



DOCUMENTO DE APROBACIÓN PROVISIONAL (OCTUBRE 2010)

**CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE Y ORDENACIÓN TERRITORIAL
AYUNTAMIENTO DE SANTA CRUZ DE LA PALMA
GESTIÓN Y PLANEAMIENTO TERRITORIAL Y MEDIOAMBIENTAL, S.A.**

SANTA CRUZ DE LA PALMA PLAN GENERAL DE ORDENACIÓN

**REVISIÓN Y ADAPTACIÓN PLENA
(D.L. 1/2000 – L. 19/2003)**

INFORMACIÓN URBANÍSTICA

ARQUITECTOS: RAFAEL DARANAS HERNÁNDEZ Y LUIS MIGUEL MARTÍN RODRÍGUEZ

REVISIÓN Y ADAPTACIÓN PLENA DEL PLAN GENERAL DE ORDENACIÓN DE SANTA CRUZ DE LA PALMA

ESTUDIO PRELIMINAR DE RIESGOS NATURALES DE SANTA CRUZ DE LA PALMA

Octubre, 2010

Dirección de los trabajos:

-
- *Rafael Daranas Hernández, Arquitecto*
- *Luís Miguel Martín Rodríguez, Arquitecto.*

Redacción del Estudio Preliminar de Riesgos Naturales

- *Gustavo Pestana Pérez, Geógrafo.*

E
MEDIO AMBIENTE Y URBANISMO, S.L.



REVISIÓN Y ADAPTACIÓN PLENA DEL
PLAN GENERAL DE ORDENACIÓN DE SANTA CRUZ DE LA PALMA

ÍNDICE:

1. INTRODUCCIÓN.....	Pág. 5
1.1. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO	Pág. 5
1.2. METODOLOGÍA DE TRABAJO	Pág. 5
1.3. DEFINICIÓN DE RIESGO NATURAL.....	Pág. 6
2. RIESGO VOLCÁNICO.....	Pág. 7
2.1. TIPOLOGÍA DEL VULCANISMO PALMERO.....	Pág. 7
2.2. ANÁLISIS DE RIESGOS	Pág. 8
2.3. CONCLUSIONES DE RIESGO VOLCÁNICO	Pág. 8
3. CAÍDA DE BLOQUES	Pág. 9
3.1 TIPOLOGÍA DE LOS PROCESOS DE LADERA	Pág. 9
3.2. ANÁLISIS DE RIESGOS	Pág. 10
3.3. CONCLUSIONES	Pág. 10
4. INCENDIOS FORESTALES	Pág. 11
4.1. TIPOLOGÍA DE LOS INCENDIOS FORESTALES	Pág. 11
4.2. ANÁLISIS DE RIESGOS	Pág. 11
4.3. CONCLUSIONES	Pág. 12
5. RIESGO HIDROLÓGICOS	Pág. 13
5.1. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS	Pág. 13
5.2 ANÁLISIS DE LA RED HIDROGRÁFICA	Pág. 15
5.3 ANÁLISIS DE PUNTOS CONFLICTIVOS.....	Pág. 17
5.3.1 ANÁLISIS DE LA CUENCA DE LAS NIEVES-JUAN MAYOR ...	Pág. 18
5.3.2 ANÁLISIS DE LA DESEMBOCADURA DEL BARRANCO DEL	
CARMEN	Pág. 22
5.3.3 ANÁLISIS DE LA CASAS DE LAS NIEVES	Pág. 24
5.3.4 ANÁLISIS DEL DESVÍO DEL BARRANCO DE JUAN MAYOR SOBRE	
EL BARRANCO DE LAS NIEVES.	Pág. 27
5.4 CONCLUSIONES	Pág. 30

REVISIÓN Y ADAPTACIÓN PLENA DEL
PLAN GENERAL DE ORDENACIÓN DE SANTA CRUZ DE LA PALMA

1. INTRODUCCIÓN

1.1 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

El presente estudio, se inscribe en el ámbito territorial del municipio de Santa Cruz de La Palma, que ocupa una superficie cercana a los 43km², en el centro-oriental de la isla de La Palma, y está limitado al norte por el municipio de Puntallana, al sur por el municipio de Breña Alta, y al oeste el Paso.

La Ley 19/2003 de 14 de abril, por la que se aprueban las Directrices de Ordenación General, y las Directrices de Ordenación del Territorio de Canarias, define como objetivo en la Directriz 50, sobre la prevención de riesgos. Que “el *planeamiento a todos sus niveles, y los proyectos sectoriales de infraestructuras dedicarán un apartado específico a la prevención de riesgos sísmicos, geológicos, meteorológicos u otros incluyendo los incendios forestales en su caso*”, de aquí se desprende que el Plan General ha de tener un documento específico para la prevención de riesgos geológicos.

El Archipiélago Canario es una zona donde los riesgos naturales son limitados, pero no por ello inexistentes, además la cada vez mayor y fuerte ocupación del territorio por las actividades humanas, hace aumentar los riesgos. Por otra parte en la isla de la Palma, los efectos de los riesgos naturales, han sido significativos, como por ejemplo los del temporal de 1957, que tuvo el trágico balance de decenas de víctimas, principalmente en la comarca de las Breñas. Otros más reciente en el tiempo, han supuesto víctimas mortales como el del año 2001 en La Caldera de Taburiente.

Por esta causa y debido a la gran concentración de población que tiene el municipio, se ha resuelto la elaboración de este anexo al Plan General de Ordenación del municipio de Santa Cruz de La Palma, que ha de contar con un documento anexo donde se haga una descripción generalizada, con recomendaciones básicas, para minimizar los riesgos naturales.

1.2. METODOLOGÍA DE TRABAJO

Este tipo de estudios de riesgos naturales para el planeamiento en el Archipiélago canario son novedosos, por lo tanto no hay una metodología de trabajo estrictamente definida, por lo que se ha procedido a realizar el uso de varias herramientas sectoriales, para diferentes problemas que se plantean.

Los pasos seguidos en la realización del trabajo son:

- Recogida de documentación previa. El objetivo de esta fase, es conseguir una base amplia de información previa, que sirva para un primer análisis del problema objeto de estudio
- Consulta de bibliografía específica. Se estudiaron trabajos y normativas, que facilitaran la comprensión de los problemas.
- Recogida de información y salidas de campo, Se ha recabado la información considerada relevante, y que haya estado disponible para la realización de este estudio
- Utilización de Cartografía, Ortofotos, Sistemas de Información Geográfica y datos de campo, para la realización de comprobaciones de fenómenos
- Análisis de los datos y confrontación de los mismos con la realidad cuando ha sido posible

- Conclusiones sobre los riesgos y enumeración de una serie de medidas correctoras.

El objetivo de este trabajo, no es resolver cuestiones técnicas, precisas de problemas puntuales. Sino que define los grandes riesgos y señala medidas generalistas de paliación de los mismos, que sirvan de base para estudios sectoriales de cada riesgo de manera más detallada.

1.3. DEFINICIÓN DE RIESGO NATURAL

Entendemos por riesgo natural, *“aquel fenómeno de la naturaleza, que afecta de forma lesiva a las personas, o las infraestructuras construidas por el hombre”*. Por lo tanto cualquier fenómeno, en cualquier lugar puede convertirse en un riesgo natural, siempre que este presente la actividad humana.

Tras esta simple y clara definición de riesgo natural, hemos de decir que no todos los riesgos tienen la misma importancia. Los riesgos se definen por simple probabilidad de ocurrencia, a mayor probabilidad de ocurrir, mayor es el riesgo. Por esta causa, el riesgo geológico de derrumbamiento de un flanco de la isla de La Palma, a pesar de tener magnitudes catastróficas, como su probabilidad de ocurrencia es muy baja, se considera muy bajo, por no decir insignificante.

Por esta causa este estudio, se centrará en los riesgos más evidentes para la población y las infraestructuras de Santa Cruz de La Palma. Por lo tanto los riesgos naturales más evidentes, y cuya probabilidad de ocurrencia es más elevada, son los siguientes.

1. Riesgo Volcánico, son escasos en el tiempo, pero con un gran efecto sobre el territorio las infraestructuras y la población
2. Riesgo de Caída de Derrubios, son riesgos mas difusos en el espacio, y de escasa importancia espacial, pero de gran efecto local para las personas y las infraestructuras.
3. Riesgos de Incendios, son fenómenos muy graves ambientalmente, y con una gran peligrosidad para las personas.
4. Riesgos Hidrológicos, son los más recurrentes en el tiempo, y los de mayor peligrosidad tanto para las personas, como para las infraestructuras.

Se ha desestimado el riesgo de grandes mareas, o temporales marítimos, ya que el estudio de los mismos, se llevará a cabo con el proyecto de vía exterior de la Avenida Marítima. El resto de riesgos naturales, debido a su escasa frecuencia y recurrencia en el municipio de Santa Cruz de la Palma se ha desestimado.

La calidad de todo estudio de riesgos depende de la calidad y del conocimiento del territorio por parte de la ciencia. Mientras los conocimientos científicos sobre los fenómenos son muy buenos en líneas generales, no se puede decir lo mismo de la calidad de los datos, ya que estos tienen muchas lagunas temporales, y hay grandes zonas sin cubrir, por lo tanto se hace necesario para el análisis de riesgos (como de otra variables del medio) una política adecuada de recolección de datos y mantenimiento de los mismos a lo largo del tiempo, para permitir un buen análisis de los fenómenos que permita llegar a unas previsiones más exactas.

2. RIESGO VOLCÁNICO

2.1. TIPOLOGÍA DEL VULCANISMO PALMERO

El fenómeno volcánico se encuentra en múltiples partes del planeta, generalmente vinculado a los bordes de placa, y en otras ocasiones menos frecuentes ligados a fenómenos intra placa.

El vulcanismo de las Islas Canarias es del segundo tipo, es decir vulcanismo intra placa, ligado a un punto caliente. La característica del vulcanismo ligado al punto caliente, es que se trata de volcanes basálticos, con una gran tasa de emisión de coladas y una liberación tranquila de gases. La isla de la Palma se trata junto con El Hierro, y la Dorsal de Bilma en Tenerife, de las zonas volcánicas más activas de Canarias.

Pero no toda la isla posee el mismo grado de actividad volcánica. La parte norte de la Isla de La Palma, está constituida por un antiguo volcán en escudo extinto hace aproximadamente unos 500.000 años, y por tanto con riesgo de erupciones volcánicas muy bajo. No ocurre lo mismo en el área sur de la isla, la dorsal de Cumbre Vieja, que se trata probablemente de uno de los rift volcánicos más activos del planeta.

Por lo tanto el riesgo de erupciones volcánicas en la isla existe, pero vamos a analizar ahora que tipos de fenómenos eruptivos más probable se presentan en la isla de La Palma. Atendiendo a las erupciones históricas que ha sufrido la isla (desde el siglo XV hasta hoy en día 7 erupciones), vemos como la actividad eruptiva se caracteriza por volcanes del tipo estromboliano, con fases más tranquilas, y otras fases más explosivas.

Los volcanes estrombolianos se caracterizan por ser erupciones fisurales, y de una duración que oscila entre unos días y unos pocos meses. Se trata de erupciones efusivas (es decir que la cantidad de magma es mucho mayor que la presencia de gases volátiles), con las características magmas basálticos, de elevada temperatura de salida y gran recorrido desde el cráter. Casi todas las erupciones que ha sufrido la isla en el periodo histórico han generado coladas que han llegado al mar.

Una de las características básicas del vulcanismo estromboliano, son los magmas de baja viscosidad, que permiten la formación de burbujas de gas según asciende el magma, escapando estas libremente a la atmósfera, cuando el magma llega a la superficie. Sólo la obturación del cráter debido al enfriamiento de la colada provoca pequeñas explosiones rítmicas, para liberar los gases. Estas explosiones dan lugar a la fragmentación del magma, que es expulsado a la atmósfera. El material expulsado se clasifica en tres tipos dependiendo de su tamaño.

- Bombas volcánicas: son fragmentos de más de 5 centímetros de diámetro, que poseen trayectorias balísticas, y que caen en un radio de unas pocas centenas de metros de la boca eruptiva y dan lugar a los típicos conos volcánicos.
- Picón o Lapilli: Son fracciones de 5 a 50 Mm. de diámetro y que se extienden algunos kilómetros alrededor de la boca eruptiva, en forma elíptica debido a la influencia del viento.
- Cenizas volcánicas: son las fracciones más finas, de diámetro inferior a los dos milímetros, y que se extienden a lo largo de unos kilómetros e incluso decenas de kilómetros, formando así mismo una elipse debido a la influencia del viento.

2.2. ANÁLISIS DE RIESGOS.

Una vez definido la tipología más común del volcanismo palmero, podemos analizar cada factor de riesgo por separado.

- a) Fisura Eruptiva: El municipio de Santa Cruz de La Palma, se encuentra en su totalidad dentro del escudo norte de la isla de La Palma. (volcán Taburiente) extinto hace 500.000 años, por lo que la posibilidad de fisuras eruptivas en el termino municipal es muy poco probable.
- b) Coladas de lava: Partiendo de la consideración de que la zona de origen más plausible de las coladas volcánicas, sea el Rift Cumbre Vieja, vemos como Santa Cruz de La Palma, se halla protegida ortográficamente por la Caldereta y el rellano de Buenavista en Breña Alta. Por lo tanto la influencia de posibles coladas provenientes del volcán Cumbre Vieja muy poco probable. Otro aspecto distinto es la llegada de coladas a la rada del Puerto provenientes de la zona de las Breñas, pero este caso se escapa al ámbito de estudio.
- c) Emanaciones Gaseosas: Estas sólo son destacables en el ámbito más inmediato del cráter, pero el municipio se encuentra fuera de ese ámbito por lo que su riesgo es nulo
- d) Productos Piroclásticos. Aquí hacemos referencia en concreto a las bombas volcánicas picón y cenizas, analizaremos cada un por separado.
 - i. Bombas volcánicas: Su efecto es de caída mecánica, pero su peligro espacial está estrechamente vinculado a las proximidades del cráter, por lo tanto el riesgo de este fenómeno es nulo.
 - ii. Picón (lapilli) y cenizas: Su radio de acción es mayor, pero está muy influenciado por los vientos dominantes en la erupción. Teniendo en cuenta que los posibles centros emisores están al sur del municipio, y los vientos dominantes son del NE, la afección puede ser muy escasa, afectando sólo de dos maneras: depositando material movable en las cuencas de barrancos u obturando alcantarillado, con el riesgo indirecto que esto lleva asociado. El segundo efecto posible sería la acumulación en las azoteas de las viviendas, con el consiguiente riesgo de hundimiento del tejado, si éste se encuentra en malas condiciones y se deja acumular la cantidad suficiente.
- e) Terremotos eruptivos: Son terremotos someros, de corta duración y de baja intensidad, sólo son problemáticos cerca de la zona fisural, por lo que aplicando la normativa sismorresistente actual el riesgo es mínimo, otro caso es el de movilizar grandes bloques, en cuyo caso el riesgo continua siendo pequeño.

2.3. CONCLUSIONES DE RIESGO VOLCÁNICO.

Santa Cruz de La Palma, al encontrarse situada en la parte no activa de la isla, y además estar protegida de los efectos más devastadores (coladas y zonas fisurales). Por una barrera topográfica, se puede concluir que los efectos de una erupción volcánica en el municipio serían indirectos. Y aún así este tipo de efectos está fuertemente condicionado por los vientos dominantes que alejarían el grueso de los efectos colaterales.

Por lo tanto los principales riesgos asociados al fenómeno volcánico serían:

- o La caída de pequeñas cantidades de picón, y cenizas, con riesgo de obturar el sistema de alcantarillado , aumentando a su vez el material susceptible de ser movido por las aguas en los cauces (Riesgo Bajo),
- o Que se deposite en espesores suficientes para derribar alguna construcción en estado precario (Riesgo Bajo).
- o Movimientos sísmicos asociados a las erupciones que podría derribar alguna construcción en mal estado (Riesgo Bajo), o provocar la inestabilidad de algún afloramiento rocoso (riesgo medio-bajo)

3. CAÍDA DE BLOQUES

3.1 TIPOLOGÍA DE LOS PROCESOS DE LADERA.

Los fenómenos conocidos por procesos de ladera, son típicos de las áreas con grandes desniveles, donde a través de los agentes ambientales se tiende a suavizar estas pendientes. Este proceso de suavizado de pendientes consiste en un movimiento de materiales de las zonas más elevadas, hacia las más deprimidas, hasta que se alcanza un perfil de equilibrio. El proceso entonces se detiene o sus movimientos son imperceptibles. Analizaremos a continuación los fenómenos naturales que ponen en funcionamiento estos mecanismos.

- La pendiente: es el primero de ellos y el más evidente. Las fuertes pendientes abundan en Canarias, en La Palma y en especial en Santa Cruz de La Palma, ya que en el municipio pasa en unos pocos kilómetros de los 2200 metros de altura al nivel del mar. La pendiente por sí sola no constituye un factor de riesgo, sino hay que tener en cuenta otros factores que fragmentan el roquedo.
- La estructura del roquedo: Las coladas como todo material se contrae, cuando se enfría generando las conocidas grietas de refracción, lo que dará lugar una masa de roca basáltica, con pequeñas fisuras, que son futuras líneas de debilidad. Además hemos de tener en cuenta que las masas de roquedo no son homogéneas, sino que son muy heterogéneas lo que amplía las líneas de debilidad
- Los agentes atmosféricos: son muy variados y fluctuantes a lo largo del año, pero se pueden resumir en dos el agua y la temperatura. Estos agentes actúan de manera distinta según las zonas del municipio. En las zonas altas las temperaturas son bajas en invierno, por lo que el agua se congela y actúa de cuña en las líneas de debilidad de las rocas, este proceso se detiene cuando deshiela, pero se activa cada vez que la temperatura cae por debajo del punto de congelación. Este efecto de cuña rompe el roquedo, lo que unido a las fuertes pendientes provoca la inestabilización y caída al vacío de rocas. A este proceso hay que unirle que cuando llueve los suelos se cargan de agua, por lo que su peso aumenta, provocando una mayor inestabilidad en la masa de rocas.
- El factor biológico: el último gran factor que provoca la inestabilización de las laderas, es la propia vegetación, aunque actúa en doble sentido, por un lado detiene en parte los movimientos de ladera, al actuar sus raíces como redes, pero por otro lado las raíces hacen también de cuña en el suelo abriendo aún más las grietas, y colocando al roquedo en las zonas de gran pendiente en un equilibrio inestable.

Estos procesos son los que generan la inestabilidad, que unido a la pendiente, pone en funcionamiento el proceso de caída de bloques. Este movimiento se detiene una vez que la ladera alcanza su perfil de equilibrio. Pero se ha de tener en cuenta que cualquier proceso que altere el perfil del equilibrio, hará que se reactiven los movimientos de ladera.



Grandes escarpes favorecen la caída de bloques

3.2. ANÁLISIS DE RIESGOS

Por lo que hemos visto hasta ahora en el municipio hay múltiples y variadas zonas donde se pueden dar estos procesos. Pero para su análisis con respecto al riesgo para el planeamiento, sólo haremos referencia a aquellos que presentes riesgos para las vidas humanas, o las infraestructuras.

En un principio se han detectados taludes activos en la cuenca media del Barranco de las Nieves, en el tramo final del Barranco Seco, y en los cantiles costeros cercanos a la desembocadura del Barranco de Los Gómeros. En principio estos taludes no se encuentran en zonas habitadas, por lo que su riesgo se transforma en bastante bajo, no obstante merecen especial atención los taludes presentes en el cauce final del Barranco Seco, ya que como en la salida del mismo se sitúa el vertedero, cualquier obra a realizar en el mismo ha de tener muy en cuenta estos riesgos.

También se ha hecho un recorrido de campo por los tramos finales de los barrancos de Las Nieves, de Juan Mayor, y del Carmen, en los cuales se asientan poblamientos, y los resultados han sido nulos. Esto se explica ya que en estas áreas las pendientes son menores, pero sobre todo porque el roquedo está constituido por potentes coladas basálticas, que no favorecen los procesos de caída de derrubios. Además el proceso de rotura mecánica de las rocas es mucho menor en las zonas costeras, ya que los cambios de temperaturas son aquí muchos más suaves.

3.3. CONCLUSIONES

Los procesos de caída de derrubios, si bien son importantes en algunas áreas del municipio, no tienen una especial relevancia en el análisis de los riesgos. Si bien esto no implica que se estudie detalladamente cualquier obra que se vaya a realizar en sus inmediaciones.

Por otro lado todo proceso de alteración de pendientes, puede generar la caída de rocas, por lo que este análisis, sólo hace referencia a la situación actual, y a su posible evolución futura en caso que no intervenga la mano del hombre. Por lo tanto se recomienda que cualquier obra que lleve aparejado un cambio de pendientes naturales, lleve incluido un análisis de sus posibles efectos en la caída de derrubios o bloques.

4. INCENDIOS FORESTALES

4.1. TIPOLOGÍA DE LOS INCENDIOS FORESTALES

El fuego en el medio forestal consume materia leñosa, produce residuos de la combustión y causa modificaciones de los microclimas locales, además de acabar con la vida animal, y vegetal.

El bosque canario, como todos los bosques del ámbito mediterráneo está íntimamente ligado a los incendios. En el caso que nos ocupa las formaciones boscosas del municipio, son principalmente el Pinar, y en un segundo plano el Monteverde siendo distinta la afección del fuego en ambos tipos de bosques. En primer lugar el Monteverde al tener una mayor presencia de humedad es más difícil que arda, ya que el material inflamable está en peores condiciones, el Pinar es un monte de mayor facilidad de combustión, si bien presenta una más rápida recuperación de los efectos del fuego.

En líneas generales hay dos grandes tipos de incendios, los naturales y los antrópicos. Los primeros son provocados principalmente por rayos y sus efectos y frecuencia son mucho menores. Los segundos, ya sea por descuidos o intencionados son mucho más comunes y destructivos para el medio forestal que los anteriores.

Una vez comenzado un incendio éste puede ser de dos tipos, de copa o de suelo (con las múltiples combinaciones que se pueden dar entre ellos). Los incendios de copa, se caracterizan por ser fuegos rápidos, y muy vivos, que se desplazan por las copas de los árboles. Su efectos destructivos sobre el bosque, depende de su velocidad (a mayor velocidad, menor efecto y viceversa), ya que si el fuego avanza lentamente debido a una baja velocidad del viento, su efecto sobre la masa boscosa es más intenso, porque el árbol está más tiempo en contacto con el fuego. El otro gran tipo de fuego es el de suelo, que se desplaza por el suelo del monte o por pastizales, quemado el sotobosque y la materia orgánica del suelo.

Desde el punto de vista para el hombre, y sus infraestructuras el tipo de incendio más peligroso es aquel de origen antrópico y que sea un fuego de copa o ambos combinados de suelo y copa.

4.2. ANÁLISIS DE RIESGOS

Hay muchos tipos de medios preventivos para conseguir una disminución del riesgos de incendios, pero el objeto de este estudio es analizar los riesgos del planeamiento y por lo tanto, nos centraremos en el análisis de los bordes de las masas forestales y de las zonas de viviendas cercanas al monte.

En primer lugar hemos de tener en cuenta el tipo de monte (material combustible) y sus límites, y observamos claramente una serie de unidades de riesgo.

1. *Zonas de Monteverde, con cultivos abandonados.* En esta zona el riesgo para las edificaciones y las personas es medio, ya que este tipo de montes, y las zonas aledañas son bastante reticentes a los incendios.
2. *Zonas de Monteverde, con cultivos activos y viviendas.* En estas áreas los riesgos son mayores, ya que a pesar de que el monte es poco propicio a arder, la actividad humana

aumenta, con lo que el riesgo aumenta y por consiguiente el posible daño. En esta zona el riesgo es medio alto.

3. *Zonas de viviendas dispersas con cultivos abandonados o pastizales.* Son zonas de alta probabilidad de fuegos, pero su virulencia es mucho menor, por lo que pueden considerarse zonas de riesgo medio-bajo.

4. *Zonas de Pinar, con cultivos abandonados.* Estas áreas son de riesgo medio alto, debido a la fuerte virulencia de los incendios en esta formación boscosa, aunque su riesgo disminuye debido a la menor presencia humana.

5. *Zonas de Pinar, con viviendas dispersas y cultivos.* Estas áreas son las de mayor riesgo, debido a la fácil combustión del pinar (incendios de gran virulencia), lo que unido a la fuerte presencia humana, en el área, ocasiona que esta área tenga riesgo elevado, en caso de producirse incendios.

4.3. CONCLUSIONES

Una vez observadas las zonas con sus diferentes grados de riesgo ante los incendios, las medidas a tomar, han de ser de carácter pasivo, y orientadas a una correcta ordenación del territorio. La medida pasiva principal, es mantener las viviendas alejadas del monte. Por lo tanto las políticas forestales para llevar a cabo esta medida se han de tomar en íntima colaboración con la Unidad de Medioambiente del Cabildo de La Palma, para evitar que el monte se acerque peligrosamente a las viviendas actuales, en los caseríos de Velhoco, la zona alta de Mirca y el Dorador. Por otro lado se ha de evitar la nueva construcción fuera de los núcleos actuales, en las áreas próximas a los bosques, ya que la dispersión de las viviendas aumenta exponencialmente el riesgo de incendio.



1. Zona de Monteverde en Velhoco

5. RIESGO HIDROLÓGICOS

5.1. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

La isla de La Palma comparte las características climáticas generales de Canarias. Pero su posición noroccidental y su elevada altura, le hace recibir un mayor volumen de precipitaciones que el resto del archipiélago. La configuración Norte- Sur de la isla genera dos áreas climáticas, una el barlovento insular, que va desde Garafía, hasta la Villa de Mazo, y la otra el sotavento insular que discurre desde Puntagorda, hasta Fuencaliente.

Dentro del ámbito de barlovento, se inscribe el municipio de Santa Cruz de La Palma, con lo que su clima está determinado por las características propias del área, con las particularidades de una mayor insolación que provoca la montaña de Tenagua. Dentro de los grandes tipos de tiempos que afectan a Santa Cruz de La Palma, son las borrascas atlánticas, provenientes del frente polar, las que dan lugar al mayor número de precipitaciones, al margen de los episodios excepcionales como lo son las gotas frías.

Las precipitaciones en el municipio, oscilan entre los 400mm/año en las zonas costeras y los casi 1.000mm/año, en las zonas de cumbre., precipitaciones que podemos clasificar de abundantes dentro del ámbito canario, y que han permitido el desarrollo las grandes masas de vegetación del municipio.

Las precipitaciones en el municipio siguen el patrón mediterráneo, es decir una total ausencia de las mismas, durante el periodo estival, y una concentración de las lluvias en los meses invernales, más concretamente entre octubre y marzo. Los días de lluvia en el municipio oscilan, entre los 72 días al año en Velhoco, y los 87 en Mirca

Estación	Días de Lluvia	Días con P>30 mm/día
Santa Cruz de la Palma	74	4
Mirca	87	3.5
Velhoco	72	7

Las precipitaciones, como es típico en las islas, son poco continuas en el tiempo, aguaceros intensos de forma que en varios minutos u horas se recoge la lluvia de todo un día, lo que nos da unos fenómenos de fuerte intensidad horaria. Además como se refleja en la tabla anterior, el número de días con fuertes precipitaciones aumenta según la altura, y esto es debido a que la masa de aires se inestabiliza según asciende hacia las cumbres de la isla. Podemos observar como pasamos de 4 días de lluvias intensas al año, en la zona costera, a 7 días en las medianías y probablemente a valores superiores en las zonas de cumbres. (NOTA: no se han conseguido datos apropiados de las zonas cumbreiras del municipio)

Así pues podemos observar como Santa Cruz de La Palma, es un área húmeda, donde se concentran las precipitaciones en torno a los cinco meses invernales, y existe un importante número de días al año con precipitaciones de fuerte intensidad.

Por tanto vamos a proceder a calcular las precipitaciones para diferentes periodos de retorno de una serie de estaciones que se encuentran en el municipio, y en los municipios adyacentes.

Para el cálculo empleamos el método hidrometeorológico, aplicando para ello la distribución de Gumbel, que nos permite deducir la precipitación según la expresión:

$$F(p) = e^{-e^{-\alpha(p-\beta)}}$$

Que en forma logarítmica y despejando la variable p_i queda como sigue:

$$P_i = \beta - \left(\frac{1}{\alpha}\right) \times \ln(-\ln(p))$$

Donde:

1. P_i es la precipitación máxima en 24 horas para el periodo de retorno considerado.
2. P es la probabilidad de que ocurra un aguacero de esa magnitud en el periodo considerado. Para el cálculo de P se usa la siguiente fórmula

$$P = \frac{T-1}{T}$$

3. α es un parámetro de escala, y β es un parámetro de localización que se obtiene a partir de la media muestral y la desviación típica maestra de la serie de datos facilitada.

$$\frac{1}{\alpha} = 0.80 \times \sigma$$

$$\beta = \mu - \frac{0.577}{\alpha}$$

Siendo a su vez:

μ La Media Aritmética

σ Este valor se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$\sigma = \left(\frac{n}{n-1}\right) \times \sigma_x$$

σ_x Desviación típica maestra.

Una vez realizado estos procesos a los datos que se disponían y eran adecuados de las diferentes estaciones estos son los resultados

Estación	Valores	10 años (mm/día)	25 años (mm/día)	50 años (mm/día)	100 años (mm/día)	500 años (mm/día)
Mirca	14	132	163	185	207	239
Santa Cruz	22	151	192	222	253	301
El Fuerte	17	160	198	227	225	291
Aeropuerto	24	160	216	257	299	322
El Granel	11	171	212	243	273	304
Puntallana	17	173	219	253	286	334
Velhoco	33	185	228	261	292	352
Aeropuerto Viejo	10	178	219	249	280	290
Botazo	10	276	344	394	444	464

San Pedro	10	233	293	338	383	403
San José	22	213	269	310	351	394

Como se puede desprender de los valores de precipitaciones para diferentes periodos de retorno en el municipio, vemos que la intensidad de las lluvias es muy alta, por lo que son un factor de riesgo evidente.

5.2 ANÁLISIS DE LA RED HIDROGRÁFICA.

El municipio de Santa Cruz de La Palma, posee una densa red de drenaje, estructurada en torno a cinco grandes cuencas, que son las siguientes de norte a sur Barranco Seco, Barranco de Los Gomereros, Barranco del Carmen, Barranco de Las Nieves y Barranco de Juan Mayor. Tanto la cuenca más septentrional como la más meridional del municipio, incluyen en su área de drenaje, parte de municipio de Breña Alta y de Puntallana, pero su estudio se hace necesario, porque todos estos barrancos desembocan en el municipio de Santa Cruz de La Palma.

Principales características de las cuencas de Santa Cruz de La Palma

Cuenca	Área (km ²)	Perímetro (Km)	Longitud cauce	Pendiente media (%)
Barranco Seco	6.26	21.6	11970 m	21.9%
Barranco de Los Gomereros	2.42	10.29	4623 m	27.8%
Barranco del Carmen	8.51	18.98	10107m	20.7%
Barranco Las Nieves	19.44	22.58	11351m	19.6%
Barranco de Juan Mayor	8.2	13.86	7395m	25.6%
Las Nieves + Juan Mayor	27.64	29.51	11351m	21.4%

En líneas generales los barrancos principales, son fuertes líneas de insición con poca amplitud hacia los lados. Este tipo de cuencas, favorecen la evacuación rápida de las precipitaciones en cortos periodos de tiempo. Por lo tanto las crecidas son casi espontáneas, y ocurren sin que lleguen a cesar las precipitaciones. A esta tipología clásica de barrancos lineales, escapan los situados más hacia el sur, donde las cuencas ya pierden su linealidad, y adquieren formas lobuladas, el caso más evidente es el del Barranco de las Nieves. Esta forma provoca, un tiempo de concentración de la crecida mayor, pero como el área drenada es mayor, el volumen de la crecida por lo tanto es mayor también.



Cauce del Barranco de las Nieves

Para analizar la peligrosidad de los cauces, cuando ocurre una crecida, se suele utilizar la clasificación de Straler. Con este método no solo se obtiene el cauce principal y la jerarquía de los mismos, si no que al basarse en uniones de iguales, el método también ayuda a deducir que zonas del cauce llevan un mayor volumen de agua, y por tanto aumentan su peligrosidad.

Una vez realizado el análisis de los cauces, observamos como hay una zona de nivel 5, que es aquella que discurre por el tramo final del Barranco de Las Nieves. Existen también 3 áreas de nivel 4, que son los cauces principales del Barranco de Juan Mayor, el Tramo medio del cauce de las Nieves, y por ultimo todo el cauce principal del Barranco Seco. De estos cauces de rango 4 el de menor peligrosidad para las personas es el del Barranco Seco, el cual no obstante presenta un riesgo ambiental, como es la presencia del vertedero en la parte final del cauce.

Los cauces más peligrosos para la población son los siguientes, ordenados de manera creciente.

1. El cauce de Juan Mayor hasta el desvío sobre el Barranco de las Nieves.
2. El Tramo final del Barranco del Carmen.
3. El Cauce medio del Barranco de las Nieves.
4. El Cauce final del Barranco de Las Nieves.



Desembocadura del Barranco de Las Nieves

Por lo tanto se ha de proceder a una definición exhaustiva de los cauces principales de esas cuatro zonas para evitar la invasión del dominio hidráulico, por parte de actividades humanas. Por otra parte se recomienda la realización de labores de mantenimiento de limpieza de los cauces, es decir evitar el obturamiento de estos, por escombros o basuras. También se aconseja evitar todo tipo de uso, aunque sea temporal en los cauces, sobre todo en estas anteriores. Sería recomendable la aplicación de medidas preventivas, tales como la instalación de trampas de sedimentos, para así

lograr que el volumen de las crecidas sea inferior, y disminuyendo los potenciales efectos destructivos aguas abajo.

Además ha de tenerse en cuenta que las futuras obras, en los márgenes de los cauces han de contar con permisos del Consejo Insular de Aguas, atendiendo a sus recomendaciones. Además todos los suelos programados como urbanizables, han de tener en cuenta que cuando se encuentren en estas zonas han de asumir en sus planes, estudios sobre riesgos a un nivel de detalle muy exhaustivo, y actuar luego en consecuencia de las recomendaciones de dichos estudios.

5.3 ANÁLISIS DE PUNTOS CONFLICTIVOS

Una vez analizado a grandes rasgos la red hidrográfica del municipio encontramos en ella cuatro puntos conflictivos:

- Desembocadura del Barranco del Carmen
- Casas de las Nieves
- Tramo encauzado del Barranco de las Nieves
- Desvío del Barranco de Juan Mayor sobre el cauce de las Nieves.

Estos puntos, son embudos del sistema de drenaje, ya que en sus márgenes se agolpa una gran cantidad de población, como son los casos del desvío de Juan Mayor, y el encauzamiento de Las Nieves, en el caso del Barranco del Carmen, por que es un área de expansión de la ciudad. Por último las Casas de las Nieves, por ser una serie de viviendas inmediatas al cauce principal del Barranco de las Nieves.

Para el estudio de estos puntos, nos hemos basado en los métodos que recoge la Instrucción de Carreteras 5.2.IC. de drenaje superficial, publicada en el BOE nº 123 de 23 de mayo de 1990. Los estudios puntuales que hemos desarrollado, se plantea como horizonte, el periodo de retorno de 500 años, como recoge la norma. Esta limitación temporal es la que recoge la instrucción, no obstante, no se estudian fenómenos de precipitaciones con periodos de retorno mayor a 500 años, y cuyos efectos son imprevisibles.

Antes de comenzar, a calcular los datos para esos tres puntos, hay que señalar, que los datos de lluvia, con sus periodos de retorno, se toman de la estación de Velhoco, que es la que tiene mayores volúmenes de precipitaciones, y una serie más larga, dentro de las que se encuentran en el municipio de Santa Cruz de La Palma. Además, primero se procederá a calcular el coeficiente de escorrentía que será el mismo para todas las cuencas. Esta aclaración del uso de los datos, es debida a la escasez de los mismos, por lo tanto, hemos tomado siempre una actitud conservadora, es decir se toma el dato más alto para ver si éste cumple, y paliar así en parte la insuficiencia del dato.

Por Coeficiente de Escorrentía, se entiende la proporción de la componente superficial de la precipitación de intensidad I , y depende de la razón entre la precipitación diaria P_d . Correspondiente al periodo de retorno y al umbral de escorrentía P_o , a partir del cual se inicia esta.

Para el calculo del umbral de precipitación, se observan las cuencas de análisis, y se ve como son boscosas, excepto en el tramo final de las mismas. Por lo tanto se puede considerar que toda la cuenca se comporta como un bosque claro. Por otro lado la estructura del suelo varía a lo largo de la cuenca, así que se he escogido una intermedia como es la Franca. Con esto y según la normativa

de drenajes superficial, se obtiene un de P_o , 24 mm, a este valor hay que aplicarle un factor de corrección que nos da la instrucción, que consiste en multiplicarlos por 3.5 para las vertientes norte de las Islas Canarias. Por lo tanto obtenemos un valor inicial de $P_o = 84\text{mm}$.

El valor del coeficiente de escorrentía viene dado por la formula de TEMEZ:

$$C = \frac{\left[\left(\frac{Pd}{Po} \right) - 1 \right] \times \left[\left(\frac{Pd}{Po} \right) + 23 \right]}{\left[\left(\frac{Pd}{Po} \right) + 11 \right]^2}$$

Para un valor de 352 mm, en un periodo de retorno de 500 años.

Se obtiene al final un valor de coeficiente de escorrentía de:

C= 0.37

5.3.1 ANÁLISIS DE LA CUENCA DE LAS NIEVES-JUAN MAYOR.

Esta cuenca es la, que se deriva de la unión de las Cuencas del Barranco de las Nieves, y la del Barranco de Juan Mayor, aguas arriba del desvío. El cálculo del análisis a llevar a cabo trata de comprobar si la desembocadura del cauce es capaz de absorber la riada máxima teórica para un periodo de retorno de 500 años. Para ello el valor de precipitación a tomar será el más elevado que es el de Velhoco y equivale a 352mm/24h.



Área encauzada del Barranco de las Nieves

Para el cálculo de la avenida, se usará la fórmula existente en la instrucción de “Drenaje Superficial”, la frontera de uso de este método viene dado por un tiempo de concentración inferior a 6 horas, el tiempo de concentración de esta cuenca se calculará más adelante.

El caudal de referencia Q en el punto de desagüe de la cuenca se obtiene mediante la llamada “fórmula racional”:

$$Q(m^3 / seg) = \frac{C \times A(km^2) \times I(mm / H)}{3}$$

Siendo:

Q el caudal de referencia

C el coeficiente de escorrentía

A el área de la Cuenca

I es la intensidad media de precipitación para una lluvia igual al tiempo de concentración y un periodo de retorno de 500 años.

El tiempo de concentración, se define como las horas que transcurren desde que cae la última gota de lluvia sobre la cuenca, hasta que cesa la escorrentía por la sección de salida del cauce. Para su cálculo se utilizará la fórmula facilitada por el MOPU. , en su publicación de Mayo de 1987 “Cálculos hidrometeorológicos de caudales máximos en pequeñas cuencas naturales”. T_c es el denominado tiempo de concentración y se comprueba experimentalmente que es característico de cada cuenca, y por lo tanto independiente de la configuración y magnitudes del aguacero.

$$T_c = 0.3 \times \left(\frac{L}{J^{0.25}} \right)^{0.76}$$

Siendo:

T_c Tiempo de concentración (h)

L Longitud del curso Principal (km)

J Pendiente media del curso principal (%)

Una vez aplicada la fórmula de cálculo obtenemos un tiempo de concentración de:

Tc=1.05 horas

Para el cálculo de la **intensidad media de precipitación**, se emplea la fórmula propuesta por TEMEZ e incluida en la instrucción 5.2.-IC.

$$\left(\frac{I}{I_d} \right) = \left(\frac{I_1}{I_d} \right)^{\left(\frac{28^{0.1} - D^{0.1}}{0.4} \right)}$$

Siendo:

I_1 La intensidad horaria de precipitación correspondiente a dicho periodo de retorno en mm/h.

I_d La intensidad media diaria de precipitación correspondiente al periodo de retorno (Pd/24).

I La intensidad media de precipitación a emplear en la estimación del caudal de avenida (mm/h).

D La duración del intervalo al que se refiere *I*, se toma igual al tiempo de concentración.

En el trabajo de la Dirección General de Carreteras, “Estudio complementario para el cálculo de avenidas en las Islas Canarias”, se propone un valor de $I_1/I_d = 8$ en las vertientes norte de las islas con marcado relieve. El resultado obtenido para la cuenca de Las Nieves mas Juan Mayor, es de:

Intensidad media 114.45mm/h

Una vez hallados estos valores, podemos calcular el **caudal máximo de referencia**, en la desembocadura de la cuenca.

$$Q(m^3 / seg) = \frac{C \times A(km^2) \times I(mm / H)}{3}$$

Siendo:

Q el caudal de referencia

C el coeficiente de escorrentía: 0.37

A el área de la Cuenca: 27.64 km²

I es la intensidad media de precipitación para una lluvia igual al tiempo de concentración y un periodo de retorno de 500 años: 114.45 mm/h

Una vez obtenidos los cálculos el caudal de referencia es:

$$Q = 390.15 m^3 / seg$$

Mayorando este valor en un 20% , para tener en cuenta el volumen de los sólidos arrastrados por la avenida, y así tener valores de seguridad, obtenemos el caudal de referencia máximo mayorado para la cuenca en un periodo de retorno de 500 años

$$Q_{20\%} = 468.18 m^3 / seg.$$

Una vez obtenido el caudal máximo esperado, se ha de comprobar si el punto de salida de la cuenca es capaz de desaguar dicho caudal. Para ello requerimos la formula de **Manning-Stricker**, incluida en la instrucción 5.2.-IC. Esta fórmula es usada allí donde las láminas de agua tienen pérdidas de energía debidas al rozamiento con el cauce, siendo la formula la siguiente:

$$Q_{desaguado} = S \times R^{\frac{2}{3}} \times J^{\frac{1}{2}} \times K \times U$$

Siendo:

S El área de la sección

R El Radio Hidráulico, que es el área de la sección, dividido por el perímetro mojado

J Es la pendiente media de la línea de energía en el punto

K Es el Coeficiente de Rugosidad

U Una constante cuyo valor con estas unidades es igual a 1

La sección del cauce, en el punto de desagüe tiene una amplitud de 25 metros, por una altura media de unos 3 metros. Por lo que el área de la sección es de 75 m²

El perímetro mojado viene dado por la suma de las zonas en contacto con el agua, por lo tanto el perímetro es de 31 metros. Obteniendo así el radio hidráulico de 2.41

Por otra parte la pendiente media de la zona de desembocadura es de un 5 %, lo que equivale a 0.05 metros/metro

El coeficiente de rugosidad K lo tomaremos de la tabla 5.1 de la instrucción 5.2.-IC, que nos dice que en los lechos de cauce regular y con alguna vegetación que penetra algo en el cauce nos da unos valores que oscilan entre 20 y 25, por lo tanto tomaremos el valor intermedio de 22

Una vez hallados estos valores, podemos calcular el caudal máximo de referencia, en la desembocadura de la cuenca:

$$Q_{\text{desaguado}} = S \times R^{\frac{2}{3}} \times J^{\frac{1}{2}} \times K \times U$$

Siendo:

S El área de la sección: 75 m²

R El Radio Hidráulico, que es el área de la sección, dividido por el perímetro mojado: 2.41

J Es la pendiente media de la línea de energía en el punto: 0.05

K Es el Coeficiente de Rugosidad: 22

U Una constante cuyo valor es igual a 1

Siendo el caudal desaguado, el siguiente:

$$Q_{\text{Desaguado}} = \mathbf{663.20 \text{ m}^3/\text{seg.}}$$

Una vez obtenidos estos datos, podemos afirmar en principio, que según los datos proporcionados, y aplicando la metodología anterior, la capacidad de desagüe de avenidas de referencia para periodos de retorno de 500 años es la adecuada.

Pero esto no descarta que se lleven a cabo una serie de medidas preventivas para aumentar el margen de seguridad. Estas medidas consistirían en la limpieza de la parte final del cauce (zona encauzada), es decir retirar las gravas acumuladas en las diferentes riadas, para evitar que la sección de evacuación disminuya de ciertos umbrales críticos. Por otra parte también sería deseable disminuir el rozamiento del agua hormigonando el cauce en los puntos más estrechos, aumentando así la velocidad del agua, y pudiendo desaguar aún mayor cantidad de agua. Otra de las recomendaciones básicas a tomar es la de establecer trampas de sedimentos aguas arriba, disminuyendo así el volumen de los arrastres de la avenida.

Estas medidas, se aconsejan para aumentar el margen de seguridad de esta área, ya que la misma se encuentra bastante poblada en sus inmediaciones.



Zona con falta de mantenimiento, rellena de escombros

5.3.2 ANÁLISIS DE LA DESEMBOCADURA DEL BARRANCO DEL CARMEN

Otro punto de peligrosidad que exige un análisis pormenorizado, es el de la desembocadura del barranco del Carmen. Este punto se analiza por la previsión de expansión de la ciudad en esta área. Con los inconvenientes que ello conllevaría desde el punto de riesgos de avenidas, este análisis solo es orientativo para cuando se desarrolle el Plan Parcial de este sector se tenga como punto de partida para el documento de análisis de riesgo que lleve el desarrollo de este suelo.



Área final del barranco del Carmen

El método que se ha empleado es similar que el anterior, sólo que al final no se ha podido calcular la capacidad máxima de desagüe, porque de momento no existe obra en el mismo, quedando esta parte del análisis para el documento del Plan Parcial. Se ha tomado como valor de referencia de precipitaciones el la estación de Velhoco, por ser el más alto y de mayor serie, este valor para un periodo de retorno de 500 años es de 352 mm/día.

Los datos obtenidos de aplicar el siguiente método (similar al del análisis anterior) se resumen en el siguiente cuadro:

Coefficiente de escorrentía	0.37
Tiempo de Concentración	0.97 horas
Intensidad media de precipitación	119.03 mm/h
Área de la cuenca	8.51 km ²

Una vez hallados estos valores, podemos calcular el caudal máximo de referencia, en la desembocadura de la cuenca.

$$Q(m^3 / seg) = \frac{C \times A(km^2) \times I(mm / H)}{3}$$

Siendo:

Q el caudal de referencia

C el coeficiente de escorrentía: 0.37

A el área de la Cuenca: 8.51 km²

I es la intensidad media de precipitación para una lluvia igual al tiempo de concentración y un periodo de retorno de 500 años: 119.03 mm/h

Una vez obtenidos los cálculos el caudal de referencia es:

$$Q = 124.92m^3 / seg$$

Mayorando este valor en un 20% , para tener en cuenta el volumen de los sólidos arrastrados por la avenida, y así tener valores de seguridad, obtenemos el caudal de referencia máximo mayorado para la cuenca en un periodo de retorno de 500 años

$$Q_{20\%} = 149.90 m^3 / seg.$$

Este valor cercano a los 150m³/seg., ha de tenerse en cuenta a la hora de desarrollar el plan parcial de esta área por lo tanto a la hora de delimitar el dominio hidráulico, ha de dejarse la necesaria sección para que se pueda evacuar un caudal de esa magnitud en un periodo de referencia de 500 años. Es recomendable que el futuro estudio de riesgos que lleve asociado el desarrollo de este suelo, haga un análisis justo al comienzo de la zona urbanizable, y que se tenga en cuenta toda la cuenca del Barranco del Carmen.

En esta área tampoco se han de olvidar de planear las medidas preventivas clásicas, tales como trampas de sedimentos aguas arriba, limpieza de cauces de cualquier tipo de vertido, en especial de sólidos, que sean capaces de reducir la sección de evacuación y a la vez aportar un aumento de materiales susceptibles de ser transportados, y que puedan tener consecuencias desagradables aguas abajo. Por lo tanto se recomienda un estudio detallado del riesgo de avenidas, cuando se vaya a desarrollar este suelo, y hacer caso a las medidas correctoras, que determinen los organismos pertinentes.

5.3.3 ANÁLISIS DE LA CASAS DE LAS NIEVES

En esta zona próxima a la Ermita de las Nieves nos encontramos en el margen del cauce del barranco del mismo nombre con un grupo de viviendas aisladas. Estas viviendas, se encuentran anexas al propio cauce por lo que su condición ante el riesgo es muy alta, ya que poseen un solo un pequeño muro de contención para evitar las posibles riadas. Por lo tanto aquí realizaremos un análisis de las riadas esperadas según la normativa, para ver que efectos tendrían sobre las viviendas.

El método de trabajo para este punto, es similar a los anteriores, en un principio se calculara la cantidad máxima de agua esperable para un periodo de retorno de 500 años, y luego se calculará la capacidad de desagüe de la sección del túnel, y todo ello atendiendo a la instrucción 5.2.-IC. La precipitación de referencia será la de la estación de Velhoco para el periodo de retorno de 500 años que es 352mm/día.



El cauce en la zona de Las Casas de Las Nieves

Los datos obtenidos de aplicar el siguiente método (similar a los análisis anteriores) se resumen en el siguiente cuadro:

Coefficiente de escorrentía	0.37
Tiempo de Concentración	0.81 horas
Intensidad media de precipitación	127.65 mm/h
Área de la cuenca	9.33 km ²

Una vez hallados estos valores, podemos calcular el caudal máximo de referencia, en el punto de desvío del cauce

$$Q(m^3 / seg) = \frac{C \times A(km^2) \times I(mm / H)}{3}$$

Siendo:

Q el caudal de referencia

C el coeficiente de escorrentía: 0.37

A el área de la Cuenca: 9.33 km²

I es la intensidad media de precipitación para una lluvia igual al tiempo de concentración y un periodo de retorno de 500 años: 127.65 mm/h

Una vez obtenidos los cálculos el caudal de referencia es:

$$Q = 146m^3 / seg$$

Mayorando este valor en un 20% , para tener en cuenta el volumen de los sólidos arrastrados por la avenida, y así tener valores de seguridad, obtenemos el caudal de referencia máximo mayorado para la cuenca en un periodo de retorno de 500 años

$$Q_{20\%} = 175.2 \text{ m}^3 / \text{seg.}$$

A continuación analizaremos si la sección del túnel de desvío es la suficiente para desalojar el caudal máximo de referencia. Para ello nos basaremos en la fórmula de **Manning-Stricker**, que nos indica el caudal máximo que se puede desaguar. Esta fórmula es usada allí donde las láminas de agua tienen pérdidas de energía debidas al rozamiento con el cauce, siendo la formula la siguiente:

$$Q_{desaguado} = S \times R^{\frac{2}{3}} \times J^{\frac{1}{2}} \times K \times U$$

Siendo:

S El área de la sección

R El Radio Hidráulico, que es el área de la sección, dividido por el perímetro mojado

J Es la pendiente media de la línea de energía en el punto

K Es el Coeficiente de Rugosidad

U Una constante cuyo valor es igual a 1

En este punto la obra tiene unas dimensiones de 13 metros de ancho y unos 2 metros de altura, con esto obtenemos una sección de 26 m^2 .

El radio hidráulico viene dado por el la sección (26 metros) dividido por el perímetro mojado (17 metros), por lo tanto tenemos que el radio hidráulico es de 1.529

La pendiente media dentro del túnel es de 5%, por lo que J es igual a 0.05 metros / metro

El coeficiente de rugosidad K lo tomaremos de la tabla 5.1 de la instrucción 5.2.-IC, que nos dice que en los lechos de cauce regular y con alguna vegetación que penetra algo en el cauce nos da unos valores que oscilan entre 20 y 25, por lo tanto tomaremos el valor intermedio de 22

Una vez hallados estos valores, podemos calcular el caudal máximo de referencia, en la desembocadura de la cuenca:

$$Q_{desaguado} = S \times R^{\frac{2}{3}} \times J^{\frac{1}{2}} \times K \times U$$

Siendo:

S El área de la sección: 26

R El Radio Hidráulico, que es el área de la sección, dividido por el perímetro mojado: 1.529

J Es la pendiente media de la línea de energía en el punto: 0.05

K Es el Coeficiente de Rugosidad: 22

U Una constante cuyo valor es igual a 1

Siendo el caudal desaguado, el siguiente:

$$Q_{Desaguado} = 169.7 \text{ m}^3 / \text{seg.}$$

Como se desprende del análisis de estos datos, este conjunto de casas se encuentra en peligro de sufrir una riada. Ya que el caudal a desaguar es mayor que el volumen que permite en ese lugar el cauce. Con esto se establece que este punto es el área con mayor riesgo del municipio. Las medidas a tomar de manera urgente son la elevación de un muro de defensa, para las viviendas, además de excavar el cauce para aumentar la sección de desagüe. Por otro lado hay que tener en cuenta que también se han de tomar las medidas clásicas como trampas de sedimentos aguas arriba, para disminuir el volumen de los arrastres de las crecidas del barranco.

En líneas generales debido a la complejidad del sector se aconseja un encauzamiento del mismo pero este estudio ha de llevarse a cabo por parte de las instituciones competentes, pero a la luz de los datos que hemos obtenido en este análisis general, este estudio ha de realizarse de manera urgente para evitar sorpresas desagradables en el futuro

5.3.4 ANÁLISIS DEL DESVÍO DEL BARRANCO DE JUAN MAYOR SOBRE EL BARRANCO DE LAS NIEVES.

El barranco de Juan Mayor, más conocido en su tramo final como barranco del Puente, se halla desviado hacia el barranco de Las Nieves, por encima del estadio Silvestre Carrillo, desde finales de la década de los sesenta. A pesar de que esta infraestructura se ha comportado de manera eficiente en su periodo de vida, nos proponemos realizar un análisis de la misma, para ver si cumple los requisitos mínimos de seguridad, ya que esta obra ha permitido la urbanización del barranco aguas abajo, y por lo tanto si algo fallara las consecuencias serían muy graves.



Imagen del túnel de desvío del cauce de Juan Mayor

El método de trabajo para este punto, es similar a los anteriores, en un principio se calculara la cantidad máxima de agua esperable para un periodo de retorno de 500 años, y luego se calculará la capacidad de desagüe de la sección del túnel, y todo ello atendiendo a la instrucción 5.2.-IC. La precipitación de referencia será la de la estación de Velhoco para el periodo de retorno de 500 años que es 352mm/día

Los datos obtenidos de aplicar el siguiente método (similar a los análisis anteriores) se resumen en el siguiente cuadro:

Coefficiente de escorrentía	0.37
Tiempo de Concentración	0.74 horas
Intensidad media de precipitación	137.22 mm/h
Área de la cuenca	8.2 km ²

Una vez hallados estos valores, podemos calcular el caudal máximo de referencia, en el punto de desvío del cauce

$$Q(m^3 / seg) = \frac{C \times A(km^2) \times I(mm / H)}{3}$$

Siendo:

Q el caudal de referencia

C el coeficiente de escorrentía: 0.37

A el área de la Cuenca: 8.2 km²

I es la intensidad media de precipitación para una lluvia igual al tiempo de concentración y un periodo de retorno de 500 años: 137.03 mm/h

Una vez obtenidos los cálculos el caudal de referencia es:

$$Q = 138m^3 / seg$$

Mayorando este valor en un 20% , para tener en cuenta el volumen de los sólidos arrastrados por la avenida, y así tener valores de seguridad, obtenemos el caudal de referencia máximo mayorado para la cuenca en un periodo de retorno de 500 años

$$Q_{20\%} = 166.52 m^3 / seg.$$

A continuación analizaremos si la sección del túnel de desvío es la suficiente para desalojar el caudal máximo de referencia. Para ello nos basaremos en la fórmula de **Manning-Stricker**, que nos indica el caudal máximo que se puede desaguar. Esta fórmula es usada allí donde las láminas de agua tienen pérdidas de energía debidas al rozamiento con el cauce, siendo la formula la siguiente:

$$Q_{desaguado} = S \times R^{\frac{2}{3}} \times J^{\frac{1}{2}} \times K \times U$$

Siendo:

S El área de la sección

R El Radio Hidráulico, que es el área de la sección, dividido por el perímetro mojado

J Es la pendiente media de la línea de energía en el punto

K Es el Coeficiente de Rugosidad

U Una constante cuyo valor es igual a 1

En este punto la obra tiene unas dimensiones de 6 metros de ancho y unos 5 metros de altura, con esto obtenemos una sección de 30 m².

El radio hidráulico viene dado por el la sección (30 metros) dividido por el perímetro mojado (23 metros), por lo tanto tenemos que el radio hidráulico es de 1.875

La pendiente media dentro del túnel es de 1%, por lo que J es igual a 0.01 metros / metro

El coeficiente de rugosidad K lo tomaremos de la tabla 5.1 de la instrucción 5.2.-IC, que nos dice que en los lechos de regular y con trazado regular nos da unos valores que oscilan entre 35 y 40, por lo tanto tomaremos el valor intermedio de 37

Una vez hallados estos valores, podemos calcular el caudal máximo de referencia, en la desembocadura de la cuenca:

$$Q_{desaguado} = S \times R^{\frac{2}{3}} \times J^{\frac{1}{2}} \times K \times U$$

Siendo:

S El área de la sección: 30

R El Radio Hidráulico, que es el área de la sección, dividido por el perímetro mojado: 1.875

J Es la pendiente media de la línea de energía en el punto: 0.01

K Es el Coeficiente de Rugosidad: 37

U Una constante cuyo valor es igual a 1

Siendo el caudal desaguado, el siguiente:

$$Q_{Desaguado} = 168.71 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

En principio observamos, que el caudal desaguado sería mayor al caudal máximo de referencia , pero al ser este margen de seguridad tan corto , solo 2 m³/seg., hay que tomar medidas urgentes de cara cambiar esta situación, por parte de las instituciones competentes.

Las medidas que se aconsejan ante estos cálculos, son las siguientes. Hay que instalar de manera urgente trampas de sedimentos, aguas arriba del desvío del cauce, para lograr así un menor volumen de la riada, además aumentado la velocidad del agua. Otra medida, a tomar es la evacuación de sedimentos depositados dentro del túnel, para aumentar así la pendiente dentro del túnel aumentando el volumen de agua desalojado, también se podría hormigonar, reduciendo así el rozamiento y por lo tanto aumentando los márgenes de seguridad de la obra.

Por otro lado se debe mejorar el túnel, ya que su estado de conservación es manifiestamente mejorable, ya que hay riesgo de desprendimientos en el mismo, lo que podría taponar el cauce, y tener consecuencias desagradables, aguas abajo, donde se asienta un gran volumen de población.



Zona donde el cauce es usado como pista, invasión del dominio hidráulico

5.4 CONCLUSIONES

Los riesgos por efecto de las fuertes precipitaciones, y su evacuación por parte de la red hidrográfica son los más importantes del municipio. En principio los márgenes de seguridad, no son del todo malos. Hay que tener en cuenta que en las zonas cercanas a la costa los márgenes de los cauces han sido ocupados por actividades humanas, y por zonas residenciales, a grandes rasgos estas ocupaciones de las riberas han respetado los dominios hidráulicos, en un principio de manera empírica, y desde hace unos años gracias a la vigilancia de los cauces por el Consejo Insular de Aguas. Pero una tarea aún por llevar a cabo es la separación de los dominios públicos hidráulicos, en los barrancos principales, para evitar la ocupación de los mismos por las crecientes actividades humanas en el territorio. Otra asignatura pendiente es la del mantenimiento de los cauces, sobre todo en las zonas donde se asienta un gran volumen de población, esta acción se ha de llevar cada cierto tiempo y en colaboración con el Consejo Insular de Aguas, para evitar riesgos innecesarios y aumentar así los márgenes de seguridad.

Del análisis de la red, nos encontramos con cuatro puntos conflictivos, de los cuales ya hemos hablado anteriormente, Pero aquí hay que hacer especial mención a la zona de las Casas de Las Nieves, donde el problema de sufrir una riada con daños a personas, es muy evidente, por lo que se aconseja llevar a cabo estudios y obras destinadas a paliar esta situación de manera urgente. Por otro lado, el suelo urbanizable, o capaz de soportar uso de viviendas que se encuentre en las inmediaciones de los cauces ha de llevar asociado un estudio detallado de los riesgos. Por otra parte señalar la urgencia de aplicar medidas de mejora y correctoras en el punto de desvío del barranco de Juan Mayor ya que los márgenes de seguridad en este punto son muy escasos. Este lugar es además un ejemplo de que un escaso mantenimiento de las infraestructuras hidráulicas, genera una multiplicación de los riesgos.

Bibliografía

- *Geología y volcanología de las islas volcánicas oceánicas: Canarias Hawai* J.C. Carracedo y R. Tiling. Servicio de Publicaciones de la Caja General de Ahorros de Canarias. 2003.
- *Volcanismo reciente y riesgo volcánico*. J.C. Carracedo y otros. En: Naturaleza de las Islas Canarias. Turquesa ediciones 2001
- *Manual de Climatología Aplicada*. Felipe Fernández García. Editorial Síntesis 1995
- La Instrucción de Carreteras 5.2.IC. de drenaje superficial, publicada en el BOE nº 123 de 23 de mayo de 1990
- DECRETO 166/2001, de 30 de julio, por el que se aprueba el Plan Hidrológico Insular de La Palma
- *Estudio de Riesgos Naturales en los Terrenos de la Orla Sudoeste del suelo urbanizable*. J.L. Simón Gómez y otros. Plan General de Ordenación Urbana de Zaragoza. Mayo 1999. Aprobación Inicial 1999

ANEXO CARTOGRÁFICO

La cartografía que incluye este documento se adjunta en Formato A-3” en el apéndice de este Documento.