que se establece con el fin de ser un instrumento para gestionar las situaciones de grave riesgo, catastrofe o calamidad pública que se puedan presentar en el ámbito municipal.



Para establecer una definición de riesgo, se emplea la utilizada por el PTEOPRE basada en la desarrollada en 1972 por el grupo de Trabajo para el Estudio Estadístico de los Peligros naturales de la UNESCO, donde se establece que "*el riesgo es la posibilidad de que se produzca una pérdida, sea esta de forma de vidas humanas, de propiedades, capacidad productiva etc. y que depende de tres factores*": $\text{Riesgo} = (\text{Valor}) \times (\text{Vulnerabilidad}) \times (\text{Peligro})$. La naturaleza y el impacto potencial de un peligro o riesgo natural dependen de la relación que exista entre éste y la población o los bienes que se encuentren expuestos al mismo. Por tanto, las consecuencias dependen en primer lugar de los fenómenos físicos que se desarrollen y de la magnitud y distribución que éstos alcancen (*peligrosidad*) y en segundo lugar de la *vulnerabilidad* de las personas y los bienes frente a estos fenómenos. Analizando el riesgo como una variable estadística, se puede definir el mismo y los factores que lo componen como:

- a) *Riesgo*: Probabilidad de pérdida debida a la ocurrencia de un fenómeno en un intervalo de tiempo determinado.
- b) *Peligrosidad*: Probabilidad de ocurrencia de un proceso de un nivel de intensidad o severidad determinada dentro de un periodo de tiempo dado y dentro de un área específica (*Varnes, 1984; Barbat 1998*).
- c) *Vulnerabilidad*: Probabilidad de daño derivada de los efectos de ese fenómeno en el intervalo de tiempo, depende de las características del elemento considerado y de la intensidad del fenómeno; suele evaluarse entre 0 (sin daño) y 1 (pérdida o destrucción total del elemento) o entre 0% y 100% de daños.
- d) *Valor*: Representa la cuantificación, en términos de vidas humanas, de coste, ... etc., de los elementos susceptibles de ser afectados por el peligro considerado.

Los tipos de riesgos a tener en cuenta en el desarrollo de un Plan General, han de ser aquellos que son citados expresamente por las Directrices: "*sísmicos, geológicos, meteorológicos u otros, incluyendo los incendios forestales en su caso*". El PTEOPRE, establece como riesgos aquellos que pueden ser afrontados desde la óptica del planeamiento territorial y urbanístico mediante las herramientas que le son propias. Estos riesgos son: sísmico, volcánico, inundación, incendios forestales y dinámica de vertientes. Este plan considera como riesgos geológicos en Tenerife: el volcánico y los procesos de dinámica de vertientes y como riesgos meteorológicos: las avenidas (inundación) correspondientes a episodios de lluvias torrenciales. Por tanto, siguiendo las pautas del PTEOPRE, serán analizados los siguientes riesgos en el municipio de San Cristóbal de La Laguna: **Riesgo Sísmico, Riesgo Volcánico, Riesgo Inundación (avenidas), Riesgo de incendios forestales y Riesgo asociado a dinámica de vertientes**. Únicamente, se han tenido en cuenta los riesgos naturales puesto que son los especificados considerando el RD 2/2008 y la Directriz 50, por lo que en el presente documento no se han incluido otros riesgos de carácter antrópico.



2. ANÁLISIS DE LA SUSCEPTIBILIDAD O PELIGROSIDAD

Los mapas de peligrosidad representan la capacidad del proceso natural de producir daños, normalmente mediante los parámetros físico-químicos del mismo y/o la periodicidad del fenómeno. Según lo que recoge el PTEOPRE, en la actualidad prácticamente (salvo el Mapa de Peligrosidad de riesgo Volcánico de la isla de Tenerife, desarrollado por el IGME) no existen estudios detallados de la peligrosidad a nivel insular, o bien la escala que presentan los mapas es tan amplia que resulta incompatible con su aplicación a la ordenación. Por ello, en el plan insular (PTEOPRE) se ha considerado llevar a cabo mapas de susceptibilidad, aplicando métodos de simulación. En estos mapas se representa la probabilidad de distribución de los efectos derivados de la ocurrencia de un escenario específico o de un conjunto de escenarios posibles, en el que se han preestablecido las hipótesis que determinan el comportamiento del fenómeno que se estudia, sin tener en cuenta la variabilidad que esté pueda presentar a lo largo del espacio o del tiempo. El plan utiliza como metodología principal, la identificación para cada tipo de riesgo del conjunto de factores que condicionan la susceptibilidad de un área, y mediante ponderación, se obtiene el mapa de susceptibilidad de una determinada zona

2.1 Susceptibilidad o peligrosidad sísmica

La cartografía de susceptibilidad sísmica se orienta a la identificación de aquellas áreas que pueden verse afectadas por seísmos de intensidad apreciable con mayor probabilidad. Los movimientos sísmicos no pueden ni predecirse (es decir anunciar antes de que ocurran, el lugar, fecha y magnitud) ni detectarse con cierta antelación (alarma temprana). El riesgo sísmico en ambientes volcánicos tiene dos orígenes totalmente diferentes: la sismicidad de origen volcánico y la sismicidad de origen tectónico. La primera está asociada a los movimientos subterráneos del magma en su camino a la superficie, mientras que la segunda tiene su origen en la fracturación de la corteza, un proceso físicamente frágil, sin intervención de materiales en estado dúctil.

El Archipiélago Canario no se encuentra enclavado en una zona considerada de actividad sísmica relevante, si bien el Mapa de Peligrosidad Sísmica elaborado por el Instituto Geográfico Nacional (escala 1:1.250.000), lo establece como 0,04 g, área de intensidad sísmica V y VI para un periodo de retorno de 500 años, situándose en el umbral de la Norma de Construcción Sismoresistente (NCSE-02). Los antecedentes de seísmos conocidos de las últimas décadas, aunque han sido de escasa magnitud y siempre asociados a erupciones volcánicas, han generado alarma a la población.

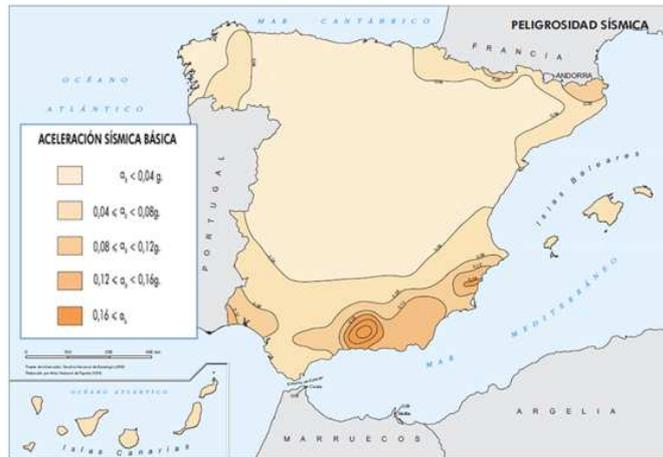


Figura 1: Mapa de peligrosidad sísmica

Fuente: IGN. Peligrosidad sísmica. En la actual norma española, el territorio se divide en diferentes zonas teniendo en cuenta su nivel de peligrosidad (calculándose el terremoto más fuerte probable para un periodo de 500 años). Los valores que figuran en el mapa son los correspondientes a la aceleración sísmica dada en valores de g (aceleración de la gravedad).

2.1.1 Metodología

Para establecer la peligrosidad o susceptibilidad sísmica, puesto que el mapa de peligrosidad sísmica existente presenta una escala no acorde con la ordenación municipal, se ha tenido en cuenta los datos y la metodología utilizada por el PTEOPRE. Para lo cual, se ha empleado el Mapa de Peligrosidad Sísmica (IGN) como base, siendo matizado y completado a partir de la Red Sísmica del Instituto Geográfico Nacional (catálogo instrumental de sismicidad registrada desde el año 1975 en la isla de Tenerife), si bien no se diferencia entre sismicidad de origen tectónico y volcánico en el catálogo de eventos disponible. A partir de estos datos se ha llevado a cabo una simulación, siguiendo la metodología de la Dirección General de protección Civil del Ministerio del Interior en el Programa SES 2002 (Simulación de Escenarios Sísmicos), sin considerar el número de eventos esperables por cuadrícula y los periodos de retorno, por lo que únicamente se podrá obtener un mapa de susceptibilidad y no de peligrosidad. Con la simulación, se han llevado a cabo dos análisis: Intensidad Máxima Potencial y la Probabilidad Máxima de Afección (número de veces que cada núcleo de población se ha visto afectado en el proceso de simulación por los efectos de los eventos simulados). Mediante la combinación de ambos, considerando que la probabilidad de ocurrencia simulada es un factor dominante sobre la intensidad, se ha obtenido el análisis de susceptibilidad frente a los eventos sísmicos, que se expresa en 5 niveles.

Probabilidad máxima de afección con simulación	Intensidad Máxima Potencial				
	EMS I-II	EMS II-III	EMS III	EMS III-IV	EMS IV-V
Muy Baja	S/R*	Muy Baja	Muy Baja	S/R	S/R
Baja	Baja	Baja	Baja	Baja	S/R
Moderada	Baja	Baja	Baja	Moderada	Moderada
Alta	Moderada	Moderada	Moderada	Alta	Alta
Muy Alta	Alta		Muy Alta	S/R	Muy Alta

Tabla 1.- Niveles de susceptibilidad

Fuente: Análisis y metodología de la susceptibilidad sísmica PTEOPRE.

- a) **Muy Alta:** Incluye zonas de la isla con muy alta ocurrencia simulada de eventos de verse afectadas por eventos con Intensidades de Moderadas a muy Altas en el rango de magnitud observado. En estas zonas cabe esperar la ocurrencia de efectos equiparables a los que establece la escala EMS¹ en un grado cercano al IV y que en eventos excepcionales puede llegar al grado V.
 - b) **Alta:** Comprende zonas con muy alta probabilidad de verse afectadas por eventos de Intensidades moderadas a bajas (EMS II a III). También se encuentran en este rango de susceptibilidad zonas con alta probabilidad de verse afectados por efectos de elevada Intensidad (EMS III a IV).
 - c) **Moderada:** Áreas con probabilidad moderada de ocurrencia de eventos simulados, aún cuando éstos sean de elevada intensidad, Pertenecen a este grupo aquellas zonas que se ven sometidos a eventos de moderada a baja Intensidad, pero con elevada probabilidad de ocurrencia simulada.
 - d) **Baja:** Comprende aquellas zonas con probabilidad moderada a baja de ocurrencia de eventos simulados por una baja intensidad de afección.
- Muy Baja:** La probabilidad tanto de ocurrencia de eventos simulados como de afección es insignificante.

2.1.2 Resultados

De estos 5 niveles únicamente 3 están representados dentro del municipio de San Cristóbal de La Laguna, tal y como se recoge en el plano IV.F2.01. Siendo El Ortigal y parte de Los Rodeos una zona de susceptibilidad sísmica alta, ya que puede verse afectada por eventos de intensidad moderadas a bajas (EMS II a III) y la probabilidad es muy alta. Una amplia zona de susceptibilidad moderada, que incluye a Guamasa, el aeropuerto, casi la totalidad del núcleo urbano de San Cristóbal de La Laguna, el resto de los Rodeos, los Baldíos y las laderas de sotavento de Anaga, donde se identifican áreas de eventos de moderada a baja intensidad con elevada probabilidad de afección. Por último, la mitad norte del municipio, que se corresponde con Valle Guerra, Tejina, Bajamar, Punta Hidalgo, así como la Vega Lagunera y la casi totalidad del Parque Rural de Anaga se corresponde a una zona de susceptibilidad baja, donde tanto la probabilidad de afección como la intensidad son bajas, esto es, que conjugan una baja o moderada probabilidad del suceso y una baja intensidad de la afección.

2.2 Susceptibilidad o peligrosidad volcánica

Las erupciones son procesos relativamente rápidos y violentos, que generan cambios importantes en el entorno y relativamente fáciles de observar y registrar (sismicidad creciente en intensidad, frecuencia y proximidad a la superficie, deformaciones y agrietamiento del terreno, cambios en la temperatura y el nivel del suelo, de la composición y volumen de las emanaciones gaseosas, etc.). Por esa razón, en muchas ocasiones, sí pueden detectarse con cierta anticipación, al menos en aquellas zonas de peligro que están instrumentalizadas. La Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el Riesgo Volcánico en España, aprobada por el Consejo de Ministros el 19 enero de 1996, describe y delimita que la única zona del territorio nacional expuesta a la amenaza o el peligro volcánico es la Comunidad Autónoma de Canarias. El fundamento de esta manifestación es muy claro: Canarias es la única parte del territorio español que ha registrado erupciones volcánicas durante los últimos

¹ EMS. Escala Macrosísmica Europea. que contempla doce niveles de daño y define los grados de Intensidad en función de los efectos causados sobre las personas, los objetos, el medioambiente y los edificios. que contempla doce niveles de daño. Entre ellos: Grado I. No Sentido, Grado II. Apenas Sentido, Grado III. Débil, Grado IV. Ampliamente Observado., Grado V. Fuerte., Grado VI. Levemente Dañado



500 años. Dentro del Archipiélago Canario, la actividad volcánica se centra en las zonas de generación de magma conocidas como “puntos caliente”. Geológicamente hablando, estos niveles coinciden con las islas más recientes. De este modo, las erupciones futuras tendrán más posibilidades de producirse en La Palma y El Hierro

Para el caso de la isla de Tenerife, el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) ha desarrollado una cartografía de Peligrosidad Volcánica de la isla de Tenerife (2007). Estos mapas aparecen incluidos como anexos en el PTEOPRE, puesto que el plan utiliza otra metodología para la realización de los mapas de susceptibilidad, ya que durante la elaboración del mismo, aún no estaban totalmente disponibles los mapas de peligrosidad del IGME. El PTEOPRE, plantea una metodología basada en la realización de mapas de susceptibilidad, debido a la complejidad y variedad posible de fenómenos volcánicos que pueden tener lugar en la isla y la dificultad del tratamiento del mismo. De este modo, delimita grandes “áreas” o zonas, con diverso nivel de susceptibilidad, teniendo en cuenta tanto las áreas de emisión, como las zonas hacia las que pueden discurrir los materiales volcánicos, ya sean coladas o cenizas. Estos mapas de susceptibilidad se realizan utilizando como conceptos previos, las áreas potenciales en las que puede tener lugar las futuras erupciones (de tipo efusivo) y la tipología eruptiva dominante en cada zona de la isla, (metodología presentada Gómez Fernández (1997), definiendo un mapa de susceptibilidad frente a las Coladas Lávicas y otro mapa de susceptibilidad frente a los Piroclastos de Caída.

2.2.1 Metodología

Para establecer la peligrosidad o susceptibilidad volcánica en el presente estudio, puesto que los Mapas de Peligrosidad Volcánica de la isla de Tenerife del IGME (2007), están disponibles y su escala de representación es más detallada que la empleada en el PTEOPRE y por lo tanto más acorde al planeamiento municipal, son estos mapas de peligrosidad los que se han utilizado para la delimitación de las zonas de peligrosidad volcánica dentro del municipio de San Cristóbal de La Laguna. Los Mapas de Peligrosidad Volcánica de la isla de Tenerife se presentan a una escala de 1:25.000. Parten del análisis de varios elementos como son: las agrupaciones volcanológicas existentes en la isla de Tenerife, un análisis de la distribución de los centros eruptivos simulados, la susceptibilidad frente a piroclastos de caída y un escenario de simulación de coladas de lava en la isla. Mediante la combinación de estos datos se han definido las áreas de peligrosidad volcánica, establecidas en función de la peligrosidad de excedencia de 10% en un periodo de 50 años y diferenciando 4 niveles: Peligrosidad Alta, Peligrosidad Moderada, Peligrosidad Baja y Peligrosidad Mínima.



Condiciones de cálculo de la susceptibilidad frente a piroclastos:

Modelo físico: Macedonio et al., 2005
 Modelo de cálculo de la v. de sedimentación: Pfeiffer et al. 2005
 Volumen emitido: 0,05 km³
 Altura de la columna: 10 km
 Número de perfiles de vientos: 561
 Tamaño de malla: 10 m
 Coeficiente de difusividad: 1.000
 Coeficiente de forma de columna: lambda=6 A=4

Condiciones de simulación de escenarios efusivos:

Modelo físico: Miyamoto y Sasaki, 1997
 Tamaño de malla: 10 m
 Número total de simulaciones: 583
 Número total de centros emisores: 4.459
 Emisividad de lavas: 0,6
 Constante de Stefan-Boltzman: 0,000000058
 Constante de gravedad: 9,8
 Calor específico: 840 J Kg⁻¹ K⁻¹
 Temperatura superficial: 21°C
 Tasa de emisión: 0,1-0,01 m³ s⁻¹

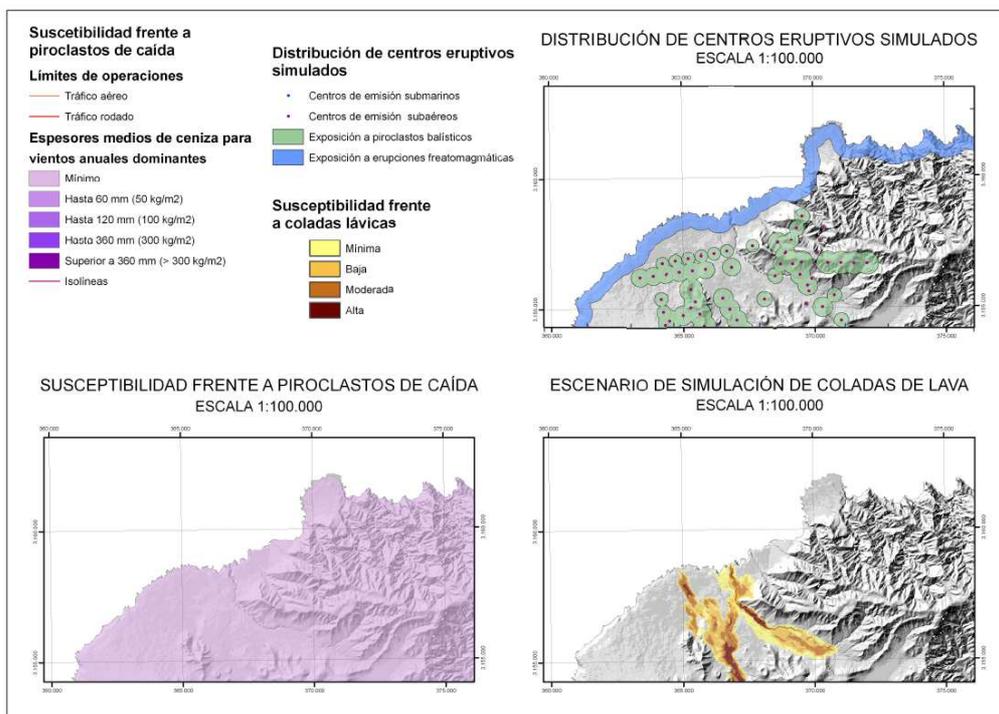


Figura 2: Mapa de los elementos que se han tenido en cuenta en la estimación del Mapa de Peligrosidad Volcánica de Tenerife

Fuente: Mapa de Peligrosidad Volcánica de la isla de Tenerife 2007. Instituto Geológico y Minero de España (IGME).

2.2.2 Resultados

Tal y como se muestra en el plano IV.F2.02 de peligrosidad volcánica, el municipio de San Cristóbal de La Laguna presenta algunas zonas que se han designado como de peligrosidad mínima de excedencia de 10% en un periodo de 50 años, concretamente se concentran en la mitad suroeste, puesto que existen en esa zona una concentración de centros eruptivos simulados y la salida de las coladas de los mismos.



2.3 Susceptibilidad o peligrosidad de inundación (avenidas)

En el archipiélago canario las precipitaciones torrenciales van ligadas al desarrollo de los denominados “temporales de Canarias”, que tienen lugar en los meses de invierno cuando el régimen de los alisios es sustituido por la llegada de advecciones frías de origen polar. En estas jornadas los barrancos que descienden por los relieves volcánicos se convierten en cursos de agua violentos. Los riesgos asociados a lluvias torrenciales y avenidas de barrancos son los que mayor incidencia real tienen por su recurrencia, por tanto son los que se consideran en el análisis de la peligrosidad de inundación. El objetivo de una cartografía de peligrosidad de inundación (avenidas) es delimitar los grandes barrancos existente en el área de estudio, mostrando especial atención a las desembocaduras de los cauces y la existencia de depósitos aluviales y conos de deyección o áreas potencialmente expuestas a la dinámica torrencial.

De igual forma que en el caso del riesgo volcánico, durante la realización del PTEOPRE, no se pudo incorporar la información más reciente con relación al riesgo de inundación, puesto que el Plan de Defensa frente a Avenidas (PDA) promovido por el Consejo Insular de Aguas estaba en tramitación (en fase de avance). En concreto, no se incorporaron las zonas de riesgo consideradas en dicho plan. El PTEOPRE utilizó otra metodología para evaluar las zonas de susceptibilidad por riesgo de inundación, basada fundamentalmente en criterios geomorfológicos para determinar las zonas potencialmente inundables. En el presente documento, se han utilizado los datos y la metodología del PDA, actualmente aprobado inicialmente, para señalar las zonas de riesgo de inundación presentes dentro del municipio, puesto que la escala de análisis y alcance del PDA se considera adecuada para el planeamiento a nivel municipal. El Plan de Defensa frente a las Avenidas (PDA) es un plan de inundación especial que permite establecer y delimitar las zonas de riesgos y regular las actuaciones que deben realizarse para prevenir, evitar o atenuar los efectos adversos derivados de las escorrentías o avenidas extraordinarias.

2.3.1 Metodología

El resultado, se recoge en el plano IV.F2.03, donde se observan las zonas inundables provocadas por crecidas de 5 metros de calado, partiendo del modelo digital del terreno, consideradas como potenciales, ya que no se ha tenido en cuenta que en la mayoría de los casos dichas zonas se encuentran encauzadas. Se corresponden con los barrancos de mayor entidad incluidos dentro del término municipal, así como gran parte del casco histórico de La Laguna y sus alrededores. A su vez la zona del casco histórico del núcleo de La Laguna, se ve afectada también, por la posibilidad de inundación a consecuencia de la subida del nivel freático, si bien la peligrosidad es muy inferior en estos casos.

2.4 Susceptibilidad o peligrosidad de riesgo de incendios forestales

Actualmente, en la isla de Tenerife existe un estudio estadístico de los incendios ocurridos desde el año 1972 que es cuando en la isla se comienza a disponer de un catálogo de eventos. A nivel municipal, existe un Plan de Incendios del municipio de San Cristóbal de La Laguna, a partir del cual esta basado el PEMU, si bien en el mismo, únicamente se delimitan las masas arbóreas y zonas de matorral como zonas potenciales de sufrir incendios forestales. Son por tanto unos resultados limitados para estimar la peligrosidad, sirviendo únicamente como documentación de partida.

Teniendo en cuenta la información del PEMU como información base, para elaborar la susceptibilidad o peligrosidad del riesgo por incendios forestales, la metodología utilizada, ha sido la empleada en el PTEOPRE. Según se indica en el mismo, la información disponible

no permite la elaboración de mapas de peligrosidad por lo que el enfoque que se ha tomado es la generación de una cartografía de susceptibilidad a partir de datos históricos y teóricos o simulaciones.

2.4.1 Metodología

La metodología utilizada en el PTEOPRE se propone en dos fases, por un lado usando los datos disponibles y por otro a partir de los resultados obtenidos de las estadísticas de incendios en la isla de Tenerife desde el año 1972. La primera fase, parte de la valoración del riesgo de producirse un incendio, a partir de variables físicas, biológicas y de carácter antrópico. Estas variables se ponderan obteniendo el mapa de factores intrínsecos de susceptibilidad frente al riesgo de incendios. La segunda fase se corresponde a la adaptación del mapa de factores intrínsecos con los datos de las estadísticas de ocurrencia de incendios en los periodos de 1972-2004. Para esta adaptación se tiene en cuenta además, el mapa de ocupación del suelo, puesto que gran parte de los incendios se relacionan con la quema de superficies agrícolas. Por último se identifican las zonas de influencia de barrancos por representar espacios donde la propagación de los incendios se ve magnificada por el "efecto chimenea". Los resultados obtenidos de estos análisis se combinan para generar la cartografía final de susceptibilidad del territorio frente al riesgo de incendios recogida en el PTEOPRE a escala 1:50.000, con el fin de que sea utilizada para el planeamiento general, los planes y normas ambientales y otros instrumentos de ordenación. A continuación se detallan los niveles de susceptibilidad frente a los incendios forestales establecidos dentro del análisis del PTEOPRE:

- a) **Muy alta:** Se corresponde con áreas situadas en el entorno de carreteras y caminos o áreas recreativas, ubicadas en zonas de corona forestal.
- b) **Alta:** Zonas de corona forestal, cuya accesibilidad desde vías de comunicación o recreativas, aparcamientos, etc. es algo más complicada. También se incluyen en esta clase algunas zonas próximas al nivel de cumbres, relacionadas siempre con la proximidad de caminos o vías de comunicación y áreas de esparcimiento.
- c) **Moderada:** Comprende prácticamente la totalidad de las áreas forestales con orientación sur de la isla, salvo las excepciones anteriores y algunas zonas de matorral degradado.
- d) **Baja:** Dominan en zonas la vegetación de tipo arbustivo o zonas agrícolas abandonadas o en producción con gran densidad de masa arbolada.
- e) **Muy Baja:** Se corresponde con zonas urbanizadas o con escasa vegetación y áreas agrícolas situadas en zonas de medianías o costeras.

2.4.2 Resultados

Las zonas de mayor susceptibilidad de incendios forestales dentro del municipio se concentran en el Macizo de Anaga, zona de mayor carácter forestal del municipio, incluidas en el Parque Natural de Anaga, y las zonas arboladas de Mesa Mota tal y como se presenta en el plano de susceptibilidad de incendios forestales (IV.F2.04). Puntualmente, aparecen diversos enclaves con valores entre moderados y bajos, correspondientes a montes de utilidad pública fuera de Anaga, los enclaves naturales de los Lomos del Cardón y Escarpes del Arroyo Boquerón cercanos a Valle Guerra, las laderas de la Vega Lagunera y las laderas de Sotavento de Anaga, así como las masas arboladas situadas en los conos volcánicos y alrededores en la zona de los Baldíos y de Los Rodeos. La zonas de matorral bajo, cultivos abandonados o en producción con gran densidad de masa vegetal como son las plataneras existentes en la plata-

forma costera también se han designado como de susceptibilidad baja. El resto del municipio queda clasificado como zonas de susceptibilidad muy baja.

2.5 Susceptibilidad o peligrosidad de riesgo asociado a dinámica de vertientes

Los movimientos de ladera son cambios en la forma geométrica externa de la superficie terrestre en zonas localizadas, debido a las fuerzas gravitatorias. Según *Varnes es un movimiento de una masa de roca, tierra o derrubios hacia debajo de una ladera bajo la influencia de la gravedad*. Normalmente los movimientos de ladera se encuentran acompañados de otras fuerzas de la naturaleza, como los movimientos sísmicos, volcanes o fuertes precipitaciones. En el municipio de San Cristóbal de La Laguna, según los datos históricos y la morfología del terreno, con pendientes elevadas presentes en algunos enclaves del mismo, se dan diferentes tipos de movimientos de ladera, los cuales pueden presentar cierto riesgo.

Respecto a la dinámica de vertientes, el PTEOPRE establece un mapa a escala 1/125.000, de Susceptibilidad frente a Riesgos Asociados a Dinámica de Vertientes. Este Mapa se ha realizado a partir de diversos factores que contribuyen a la susceptibilidad del terreno, como son la litología, las obras públicas, la graduación de la pendiente del territorio (>40°, 25-40°, 15-25° y 0-15°), la precipitación y los usos del suelo. Estableciendo 5 niveles de susceptibilidad (muy alta, alta, moderada, baja y muy baja) obtenidos como resultado de la combinación de los factores considerados anteriormente:

<p>SUSCEPTIBILIDAD VERTIENTES= 5 x PENDIENTE (1-4) + 5 x LITOLOGÍA (1-4) + ½ x PRECIPITACIÓN (1-3) + 2 x OBRAS PÚBLICAS (0-1) + 2 x USOS DEL SUELO (1-5)</p>

2.5.1 Metodología

Puesto que la escala utilizada por el PTEOPRE se considera muy general para su aplicación en la ordenación territorial municipal, se ha establecido una metodología para estimar de forma más concreta la susceptibilidad del riesgo asociado a dinámica de vertientes del municipio de San Cristóbal de La Laguna. Para ello se ha estudiado la geología, litología y geomorfología del municipio y se han identificado los procesos geomorfológicos activos o recientes (y su formas asociadas) existentes en el municipio, teniendo en cuenta tanto la zonificación de la litológica (Mapa Geológico Continuo disponible de Grafcan, a escala 1/40.000 basado en los Mapas Geológicos del Plan Magna, realizados a escala 1/25.000), como la pendiente existente con un rango de pendientes establecido. (muy bajas (0-10°), bajas (10-25°), medias (25-45°), altas (45-70°) y muy altas (70-90°)). Por último, se ha utilizado un Modelo Digital del Terreno, realizado específicamente para este estudio.

En el contexto geomorfológico y litológico existente en el municipio, los procesos geomorfológicos activos o recientes, y sus formas relacionadas, tienen lugar en relación, sobre todo, con la dinámica marina de la costa norte y con la fluvio-torrencial de algunos barrancos. La evolución de laderas y la actividad antrópica comportan también procesos geomorfológicos activos, más esporádicos y mayores en el primer caso, y a veces muy activos pero puntuales en el segundo. A continuación se describen los procesos geomorfológicos existentes y sus formas relacionadas, agrupadamente según dinámicas:

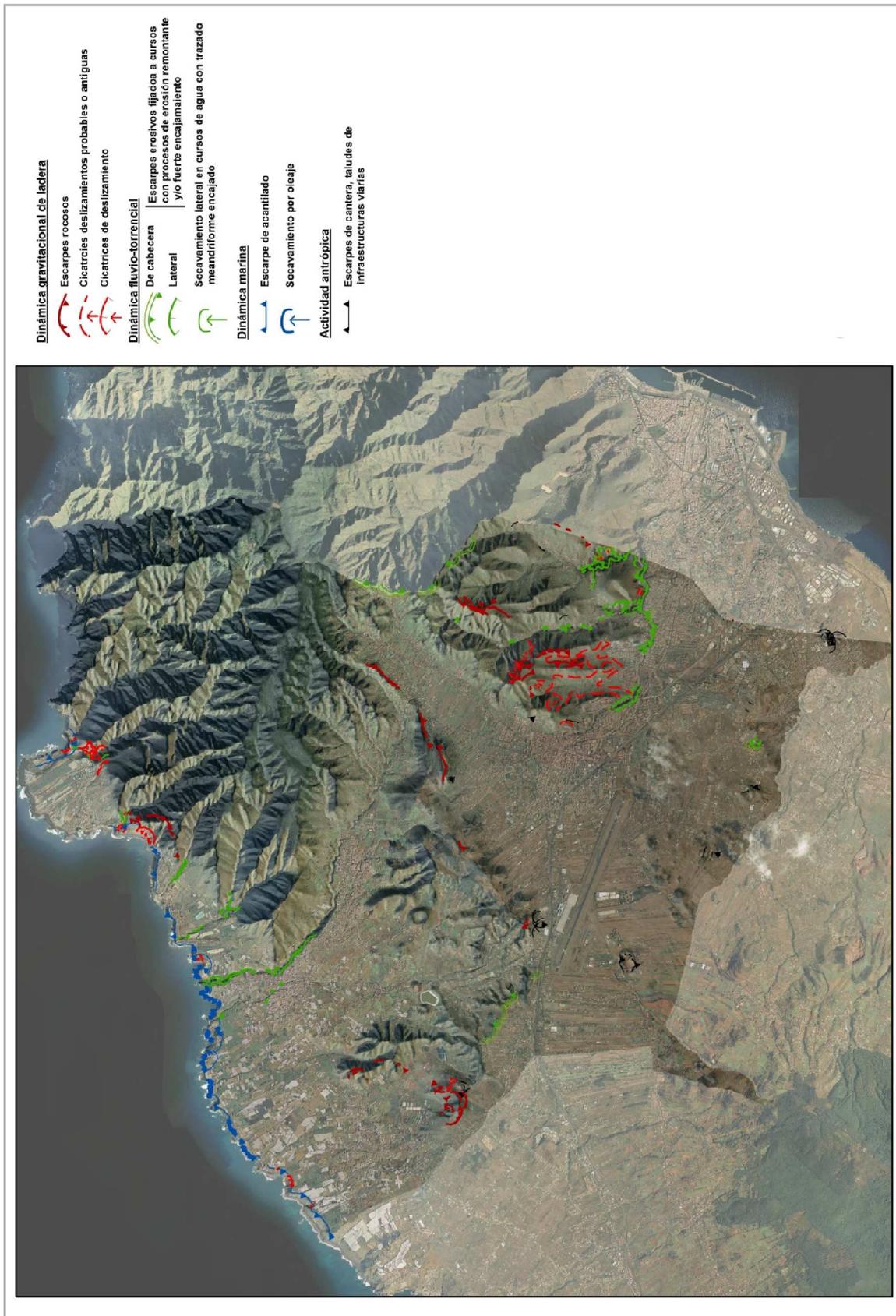


Figura 3: Procesos geomorfológicos

Fuente: Procesos geomorfológicos localizados en el municipio de San Cristóbal de La Laguna. Elaboración propia).



- a) Los procesos y formas asociados a la Dinámica Marina están presentes en toda la costa norte. El proceso fundamental es el socavamiento por oleaje que, por constancia y evolución, termina generando escarpes de acantilado, a veces separados del borde del mar por una estrecha franja de bloques, caídos del propio e inestable acantilado.
- b) La Dinámica Fluvio-torrencial es importante, sobre todo en los barrancos de Santos (y algunos de sus afluentes) y en el del Canónigo, donde los altos grados de incisión/encajamiento y de erosión remontante que comportan, generan escarpes laterales en sus bordes y de cabecera en sus inicios. Además, existe socavamiento lateral en las partes cóncavas de los trazados meandriformes de varios tramos de ellos.
- c) En cuanto a la Dinámica Gravitacional o de Ladera se han detectado y diferenciado escarpes rocosos (debidos a contrastes litológicos), así como cicatrices de deslizamiento (probablemente, rotacionales y relativamente recientes) y cicatrices de deslizamiento probables o antiguos, en ambos casos de materiales rocosos, no habiéndose diferenciado en Mapa el tipo de deslizamiento ni delimitado el contorno de la masa deslizada, al no disponer de una cartografía geológico-litológica adecuada a la escala del mismo. También se detectan, en el Modelo Digital del Terreno, formas microlobuladas en los depósitos coluviales del borde del Macizo de Anaga (en los bordes del valle de Las Mercedes y más al norte), atribuibles a pequeños flujos y reptaciones de dichos materiales no consolidados, aunque estas formas tampoco han sido marcadas en el Mapa, en este caso por su carácter general y extendido.
- d) En relación con la Actividad Antrópica, se han marcado escarpes, muy verticalizados, correspondientes a canteras de picón y a algunos taludes de infraestructuras viarias.

A partir de los tipos de procesos geomorfológicos activos detectados y su ámbito de actuación, de la naturaleza litológica y de los grados de pendiente; se han deducido los tipos de movimientos que se pueden producir y pueden generar riesgos asociados a la dinámica de vertientes, relacionados con laderas y/o escarpes, tales como: desprendimientos, deslizamientos de material rocoso, y flujos y reptaciones (más raramente, avalanchas) de material no consolidado. Además, se han considerado otros tipos de movimientos, más puntuales, tales como colapsos y descalces (en el borde litoral) y aterramientos (para determinados tramos de barrancos) en relación con riadas. No obstante, varios de estos movimientos pueden coexistir en determinadas zonas, razón por la cual se ha optado por agruparlos según contextos o ambientes de riesgo basados en los procesos geomorfológicos activos/recientes, predominantes. Establecidos los distintos tipos de movimientos se han definido una serie de grados de susceptibilidad teniendo en cuenta la metodología utilizada en el PTEOPRE (descrita anteriormente), es decir utilizando los factores de: uso del suelo, pendiente, litología y precipitaciones. Los grados de susceptibilidad establecidos son: alta, media y baja y quedan reflejados en la siguiente tabla:

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 remontante 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>			

Tabla 2: Niveles de susceptibilidad

Fuente: Tipos de movimientos y grados de susceptibilidad

- a) Deslizamientos y desprendimientos: Existentes en las laderas de barrancos de entidad, así como algunos otros barrancos menores, algunos de ellos, afluentes del primero. Se han identificados los siguientes niveles de susceptibilidad:
- **Alta-media**: presentan grados de pendiente de 45-70°, localizadas en algunas de las cabeceras de estos barrancos, así como en laderas de los mismos situadas encima de zonas con socavamiento lateral por tendencia meandri-forme encajada.
 - **Media-baja**: (que presentan grados de pendiente de 25-45°) en el resto de las laderas de estos barrancos). Asimismo, algunos escarpes acantilados pueden presentar este tipo de riesgos.
- b) Flujos generalmente lentos y reptaciones de material no consolidado: Movimientos que presentan los depósitos coluviales, constituidos por materiales no consolidados y con notable proporción de material matriz limo-arcilloso. Los depósitos coluviales de la zona, generalmente localizados dentro del Macizo de Anaga, así como en sus bordes, pueden subdividirse en:
- I. Depósitos coluviales en ambiente húmedo (es decir los comprendidos en toda la parte norte y en el entorno de la ciudad de La Laguna, para los que se detectan, de forma generalizada, formas lobuladas, propias de este tipo de movimientos)
 - II. Depósitos coluviales en ambiente más seco (los localizados al este del valle de Las Mercedes, que no suelen presentar las formas mencionadas y sobre los que suele existir un cierto abanalamiento agrícola relativamente estable).

Teniendo en cuenta esta subdivisión de los depósitos y los rangos de pendiente, se identifican los siguientes grados de susceptibilidad:

- **Alta-media** (para los depósitos coluviales en ambiente húmedo que presenten pendientes de más de 25°)
 - **Media-baja** (también para los mismos depósitos coluviales en ambiente húmedo pero con pendientes de 10-25°, así como los coluviones en ambiente seco, con más de 25° de pendiente)
 - **Baja** (para los coluviones en ambiente seco, con pendientes de 10-25°).
- c) Deslizamientos de material consolidado: Este tipo de riesgos atienden a los movimientos que pueden presentar (y han presentado recientemente, según observaciones geomorfológicas) los materiales rocosos de las laderas. Los movimientos a producirse pueden comportar deslizamientos rotacionales o desplazamientos laterales de grandes masas de material consolidado (rocoso), generalmente sin perder su estructura interna. Ambos tipos de movimientos comportan, para la masa deslizada, relaciones profundidad/longitud variables, respectivamente de 0,3-0,1 e inferiores a 0,1. Para este tipo de movimientos se han identificado los siguientes grados de susceptibilidad, basados en los rangos de pendiente:
- **Alta-media** (con pendientes de más de 45°).
 - **Media-baja** (con pendientes de 25-45°).
- d) Desprendimientos y, eventualmente, pequeños deslizamientos: Este tipo de riesgos 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 infraestructuras viarias). Para este tipo de movimientos se han establecido los siguientes grados de susceptibilidad basados en los rangos de pendiente:
- **Alta-media** (escarpes con pendiente igual o superior a 70°).
 - **Media-baja** (escarpes en pendiente de 45-70°).
- e) Aterramientos. Existe riesgo de este tipo de movimientos en aquellos terrenos de los barrancos con fuerte pendiente y que presentan un cambio brusco a zonas de menor pendiente y/o con menor grado de encajamiento. No se han establecido grados de susceptibilidad para este tipo de movimientos, debido a su carácter puntual.
- f) Colapsos y descalces. Generados por el socavamiento por oleaje que actúa selectivamente sobre las coladas basálticas, arrastrando el material más suelto (escorias y material “morrénico” de base o de techo de las mismas) y dejándolas en voladizo. Consecuentemente, se producen descalces y colapsos, de extensión hasta decamétrica, a favor del diaclasado de enfriamiento que presentan. Tampoco se han establecido grados de susceptibilidad para este tipo de movimientos, debido a su carácter localizado.

2.5.2 Resultados

A continuación se describe la situación dentro del municipio de San Cristóbal de La Laguna de cada uno de los tipos de movimientos identificados dentro del mismo, tal y como se recoge en el plano de susceptibilidad de dinámica de vertientes (IV.F2.05):

- a) Deslizamientos y desprendimientos: En las zonas de susceptibilidad alta-media y, en menor medida, media-baja pueden producirse deslizamientos de las laderas, que lleguen a retranquear los escarpes que limitan los barrancos, así como provocar des-



prendimientos de bloques rocosos. Se concentran fundamentalmente en el Barranco de Santos y sus afluentes principales, y en algunos de los barrancos de vertiente norte como son el Bco. del Rio, el Bco. de Flandes, el Bco. de San Juan, el Bco. de Perdomo con zonas de susceptibilidad alta-media en su salida de Anaga, el Bco. Tapias con determinados enclaves de susceptibilidad Alta-media y el Bco. de los Rodeos.

- b) Flujos generalmente lentos y reptaciones de material no consolidado: Este tipo de movimientos responden 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 del municipio, las laderas que rodean la vega lagunera, las de los lomos del Cardón y Montaña de Guerra, y las de barlovento de Anaga, siendo estas últimas las que presentan mas zonas de susceptibilidad Alta-media.
- c) Deslizamientos de material consolidado: Las zonas susceptibles a deslizamientos de material consolidado se suelen presentar siempre en las diversas laderas del Macizo de Anaga, en muchos casos inmediatamente encima de muchas de las zonas con susceptibilidad alta a Flujos, descritas en el apartado anterior. 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. Destaca el enclave valorado de susceptibilidad alta-media, Rico Grande, al pie de Montaña de Guerra colindante con el Barranco de Santos.
- d) Desprendimientos y, eventualmente, pequeños deslizamientos: Las zonas susceptibles a este tipo de movimientos se presentan de manera aislada en zonas relativamente localizadas de las zonas montañosas del municipio, laderas , conos y montañas y de manera más continua en los acantilados de la costa norte.
- e) Aterramientos. Los aterramientos son debidos a los arrastres de material sólido por el barranco, tras fuertes lluvias y las consiguientes riadas. Se concentran en las zonas de desembocadura o de los principales barrancos que vierten hacia el Norte y en pequeñas zonas donde vierten pequeños barrancos a su salida del macizo de Anaga.
- f) Colapsos y descalces. Estos movimientos pueden afectar, solo muy localmente, a construcciones litorales, en las áreas costeras bajas, no acantiladas, de Bajamar y de Punta del Hidalgo.

3. ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD

Los mapas de vulnerabilidad representan la distribución espacial de los elementos expuestos o vulnerables a un proceso natural y el grado de fragilidad de cada elemento ante este proceso. Los elementos expuestos pueden ser personas, bienes, propiedades, infraestructuras, servicios, actividades económicas, etc., que pueden sufrir las consecuencias directas o indirectas de un proceso en una determinada zona. El coste o valor de los mismos puede expresarse según diferentes criterios: coste de construcción de edificios o estructuras, coste de reparación de daños causados, valor asegurado, etc; también se pueden considerar los costes derivados de la interrupción de vías de comunicación, actividades económicas, servicios, etc. La estimación de la vulnerabilidad esta basada en la metodología existente en la (*Guía Metodológica de Cartografía de Riesgos naturales* en España GMCRE (Ministerio de Vivienda y Colegio de Geólogos; el FEMA (Federal Emergency Management Agency). Para la elaboración de los mapas de vulnerabilidad se parte del análisis y valoraciones socioeconómicas del riesgo, siendo posible, como se detalla en la Guía GMCRE, establecer dos tipos de vulnerabilidad: el riesgo económico (vulnerabilidad económica) y el riesgo social (vulnerabilidad social).

3.1 Vulnerabilidad económica

La vulnerabilidad económica se refiere a la vulnerabilidad teniendo en cuenta el valor del suelo (pérdidas) que es afectado por el proceso natural. Las clases que se pueden establecer de vulnerabilidad económica, no deberían ser absolutas del montante total de pérdidas, sino relativas en tanto en cuanto ese montante suponga un porcentaje más o menos elevado de los bienes asegurados o del total de los bienes de esa comunidad. Este concepto permitiría enlazar el mapa de vulnerabilidad económica con el concepto de resiliencia, si bien, debido a la falta de datos, en la metodología únicamente se podrán utilizar valores absolutos, sin tener en cuenta los bienes asegurados.

Para llevar a cabo un análisis de la vulnerabilidad económica del municipio de San Cristóbal de La Laguna, es necesario realizar una identificación de los elementos expuestos o vulnerables existentes en el municipio, para lo cual es imprescindible realizar un análisis de los usos del suelo. Para ello se ha empezado por llevar a cabo un inventario de las infraestructuras básicas y servicios esenciales del municipio, designados como elementos estructurantes (aquellos que implican algún servicio esencial o de emergencias, no solo por su valor económico sino por su influencia en la población afectada, cuya inhabilitación puede generar un incremento de la repuesta a un peligro o riesgo). Se consideran por tanto como elementos estructurantes, los equipamientos comunitarios (Centros sanitarios, servicios básicos, lugares de albergue y almacenamiento, centros de información, gestión y coordinación, medios de comunicación) e infraestructuras esenciales (aeropuerto, helipuertos, puertos marítimos y estaciones de transportes públicos).

Analizados los elementos estructurantes, se procede a considerar el resto de elementos expuestos existentes dentro del municipio y que se van a emplear para definir el mapa de vulnerabilidad económica:

- Infraestructuras: Infraestructuras de servicios (red eléctrica, red de aprovisionamiento de agua, recursos hídricos, red de saneamiento), infraestructura de transporte (red de carreteras y caminos)
- Espacios libres públicos: Parques urbanos
- Terciario: Grandes centros comerciales

- Zonas industriales
- Zona urbana o residencial (clasificadas en función de la densidad de población)
- Zona agrícola
- Zona naturales (matorral y arbolado)
- Otras zonas de vegetación natural y desprovista de vegetación

3.1.1 Metodología

Clasificados los diferentes usos del suelo a tener en cuenta, es necesario valorar los mismos. Para ello se ha partido de los datos económicos de los precios unitarios (m^2) del suelo para cada uso obtenidos de un estudio de los valores estimados del suelo tanto de la isla de La Palma como para la isla de Tenerife, adaptándolo a los usos del suelo clasificados para el municipio de San Cristóbal de La Laguna. Si bien, para facilitar la comparación y el tratamiento de estos valores, en términos más homogéneos, se ha preferido agrupar dicho valor económico en un rango de variación de 0 a 1 (con el valor máximo de 1 para los 830,15 €/m² que representan las zonas urbanas con elevada densidad), dando como resultado:

Descripción de criterios		Valor (€/m ²)	Magnitud	Valoración
Zonas urbanas con elevada densidad >60 hab/ha		830,15 €/m ²	1	1 (Alto)
Zonas urbanas con elevada densidad 15 -60 hab/ha		812,12 €/m ²	0,98	
Zonas urbanas con elevada densidad 5 -15 hab/ha		768,08 €/m ²	0,93	
Zonas de menor densidad y asentamientos rurales				
Elementos estructurantes		750,00 €/m ²	0,90	0,33 (Medio)
Zonas industriales y terciarios		300,50 €/m ²	0,33	
Infraestructuras		120,20 €/m ²	0,1	0,10 (Bajo)
Espacios libres públicos		90,00 €/m ²	0,02	
Zona agrícolas	Zona en producción	79,85 €/m ²	0,01	0,05 (Muy Bajo)
	Zona abandonada			
Zonas naturales Bosques y matorral		12,00 €/m ²	0	
Otros tipo de vegetación natural				

Tabla 3: Valoración de la vulnerabilidad económica según los usos del suelo del municipio de San Cristóbal de La Laguna

Fuente: Estudio económico y financiero de la isla de La Palma 2009 y datos relativos a los cultivos proceden del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, junio 2008.

3.1.2 Resultados

Las zonas de valoración Alta se corresponden con todas las zonas urbanas y equipamientos o dotaciones comunitarios, las de valor Medio con las zonas industriales y terciarias, las de valor Bajo son las de infraestructuras y los espacios libres públicos o parques y como de valor muy bajo se encuentran las zonas agrícolas y zonas naturales, quedando distribuidas en el municipio de tal y como se recoge en la siguiente imagen.

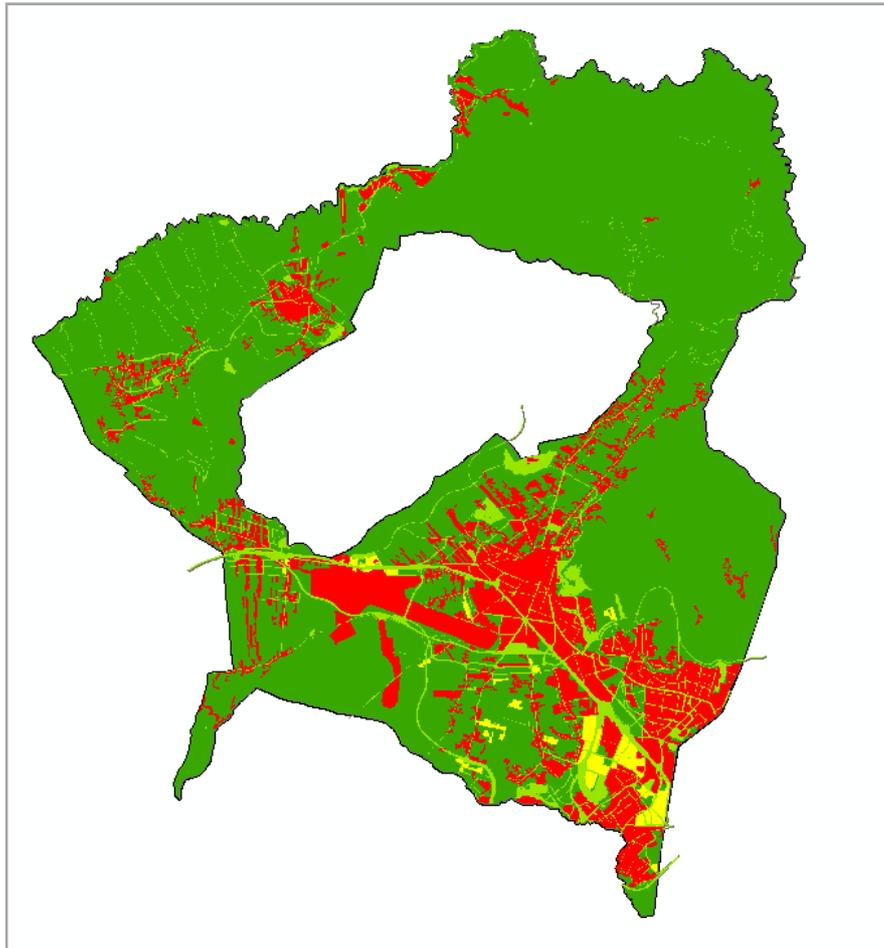


Figura 4: Vulnerabilidad económica en el municipio de San Cristóbal de La Laguna
 Fuente: Elaboración propia

3.2 Vulnerabilidad social

La vulnerabilidad social se refiere a la vulnerabilidad teniendo en cuenta a la población y las zonas donde se concentran. Para la vulnerabilidad social, los límites de las clases se establecen en función de las personas potencialmente fallecidas o heridas por año, criterios utilizados por diferentes organismos internacionales para la categorización de un evento como desastre o catastrofe y por la repercusión mediática que tiene el mismo. Para estimar la vulnerabilidad social del municipio de San Cristóbal de La Laguna, teniendo en cuenta la ausencia de datos disponibles, se pueden emplear, con el fin de estimar las personas potencialmente afectadas, los datos de densidad de población, puesto que a mayor densidad de población, mayor es el riesgo de personas afectadas por el proceso natural.

La población en San Cristóbal de La Laguna se concentra básicamente en el área metropolitana, correspondiente a los núcleos de San Cristóbal de La Laguna, Los Valles, La Cuesta, Taco y Las Chumberas, y en menor medida en la zona de La Vega de las Mercedes, Guajara y Los Andenes, todos ellos localizados en la parte sur del municipio. Además, el aeropuerto de Los Rodeos aparece incluido dentro del municipio, por lo que la movilidad de personas y mercancías se produce principalmente en las vías interiores a dichas áreas y en los corredores entre ellas y Santa Cruz de Tenerife. Es en estas áreas donde las personas están más expuestas a afecciones, incluso pudiéndose causar pérdidas de vidas, daños físicos, así como penalidades y trastornos en sus actividades cotidianas. La mejora en las condiciones de

vida ha ido generando mayor cantidad y diversidad de infraestructuras y dotaciones. Estas infraestructuras y dotaciones han dado respuesta, en ocasiones, a demandas sociales muy apremiantes; lo que ha dificultado un período de reflexión previa suficiente para analizar todas las variables con incidencia en su implantación territorial. Ello ha dado lugar con cierta frecuencia a soluciones poco adecuadas para evitar zonas de riesgo. El grado de desarrollo alcanzado en San Cristóbal de La Laguna ha producido una progresiva concentración y especialización de las infraestructuras y dotaciones en nodos y corredores, buscando una mayor eficiencia del modelo. En estudios más detallados (*FEMA*) de la vulnerabilidad de las personas, se utilizan también otros criterios como son: % de personas que tienen problemas de movilidad, grado de exposición a un proceso natural en función de la habitabilidad o el valor de la pérdida de vidas humanas, si bien no se ha considerado su utilización debido a la falta de datos a nivel, municipal, insular y en Canarias.

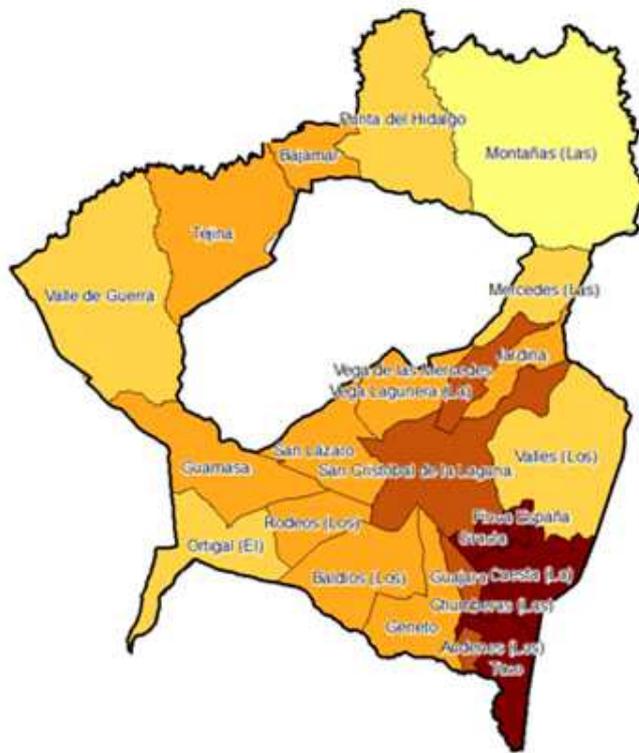
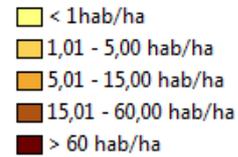


Figura 5: Densidad de población en cada entidad o núcleo que componen el municipio de San Cristóbal de La Laguna.

Fuente: Tipos de movimientos y grados de susceptibilidad

3.2.1 Metodología

A partir de los datos del análisis de población del municipio, se puede establecer una primera aproximación de un mapa de vulnerabilidad desde el punto de vista social, para cada una de los procesos naturales generadores de riesgos. Para ello se han combinado estos datos de densidad, con los usos del suelo del territorio (clases establecidas anteriormente en el apartado de vulnerabilidad económica), cuya finalidad es pormenorizar el resultado, asignándoles en rango de valores tal y como se recoge en la tabla siguiente:

Descripción de criterios	Inundación	Dinámica de Vertientes	Incendios	P. Sísmico	P. Volcánico
Zonas urbanas con elevada densidad >60 hab/ha	1	1	1	1	1
Zonas urbanas con elevada densidad 15 -60 hab/ha	1	1	1	1	1
Zonas urbanas con elevada densidad 5 -15 hab/ha	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Zonas de menor densidad y asentamientos rurales	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Elementos estructurantes	1	1	1	1	1
Zonas industriales y terciarios	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Infraestructuras	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Espacios libres públicos	0,4	0,2	0	0,4	0,4
Zona agrícolas	0,4	0,2	0,4	0	0
Zonas naturales (matorral y arbolado)	0,2	0	0,6	0	0
Otros tipo de vegetación natural	0,2	0	0,4	0	0

Tabla 4: Valoración de la vulnerabilidad social en función de los usos del suelo, la densidad y los procesos naturales.

Fuente: Pablo Fraile e Ismael Vallejo. Universidad de Sevilla. Curso Evaluación de riesgos naturales en los ámbitos municipales

3.2.2 Resultados

Como se aprecia en la tabla anterior, se valoran las zonas densamente pobladas y los equipamientos comunitarios (equipamientos esenciales para dar una respuesta a cualquier riesgo, como policía, bomberos, protección civil, aeropuerto etc.) son considerados con el mayor valor (muy alto- 1) independientemente del proceso natural que se produzca.

Posteriormente, el resto de zonas urbanas del municipio (zonas de menor densidad y asentamientos rurales) se valoran con un valor alto (0,8), también de manera independiente al proceso natural.

Se consideran de valor medio (0,6) las infraestructuras (carreteras) y zonas industriales y terciarias, puesto que suponen de manera puntual zonas de concentración de población. Junto a ellas se encuentran bajo el mismo rango, las zonas naturales de matorral y arbolado en el caso de los incendios forestales, por la incidencia de este riesgo sobre estas zonas, su aparición espontánea y rápida expansión y posible afección a la población dispersa.

Se consideran valores bajos (0,4) los espacios libres públicos (parques urbanos) salvo en el caso de la dinámica de vertientes, por estar alejados de los mismos (valor muy bajo 0,2) o de incendios, por su nula posibilidad de generarse un incendio que afecte a la población en un parque público. También con valores bajos (0,4), se han designado las zonas agrícolas en caso de avenidas y de incendios, así como las zonas de otro tipo de vegetación natural también en incendios forestales.

Como valores muy bajos (0,2), además de los mencionados en el párrafo anterior, se encuentran los espacios públicos y zonas agrícolas en los procesos naturales asociados a dinámica de vertientes y las zonas naturales en procesos naturales que impliquen riesgo de inundación.

Por último, se consideran nulos, aquellas zonas donde el proceso natural no afecta a la población.

Respecto a los procesos el que genera mayor vulnerabilidad social es el de inundaciones, seguido por el de dinámica de vertientes e incendios y por último los de riesgos sísmicos y volcánicos que presentan la misma distribución.

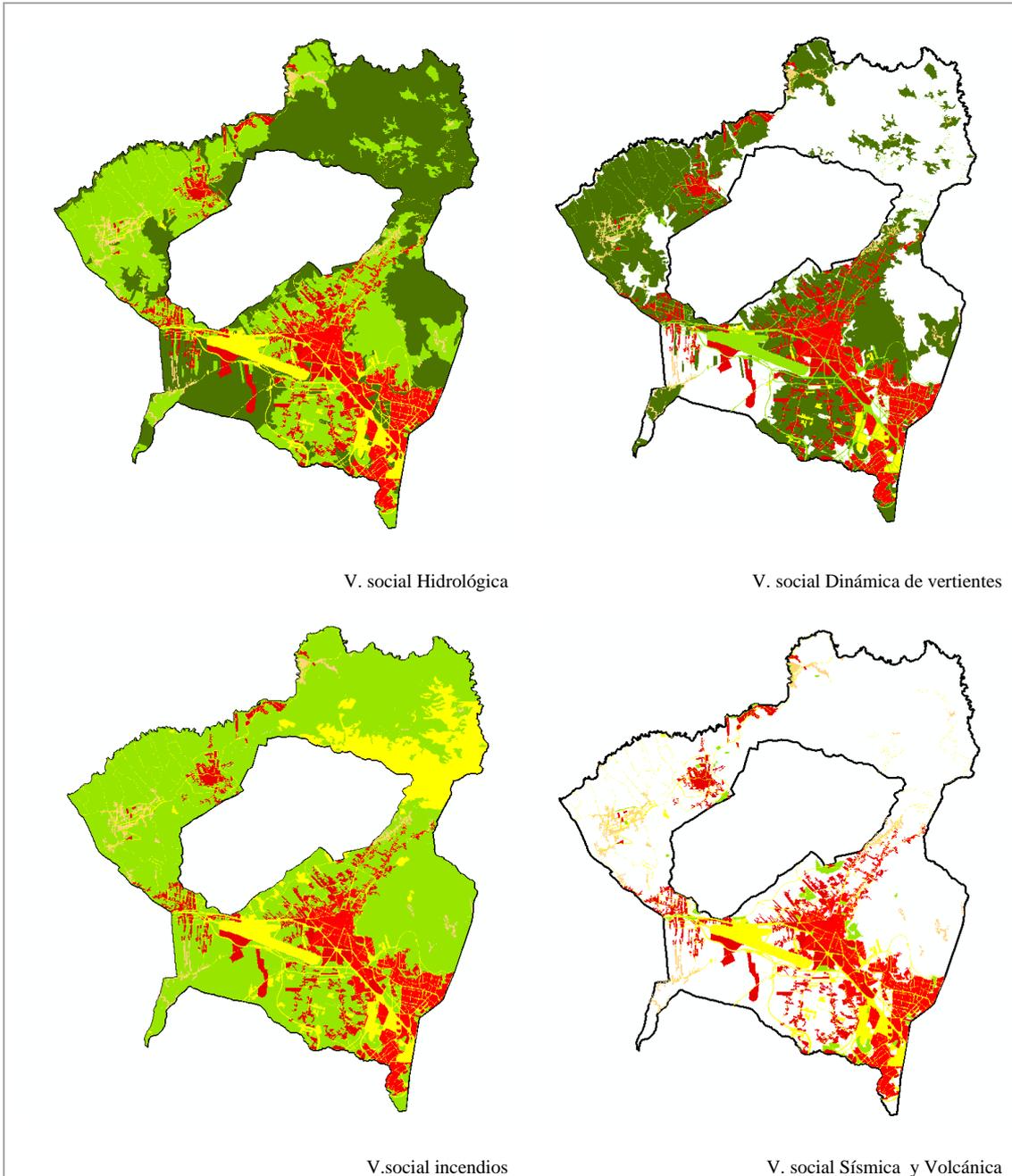


Figura 6: Vulnerabilidad social en el municipio de San Cristóbal de La Laguna.
 Fuente: Elaboración propia

3.2.3 Conclusiones

Es importante tener en cuenta que se han generalizado los mapas de vulnerabilidad utilizando únicamente el parámetro del valor (vidas humanas o costes) y no se ha tenido en cuenta el porcentaje de daño que puede generar cada proceso natural en función de las características que presentan los elementos vulnerables, por ejemplo, en el caso de la vulnerabilidad de inundación, los daños son en función del calado de la avenida, tipo de edificaciones afectadas, fecha de construcción, distancia a la zona de riesgo y de la peligrosidad del daño (medida según la probabilidad de ocurrencia, es decir los periodos de retorno), ó en el caso del riesgo sísmico cuya estimación de % de daños es función del tipo de edificación o su fragilidad entre otras variables. Si bien actualmente no se disponen de esos datos de las caracterís-

ticas de los elementos vulnerables para la isla de Tenerife, el PEMU utiliza, de forma genérica, unos valores de índice de daños previsibles (ID) en función del tipo de proceso natural que puede generar el riesgo. Este índice de daños previsibles, será tenido en cuenta en la estimación del riesgo económico.

Building Characteristics	Flood	Earthquake	Tsunami	Tornado	Coastal Storm	Landslide	Wildfire
Building Type / Type of Foundation	✓	✓	✓		✓		
Building Code Design Level / Date of Construction	✓	✓	✓	✓	✓		✓
Roof Material				✓	✓		✓
Roof Construction				✓	✓		✓
Vegetation							✓
Topography	✓				✓	✓	✓
Distance from the Hazard Zone	✓		✓		✓	✓	✓

Figura 7: Parámetros a tener en cuenta en la estimación del daño
 Fuente: FEMA (Federal Emergency Management Agency). *Understanding your Risks, Identifying hazards and estimating losses*

4. ANÁLISIS DE RIESGO

Para establecer una valoración del riesgo es necesario tener en cuenta variables estadísticas o de probabilidad (ocurrencia o previsible). Hasta ahora en la estimación de los factores que componen el riesgo, (peligrosidad o susceptibilidad), (vulnerabilidad tanto económica como social que incluye el valor) estos parámetros estadísticos no se han tenido en cuenta, ya que no se disponían de datos concretos a la escala que es necesaria para estimar estos factores aplicándolos a la ordenación. Si bien, deben ser tenidos en cuenta al estimar el riesgo con el fin de que el resultado sea lo más fiable posible. Actualmente, estos valores estadísticos, de forma muy genérica están recogidos en el PEMU del municipio de San Cristóbal de La Laguna. El PEMU valora el riesgo a partir de un Índice de Riesgo (IR), obtenido como resultado de la combinación de un índice de probabilidad de ocurrencia (IP) y de un índice de daños previsibles (ID): $IR = IP \times ID$.

IP: Índice de Probabilidad de ocurrencia (se refiere a la probabilidad de que se produzca un proceso natural que puede generar un riesgo).

0- Inexistente

1- Sin constancia o menos de una vez cada 30 años

2- Entre 10-30 años

3- Cada 10 años más o menos

4- Una o más veces al año

ID: Índice de daños previsibles (probabilidad del daño previsible e intensidad del mismo).

0- Sin daños

1- Pequeños daños materiales o al medio ambiente, sin afectados

2- Pequeños daños materiales o al medio ambiente y/o algún afectado

5- Importantes daños materiales o al medio ambiente y/o numerosos afectados, con posibilidad de algunas víctimas mortales

7- Daños materiales muy graves o daños irreparable al medio ambiente y posibilidad de un elevado número de víctimas mortales

Para estimar el riesgo de una forma más fiable, es necesario introducir los parámetros de probabilidad de ocurrencia en un intervalo de tiempo y la intensidad del daño previsible que se han utilizado en el PEMU, aunque sean muy genéricos y que aparecen clasificados en función del tipo de proceso natural que se produzca. Estos parámetros se combinarán de tal forma, que los valores de susceptibilidad (sísmica, de incendios forestales, inundación y dinámica de vertientes) se cruzan con los valores de probabilidad de ocurrencia que establece el PEMU para cada tipo de proceso natural, obteniendo la peligrosidad de ocurrencia. De forma similar, tanto la vulnerabilidad social como económica estimadas en el presente documento, se combinan con los valores del PEMU de intensidad de daño previsible, obteniendo de este modo la vulnerabilidad social previsible y la vulnerabilidad económica previsible. Por último, la combinación de los resultados obtenidos de peligrosidad de ocurrencia y vulnerabilidad (social o económica) previsibles, da como resultado el riesgo del municipio de San Cristóbal de La Laguna:

Riesgo social = Peligrosidad de ocurrencia (P x IP) x (Vulnerabilidad social previsible (Vs x ID))

Riesgo económico = Peligrosidad de ocurrencia (P x IP) x (Vulnerabilidad económica previsible (Ve x ID))

Según el proceso natural, el *PEMU* establece los siguientes valores para el índice de probabilidad de ocurrencia e índice de daños previsible.

Tipo de proceso natural	IP (Índice de probabilidad de ocurrencia)		
	IP	Período	Descripción
Sísmico	3	(cada 10 años más o menos)	Según los datos históricos se pueden producir sismos con origen eruptivo en cualquier parte de la isla y aunque la erupción se encuentre relativamente alejada los terremotos si se dejarían sentir con toda probabilidad en San Cristóbal de La Laguna.
Volcánico	1	(sin constancia o menos de una vez cada 30 años)	A partir de las efemérides históricas conocidas, en los histogramas de frecuencia resultantes es posible distinguir periodos de actividad de unos 100-200 años y periodos de inactividad de 100-200 años de duración. Además, ninguna de las erupciones registradas se refieren a este municipio.
Inundación	2	(Entre 10-30 años)	Periodo de recurrencia para inundaciones de cierta importancia registradas históricamente ya no solo en el término municipal de San Cristóbal de La Laguna, si no en otros municipios cercanos (como las inundaciones del 31/2003 en Santa Cruz de Tenerife)
Incendios	4	(Una o más veces al año)	Aunque en los últimos 10 años no hay constancia de grandes incendios en el municipio, debido al carácter forestal de gran parte del mismo, sí se han producido pequeños conatos por lo que se considera una probabilidad elevada.
Dinámica de vertientes	2	(Entre 10-30 años)	En los registros históricos es más o menos la frecuencia con la que se produce un desprendimiento y que en todos los casos ha sido asociado a fuertes precipitaciones.

Tabla 5: Índice de probabilidad de ocurrencia

Fuente: *PEMU (Plan de Emergencia del municipio de San Cristóbal de La Laguna)*

Tipo de proceso natural	IP (Índice de daños previsible)		
	IP	Tipo de daño	Descripción
Sísmico	2	(Pequeños daños materiales o al medio ambiente y/o algún afectado)	Con epicentro en el término municipal de San Cristóbal de La Laguna, no se tiene constancia de que se haya registrado nunca un terremoto. Según los datos históricos, la intensidad de los seísmos que han afectado al municipio ha sido baja, si bien debido al incremento de la población y de las infraestructuras en ciertas zonas, la existencia de áreas inestables y de edificaciones muy antiguas a lo largo del municipio, se pueden producir ciertos daños. Además, es importante tener en cuenta que en Canarias es de aplicación la Norma de Construcción Sismorresistente (NCSE-02) tanto para las construcciones de importancia normal (aquellas cuya destrucción por un terremoto pueda ocasionar víctimas, interrumpir un servicio para la colectividad o producir importantes pérdidas económicas, sin que en ningún caso se trate de un servicio imprescindible ni pueda dar lugar a efectos catastróficos) como para las de importancia especial (aquellas cuya destrucción por el terremoto puede interrumpir un servicio imprescindible o dar lugar a efectos catastróficos tales como hospitales, instalaciones básicas de comunicaciones, edificios e instalaciones vitales de los medios de transporte, etc.). Por tanto, las exigencias legales en vigor ya garantizan la adopción de las medidas estructurales necesarias en la construcción de edificios para atenuar los daños que pueda ocasionar un movimiento sísmico.

Tipo de proceso natural	IP (Índice de daños previsibles)		
	IP	Tipo de daño	Descripción
Volcánico	2	(Pequeños daños materiales o al medio ambiente y/o algún afectado)	Es importante tener en cuenta que en Tenerife los seísmos van ligados con erupciones volcánicas, por lo que aunque la frecuencia se haya estimado diferente (las erupciones en el total de la isla pueden provocar seísmos dentro del municipio), los daños previsibles son similares.
Inundación	5	(Importantes daños materiales o al medio ambiente y/o numerosos afectados, con posibilidad de algunas víctimas mortales)	Se estable en 5 pues podrían darse víctimas mortales en el caso de fuertes precipitaciones, unidas a fuertes temporales de viento que pudieran ocasionar desbordamientos. Además, hay que tener en cuenta el carácter recurrente y aleatorio de estos episodios de fuertes precipitaciones.
Incendios	2	(Pequeños daños materiales o al medio ambiente y/o algún afectado)	Si bien los incendios forestales se propagan con gran rapidez, la ausencia de grandes núcleos próximos a las masas forestales y teniendo en cuenta los datos de modelos de combustibles de la vegetación que compone el municipio, se ha considera que la intensidad del daño es relativa.
Dinámica de vertientes	5	(Importantes daños materiales o al medio ambiente y/o numerosos afectados, con posibilidad de algunas víctimas mortales)	Se pueden producir víctimas mortales (personas viajando por una carretera, alguna construcción al borde de barranco, etc.) que podrían ser numerosas, pues aunque las áreas de riesgo se encuentran muy localizadas (corona montañosa de Anaga y vertientes costeras), son zonas pobladas y se podrían afectar a algunas edificaciones.

Tabla 6: Índice de daños previsibles

Fuente: PEMU (Plan de Emergencia del municipio de San Cristóbal de La Laguna)

La *peligrosidad de ocurrencia*, entendida como la probabilidad de ocurrencia de un proceso de un nivel de intensidad o severidad determinada dentro de un periodo de tiempo dado y dentro de un área específica, se obtiene del resultado de la combinación de la susceptibilidad de cada uno de los procesos con el índice de probabilidad de ocurrencia, de dicho proceso. Esto es una zona con alta posibilidad de verse afectada (susceptibilidad) por un proceso y que dicho proceso sea frecuente (alto IP) dotan de un valor alto de peligrosidad a dicha zona. Así como una zona con baja probabilidad de verse afectada y procesos que no se producen durante periodos largos dotan a dicha zona de un valor bajo de peligrosidad de ocurrencia. Los resultados de manera pormenorizada se recogen en la siguiente tabla.

Tipo de proceso natural	Valores de susceptibilidad o peligrosidad obtenidos	IP (Índice de probabilidad de ocurrencia)		Peligrosidad ocurrencia
Sísmico	Alta (0,8)	3 ² (cada 10 años más o menos)		2,4 (Moderada)
	Moderada (0,6)			1,8 (Baja)
	Baja (0,4)			1,2 (Baja)
Volcánico	Mínima o Muy baja (0,2)	1 ³		0,2 (Muy Baja)
Inundación	Moderada (0,6)	2 (Entre 10-30 años)		1,2 (Baja)
Incendios	Muy alta (1)	4 (Una o más veces al año)		Muy Alta (4)
	Alta (0,8)			Alta (3,6)
	Media (0,6)			Moderada (2,4)
	Baja (0,4)			Baja (1,6)
	Muy baja (0,2)			Muy baja (0,8)
Dinámica de vertientes	Alta (1)	2 (Entre 10-30 años)	Resto 2,5	2,5 (Moderada)
	Media (0,5)			1,5 (Baja)
	Baja (0,3)	Aterramiento y colapsos y descalces 2	0,75 (Muy Baja)	
			2 (Moderada)	
			1 (Baja)	

Peligrosidad de ocurrencia	Muy Alta	Alta	Moderada	Baja	Muy baja
	4-3,7	3,6-3	2,9-2	1,9-1	0,9-0

Tabla 7: Peligrosidad de ocurrencia
Fuente:Elaboración propia

Analizando los resultados de la tabla.

- Sísmico: Se parte una de valores de peligrosidad alta, moderada y baja, si bien debido a que la frecuencia del proceso natural es media, genera que los valores finales de peligrosidad de ocurrencia se vean reducidos.
- Volcánico: Como se ha explicado, se disponen de mapas de peligrosidad del riesgo volcánico en la isla de Tenerife, por lo que debido a la baja frecuencia de los procesos registrados, la peligrosidad de ocurrencia que se obtiene es muy baja.
- Inundación: La susceptibilidad es moderada, quedando la peligrosidad de ocurrencia reducida por la baja frecuencia del proceso.
- Incendios: Puesto que la susceptibilidad de incendios forestales presentaba valores elevados al combinarlo con la alta frecuencia que presenta este proceso natural, el resultado es que se sigue conservando estos valores elevados de peligrosidad de ocurrencia.
- Dinámica de vertientes: Respecto a la dinámica de vertientes, aunque se partía de unos valores de susceptibilidad elevados la baja frecuencia del proceso genera que la peligrosidad de ocurrencia se vea disminuida a valores de moderado, bajo o muy bajo.

2 La probabilidad de ocurrencia estimada en la metodología del PTEOPRE, se refiere a datos de probabilidad de ocurrencia según los eventos sísmicos de un proceso simulado, sin tener en cuenta los datos de probabilidad de ocurrencia históricos que son los que se consideran en el PEMU y gracias a estos datos históricos se define el índice de probabilidad de ocurrencia, en este caso sísmico. Por lo que se ha considerado tener en cuenta índice para estimar la peligrosidad de ocurrencia real del municipio.

3 Para el riesgo volcánico, se disponía del Mapa de Peligrosidad volcánica de la isla de Tenerife que ya tiene en cuenta la probabilidad de ocurrencia, por lo que no es necesario aplicar el índice del PEMU, si bien el plan considera un índice de 1 (Sin constancia o menos de una vez cada 30 años), por lo que si se considerará la peligrosidad de ocurrencia sería la misma Muy baja (0,2).

Como se describe en la metodología, el valor de la *vulnerabilidad social previsible* refleja la combinación entre la vulnerabilidad social definida en el capítulo 3.2 o lo que es lo mismo la susceptibilidad de dañar a valores sociales, por cada uno de los procesos naturales analizados, siendo por lo tanto las zonas de mayor población como las zonas más vulnerables desde el punto de vista social, con el grado de daño (intensidad de daño previsible) que puede generar cada proceso natural sobre estas zonas vulnerables desde el punto de vista social.

Tipo de proceso natural	Valores de vulnerabilidad social obtenidos	ID (Índice de daños previsibles)	Vulnerabilidad social total previsible
Sísmico	Muy alta (1)	2 (Pequeños daños materiales o al medio ambiente y/o algún afectado)	(2) Baja
	Alta (0,8)		(1,6) Baja
	Moderada (0,6)		(1,2) Baja
	Baja (0,4)		(0,8) Muy Baja
	Nula (0)		0
Volcánico	Muy alta (1)	2 (Pequeños daños materiales o al medio ambiente y/o algún afectado)	(2) Baja
	Alta (0,8)		(1,6) Baja
	Moderada (0,6)		(1,2) Baja
	Baja (0,4)		(0,8) Muy Baja
	Nula (0)		0
Inundación	Muy alta (1)	5 (Importantes daños materiales o al medio ambiente y/o numerosos afectados, con posibilidad de algunas víctimas mortales)	(5) Muy alta
	Alta (0,8)		(4) Alta
	Moderada (0,6)		(3,0) Moderada
	Baja (0,4)		(2) Baja
	Muy baja (0,2)		(1) Muy Baja
Incendios	Muy alta (1)	2 (Pequeños daños materiales o al medio ambiente y/o algún afectado)	(2) Baja
	Alta (0,8)		(1,6) Baja
	Moderada (0,6)		(1,2) Baja
	Baja (0,4)		(0,8) Muy Baja
	Muy baja (0,2)		(0,4) Muy Baja
Dinámica de vertientes	Muy alta (1)	5 (Importantes daños materiales o al medio ambiente y/o numerosos afectados, con posibilidad de algunas víctimas mortales)	(5) Muy alta
	Alta (0,8)		(4) Alta
	Moderada (0,6)		(3,0) Moderada
	Baja (0,4)		(2,0) Baja
	Muy baja (0,2)		(1,0) Muy Baja

Vulnerabilidad social previsible	Muy Alta	Alta	Moderada	Baja	Muy baja	Nula
	6-4,1	4-3,1	3-2,1	2-1,1	1-0,1	0

Tabla 8: Vulnerabilidad social previsible
Fuente: Elaboración propia

Analizando los resultados de la tabla de vulnerabilidad social previsible:

- Se observa que en aquellas zonas con valores de vulnerabilidad social altos provocados por procesos tales como el Sísmico, Volcánico e Incendios, por ocurrir en zonas de alta densidad de población, con infraestructuras o usos industriales o terciarios, la vulnerabilidad social previsible disminuye mucho, puesto que los daños que se generarían son muy bajos sin poner en apenas peligro vidas humanas.
- En cambio en procesos tales como Inundación y Dinámica de vertientes, los valores de vulnerabilidad previsible se incrementan respecto a los potenciales puesto que la intensidad del daño es también alta.

De igual que para la vulnerabilidad social, la *vulnerabilidad económica previsible* es la combinación entre la vulnerabilidad económica desarrollada en el apartado 3.1, o lo que es lo

mismo la susceptibilidad de dañar a valores económicos, por cada uno de los procesos naturales analizados con con el grado de daño (intensidad de daño previsible) que puede generar cada proceso natural, sobre estas zonas vulnerables desde el punto de vista económico.

Tipo de proceso natural	Valores de vulnerabilidad económica obtenidos	ID (Índice de daños previsibles)	Vulnerabilidad económica total previsible
Sísmico	Alta (1) Media-Baja (0,3) Baja (0,1) Muy baja (<0,05)	2 (Pequeños daños materiales o al medio ambiente y/o algún afectado)	(2) Moderada
			(0,6) Baja
			(0,2) Muy Baja
			(<0,1) Muy Baja
Volcánico		2 (Pequeños daños materiales o al medio ambiente y/o algún afectado)	(2) Moderada
			(0,6) Baja
			(0,2) Muy Baja
			(<0,1) Muy Baja
Inundación		5 (Importantes daños materiales o al medio ambiente y/o numerosos afectados, con posibilidad de algunas víctimas mortales)	(5) Alta
			(1,5) Moderada
			(0,5) Baja
			(<0,25) Muy Baja
Incendios		2 (Pequeños daños materiales o al medio ambiente y/o algún afectado)	(2) Moderada
			(0,6) Baja
			(0,2) Muy Baja
			(<0,1) Muy Baja
Dinámica de vertientes	5 (Importantes daños materiales o al medio ambiente y/o numerosos afectados, con posibilidad de algunas víctimas mortales)	(5) Alta	
		(1,5) Moderada	
		(0,5) Baja	
		(<0,25) Muy Baja	

Vulnerabilidad económica previsible	Alta	Moderada	Baja	Muy baja
	5-3,1	3-1,1	1-0,5	0,4-0

Tabla 9: Vulnerabilidad económica previsible
Fuente: Elaboración propia

Analizando los resultados de la tabla de vulnerabilidad económica previsible, se observa que:

- a) En el caso de los procesos sísmicos, volcánicos y de incendios, los daños generados sobre los valores económicos son muy bajos, lo que provoca que los índices de vulnerabilidad económica potencial disminuyan de valor relativo. Esto es zonas de alta vulnerabilidad, como es el caso de los núcleos de población obtienen valores de vulnerabilidad económica previsible moderados, en ningún caso se pueden considerar nulos ya que todo el territorio tiene valor económico.
- b) Respecto a los procesos de inundación y dinámica de vertientes, los valores de vulnerabilidad son altos y la intensidad del daño también, por lo que la vulnerabilidad económica previsible resultante, incrementa en su valor absoluto, pero no varía en su magnitud relativa, manteniendo los rangos de vulnerabilidad, desde alta, a muy baja vulnerabilidad.

4.1. Riesgo sísmico

4.1.1 Metodología

Para estimar el riesgo sísmico, se han combinado por un lado, la peligrosidad de ocurrencia (obtenida del mapa de susceptibilidad establecido por el PTEOPRE y del índice de probabilidad de ocurrencia del PEMU) y que se corresponde con aquellas zonas susceptibles del proceso sísmico y pero matizadas con el periodo en el que este suceso se produce en el tiempo, con los valores definidos para la vulnerabilidad social previsible y económica previsible aplicando el índice de daños previsible (ID) y que es la susceptibilidad de dañar a valores sociales o económicos matizadas con la intensidad del daño generado.

Vulnerabilidad social total previsible	Peligrosidad de ocurrencia		
	2,4 (Moderada)	1,8 (Baja)	1,2 (Baja)
(2) Baja	(4,8) Bajo	(3,6) Bajo	(2,4) Bajo
(1,6) Baja	(3,84) Bajo	(2,88) Bajo	(1,92) Muy bajo
(1,2) Baja	(2,88) Bajo	(2,16) Muy Bajo	(1,44) Muy bajo
(0,8) Muy baja	(1,92) Muy Bajo	(1,44) Muy bajo	(0,96) Muy bajo
0 Nula	0 Nulo	0 Nulo	0 Nulo

Riesgo social sísmico	Muy Alta	Alta	Moderada	Baja	Muy baja	Nula
	20-15,1	15-10,1	10-5,1	5-2,3	2,2-0	0

Tabla 10: Riesgo social sísmico.

Fuente: Elaboración propia

Vulnerabilidad económica total previsible	Peligrosidad de ocurrencia		
	2,4 (Moderada)	1,8 (Baja)	1,2 (Baja)
(2) Moderada	(4,8) Moderada	(3,6) Baja	(2,4) Baja
(0,6) Baja	(1,44) Baja	(1,08) Baja	(0,72) Muy baja
(0,2) Muy Baja	(0,48) Muy baja	(0,36) Muy baja	(0,24) Muy baja
(<0,1) Muy Baja	(<0,48) Muy baja	(<0,36) Muy baja	(<0,24) Muy baja

Riesgo económico sísmico	Muy Alta	Alta	Moderada	Baja	Muy baja
	20-15,1	15-10,1	10-4,6	4,5-1,1	1-0

Tabla 11: Riesgo económico sísmico.

Fuente: Elaboración propia

4.1.2 Encuadre riesgo social

Las zonas de riesgo sísmico social que se han obtenido indican que el riesgo en el municipio de San Cristóbal de La Laguna se puede clasificar como bajo o muy bajo, tal y como se muestra en el plano de riesgo sísmico social (IV.F4.01). Las zonas designadas como bajas se corresponden a zonas donde existe una mayor concentración de la población (zonas urbanas con mayor densidad, elementos estructurantes). Como muy bajas aparecen las infraestructuras básicas existentes en el municipio y las zonas urbanas con menor densidad (asentamientos y edificaciones dispersas). El resto del territorio se considera que posee un riesgo nulo, puesto que no se verá afectada población.

4.1.3 Encuadre riesgo económico

Respecto al riesgo sísmico económico, recogido en el plano de riesgo sísmico económico (IV.F4.02) aparecen unas zonas designadas con un riesgo medio o moderado, que se co-

responden con edificaciones de viviendas o zonas de dotaciones que aparecen en el área de mayor susceptibilidad sísmica del municipio, que coincide con la parte suroeste del mismo, zona más próxima a la dorsal del Teide. Las zonas de riesgo bajo se corresponden en este caso con zonas urbanas (tanto las zonas de alta densidad como los asentamientos rurales) y las infraestructuras y dotaciones que están alejadas de la zona de mayor peligrosidad. Las zonas de riesgo sísmico económico muy bajo se corresponde a áreas agrícolas y las edificaciones dispersas que aparecen en estas áreas asociadas a los cultivos.

4.2 Riesgo volcánico

4.2.1 Metodología

Para estimar el riesgo volcánico, se han combinado por un lado, la peligrosidad de ocurrencia del proceso volcánico (obtenida del mapa del IGME de Peligrosidad volcánica en la isla de Tenerife), y que son aquellos lugares susceptibles de un proceso volcánico matizados por los periodos de ocurrencia, con los valores definidos para la vulnerabilidad social y económica previsible aplicando el índice de daños previsible (ID) y que es la susceptibilidad de dañar a valores sociales o económicos matizadas con la intensidad del daño generado.

Vulnerabilidad social total previsible	Peligrosidad de ocurrencia
	0,2 (Muy Baja)
(2) Baja	(0,4) Muy Baja
(1,6) Baja	(0,32) Muy Baja
(1,2) Baja	(0,24) Muy Baja
(0,8) Muy baja	(0,16) Muy Baja
0 Nula	0 Nulo

Riesgo social volcánico	Muy Alta 20-15,1	Alta 15-10,1	Moderada 10-5,1	Baja 5-2,1	Muy baja 2-0	Nula 0
-------------------------	---------------------	-----------------	--------------------	---------------	-----------------	-----------

Tabla 12: Riesgo social volcánico
Fuente: Elaboración propia

Vulnerabilidad económico total previsible	Peligrosidad de ocurrencia
	0,2 (Muy Baja)
(2) Moderada	(0,4) Muy Baja
(0,6) Baja	(0,16) Muy Baja
(0,2) Muy Baja	(0,04) Muy Baja
(<0,2) Muy Baja	(<0,04) Muy Baja

Riesgo económico volcánico	Muy Alta 20-15,1	Alta 15-10,1	Moderada 10-4,6	Baja 4,5-2,1	Muy baja 2-0
----------------------------	---------------------	-----------------	--------------------	-----------------	-----------------

Tabla 13: Riesgo económico volcánico
Fuente: Elaboración propia

4.2.2 Encuadre riesgo social

Son las áreas urbanas, infraestructuras y elementos estructurantes donde se puede afectar a la población, las que obtienen un valor de riesgo muy bajo, tal y como se muestra en el plano de riesgo volcánico social (IV.F4.03) puesto que respecto a la peligrosidad de riesgo volcánico, como se estableció anteriormente al inicio de este capítulo, en el municipio únicamente existen zonas con valores muy bajos, por lo que al combinarlas con la vulnerabili-

dad social previsible para este suceso, donde se indicaba que los daños son muy bajos para estimar el riesgo volcánico social, se obtiene como resultado valores de riesgo muy bajos. En el resto del municipio se considera que el riesgo social volcánico como nulo.

4.2.3 Encuadre riesgo social

A diferencia del riesgo volcánico social, el riesgo volcánico económico afecta a todas las zonas donde se ha valorado la existencia de peligrosidad volcánica, tal y como se muestra en el plano de riesgo volcánico económico (IV.F4.04), ya que todo el suelo afectado presenta algún valor, por pequeño que sea. Si bien el riesgo únicamente se puede clasificar como muy bajo por la mínima peligrosidad que presenta.

4.3 Riesgo de inundación o avenidas

4.3.1 Metodología

Para estimar el riesgo de inundación, como en los casos anteriores, es importante tener en cuenta que por un lado se ha combinado la peligrosidad de inundación obtenida de las zonas susceptibles del plan de avenidas (PDA de Tenerife) donde se incluye las zonas de calado de 5 m del cauce y del índice de probabilidad de ocurrencia del PEMU y los definidos para la vulnerabilidad total social y económica aplicando el índice de daños previsible. Es importante matizar que debido a la falta de información disponible, las zonas obtenidas se pueden considerar que representan zonas potencialmente con riesgo. Puesto que las zonas más concretas quedan identificadas posteriormente en el PDA de Tenerife.

Vulnerabilidad social total previsible	Peligrosidad de ocurrencia
	Moderada (1,2)
(5) Muy alta	(6) Moderada
(4) Alta	(4,8) Moderada
(3,0) Moderada	(3,6) Moderada
(2,0) Baja	(2,4) Baja
(1,0) Muy Baja	(1,2) Muy Baja

Riesgo social inundación	Muy Alta 20-15,1	Alta 15-10,1	Moderada 10-3,1	Baja 3-1,6	Muy baja 1,5-0
--------------------------	---------------------	-----------------	--------------------	---------------	-------------------

Tabla 14: Riesgo social de inundación
Fuente: Elaboración propia

Vulnerabilidad económica total previsible	Peligrosidad de ocurrencia
	Moderada (1,2)
(5) Alta	(6) Moderada
(1,5) Moderada	(1,8) Moderada
(0,5) Baja	(0,6) Baja
(<0,5) Muy Baja	(<0,6) Muy Baja

Riesgoeconómico inundación	Muy Alta 20-15,1	Alta 15-10,1	Moderada 10-1,6	Baja 1,5-0,6	Muy baja 0,59-0
----------------------------	---------------------	-----------------	--------------------	-----------------	--------------------

Tabla 15: Riesgo económico de inundación
Fuente: Elaboración propia

4.3.2 Encuadre riesgo social

El riesgo potencial social de inundación, plasmado en el plano de riesgo potencial social de Inundación (IV.F4.05), se corresponde con los barrancos y las zonas inundables que presentan peligrosidad, si bien las zonas de mayor riesgo son las zonas urbanas (de concentración de la población) que son atravesadas por el cauce de los barrancos que han sido designadas como de riesgo moderado. Si bien es este análisis se ha partido de unas zonas susceptibles muy teóricas sin tener en cuenta las condiciones del barranco a su paso por las zonas urbanas (encauzamiento, obras hidráulicas). El PDA de Tenerife realiza un análisis en profundidad identificando los riesgos puntuales en las áreas urbanas, que son los riesgos que presentan un mayor valor y que se analizarán a continuación.

4.3.3 Encuadre riesgo social

De forma similar al riesgo potencial social de inundación, ocurre con el riesgo potencial económico, plasmado en el plano de riesgo potencial económico de Inundación (IV.F4.06), siendo los núcleos y las infraestructuras las que presentan un mayor riesgo aunque este no sobrepasa el valor de moderado.

4.3.4 Plan de Avenidas (PDA)

El Plan de Avenidas de la isla de Tenerife (PDA) identifica las zonas concretas que presentan un determinado riesgo, dentro de las áreas urbanas y urbanizables, teniendo en cuenta las condiciones del barranco a lo largo de su paso por esas zonas urbanas o urbanizables. El plan establece una clasificación para cuantificar este riesgo, en función del tipo de bien o servicio afectado, el tipo de afección y la frecuencia o probabilidad del proceso.

TIPO DE BIEN O SERVICIO AFECTADO	TIPO DE AFECCIÓN	FRECUENCIA O POSIBILIDAD DEL SUCESO				
		Casi todos los años	Una vez cada 5 años	Una vez cada 10 años	Fenómenos aislados	Existe riesgo potencial
Afección a viviendas y residencial colectivo	Daños importantes en más de 5 viviendas y residencial colectivo (camping, residencia de ancianos, hoteles, centro penitenciario, cuarteles)	Muy grave	Muy grave	Muy grave	Muy grave	Grave
	Daños importantes que afectan a menos de 5 viviendas	Muy grave	Muy grave	Grave	Grave	Grave
	Daños leves en más de 5 viviendas y residencial colectivo	Grave	Grave	Moderado	Moderado	Moderado
	Daños leves que afectan a menos de 5 viviendas	Moderado	Moderado	Escaso	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 > 50.000 m ³)	Muy grave	Muy grave	Muy grave	Muy grave	Grave
	Daños importantes en servicios secundarios (Deportivo, ocio, cultura, comercial, otros servicios)	Grave	Grave	Grave	Moderado	Moderado
	Daños leves en equipamientos y servicios básicos	Grave	Grave	Moderado	Moderado	Moderado
	Daños leves en servicios secundarios	Moderado	Moderado	Moderado	Escaso	Escaso
Servicios esenciales en emergencia	Daños importantes en Hospitales y Cruz Roja, Servicios de emergencia, centrales y subestaciones clave	Muy grave	Muy grave	Muy grave	Muy grave	Grave
	Daños importantes en centros sanitarios, subestaciones y centros de transformación	Grave	Grave	Grave	Moderado	Moderado
	Daños leves en Hospitales y Cruz Roja, Servicios de emergencia, centrales y subestaciones clave	Grave	Grave	Moderado	Moderado	Moderado
	Daños leves en centros sanitarios, subestaciones y centros de transformación	Moderado	Moderado	Moderado	Escaso	Escaso

TIPO DE BIEN O SERVICIO AFECTADO	TIPO DE AFECCIÓN	FRECUENCIA O POSIBILIDAD DEL SUCESO				
		Casi todos los años	Una vez cada 5 años	Una vez cada 10 años	Fenómenos aislados	Existe riesgo potencial
Instalaciones industriales	Daños importantes en áreas o polígonos industriales	Muy grave	Muy grave	Grave	Grave	Grave
	Daños importantes en otras instalaciones industriales	Grave	Grave	Grave	Moderado	Moderado
	Daños leves en áreas o polígonos industriales	Grave	Moderado	Moderado	Moderado	Moderado
	Daños leves en otras instalaciones industriales	Moderado	Moderado	Escaso	Escaso	Escaso
Infraestructura viaria y comunicaciones	Interrupción de vías importantes (tren ligero, carreteras con > 20.000 veh/día), aeropuertos y puertos principales (Santa Cruz, Granadilla y Los Cristianos)	Muy grave	Muy grave	Muy grave	Muy grave	Grave
	Interrupción en carreteras con IMD > 7.000 e IMD < 20.000	Muy grave	Muy grave	Grave	Grave	Grave
	Interrupción en carreteras con IMD de 0-7.000 veh/día y puertos secundarios	Grave	Grave	Moderado	Moderado	Escaso
	Interrupción en carreteras locales	Grave	Moderado	Escaso	Escaso	Escaso
	Daños leves en vías importantes (tren ligero, carreteras con > 20.000 veh/día), aeropuertos y puertos principales (Santa Cruz, Granadilla y Los Cristianos)	Grave	Grave	Moderado	Moderado	Moderado
	Daños leves en carreteras con IMD > 7.000 e IMD < 20.000	Grave	Moderado	Moderado	Moderado	Escaso
	Daños leves en carreteras con IMD de 0-7.000 veh/día y puertos secundarios	Moderado	Moderado	Moderado	Escaso	Escaso
	Daños leves en carreteras locales	Moderado	Moderado	Escaso	Escaso	Escaso
Terreno no urbanizados	Daños en terrenos no urbanizados	Moderado	Escaso	Escaso	Escaso	Escaso

Tabla 16: Metodología de valoración de las zonas de riesgo del PDA

Fuente: Plan de Avenidas de la isla de Tenerife

Dentro del municipio de San Cristóbal de La Laguna se han identificado un total de 59 enclaves que presentan zonas concretas con riesgos (plano IV.F4.07), entre los cuales se identifican un único riesgo Muy grave, 17 graves, 29 moderados y 12 escasos. En el PDA aparece una ficha para cada uno de las zonas de riesgo identificadas, donde se analizan sus características, su ubicación y los condicionantes que presenta, acompañado por una fotografía de la zona. Las áreas que presentan riesgo incluidas dentro del municipio son:

ENTIDAD POBLACIÓN	Nº ficha	Riesgo	ENTIDAD POBLACIÓN	Nº ficha	Riesgo
Punta del Hidalgo	1211	Grave	San Cristóbal de la Laguna	251	Moderado
Bajamar	216	Moderado		1226	Moderado
	1205	Grave		251	Moderado
Tejina	1213	Escaso		548	Moderado
	1206	Grave		549	Moderado
Valle de Guerra	554	Escaso		1226	Moderado
	1221	Escaso		1228	Grave
	1207	Grave		1227	Grave
	1219	Escaso		1225	Grave
	1217	Moderado		2032	Moderado
	1220	Escaso		1232	Moderado
	1215	Moderado		1229	Moderado
	1208	Moderado		1234	Moderado
	1218	Escaso		1235	Grave
Vega Lagunera (La)	1225	Grave		Cuesta (La)	2033
	1227	Grave	551		Grave
Vega de las Mercedes	1202	Moderado	254		Moderado
			1236	Moderado	

ENTIDAD POBLACIÓN	Nº ficha	Riesgo	ENTIDAD POBLACIÓN	Nº ficha	Riesgo
Vega de las Mercedes	1224	Escaso	Cuesta (La)	555	Grave
Mercedes (Las)	1223	Moderado		1210	Moderado
	1224	Escaso		1282	Moderado
Valles (Los)	258	Escaso	Finca España	1235	Grave
San Lázaro	2000	Grave	2033	2033	Muy grave
	2001	Moderado		Taco	553
	1204	Moderado	1278		Grave
	1230	Grave	1254		Grave
	1231	Moderado	1246		Grave
	2032	Moderado	552		Moderado
Guamasa	1222	Escaso	Ortugal (El)		498
	559	Grave		489	Escaso
	2000	Grave		490	Moderado
	2001	Moderado		496	Escaso
	253	Grave		Rodeos (Los)	2001
Gracia	250	Moderado	Baldíos (Los)	1237	Moderado
	1235	Grave	Geneto	253	Grave
	2033	Muy grave		1237	Moderado
	551	Grave		1238	Moderado
Andenes (Los)	553	Moderado		1239	Moderado

Tabla 17: Zonas de riesgo identificadas en el PDA e incluidas dentro del municipio ⁴

Fuente: Plan de Avenidas de la isla de Tenerife

4.4 Riesgo de incendios forestales

4.4.1 Metodología

Para estimar el riesgo de incendios forestales, es importante considerar que por un lado se ha combinado la peligrosidad de incendios forestales obtenida de las zonas susceptibles del mapa del PTEOPRE y del índice de probabilidad de ocurrencia del PEMU y los definidos para la vulnerabilidad total social y económica aplicando el índice de daños previsible.

Vulnerabilidad social total previsible	Peligrosidad de ocurrencia				
	Muy Alta (4)	Alta (3,6)	Moderada (2,4)	Baja (1,6)	Muy baja (0,8)
(2) Baja	(8) Moderada	(7,2) Moderada	(4,8) Moderada	(3,2) Baja	(1,6) Muy Baja
(1,4) Baja	(5,6) Moderada	(5,04) Moderada	(3,36) Baja	(2,24) Baja	(1,12) Muy Baja
(1,2) Baja	(4,4) Moderada	(4,32) Moderada	(2,88) Baja	(1,92) Baja	(0,96) Muy Baja
(0,8) Muy Baja	(3,6) Baja	(2,88) Baja	(1,92) Baja	(0,96) Muy Baja	(0,64) Muy Baja
(0,4) Muy Baja	(0,4) Muy Baja	(0,36) Muy Baja	(0,24) Muy Baja	(0,16) Muy Baja	(0,08) Muy Baja

Riesgo social incendios forestales	Muy Alta 20-15,1	Alta 15-10,1	Moderada 10-4,1	Baja 4-1,7	Muy baja 1,6-0
------------------------------------	---------------------	-----------------	--------------------	---------------	-------------------

Tabla 18: Riesgo social de incendios forestales

Fuente: Elaboración propia

⁴ Es importante tener en cuenta que varios de los riesgos identificados se ubican en los límites de las entidades de población del municipio, por lo que afectarían a varios núcleos o entidades de población y aparecen repetidos en la tabla.

Vulnerabilidad económica total previsible	Peligrosidad de ocurrencia				
	Muy Alta (4)	Alta (3,6)	Moderada (2,4)	Baja (1,6)	Muy baja (0,8)
(2) Moderada	(8) Moderada	(7,2) Moderada	(4,8) Baja	(3,6) Baja	(1,6) Baja
(0,6) Baja	(2,4) Baja	(2,16) Baja	(1,44) Baja	(0,96) Muy baja	(0,48) Muy baja
(0,2) Muy Baja	(0,8) Muy baja	(0,72) Muy baja	(0,48) Muy baja	(0,32) Muy baja	(0,16) Muy baja
(<0,2) Muy Baja	(<0,8) Muy baja	(<0,72) Muy baja	(<0,48) Muy baja	(<0,32) Muy baja	(<0,16) Muy baja

Riesgo económico incendios forestales	Muy Alta 20-15,1	Alta 15-10,1	Moderada 10-5,1	Baja 5-1,1	Muy baja 1-0
---------------------------------------	---------------------	-----------------	--------------------	---------------	-----------------

Tabla 19: Riesgo económico de incendios forestales
Fuente: Elaboración propia

4.4.2 Encuadre riesgo social

El riesgo social de incendios forestales dentro del municipio de San Cristóbal de La Laguna, tal y como se muestra en el plano de riesgo social de incendios forestales (IV.F4.08), presenta una única zona designada como riesgo moderado y que se corresponde con las edificaciones existentes en Mesa Mota, al encontrarse rodeadas de una masa arbolada de plantaciones de *Pinus radiata* y fayal-brezal y la zona de Monte la Ensilada, zona de coníferas en el Macizo de Anaga junto al límite del municipio de Tegueste, que es una zona de concentración de incendios. Como zonas de riesgo bajo quedan recogidas las zonas urbanas de mayor densidad de población que se ubican próximas o lindan con masas boscosas o de matorral de cierta entidad, asentamientos rurales, así como gran parte del área forestal del Macizo de Anaga, por ser una zona de concentración de incendios, así como pequeños enclaves de vegetación arboladas repartidas por la zona suroeste del municipio ubicadas junto a infraestructuras o edificaciones dispersas. Para el resto del municipio el riesgo es considerado muy bajo a excepción de los parques públicos urbanos donde el riesgo es nulo.

4.4.3 Encuadre riesgo económico

Respecto al riesgo económico, representado en el plano de riesgo económico de incendios forestales (IV.F4.09), la zona de mayor riesgo se corresponde al equipamiento recreativo de Mesa Mota con un riesgo moderado al corresponderse a un elemento estructurante rodeado de masa arbolada. Toda las zonas urbanas, considerando también los asentamientos rurales y el resto de los elementos estructurantes son zonas de riesgo bajo. Mientras que el resto del municipio es valorado con un riesgo muy bajo.

4.5 Riesgo asociado a dinámica de vertientes

4.5.1 Metodología

Para estimar el riesgo asociado a dinámica de vertientes, se ha seguido la misma metodología que en el resto de procesos naturales. Es importante tener en cuenta que por un lado se ha combinado la peligrosidad estimada para el municipio de San Cristóbal de La Laguna en función de los tipos de movimientos existentes, con el índice de probabilidad de ocurrencia del PEMU y los definidos para la vulnerabilidad total social y económica aplicando el índice de daños previsible.

Vulnerabilidad social total previsible	Peligrosidad de ocurrencia				
	Moderada (2,5)	Moderada (2)	Baja (1,5)	Baja (1)	Muy Baja (0,75)
(5) Muy alta	(12,5) Moderada	(10) Moderada	(7,5) Baja	(5) Baja	(3,75) Muy Baja
(4) Alta	(10) Moderada	(8) Moderada	(6) Baja	(4) Baja	(3) Muy Baja
(3) Moderada	(7,5) Baja	(6) Baja	(4,5) Baja	(3) Muy Baja	(2,25) Muy Baja
(2) Baja	(5) Baja	(4) Baja	(3) Muy Baja	(2) Muy Baja	(1,5) Muy Baja
(1) Muy Baja	(2,5) Muy Baja	(2) Muy Baja	(1,5) Muy Baja	(1) Muy Baja	(0,75) Muy Baja

Riesgo social dinámica de vertientes	Alta	Moderada	Baja	Muy baja
	20-15	14,9-8	7,9-4	3,9-0

Tabla 20: Riesgo social asociado a dinámica de vertientes
Fuente: Elaboración propia

Vulnerabilidad económica total previsible	Peligrosidad de ocurrencia				
	Moderada (2,5)	Moderada (2)	Baja (1,5)	Baja (1)	Muy Baja (0,75)
(5) Alta	(12,5) Moderada	(10) Moderada	(7,5) Baja	(5) Baja	(3,75) Baja
(1,5) Moderada	(3,75) Baja	(3) Baja	(2,25) Baja	(1,5) Baja	(1,12) Muy Baja
(0,5) Baja	(1,25) Baja	(1,0) Muy Baja	(0,75) Muy Baja	(0,5) Muy Baja	(0,3) Muy Baja
(<0,25) Muy Baja	(<1,25) Muy Baja	(<1,0) Muy Baja	(<0,75) Muy Baja	(<0,5) Muy Baja	(<0,3) Muy Baja

Riesgo económico dinámica de vertientes	Alta	Moderada	Baja	Muy baja
	20-15	14,9-8	7,9-1,25	1,24-0

Tabla 21: Riesgo económico asociado a dinámica de vertientes
Fuente: Elaboración propia

4.5.2 Encuadre riesgo social

El riesgo social asociado a la dinámica de vertientes, tal y como se muestra en el plano de riesgo social de dinámica de vertientes (IV.F4.10), posee valores moderados en aquellas zonas donde existen edificaciones próximas a fuertes escarpes o barrancos, como puede ser en las zonas acantiladas entre Bajamar y Punta Hidalgo, las zonas edificadas de mayor pendiente de Guamasa y pequeños enclaves ubicados en La Cuesta vinculados al barranco de Santos, junto a la Montaña de Taco y en la zona de edificaciones dispersas de las laderas de la Vega Lagunera, donde aparecen viviendas muy próximas a escarpes y fuertes pendientes. Las zonas de riesgo bajo se corresponden a zonas junto a las laderas del macizo de Anaga o junto a escarpes y zonas acantiladas, donde se ubican edificaciones dispersas y zonas poco densas de población. El resto de zonas están clasificadas como de riesgo muy bajo.

4.5.3 Encuadre riesgo económico

Respecto al riesgo económico, recogido en el plano IV.F4.11, la zona de mayor riesgo (medio o moderado) son muy similares a las reflejadas para el riesgo social, ya que se corresponden con zonas urbanas, ubicadas en zonas de alta susceptibilidad por dinámica de vertientes coincidentes con las zonas densamente pobladas. Las zonas de riesgo bajo coinciden con zonas urbanas donde la susceptibilidad es algo inferior. Por último se designa el resto de zonas susceptibles del municipio con un riesgo muy bajo.



5. MEDIDAS PROPUESTAS POR LOS DIFERENTES PLANES CONSULTADOS

El análisis y la identificación de las zonas de riesgos por procesos naturales plasmadas en mapas o planos tiene como finalidad ser un elemento de apoyo para la planificación de la ordenación de un municipio, con un doble fin, por un lado el de localizar aquellas zonas que presenten riesgo elevados de pérdidas de vidas humanas o económicos, y plantear una ordenación que tenga en cuenta este limitante al establecer las líneas de ordenación, y por otro en los casos en los que la población y las infraestructuras ya se encuentran consolidadas para establecer medidas que minimicen dicho riesgo. En esta línea tanto el PDA, cuenta con su anexo de medidas correctoras, la Guía Metodológica, en la parte final del análisis de cada uno de los riesgos y en su capítulo 4 sobre riesgos naturales y planificación territorial, también establece medidas y en el PEMU en cada tipo de riesgo se define una serie de medidas preventivas generales a aplicar. A continuación se enuncian aquellas que podrían tenerse en cuenta en el desarrollo de un Plan de Ordenación Municipal en un primer lugar respecto a la limitación de usos sin diferenciar entre procesos y de manera genérica y posteriormente se enuncian medidas específicas para cada tipo de riesgo, que permiten prevenir, evitar o corregir estos riesgos, diferenciando entre medidas estructurales y medidas no estructurales, cuya definición específica depende del proceso natural en el que se apliquen, pero en términos generales, las medidas estructurales se refieren a actuaciones y obras a llevar a cabo para mitigar el riesgo, mientras que las medidas no estructurales son aquellas que no implican ninguna obra civil.

Respecto a las limitaciones y teniendo en cuenta que no se particulariza para cada tipo de proceso natural, se establece la compatibilidad del tipo de peligrosidad existente, con los diferentes grupos de usos y tipos de ocupaciones del territorio. Se han definido en base al siguiente rango: totalmente compatible (C), con algún tipo de restricción o limitación (R) o resultando incompatible o prohibida (P).

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	
	Extractiva (minería)	P	R	C	
Industrial	Almacenaje inertes	P	R	C	
	Transformación	P	R	R	
	Energética	P	P	R	
	Sustancias peligrosas	P	P	P	
	Edificaciones aisladas	P	R	R	
Urbano (residencial)	Baja densidad	P	P	R	
	Alta densidad	P	P	P	
	Centros neurálgicos	P	P	P	
	Infraestructuras lineales y puntuales	P	R	C	

Tabla 22: Limitación De usos del suelo según la peligrosidad

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),⁵ CGRM (2007) y Llorente-Isidro et al. (2007).⁵

⁵ Es importante tener en cuenta que en este análisis solo tenían 3 grados de peligrosidad (alto, medio y bajo), si bien en el presente documento se han utilizado 4 (muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo) por lo que se ha adaptado la tabla a los resultados obtenidos en el presente estudio.



5.1 Medidas a proponer en caso de riesgo sísmico

En el caso de las zonas de riesgo sísmico, según lo establecido en la GMCRE y en el PEMU, se pueden establecer unas medidas de carácter general que diferenciando entre: medidas en la planificación o no estructurales, estructurales o en el diseño de ingeniería y medidas de protección civil.

Las medidas de planificación van encaminadas a la limitación de usos del suelo, con la restricción de la construcción en zonas de alto o muy alto riesgo, que presenten además condiciones de suelo muy desfavorables para los seísmos (litologías que amplifiquen las ondas sísmicas, zonas donde se pueden producir procesos de licuefacción de suelos etc).

Las medidas de ingeniería en el caso del riesgo sísmico, se refieren a la aplicación de la medida constructiva de la Norma Sismoresistente (NCSE02) para reducir el daño por el movimiento del suelo. En el caso de las Islas Canarias es de aplicación la Norma de Construcción Sismoresistente (NCSE-02) para todas las edificaciones nuevas desarrolladas, por lo que independientemente del grado del riesgo existente, se aplicará esta norma para todas las edificaciones de nueva construcción incluidas en el municipio.

Las medidas de protección civil están destinadas a la prevención, preparando y alertando a la población en caso de catástrofe y llevando a cabo una gestión adecuada del mismo.

5.2 Medidas a proponer en casos de riesgo volcánico

Para el riesgo volcánico, entre las medidas a aplicar, según lo establecido en la GMCRE y en el PEMU, se pueden diferenciar entre medidas estructurales y no estructurales.

Como actuaciones a llevar a cabo, se pueden diferenciar dos tipos en función del proceso volcánico que se produzca. Frente a las coladas de lava la medida clásica es la construcción de diques para desviar el flujo de lava incandescente en las poblaciones. En el caso de los riesgos de lluvia de piroclastos, su carga sobre el tejado será tomada en cuenta para mayorar los cálculos de resistencia de cubiertas, que es de aplicación en las Islas Canarias. Si bien, también es necesario que las cubiertas deben presentar cierta inclinación para que las cenizas no provoquen el colapso del edificio, lo que no se cumplen en la mayor parte de las edificaciones tradicionales de Canarias.

Como medida no estructural básica, se contempla la vigilancia. En el caso de la isla de Tenerife, en la base del Teide existe una estación sísmica que presenta mediciones en varios puntos de la isla y en el Teide y estiman cualquier tipo de movimiento. Como medidas a llevar a cabo en la planificación, se debe impedir cualquier tipo de construcción, en zonas próximas a centros de emisión, en los cauces o vaguadas que se corresponde a zonas de evacuación de lava. Además, se debe limitar la construcción de elementos estructurantes (hospitales, bomberos, aeropuertos) en zonas donde la probabilidad de lluvia de cenizas sea muy elevada. Las urbanizaciones deben contar con dos viales públicos de acceso. Además, las carreteras de realizarán sobreelevadas en terreno llano al menos 1 metro respecto al nivel del suelo y contarán con grandes rotondas a lo largo de las zonas de riesgo, que permitirán en aterrizar en su centro de helicópteros.

5.3 Medidas a proponer en casos de riesgo de inundación

Las medidas consideradas en el caso de los riesgos de inundación designados como graves, muy graves, moderadas o escasas, aparecen especificadas en el PDA de la isla de Tenerife. Si bien el plan actualmente está aprobado inicialmente, es importante tener en cuenta las

medidas que establece para cada tipo de riesgo. En el plan se diferencian entre medidas de carácter general o particular según su ámbito de aplicación. Estas medidas se dividen en función de su método operativo en: medidas estructurales, no estructurales, de emergencia e informativas. Siendo las primeras aquéllas que, mediante inversiones en encauzamientos de defensas, etc. pretenden eliminar o reducir las causas del riesgo, bien reduciendo los caudales de avenida en un determinado tramo, bien reduciendo la extensión de la llanura de inundación ocupada por las aguas cuando se desborda el cauce. Las segundas se entiende como aquellas medidas que no están asociadas a inversiones en construcción de obras civiles. En general, persiguen más la reducción de los efectos de las avenidas que la de las causas de éstas. Las medidas de emergencia están encaminadas a la gestión del riesgo, al desarrollo de planes de emergencia (insulares, municipales y especiales) y a la vigilancia y predicción. Por último, las medidas informativas son aquellas que permiten ser consciente del riesgo, activar los procedimientos de protección y conocer cuáles son los pasos que se deben seguir durante la emergencia.

5.4 Medidas a proponer en caso de riesgo de incendio forestal

En el caso de las zonas de riesgo de incendio forestal, y según lo detallado en el PEMU para este tipo de riesgos, se pueden establecer una serie de medidas preventivas.

Las medidas preventivas a tomar para evitar un incendio o minimizar sus efectos si este se produce son:

- Campañas de concienciación a la población
- Legislación y política forestal para eliminar los conflictos que se manifiesten a través de incendios.
- Mantenimiento de cortafuegos, aunque en San Cristóbal de La Laguna no existen, siempre se pueden mantener algunas infraestructuras susceptibles de actuar como tal (carretera, caminos, sendas etc.)
- Limpieza y poda anual de toda la masa forestal en su época correspondiente
- Desbroce de matorral bajo o pastizal
- Ubicación y diseño de puntos de almacenamiento de agua en las zonas forestales y con mayor riesgo de incendio, para facilitar la extinción.
- Incluir una zona de separación de la zona urbanizada y el monte con el fin de crear un cortafuegos.
- Acondicionar las nuevas urbanizaciones para evitar igniciones en ellas y facilitar la intervención de los medios de extinción por las mismas, en caso de necesidad.

5.5 Medidas a proponer en caso de riesgo asociado a dinámica de vertientes

En el caso de los riesgos asociados a la dinámica de vertientes, según lo establecido en la GMCRE y en el PEMU, se pueden diferenciar entre medidas preventivas y correctoras. Las que son de aplicación para la ordenación son las medidas preventivas, ya que los movimientos asociados a dinámicas de vertientes son fenómenos que pueden ser previsibles y muy sensibles a las medidas de mitigación y corrección del daño. Las actuaciones posibles dependerán del tipo de movimiento y las características del proceso (velocidad, magnitud, extensión) y de la posibilidad de prevenirlo. De forma similar al caso de las medidas de inundación se pueden diferenciar entre medidas no estructurantes y estructurantes. Siendo las primeras las más efectivas, ya que suponen la limitación en la ordenación del uso territorial.



Este es el caso, en aquellas zonas de nuevo desarrollo, y que presentan riesgos designados como moderado, alto o muy alto, donde plantean la limitación de la construcción y de su advenencia en las zonas de riesgo bajo o muy bajo. Entre las medidas estructurales se encuentran las obras o actuaciones para evitar, controlar o estabilizar los movimientos de ladera y que se detallan a continuación.

Las medidas correctivas o estabilizadas en caso de deslizamientos pueden consistir en:

- Modificación de la pendiente de la ladera
- Realización de drenajes superficiales y subterráneos.
- Aumento de la resistencia del terreno mediante la introducción de elementos estructurantes resistentes.
- Construcción de muros u otros elementos de construcción.

En el caso de que se produzcan movimientos de desprendimientos y eventualmente pequeños deslizamientos

- Instalación de bulones y anclajes para la fijación de los bloques independizados y con peligro de desprendimiento
- Instalación de sistemas de cables y mallas metálicas.
- Cunetas o zanjas para recoger los materiales caídos
- Muros o barreras de contención

Medidas de protección superficial y actuaciones en zonas de escarpes rocosos:

- Eliminar los problemas de caída de rocas de pequeño tamaño
- Aumentar la seguridad frente a desprendimientos superficiales
- Evitar o reducir la erosión y la meteorización en el frente del talud
- Evitar la entrada de agua
- Instalación de mallas metálicas
- Gunitado de los frentes de los escarpes
- Construcción de muros de revestimiento a pie del escarpe
- Instalación de materiales geotextiles
- Impermeabilización.

6. CONCLUSIONES

Analizados cada uno de los riesgos considerados según el proceso natural en el municipio de San Cristóbal de La Laguna, a nivel global se considera que los riesgos en el municipio son bajos o muy bajos. Si bien de forma puntual aparecen enclaves o zonas donde los riesgos existentes pueden generar alguna incidencia, al presentar riesgos moderados, no se han identificados zonas con riesgos altos o muy altos.

El riesgo sísmico son los cultivos activos de la zona del Ortigal alto y bajo así como parte de Los rodeos y las instalaciones militares situadas junto a la Montaña de las Tabaibas las que presentan valor moderado, al ser estas zonas donde la posibilidad de verse afectada por este proceso es alta al encontrarse en el eje de la dorsal, aunque el largo periodo de ocurrencia del sucesos y los bajos daños que se producirían son los que matizan dicho valor hasta considerarlo como moderado.

El riesgo volcánico presenta valores muy bajos dentro del municipio, puesto que son zonas de con baja posibilidad de verse afectadas por un proceso que a su vez presenta periodos de ocurrencia muy amplios y en caso de ocurrir los daños que se producirían también son bajos, sin afectar ni a valores sociales ni económicos.

Respecto al riesgo de inundación o avenidas existen enclaves puntuales en determinadas zonas urbanas del municipio que son atravesadas por barrancos, que según el PDA presentan riesgos graves, muy graves o moderados, donde se establecen medidas concretas. No obstante se deben tener en cuenta también los resultados obtenidos de manera potencial, cara a la ordenación de dichos ámbitos, donde se obtienen valores de riesgo en los principales barrancos y en la Vega Lagunera.

Respecto a los incendios forestales, el mayor riesgo (moderado) se concentra en la zona del equipamiento recreativo de Mesa Mota y diversos enclaves del Macizo de Anaga, en el resto de las zonas son considerados bajos o muy bajos a causa de la escasez de vegetación arbórea.

El riesgo asociado a dinámica de vertientes presenta zonas de riesgo moderado tanto social como económico, en aquellas zonas urbanas donde las edificaciones se ubican muy próximas a escarpes, acantilados o barrancos, resultado a tener en cuenta cara a las propuestas de crecimiento urbano.

En base a lo concluido y tomando como referencia las medidas propuestas por los distintos planes consultados, se estima que deben ser consideradas en la redacción del presente plan las siguientes:

- a) Respecto a riesgo sísmico las únicas medidas que se deberían considerar por parte del planeamiento son las referentes a la limitación del uso residencial, en zonas de alto o muy alto riesgo. Estas zonas no existen en el municipio de La Laguna puesto que únicamente se han identificado de forma puntual zonas que presentan un riesgo sísmico económico moderado.
- b) Respecto el riesgo volcánico, al igual que para el anterior, las medidas a establecer se consideran para zonas con riesgo significativo. En el municipio de La Laguna este riesgo es muy bajo, por lo que no se considera que se tengan que establecer medidas concretas.
- c) Respecto a las medidas a establecer en caso de riesgo de inundación, en base a los enclaves donde se identifican los riesgos dentro del municipio de San Cristóbal de

La Laguna, se enuncian las medidas planteadas por el PDA, con el fin de dar unas pautas generales a considerar en la planificación territorial:

- Realización de estudios técnicos (estudios hidráulicos de los barrancos).
 - Realización de infraestructuras de defensa (encauzamientos y muros).
 - Adecuación de la red vial (obras de paso).
 - Ordenación territorial y urbanística (reubicación de instalaciones, reposición de trama urbana, estudio de autoprotección de edificaciones, liberaciones de suelo).
 - Corrección hidrológico-forestal.
 - Conservación de cauces (limpieza y mantenimiento del cauce).
- d) Respecto a las medidas a considerar en zonas de riesgo de incendios, partiendo de lo establecido en el PEMU y adaptándolo al marco competencial del PGO, están las de permitir en las zonas forestales usos vinculados a la protección contra incendios donde se permitan corta fuegos o la implantación de infraestructuras hidráulicas en sus alrededores y el plantear zonas libres de edificación entre masas arbóreas y las zonas urbanizadas con el fin de generar una discontinuidad entre monte y población.
- e) Respecto a las medidas a considerar en las zonas de riesgos asociados a dinámica de vertientes, se considera que en las zonas de valor moderado se debe de limitar el uso edificatorio. Las medidas establecidas como estructurantes y que conllevan actuaciones son de aplicación en zonas donde el valor del riesgo es alto o muy alto no siendo este el caso del municipio de La Laguna.