

Trabajo Fin de Máster

PLANTEAMIENTO DE PLAN DE EMERGENCIA DE LAS PRESAS DEL COMPLEJO NIZAO (REPÚBLICA DOMINICANA), FRENTE A LOS FENÓMENOS CLIMÁTICOS EXTREMOS.

Intensificación: *TRATAMIENTOS DE AGUAS*

Autor:

AMAURIS DE JESÚS ENCARNACIÓN

Tutor:

DR. IGNACIO ESCUDER BUENO

NOVIEMBRE, 2018



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

máster en ingeniería
hidráulica y medio ambiente
mihma



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS



máster en ingeniería
hidráulica y medio ambiente
mihma

TRABAJO FIN DE MASTER:

**PLANTEAMIENTO DE PLAN DE EMERGENCIA DE LAS PRESAS
DEL COMPLEJO NIZAO (REPÚBLICA DOMINICANA), FRENTE
A LOS FENÓMENOS CLIMÁTICOS EXTREMOS.**

Valencia, 26 de Noviembre 2018



AGRADECIMIENTOS

A mis padres Adriano, Isabel y Marinelis,
a mis hermanos Yanira, Evelyn y Caonabo,
a mi novia,
me mostraron que el éxito es la suma de pequeños esfuerzos, repetidos día tras día.

RESUMEN

La República Dominicana es un país emplazado en la isla “La Española” en el caribe, es uno de los trece países que forman la América Insular Antillas o Islas del mar Caribe, por lo que la isla se ubica justo en la trayectoria de los huracanes de tipo Cabo Verde, ciclones Tropicales que se convierten en Tormentas tropicales a unas 600 millas de las islas de Cabo Verde, y que se transforman en huracanes antes de llegar al Caribe. Debido al Cambio Climático que es un fenómeno mundial que comprende múltiples interacciones de procesos naturales, sociales, políticos y económicos a escala global y cuyos impactos en los ecosistemas, las economías y las sociedades se verán a mediano y largo plazo, las condiciones oceánicas en el Caribe están cambiando, tales como: aumento en la temperatura superficial del mar, aumento del nivel del océano y en los patrones de circulación de sus aguas. Las proyecciones de las condiciones atmosféricas y oceánicas para los próximos años en el Caribe, podrían producir más frecuentemente las condiciones propicias para que se produzcan ciclones tropicales. De manera que la probabilidad de ser impactados directamente por un huracán podría aumentar.

Gracias al mapa histórico interactivo de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de los Estados Unidos (NOAA), que es uno de los principales referentes para dar seguimiento a la temporada ciclónica, este organiza los eventos tanto por fecha como por intensidad, 75 de estos fenómenos climáticos extremos, han tenido impacto directo sobre la República Dominicana entre 1873 y 2014 siendo la mayoría de ellos tormentas tropicales, seguido de depresiones tropicales y huracanes donde al menos uno de estos huracanes estuvieron entre las categorías 2 y 5.

La temporada de huracanes dura entre el 1 de Junio al 30 de Noviembre, la temporada pico se da desde mediados de Agosto a fines de Octubre, por lo que la isla se ve amenazada durante esta temporada por los fenómenos climatológicos.

La República Dominicana cuenta con abundantes recursos de agua, suelos agrícolas fértiles, un clima tropical y una ubicación favorable, que han permitido un desarrollo agrícola en crecimiento, cuando se habla de espacios para almacenar agua y controlar inundaciones, el país cuenta con una importante estructura, conformada por 34 presas, diseminadas por distintos puntos, actualmente en operación, 12 de ellas para el abastecimiento de agua para consumo humano e industrial, y 22 de ellas para riego, generación de hidroelectricidad y control de contaminación. El número pudiera parecer elevado para un país con una extensión de 48 670 km², pero la realidad es que esa cantidad resulta insuficiente para un país como este, porque solo garantiza que de manera segura pueda almacenar entre 7 y 10 por ciento de las aguas que caen como consecuencia de las lluvias anuales, debido a fenómenos naturales extremos o de manera normal. Los embalses han jugado un papel muy importante en el control de inundaciones que ocasionan los ríos que las abastecen en sus períodos de grandes avenidas, mediante la atenuación de los picos de las crecientes.

Es notorio la importancia que las presas tienen tanto en la protección frente a inundaciones como en la capacidad de almacenamiento de los recursos hidráulicos. Al mismo tiempo podrían llegar a suponer también un incremento del riesgo total de inundación, ya que su hipotético colapso estructural introduce una nueva fuente de riesgo.

En República Dominicana no existe un marco legislativo o técnico que sirva de referencia para la gestión de la seguridad de las presas, tampoco se encuentra documentación que facilite referencias a recomendaciones o guías de buena práctica cuya utilización sea la referencia a aplicar en la Republica dominicana para el proyecto, ejecución y explotación de estas infraestructuras.

El presente estudio trata sobre el planteamiento de un plan de emergencia de las presas del complejo Nizao de la provincia Peravía, con el objetivo de delimitar las áreas potencialmente inundables en caso de rotura o avería grave, debido a los efectos de los fenómenos climáticos extremos, ya que los planes de emergencias son ineficientes y no hay planes de advertencia y



evacuación, además este incluirá sistemas de información, alertas y avisos a los organismos públicos implicados en la gestión de la emergencia y a la población.

El plan de emergencias que se desarrolla en este trabajo está basado en la revisión de una serie de guías técnicas y directrices, las cuales cumplen con los compromisos internacionales de España en materia de seguridad de presas.

La elaboración de este del plan de emergencias presenta un aporte en materia de gestión de la seguridad de las presas frente a los fenómenos climáticos extremos, todo ello en el marco de una visión global, donde se ha de tener en cuenta las funciones básicas del sistema (proveer de recursos hídricos para abastecimiento y riego, de energía eléctrica y de protección frente a eventos extremos en este caso); las restricciones a las que está sometido (restricciones técnicas, de seguridad, de operación, ambientales y de recursos disponibles); sistema que es operado por organizaciones con objetivos determinados (no solo sociales, sino también económicos, financieros y comerciales), y que se producen en un determinado contexto (político, cultural y social).

Palabras Claves: *Plan de emergencia de presas, Complejo Nizao, Fenómenos climáticos extremos.*

ABSTRAC

The Dominican Republic is a country located on the island "La Española" in the Caribbean, it is one of the thirteen countries that make up the Insular America Antilles or Islands of the Caribbean Sea, so the island is located right in the path of hurricanes Cape Verde type, tropical cyclones that become tropical storms about 600 miles from the islands of Cape Verde, and that are transformed into hurricanes before reaching the Caribbean. Due to Climate Change, which is a global phenomenon that includes multiple interactions of natural, social, political and economic processes on a global scale and whose impacts on ecosystems, economies and societies will be seen in the medium and long term, the oceanic conditions in the Caribbean are changing, such as: increase in the sea surface temperature, increase in the level of the ocean and in the circulation patterns of its waters. The projections of the atmospheric and oceanic conditions for the coming years in the Caribbean, could produce more frequently favourable conditions for the occurrence of tropical cyclones. So, the probability of being hit directly by a hurricane could increase.

Thanks to the interactive historical map of the National Oceanic and Atmospheric Administration of the United States (NOAA), which is one of the main references to follow the hurricane season, it organizes events by date and intensity, 75 of these phenomena Extreme climatic events have had a direct impact on the Dominican Republic between 1873 and 2014, most of them being tropical storms, followed by tropical depressions and hurricanes where at least one of these hurricanes was between categories 2 and 5.

The hurricane season lasts from June 1 to November 30, the peak season is from mid-August to the end of October, so the island is threatened during this season by weather phenomena.

The Dominican Republic has abundant water resources, fertile agricultural soils, a tropical climate and a favourable location, which have allowed a growing agricultural development, when talking about spaces to store water and control floods, the country has an important structure, conformed by 34 dams, scattered by different points, currently in operation, 12 of them for the supply of water for human and industrial consumption, and 22 of them for irrigation, generation of hydroelectricity and pollution control. The number may seem high for a country with an area of 48,670 km², but the reality is that this amount is insufficient for a country like this, because it only guarantees that it can safely store between 7 and 10 percent of the waters that they fall as a consequence of the annual rains, due to extreme natural phenomena or in a normal way. The reservoirs have played a very important role in the control of floods caused by the rivers that supply them in their periods of great avenues, by attenuating the peaks of the floods.

It is notorious the importance that dams have both in the protection against floods and in the storage capacity of water resources. At the same time, they could also imply an increase in the total risk of flooding, since their hypothetical structural collapse introduces a new source of risk.

In the Dominican Republic there is no legislative or technical framework that serves as a reference for the management of the safety of dams, nor is there any documentation that provides references to recommendations or good practice guides whose use is the reference to be applied in the Dominican Republic. the project, execution and exploitation of these infrastructures. The present study deals with the planning of an emergency plan for the dams of the Nizao complex of the Peravía province, with the aim of delimiting the potentially flooded areas in case of breakage or serious damage, due to the effects of extreme climatic phenomena, since the emergency plans are inefficient and there are no warning and evacuation plans, this will also include information systems, alerts and notices to the public agencies involved in emergency management and to the population.



The emergency plan developed in this work is based on the revision of a series of technical guides and guidelines, which comply with the international commitments of Spain in the area of dam safety.

The elaboration of this emergency plan presents a contribution in the matter of management of the safety of dams in the face of extreme climatic phenomena, all within the framework of a global vision, where the basic functions of the system have to be taken into account (provide water resources for supply and irrigation, electrical energy and protection against extreme events in this case); the restrictions to which it is subject (technical, security, operational, environmental and available resources restrictions); system that is operated by organizations with specific objectives (not only social, but also economic, financial and commercial), and that occur in a certain context (political, cultural and social).

Keywords: *Emergency plan of dams, Nizao complex, Extreme weather events.*

RESUM

La República Dominicana és un país emplaçat en l'illa "L'Espanyola" en el carib, és un dels tretze països que formen l'Amèrica Insular Antilles o Illes del mar Carib, per la qual cosa l'illa se situa just en la trajectòria dels huracans de tipus Cap Verd, ciclons Tropicals que es converteixen en Tempestes tropicals a unes 600 milles de les illes de Cap Verd, i que es transformen en huracans abans d'arribar al Carib. A causa del Canvi Climàtic que és un fenomen mundial que comprèn múltiples interaccions de processos naturals, socials, polítics i econòmics a escala global i els impactes del qual en els ecosistemes, les economies i les societats es veuran a mitjà i llarg termini, les condicions oceàniques en el Carib estan canviant, tals com: augment en la temperatura superficial del mar, augment del nivell de l'oceà i en els patrons de circulació de les seues aigües. Les projeccions de les condicions atmosfèriques i oceàniques per als pròxims anys en el Carib, podrien produir més freqüentment les condicions propícies perquè es produïsquen ciclons tropicals. De manera que la probabilitat de ser impactats directament per un huracà podria augmentar.

Gràcies al mapa històric interactiu de l'Administració Nacional Oceànica i Atmosfèrica dels Estats Units (NOAA), que és un dels principals referents per a donar seguiment a la temporada ciclònica, est organitza els esdeveniments tant per data com per intensitat, 75 d'aquests fenòmens climàtics extrems, han tingut impacte directe sobre la República Dominicana entre 1873 i 2014 sent la majoria d'ells tempestes tropicals, seguit de depressions tropicals i huracans on almenys un d'aquests huracans van estar entre les categories 2 i 5.

La temporada d'huracans dura entre l'1 de Juny al 30 de Novembre, la temporada pique es dona des de mitjan Agost a finalitats d'Octubre, per la qual cosa l'illa es veu amenaçada durant aquesta temporada pels fenòmens climatològics.

La República Dominicana compta amb abundants recursos d'aigua, sòls agrícoles fèrtils, un clima tropical i una ubicació favorable, que han permès un desenvolupament agrícola en creixement, quan es parla d'espais per a emmagatzemar aigua i controlar inundacions, el país compta amb una important estructura, conformada per 34 preses, disseminades per diferents punts, actualment en operació, 12 d'elles per al proveïment d'aigua per a consum humà i industrial, i 22 d'elles per a reg, generació de hidroelectricitat i control de contaminació. El nombre poguera semblar elevat per a un país amb una extensió de 48 670 km², però la realitat és que aqueixa quantitat resulta insuficient per a un país com a est, perquè solament garanteix que de manera segura puga emmagatzemar entre 7 i 10 per cent de les aigües que cauen com a conseqüència de les pluges anuals, a causa de fenòmens naturals extrems o de manera normal. Els embassaments han jugat un paper molt important en el control d'inundacions que ocasionen els rius que les proveeixen en els seus períodes de grans avingudes, mitjançant l'atenuació dels becs de les creixents.

És notori la importància que les preses tenen tant en la protecció enfront d'inundacions com en la capacitat d'emmagatzematge dels recursos hidràulics. Al mateix temps podrien arribar a suposar també un increment del risc total d'inundació, ja que el seu hipotètic col·lapse estructural introdueix una nova font de risc.

A República Dominicana no existeix un marc legislatiu o tècnic que servisca de referència per a la gestió de la seguretat de les preses, tampoc es troba documentació que facilite referències a recomanacions o guies de bona pràctica la utilització de la qual siga la referència a aplicar en la *Republica dominicana per al projecte, execució i explotació d'aquestes infraestructures.

El present estudi tracta sobre el plantejament d'un pla d'emergència de les preses del complex Nizao de la província *Peravía, amb l'objectiu de delimitar les àrees potencialment inundables en cas de trencament o avaria greu, a causa dels efectes dels fenòmens climàtics extrems, ja que els plans d'emergències són ineficients i no hi ha plans d'avertiment i evacuació, a més est inclourà



sistemes d'informació, alertes i avisos als organismes públics implicats en la gestió de l'emergència i a la població.

El pla d'emergències que es desenvolupa en aquest treball està basat en la revisió d'una sèrie de guies tècniques i directrius, les quals compleixen amb els compromisos internacionals d'Espanya en matèria de seguretat de preses.

L'elaboració d'aquest del pla d'emergències presenta una aportació en matèria de gestió de la seguretat de les preses enfront dels fenòmens climàtics extrems, tot açò en el marc d'una visió global, on s'ha de tenir en compte les funcions bàsiques del sistema (proveir de recursos hídrics per a proveïment i reg, d'energia elèctrica i de protecció enfront d'esdeveniments extrems en aquest cas); les restriccions a les quals està sotmès (restriccions tècniques, de seguretat, d'operació, ambientals i de recursos disponibles); sistema que és operat per organitzacions amb objectius determinats (no solament socials, sinó també econòmics, financers i comercials), i que es produeixen en un determinat context (polític, cultural i social).

Paraules Claus: *Pla d'emergència de preses, Complex Nizao, Fenòmens climàtics extrems.*



ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	i
RESUMEN	ii
ABSTRAC	iv
RESUM	vi
CAPÍTULO 1	
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivos	2
1.1.1 Objetivo Principal	2
1.1.2 Objetivos Específicos	2
CAPÍTULO 2	
IMPACTO DE LOS HURACANES EN LAS ZONAS TROPICALES.....	3
2.1 Huracán o ciclón tropical	3
2.2 Composición física de un huracán.....	3
2.3 Clasificación de los sistemas atmosféricos tropicales	4
2.4 Temporada de Huracanes / Líneas de Tiempo	5
2.5 Causas de Impactos Dañinos	5
2.6 Historia de Tormentas Tropicales / Huracanes en la República Dominicana	7
2.7 Cambio climático	9
2.8 Calentamiento global.....	9
2.9 Impactos del cambio climático.....	10
CAPÍTULO 3	
PLANES DE EMERGENCIAS DE PRESAS	12
3.1 Conceptos y funciones básicas de los planes de emergencia de presas	12
3.2 Contenido de los planes de emergencia	13
3.2.1 Análisis de seguridad de la Presa	13
3.2.2 Zonificación territorial y análisis de los riesgos generados por la rotura de la presa	13
3.2.3 Normas de actuación	14
3.2.4 Organización	14
3.2.5 Medios y recursos.....	14
3.3 Legislación de planes de emergencias de presas en España.....	15
3.3.1 Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el riesgo de Inundaciones (BOE/14/02/1995).....	15
3.3.2 Reglamento Técnico sobre Seguridad de Presas y Embalses (12/03/1196)	15



3.3.3	Guía Técnica Clasificación de presas en función del riesgo potencial.....	15
3.3.4	Guía Técnica para elaboración de Planes de Emergencia de Presas (05/2001)	16
3.3.5	Acuerdo de la Permanente de la Comisión Nacional de Protección Civil para facilitar la implantación material efectiva de los Planes de Emergencias de Presas (30/01/2003)	16
3.3.6	Recomendaciones y Manuales Técnicos.....	16
3.3.7	Borrador de Norma Técnica de Seguridad para la Clasificación de las Presas y para la Elaboración e Implantación de los Planes de Emergencia de Presas y Embalses (06/2011).....	16
3.4	Justificación de la necesidad de los planes de emergencia de presas.....	16
3.4.1	Obras Hidráulicas en la Republica Dominicana.....	17
3.4.2	Incidentes	18
3.4.2.1	Presa Tavera.....	19
3.4.2.2	Presa Hatillo.....	20
3.4.2.3	Presa Sabaneta.....	20
3.4.3	Necesidad de reglamentos, normativa y guías técnicas para Elaboración de los Planes de Emergencia de Presas y Embalses de la Republica Dominicana.....	21
3.4.4	Limitaciones en la Elaboración de los Planes de Emergencias en República Dominicana	21

CAPÍTULO 4

PLAN DE EMERGENCIA DEL COMPLEJO DE PRESAS NIZAO EN REPÚBLICA DOMINICANA

4.1	Breve descripción del proyecto	23
4.1.1	Generalidades.....	23
4.1.2	Sistema de embalses y las presas	24
4.1.2.1	Embalse Jagüey.....	24
4.1.2.2	Embalse Aguacate.....	26
4.1.2.4	Embalse Valdesisa y embalse Las Barías.....	27
4.1.3	Cuenca del rio Nizao.....	28
4.2	Análisis de seguridad de la Presa	28
4.2.1	Situaciones y fenómenos que pueden afectar la seguridad de las presas.	28
4.2.1.1	Presa Jigüey.....	29
4.2.1.2	Presa Aguacate.....	29
4.2.1.3	Presa Valdesia.....	30
4.2.1.4	Presa Las Barías.....	30
4.2.2	Definición de la emergencia y sus escenarios.....	30
4.2.3	Causas de la declaración de la emergencia y sus escenarios.....	31
4.2.3.1	Presa Jigüey.....	31
4.2.3.2	Presa Aguacate.....	31



4.2.3.3 Presa Valdesia	32
4.2.3.4 Presa Las Barías	32
4.2.4 Indicadores y umbrales para cada escenario	32
4.2.4.1 Presa Jigüey.....	32
4.2.4.2 Presa Aguacate	33
4.2.4.3 Presa Valdesia	35
4.2.4.4 Presa Las Barías	36
4.3 Zonificación territorial y análisis de los riesgos generados por la rotura de la presa	37
4.3.1 Escenarios de rotura	37
4.3.2 Forma y Dimensiones de la brecha. Tiempos de rotura	38
4.3.3 Estudio de la propagación de la onda de rotura.....	39
4.3.3.1 Modelación hidráulica de onda de rotura mediante HEC-RAS 5.0	39
4.3.3.2 Generación de la geometría 2D	39
4.3.3.3 Máxima Crecida Probable	40
4.3.3.4 Resultados modelación 2D.....	44
4.3.3.5 Mapas de inundación progresiva correspondiente a las áreas potencialmente inundables.....	49
4.3.3.6 Mapas de velocidades correspondientes a las áreas potencialmente inundables.....	52
4.3.4 Localidades localizadas en la cercanía de la zona de estudio.....	55
4.3.5 Análisis de efectos por localidad aguas debajo de la presa Valdesia	57
4.3.6 Porcentaje de área afectado en cada localidad.	65
4.4 Actuaciones asociadas a los escenarios.....	69
4.4.1 Presa Jigüey.....	70
4.4.2 Presa Aguacate	71
4.4.3 Presa Valdesia	73
4.4.4 Presa Las Barías	75
4.5 Flujograma de emergencia	78
4.5 Sistema de aviso a la población.....	79
4.5.1 Sistema acústico de aviso a la población.....	79
4.5.2 Sirena electrónica Screamer CAR (Alerta Móvil).....	80
4.5.3 Software Vektra.....	81

CAPÍTULO 5

APORTES PARA LA APLICACIÓN DE FUTUROS PLANES DE EMERGENCIAS EN LAS PRESAS DE REPÚBLICA DOMINICANA 82

5.1 Aspectos más relevantes que se identificaron	82
5.2 Inconvenientes a solucionar, para correcta aplicación de planes de emergencias en las presas.....	83



CAPÍTULO 6

**ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN COMO
HERRAMIENTAS DE GESTIÓN 84**

6.1 Conceptos relacionados con el riesgo de inundación. 84

 6.1.1 Seguridad..... 84

 6.1.2 Riesgo..... 84

 6.1.2.1 Escenarios de sollicitación 85

 6.1.2.1.1 Modo de fallo 85

 6.1.2.1.2 Gráfico fN 85

 6.1.2.1.3 Gráfico FN..... 85

6.2 Criterios de tolerabilidad para el riesgo de inundación 86

6.3 Justificación de la necesidad de la gestión del riesgo de inundación en República Dominicana 87

6.4 Importancia de reglamentos, normativas y guías técnicas para la gestión del riesgo de inundación en República Dominicana..... 88

6.5 Análisis y evaluación del riesgo de inundación por rotura de presas 89

 6.5.1 Procesos del análisis de riesgo. 89

 6.5.2 Arquitectura y cálculo del modelo de riesgo 91

6.6 Planteamiento para posible aplicación de modelo de riesgo por rotura por sobrevertido a presas de la Republica Dominicana..... 92

 6.6.1 Fase I..... 93

 6.6.2 Fase II..... 95

 6.6.3 Fase III 96

6.7 Inconvenientes para aplicación del modelo de riesgo por rotura por sobrevertido en las Presas de la Republica Dominicana. 98

6.8 Propuesta de actuaciones para aplicación del modelo de riesgo por rotura por sobrevertido en las Presas de la Republica Dominicana. 100

6.9 Propuesta de formulario para recolección de datos, para realización del modelo de riesgo por rotura por sobrevertido en las Presas de la Republica Dominicana. 101

6.10 Implantación del sistema de gestión de riesgo 106

6.11 La fase de evaluación del riesgo..... 106

CAPÍTULO 7

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 110

BIBLIOGRAFÍA..... 111

ANEXO 1 114

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2. 1. Composición física de un huracán. (Comando Sur de los Estados Unidos de América, 2014).	4
Figura 2. 2. Grafica de desarrollo de tormentas de huracanes y tormentas tropicales. Cortesía de NOAA.	5
Figura 2. 3. Estadios de Progreso de un Huracán. Huracán David 1979. Cortesía NOAA.....	7
Figura 2. 4. Mapa histórico de fenómenos meteorológicos de la República Dominicana. Cortesía NOAA.	8
Figura 2. 5. Trayectoria de San Zenón (1930), Edith (1963), David (1979), Georges (1998), Jeanne (2004) y Olga (2007). Cortesía NOAA.	8
Figura 2. 6. Posibilidad de eventos extremos: Atlantic Tropical Frequency 2006-2010: An experimental forecast base don multi-decadal analogues. (CEPAL y Secretaría de Estado de Economía Planificacion y Desarrollo, 2008).	11
Figura 3. 1. Principales Presas República Dominicana. Fuente: Elaboración propia.	17
Figura 3. 2. Presa Hatillo. Fuente: Elaboración propia.	18
Figura 3. 3. Composición de las Presas de República Dominicana. Fuente: Elaboración propia.	18
Figura 3. 4. Desagüe presa Tavera. Fuente: Imágenes Google	20
Figura 4. 1. Sistema del rio Nizao. Fuente: (Altarejos García & Serrano Lombillo, 2012d)....	24
Figura 4. 2. Mapa de cuencas de la República Dominicana. Fuente: (CEPAL y Secretaría de Estado de Economía Planificacion y Desarrollo, 2008).....	28
Figura 4. 3. Forma y dimensiones de la brecha presa Valdesia. Fuente: Elaboracion propia.	39
Figura 4. 4. Geometría 2D área de estudio.....	40
Figura 4. 5. Geometría Presa Valdesia. Modelo 2D. Fuente: Elaboración propia.	40
Figura 4. 6. Curva variación de CMP.	42
Figura 4. 7. Hidrograma de entrada para Tr 50 años. Fuente: Elaboración propia.	42
Figura 4. 8. Hidrograma de entrada para Tr 100 años.....	43
Figura 4. 9. Hidrograma de entrada para Tr 500 años. Fuente: Elaboración propia.	43
Figura 4. 10. Hidrograma de entrada para Tr 1000 años. Fuente: Elaboración propia.	43
Figura 4. 11. Hidrograma de entrada para Tr 1000 años. Fuente: Elaboración propia.	44
Figura 4. 12. Profundidad máxima de onda de rotura, para Tr 50 años.	44
Figura 4. 13. Velocidad máxima de onda de rotura, para Tr 50 años.	45
Figura 4. 14. Profundidad máxima de onda de rotura, para Tr 100 años.	45
Figura 4. 15. Velocidad máxima de onda de rotura, para Tr 100 años.	46
Figura 4. 16. Profundidad máxima de onda de rotura, para Tr 500 años.	46
Figura 4. 17. Velocidad máxima de onda de rotura, para Tr 500 años.	47
Figura 4. 18. Profundidad máxima de onda de rotura, para Tr 1000 años.	47
Figura 4. 19. Velocidad máxima de onda de rotura, para Tr 1000 años.	48
Figura 4. 20. Profundidad máxima de onda de rotura, para Tr 10000 años.	48
Figura 4. 21. Velocidad máxima de onda de rotura, para Tr 10000 años.	49
Figura 4. 22. Áreas potencialmente inundables a los 30 minutos de la rotura de la presa. Tr 10000 años.	49
Figura 4. 23. Áreas potencialmente inundables a los 60 minutos de la rotura de la presa. Tr 10000 años.	50
Figura 4. 24. Áreas potencialmente inundables a los 120 minutos de la rotura de la presa. Tr 10000 años.	50

Figura 4. 25. Áreas potencialmente inundables a los 180 minutos de la rotura de la presa. Tr 10000 años.	51
Figura 4. 26. Áreas potencialmente inundables a los 240 minutos de la rotura de la presa. Tr 10000 años.	51
Figura 4. 27. Áreas potencialmente inundables a los 300 minutos de la rotura de la presa. Tr 10000 años.	52
Figura 4. 28. Velocidades a los 30 minutos de la rotura de la presa. Tr 10000 años.	52
Figura 4. 29. Velocidades a los 60 minutos de la rotura de la presa. Tr 10000 años.	53
Figura 4. 30. Velocidades a los 120 minutos de la rotura de la presa. Tr 10000 años.	53
Figura 4. 31. Velocidades a los 180 minutos de la rotura de la presa. Tr 10000 años.	54
Figura 4. 32. Velocidades a los 240 minutos de la rotura de la presa. Tr 10000 años.	54
Figura 4. 33. Velocidades a los 300 minutos de la rotura de la presa. Tr 10000 años.	55
Figura 4. 34. Localidades aguas debajo de la presa Valdesia.	56
Figura 4. 35. Análisis de efecto por localidad aguas debajo de la presa Valdesia.	57
Figura 4. 36. Análisis de efecto localidad Las Barias, aguas debajo de la presa Valdesia.	58
Figura 4. 37. Análisis de efecto localidad Pizarrete, aguas debajo de la presa Valdesia.	59
Figura 4. 38. Análisis de efecto localidad La Catalina, aguas debajo de la presa Valdesia.	60
Figura 4. 39. Análisis de efecto localidad Yaguete, aguas debajo de la presa Valdesia.	61
Figura 4. 40. Análisis de efecto localidad Santana, aguas debajo de la presa Valdesia.	62
Figura 4. 41. Análisis de efecto complejo Central Punta Catalina, aguas debajo de la presa Valdesia.	63
Figura 4. 42. Análisis de efecto localidad Sabana Grande Palenque, aguas debajo de la presa Valdesia.	64
Figura 4. 43. Porcentaje de área afectada por rotura de presa. Localidad Las Barias.	65
Figura 4. 44. Porcentaje de área afectada por rotura de presa. Localidad Pizarrete.	65
Figura 4. 45. Porcentaje de área afectada por rotura de presa. Localidad La Catalina.	66
Figura 4. 46. Porcentaje de área afectada por rotura de presa. Localidad Yaguete.	66
Figura 4. 47. Porcentaje de área afectada por rotura de presa. Localidad Santana.	67
Figura 4. 48. Porcentaje de área afectada por rotura de presa. Localidad Sabana Grande Palenque.	67
Figura 4. 49. Porcentaje de área afectada por rotura de presa. Central Eléctrica Punta Catalina.	68
Figura 4. 50. Envoltente de velocidad máxima para el área aguas abajo de la presa Valdesia.	68
Figura 4. 51. Esquema de emergencia.	78
Figura 4. 52. Sistema acústico de aviso a la población.	79
Figura 4. 53. Sirena electrónica Screamer Car. Fuente: Pagina web del distribuidor.	80
Figura 4. 54. Ruta propuesta a seguir para el sistema de alerta Screamer Car. Fuente: Google Maps.	81
Figura 6. 1. Ejemplo de grafico fN.	85
Figura 6. 2. Ejemplo de gráfico FN.	86
Figura 6. 3. Marco de referencia del HSE para la tolerabilidad del riesgo (traducido de (HSE,2001)).	87
Figura 6. 4. Esquema del proceso de Análisis de Riesgo.	90
Figura 6. 5. Diagrama de influencia establecido para el cálculo del riesgo hidrológico. Fuente: Manual de Usuario iPresas Hidsimp.	91
Figura 6. 6. Fase I, diagrama de influencia establecido para el cálculo del riesgo hidrológico. Fuente: Manual de Usuario iPresas Hidsimp.	93
Figura 6. 7. Fase II, diagrama de influencia establecido para el cálculo del riesgo hidrológico. Fuente: Manual de Usuario iPresas Hidsimp.	95



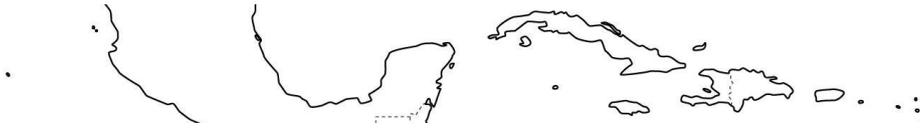
Figura 6. 8. Curvas que relacionan la probabilidad de rotura con la altura de sobrevertido para cada tipo de presa. Fuente: Manual de Usuario iPresas Hidsimp.....	95
Figura 6. 9. Fase III, diagrama de influencia establecido para el cálculo del riesgo hidrológico. Fuente: Manual de Usuario iPresas Hidsimp.	96
Figura 6. 10. Formulario para recolección de datos requeridos para aplicación del modelo de riesgo. Fuente: Elaboración propia.....	101
Figura 6. 11. Grafico f-N para la representación de la estimación de probabilidad de rotura, pérdida de vidas y riesgo. Fuente: (SPANCOLD, Tomo 1, 2012).....	107
Figura 6. 12. Grafico F-N de recomendaciones de tolerabilidad social del ANCOLD (SPANCOLD, Tomo 1, 2012).....	108
Figura 6. 13. Guía de riesgo social para presas existentes ANCOLD (SPANCOLD, Tomo 1, 2012).	109
Figura 6. 14. Guía de riesgo social para nuevas presas o grandes modificaciones (SPANCOLD, Tomo 1, 2012).....	109



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de los sistemas atmosféricos tropicales. (Comando Sur de los Estados Unidos de América, 2014).	4
Tabla 2. Escala Saffir-Simpson para Tormentas Tropicales / Huracanes.	6
Tabla 3. Características del sistema de embalse Jagüey. (Altarejos García & Serrano Lombillo, 2012b)	25
Tabla 4. Características del sistema de embalse Aguacate. (Altarejos García & Serrano Lombillo, 2012b)	26
Tabla 5. Características del sistema de embalse Valdesia. (Salas et al., 1986)	27
Tabla 6. Características del sistema de embalse Valdesia. (Salas et al., 1986)	27
Tabla 7. Escenarios de Seguridad para información a los organismos públicos implicados. ...	30
Tabla 8. Definición de eventos de emergencia presa Jigüey.	31
Tabla 9. Definición de eventos de emergencia presa Aguacate.	31
Tabla 10. Definición de eventos de emergencia presa Valdesia.	32
Tabla 11. Definición de eventos de emergencia presa Las Barías.	32
Tabla 12. Recomendaciones de modos y parámetros de rotura.	38
Tabla 13. Porcentaje del CMP para diferentes periodos de retorno y sus caudales correspondientes.	42
Tabla 14. Localidades aguas abajo presa Valdesia Fuente: ONE 2007. Población 2002 según la distribución territorial vigente 2008.	55
Tabla 15. Áreas de localidades aguas abajo de la presa Valdesia	56
Tabla 16. Resumen de resultados geométricos e hidráulicos para cada localidad.	69
Tabla 17. Valores de fiabilidad estandarizados, varían en función del estado del órgano de desagüe. Fuente: Elaboración propia	94
Tabla 18. Inconvenientes para aplicación de modelo de riesgo en la Republica Dominicana. Fuente: Elaboración propia.	98
Tabla 19. Las acciones para cada variable del modelo de riesgo. Fuente: Elaboración propia.	102

CAPÍTULO 1



INTRODUCCIÓN

Cuando se habla de espacios para aprovechamiento de recursos hidráulicos y controlar inundaciones la República Dominicana cuenta con una importante estructura, conformada por 34 presas diseminadas por distintos puntos. Estas obras que generan beneficios para la sociedad, pero generan al mismo tiempo un potencial riesgo para la población que habita aguas debajo de las mismas, debido a la inundación que produciría el fallo de esta, si sumamos a esto que la isla se encuentra en la ruta de huracanes, tormentas, depresiones, vaguadas y otros disturbios tropicales capaces de producir inundaciones es de vital importancia, mantener en perfecto estado de conservación infraestructuras tan críticas como son las presas y en el caso poco probable de rotura o mal funcionamiento debido a la incidencia de estos fenómenos climatológicos extremos, poder acometer las actuaciones necesarias para mitigar los efectos derivados. Es por esto que el objetivo fundamental de esta tesis de Master es el formular el planteamiento de un plan de emergencias de las presas del complejo Nizao en la República Dominicana, en el país existen planes de operación de las presas en emergencias, pero no están orientados a la protección de personas y bienes aguas debajo de las presas. De manera que el plan de emergencia planteado podrá ser usado como base para que el país inicie el reconocimiento efectivo de la falta de estos planes en el país.

La República Dominicana fue citada en estudios recientes como uno de los países ubicados en los “puntos candentes” climáticos del mundo, donde los efectos relacionados con los peligros naturales, han empeorado en los años recientes. Por lo que resulta de suma importancia definir las actuaciones a llevar a cabo para la detección, seguimiento y control de los factores de riesgo que puedan comprometer la seguridad de las presas del país y también establecer los sistemas de aviso de información, alerta y avisos para eliminar o reducir en lo posible los efectos sobre la vida humana.

La estructura del plan de emergencia propuesto está basado en la normativa vigente en España, que incluye una serie de guías técnicas y directrices, las mismas están en línea de la experiencia de otros países con patrimonio presístico importante.

En primer lugar se plantea el impacto de los huracanes en las zonas tropicales, donde se detallan los conceptos relacionados para un mejor entendimiento de estos fenómenos meteorológicos y cómo se comportan, también se detalla su composición física, la clasificación de los sistemas atmosféricos, impactos dañinos causados por estos fenómenos. Se detalla la historia de estos fenómenos sobre la isla a partir del mapa interactivo de la NOAA, donde se identifica la clasificación y categoría de los fenómenos que han afectado el país, se presentan las evidencias del calentamiento global y su relación con el incremento de estos fenómenos.

Seguidamente se detallan los conceptos relacionados con los planes de emergencia, sus funciones básicas y contenido. Se exponen las legislaciones españolas que sirvieron como base para este trabajo final de máster, las cuales están encaminadas a reducir al máximo el riesgo de rotura. En la República Dominicana no existe una legislación específica que regule la seguridad de presas, por lo que se justifica, detallando la historia de presas y los incidentes en estas, la necesidad de planes de emergencias que se orienten a la protección de personas y bienes aguas debajo de las presas como es el caso de España. La elaboración de planes de emergencias que cumplan con las funciones básicas en la República Dominicana es una tarea que conlleva la superación de una serie de elementos comunes, estas limitaciones se detallan en esta sección.

Seguido de esto se elabora el planteamiento del plan de emergencias de emergencias del complejo Nizao, el contenido de este plan emergencias estará compuesto de 4 partes , la primera está compuesta por un análisis de seguridad, donde se utilizó como base para la realización de este el informe general del análisis de modos de fallo potenciales de las presas de Jigüey, Aguacate y Las Barías elaborado en el marco de los trabajos realizados por el Banco Mundial, este se realizó tomando en cuenta las situaciones y fenómenos que puedan afectar la seguridad de la presa, definiendo las causas de la emergencia, sus escenarios y umbrales para cada escenario. La segunda parte está compuesta por un análisis de zonificación territorial y riesgos generados por la rotura de la presa, en esta parte se definen también los escenarios de rotura, el tiempo de rotura, la forma y la dimensión de la brecha, para el estudio de la propagación de la onda de rotura, se modelo hidráulicamente la onda de rotura mediante HEC-RAS 5.0, se modelo la onda rotura en 2D para una mejor análisis de efectos por localidad aguas abajo de la presa. La tercera parte se establecen las actuaciones asociadas a cada escenario una vez declarada la emergencia y el flujograma a seguir en situación de emergencia. En la cuarta y última parte se especifican los sistemas de alerta a la población existen en la zona inundable.

En el quinto capítulo, se detallan los aportes para la aplicación de futuros planes de emergencias en las presas del país, en este capítulo se destacan los aspectos más relevantes que se identificaron con la realización del trabajo, y los inconvenientes a solucionar para que se puedan aplicar de una manera más detallada los planes de emergencia.

En el capítulo seis, se plantea el uso de análisis y evaluación del riesgo de inundación como herramienta de gestión, se comenta el estado del conocimiento en materia del riesgo de inundación, enunciando los conceptos básicos y explicando brevemente en que consiste el análisis y evaluación del riesgo de inundación, esta sección servirá como una herramienta para la evaluación y gestión del riesgo de inundación por rotura de presa y que pueda iniciarse la implementación de análisis y modelos de riesgo en República Dominicana como una herramienta que permita una gestión integral de la seguridad de presas a partir de técnicas y recomendaciones de análisis de riesgo planteadas, como forma de integrar los tres pilares básico de la gobernanza de presas en el país.

El séptimo capítulo corresponde a las conclusiones y recomendaciones aportadas luego de realizado el trabajo final de máster.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Principal

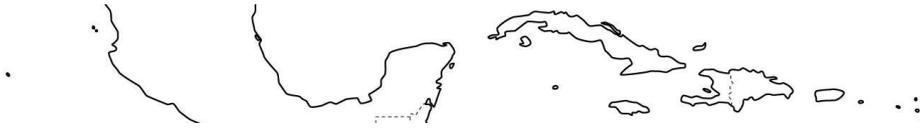
El presente trabajo final de master tiene como objetivo principal, plantear un plan de emergencias que cumpla con las funciones básicas en la Republica Dominicana para determinar estrategias en situaciones que puedan implicar riesgo, delimitar las áreas potencialmente inundables y establecer los medios necesarios para dar aviso a la población ante posibles casos de rotura o avería grave de la presa, debido a fenómenos climatológicos extremos.

1.1.2 Objetivos Específicos

Dar a conocer los aspectos relacionados a los fenómenos atmosféricos que constantemente impactan la zona donde se encuentra la isla.

Realizar una propuesta para la aplicación de análisis y evaluación de riesgo de inundación por rotura de presas a las presas del complejo Nizao y lograr avanzar hacia una gestión integral de la seguridad de presas a partir de técnicas de análisis de riesgo.

CAPÍTULO 2



IMPACTO DE LOS HURACANES EN LAS ZONAS TROPICALES

América Central es una zona que se encuentra frecuentemente amenazada por huracanes o ciclones tropicales (Gray, 1993), “estos son los fenómenos atmosféricos más imponentes del planeta, sus efectos sobre el medio ambiente, casi siempre se han considerado perniciosos debido a su impetuoso dinamismo en el sistema tierra-océano-atmosfera” (Morales Mendez, n.d.). “El sobrenombre tropical guarda relación con la localización geográfica en la que suele darse, normalmente entre latitudes comprendidas entre los 8° y los 15° del hemisferio norte y sur, pese a que lo más llamativo de un huracán son los elevados vientos, su peligrosidad viene determinada por las lluvias que deja” (Ortega Becerril, 2017).

2.1 Huracán o ciclón tropical

Según se expone en el plan de contingencia para huracanes de la Republica Dominicana:

Es el término utilizado para describir severas tormentas tropicales que ocurren en el Océano Atlántico. Un huracán es una tormenta tropical con vientos que han alcanzado una velocidad constante de 74 millas por hora (120 Km. por hora) o más. Los huracanes también pueden producir otros destructivos fenómenos como son los tornados, que le añaden al huracán más poder y fuerza destructiva a su paso.

Los vientos de los huracanes soplan en grandes espirales alrededor de un relativo centro en calma, el cual se conoce como el “ojo”. El “ojo” del huracán es generalmente de unas 20 a 30 millas de diámetro de largo, y la tormenta por si misma puede extenderse a unas 400 millas de ese centro. Según el huracán se aproxima, los cielos comienzan a tornarse más oscuros y el viento empieza a soplar más fuerte. El huracán, al estar más cerca de tierra, comienza a traer lluvias torrenciales, fuertes vientos y descargas eléctricas. Un huracán puede durar por más de 2 semanas en mar abierto, y puede moverse a través de las aguas del Océano Atlántico, entrando al Mar Caribe y prosiguiendo al Golfo de Méjico subiendo por la costa este de Norte América (Comando Sur de los Estados Unidos de América, 2014).

2.2 Composición física de un huracán

Según se expone en el plan de contingencia para huracanes de la Republica Dominicana:

Pared del ojo de un huracán, que rodea el ojo relativamente tranquila, se compone de nubes densas que contienen los más altos vientos en el ciclón. Bandas de lluvia externas de la tormenta se componen de tormentas eléctricas densas.

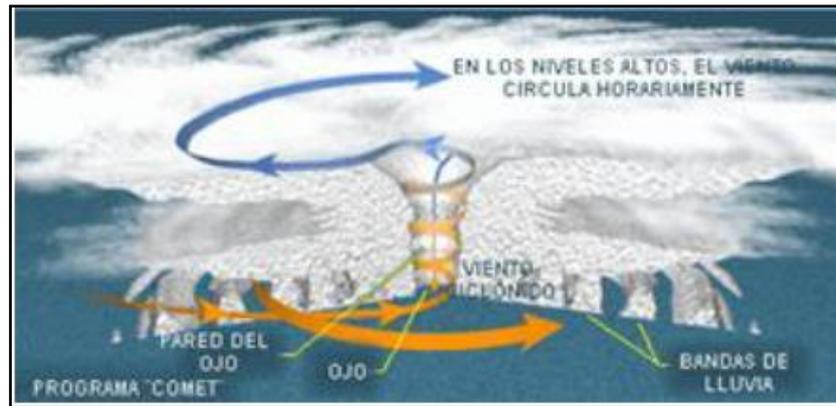


Figura 2. 1. Composición física de un huracán. (Comando Sur de los Estados Unidos de América, 2014).

Debido al movimiento hacia la izquierda del ciclón, el cuadrante delantero derecho suele ser la parte más peligrosa de los huracanes y tormentas tropicales en relación con las mareas de tempestad, vientos y tornados (Comando Sur de los Estados Unidos de América, 2014).

2.3 Clasificación de los sistemas atmosféricos tropicales

Los estadios de progreso por los que pasa un huracán antes de tomar su fuerza y nombre, y se clasifican en:

Tabla 1. Clasificación de los sistemas atmosféricos tropicales. (Comando Sur de los Estados Unidos de América, 2014).

Símbolo Meteorológico	Categoría	Concepto
	Onda Tropical	Área de baja presión asociada con grandes extensiones de nubes y lluvias que se desplazan hacia el Oeste a través de los vientos alisios por todo el cinturón tropical del hemisferio Norte, de los 0° hasta los 25° Norte. Se producen en el mes de junio en el Atlántico tropical cuando la temperatura del agua marina empieza a aumentar sobre los 28° C, condición ideal para el desarrollo potencial de un ciclón tropical.
	Disturbio Tropical	Es un disturbio atmosférico con vientos sostenidos mayores de 20 nudos ¹ (23 mph).
	Depresión Tropical	Es un sistema organizado con nubes y tormentas eléctricas con una circulación definida y vientos sostenidos máximo de 33 nudos (0-62 km/h) o menor.

¹ Nudos es como se mide la velocidad de un bote o un avión. Ambas, millas por hora y los nudos es la velocidad en unidades de número de distancia que son cubiertas en cierto tiempo.

1 nudo = 1 millas náutica/hora = 1.852 km/h

	<p>Tormenta Tropical</p>	<p>Sistema organizado con fuertes tormentas eléctricas con una circulación definida y vientos sostenidos de entre 34 a 63 nudos (63–117 km/h).</p>
	<p>Huracanes</p>	<p>Sistema atmosférico organizado, se clasifican categoría 5. Categoría 1 con vientos desde 118 km/h hasta mayores de los 250 km/h.</p>

2.4 Temporada de Huracanes / Líneas de Tiempo

Como se especifica en el plan de contingencia para huracanes de la Republica Dominicana:

La temporada de huracanes comienza oficialmente el 1 de junio y termina el 30 de noviembre, pero los ciclones tropicales se también se forman fuera de estas fechas. El siguiente gráfico de la muestra el huracán y las tormentas tropicales en el Atlántico. Históricos picos de actividad de ciclones tropicales el 10 de septiembre. La actividad ciclónica suele afectar mayormente a la República Dominicana entre principios de junio y finales de octubre (Comando Sur de los Estados Unidos de América, 2014).

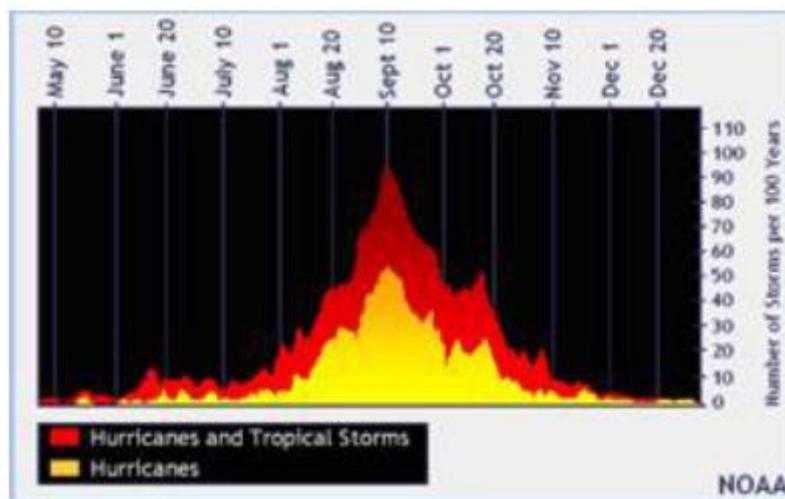


Figura 2. 2. Grafica de desarrollo de tormentas de huracanes y tormentas tropicales. Cortesía de NOAA.

2.5 Causas de Impactos Dañinos

Las principales causas expuestas en el plan de contingencia para huracanes de la Republica Dominicana son las siguientes:

Viento, marejada ciclónica, las inundaciones y los tornados pueden crear condiciones inseguras y peligrosas en todo la nación. Impactos de los ciclones tropicales pueden ser difíciles de previsión debido a múltiples factores impredecibles. Las tormentas tropicales y huracanes además de hacer daño o destrucción de la infraestructura, esto también aumentaría la cantidad de personas y comunidades perjudicadas directa o indirectamente (Comando Sur de los Estados Unidos de América, 2014).

- **Viento**, los impactos de viento de un ciclón tropical varían según la velocidad del viento. La (Tabla 2): Escala Saffir-Simpson para Tormentas Tropicales / Huracanes correlaciona daño con la velocidad del viento.

Tabla 2. Escala Saffir-Simpson para Tormentas Tropicales / Huracanes.

Símbolo Meteorológico	Categoría	Vientos (Km/h)	Altura de la Marejada (metros)	Nivel de Daño
	Depresión Tropical	0 – 62	0	Mínimo o ninguno
	Tormenta Tropical	63 – 117	0 a 3	Mínimo
	Huracán Categoría 1	118 – 153	6 a 8	Moderado
	Huracán Categoría 2	154 – 177	9 a 12	Extensivo
	Huracán Categoría 3	178 – 209	13 a 18	Extremo
	Huracán Categoría 4	210 – 249	>18	Destructivo
	Huracán Categoría 5	≥ 250	>18	Catastrófico

- **Inundaciones Tierra Adentro**, las inundaciones provocadas por las fuertes lluvias crean otra amenaza significativa a la vida, la seguridad y la propiedad, incluso en lugares alejados

de la costa. Muertes por ahogamiento evitables constituyen una parte significativa de las muertes relacionadas con el huracán. Las inundaciones repentinas de quebradas y arroyos rápidamente pueden causar condiciones peligrosas para la vida inesperadas que ocurran.

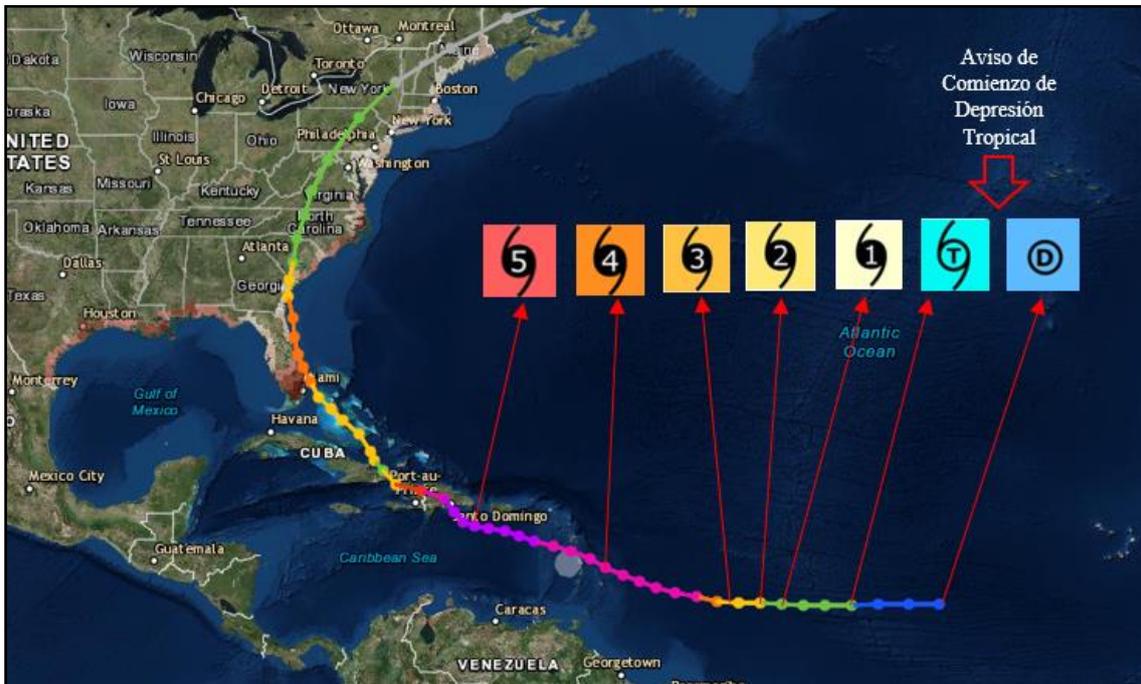


Figura 2. 3. Estadios de Progreso de un Huracán. Huracán David 1979. Cortesía NOAA

2.6 Historia de Tormentas Tropicales / Huracanes en la República Dominicana

“Debido a la particular posición geográfica de la isla Española, en la República Dominicana debemos esperar la presencia de huracanes y otras perturbaciones tropicales menos intensa, pero capaces de producir inundaciones, cada una de las temporadas anuales debido a que nos encontramos al sur del anticiclón del Atlántico Norte que gobierna en parte la trayectoria de estos sistemas meteorológicos desde el Este al Oeste” (Cocco Quezada, 2007).

Durante la historia, la República Dominicana ha sido afectada por diversos huracanes, tormentas o depresiones en los últimos 163 años, seis de los cuales han causado grandes estragos (**¡Error! o se encuentra el origen de la referencia.**). Gracias al mapa histórico interactivo de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de los Estados Unidos (NOAA), uno de los principales referentes para dar seguimiento a la temporada ciclónica, nada menos que 75 de estos fenómenos han tenido un impacto directo o parcial sobre el país, sobre un área de 90 millas náuticas, se detallan de la siguiente manera:

- Tormentas Tropicales (38, identificadas con el color verde)
- Depresiones Tropicales (18, identificadas con el color azul)
- Huracanes categoría 1 (22, identificados con el color amarillo)
- Huracanes categoría 2 (12, identificados con el color naranja)
- Huracanes categoría 3 (8, identificados con el color rojo)
- Huracanes categoría 4 (4, identificados con el color rosa)
- Huracanes categoría 5 (1, identificado con el color morado)

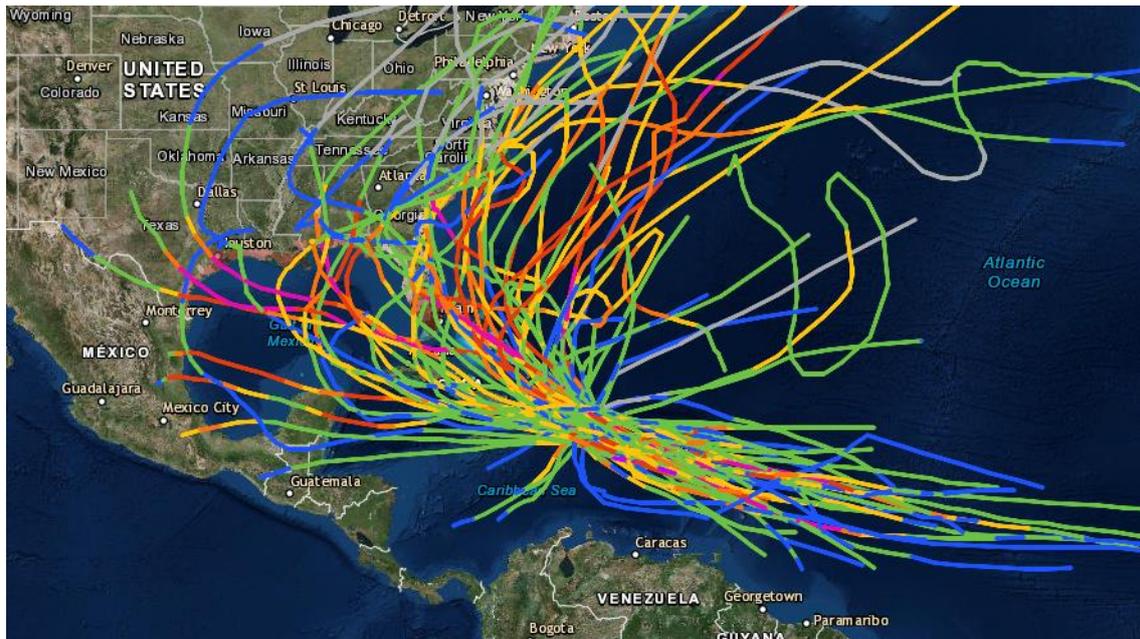


Figura 2. 4. Mapa histórico de fenómenos meteorológicos de la República Dominicana. Cortesía NOAA.

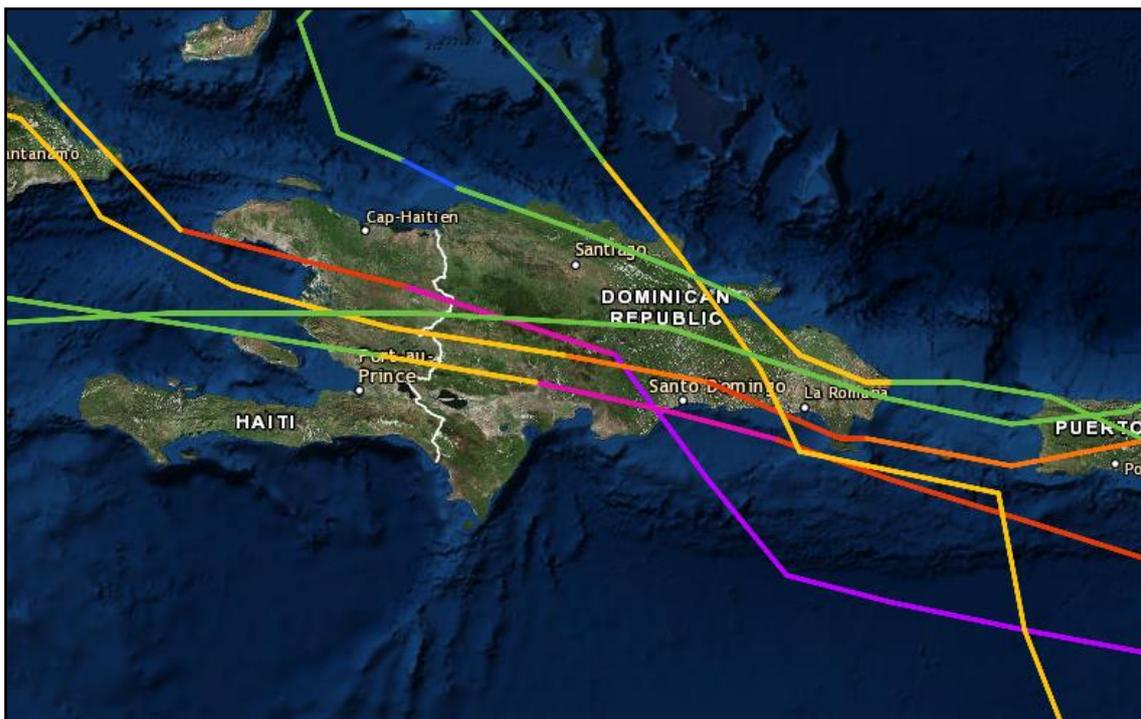


Figura 2. 5. Trayectoria de San Zenón (1930), Edith (1963), David (1979), Georges (1998), Jeanne (2004) y Olga (2007). Cortesía NOAA.

Como se puede apreciar en la (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.), “solo el huracán avid que azoto en 1979 dejando a cientos de familias sin hogar, ha sido categoría 5. En Intensidad le sigue San Zenón, un huracán de categoría 4 que hizo estragos en 1930, fue ampliamente documentado el hecho de que la población de aquel entonces, al no tener conocimiento del fenómeno y sus consecuencias, fue impactada brutalmente por el mismo” (Tecnología Local, 2013).

Desde San Zenón a Olga (“Hoy Digital - Los huracanes a través de la historia,” 2004), (Tecnología Local, 2013):

- **San Zenón** (1930), ocasiono 8 000 muertes, 12 000 heridos y pérdidas materiales.
- **Inez** causó 48 muertes y dejó más de 100 heridos así como cuantiosos daños a la agricultura.
- **David** (1979), considerado el más poderoso. Este huracán penetro al territorio dominicano por San Cristóbal, paso por Jarabacoa y salió entre Dajabón y Montecristi, según daos se desplazaba con vientos de unos 240 kilómetros por hora, una presión mínima central de 928 milibares y olas superiores a los 15 pies de altura. Los daños provocados por David hicieron que el país se declarara en emergencia.
- **George** (1998), al igual que David causo innumerable perdidas, este sacudió con gran furia a Tamayo y Mesopotamia y dejó según las autoridades 283 muertos y 120 mil persona que perdieron sus hogares y 219 escuelas destruidas.
- **Iván** (2004), dejó en sus primeras horas cuatro muertos y unas seiscientas evacuadas por las fuertes lluvias y oleajes que provocó.
- **Olga** (2007), dejó 14 muertos en la República Dominicana, 34,480 personas damnificadas y daños en 6,896 casas. Además de 76 poblados incomunicados. La provincia más afectada fue Santiago, por el desfogue inusitado de la Presa de Tavera por parte de las autoridades del Instituto Dominicano de Recursos Hidráulicos (INDHRI).

2.7 Cambio climático

Según se establece en la información técnica sobre Gases de Efecto invernadero y el cambio climático, se detalla que de acuerdo a la Convención Marco sobre Cambio Climático (CMCC).

El cambio climático se entiende como un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables. Desde el punto de vista meteorológico, se llama Cambio Climático, a la alteración de las condiciones predominantes. Los procesos externos tales como la variación de la radiación solar, variaciones de los parámetros orbitales de la Tierra (la excentricidad, la inclinación del eje de la tierra con respecto a la eclíptica), los movimientos de la corteza terrestre y la actividad volcánica, son factores que tienen gran importancia en el cambio climático. Procesos internos del sistema climático también pueden producir cambios de suficiente magnitud y variabilidad a través de interacciones entre sus elementos (Benavides, Oswaldo, Aristizabal, & Esperanza, 2007).

2.8 Calentamiento global

En la información técnica sobre Gases de Efecto invernadero y el cambio climático, este de define de la siguiente manera:

El calentamiento global se puede entender en forma simplificada como el incremento gradual de la temperatura del planeta como consecuencia del aumento de la emisión de ciertos gases de Efecto Invernadero que impiden que los rayos del sol salgan de la tierra, bajo condiciones normales (Una capa “más gruesa” de gases de efecto invernadero retiene más los rayos infrarrojos y hace elevar la temperatura). La temperatura del planeta ha venido elevándose desde finales del siglo XIX, cuando se puso fin a la etapa conocida como la pequeña edad de hielo. El efecto invernadero acrecentado por la contaminación, puede ser, según las teorías, la causa del calentamiento global observado (Benavides et al., 2007).

2.9 Impactos del cambio climático

A nivel global, se presentan algunas señales que evidencian el calentamiento del sistema climático (Benavides et al., 2007):

- *Las evidencias muestran un incremento en la intensidad de la actividad de los ciclones tropicales desde 1970 en el Atlántico Norte, correlacionado con los incrementos en las temperaturas superficiales del mar tropical. Hay también sugerencias de incrementos en la intensidad de la actividad de los ciclones tropicales en otras regiones.*
- *La intensidad de los ciclones tropicales se ha incrementado. El año 2005 ha sido el que más tormentas tropicales ha registrado con un total de 26, lo que supera el máximo de 21 contabilizado en 1933. Igualmente, en el 2005 hubo 14 huracanes, lo que supera el máximo de 12 registrado en 1969, según los datos de la OMM, que destaca que siete de ellos alcanzaron una categoría de 3 o más en la escala de Saffir-Simpson. Desde 1995 se observa un marcado incremento en el número de tormentas tropicales que tienen lugar cada año en la cuenca atlántica.*
- *El número de huracanes que nacen en el Atlántico se ha duplicado en comparación con los del siglo pasado, debido al aumento de la temperatura marina, según científicos del Centro Nacional de Investigaciones Atmosféricas (NCAR) y el Instituto Tecnológico de Georgia, que también tuvieron en cuenta el cambio en los patrones del viento en las últimas décadas.*

“Según estudios, no está claro si el calentamiento global está aumentando la frecuencia de los huracanes, pero cada vez hay más evidencias de que el calentamiento aumenta su intensidad. El impacto del calentamiento global en la frecuencia de los huracanes es un área que requiere más investigación y más datos” (Bou Parés, 2012).

En el documento Aumentando la visibilidad de género en la gestión del riesgo de desastres y el cambio climático en el Caribe -Evaluación de República Dominicana se establece que:

Aunque históricamente la República Dominicana ha experimentado desastres relacionados con los peligros naturales, la situación ha empeorado en los años recientes, debido al cambio climático. La República fue citada recientemente como uno de los seis países caribeños que se encuentran entre los 40 primeros “puntos candentes” climáticos del mundo por la Lista de riesgo del cambio climático a nivel mundial de la Germanwatch de 2009 (Germanwatch Global Climate Change 2009 Risk Index). El país fue ubicado en la posición 12 de una lista de 150 países basada en el análisis de los eventos climatológicos que tuvieron lugar entre 1998 y 2007. Se mencionaron dos factores: el impacto del calentamiento global sobre el aumento del nivel del mar, y en segundo lugar, el aumento de la fuerza de los huracanes (Dunn, 2009).

La **(Figura 2. 6)** ilustra la curva incrementada de eventos en las últimas décadas y señala que desde los años noventa la probabilidad de ocurrencia de tormentas tropicales de mayor intensidad en el área tropical del Océano Atlántico se ha elevado de un 40 a cerca de un 70% (CEPAL y Secretaría de Estado de Economía Planificación y Desarrollo, 2008).

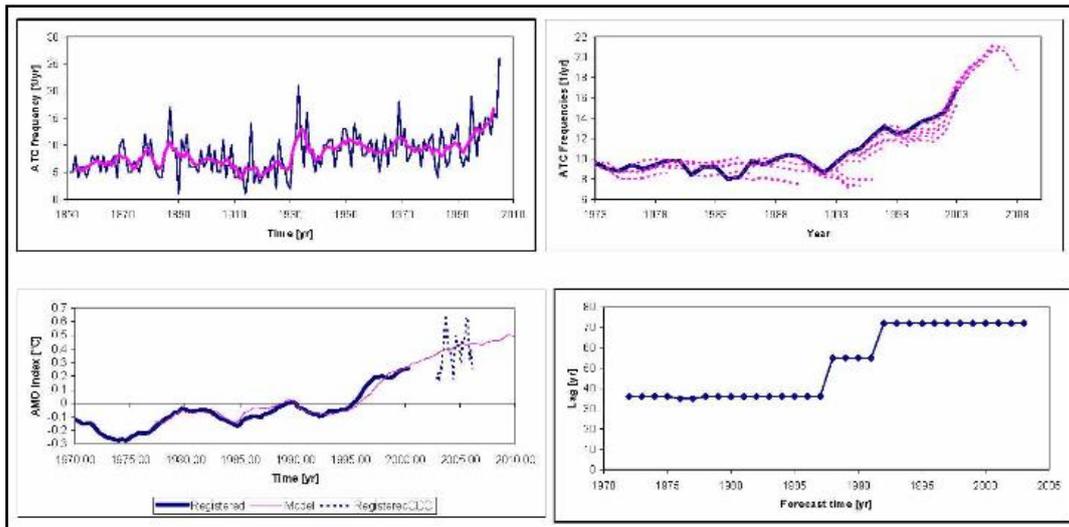
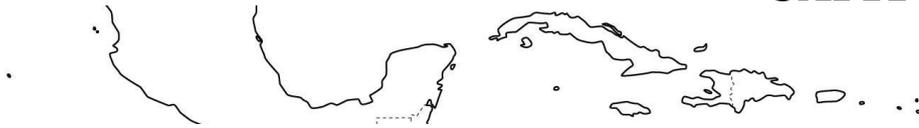


Figura 2. 6. Posibilidad de eventos extremos: Atlantic Tropical Frequency 2006-2010: An experimental forecast base don multi-decadal analogues. (CEPAL y Secretaría de Estado de Economía Planificacion y Desarrollo, 2008).

CAPÍTULO 3



PLANES DE EMERGENCIAS DE PRESAS

Las presas son estructuras muy seguras, construidas y explotadas con un enfoque ingenieril reduciendo al máximo mediante coeficientes de seguridad y seguimiento de reglas, su probabilidad de fallo. Independientemente de las precauciones estructurales adoptadas en las fases de la vida de la presa, es inevitable que se mantenga un riesgo residual, muy reducido pero real de rotura o mal funcionamiento.

En los países donde las inundaciones constituyen el fenómeno natural que con mayor frecuencia se manifiesta dando lugar a grave riesgos colectivo o catástrofe, ligado a la imposibilidad de eliminar completamente el riesgo de rotura o mal funcionamiento, nos obliga a el establecimiento de mecanismos y procedimientos que, por una parte, permitan la detección temprana de las situaciones de riesgo y las medidas a acometer para mitigarlo y, por otra, en caso de que, pese a las medidas anteriores, se produzca el fallo total o parcial de la estructura, permitan eliminar o reducir en lo posible los efectos sobre la vida humana, los servicios y el medio ambiente (DGOHCA del Ministerio de Medio Ambiente, 2001)

3.1 Conceptos y funciones básicas de los planes de emergencia de presas

Los planes de emergencia de presas consisten según (MAGRAMA, 2011) en:

- *Establecer la organización de los recursos humanos y materiales necesarios en situaciones de emergencia, así como definir las actuaciones a llevar a cabo para la detección, seguimiento y control de los factores de riesgo que puedan comprometer la seguridad de la presa.*
- *Establecer los sistemas de información, alerta y avisos.*
- *Determinar los procedimientos de activación de avisos para la puesta a disposición preventiva de los recursos y servicios que hayan de intervenir para la protección de la población en caso de rotura o avería grave, y posibilitar que la población potencialmente afectada adopte las oportunas medidas de autoprotección.*

Las funciones básicas que deben desarrollarse con la elaboración e implantación del Plan de Emergencia son las siguientes:

- *Determinar las estrategias de detección, intervención y actuación para el control de situaciones que puedan implicar riesgos de rotura o avería grave, previa la realización de un análisis de seguridad de la presa.*
- *Delimitar las áreas potenciales inundables en caso de rotura o avería grave de la presa, y estimar los daños asociados con esta inundación y, en particular, los asociados con la vida de las personas.*
- *Desarrollar las normas de actuación en cada escenario, incluyendo las asociadas con la información y comunicación a los organismos públicos implicados en la gestión de la emergencia.*
- *Establecer la organización de los recursos humanos y materiales necesarios para el desarrollo de las actuaciones anteriores y los medios para la puesta a disposición de los mismos en caso de activación de la emergencia.*

3.2 Contenido de los planes de emergencia

Para la formulación de los planes de emergencia de presas, será suficiente el contenido mínimo indicado a continuación (DGOHCA del Ministerio de Medio Ambiente, 2001):

- 1º. Análisis de seguridad de la presa.
- 2º. Zonificación territorial y análisis de los riesgos generados por la rotura de la presa.
- 3º. Normas de actuación.
- 4º. Organización.
- 5º. Medios y recursos.

3.2.1 Análisis de seguridad de la Presa

Según la Guía Técnica de Seguridad de Presas N°1:

El análisis comprenderá el estudio de los fenómenos que puedan afectar negativamente a las condiciones de seguridad consideradas en el proyecto y construcción de la presa de que se trate o poner de relieve una disminución de tales condiciones.

En general estos fenómenos serán:

- a) *Comportamiento anormal de la presa, detectado por los sistemas de auscultación de la misma o en las inspecciones periódicas que se realicen, y que muestren anomalías en lo concerniente a su estado tensional, deformaciones, fisuración, fracturación o filtraciones en la presa o en su cimentación.*
- b) *Avenidas extremas o anomalías en el funcionamiento de los órganos de desagüe.*
- c) *Efectos sísmicos.*
- d) *Deslizamiento de las laderas del embalse o avalancha de rocas, nieve o hielo.*

El análisis de seguridad deberá establecer en términos cuantitativos o cualitativos valores o circunstancias “umbrales” a partir de los cuales dichos fenómenos o anomalías podrían resultar peligroso, así como los sucesos que habrían de concurrir, conjunta o secuencialmente, para que las hipótesis previamente formuladas pudieran dar lugar a las rotura de presa (CICCP, P-1, 2005).

3.2.2 Zonificación territorial y análisis de los riesgos generados por la rotura de la presa

Según la Guía Técnica de Seguridad de Presas N°1:

Este apartado del plan tendrá por objeto de la delimitación de las áreas que puedan verse cubiertas por las aguas tras esa eventualidad y la estimación de los daños que ello podría ocasionar. La determinación del área inundable, con detalle de las zonas que progresivamente quedarían afectadas por la rotura, así como la información territorial relevante para el estudio del riesgo, se plasmará en planos, confeccionados sobre cartografía oficial, de escala adecuada, que figuraran como documentos anexos al Plan.

Dicha delimitación de la zona potencial inundable se establecerá utilizando diversas hipótesis de rotura, según las diferentes causas potenciales (avenidas, seísmos, fallos estructurales de los materiales o del cimiento etc.), estableciéndose en cada caso los mapas de inundación con la hipótesis más desfavorable.

Se estudiarán, además de las zonas de inundación, los diversos parámetros hidráulicos (calados de la lámina de agua y velocidades), y en todo caso los tiempos de llegada de la onda de rotura, delimitando las áreas inundadas en tiempos progresivos de hora en hora, a

excepción de la primera, que se dividirá en tramos de 30 minutos. En los casos que así lo requieran deberá contemplarse la hipótesis de rotura encadenada de presas (CICCP, P-1, 2005).

3.2.3 Normas de actuación

Según la Guía Técnica para la elaboración de los planes de emergencia de presas, tomando como fundamento el análisis de la seguridad, en el Plan habrán de especificarse las normas que resulten más adecuadas para la reducción o eliminación del riesgo, y en particular (DGOHCA del Ministerio de Medio Ambiente, 2001):

- a) Situaciones o previsiones en las que habrá de intensificarse la vigilancia de la presa.*
- b) Objetivos de la vigilancia intensiva en función de las distintas hipótesis de riesgo, con especificación de los controles o inspecciones a efectuar y los procedimientos a emplear.*
- c) Medidas que deben adoptarse para la reducción del riesgo, en función de las previsibles situaciones.*
- d) Procedimientos de información y comunicación con los organismos públicos implicados en la gestión de la emergencia.*

3.2.4 Organización

Según la Guía Técnica de Seguridad de Presas N°1:

En el plan se establecerá la organización de los recursos humanos y materiales necesarios para la puesta en práctica de las actuaciones previstas. La dirección del Plan de estará a cargo de la persona a la que corresponda la dirección de la explotación de la misma.

- a) Serán funciones básicas del director del Plan de Emergencias de Presa, las siguientes:*
- b) Intensificar la vigilancia de la presa en caso de acontecimientos extraordinario.*
- c) Mantener permanentemente informados a los organismos públicos implicados en la gestión de la emergencia.*

Dar la alarma, en caso de peligro inminente de rotura de presa o, en su caso, de la rotura de la misma, mediante comunicación a los organismos públicos implicados en la gestión de la emergencia (CICCP, P-1, 2005).

3.2.5 Medios y recursos

Según la Guía Técnica de Seguridad de Presas N°1:

En el Plan se harán constar los medios y recursos, materiales y humanos con que se cuenta para la puesta en práctica del mismo.

Deberá disponer de una sala de emergencias, convenientemente ubicada en las proximidades de la presa y dotada de los medios técnicos necesarios para servir de puesto de mando al director del Plan de Emergencia de la Presa y asegurar las comunicaciones con los organismos públicos implicados en la gestión de la emergencia.

Para cumplir con el objetivo de comunicación rápida a la población existente en la zona inundable, en un intervalo no superior a los 30 minutos, el Plan de Emergencia de Presa deberá prever la implementación de sistemas de señalización acústica u otros sistemas de aviso alternativo, sin perjuicio del sistema de comunicación que se establezca entre autoridades y organismos públicos con responsabilidades en la gestión de la emergencias.

Para el establecimiento de las normas y procedimientos de comunicación e información con los organismos públicos implicados se consideraran los escenarios de seguridad. (CICCP, P-1, 2005).

3.3 Legislación de planes de emergencias de presas en España

“En España como en muchos otros países las inundaciones constituyen, el fenómeno natural que con mayor frecuencia se manifiesta dando lugar a situaciones de riesgo colectivo o catástrofe, hace que, ante esa eventualidad, para la protección de personas y bienes” (Secretaría de Estado de Interior, 1995), “por lo que resulta necesario el empleo coordinado de medios y recursos para el cumplimiento de estos objetivos, España desde hace bastantes años, ha desarrollado sistemas que definen las actuaciones a acometer a acometer para su resolución o mitigación, estas normativas están encaminadas a reducir al máximo el riesgo de rotura. Como resultado de eso se han realizado evidentes progresos en lo referente a los planes de emergencia, se puede indicar que según las estadísticas de (ICOLD), las probabilidades de rotura se han reducido drásticamente” (DGOHCA, 2001).

Los principales reglamentos relacionados con la seguridad de Presas en España, que con diferentes niveles de aplicación, están vigentes en la actualidad son: la Instrucción para el proyecto, construcción y explotación de Presas (1967), la Directriz de Planificación de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones (1995), el Reglamento Técnico de Seguridad de Presas (1996) y las Guías Técnicas de Seguridad de Presas del Comité Nacional Español de Grandes Presas (CNEGP) y el Colegio de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos (CICCP).

A continuación se comenta brevemente cada uno de estos documentos.

3.3.1 Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el riesgo de Inundaciones (BOE/14/02/1995)

Esta Directriz establece los requisitos mínimos que deben cumplir los correspondientes Planes Especiales de Protección Civil en cuando a fundamentos, estructura, organización y criterios operativos y de respuesta. La Directriz en su apartado 3.5, se refiere a la Planificación de emergencias ante el riesgo de rotura o avería grave de presas, se exponen en este apartado el concepto, funciones básicas, alcances según la clasificación de la presa y la interface entre el Plan de Emergencia de Presa y los Planes de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones.

3.3.2 Reglamento Técnico sobre Seguridad de Presas y Embalses (12/03/1196)

Este Reglamento fue aprobado por Orden Ministerial, tiene por objeto determinar las normas técnicas y embalses. A tal fin, establece los requisitos y condiciones técnicas que deben cumplirse durante las fases de proyecto, construcción, puesta en carga, explotación y estado de fuera de servicio de las presas y embalses, en orden a alcanzar sus óptimas condiciones de utilidad y seguridad que eviten daños a las personas, a los bienes y al medio ambiente. El artículo 7, se refiere a la Planificación de emergencias ante el riesgo de rotura o accidente grave en las presas, donde se exponen la obligatoriedad, por parte de los titulares de las presas de implementar el Plan de emergencia de la Presa.

3.3.3 Guía Técnica Clasificación de presas en función del riesgo potencial

Esta Guía fue publicada por el Ministerio de Medio Ambiente en 1998, tiene por objeto desarrollar los criterios de clasificación de presas establecidos en la Directriz y en el Reglamento Técnico, planteando con carácter orientativo una metodología general de aplicación y el contenido mínimo de la información que ha de acompañar a las propuestas de clasificación, todo ello con la finalidad de que las resoluciones de clasificación de presas se dicten de manera homogénea y coordinada.

3.3.4 Guía Técnica para elaboración de Planes de Emergencia de Presas (05/2001)

La finalidad de la Guía Técnica es establecer las recomendaciones, criterios y metodologías a seguir en la elaboración de los planes de emergencia de presas, teniendo en cuenta las singularidades que estos presentan con respecto a la planificación general de emergencias ante inundaciones, de modo que se facilite la elaboración de unos planes homogéneos.

3.3.5 Acuerdo de la Permanente de la Comisión Nacional de Protección Civil para facilitar la implantación material efectiva de los Planes de Emergencias de Presas (30/01/2003)

Tiene por objeto establecer los criterios para facilitar la implementación de los planes de emergencia en lo que concierne a las acciones en las que resulta imprescindible la colaboración y coordinación entre el titular de la presa y los Administraciones Públicas.

3.3.6 Recomendaciones y Manuales Técnicos

El comité Nacional Español de Grandes Presas (CNEP) en conjunto con el Colegio de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos, han publicado la colección de recomendaciones y manuales técnicos, estas incluyen guías de buena práctica y recomendaciones, que complementan o desarrollan la normativa oficial, el objetivo de estas es proporcionar herramientas útiles y prácticas que sirvan de apoyo para el más correcto y homogéneo desarrollo del ejercicio profesional. Las guías publicadas son:

- P-1 Seguridad de Presas
- P-2 Criterios para proyectos de presas y sus obras anejas (Tomo 1 y 2)
- P-3 Estudios geológico–geotécnico y de prospección de materiales
- P-4 Avenida de Proyecto
- P-5 Aliviaderos y desagües
- P-6 Construcción de presas y control de calidad
- P-7 Auscultación de las presas y sus cimientos

3.3.7 Borrador de Norma Técnica de Seguridad para la Clasificación de las Presas y para la Elaboración e Implantación de los Planes de Emergencia de Presas y Embalses (06/2011)

Constituirá la única normativa legal en materia de seguridad de presas y embalses, unificando la normativa actualmente vigente, derogando el Reglamento sobre Seguridad de Presas y Embalses, establecerán las exigencias mínimas de seguridad de las presas y embalses, graduándolas según su clasificación y determinarán los estudios, comprobaciones y actuaciones que el titular debe realizar y cumplimentar en cada una de las fases de la presa.

3.4 Justificación de la necesidad de los planes de emergencia de presas

En la República Dominicana no existe una legislación específica que regule la seguridad de presas, tampoco existe la documentación que sirva de referencias a recomendaciones o guías de buena práctica que deban seguirse durante la fase del proyecto.

Existen planes de operación de las presas en emergencias pero no se ha podido comprobar su vínculo con los planes de protección civil existentes para situaciones de emergencia, que se deben orientar a la protección de personas y bienes aguas debajo de las presas (Altarejos García & Serrano Lombillo, 2012d).

3.4.1 Obras Hidráulicas en la Republica Dominicana

La República Dominicana posee recursos hídricos comparables con otros países de mayor extensión, “está dividida en seis regiones hidrográficas bien delimitadas, la Atlántica, la Este, Ozama-Nizao, Yaque del Norte, Yaque del Sur y Yuna-Camú , en las cuales se han construido unas 34 presas, actualmente en operación para propósitos múltiples de aprovechamiento de nuestros recursos hidráulicos, tales como el abastecimiento de agua para consumo humano e industrial en 12 de ellas, para riego en 22 de ellas, para generación de hidroelectricidad en 17 de ellas y dos presas de cola para control de la contaminación de la Rosario Dominicana en la región Yuna-Camú. Además de esos propósitos dichas presas, principalmente las de considerables embalses han jugado un papel muy importante en el control de inundaciones que ocasionan los ríos que las abastecen en sus períodos de grandes avenidas, mediante la atenuación de los picos de las crecientes por el efecto de retención y almacenamiento de sus reservorios” (Castro Catrain, 2017). En la figura (**Figura 3. 1**), se muestran las presas más importantes del país, en producción hidroeléctrica, dimensión de la obra y volumen regulado. Las presas de Hatillo, Sabana Yegua, Tavera-Bao, Monción, Jigüey, Valdesia, Sabaneta y Rincón poseen vasos comprendidos entre los 76 y 450 millones de metros cúbicos según sus parámetros de diseño.

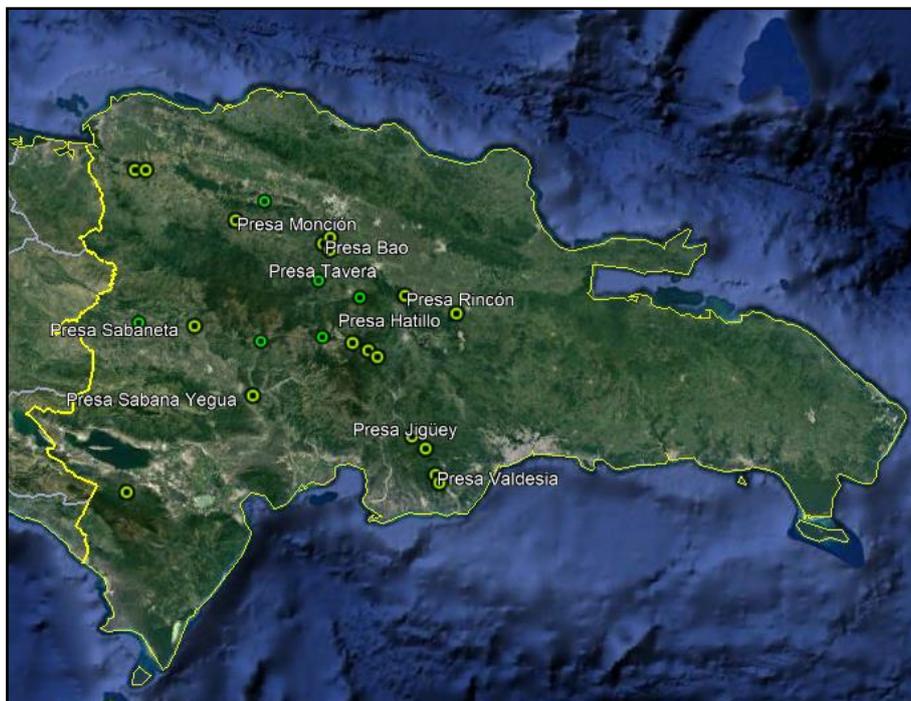


Figura 3. 1. Principales Presas República Dominicana. Fuente: Elaboración propia.

“La historia de las presas comenzó en 1950 con la entrada en operación de la presa de Jimeno. En la década de 1950 se completaron los primeros estudios para grandes aprovechamientos hidráulicos, sobre los ríos Yaque del Norte, Yaque del Sur y Nizao. Antes de la creación del INDRHI (Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos) en 1965 se construyó la presa de Jimeno y se encontraba en construcción la presa de Las Damas, en la provincia Independencia, con una cortina de hormigón de 15 metros de altura. Durante el período 1965-87 se construyó la mayoría de las grandes presas que configuran la infraestructura hidráulica del país y cuyo hito lo representa la entrada en operación en 1973 de la presa de Tavera” (“Hoy Digital - Reportaje Treinta y cuatro presas y embalses soportan agricultura y electricidad,” n.d.).

En la (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.) La presa de Hatillo es la más grande del país, está ubicada entre las provincias Sánchez Ramírez y Monseñor Nouel, esta se alimenta de las aguas del río Yuna y cuenta con la mayor capacidad de almacenamiento de volumen d agua del

país (700 millones de m³), suministra agua para el riego de tierras agrícolas y consumo humano, energía eléctrica y consumo humano.



Figura 3. 2. Presa Hatillo. Fuente: Elaboración propia.

Adicionalmente los lagos artificiales conformados por esas 34 cortinas, 22 de tierra y 12 de concreto, 15 en la Región Yaque del Norte, 8 en Yuna-Camú, 5 en Ozama-Nizao y 6 en Yaque del Sur.



Figura 3. 3. Composición de las Presas de República Dominicana. Fuente: Elaboración propia.

Los sistemas de embalses a nivel nacional garantizan en su mayor parte la actividad economía del país, por lo que es de suma importancia dedicarle un tratamiento especial a la gestión de estas estructuras.

3.4.2 Incidentes

Como se expresó anteriormente la República Dominicana cuenta con 34 presas el número pudiera parecer elevado para un país con una extensión de 48 670 km², pero la realidad es que esa cantidad

resulta insuficiente para un país como este, porque solo garantiza que de manera segura pueda almacenar entre 7 y 10 por ciento de las aguas que caen como consecuencia de las lluvias anuales, debido a fenómenos naturales extremos o de manera normal. Las presas han jugado un papel muy importante en el control de inundaciones que ocasionan los ríos que las abastecen en sus períodos de grandes avenidas, mediante la atenuación de los picos de las crecientes.

Es notorio la importancia que las presas tienen tanto en la protección frente a inundaciones como en la capacidad de almacenamiento de los recursos hidráulicos. Al mismo tiempo podrían llegar a suponer también un incremento del riesgo total de inundación, ya que su hipotético colapso estructural introduce una nueva fuente de riesgo. En República Dominicana el desbordamiento de presas por aguaceros torrenciales aunque es una causa menos frecuente, se han registrado incidentes relacionados con la seguridad de presas, entre los casos más destacados se presentan los siguientes:

3.4.2.1 Presa Tavera

“La presa Tavera ubicada en la provincia Santiago, la presa fue diseñada para la producción de energía eléctrica, pero también abastece agua para el consumo público y la irrigación agrícola en el Cibao Central. Se trata de una presa de materiales sueltos, con una altura máxima de 82 metros” (FAO, 2016).

Esta presa no está diseñada para mitigar inundaciones por lo que se producen desfuegos, que ocasionan daño a la población causando pérdida de vidas, de plantaciones e infraestructuras. Entre los principales eventos se encuentran” (“Historia Presa De Taveras Y Bao,” n.d.):

- **12 de Diciembre del 2007**, se produjo una de las mayores inundaciones sufridas para las comunidades de Santiago de los Caballeros, Mao y Montecristi, por el desagüe de esta presa, cuando la tormenta Olga produjo 51 millones de metros cúbicos de agua en la cuenca del río Yaque del Norte, con volúmenes aproximados de 340 milímetros, lo que presentó la tercera parte de agua que cae cada año en esa cuenca. Se atribuyó a un error humano el desagüe de la presa, los daños ocasionados se calcularon en 33 personas muertas, más de 60 mil desplazados, 12 321 viviendas afectadas, 23 acueductos fuera de servicio, perdidas en el sistema eléctrico, 18 puentes derribados y daños millonarios a la agricultura. El desfogue inicio a las 11 de la noche de diciembre del 2007, cuando el nivel de la presa alcanzo 327.65 metros, 15 metros más que el nivel máximo.
- **27 de noviembre del 2016**, el embalse tuvo una entrada histórica de volúmenes de agua, al alcanzar 922 metros cúbicos de agua, desfogando 300 metros cúbicos por segundo, produciendo inundaciones, dejando perdidas en la región Noroeste superiores a los cuatro mil millones de pesos en el sector exportador de guineos.



Figura 3. 4. Desagüe presa Tavera. Fuente: Imágenes Google

3.4.2.2 Presa Hatillo

Según el trabajo de Presas, Base de datos georreferenciada:

La presa Hatillo ubicada en la comunidad del mismo nombre, que pertenece a la provincia Sánchez Ramírez, la presa almacena agua para múltiples propósitos, pero su prioridad es servir como control de inundaciones. Se trata de una presa de materiales sueltos, con una altura de 52 metros (FAO, 2016).

- *31 de octubre del 2007, el vaso de la presa Hatillo, con los torrenciales aguaceros subió casi 10 metros, fue sorprendido con el mayor nivel hídrico en tiempo de huracanes, por lo que tuvo que realizarse un desfogue por el déficit de drenaje existente. Este ocasiono graves daños agua abajo.*

3.4.2.3 Presa Sabaneta

La presa de Sabana Yegua está ubicada en la comunidad del mismo nombre, a unos 30 kilómetros al norte del municipio de San Juan de la Maguana, fue diseñada para riego pero también sirve para generación hidroeléctrica y control de inundaciones, es una presa de materiales sueltos.

- *23 de septiembre del 1998, Por el huracán Georges, que azotó al país un martes 22 de septiembre con categoría tres, desapareció un sector llamado Mesopotamia, ubicado en San Juan de la Maguana, una Provincia que queda a 200 kilómetros al suroeste de la capital dominicana, este sector queda a 20 kilómetros aguas debajo de la presa de Sabaneta. Debido a una mala gestión y la deficiencia en la operación de la presa, antes del desastre los niveles del embalse eran muy altos, el embalse tenía 20 centímetros por debajo de la elevación máxima, cuando el huracán se encontraba a 200 kilómetros de la capital dominicana, durante el paso del huracán en la presa se registraron 5 metros por encima del vertedero de servicio y 1.5 metros por encima del vertedero de emergencia (Rodriguez Garcia, 2000), la inundación producto del desfogue de la presa dejo nueve barrios arropados por escombros y barro, la calamidad duro varios días (Mejía, 2015).*

Ante estos casos se evidencia que la mala gestión de las presas en temporada de huracanes, el fallo de la comunicación ente las autoridades y el pueblo, por la falta de coordinación entre los organismos competentes fueron en su mayor parte las causas principales de los desastres,

por lo que es importante las evaluaciones de seguridad periódica y la realización de planes de emergencia para disminuir al mínimo los daños generados por estos fenómenos naturales extremos.

3.4.3 Necesidad de reglamentos, normativa y guías técnicas para Elaboración de los Planes de Emergencia de Presas y Embalses de la Republica Dominicana

“Los planes de emergencia de presas establecen la organización y planificación de los recursos humanos y materiales necesarios, en situaciones de emergencia para controlar los distintos factores del riesgo que puedan comprometer la seguridad de la presa, y con ello reducir la probabilidad de rotura o avería grave” (DGOHCA del Ministerio de Medio Ambiente, 2001), resulta fundamental establecer un marco legal, o cualquier tipo de convención para regular las actividades de proyecto, construcción, explotación, mantenimiento e inspección de presas, de modo que se pueda contar con criterios correctos y homogéneos para todas las estructuras.

Como se dijo anteriormente en la Republica Dominicana no hay una legislación específica que regule la seguridad de presas, tampoco se ha encontrado en la documentación facilitada referencias a recomendaciones o guías de buena práctica y no hay constancia de que exista una clasificación de las presas en función del riesgo potencial o en función de los daños potenciales que se derivarían de su rotura o mal funcionamiento, existen planes de operación de las presas en emergencias pero son inadecuados, es necesario que se regularice esta situación para que el país esté en consonancia con los compromisos internacionales en materia de seguridad de presas y que este en la línea de otros países con patrimonio presístico importante como EEUU, España y otros países europeos.

3.4.4 Limitaciones en la Elaboración de los Planes de Emergencias en República Dominicana

La elaboración de planes de emergencias para presas que cumplan con las funciones básicas en la Republica Dominicana es una tarea que conlleva la superación de una serie de elementos comunes que tienen relevancia en la gestión de la seguridad de las presas, y que comprenden aspectos relativos al marco legislativo, a como se estructura y se organiza, a la gestión de información, a las actividades de inspección, monitorización y mantenimiento, a la operación del sistema y a la gestión de las emergencias. En mayo de 2008, el Banco Mundial aprobó un préstamo de 80 millones de US\$ para restaurar y fortalecer las infraestructuras de riego, electricidad, agua y alcantarillado dañadas por las tormentas tropicales Olga y Noel, mejorar las infraestructuras más críticas para reducir el impacto relacionado con las tormentas y reforzar la capacidad básica para el futuro manejo de riesgos, en materia de planes de emergencia y seguridad de presas hay mucho que hacer en la Republica Dominicana, a continuación se presentan algunas de las limitaciones que deben ser superadas según (Altarejos García & Serrano Lombillo, 2012d):

- **Gestión Documental**

La información documental sobre las presas existentes es abundante, pero se encuentra dispersa y no está ordenada. Las organizaciones con responsabilidad en la seguridad no tienen acceso a algunas de las informaciones existentes y no existe un archivo técnico digitalizado.

- **Actividades de Inspección y revisiones de seguridad**

Se realizan actividades periódicas de la seguridad, pero no se llevan a cabo de una forma reglada. No existen formatos que definan los contenidos de las actividades de inspección, ni el grado de detalle de las mismas, ni la capacitación del personal que debe llevarlas a cabo, ni su frecuencia en el tiempo.

- **Actividades de monitorización**

Se realizan actividades de monitorización de las presas, pero no existe un procedimiento reglado y claro que determine que variables se deben medir, que organismo lo debe hacer, y con qué frecuencia se deben realizar. No se tiene constancia de que exista un formato de informe de monitorización o de informe de supervisión de la monitorización. Esto significa que existen variables relevantes que no se están midiendo y que no se está aprovechando al máximo la información derivada de aquellas variables que si se miden.

- **Actividades de mantenimiento**

No existen planes o programas de mantenimiento de la obra civil de las presas, aun estando estas sometidas a solicitudes muy exigentes no solo desde el punto de vista hidrológico, por la magnitud y frecuencia de las tormentas y huracanes, sino por la presencia de sedimentos, que suponen una amenaza no solo para los elementos electromecánicos sino para la integridad de la propia obra civil.

- **Actividades de operación**

La operación de los sistemas de embalse se enfrenta a importantes desafíos. Ha quedado en manifiesto en visitas y en talleres realizados que en el caso de operación en situaciones de emergencia, la falta de experiencia de algunos operadores para realizar las maniobras bajo las condiciones de stress propia de una situación de emergencia, unida a carencias en la formación adecuada, se ha traducido, sumada a otros factores, en operaciones incorrectas del sistema. Entre otros factores se puede mencionar la transmisión de la correcta información meteorológica al centro de decisión, la correcta interpretación de la misma y el cumplimiento de los protocolos e instructivos de Operaciones en caso de emergencia.

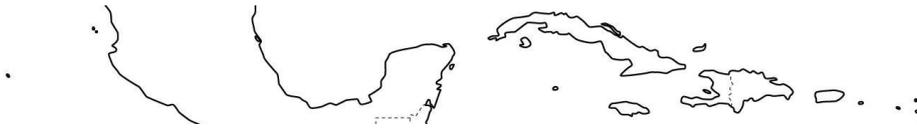
- **Acceso restringido de ciertos grupos a los mecanismos de alerta temprana**

“Algunos grupos de población no tienen acceso a los medios de comunicación a través los cuales se dan los primeros avisos sobre desastres que se avecinan. Además, la información sobre las características del fenómeno también parcial o inadecuado para guiar la toma de decisiones en cuanto a la protección apropiada de sus vidas y las de sus familiares, y de sus propiedades” (Dunn, 2009).

- **Grupos con desventajas sociales**

“Las personas que se encuentran en estos grupos sufren de una mayor vulnerabilidad de carácter acumulativo e interactivo. Cuando ocurre un desastre, las personas que tienen que enfrentar la falta de acceso a servicios básicos, de educación o de vivienda de calidad, son más vulnerables que aquellas que no se ven afectadas por estos factores” (Dunn, 2009).

CAPÍTULO 4



PLAN DE EMERGENCIA DEL COMPLEJO DE PRESAS NIZAO EN REPÚBLICA DOMINICANA

A continuación se elaborara el plan de emergencias del complejo Nizao en República Dominicana, siguiendo las pautas de los reglamentos, normativa y guías técnicas para Elaboración de los Planes de Emergencia de Presas de España, ya que estos están en consonancia con los compromisos internacionales en materia de seguridad de presas, como se dijo anteriormente estas normativas están en la línea de la experiencia de otros países con patrimonio presístico importante como es EEUU y diferentes países europeos.

4.1 Breve descripción del proyecto

4.1.1 Generalidades

El sistema del embalse Valdesia está localizado en la cuenca del río Nizao, el río Nizao es el único río del país que se aprovecha, tanto en su cuenca baja como en la media y alta, formando lo que se conoce como “El complejo Nizao” (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), el cual está compuesto por las Presas de Jigüey-Aguacate-Valdesia-Las Barías y el Canal de Irrigación Marcos A. Cabral, en la provincia de Peravia. La fuente de abastecimiento del complejo es el río Nizao cuenta con una longitud de 133 km, un caudal medio de 15 m³/s, y un área de cuenca hidrográfica de 887 km².

Los primeros estudios para el aprovechamiento integral del río Nizao, se remontan a la década de los años 50. En el año 1956 la empresa dominico-española Mendoza & Armenteros (MENDAR), realizó la primera evaluación hidrológica del río Nizao. Posteriormente, a principios de los años 60, la misma firma, con el apoyo del Centro de Estudios Hidrográficos de España, llevó a cabo el estudio denominado “Aprovechamiento Múltiple del Río Nizao” para la factibilidad técnica de aprovechar los caudales del río Nizao para la generación de energía eléctrica, irrigación y abastecimiento de agua potable a la ciudad de Santo Domingo.

La primera obra construida fue la Presa de Valdesia y luego el contraembalse Las Barías. La construcción de la obra civil se inició en el año 1970 y fue realizada por la empresa española Agroman Constructora. Iniciaron sus operaciones en el año 1976.

Luego fueron construidas las Presas de Jigüey y Aguacate inauguradas en el año 1992. Los estudios y diseño definitivo de estas presas fueron realizados por la firma Initec-Mendar, concluyendo estos en el año 1985. La supervisión de la construcción de las obras estuvo a cargo del Consorcio consultor Epsa-Labco/Benham-Holway/Dames-Moore, y la construcción de la obra civil fue realizada por la compañías italianas Impregillo, Cogefar, Recchi y la INGCO (dominicana), iniciándose las obras el 25 de mayo de 1987 y culminando en 1992. Los trabajos electromecánicos fueron realizados por el Grupo Industrial Electromecánico GIE. Estas dos Presas iniciaron sus operaciones en el año 1992.

El canal Marcos A. Cabral fue ejecutado por el estado dominicano en el año 1925 durante la gestión del Presidente Horacio Vásquez. Posteriormente ha sido prolongado y rehabilitado en diferentes etapas (Altarejos García & Serrano Lombillo, 2012d).

Estas presas, que forman parte del aprovechamiento río Nizao, son operadas por la empresa de generación de Hidroeléctrica Dominicana (EGEHID), de propiedad estatal. EGEHID se integra dentro el Área de Generación de la Corporación Dominicana de Electricidad.

La supervisión de la seguridad de las presas se realiza conjuntamente con el instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INDRHI), que además es el organismo encargado de estudiar, proyectar y programar todas las obras hidráulicas y energéticas necesarias para el desarrollo integral de las cuencas hidrográficas de la Republica Dominicana.

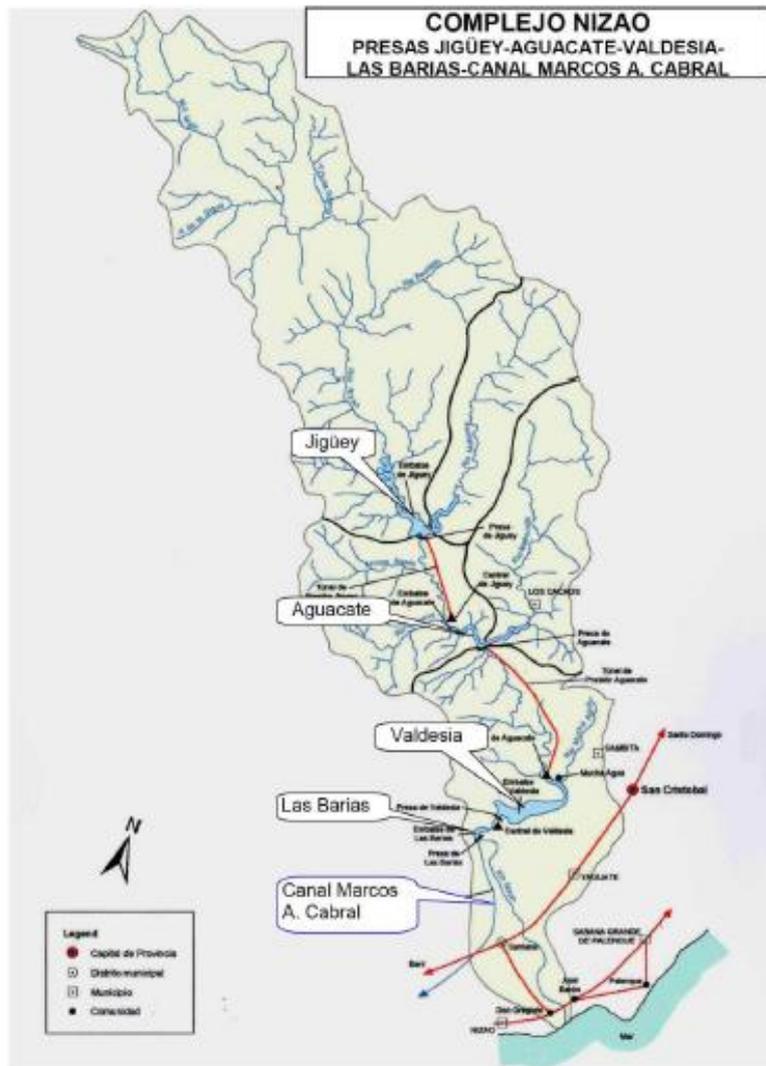


Figura 4. 1. Sistema del río Nizao. Fuente: (Altarejos García & Serrano Lombillo, 2012d)

4.1.2 Sistema de embalses y las presas

4.1.2.1 Embalse Jagüey

La presa de Jigüey es una presa de arco-gravedad de hormigón de 110 m de altura. Existe una conducción de 6,9 km de longitud hacia la casa de máquinas ubicada aguas abajo.

El embalse es el que se encuentra ubicado aguas arriba, de la serie de aprovechamientos del río Nizao, compuesto por Aguacate, Valdesia y Las Barias aguas abajo. La presa de Jigüey es la obra principal del complejo Jigüey – Aguacate (finalizado en febrero de 1992), que, juntamente con las presas de Valdesia y Las Barias completan la explotación en serie del río Nizao. Paralelamente

la presa de Jigüey colabora en la regulación del río, tarea fundamental para el acueducto Valdesia – Santo Domingo (Altarejos García & Serrano Lombillo, 2012b).

Tabla 3. Características del sistema de embalse Jagüey. (Altarejos García & Serrano Lombillo, 2012b)

Presa Jagüey		
Nivel máximo normal	541.50	m.s.n.m.
Volumen útil	130	hm ³
Nivel mínimo de operación	500.00	m.s.n.m.
Altura de la presa	110	m
Capacidad en el nivel 541.50	166	hm ³
Capacidad en el nivel 500	36	hm ³

Es una presa de hormigón de arco de gravedad con curvatura simple formada por dos sectores de distinto radio. Con una longitud de corona de 350 m. el desarrollo lo forman:

- Sección central con radio de 150 m, longitud de 105 m
- Sección estribo derecho con radio de 120 m, longitud de 80 m
- Sección tangente estribo derecho, longitud de 75 m
- Sección tangente estribo izquierdo, longitud de 90 m

Existen 4 aberturas de vertedero en el centro de la presa con una longitud total de 97,15 m, las cuales descargan, mediante un dissipador de energía, hacia un cuenco amortiguador ubicado aguas abajo. Existen 22 bloques principales en la presa más 3 boques en el estribo derecho. La longitud de la presa incluyendo los bloques terminales es de 350 m.

La presa dispone de instalaciones para el uso de un dispositivo denominado Geolidro, que permite el pasaje hacia aguas abajo de sedimentos acumulados en el embalse a través de mecanismos de aspiración especiales.

El vertedero es de cresta libre sin compuertas, tipo Ogee, con umbral en la cota 541,5 msnm y la elevación inferior de la viga puente de 552.83 msnm. Tiene las siguientes características:

- Longitud neta de cresta vertedora; 112 m (4 vanos de 28 m)
- Longitud total de cresta vertedora; 122.5 m
- Trampolín con ángulo de labio horizontal, elevación de labio 520 m.s.n.m.
- Descarga de diseño 11910 m³/s

El vertedero dispone de un cuenco amortiguador de longitud total 175 m y ancho variable entre 70 y 100 m aproximadamente. El espesor de los muros es de 1 m y el espesor de la losa de solera es 2 m. La cota de la solera en la zona de impacto es de 440 msnm. Esta estructura dispone de galerías laterales de drenaje en el macizo rocoso a ambos lados.

Posee un descargador de fondo ubicado dentro de la presa con las siguientes características:

- Dos conductos, trabajan a presión, equipados con doble compuerta
- Tamaño de compuerta (ancho x alto) 1.60 x 2.50 m
- Cota inferior del desagüe 478 msnm.
- Longitud de cada conducto revestido en acero 31.60 m
- Diámetro del conducto 2 m

- Descarga máxima total a cota embalse 545.5 msnm de 138 m³/s
- Descarga total a cota embalse 500 msnm de 77 m³/s

La ruta de acceso a la presa es bastante tortuosa y cruza laderas empinadas (Altarejos García & Serrano Lombillo, 2012b).

4.1.2.2 Embalse Aguacate

La estructura es una presa de hormigón que trabaja por gravedad de 51,5 m de altura, y la longitud es de 194 m medidos sobre el coronamiento.

Antes de la confluencia del río Nizao con el Mahomita, el río Nizao presenta un curso meandriforme, posteriormente el río presenta un tramo recto de 1km de longitud y con ancho de cauce entre 30 y 50m. La presa de Aguacate es una obra de paso de los caudales turbinados aguas arriba, y pertenece al complejo Jigüey – Aguacate (finalizado en febrero de 1992), que, juntamente con la presa de Valdesia y Las Barías completan la explotación en serie del río Nizao.

Tabla 4. Características del sistema de embalse Aguacate. (Altarejos García & Serrano Lombillo, 2012b)

Presa Aguacate		
Nivel máximo normal	328	m.s.n.m.
Nivel máximo extraordinario	343.25	m.s.n.m.
Volumen total almacenado	3.92	hm ³
Nivel mínimo de operación	324	m.s.n.m.
Altura de la presa	110	m

La presa tiene un superficie inundada de 35 ha, el vertedero está provisto de cinco compuertas radiales, siendo cada una de 12.0 m de longitud por 8.5 m de altura. El umbral se encuentra a 319.5 m.s.n.m. y el extremo superior de las compuertas está a 328.0 m.s.n.m.

Las compuertas están diseñadas para proteger los brazos laterales de las compuertas de los excesos de caudal, para lo cual en el extremo superior de la compuerta se han dispuesto placas. Las compuertas están operadas por cilindros hidráulicos. Existe un generador de repuesto sobre el extremo izquierdo de la presa. Las características del aliviadero son:

- La descarga de diseño es de 7.200 m³/s
- Cota del umbral 319.50 m.s.n.m.
- Cota labio del trampolín 301 m.s.n.m.

No existe un desagüe de fondo en la presa, la toma para la generación de energía está construida cerca del estribo izquierdo de la presa y se encuentra provista con una reja. No existirían instalaciones para la limpieza de la reja. Dispone de un túnel de carga de las siguientes características:

- Longitud total: 10863 m
- Diámetro revestido 4.36 m
- Espesor promedio de revestimiento hormigón: 0.35 m
- Cota en obra de toma 315.82 m.s.n.m.
- Cota en Pozo de Compuertas 338.50 m.s.n.m.
- Cota Chimenea de equilibrio 390.00 m.s.n.m.
- Cota salida de túnel 138.80 m.s.n.m.

Es una estructura de hormigón excavada en caverna. La central dispone de dos turbinas tipo Francis de 26 MW cada una. El salto máximo neto es de 169 m y la cota mínima de restitución es de 145 m.s.n.m. (Altarejos García & Serrano Lombillo, 2012b).

4.1.2.4 Embalse Valdesisa y embalse Las Barias

Según los Estudios sobre la operación y seguridad del sistema de embalses de Valdesia:

El sistema de embalse y la presa incluyen dos proyectos: el embalse Valdesia y el embalse Las Barias, inmediatamente aguas abajo. El sistema Valdesia, consiste en una presa de contrafuerte, un aliviadero de compuertas y una planta hidroeléctrica de 60 MW, diseñada para un almacenamiento máximo de 153 MMC a un nivel de 150 m.s.n.m. el vertedero corre a todo lo largo de la cresta de la presa y está controlado por cinco compuertas radiales. Un túnel de descarga con un caudal máximo de 90 m³/s a una planta de energía hidroeléctrica con dos turbinas Francis de 30 MW cada una (Salas, Shen, Labadie, & Obeysekera, 1986).

Tabla 5. Características del sistema de embalse Valdesia. (Salas et al., 1986)

Presa y vertedero Valdesia		
Nivel superior de la Presa	156	m.s.n.m.
Nivel máximo extraordinario	154	m.s.n.m.
Borde libre	2	m
Nivel de operación máximo	150	m.s.n.m.
Elevación superior del vertedero	145	m.s.n.m.
Nivel mínimo de operación	130.75	m.s.n.m.
Altura de la presa	76	m
Longitud del embalse	7	Km
Capacidad en el nivel 154	184	hm ³
Capacidad en el nivel 150	153	hm ³
Capacidad en el nivel 130.75	35	hm ³
Capacidad de descarga máxima del vertedero	7200	m ³ /s
Dimensión de las 5 compuertas del vertedero	24 x 5	m
Ancho de las columnas del vertedero	40	cm

El embalse Las Baria, a unos 15 km aguas debajo de Valdesia, es mucho más pequeño en tamaño (3.0 hm³ de capacidad máxima a un nivel de 77 m.s.n.m.). Tiene una presa de concreto y un vertedero regulado con siete compuertas radiales. El propósito principal del embalse Las Barias es regular los picos diarios de las descargas de potencia desde el embalse Valdesia para proveer con descargas estables en los canales de riego.

Tabla 6. Características del sistema de embalse Valdesia. (Salas et al., 1986).

Presa y Vertedero Valdesia		
Nivel superior de la Presa	81.6	m.s.n.m.
Nivel máximo extraordinario	79.5	m.s.n.m.
Longitud total	664	m
7 compuertas radiales de	15 x 8	m
1 compuerta radial de	13	m
Elevación superior del vertedero	69	m.s.n.m.
Altura de la presa	22.6	m
Capacidad en el nivel 77 tope de las compuertas	3	hm ³
Capacidad en el nivel 79.5	5.75	hm ³

4.2.1.1 Presa Jigüey

- 1º. Desde la construcción de la presa de Jigüey, toda la zona correspondiente al estribo izquierdo y a la parte de la ladera situada en la margen izquierda aguas abajo de la presa ha venido siendo objeto de atención. Por un lado, la potencial inestabilidad del estribo fue corregida durante la construcción de la presa mediante un sistema de anclajes. Hoy por hoy existen dudas razonables acerca del estado de estos anclajes y por tanto, sobre el nivel de protección que pudieran estar proporcionando de forma efectiva. Además, la zona de la ladera situada aguas abajo del propio estribo muestra síntomas de inestabilidad, lo que ha motivado la realización de unos estudios destinados a diseñar su estabilización.
- 2º. Los datos procedentes de algunos elementos del sistema de monitorización, en particular los correspondientes a péndulos y clinómetros, no son analizados ni con la frecuencia necesaria ni por personal con capacitación técnica suficiente, puesto que el INDRHI ya no dispone de él.
- 3º. No existen piezómetros que permitan medir subpresiones bajo la losa del cuenco de amortiguación.
- 4º. Además, algunos drenes de la presa se encuentran taponados, por lo que no podrían desempeñar su función de reducción de subpresiones bajo la presa en caso necesario.
- 5º. El problema de la sedimentación es una amenaza para la explotación del sistema del río Nizao, que se manifiesta de diversas formas. Por una lado, mediante la reducción progresiva de la capacidad de embalse, lo que tiene consecuencias adversas sobre la capacidad de regulación y sobre la función de protección frente a crecidas. Por otro lado, la presencia de sedimentos supone una amenaza para la integridad del sistema de aprovechamiento hidroeléctrico, con distintos impactos sobre los diferentes elementos: tomas, conducciones en presión, equipos de turbinación y sistemas de reintegro de caudales al cauce.
- 6º. El acceso a la información completa sobre la presa de Jigüey no ha sido posible puesto que esta información obra en poder de la empresa que realizó la supervisión técnica de la obra. Esta empresa no ha hecho entrega de la documentación, debido a problemas relacionados con el pago de los servicios técnicos realizados por parte del cliente.
- 7º. La información existente no se encuentra ordenada y fácilmente accesible.

4.2.1.2 Presa Aguacate

- 1º. Una de las cuestiones con mayor importancia en la presa de Aguacate son los sedimentos. Los impactos sobre la seguridad de la presa principalmente son dos, en primer lugar la respuesta más rápida del embalse que lleva a una merma en la capacidad de reacción ante una crecida y en segundo lugar el aumento de las cargas sobre la estructura.
- 2º. Las compuertas del aliviadero y su operación en situación de crecida. La vulnerabilidad de los accesos y de los sistemas de comunicación (únicamente radio y con muy baja fiabilidad en tormentas) reduce en gran medida la fiabilidad de este elemento, especialmente si no todos los operadores existentes tienen los conocimientos necesarios para llevar a cabo las tareas que requeriría una situación de emergencia.
- 3º. Otro punto débil identificado ha sido el desconocimiento del estado de subpresiones. La presa dispone de un sistema de auscultación, pero no posee los instrumentos adecuados. Este desconocimiento del estado de cargas (subpresiones) unido a la ya reseñada sobrecarga de sedimentos es un problema de seguridad en sí mismo.
- 4º. Se ha identificado una carencia y falta de orden y accesibilidad de la información.



4.2.1.3 Presa Valdesia

- 1º. El sistema de operación de las compuertas, es el peor de todos los defectos en el sistema operativo, fue vívidamente demostrado durante el Huracán David, cuando las compuertas no pudieron ser operadas, esto dio como resultado la destrucción de las 5 compuertas y dos de la presa Las Barías.
- 2º. Instrumentación del monitoreo de seguridad de la presa es deficiente, algunos instrumentos no están trabajando apropiadamente.
- 3º. Los depósitos de sedimentos en el embalse.

4.2.1.4 Presa Las Barías

- 1º. La cuestión más importante en la presa de Las Barías es la organización y delimitación de responsabilidades (tanto en la toma de decisiones como en la operación) en eventos de crecida. En el pasado, ha sido este punto débil (más que limitaciones o deficiencias físicas en la propia presa) lo que ha llevado a graves incidentes como el reciente episodio de sobrevertido incontrolado durante la tormenta Noel.
- 2º. Existen deficiencias estructurales, como la falta de sincronismos en las compuertas o la necesidad de operarlas una a una de forma local, la apertura completa de todas las compuertas puede llevar varias horas. Estos últimos aspectos serían subsanables mediante medidas estructurales.
- 3º. No se realiza un monitoreo de filtraciones a través del dique de materiales sueltos.
- 4º. Aunque es posible encontrar los planos proyecto original de construcción de la presa, existe una carencia y falta de orden y accesibilidad de la información.

4.2.2 Definición de la emergencia y sus escenarios

El Director del Plan de Emergencias será el responsable de la evaluación de las emergencias y de la calificación de los escenarios de seguridad. Se producirá una situación de emergencia en la presa cuando así haya sido declarado por el Director del Plan. Se definen cuatro escenarios de seguridad y de peligro de rotura de presas para el correspondiente, establecimiento de las normas y procedimientos de comunicación e información a los organismos públicos implicados en la gestión de la emergencia:

Tabla 7. Escenarios de Seguridad para información a los organismos públicos implicados.
Fuente: Guía técnica para la elaboración de los planes de emergencia de presas.

Escenario de control de la seguridad o “Escenario 0”	Las condiciones existentes y las previsiones aconsejan una intensificación de la vigilancia y el control de la presa, no requiriendo la puesta en práctica de medidas de intervención para la reducción del riesgo.
Escenario de aplicación de medidas correctoras o “Escenario 1”	Se han producido acontecimientos que, de no aplicarse medidas de corrección (técnicas, de explotación, desembalse, etc.) podrían ocasionar peligro de avería grave o de rotura de la presa, si bien la situación puede solventarse con seguridad mediante la aplicación de las medidas previstas y los medios disponibles.

Escenario excepcional o “Escenario 2”	Existe peligro de rotura o avería grave de la presa y no puede asegurarse con certeza que pueda ser controlado mediante la aplicación de las medidas y medios disponibles.
Escenario limite o “Escenario 3”	La probabilidad de rotura de la presa es elevada o está ya ha comenzado, resultando prácticamente inevitable el que se produzca la onda de avenida generada por dicha rotura.

4.2.3 Causas de la declaración de la emergencia y sus escenarios

Se detallaran las diversas emergencias posibles que se pueden presentar una situación de crecida extrema a causa de un fenómeno climatológico extremo, para cada una de las presas del complejo Nizao. Estas situaciones de emergencias fueron extraídas los principales hallazgos de los estudios realizados en los Informes de modos de fallos potenciales de cada presa (Altarejos García & Serrano Lombillo, 2012d), (Altarejos García & Serrano Lombillo, 2012c), (Altarejos García & Serrano Lombillo, 2012a), (Altarejos García & Serrano Lombillo, 2012b), (Salas et al., 1986).

4.2.3.1 Presa Jigüey

Tabla 8. Definición de eventos de emergencia presa Jigüey.

DESLIZAMIENTO	E0	E1	E2	E3
Deslizamiento del estribo izquierdo				
Deslizamiento aguas abajo del estribo izquierdo				
ANOMALÍAS ESTRUCTURALES Y ROTURA DE COMPUERTAS				
Detección visual de anomalías estructurales				
Taponamiento del cuenco				
Daño en equipos por turbinar con tormenta				
Fallo bombas de achique				

4.2.3.2 Presa Aguacate

Tabla 9. Definición de eventos de emergencia presa Aguacate.

AVENIDAS	E0	E1	E2	E3
Caída de compuertas durante avenida				
Fallo apertura de compuertas				
Obstrucción de la embocadura				
Materiales flotantes en el embalse				
ANOMALÍAS ESTRUCTURALES Y ROTURA DE COMPUERTAS				
Detección visual de anomalías estructurales				
Daño en equipos por turbinar con tormenta				
Sobrecarga				

4.2.3.3 Presa Valdesia

Tabla 10. Definición de eventos de emergencia presa Valdesia.

AVENIDAS	E0	E1	E2	E3
Caída de compuertas durante avenida				
ANOMALÍAS ESTRUCTURALES Y ROTURA DE COMPUERTAS				
Detección visual de anomalías estructurales				
Daño en equipos por turbinar con tormenta				

4.2.3.4 Presa Las Barías

Tabla 11. Definición de eventos de emergencia presa Las Barías.

AVENIDAS	E0	E1	E2	E3
Obstrucción de la embocadura				
Materiales flotante en el embalse				
DESLIZAMIENTO				
Deslizamiento del estribo derecho				
ANOMALÍAS ESTRUCTURALES Y ROTURA DE COMPUERTAS				
Detección visual de anomalías estructurales				
Erosión interna del dique de materiales sueltos				
Erosión en el cuenco				
Sobrecarga				

4.2.4 Indicadores y umbrales para cada escenario

4.2.4.1 Presa Jigüey

Escenario	Evento	Indicador	Umbral
Escenario 0	Por Anomalía Estructural resultado vigilancias e inspecciones	Aparición de filtraciones, agrietamiento profundo, resquebrajamiento o cuarteado general.	Con riesgo potencial, necesidad de intensificar vigilancia e inspección. Reforzar cumplimiento del Instructivo de operación.
		Riesgo de rotura de compuertas.	
		Riesgo de daños de equipo.	

Escenario	Evento	Indicador	Umbral
Escenario 1	Por Anomalía Estructural resultado vigilancias e inspecciones	Aparición de filtraciones, agrietamiento profundo, resquebrajamiento o cuarteado general.	Necesidad de aplicar medidas correctoras que aseguren el control del riesgo. Reforzar cumplimiento del Instructivo de operación.
		Riesgo de rotura de compuertas	
		Riesgo de daños de equipo.	

Escenario	Evento	Indicador	Umbral
Escenario 2	Deslizamiento	Detección resultado de las inspecciones visuales con frecuencia cuando se producen lluvias.	Necesidad de aplicar medidas correctoras sin asegurar el control del riesgo.
	Por Anomalía Estructural resultado vigilancias e inspecciones	Aparición de filtraciones, agrietamiento profundo, resquebrajamiento o cuarteado general.	Necesidad de aplicar medidas correctoras sin asegurar el control del riesgo.
		Riesgo de rotura de compuertas	
		Detección resultado de las inspecciones visuales con frecuencia.	
Equipo de auscultación	Salto de alarma.		

Escenario	Evento	Indicador	Umbral
Escenario 3	Deslizamiento	Detección resultado de las inspecciones visuales con frecuencia cuando se producen lluvias.	La situación no se puede controlar. Posible rotura o ya se ha iniciado.
	Por Anomalía Estructural resultado vigilancias e inspecciones	Aparición de filtraciones, agrietamiento profundo, resquebrajamiento o cuarteado general.	La situación no se puede controlar. Posible rotura o ya se ha iniciado.
		Riesgo de rotura de compuertas	
		Detección resultado de las inspecciones visuales con frecuencia.	
Equipo de auscultación	Salto de alarma.		

4.2.4.2 Presa Aguacate

Escenario	Evento	Indicador	Umbral
Escenario 0	Avenidas	Exposición del conducto de aceite. Perdida de comunicación, fallo mecánico de compuertas. Carga de materiales flotantes en el embalse.	Con riesgo potencial, necesidad de intensificar vigilancia e inspección.
	Por Anomalía Estructural resultado vigilancias e inspecciones	Aparición de filtraciones, agrietamiento profundo, resquebrajamiento o cuarteado general. Riesgo de rotura de compuertas.	Necesidad de intensificar vigilancia e inspección. Reforzar cumplimiento del Instructivo de operación.

		Detección resultado de las inspecciones visuales con frecuencia.	
		Riesgo de daños en equipo.	

Escenario	Evento	Indicador	Umbral
Escenario 1	Avenidas	Exposición del conducto de aceite. Pérdida de comunicación, fallo mecánico de compuertas. Carga de materiales flotantes en el embalse.	Necesidad de aplicar medidas correctoras que aseguren el control del riesgo.
	Por Anomalía Estructural resultado vigilancias e inspecciones	Aparición de filtraciones, agrietamiento profundo, resquebrajamiento o cuarteado general.	Necesidad de aplicar medidas correctoras que aseguren el control del riesgo. Reforzar cumplimiento del Instructivo de operación.
		Riesgo de rotura de compuertas	
		Detección resultado de las inspecciones visuales con frecuencia.	
Riesgo de daños en equipo.			

Escenario	Evento	Indicador	Umbral
Escenario 2	Avenidas	Exposición del conducto de aceite. Pérdida de comunicación, fallo mecánico de compuertas. Carga de materiales flotantes en el embalse.	Necesidad de aplicar medidas correctoras sin asegurar el control del riesgo.
	Por Anomalía Estructural resultado vigilancias e inspecciones	Aparición de filtraciones, agrietamiento profundo, resquebrajamiento o cuarteado general, alto nivel de embalse.	Necesidad de aplicar medidas correctoras sin asegurar el control del riesgo. Reforzar cumplimiento del Instructivo de operación.

Escenario	Evento	Indicador	Umbral
Escenario 3	Avenidas	Exposición del conducto de aceite. Pérdida de comunicación, fallo mecánico de compuertas. Carga de materiales flotantes en el embalse.	La situación no se puede controlar. Posible rotura o ya se ha iniciado.
	Por Anomalía Estructural resultado vigilancias e inspecciones	Aparición de filtraciones, agrietamiento profundo, resquebrajamiento o cuarteado general, alto nivel de embalse.	La situación no se puede controlar. Posible rotura o ya se ha iniciado.

4.2.4.3 Presa Valdesia

Escenario	Evento	Indicador	Umbral
Escenario 0	Avenidas	Exposición del conducto de aceite. Pérdida de comunicación, fallo mecánico de compuertas.	Necesidad de intensificar vigilancia e inspección.
	Por Anomalía Estructural resultado vigilancias e inspecciones	Aparición de filtraciones, agrietamiento profundo, resquebrajamiento o cuarteado general.	Con riesgo potencial, necesidad de intensificar vigilancia e inspección. Reforzar cumplimiento del Instructivo de operación.
		Riesgo de rotura de compuertas.	
		Detección resultado de las inspecciones visuales con frecuencia.	
Riesgo de daños en equipo.			

Escenario	Evento	Indicador	Umbral
Escenario 1	Avenidas	Exposición del conducto de aceite. Pérdida de comunicación, fallo mecánico de compuertas. Carga de materiales flotantes en el embalse.	Necesidad de aplicar medidas correctoras que aseguren el control del riesgo.
	Por Anomalía Estructural resultado vigilancias e inspecciones	Aparición de filtraciones, agrietamiento profundo, resquebrajamiento o cuarteado general.	Necesidad de aplicar medidas correctoras que aseguren el control del riesgo. Reforzar cumplimiento del Instructivo de operación.
		Riesgo de rotura de compuertas.	
		Detección resultado de las inspecciones visuales con frecuencia.	
Riesgo de daños en equipo.			

Escenario	Evento	Indicador	Umbral
Escenario 2	Avenidas	Exposición del conducto de aceite. Pérdida de comunicación, fallo mecánico de compuertas.	Necesidad de aplicar medidas correctoras sin asegurar el control del riesgo.
	Por Anomalía Estructural resultado vigilancias e inspecciones	Aparición de filtraciones, agrietamiento profundo, resquebrajamiento o cuarteado general.	Necesidad de aplicar medidas correctoras sin asegurar el control del riesgo.

Escenario	Evento	Indicador	Umbral
Escenario 3	Avenidas	Exposición del conducto de aceite. Pérdida de comunicación, fallo mecánico de compuertas.	La situación no se puede controlar. Posible rotura o ya se ha iniciado.
	Por Anomalía Estructural resultado vigilancias e inspecciones	Aparición de filtraciones, agrietamiento profundo, resquebrajamiento o cuarteado general.	La situación no se puede controlar. Posible rotura o ya se ha iniciado.

4.2.4.4 Presa Las Barías

Escenario	Evento	Indicador	Umbral
Escenario 0	Avenidas	Carga de materiales flotantes en el embalse.	Necesidad de intensificar la vigilancia e inspección.
	Deslizamientos	Detección resultado de las inspecciones visuales con frecuencia cuando se producen lluvias.	Necesidad de intensificar la vigilancia e inspección.
	Por Anomalía Estructural resultado vigilancias e inspecciones	Aparición de filtraciones, agrietamiento profundo, resquebrajamiento o cuarteado general. Arrastre de sedimentos.	Con riesgo potencial, necesidad de intensificar la vigilancia e inspección.

Escenario	Evento	Indicador	Umbral
Escenario 1	Avenidas	Carga de materiales flotantes en el embalse.	Necesidad de aplicar medidas correctoras que aseguren el control del riesgo.
	Deslizamientos	Detección resultado de las inspecciones visuales con frecuencia cuando se producen lluvias.	Necesidad de aplicar medidas correctoras que aseguren el control del riesgo.
	Por Anomalía Estructural resultado vigilancias e inspecciones	Aparición de filtraciones, agrietamiento profundo, resquebrajamiento o cuarteado general. Arrastre de sedimentos.	Necesidad de aplicar medidas correctoras que aseguren el control del riesgo.

Escenario	Evento	Indicador	Umbral
	Avenidas	Carga de materiales flotantes en el embalse.	Necesidad de aplicar medidas correctoras sin asegurar el control del riesgo.

Escenario 2	Deslizamientos	Detección resultado de las inspecciones visuales con frecuencia cuando se producen lluvias.	Necesidad de aplicar medidas correctoras sin asegurar el control del riesgo.
	Por Anomalía Estructural resultado vigilancias e inspecciones	Aparición de filtraciones, agrietamiento profundo, resquebrajamiento o cuarteado general. Arrastre de sedimentos, alto nivel del embalse.	Necesidad de aplicar medidas correctoras sin asegurar el control del riesgo.

Escenario	Evento	Indicador	Umbral
Escenario 3	Avenidas	Carga de materiales flotantes en el embalse.	La situación no se puede controlar. Posible rotura o ya se ha iniciado.
	Por Anomalía Estructural resultado vigilancias e inspecciones	Aparición de filtraciones, agrietamiento profundo, resquebrajamiento o cuarteado general. Arrastre de sedimentos, alto nivel del embalse.	La situación no se puede controlar. Posible rotura o ya se ha iniciado.

4.3 Zonificación territorial y análisis de los riesgos generados por la rotura de la presa

El objetivo de este apartado es delimitar las zonas progresivamente inundables con la onda de rotura, se definirá la zonificación territorial de los riesgos generados por la rotura de la presa.

Este apartado del plan tendrá por objeto de la delimitación de las áreas que puedan verse cubiertas por las aguas tras esa eventualidad y la estimación de los daños que ello podría ocasionar. No existe ninguna planicie de inundación importante en toda la cuenca del Nizao, aguas arribas de la presa Valdesia, la cuenca está cubierta principalmente con bosques y pastizales, por tal razón solo se considerara el efecto de rotura de dicha presa.

4.3.1 Escenarios de rotura

Del análisis de las diversas causas potenciales de rotura (avenidas, fallos estructurales de los materiales o del cimiento, sismos, etc.), se recomienda que en general, se consideren únicamente dos escenarios extremos (DGOHCA del Ministerio de Medio Ambiente, 2001):

- **H1 Escenario de rotura sin avenida.** Embalse en su nivel máximo normal (NMN), que es el máximo nivel que puede alcanzar el agua del embalse en un régimen normal de explotación. Las condiciones de desagüe de la presa serán las correspondientes a su nivel máximo normal de explotación.
- **H2 Escenario de rotura en situación de avenida.** Embalse con su nivel en coronación, y desaguando la avenida de proyecto (en su caso la avenida extrema).
- **A1 Escenario de rotura de compuertas.** Embalse inicialmente en su nivel máximo normal (NMN) y en régimen normal de explotación. Rotura de compuertas secuencial y progresiva de 5 a 10 minutos para la totalidad de las compuertas.

Para fines de este trabajo donde se considerara la incidencia de fenómenos meteorológicos extremos (Tormenta tropicales y Huracanes) que atente contra la integridad de la presa Valdesia, la hipótesis H2 Rotura en situación de avenida es el único escenario que se tomara en cuenta ya que es la situación que produce las características de inundación más desfavorable

4.3.2 Forma y Dimensiones de la brecha. Tiempos de rotura

Los criterios para fijar las características de la brecha, los modos y tiempos de rotura son los descritos en la Guía Técnica para la Clasificación de Presas en función del Riesgo Potencial (Ministerio de Medio Ambiente de España, 1998).

La guía se recomienda que se adopten los modos de rotura y parámetros siguientes:

Tabla 12. Recomendaciones de modos y parámetros de rotura. Fuente: Guía Técnica - Clasificación de presas en Función del Riesgo Potencial

Presas bóveda y arco	Tiempo de rotura	Instantánea, asimilable a tiempos entre 5 a 10 minutos.
	Forma de rotura	Completa, siguiendo la forma de la cerrada, admitiéndose la geometrización trapecial.
Presas de gravedad y contrafuertes	Tiempo de rotura	Instantánea, asimilable a tiempos de entre 10 a 15 minutos.
	Forma de rotura	Rectangular
	Profundidad de la brecha	Hasta el contacto con el cauce en el pie.
	Ancho	El mayor de los dos valores siguientes: <ul style="list-style-type: none"> - 1/3 de la longitud de coronación. - 3 bloques de construcción.
Presas de materiales sueltos V = volumen de embalse h= altura de presa sobre cauce	Tiempo de rotura	$T \text{ (horas)} = 4.8 * V^{0.5} \text{ (Hm}^3\text{)} / h \text{ (m)}$
	Forma de rotura	Trapecial
	Profundidad de la brecha	Hasta el contacto con el cauce en el pie.
	Ancho medio de la brecha	$b \text{ (m)} = 20 \text{ (V (Hm}^3\text{)} * h \text{ (m)}^{0.25})$
	Taludes	1: 1 (H:V)
Presas mixtas	En las presas mixtas se formulara la ruta de cada una de sus partes, seleccionando el modo y tipo de rotura que dé lugar a un mayor caudal punta en el hidrograma de rotura.	

La presa Valdesia es una presa contrafuerte:

- **Tiempo de rotura** = Instantánea, asimilable a tiempos de entre 10 a 15 minutos.
- **Forma de rotura** = Rectangular.

- **Profundidad de la brecha:** Hasta el contacto con el cauce en el pie.
- **Ancho:** El mayor de los dos valores siguientes: $l = 400$ (m)
 - 1/3 de la longitud de coronación — — — > 400 (m) / 3 = **133** (m)
 - 3 bloques de construcción — — — — > 5.5 (m) * 3 = **16.5** (m)

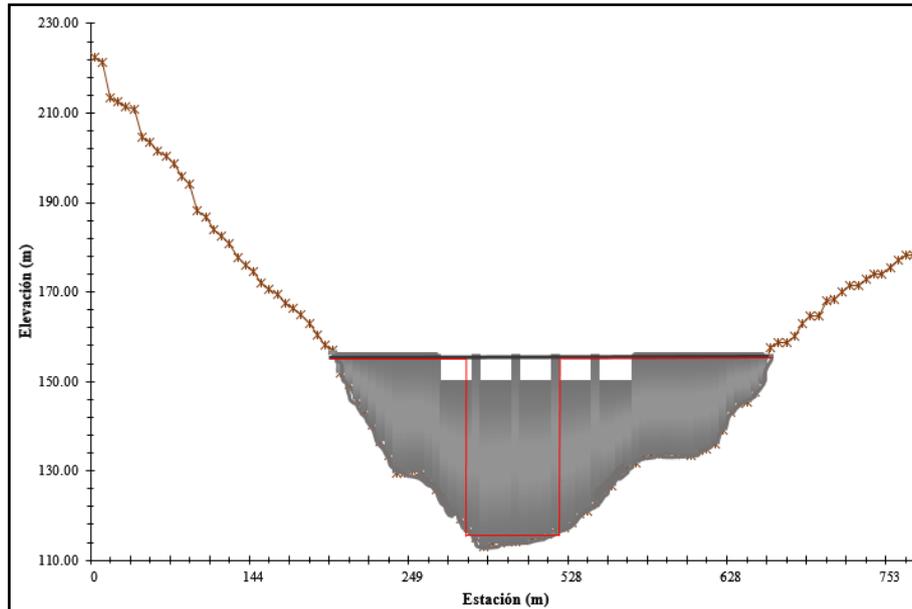


Figura 4. 3. Forma y dimensiones de la brecha presa Valdesia. Fuente: Elaboración propia.

4.3.3 Estudio de la propagación de la onda de rotura

4.3.3.1 Modelación hidráulica de onda de rotura mediante HEC-RAS 5.0

HEC-RAS es un software de uso libre, cuyo proceso evolutivo ha venido desarrollando nuevas herramientas de trabajo para el análisis de flujo en diferentes condiciones. El software permite la modelización en una y dos dimensiones para condiciones permanentes y no permanentes.

Emplea las ecuaciones de Saint-Venant y Onda Difusa en 2D. El programa permite elegir entre las ecuaciones de Saint-Venant u Onda Difusa en 2D para llevar a cabo la modelización. De forma general las ecuaciones de Onda Difusa en 2D permiten que el software procese la información rápidamente y tiene mayores propiedades de estabilidad, sin embargo las ecuaciones de Saint-Venant 2D son aplicables a una gama más amplia en la resolución de problemas (Llueu, 2015).

4.3.3.2 Generación de la geometría 2D

El esquema numérico empleado en HEC-RAS 2D, permite generar una geometría de mallas estructuradas y no estructuradas. La creación de la malla se realiza desde la herramienta Geometric Data. El proceso consiste en dibujar un polígono que encierre el área a evaluar, indicar el tamaño de malla que se empleará en la modelización y finalmente dibujar el borde donde se impondrán las condiciones de contorno.

El modelo digital de terreno que se utilizó tiene 12 (m) de precisión y se descargó del portal (Vertex: ASF's Data Portal), es un portal de datos de Alaska Satellite Facility's para imágenes de la tierra.

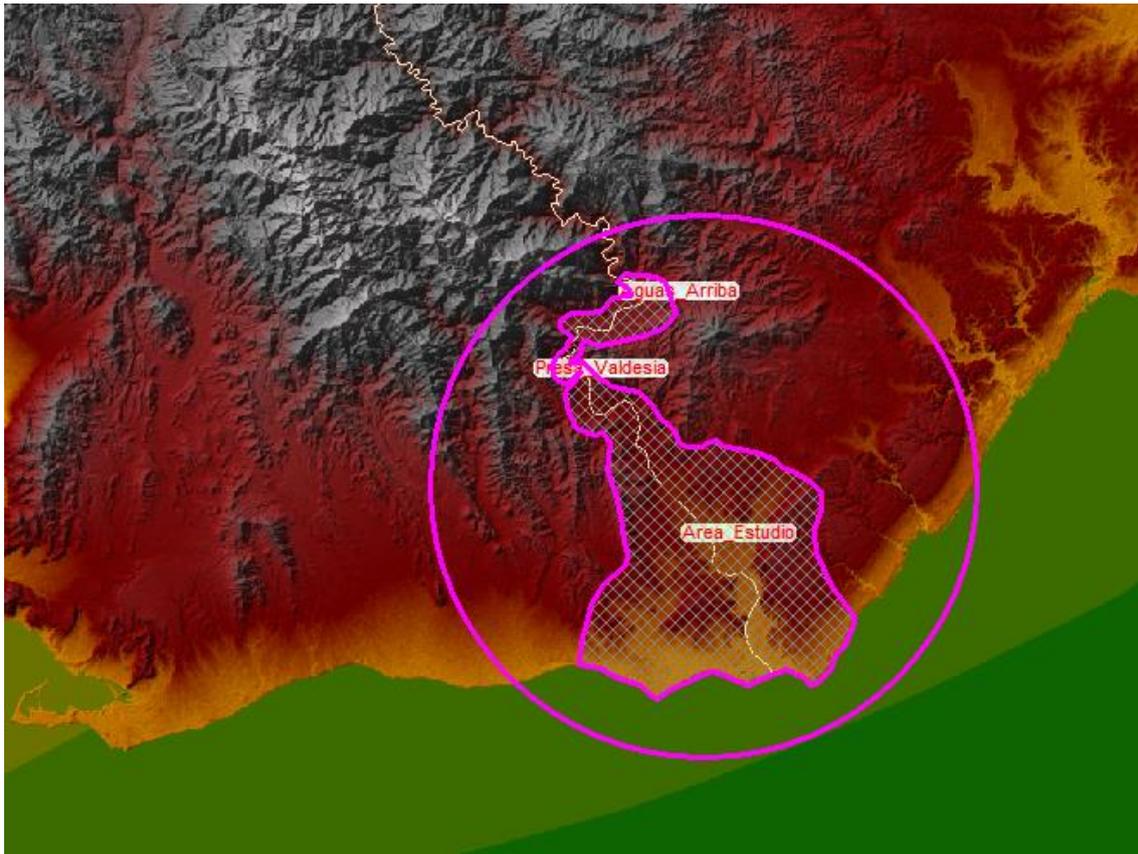


Figura 4. 4. Geometría 2D área de estudio. Fuente: Elaboración propia.

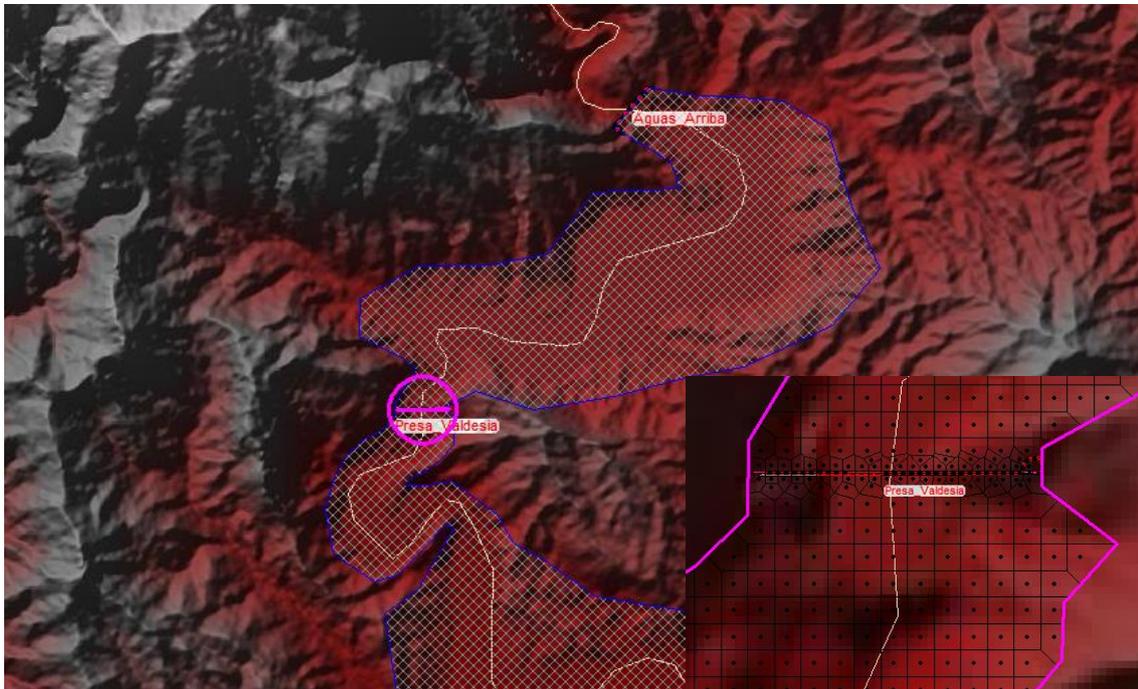


Figura 4. 5. Geometría Presa Valdesia. Modelo 2D. Fuente: Elaboración propia.

4.3.3.3 Máxima Crecida Probable

Según lo expuesto en el trabajo:

El uso de la meteorología para estimar valores de precipitación con la finalidad de diseño hidrológico comenzó a partir de la década del 30, cuando se utilizó por primera vez el concepto de un límite superior de la precipitación y se le llamó precipitación máxima posible (PMP), para tormentas tropicales y huracanes, que son eventos que cubren extensas regiones, resulta conveniente hacer referencia al termino Tormenta Máxima Probable (TMP), que se refiere magnitudes de lluvia promedio sobre extensas regiones. Se define (PMP) como la máxima lamina de lluvia que, para cierta duración, es físicamente posible que ocurra en un sitio determinado. Por su parte la (TMP), se puede definir como una tormenta hipotética que produce la Crecida Máxima Probable (CMP), en una cuenca determinada (González, Leonardi, & Córdova, 2015).

La U.S. Federal Energy Regulatory Commission (FERC) en “Engineering Guidelines for the evaluation of Hydropower Projects” define la (CMP) como la crecida que puede esperarse por las más importantes combinaciones de condiciones críticas meteorológicas e hidrológicas que son razonablemente posibles en la cuenca de drenaje bajo estudio. El término (PMP) se utilizó en la mayoría de las publicaciones anteriores a 1950 referidas a la determinación de precipitaciones extremas. No obstante, se le realizó un cambio de nombre a (CMP) ya que (PMP) implicaba la idea de un límite físico superior de la precipitación (Toledo Sanchez, 2017). Este destaca entre los modelos determinísticos para a estimación de avenidas.

Partiendo de los estudios hidrológicos de crecidas realizados en República Dominicana, cuyos resultados se recogen en el documento “Estudio de la Vulnerabilidad de Grandes Presas” elaborado en 2001 (William Halcrow and Partners Ltd, 2001) y los resultados del documento “Estudios sobre la operación y seguridad del sistema de embalses de Valdesia” (Salas et al., 1986) donde se exponen los resultados del estudio hidrológico, el resumen se presenta a continuación:

- *La Tormenta Estandar del Proyecto (TEP) para no-huracanes para 48 horas de duración sobre el rio Nizao es 260 mm. Esto dio como resultado una Creciente Estandar del Proyecto (CEP) que entraría al Embalse Valdesia de 3469 m³/s para condiciones de humedad antecedentes secas y 7544 m³/s para condiciones húmedas.*
- *La (TEP) para huracanes y 48 horas de duración sobre el rio Nizao es de 493 mm. Esto dio como resultado una (CEP) de entrada al embalse de 10185 m³/s para condiciones antecedentes secas y 16548 m³/s para condiciones húmedas.*
- *La Precipitación Máxima Probables (PMP) promedio en la cuenca del rio Nizao obtenida fue de 1338 mm en base al modelo de huracanes del U.S. Weather Bureau. La correspondiente Creciente Máxima Probable (CMP) de entrada al embalse es de 20000 m³/s para condiciones antecedentes secas y de 23000 m³/s para condiciones húmedas.*

El valor del CMP para la cuenca Nizao es (CMP = 23000 m³/s), de este estudio se obtiene el hidrograma que entra a la presa a lo largo de una serie de 48 (h).

A continuación se observa (**Figura 4. 1**) el porcentaje de CMP que puede ser descargado por la presa diferentes periodos de retorno

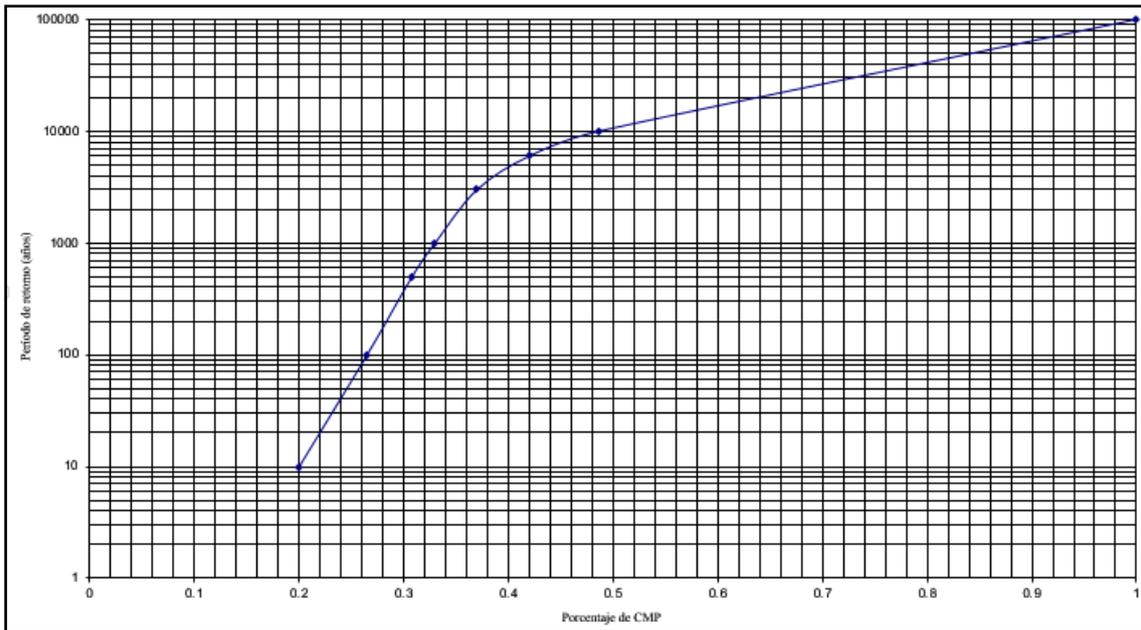


Figura 4. 6. Curva variación de CMP. Fuente: Estudio de la Vulnerabilidad de Grandes Presas RD.

Para la evaluación de avenidas de la presa se ha realizado el estudio de laminación del embalse para los periodos de retorno de 50, 100, 500, 1000 y 10000 años. **Tabla 1**

Tabla 13. Porcentaje del CMP para diferentes periodos de retorno y sus caudales correspondientes.

Tr (años)	CMP (%)	Q (m³/s)
50	0.229	4127.76
100	0.265	4817.53
500	0.308	5642.95
1000	0.330	6065.84
10000	0.486	9072.44

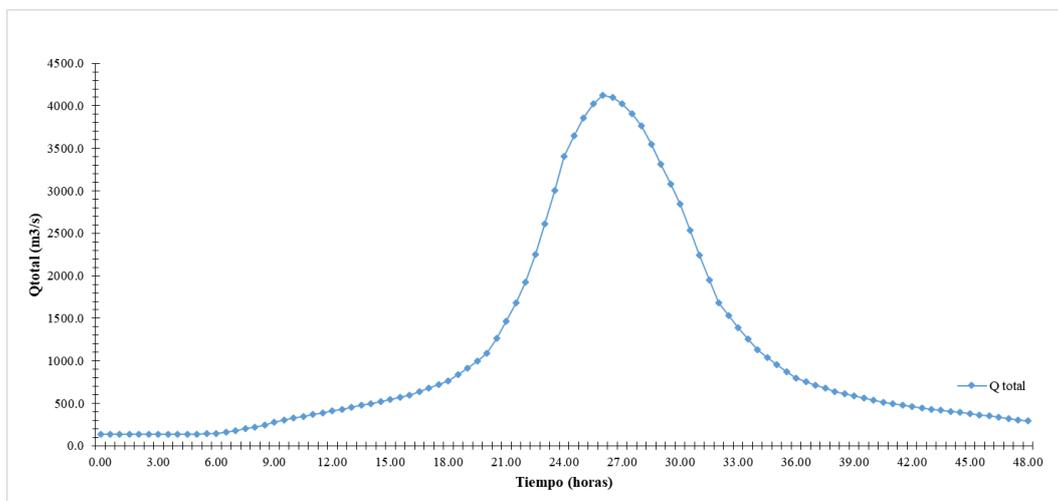


Figura 4. 7. Hidrograma de entrada para Tr 50 años. Fuente: Elaboración propia.

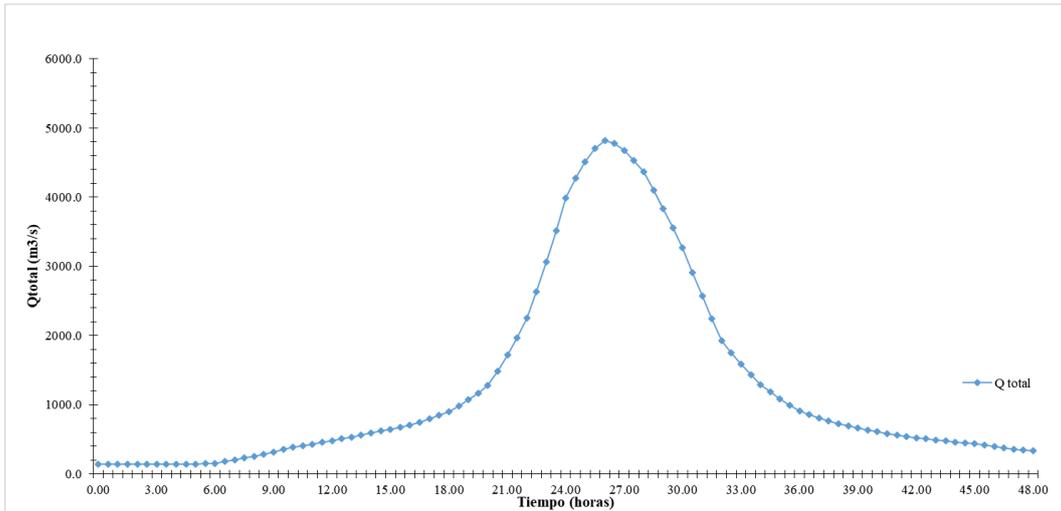


Figura 4. 8. Hidrograma de entrada para Tr 100 años. Fuente: Elaboración propia.

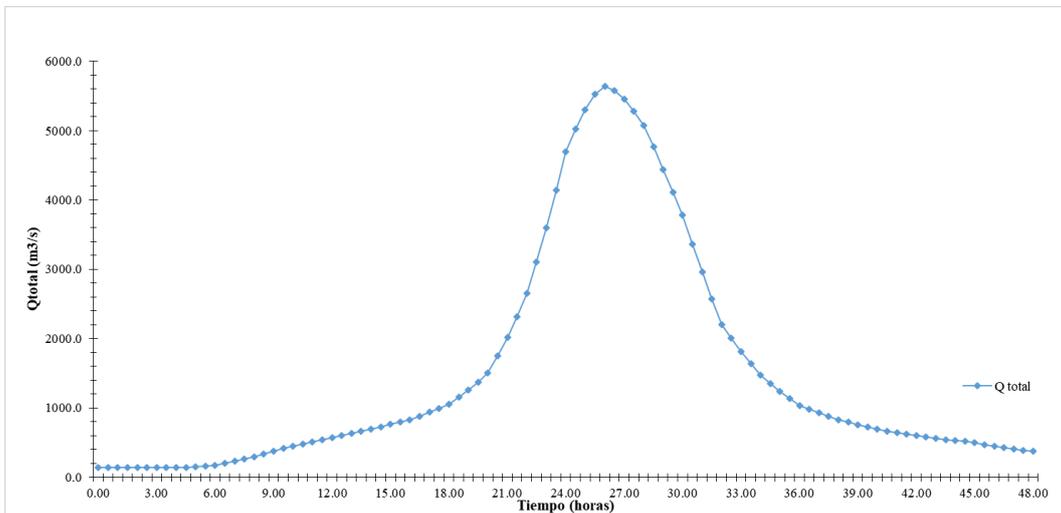


Figura 4. 9. Hidrograma de entrada para Tr 500 años. Fuente: Elaboración propia.

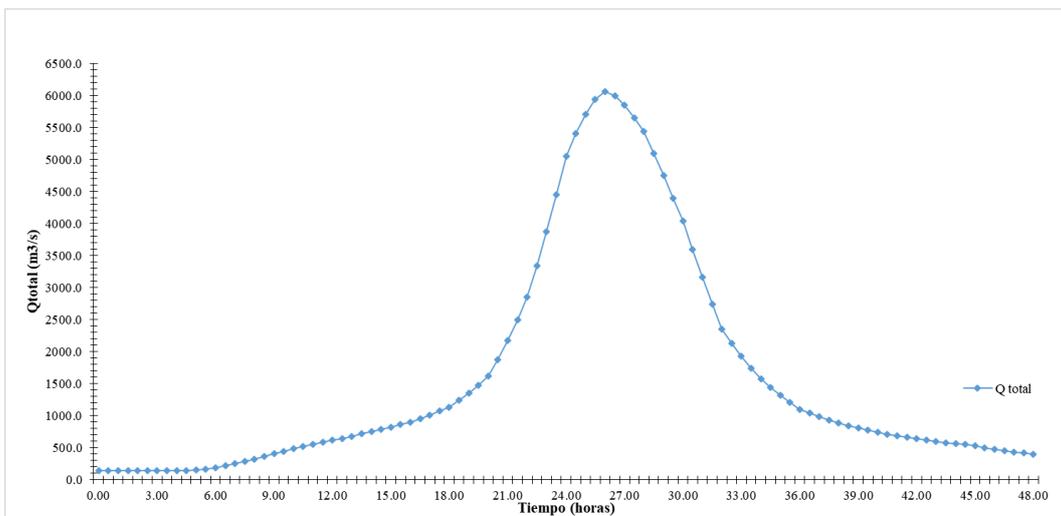


Figura 4. 10. Hidrograma de entrada para Tr 1000 años. Fuente: Elaboración propia.

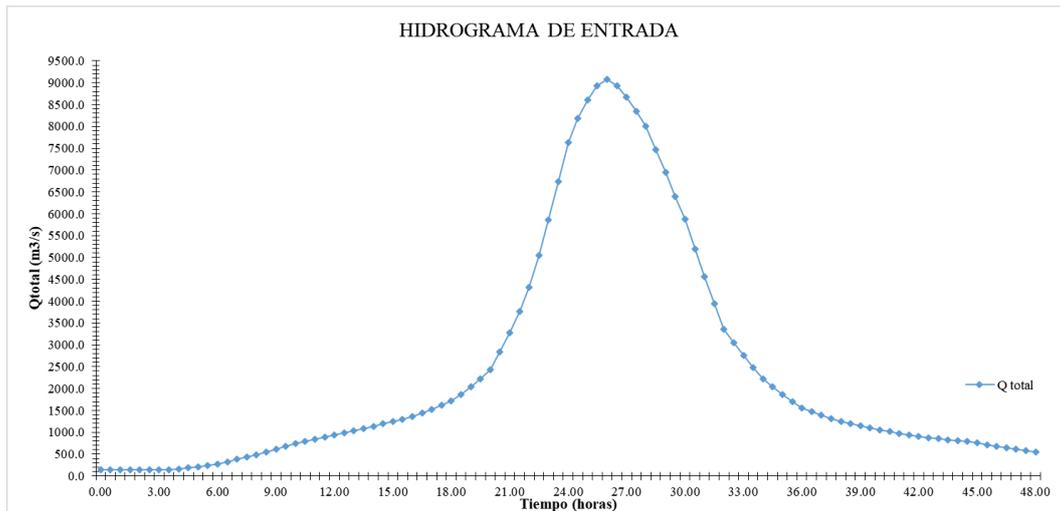


Figura 4. 11. Hidrograma de entrada para Tr 1000 años. Fuente: Elaboración propia.

Las tablas de datos de los hidrogramas de crecida y las gráficas de hidrograma de rotura para cada periodo de retorno, vienen recopilados en el (ANEXO 1).

3.3.3.4 Resultados modelación 2D

Los resultados del proceso del análisis del flujo en 2D para los diferentes periodos de retorno (50, 100, 500, 1000, 10000 años, obtenidos mediante la modelización 2D, se pueden observar dentro del entorno de RAS Mapper.

- Tr 50 años:

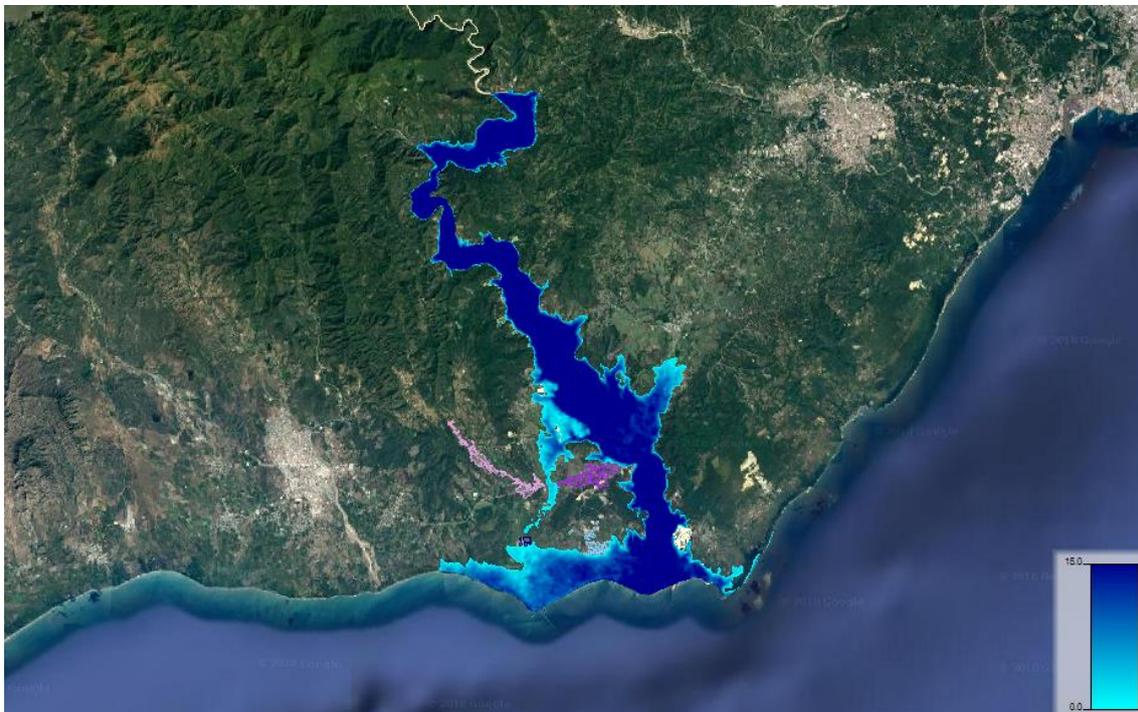


Figura 4. 12. Profundidad máxima de onda de rotura, para Tr 50 años. Fuente: Elaboración propia.

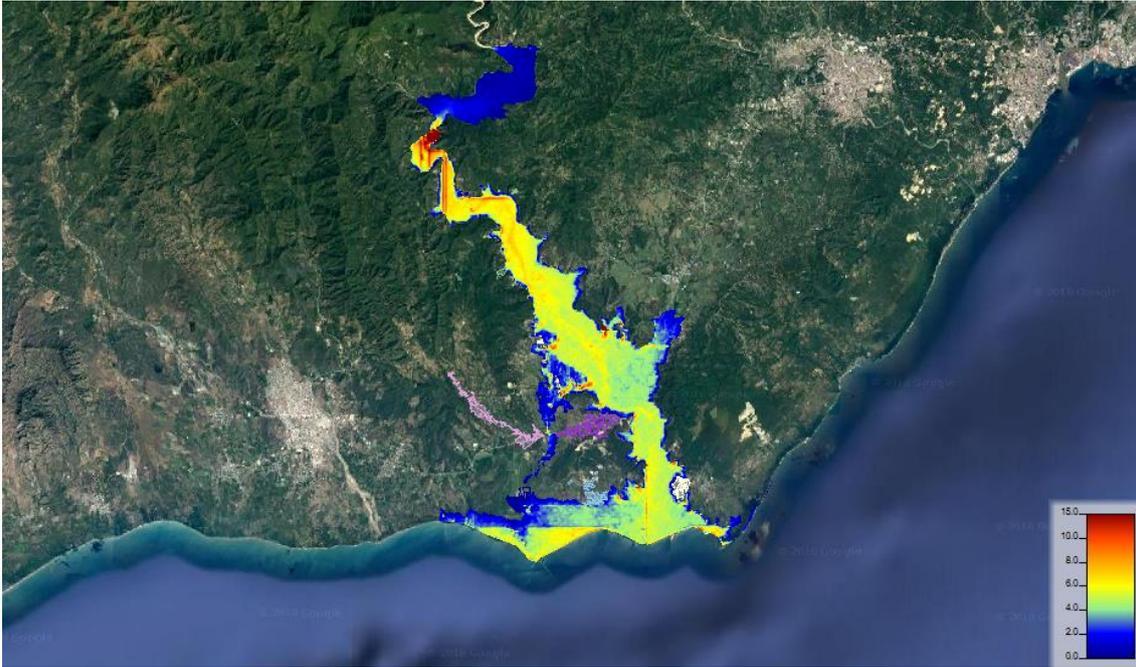


Figura 4. 13. Velocidad máxima de onda de rotura, para Tr 50 años. Fuente: Elaboración propia.

- Tr 100 años

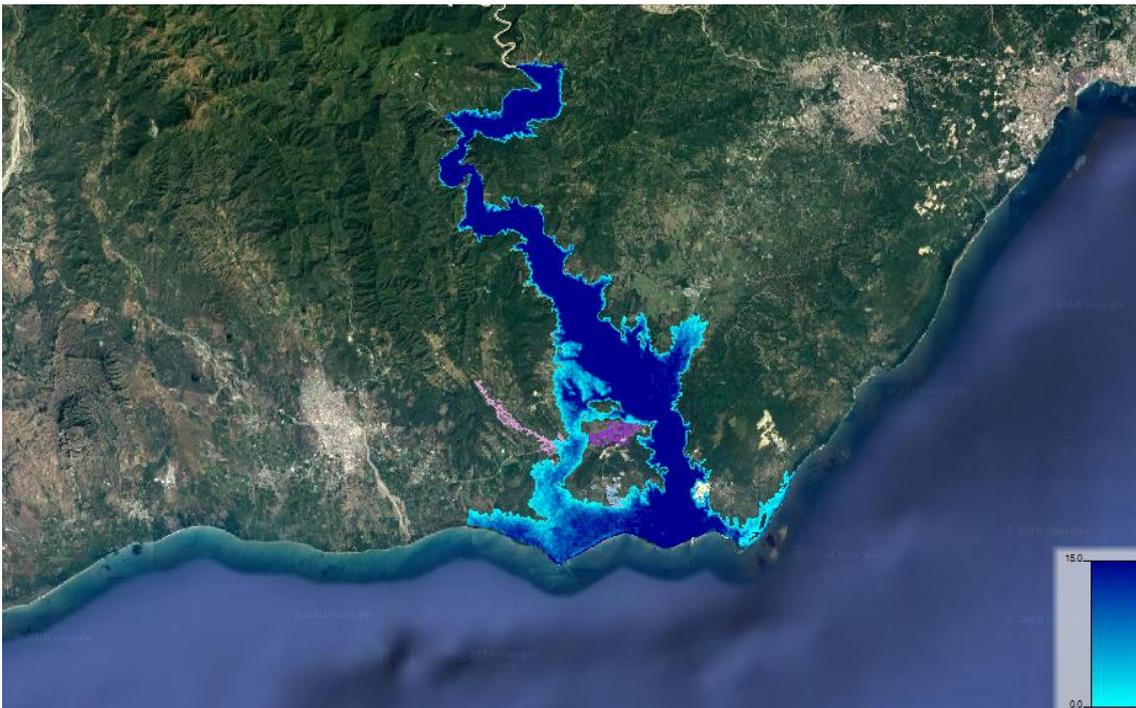


Figura 4. 14. Profundidad máxima de onda de rotura, para Tr 100 años. Fuente: Elaboración propia.

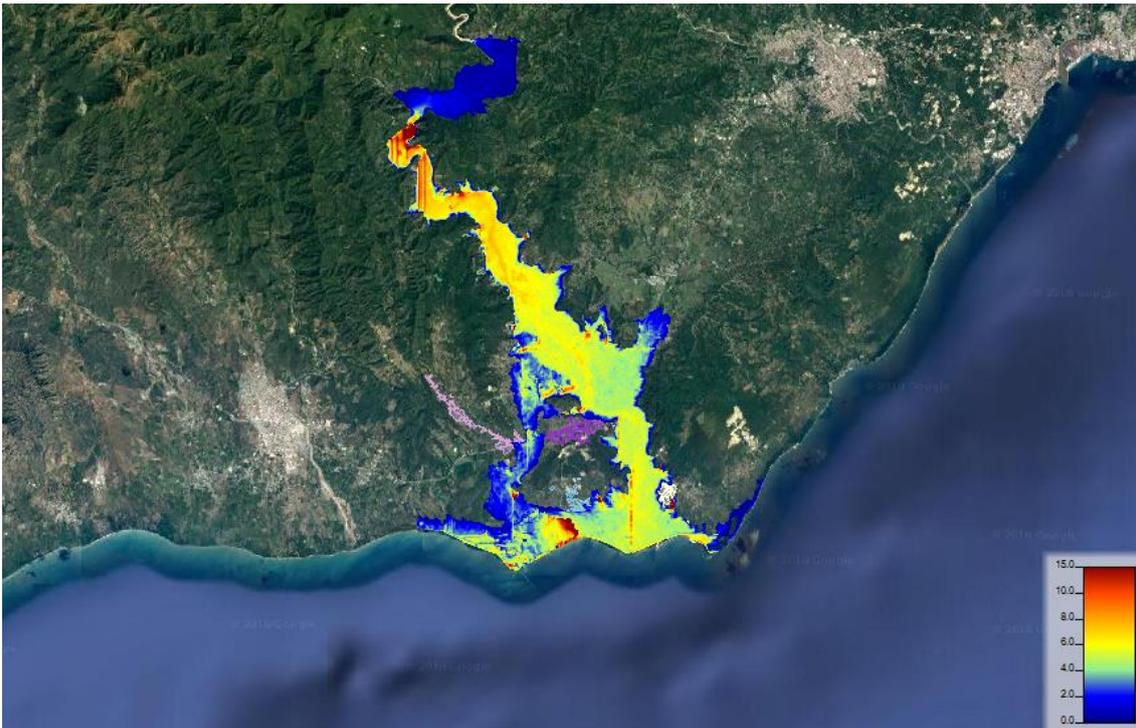


Figura 4. 15. Velocidad máxima de onda de rotura, para Tr 100 años. Fuente: Elaboración propia.

- Tr 500 años



Figura 4. 16. Profundidad máxima de onda de rotura, para Tr 500 años. Fuente: Elaboración propia.

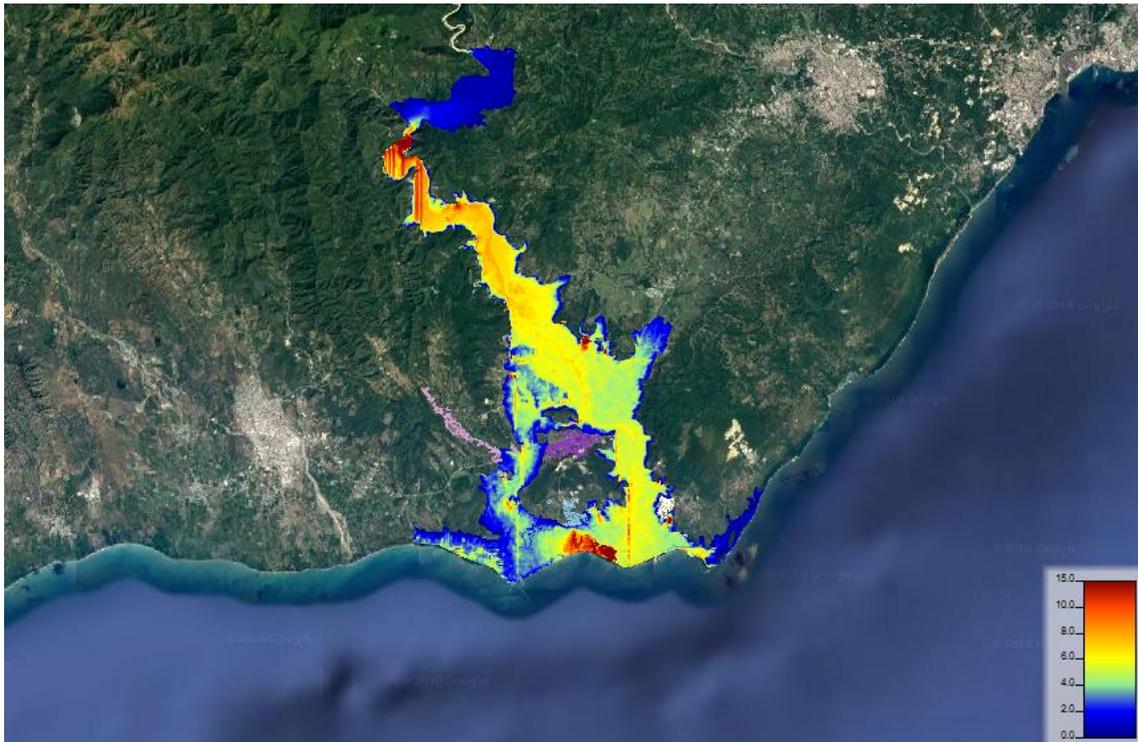


Figura 4. 17. Velocidad máxima de onda de rotura, para Tr 500 años. Fuente: Elaboración propia.

- Tr 1000 años



Figura 4. 18. Profundidad máxima de onda de rotura, para Tr 1000 años. Fuente: Elaboración propia.

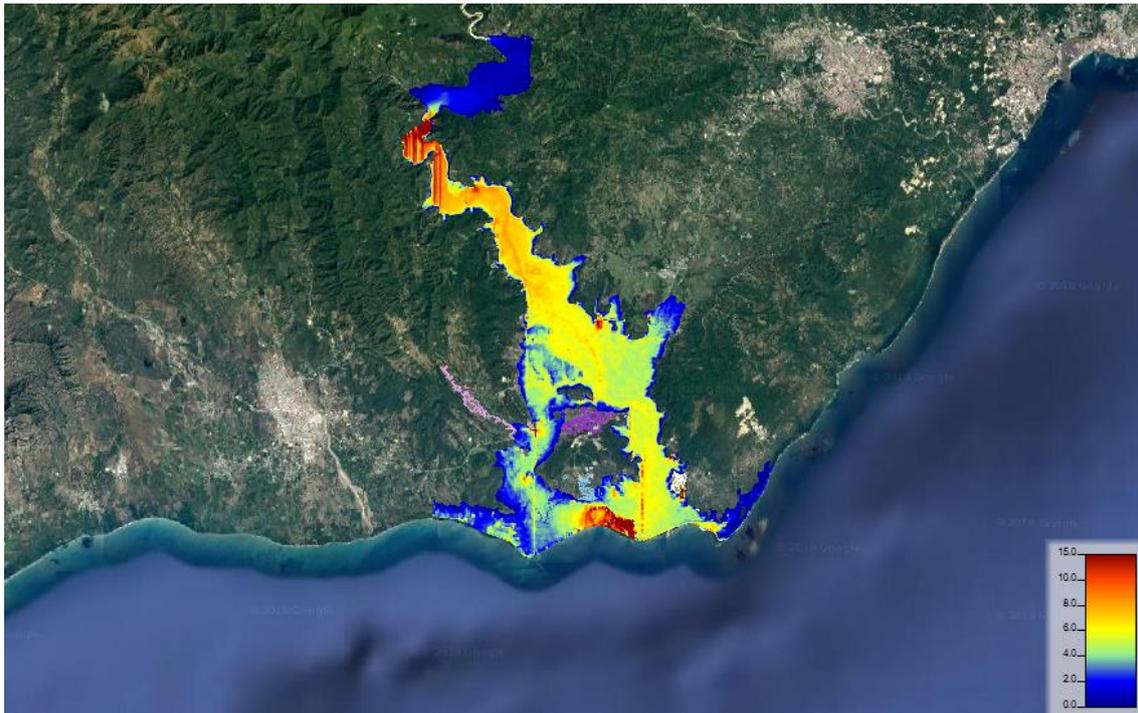


Figura 4. 19. Velocidad máxima de onda de rotura, para Tr 1000 años. Fuente: Elaboración propia.

- Tr 10000 años



Figura 4. 20. Profundidad máxima de onda de rotura, para Tr 10000 años. Fuente: Elaboración propia.

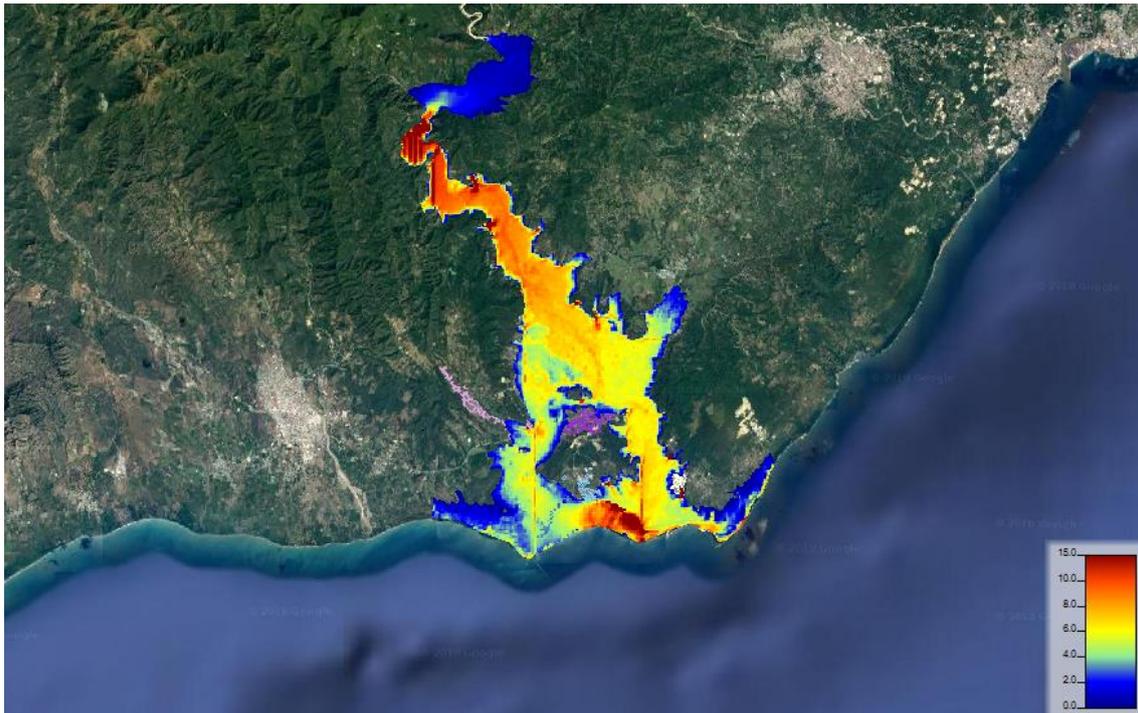


Figura 4. 21. Velocidad máxima de onda de rotura, para Tr 10000 años. Fuente: Elaboración propia.

4.3.3.5 Mapas de inundación progresiva correspondiente a las áreas potencialmente inundables.

- Tr 10000 años



Figura 4. 22. Áreas potencialmente inundables a los 30 minutos de la rotura de la presa. Tr 10000 años. Fuente: Elaboración propia.



Figura 4. 23. Áreas potencialmente inundables a los 60 minutos de la rotura de la presa. Tr 10000 años. Fuente: Elaboración propia.



Figura 4. 24. Áreas potencialmente inundables a los 120 minutos de la rotura de la presa. Tr 10000 años. Fuente: Elaboración propia.



Figura 4. 25. Áreas potencialmente inundables a los 180 minutos de la rotura de la presa. Tr 10000 años. Fuente: Elaboración propia.



Figura 4. 26. Áreas potencialmente inundables a los 240 minutos de la rotura de la presa. Tr 10000 años. Fuente: Elaboración propia.



Figura 4. 27. Áreas potencialmente inundables a los 300 minutos de la rotura de la presa. Tr 10000 años. Fuente: Elaboración propia.

4.3.3.6 Mapas de velocidades correspondientes a las áreas potencialmente inundables.

- Tr 10000 años



Figura 4. 28. Velocidades a los 30 minutos de la rotura de la presa. Tr 10000 años. Fuente: Elaboración propia.

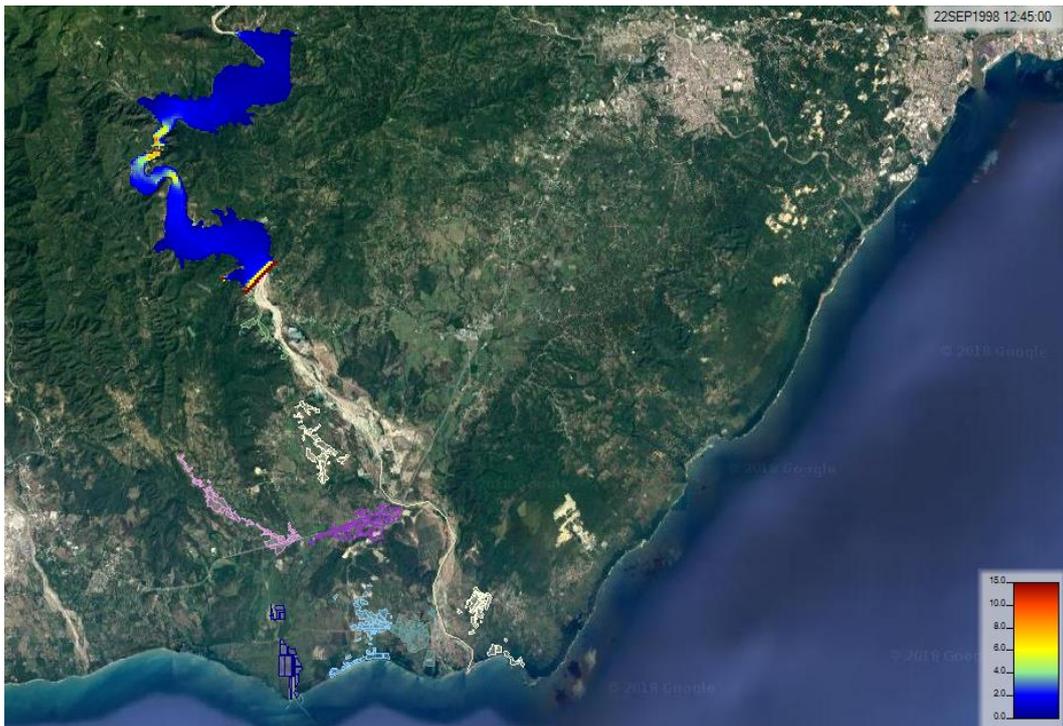


Figura 4. 29. Velocidades a los 60 minutos de la rotura de la presa. Tr 10000 años. Fuente: Elaboración propia.



Figura 4. 30. Velocidades a los 120 minutos de la rotura de la presa. Tr 10000 años. Fuente: Elaboración propia.



Figura 4. 31. Velocidades a los 180 minutos de la rotura de la presa. Tr 10000 años. Fuente: Elaboración propia.



Figura 4. 32. Velocidades a los 240 minutos de la rotura de la presa. Tr 10000 años. Fuente: Elaboración propia.

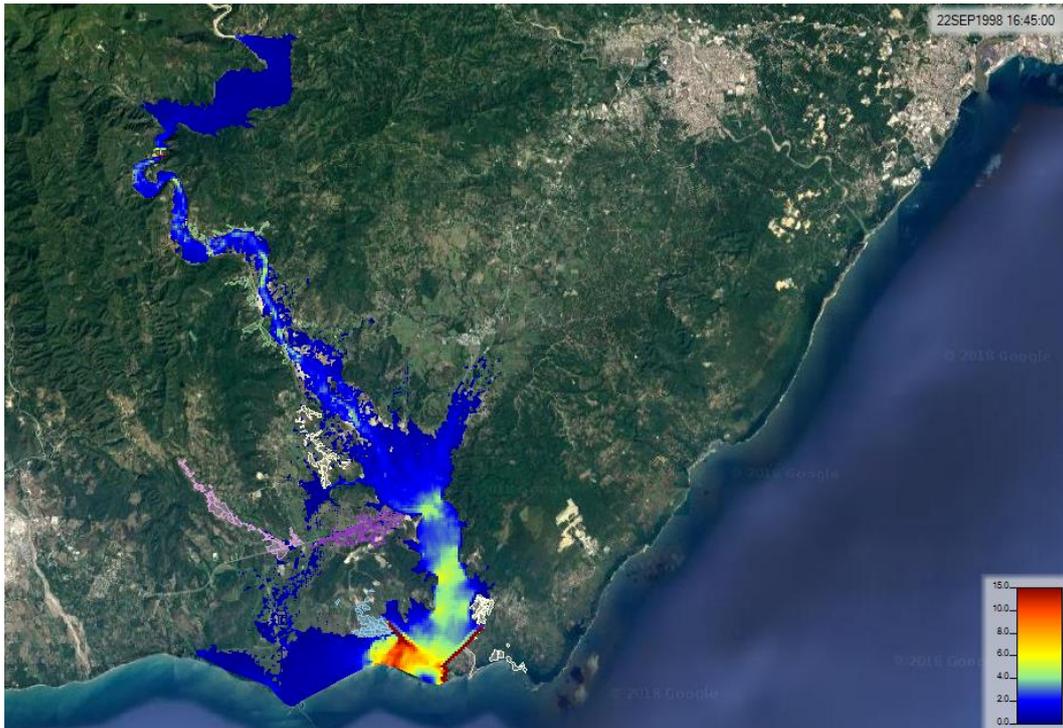


Figura 4. 33. Velocidades a los 300 minutos de la rotura de la presa. Tr 10000 años. Fuente: Elaboración propia.

4.3.4 Localidades localizadas en la cercanía de la zona de estudio

En la zona de estudio se encuentran las provincias Peravia y San Cristóbal, que forma parte de la región Valdesia. La provincia Peravia cuenta con una superficie de 785.08 km² y 1240.32 km² respectivamente, la provincia Peravia está constituida por dos municipios, Baní y Nizao; y contiene 11 distritos municipales, y la provincia San Cristóbal está constituida por 8 municipios y contiene 6 distritos municipales, algunas de estas localidades están ubicadas aguas debajo de la presa Valdesia. El país tiene un promedio de 3.3 personas por hogar.

Tabla 14. Localidades aguas abajo presa Valdesia Fuente: ONE 2007. Población 2002 según la distribución territorial vigente 2008.

Provincia	Municipio	Localidad	Distancia (Km)	Población (habitantes)	Viviendas
Peravia	Baní	Las Barias	10	2368	716
		La Catalina	19	1837	557
	Nizao	Santana	21	6426	1948
		Pizarrete	17	4751	1440
		Central Eléctrica Punta Catalina	26		
San Cristóbal	Villa Altagracia	Yaguata	13	39594	11998
	Sabana Grande Palenque	Sabana Grande Palenque	26	15691	4755

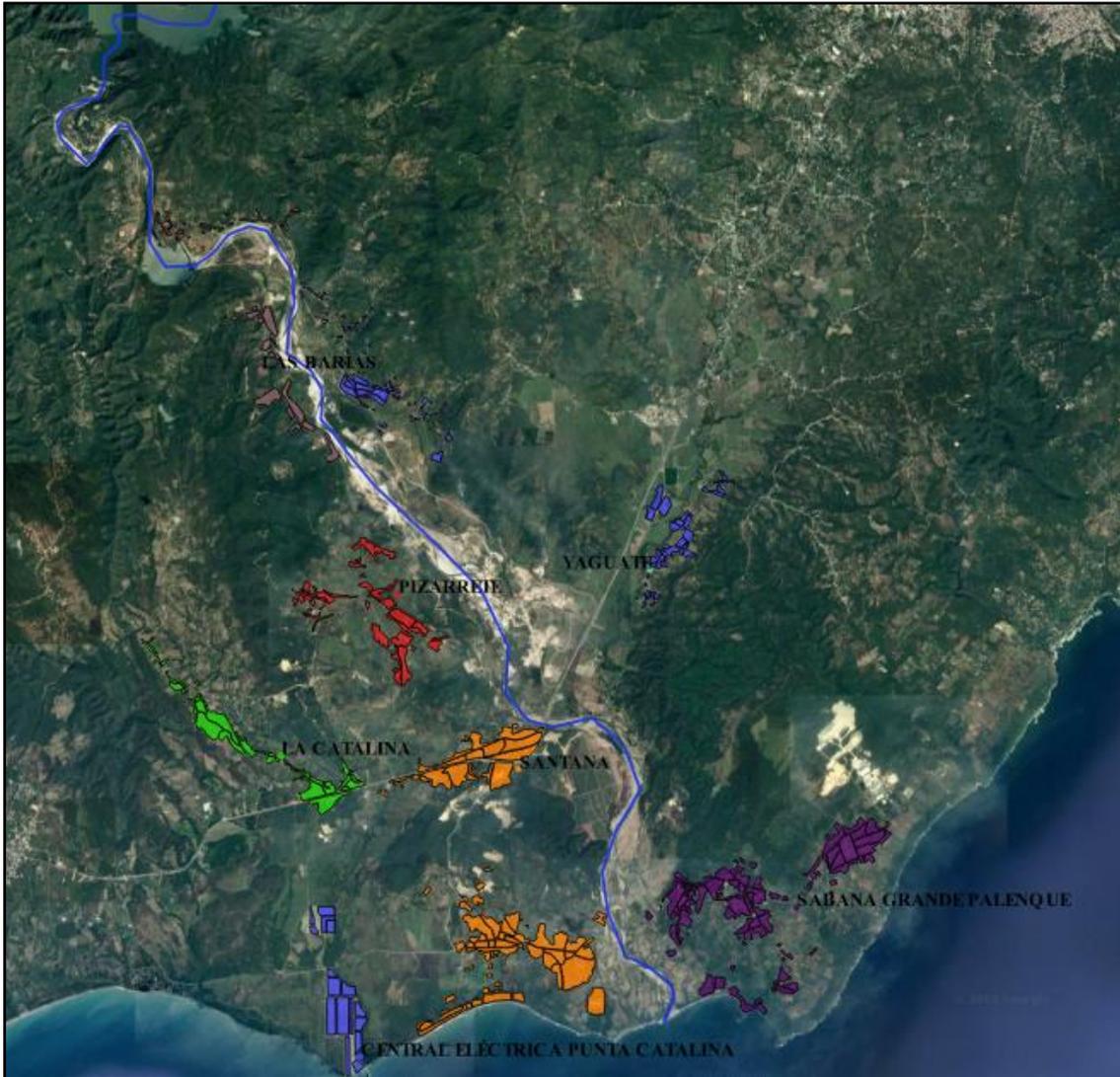


Figura 4. 34. Localidades aguas debajo de la presa Valdesia. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15. Áreas de localidades aguas abajo de la presa Valdesia.

Municipio	Localidad	Área (ha)
Baní	Las Barías	402.42
	La Catalina	412.00
Nizao	Santana	1064.38
	Pizarrete	438.67
	Central Eléctrica Punta Catalina	195.32
Villa Altagracia	Yaguatè	222.32
Sabana Grande Palenque	Sabana Grande Palenque	1036.08

4.3.5 Anàlisi de efectes per localitat aigua sota de la presa Valdesia

Se va realitzar un anàlisi per localitat, a partir de les envoltants màximes de profunditat i velocitat, també es va localitzar l'àrea de perillositat per a cada una de les localitats, visualitzant el límit d'afecció que ocasionaria la rotura de la presa Valdesia.

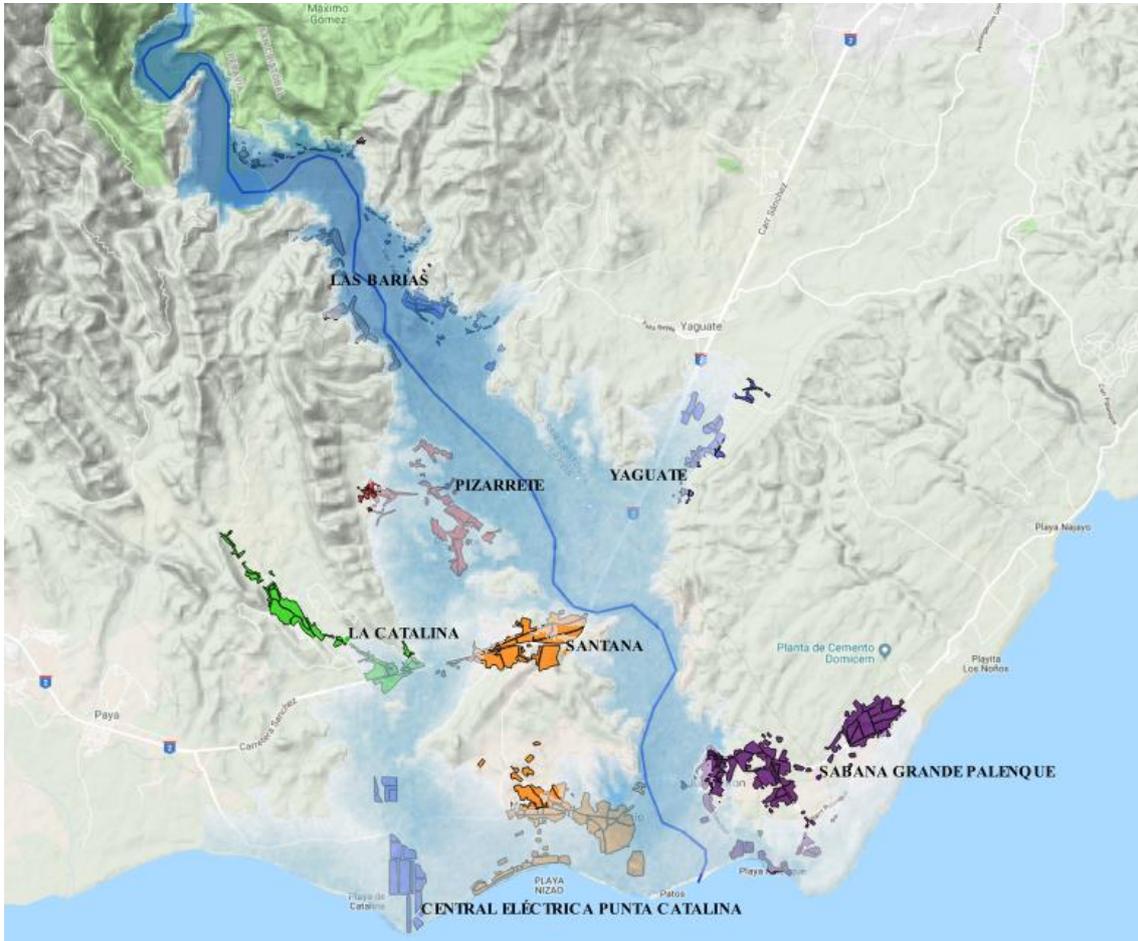


Figura 4. 35. Anàlisi de efecte per localitat aigua sota de la presa Valdesia. Fuente: Elaboración propia.

- Las Barias

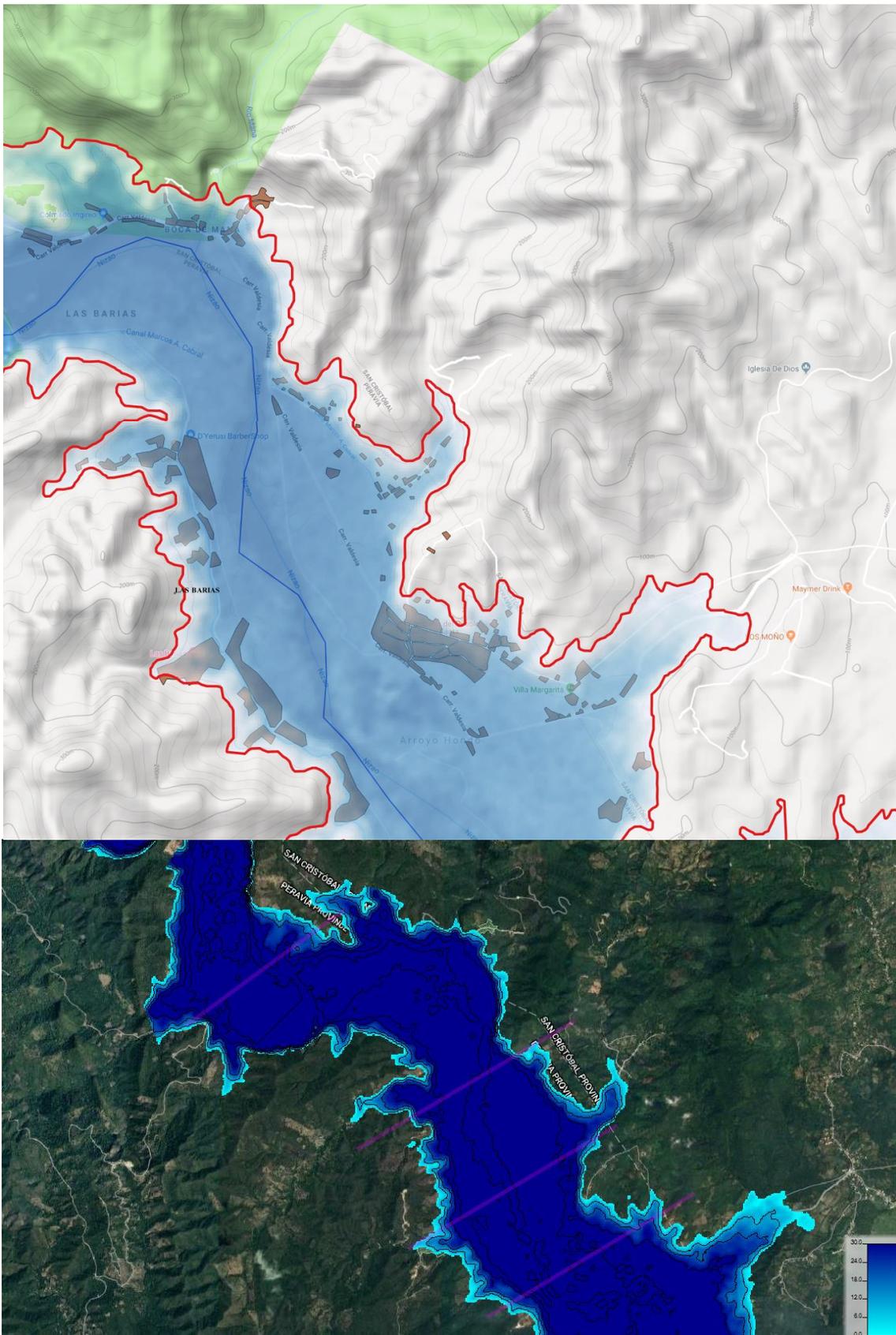


Figura 4. 36. Análisis de efecto localidad Las Barias, aguas debajo de la presa Valdesia. Fuente: Elaboración propia.

▪ Pizarrete

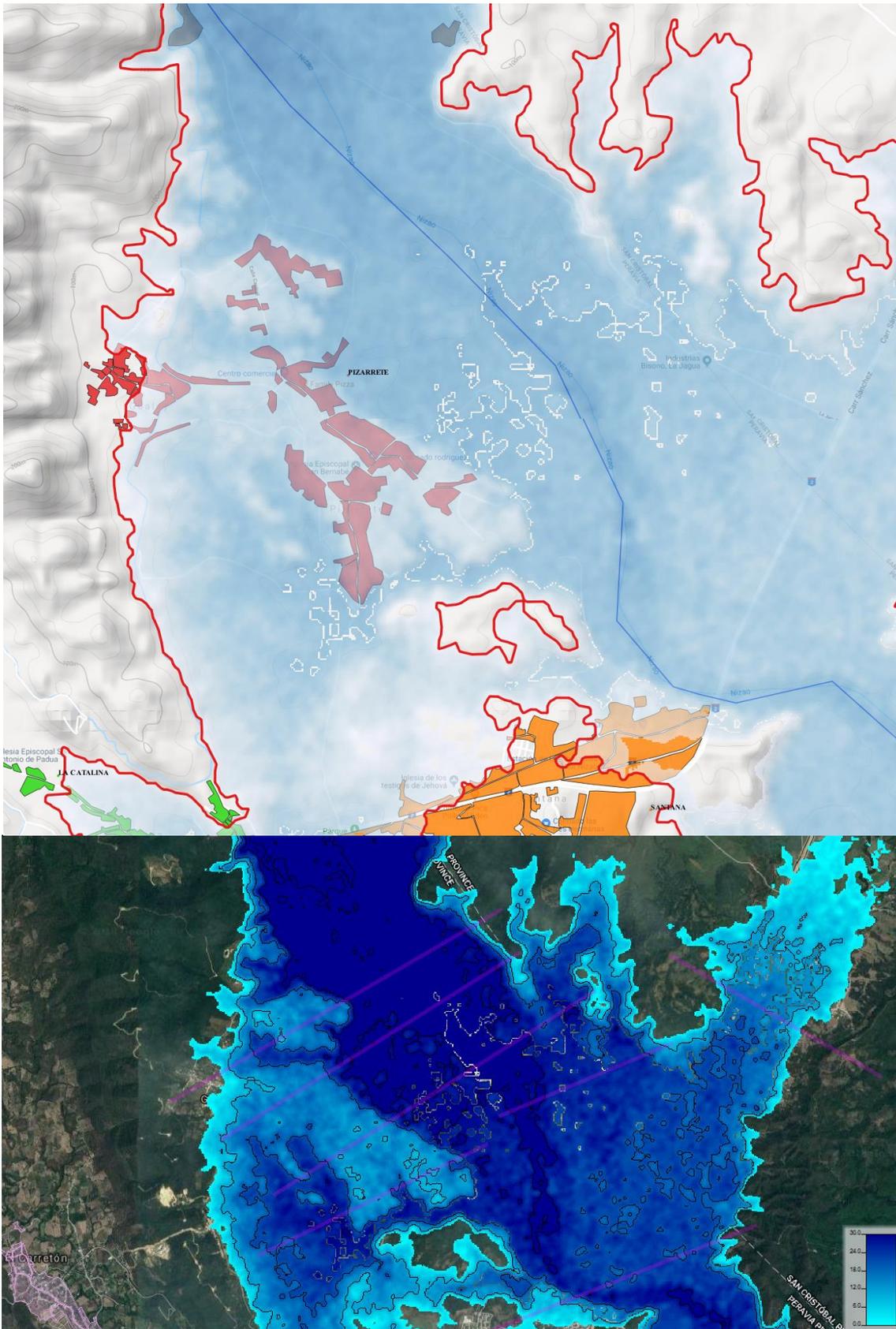


Figura 4. 37. Análisis de efecto localidad Pizarrete, aguas debajo de la presa Valdesia. Fuente: Elaboración propia.

▪ La Catalina

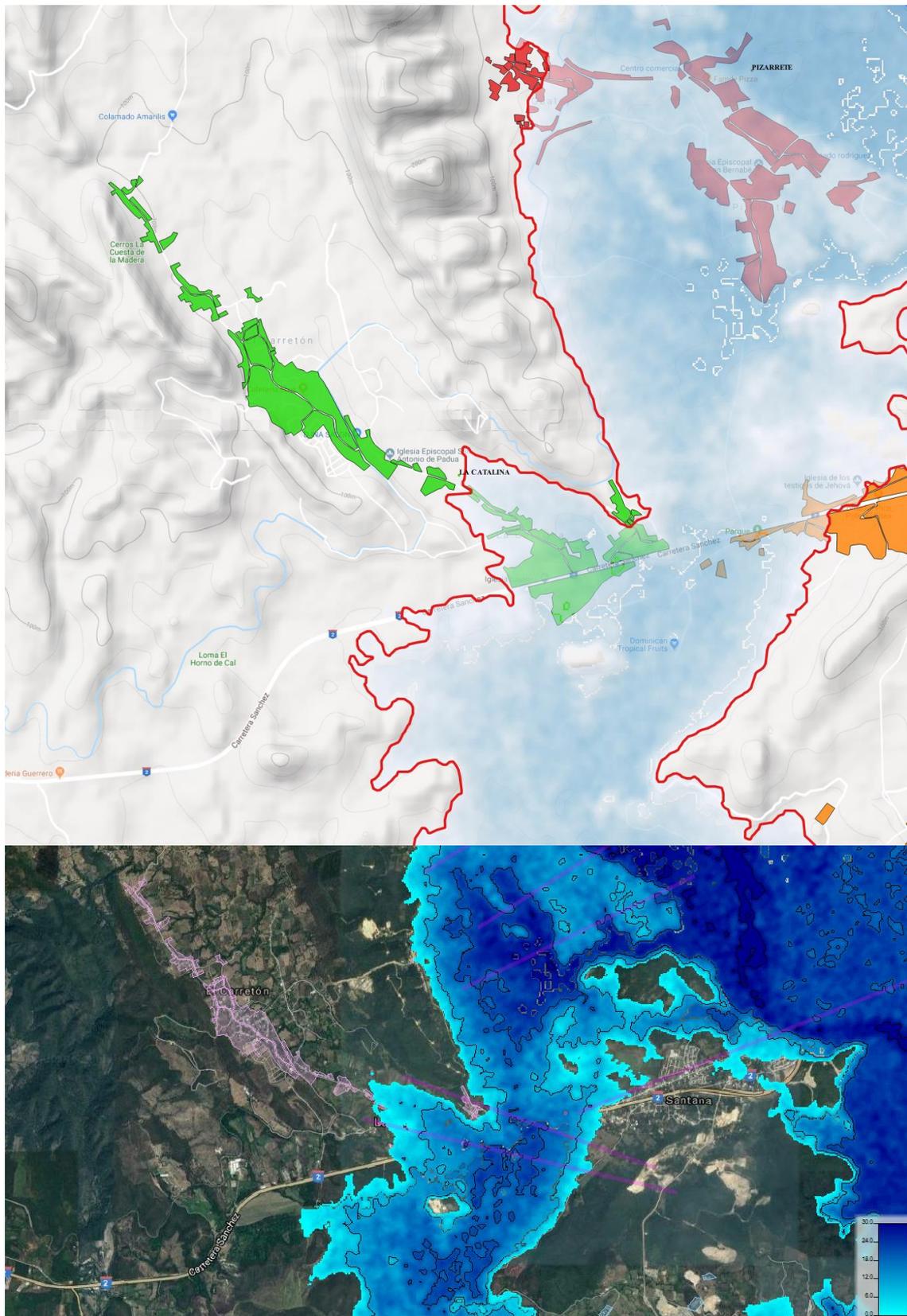


Figura 4. 38. Análisis de efecto localidad La Catalina, aguas debajo de la presa Valdesia.
Fuente: Elaboración propia.

▪ Yaguatè

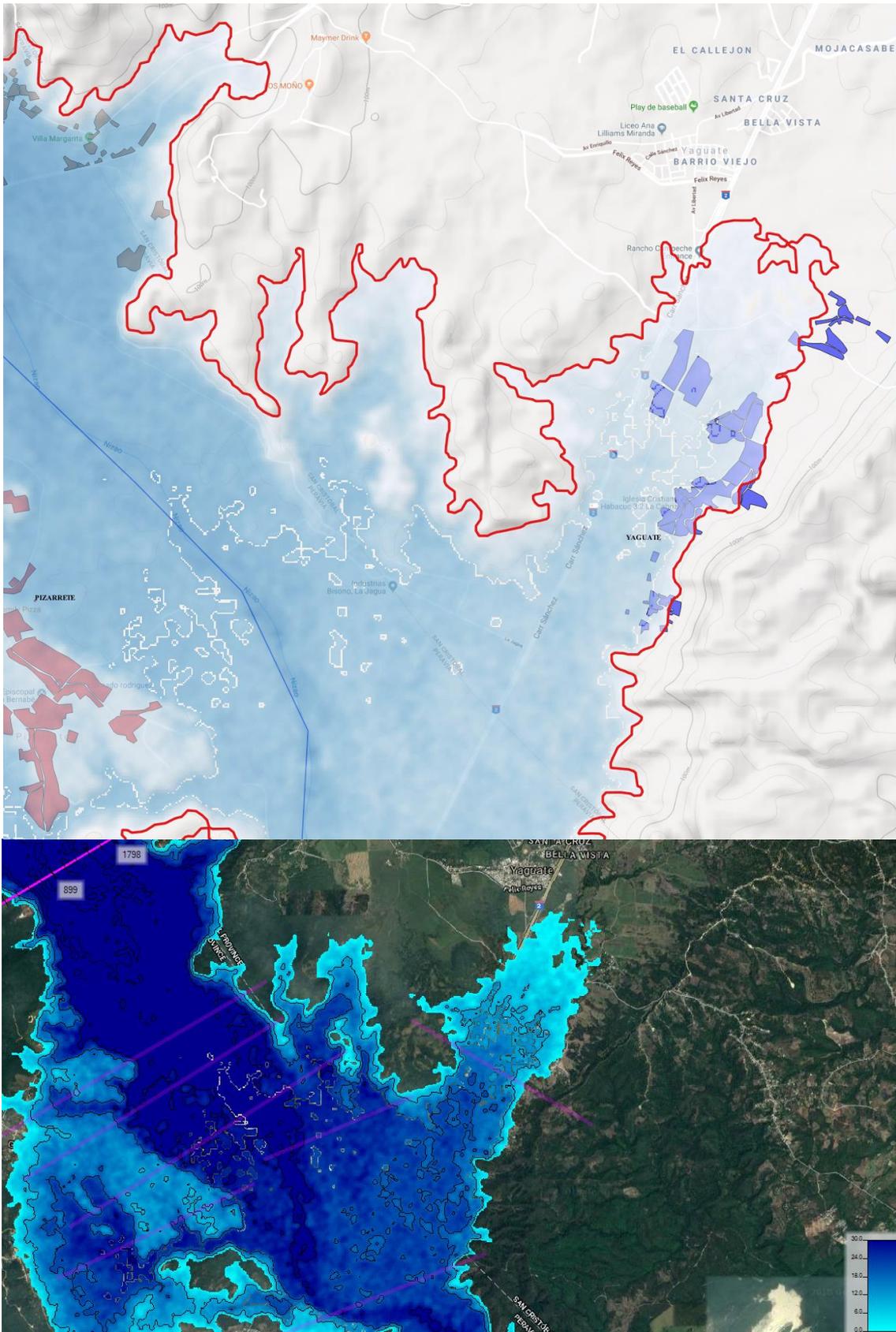


Figura 4. 39. Análisis de efecto localidad Yaguatè, aguas debajo de la presa Valdesia. Fuente: Elaboración propia.

▪ Santana

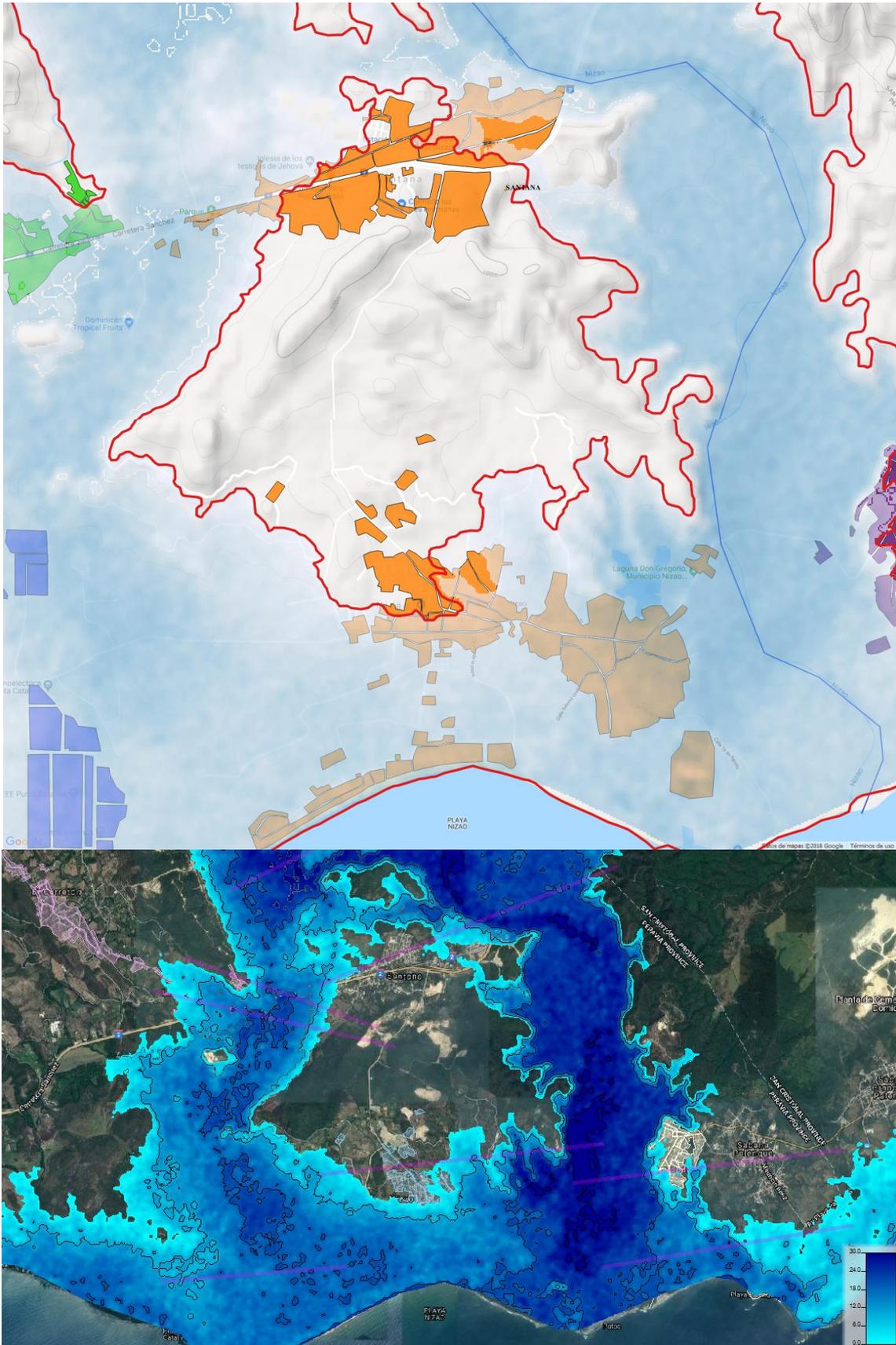


Figura 4. 40. Análisis de efecto localidad Santana, aguas debajo de la presa Valdesia. Fuente: Elaboración propia.

- Central Punta Catalina

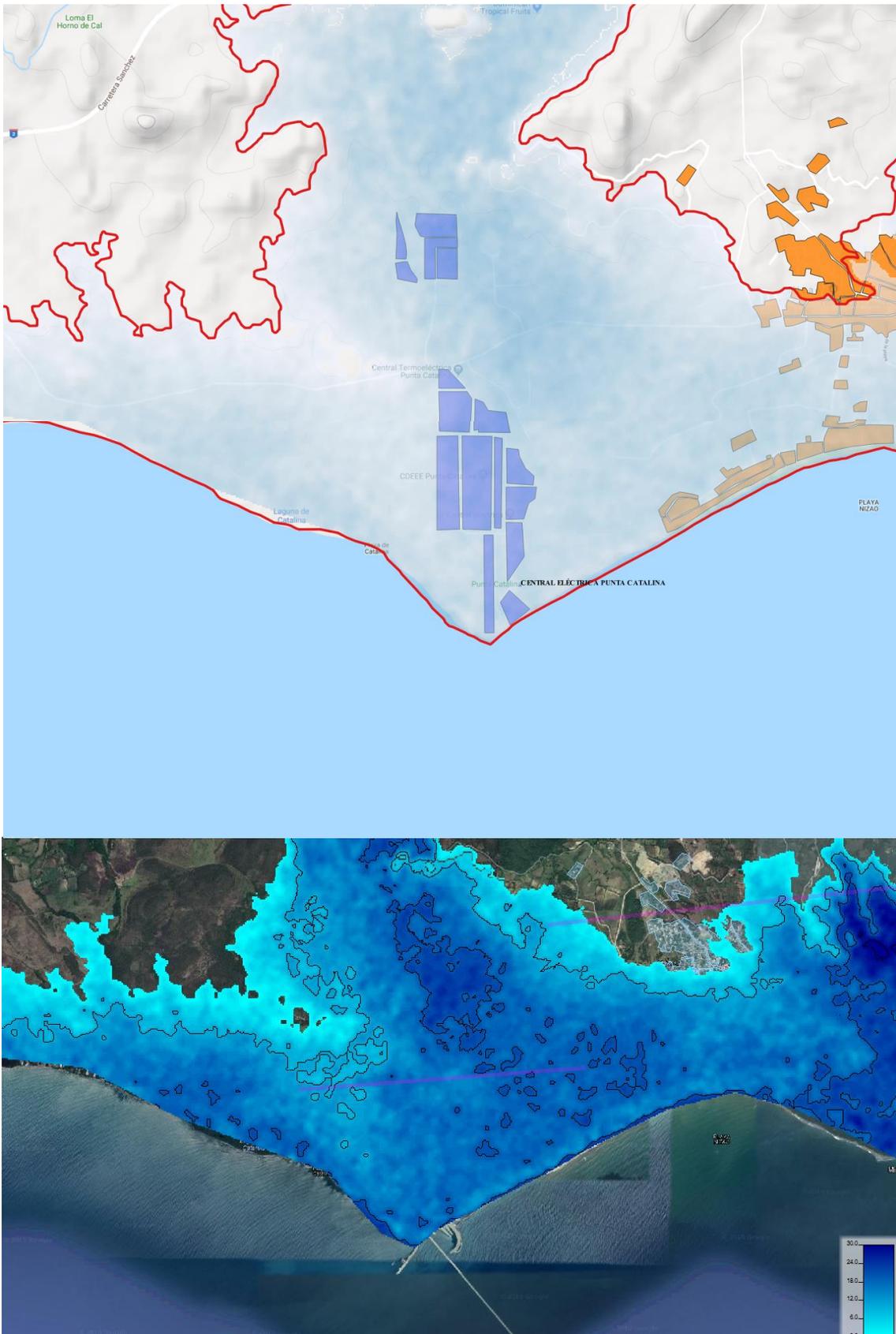


Figura 4. 41. Análisis de efecto complejo Central Punta Catalina, aguas debajo de la presa Valdesia. Fuente: Elaboración propia.

- Sabana Grande Palenque

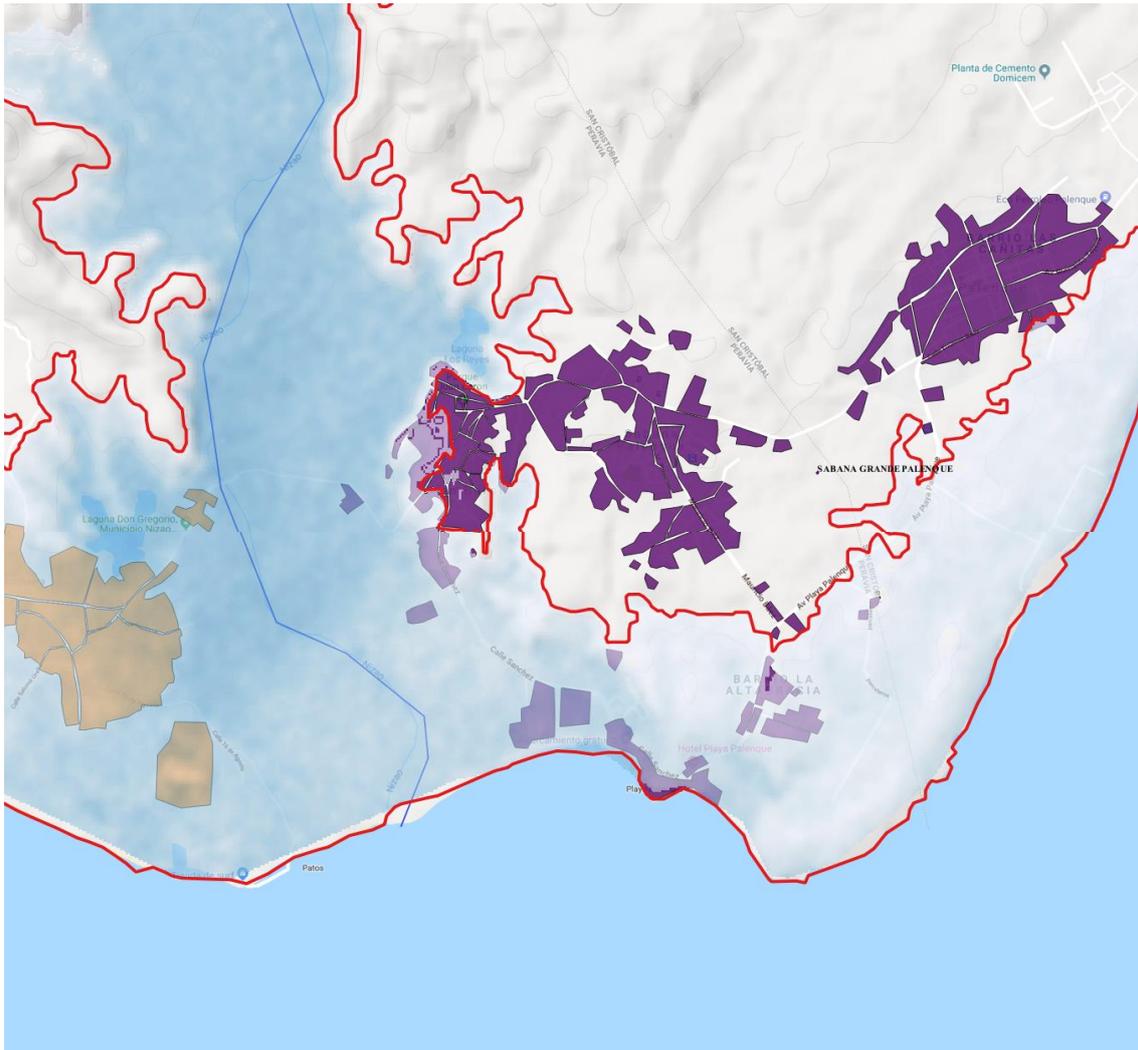


Figura 4. 42. Análisis de efecto localidad Sabana Grande Palenque, aguas debajo de la presa Valdesia. Fuente: Elaboración propia.

4.3.6 Porcentaje de área afectado en cada localidad.

- Las Barias



Figura 4. 43. Porcentaje de área afectada por rotura de presa. Localidad Las Barias. Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar en la localidad Las Barias, se ve afectada en un 98 % de su totalidad.

- Pizarrete

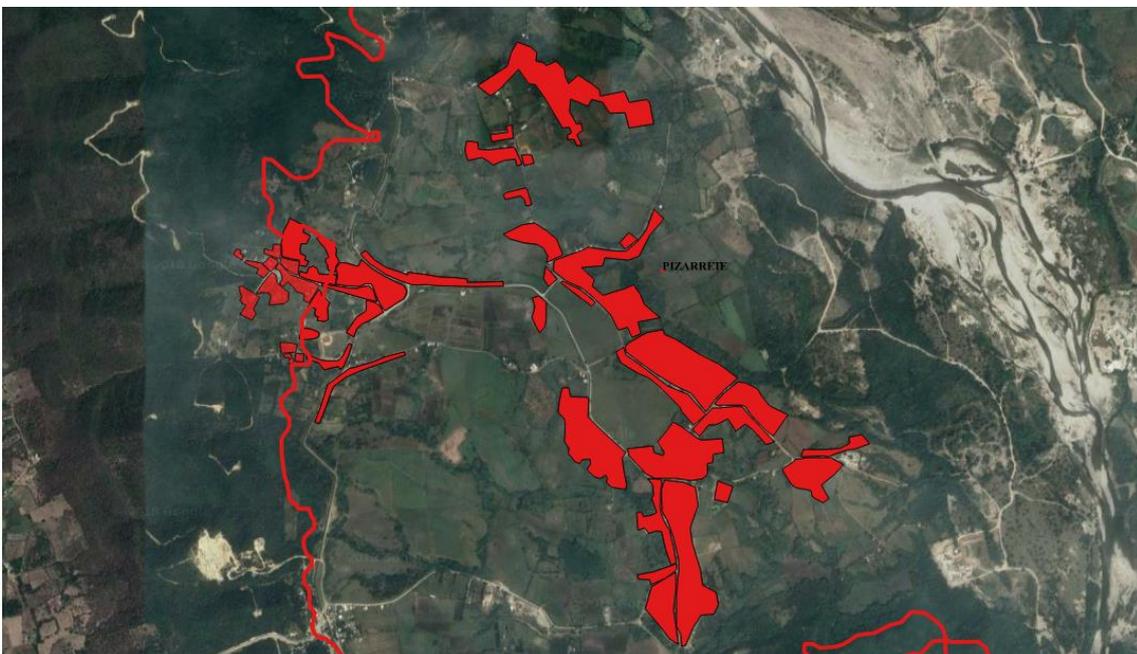


Figura 4. 44. Porcentaje de área afectada por rotura de presa. Localidad Pizarrete. Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar en la localidad Las Barias, se ve afectada en un 95 % de su totalidad.

- La Catalina

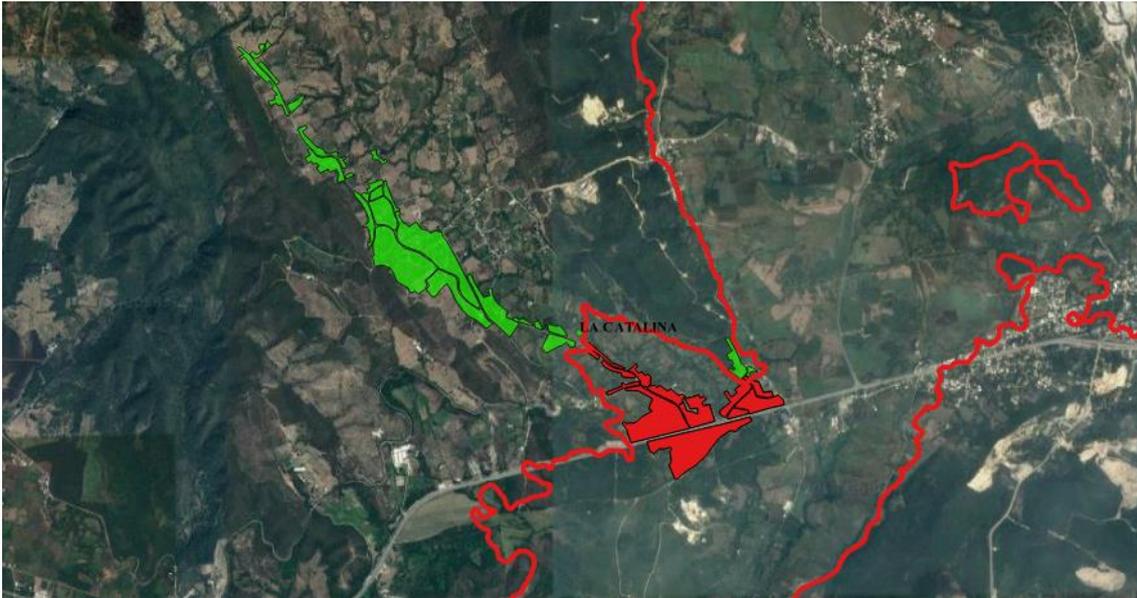


Figura 4. 45. Porcentaje de área afectada por rotura de presa. Localidad La Catalina. Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar en la localidad Las Barias, se ve afectada en un 40 % de su totalidad.

- Yaguaje

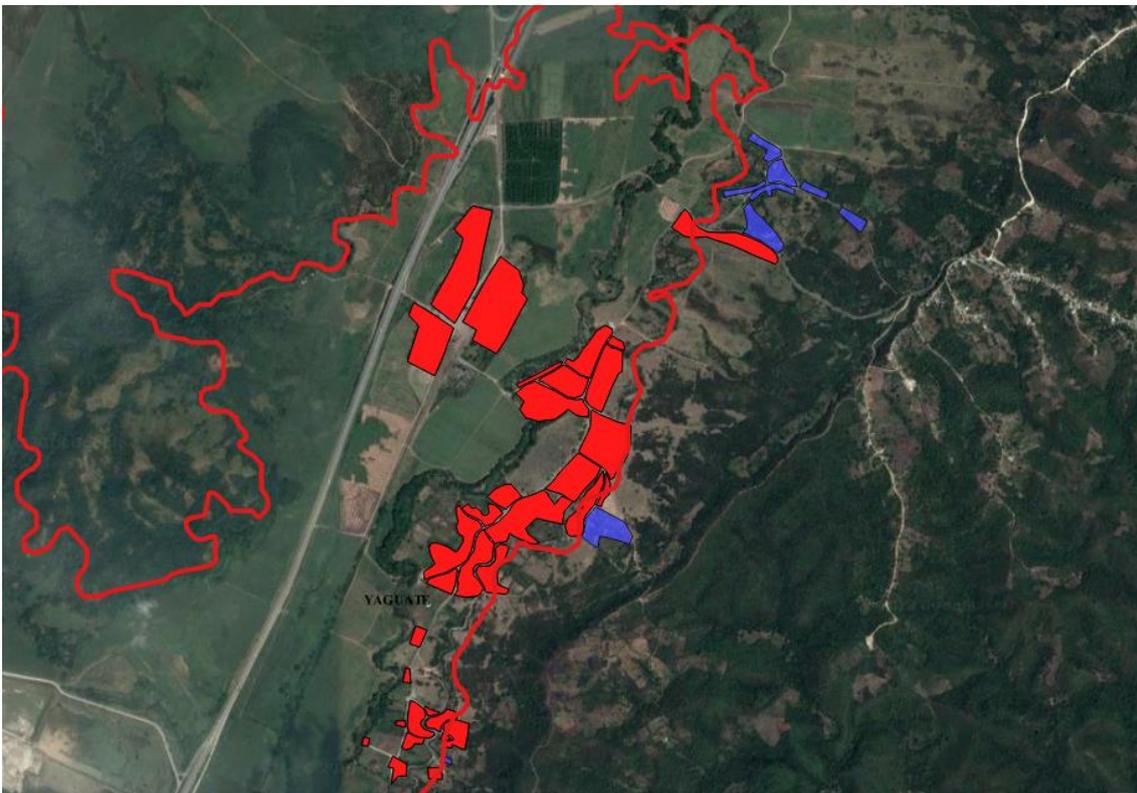


Figura 4. 46. Porcentaje de área afectada por rotura de presa. Localidad Yaguaje. Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar en la localidad Las Barias, se ve afectada en un 90 % de su totalidad.

- Santana

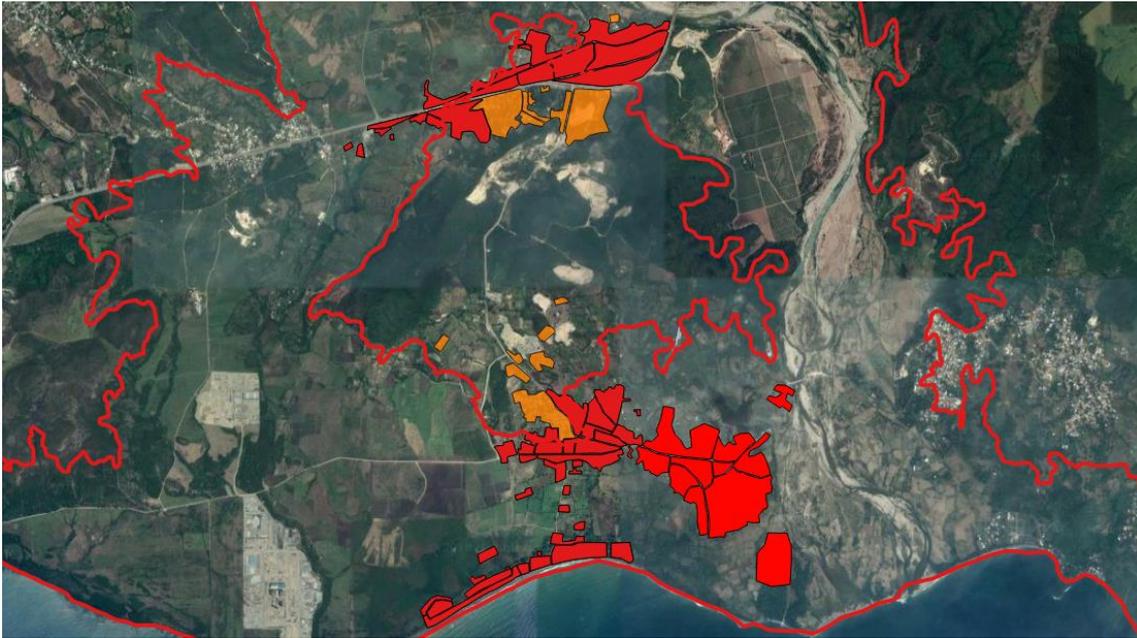


Figura 4. 47. Porcentaje de área afectada por rotura de presa. Localidad Santana. Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar en la localidad Las Barias, se ve afectada en un 80 % de su totalidad.

- Sabana Grande Palenque

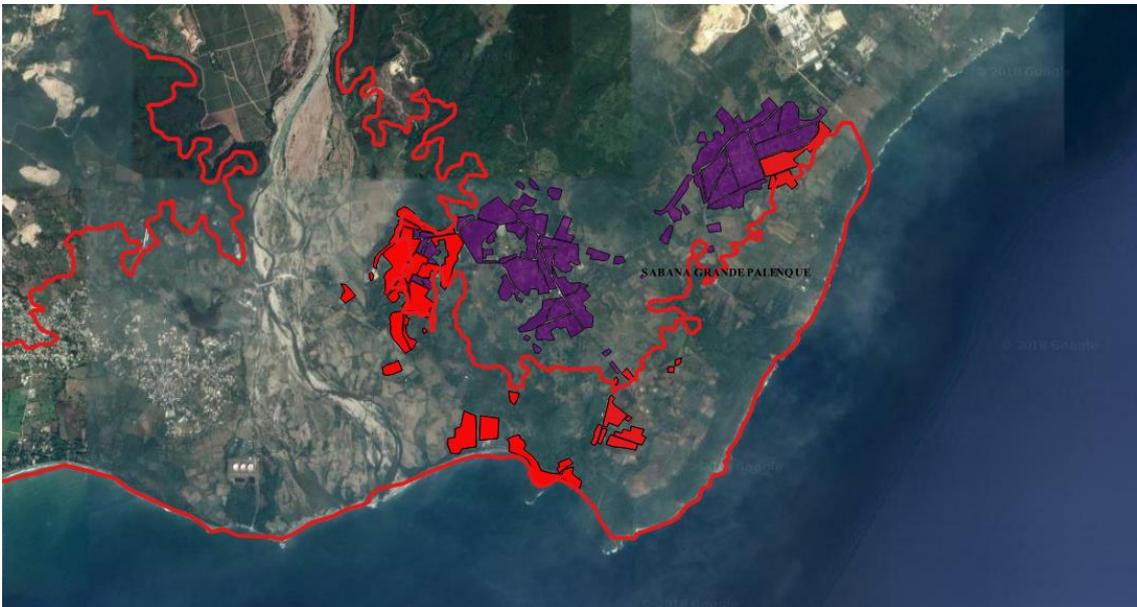


Figura 4. 48. Porcentaje de área afectada por rotura de presa. Localidad Sabana Grande Palenque. Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar en la localidad Las Barias, se ve afectada en un 40 % de su totalidad.

- Central Eléctrica Punta Catalina

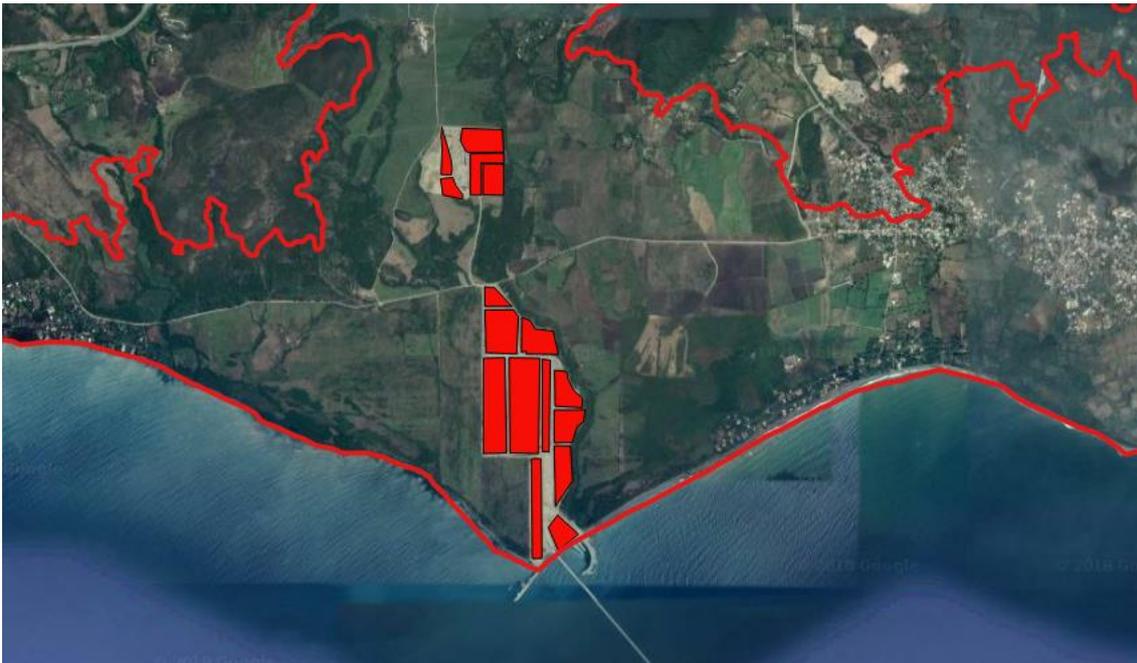


Figura 4. 49. Porcentaje de área afectada por rotura de presa. Central Eléctrica Punta Catalina.
Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar en la localidad Las Barias, se ve afectada en un 100 % de su totalidad.

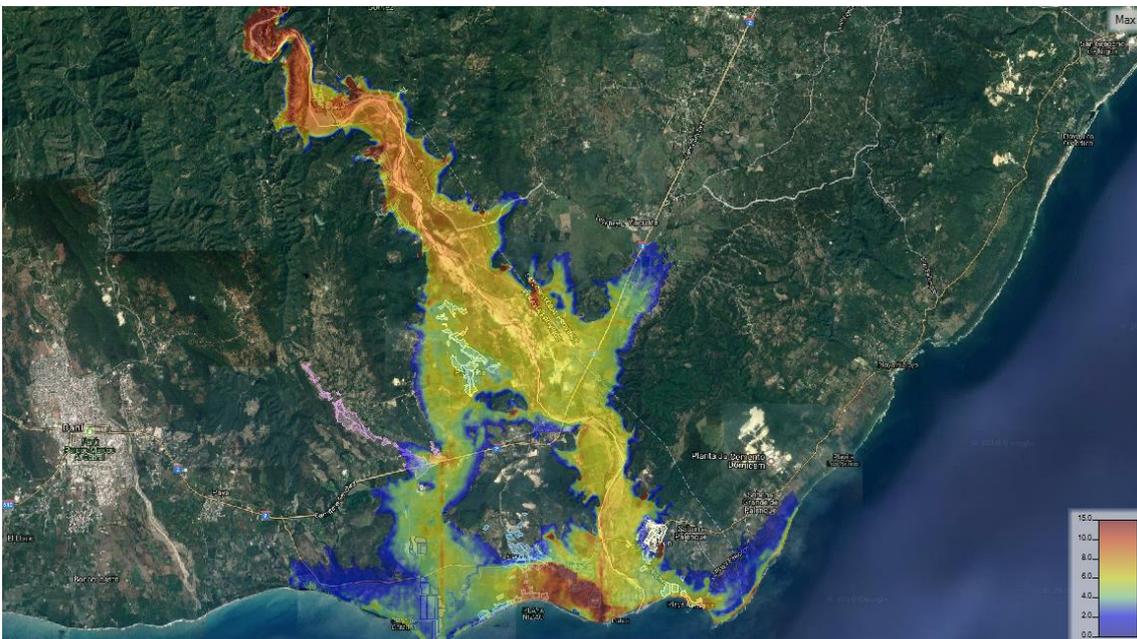


Figura 4. 50. Envolvente de velocidad máxima para el área aguas abajo de la presa Valdesia.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16. Resumen de resultados geométricos e hidráulicos para cada localidad.

Municipio	Localidad	Área (ha)	Porcentaje de área afectado (%)	Área afectada (ha)	Prof. Prom. (m)	V. Prom. (m/s)	Peligro
Baní	Las Barias	402.42	98	394.37	20.80	11.56	Alto
	La Catalina	412.00	40	164.8	9.65	4.10	Moderado
Nizao	Santana	1064.38	80	851.50	15.20	5.51	Alto
	Pizarrete	438.67	95	416.74	13.25	4.60	Alto
	Central Eléctrica Punta Catalina	195.32	100	195.32	12.32	3.87	Alto
Villa Altagracia	Yaguata	222.32	90	200.10	14.00		Alto
Sabana Grande Palenque	Sabana Grande Palenque	1036.08	40	414.43	12.75	4.36	Moderado

4.4 Actuaciones asociadas a los escenarios

A continuación se presentan las actuaciones asociadas a los diferentes escenarios una vez declarada la emergencia, antes poner en funcionamiento cualquiera de las actuaciones de detección, activación y declaración de emergencia, se debe tener un sistema integrado entre la dirección del plan de emergencia de la presa y la ONAMET (Oficina Nacional de Meteorología), que es la fuente oficial de relojes del huracán, advertencias, vigilancias, alertas, avisos y análisis atmosféricos de peligros referentes al clima tropical. Relojos y advertencias adicionales pueden ser emitidos por ONAMET a las oficinas locales que proporcionan información detallada sobre las amenazas específicas.

Cuando los pronósticos oficiales de ONAMET no estén disponible se puede utilizar la trayectoria oficial de los huracanes por el Centro Nacional de Huracanes de los E.U. en Miami, en todo caso también se pueden usar modelos de trayectoria e intensidad cuando no se puedan utilizar los datos de las dos instituciones anteriores.

Todo esto se plantea ya que la mayoría de los escenarios de emergencia para la presa Valdesia se producen en situación de crecida, durante una tormenta tropical o huracán.

De manera general el director del plan de emergencias, se encargara de construir equipos de gestión, control y operativos para las diferentes actuaciones que se llevaran a cabo.

Estas presas, que forman parte del aprovechamiento del río Nizao, son operadas por la Empresa de Generación Hidroeléctrica Dominicana (EGEHID), de propiedad estatal. EGEHID se integra dentro del Área de Generación de la Corporación Dominicana de Electricidad. La gobernanza de seguridad la articula tres actores fundamentales:

- El Instituto Dominicano de Recursos Hidráulicos (INDRHI), audita las condiciones de seguridad de las presas, sobre todo desde el punto de vista del mantenimiento, la conservación, el comportamiento, el comportamiento de la estructura y la propia preparación de las emergencias. La supervisión de la seguridad de las presas se realiza conjuntamente (EGEHID).
- El Observatorio del Agua donde se toman todas las decisiones de gestión del recurso hídrico.
- El Comité de Presas y Embalses (COPRE) que es el principal encargado de la emergencia cuando esta se produce.

4.4.1 Presa Jigüey

▪ E0

Actuaciones Generales: Informar a INDRHI. Constituir el equipo de gestión, control y operativo para dar solución a los fenómenos que se presenten. Realizar valoraciones periódicas y reconsideración del escenario de emergencia.

Actuaciones de vigilancia y control: Vigilancia e inspección de la presa, el embalse y sus instalaciones. Aviso de incidencias. El responsable de esta actuación es el equipo de control.

1. Detección visual de anomalías estructurales

Medidas correctoras: Si se trata de agrietamiento, filtraciones o movimientos, se recomienda inspecciones, controles intensivos, medidas adicionales y auscultación.

2. Daño en equipos por turbinar con tormenta

Medidas correctoras: Respetar el cumplimiento del instructivo de operación en emergencias.

▪ E1

Actuaciones Generales: Informar a INDRHI y a los Ayuntamientos de las comunidades correspondientes. Constituir el equipo de gestión, control y operativo para dar solución a los fenómenos que se presenten. Realizar valoraciones periódicas y reconsideración del escenario de emergencia.

Actuaciones de vigilancia y control: Vigilancia e inspección de la presa, el embalse y sus instalaciones. Aviso de incidencias. El responsable de esta actuación es el equipo de control.

1. Detección visual de anomalías estructurales

Medidas correctoras: Si se trata de agrietamiento, filtraciones o movimientos, se recomienda sellado e inyección de grietas, taponamiento del origen de la filtración o impermeabilización, y como última acción descenso del nivel del embalse.

2. Daño en equipos por turbinar con tormenta

Medidas correctoras: Respetar el cumplimiento del instructivo de operación en emergencias. Dejar de turbinar en situación de emergencia debido al arrastre de sedimentos.

▪ E2

Actuaciones Generales: Informar a INDRHI, a los Ayuntamientos de las comunidades correspondientes y al COE. Constituir el equipo de gestión, control y operativo para dar solución a los fenómenos que se presenten. Realizar valoraciones periódicas y reconsideración del escenario de emergencia.

Actuaciones de vigilancia y control: Vigilancia e inspección de la presa, el embalse y sus instalaciones. Aviso de incidencias. El responsable de esta actuación es el equipo de control.

1. Deslizamiento del estribo izquierdo

Medidas correctoras: Eliminar el peso de la parte superior, descenso de nivel del embalse. Para evitar llagar a esta situación se debe realizar inspecciones visuales y mantener hábiles los mecanismos de control.

2. Deslizamiento aguas abajo del estribo izquierdo

Medidas correctoras: Descenso de nivel del embalse. Se están realizando estudios para la solución de esta situación pero se realizan tratamientos correctivos puntuales.

3. Detección visual de anomalías estructurales

Medidas correctoras: Si se trata de agrietamiento, filtraciones o movimientos, se recomienda sellado e inyección de grietas, taponamiento del origen de la filtración o impermeabilización, y como última acción descenso del nivel del embalse.

4. Taponamiento del cuenco

Medidas correctoras: Descenso de nivel del embalse. Se están realizando estudios para la solución de esta situación pero se realizan tratamientos correctivos puntuales.

5. Fallo de bomba de achique

Medidas correctoras: Mantenimiento preventivo de las bombas, inspección visual diaria, existen bombas de repuesto que se podrían llevar para corregir el problema.

▪ **E3**

Actuaciones Generales: Informar a INDRHI, a los Ayuntamientos de las comunidades correspondientes, al COE y a la población. Constituir el equipo de gestión, control y operativo para dar solución a los fenómenos que se presenten. Realizar valoraciones periódicas y reconsideración del escenario de emergencia.

Actuaciones de vigilancia y control: La situación no se puede controlar, Previsible rotura o ya se ha iniciado.

1. Deslizamiento del estribo izquierdo

Medidas correctoras: No se puede controlar, se está produciendo el fallo de la presa.

2. Deslizamiento aguas abajo del estribo izquierdo

Medidas correctoras: No se puede controlar, se está produciendo el fallo de la presa.

3. Detección visual de anomalías

Medidas correctoras: No se puede controlar, se está produciendo el fallo de la presa.

4. Taponamiento del cuenco

Medidas correctoras: No se puede controlar, se está produciendo el fallo de la presa.

5. Fallo de bomba de achique

Medidas correctoras: No se puede controlar, se está produciendo el fallo de la presa.

4.4.2 Presa Aguacate

▪ **E0**

Actuaciones Generales: Informar a INDRHI. Constituir el equipo de gestión, control y operativo para dar solución a los fenómenos que se presenten. Realizar valoraciones periódicas y reconsideración del escenario de emergencia.

Actuaciones de vigilancia y control: Vigilancia e inspección de la presa, el embalse y sus instalaciones. Aviso de incidencias. El responsable de esta actuación es el equipo de control.

1. Caída de compuertas durante avenidas

Medidas correctoras: Vigilancia e inspección del elemento, atento de las órdenes, instrucciones y avisos de incidentes.

2. Fallo apertura de compuertas

Medidas correctoras: Vigilancia e inspección del elemento, atento de las órdenes, instrucciones y avisos de incidentes.

3. Obstrucción de la embocadura

Medidas correctoras: Vigilancia e inspección del elemento, atento de las órdenes, instrucciones y avisos de incidentes.

4. Materiales flotantes en el embalse

Medidas correctoras: Vigilancia e inspección del elemento, atento de las órdenes, instrucciones y avisos de incidentes.



5. **Detección visual de anomalías**

Medidas correctoras: Si se trata de agrietamiento, filtraciones o movimientos, se recomienda inspecciones, controles intensivos, medidas adicionales y auscultación.

6. **Daños en equipo por turbinar con tormenta**

7. **Medidas correctoras:** Respetar el cumplimiento del instructivo de operación en emergencias. Vigilancia e inspección del elemento, atento de las órdenes, instrucciones y avisos de incidentes.

▪ **E1**

Actuaciones Generales: Informar a INDRHI y a los Ayuntamientos de las comunidades correspondientes. Constituir el equipo de gestión, control y operativo para dar solución a los fenómenos que se presenten. Realizar valoraciones periódicas y reconsideración del escenario de emergencia.

Actuaciones de vigilancia y control: Vigilancia e inspección de la presa, el embalse y sus instalaciones. Aviso de incidencias. El responsable de esta actuación es el equipo de control.

1. **Caída de compuertas durante avenidas**

Medidas correctoras: Instalación de un enclavamiento mecánico, protección del conducto de aceite, ya que este queda expuesto cuando la compuerta está a su máximo apertura. Controlar apertura de compuerta en situaciones de crecida.

2. **Fallo apertura de compuertas**

Medidas correctoras: Protección de los conductos de aceite y mejorar la capacidad de alerta para los caudales de aportes aguas arriba.

3. **Obstrucción de la embocadura**

Medidas correctoras: Despejar la embocadura mediante la remoción de material que obstruye la embocadura

4. **Materiales flotantes en el embalse**

Medidas correctoras: Control de entrada de materiales aguas arriba del embalse.

5. **Detección visual de anomalías**

Medidas correctoras: Si se trata de agrietamiento, filtraciones o movimientos, se recomienda sellado e inyección de grietas, taponamiento del origen de la filtración o impermeabilización, y como última acción descenso del nivel del embalse.

6. **Daños en equipo por turbinar con tormenta**

7. **Medidas correctoras:** Respetar el cumplimiento del instructivo de operación en emergencias. Dejar de turbinar en situación de emergencia debido al arrastre de sedimentos.

▪ **E2**

Actuaciones Generales: Informar a INDRHI, a los Ayuntamientos de las comunidades correspondientes y al COE. Constituir el equipo de gestión, control y operativo para dar solución a los fenómenos que se presenten. Realizar valoraciones periódicas y reconsideración del escenario de emergencia.

Actuaciones de vigilancia y control: Vigilancia e inspección de la presa, el embalse y sus instalaciones. Aviso de incidencias. El responsable de esta actuación es el equipo de control.

1. **Caída de compuertas durante avenidas**

Medidas correctoras: Instalación de un enclavamiento mecánico, protección del conducto de aceite, ya que este queda expuesto cuando la compuerta está a su máximo apertura. Controlar apertura de compuerta en situaciones de crecida.

2. **Fallo apertura de compuertas**
Medidas correctoras: Protección de los conductos de aceite y mejorar la capacidad de alerta para los caudales de aportes aguas arriba.
3. **Obstrucción de la embocadura**
Medidas correctoras: Despejar la embocadura mediante la remoción de material que obstruye la embocadura
4. **Detección visual de anomalías**
Medidas correctoras: Si se trata de agrietamiento, filtraciones o movimientos, se recomienda sellado e inyección de grietas, taponamiento del origen de la filtración o impermeabilización, y como última acción descenso del nivel del embalse.
5. **Sobrecarga**
Medidas correctoras: Descenso del nivel del embalse. Para evitar estas situaciones se debe calibrar y mantener al día los sistemas de medida de subpresiones, y realizarse una retirada de sedimentos, luego de cada evento meteorológico.

▪ E3

Actuaciones Generales: Informar a INDRHI, a los Ayuntamientos de las comunidades correspondientes, al COE y a la población. Constituir el equipo de gestión, control y operativo para dar solución a los fenómenos que se presenten. Realizar valoraciones periódicas y reconsideración del escenario de emergencia.

Actuaciones de vigilancia y control: La situación no se puede controlar, Previsible rotura o ya se ha iniciado.

1. **Caída de compuertas durante avenidas**
Medidas correctoras: No se puede controlar, se está produciendo el fallo de la presa.
2. **Fallo apertura de compuertas**
Medidas correctoras: No se puede controlar, se está produciendo el fallo de la presa.
3. **Obstrucción de la embocadura**
Medidas correctoras: No se puede controlar, se está produciendo el fallo de la presa.
4. **Detección visual de anomalías**
Medidas correctoras: No se puede controlar, se está produciendo el fallo de la presa.
5. **Sobrecarga**
Medidas correctoras: No se puede controlar, se está produciendo el fallo de la presa.

4.4.3 Presa Valdesia

▪ E0

Actuaciones Generales: Informar a INDRHI. Constituir el equipo de gestión, control y operativo para dar solución a los fenómenos que se presenten. Realizar valoraciones periódicas y reconsideración del escenario de emergencia.

Actuaciones de vigilancia y control: Vigilancia e inspección de la presa, el embalse y sus instalaciones. Aviso de incidencias. El responsable de esta actuación es el equipo de control.

1. **Caída de compuertas durante avenidas**
Medidas correctoras: Vigilancia e inspección del elemento, atento de las órdenes, instrucciones y avisos de incidentes.
2. **Detección visual de anomalías**
Medidas correctoras: Si se trata de agrietamiento, filtraciones o movimientos, se recomienda inspecciones, controles intensivos, medidas adicionales y auscultación.
3. **Daños en equipo por turbinar con tormenta**

Medidas correctoras: Respetar el cumplimiento del instructivo de operación en emergencias. Vigilancia e inspección del elemento, atento de las órdenes, instrucciones y avisos de incidentes.

▪ E1

Actuaciones Generales: Informar a INDRHI y a los Ayuntamientos de las comunidades correspondientes. Constituir el equipo de gestión, control y operativo para dar solución a los fenómenos que se presenten. Realizar valoraciones periódicas y reconsideración del escenario de emergencia.

Actuaciones de vigilancia y control: Vigilancia e inspección de la presa, el embalse y sus instalaciones. Aviso de incidencias. El responsable de esta actuación es el equipo de control.

1. **Caída de compuertas durante avenidas**

Medidas correctoras: Instalación de un enclavamiento mecánico, protección del conducto de aceite, ya que este queda expuesto cuando la compuerta está a su máximo apertura. Controlar apertura de compuerta en situaciones de crecida.

2. **Detección visual de anomalías**

Medidas correctoras: Si se trata de agrietamiento, filtraciones o movimientos, se recomienda sellado e inyección de grietas, taponamiento del origen de la filtración o impermeabilización, y como última acción descenso del nivel del embalse.

3. **Daños en equipo por turbinar con tormenta**

Medidas correctoras: Respetar el cumplimiento del instructivo de operación en emergencias. Dejar de turbinar en situación de emergencia debido al arrastre de sedimentos.

▪ E2

Actuaciones Generales: Informar a INDRHI, a los Ayuntamientos de las comunidades correspondientes y al COE. Constituir el equipo de gestión, control y operativo para dar solución a los fenómenos que se presenten. Realizar valoraciones periódicas y reconsideración del escenario de emergencia.

Actuaciones de vigilancia y control: Vigilancia e inspección de la presa, el embalse y sus instalaciones. Aviso de incidencias. El responsable de esta actuación es el equipo de control.

1. **Caída de compuertas durante avenidas**

Medidas correctoras: Instalación de un enclavamiento mecánico, protección del conducto de aceite, ya que este queda expuesto cuando la compuerta está a su máximo apertura. Controlar apertura de compuerta en situaciones de crecida.

2. **Detección visual de anomalías**

Medidas correctoras: Si se trata de agrietamiento, filtraciones o movimientos, se recomienda sellado e inyección de grietas, taponamiento del origen de la filtración o impermeabilización, y como última acción descenso del nivel del embalse.

▪ E3

Actuaciones Generales: Informar a INDRHI, a los Ayuntamientos de las comunidades correspondientes, al COE y a la población. Constituir el equipo de gestión, control y operativo para dar solución a los fenómenos que se presenten. Realizar valoraciones periódicas y reconsideración del escenario de emergencia.

Actuaciones de vigilancia y control: La situación no se puede controlar, Previsible rotura o ya se ha iniciado.

1. **Caída de compuertas durante avenidas**
Medidas correctoras: No se puede controlar, se está produciendo el fallo de la presa.
2. **Detección visual de anomalías**
Medidas correctoras: No se puede controlar, se está produciendo el fallo de la presa.

4.4.4 Presa Las Barías

▪ E0

Actuaciones Generales: Informar a INDRHI. Constituir el equipo de gestión, control y operativo para dar solución a los fenómenos que se presenten. Realizar valoraciones periódicas y reconsideración del escenario de emergencia.

Actuaciones de vigilancia y control: Vigilancia e inspección de la presa, el embalse y sus instalaciones. Aviso de incidencias. El responsable de esta actuación es el equipo de control.

1. **Obstrucción de la embocadura**
Medidas correctoras: Vigilancia e inspección del elemento, atento de las órdenes, instrucciones y avisos de incidentes.
2. **Materiales flotantes en el embalse**
Medidas correctoras: Vigilancia e inspección del elemento, atento de las órdenes, instrucciones y avisos de incidentes.
3. **Deslizamiento del estribo derecho**
Medidas correctoras: Vigilancia e inspección del elemento, atento de las órdenes, instrucciones y avisos de incidentes.
4. **Detección visual de anomalías**
Medidas correctoras: Si se trata de agrietamiento, filtraciones o movimientos, se recomienda inspecciones, controles intensivos, medidas adicionales y auscultación.
5. **Erosión interna del dique de materiales sueltos**
Medidas correctoras: Vigilancia e inspección del elemento, atento de las órdenes, instrucciones y avisos de incidentes.
6. **Erosión en el cuenco**
Medidas correctoras: Vigilancia e inspección del elemento, atento de las órdenes, instrucciones y avisos de incidentes.

▪ E1

Actuaciones Generales: Informar a INDRHI y a los Ayuntamientos de las comunidades correspondientes. Constituir el equipo de gestión, control y operativo para dar solución a los fenómenos que se presenten. Realizar valoraciones periódicas y reconsideración del escenario de emergencia.

Actuaciones de vigilancia y control: Vigilancia e inspección de la presa, el embalse y sus instalaciones. Aviso de incidencias. El responsable de esta actuación es el equipo de control.

1. **Obstrucción de la embocadura**
Medidas correctoras: Despejar la embocadura mediante la remoción de material que obstruye la embocadura.
2. **Materiales flotantes en el embalse**
Medidas correctoras: Control de entrada de materiales aguas arriba del embalse.
3. **Deslizamiento del estribo derecho**

Medidas correctoras: Protección de la base de la ladera o descenso del nivel del embalse. Luego de cada evento meteorológico realizar estudio de ladera, del régimen hidrodinámico y la extracción de los sedimentos.

4. **Detección visual de anomalías**

Medidas correctoras: Si se trata de agrietamiento, filtraciones o movimientos, se recomienda sellado e inyección de grietas, taponamiento del origen de la filtración o impermeabilización, y como última acción descenso del nivel del embalse.

5. **Erosión interna del dique de materiales sueltos**

Medidas correctoras: Si se trata de filtraciones taponado del origen de la filtración, impermeabilización del parámetro agua arriba.

6. **Erosión en el cuenco**

Medidas correctoras: Control de vertidos prolongado de grandes caudales por los aliviaderos de la presa, ya que se puede producir erosión en el cuenco amortiguador.

▪ **E2**

Actuaciones Generales: Informar a INDRHI, a los Ayuntamientos de las comunidades correspondientes y al COE. Constituir el equipo de gestión, control y operativo para dar solución a los fenómenos que se presenten. Realizar valoraciones periódicas y reconsideración del escenario de emergencia.

Actuaciones de vigilancia y control: Vigilancia e inspección de la presa, el embalse y sus instalaciones. Aviso de incidencias. El responsable de esta actuación es el equipo de control.

1. **Obstrucción de la embocadura**

Medidas correctoras: Despejar la embocadura mediante la remoción de material que obstruye la embocadura.

2. **Deslizamiento del estribo derecho**

Medidas correctoras: Operación a niveles inferiores. Luego de cada evento meteorológico realizar estudio de ladera, del régimen hidrodinámico y la extracción de los sedimentos.

3. **Detección visual de anomalías**

Medidas correctoras: Si se trata de agrietamiento, filtraciones o movimientos, se recomienda sellado e inyección de grietas, taponamiento del origen de la filtración o impermeabilización, y como última acción descenso del nivel del embalse.

4. **Erosión interna del dique de materiales sueltos**

Medidas correctoras: Si se trata de filtraciones taponado del origen de la filtración, impermeabilización del parámetro agua arriba.

5. **Erosión en el cuenco**

Medidas correctoras: Control de vertidos prolongado de grandes caudales por los aliviaderos de la presa, ya que se puede producir erosión en el cuenco amortiguador.

6. **Sobrecarga**

Medidas correctoras: Descenso del nivel del embalse. Para evitar estas situaciones se debe calibrar y mantener al día los sistemas de medida de subpresiones, y realizarse una retirada de sedimentos, luego de cada evento meteorológico.

▪ **E3**

Actuaciones Generales: Informar a INDRHI, a los Ayuntamientos de las comunidades correspondientes, al COE y a la población. Constituir el equipo de gestión, control y operativo para dar solución a los fenómenos que se presenten. Realizar valoraciones periódicas y reconsideración del escenario de emergencia.



Actuaciones de vigilancia y control: La situación no se puede controlar, Previsible rotura o ya se ha iniciado.

1. **Obstrucción de la embocadura**

Medidas correctoras: No se puede controlar, se está produciendo el fallo de la presa.

2. **Detección visual de anomalías**

Medidas correctoras: No se puede controlar, se está produciendo el fallo de la presa.

3. **Erosión interna del dique de materiales sueltos**

Medidas correctoras: No se puede controlar, se está produciendo el fallo de la presa.

4. **Erosión en el cuenco**

Medidas correctoras: No se puede controlar, se está produciendo el fallo de la presa.

5. **Sobrecarga**

Medidas correctoras: No se puede controlar, se está produciendo el fallo de la presa.

4.5 Flujoograma de emergencia

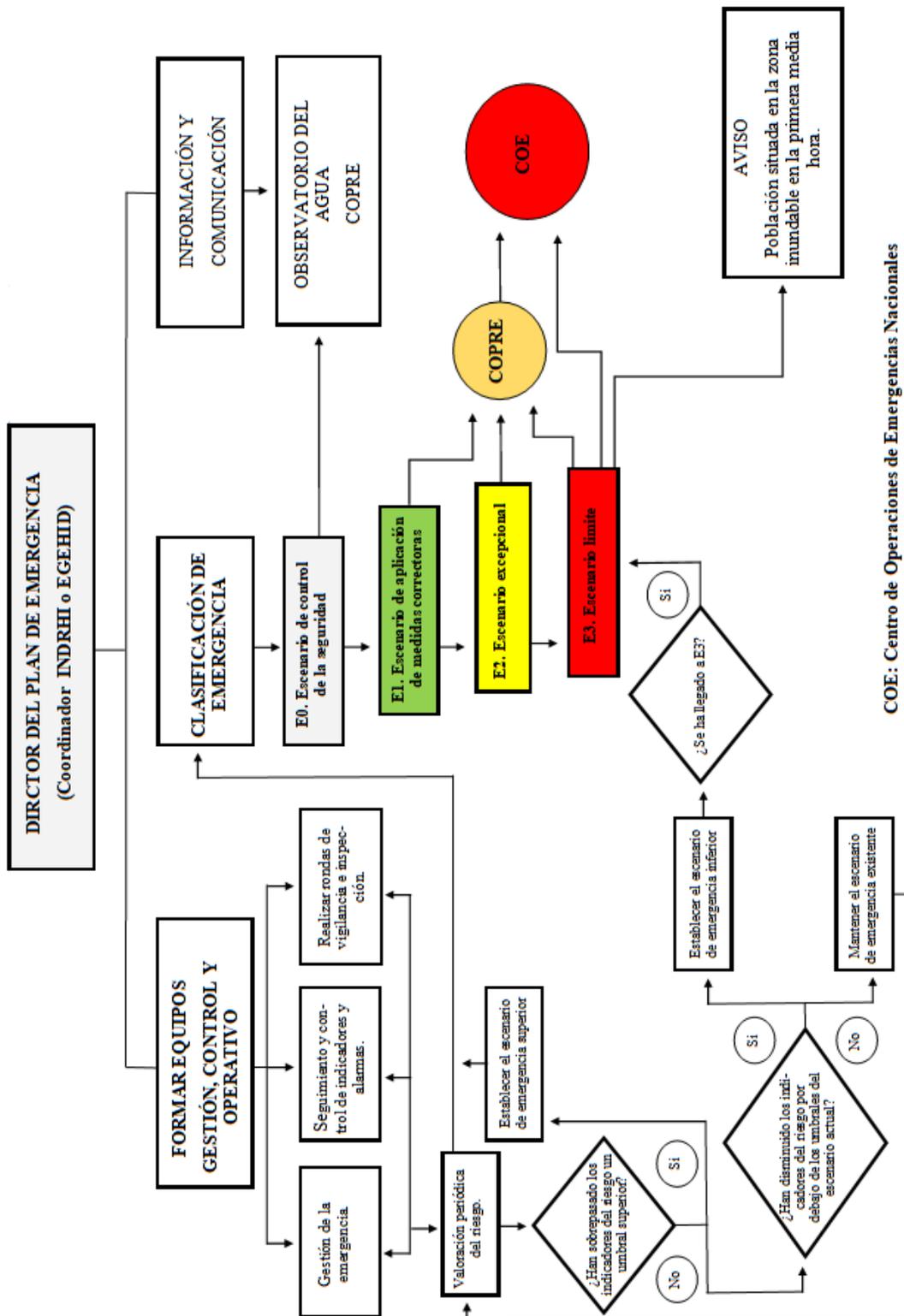


Figura 4. 51. Esquema de emergencia. Fuente: Elaboración propia.

4.5 Sistema de aviso a la población

En este apartado se plantean los sistemas de señalización con el objetivo de comunicación rápida a la población existente en la zona inundable.

4.5.1 Sistema acústico de aviso a la población

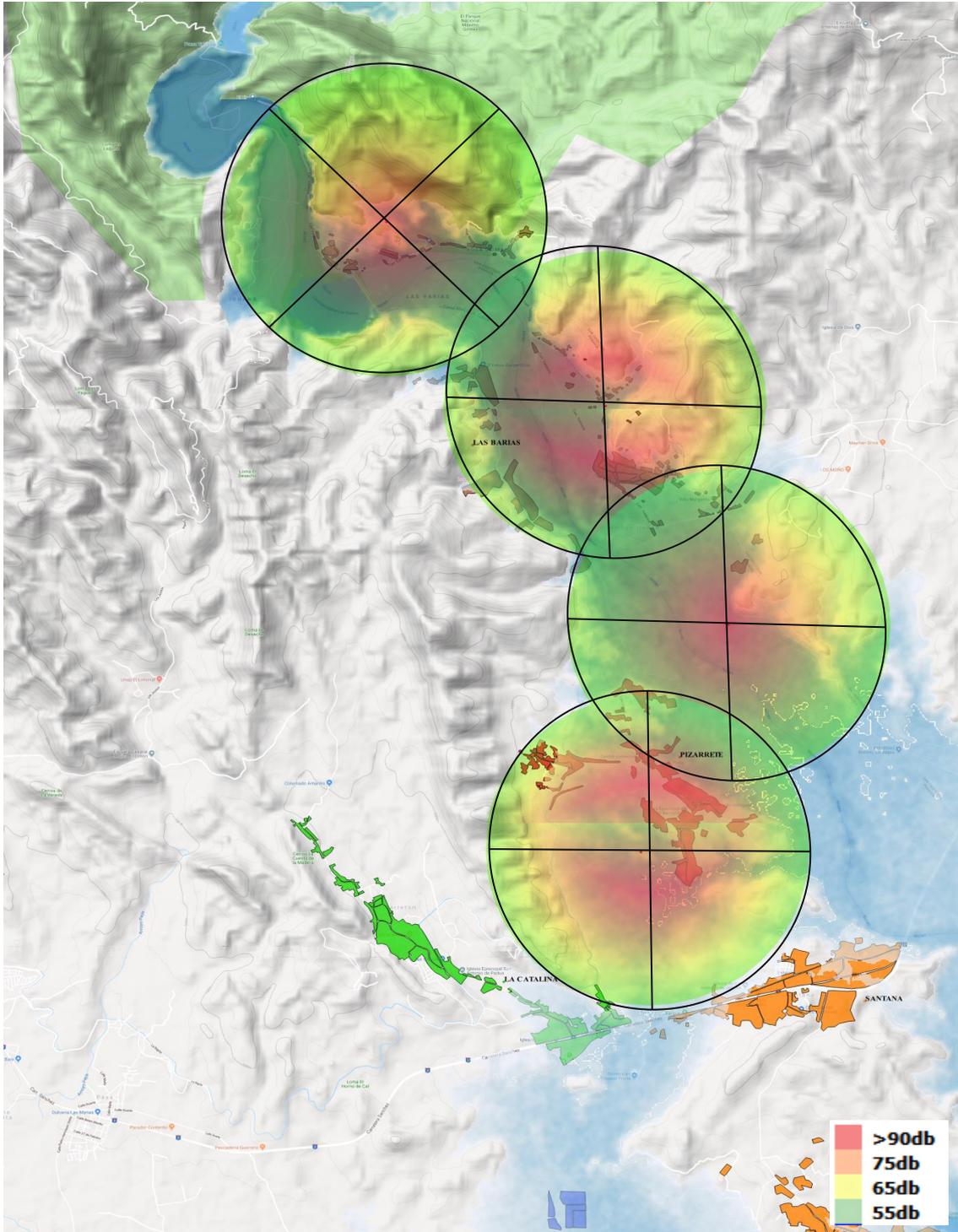


Figura 4. 52. Sistema acústico de aviso a la población. Fuente: Elaboración propia.

Al fin de evitar el peligro de la inundación producida por la onda de rotura de la presa Valdesia, se utiliza un sistema de alerta acústico. El sistema consiste en un centro de control y cuatro sirenas Gibon situadas en los siguientes lugares:

- El centro de control está ubicado dentro de la sala de emergencia de la presa.
- La primera sirena está ubicada cerca del contraembalse Las Barias.
- La segunda sirena está ubicada en el poblado Arroyo Hondo, provincia Peravia.
- La tercera sirena está ubicada entre los poblados Las Barias y Pizarrete.
- La cuarta sirena está ubicada en el poblado de Pizarrete.

Cada sirena instalada puede emitir una señal de alarma en un área de aproximadamente 1,2 – 2 km de diámetro. La comunicación entre el centro de control y las sirenas se realiza a través de una radio analógica en banda VHF a una frecuencia de 150 MHz, que proporciona el sistema de activación más rápido posible.

Los niveles de sonoridad deben cumplirse para garantizar que la población diferencie el sonido frente al ruido del medio ambiente.

- 65dB, para zona rural ya que en la mayor parte de este tipo de zonas, el ruido ambiente suele ser del orden de 55db.
- 75dB, para zona urbana ya que en la mayor parte de este tipo de zonas, el ruido ambiente suele ser del orden de 65db.

Estos niveles de sonoridad están establecidos en la Guía para la implantación del plan de emergencia de presa de España, por lo que se deberán confirmar para zona de la Republica Dominicana si estos niveles pueden utilizarse como referencia.

Se deberán identificar sonidos de emergencia, fin de emergencia y pruebas técnicas con el fin de garantizar la mejor percepción acústica por parte de la población.

4.5.2 Sirena electrónica Screamer CAR (Alerta Móvil)

Con el fin de garantizar una protección a la población efectiva, se plantea la utilización de la sirena electrónica Screamer Car es un dispositivo único, rápido y fácilmente manejable. La sirena puede generar alarma con un volumen de hasta 122 dB, esta puede producir sonido o llevar mensajes de voz, la sirena se monta automáticamente en el coche.



Figura 4. 53. Sirena electrónica Screamer Car. Fuente: Pagina web del distribuidor.

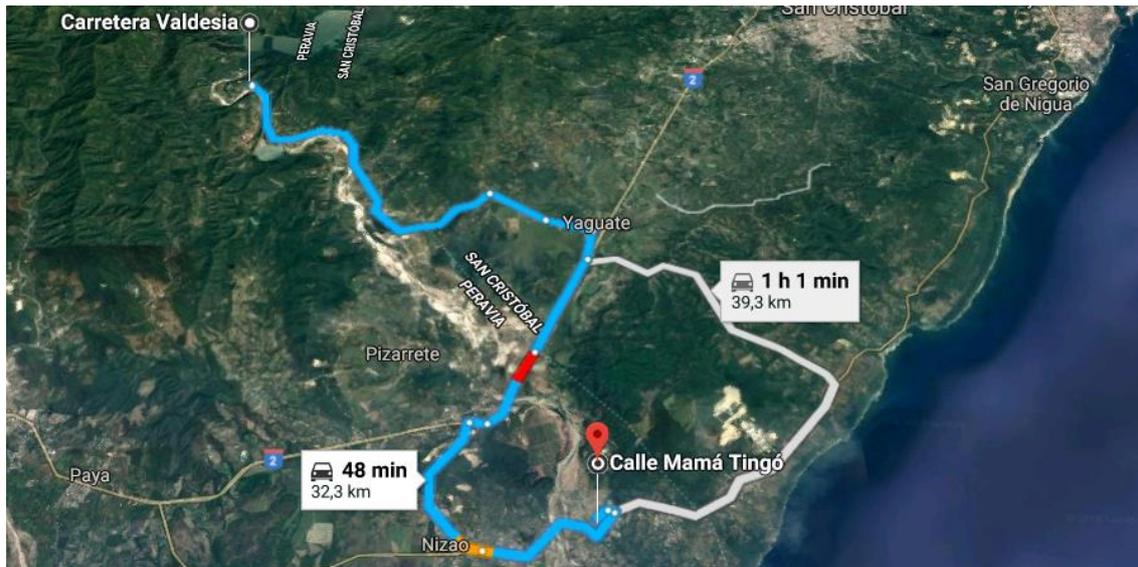


Figura 4. 54. Ruta propuesta a seguir para el sistema de alerta Screamer Car. Fuente: Google Maps.

4.5.3 Software Vektra

Es un sistema de aplicaciones de software tipo cliente-servidor modernas que permite a los operadores controlar los medios acústicos de la alerta, hacer frente a las situaciones de emergencia de manera automatizada y avisar fácilmente a los cuarteles de crisis y servicios de rescate. Permite mantener el monitoreo de la emergencia bajo control y automatiza la administración de los procesos de los servicios de rescate y seguridad (Telegrafia a.s., n.d.).



Figura 4. 55. Aplicación para información a la población de situación de emergencia. Fuente: Pagina Web del Proveedor.

CAPÍTULO 5



APORTES PARA LA APLICACIÓN DE FUTUROS PLANES DE EMERGENCIAS EN LAS PRESAS DE REPÚBLICA DOMINICANA

Gracias a plantear los datos y estudios existentes sobre planes de emergencias en la Republica Dominicana, el estudio de las legislaciones Españolas referentes al tema de seguridad de presas y los análisis que realice, se obtuvieron una serie de aportes que llena el vacío con el que contaban los planes de emergencia de las presas, ya que no estaban vinculados con los planes de protección civil existentes para situaciones de emergencias.

5.1 Aspectos más relevantes que se identificaron

En la elaboración del plan de emergencia se cumplió con el objetivo de cumplimiento de contenido mínimo que se establece en la Guía técnica para la elaboración de los planes de emergencia de presas en España. Análisis de seguridad de la presa, zonificación territorial y análisis de los riesgos generados por la rotura de la presa, normas de actuación y los medios con los que se debería contar para la puesta en práctica del mismo. A continuación se detallaran los aportes que se realizaron en cada categoría y que ayudara a definir un plan de emergencia en la Republica Dominicana, que estará acorde con los reglamentos y normas de España.

- Análisis de Seguridad de Presas: Se identificaron los fenómenos más relevantes que podrían afectar negativamente las condiciones de seguridad de la presa durante un evento climatológico extremo, para cada una de la presas del complejo Nízao se identificaron:
 - Las situaciones y fenómenos que pueden afectar la seguridad de las presas del complejo.
 - La definición de las emergencias y sus escenarios de seguridad con el objetivo de establecer las normas y procedimientos de comunicación a los organismos implicados en la gestión de la emergencia en caso de un fenómeno climatológico extremo.
 - Causas de la declaración de las emergencias y los escenarios que intervendrían para cada emergencia.
 - Indicadores y los umbrales para cada escenario de seguridad creado.
 - Forma, dimensiones y tiempos de rotura de la brecha asumida para la hipótesis de rotura en situación de avenida.
 - Estudio de la propagación de la onda de rotura, el cual incluye la modelación mediante el Programa HEC-RAS que permitió la modelización de rotura en dos dimensiones, que luego nos permitió visualizar la onda de propagación en el área de estudio.
 - Profundidad, velocidad y mapas de inundación progresiva correspondientes a las áreas aguas debajo de la presa potencialmente inundable.
 - Poblaciones que podrían ser afectada, por la onda de rotura de la presa.
 - Análisis de efecto de la onda de rotura de la presa por localidad.
- Actuaciones asociadas a cada escenario creado: Se identificaron las situaciones en las que habrá que aumentar la vigilancia de la presa:
 - Se identificaron las actuaciones de vigilancia y control asociadas a los escenarios definidos.

- Flujograma de emergencia, con el fin de establecer un procedimiento de información y comunicación con los organismos públicos implicados en la gestión de la emergencia.
- Sistemas de aviso a la población, con el objetivo de garantizar la protección civil ante una situación de emergencia, estos sistemas están compuestos por un sistema de aviso a la población acústico, una sirena móvil que garantizara a las zonas donde el sistema acústico no sea optimo, una aplicación para teléfonos inteligentes que mantendrá a la población informada en caso de una situación de emergencia y unos folletos con el fin de transmitir el conocimiento a la población de la zona en la que se encuentran sus viviendas y las acciones a considerar en el caso de una emergencia por rotura de presa o inundación debido a fenómenos climatológicos extremos.

5.2 Inconvenientes a solucionar, para correcta aplicación de planes de emergencias en las presas

Durante el trabajo realizado, se presentaron una serie de inconvenientes que impedía que se realizara de manera correcta la aplicación del plan de emergencia, debido a que en el país existe una carencia en el tema referente a la gestión de información, monitorización, inspección y revisión de seguridad de las presas no tanto del complejo estudiado sino que esta carencia se extiende a otras presas.

Los principales inconvenientes encontrados en el estudio realizado fueron los siguientes:

- La información sobre las presas se encuentra dispersa y no esta ordenada, en algunos casos no se tiene acceso.
- Las inspecciones y revisiones de seguridad no se llevan a cabo de manera reglada.
- Aunque en las presas del complejo existe un estudio de los modos de fallos, estudios indispensables para la realización de los planes de emergencia, no existe constancia de que otros sistemas de embalse del país cuenten con estos estudios.
- Carencia en las organizaciones de personal con conocimientos suficientes en aspectos esenciales sobre las presas.
- No hay un organismo o ente específico encargado de la supervisión de la seguridad de presas.
- No se tiene constancia de la existencia de leyes de ordenación territorial, que regulen las construcciones de viviendas o industrias cerca de los cauces.
- Existen inconsistencias en los datos tomados por las estaciones de medición en el Nizao y otras cuentas adyacentes, por lo que la obtención de los hidrogramas de las tormentas resulta más difícil.
- No existen modelos de elevaciones que permitan una modelación más exacta, para el estudio de la onda de rotura.
- Falta de un censo actualizado de la población aguas abajo del sistema de embalse.

CAPÍTULO 6



ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN COMO HERRAMIENTAS DE GESTIÓN

6.1 Conceptos relacionados con el riesgo de inundación.

La construcción de las presas se planifica de una manera conservadora, siguiendo pautas y verificando coeficientes de seguridad, estas se explotan de manera metódica. Con la construcción de la presa se obtienen excelentes beneficios, estas aseguran el abastecimiento de recursos hídricos para las ciudades, permiten el desarrollo de la agricultura y proporcionan energía. Sin embargo los beneficios enunciados anteriormente vienen acompañados de un riesgo al que quedan expuesto un gran número de personas y propiedades. Los acontecimientos en la historia ligados a roturas de presas han causado en ocasiones graves pérdidas de vidas humanas y económicas.

“Muchos países han estudiado y desarrollado técnicas basadas en el análisis de riesgos, que constituyen una herramienta útil a partir de la cual racionalizar las inversiones en seguridad de presas y comprender los riesgos que las estructuras representan” (G. de Membrillera Ortuño, Escuder Bueno, González Pérez, & Altarejos García, 2005).

6.1.1 Seguridad

Se puede definir la seguridad (G. de Membrillera Ortuño et al., 2005) “como el margen que separaría las condiciones reales que existen en la presa y su embalse de aquellas que lo llevan a su destrucción o deterioro (se pretende conocer esas condiciones y establecer el margen)”.

“En cualquier caso, intentar definir un coeficiente de seguridad único para una presa es una utopía, pudiéndose afirmar que no existe una forma de medir la seguridad, sino de índices parciales que pueden ser utilizados para la cuantificación de la seguridad, como los habitualmente utilizados en el diseño de presas” (Soriano Peña & Escuder Bueno, 2008).

6.1.2 Riesgo

“El riesgo se define en base a tres conceptos: que puede pasar, como de probable es que pase y cuáles son sus consecuencias” (Kaplan, 1997). “En el análisis de riesgos aplicado a seguridad de presas, el que puede pasar se refiere al fallo de la presa. El cómo de probable es que pase es la combinación de la probabilidad de que se presenten unas determinadas cargas y la probabilidad condicional de rotura de la presa dadas dichas cargas. Por último, las consecuencias son aquellas que se derivan del fallo de la presa, incluyendo entre otras las consecuencias económicas y la pérdida de vidas” (Tomo 1, Guía Técnica de Explotación de Presas y Embalses, 2012).

“El riesgo es una medida de probabilidad y severidad de un evento que tiene efectos adversos sobre los elementos que componen la obra. Es estimado mediante la combinación de las esperanzas matemáticas de los escenarios, probabilidades de ocurrencia y sus consecuencias” (G. de Membrillera Ortuño et al., 2005) “el entendimiento de ambos factores (probabilidad de ocurrencia y consecuencias), explica de por sí como el riesgo es un concepto dinámico, dado que los factores que lo integran varían inexorablemente con el tiempo” (Escuder, Matheu, & Castillo, 2010).

6.1.2.1 Escenarios de solicitud

Se establece en (G. de Membrillera Ortuño et al., 2005) que para la obtención del riesgo de una presa, es habitual desagregar el cálculo en varios escenarios, según el evento de solicitud que inicia el fallo. Una presa puede fallar por ejemplo cuando se enfrenta a una avenida o cuando se enfrenta a un sismo y es conveniente realizar dichos cálculos por separado en lo que se conoce como escenario de solicitud. Los escenarios de solicitud más habituales son (ANCOLD, Guidelines on Risk Assessment, 2003):

- Escenario normal
- Escenario hidrológico
- Escenario sísmico

6.1.2.1.1 Modo de fallo

“Se define un modo de fallo como la secuencia particular de eventos que puede dar lugar a un funcionamiento inadecuado del sistema presa – embalse o una parte del mismo. Esta serie de sucesos se asocia a un determinado escenario de solicitud y tiene una secuencia lógica, la cual consta de un evento inicial desencadenante, una serie de eventos de desarrollo o propagación y culmina con el fallo de la presa” (SPANCOLD, Tomo 1, 2012).

Según el objetivo del análisis, se restringe la definición de modo de fallo a aquellos que impliquen la pérdida de vidas humanas o cualquier modo de fallo con potencial para causar cualquier tipo de daño (económicos, sobre la vida humana, etc.).

6.1.2.1.2 Gráfico fN

“Un gráfico fN es una forma de representar el riesgo. En él se representa en el eje vertical la probabilidad de rotura (f) y en el horizontal las consecuencias (N). Así, el riesgo sería la dimensión que combina los dos ejes, es decir el riesgo sería menor en la esquina inferior izquierda y crecería en dirección a la esquina superior derecha” (SPANCOLD, Tomo 1, 2012).

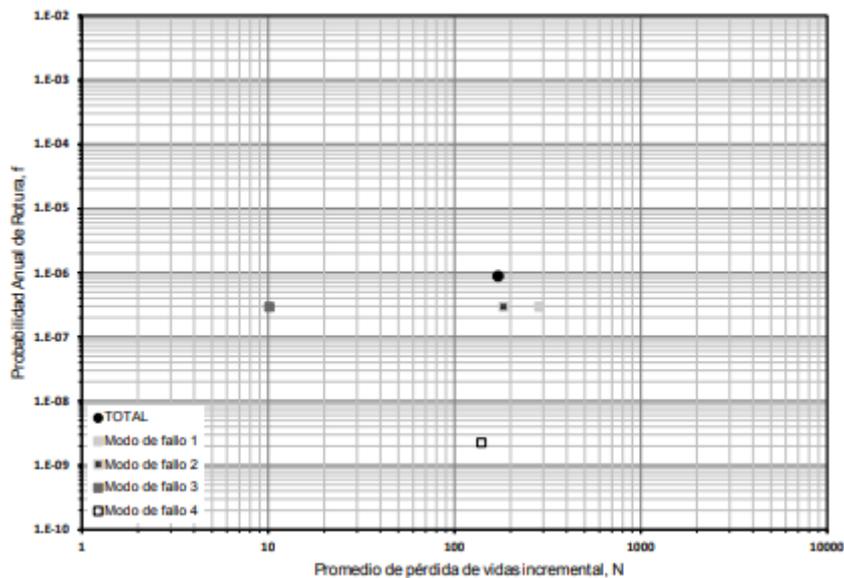


Figura 6. 1. Ejemplo de grafico fN.

6.1.2.1.3 Gráfico FN

“Una de las representaciones más extendidas del riesgo son los gráficos FN, que no son más que la forma acumulada de los gráficos fN. De esta forma, en lugar de puntos discretos se tiene una

curva, donde el eje horizontal presenta las consecuencias (**N**) y el eje vertical representa la probabilidad de que se superen dichas consecuencias (**F**). A pesar de su uso extendido, las curvas FN tienen algunos inconvenientes como que su interpretación es más compleja que los gráficos fN, se ha demostrado que pueden ser una forma inconsistente de fijar recomendaciones de tolerabilidad” (SPANCOLD, Tomo 1, 2012).

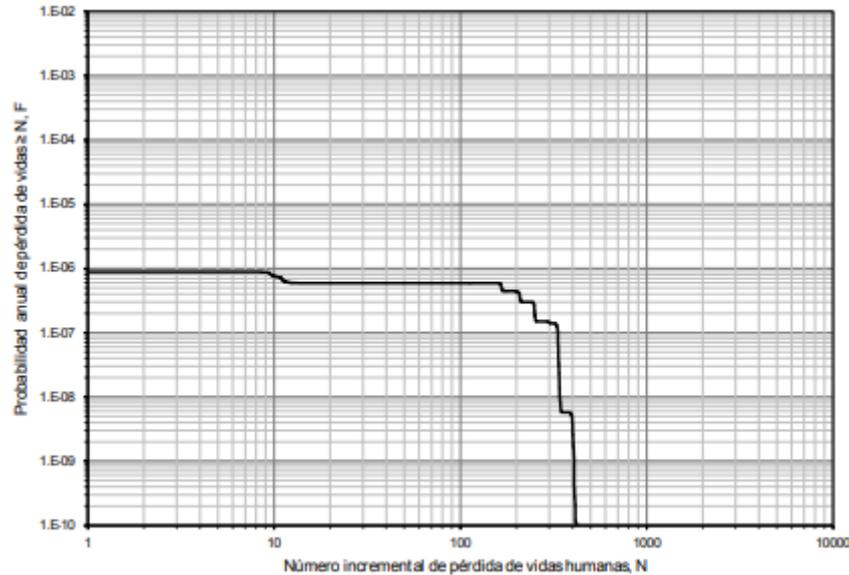


Figura 6. 2. Ejemplo de gráfico FN.

6.2 Criterios de tolerabilidad para el riesgo de inundación

“La evaluación de riesgo es el proceso por el cual se evalúa la importancia del riesgo asociada a la rotura de una presa. La fase de evaluación de riesgo es el punto en que los juicios y los valores se introducen en el proceso de decisión (implícita o explícitamente) al incluir la consideración de la importancia de los riesgos estimados” (Bulletin 130, International Commission on Large Dams, 2005).

Para servir como base a la evaluación de riesgo, el (U.K Health and Safety Executive (HSE), 2001) estableció los conceptos de riesgo inaceptable, tolerable y ampliamente aceptable, conceptos en los que se basan en gran medida la mayoría de las recomendaciones de tolerabilidad internacionales.

- **Riesgo inaceptable (unacceptable risk)** es aquel que la sociedad no puede aceptar, independientemente de los beneficios que pueda reportar.
- **Riesgo tolerable (tolerable risk)** es aquel con el que la sociedad está dispuesta a convivir obteniendo a cambio ciertos beneficios como contrapartida. Es un riesgo que no se considera despreciable y que por lo tanto no se puede ignorar, que es adecuadamente gestionado y vigilado por el propietario y que es reducido si ello es factible.
- **Riesgo ampliamente aceptable (broadly acceptable risk)** es aquel que en general puede ser considerado como insignificante y adecuadamente controlado. Sin embargo, los riesgos asociados a las presas, debido al gran potencial de consecuencias que suelen tener, no suelen poder ser clasificados en esta categoría.

Si dividimos en regiones los tres conceptos, (Escuder et al., 2010) explica que la primera región sería la de no aceptación. La segunda región es el rango de tolerabilidad, donde el riesgo se encuentra bajo el límite de tolerabilidad. En esta región el riesgo debe ser analizado ya que solo es aceptado por la sociedad si cumple el principio de ALARP (tan bajo como sea razonablemente posible). Por lo tanto el riesgo solo es tolerable si su reducción es impracticable o si los costes de

su reducción son desproporcionados. Por último, la región de amplia aceptación comprende el riesgo que puede ser considerado insignificante.

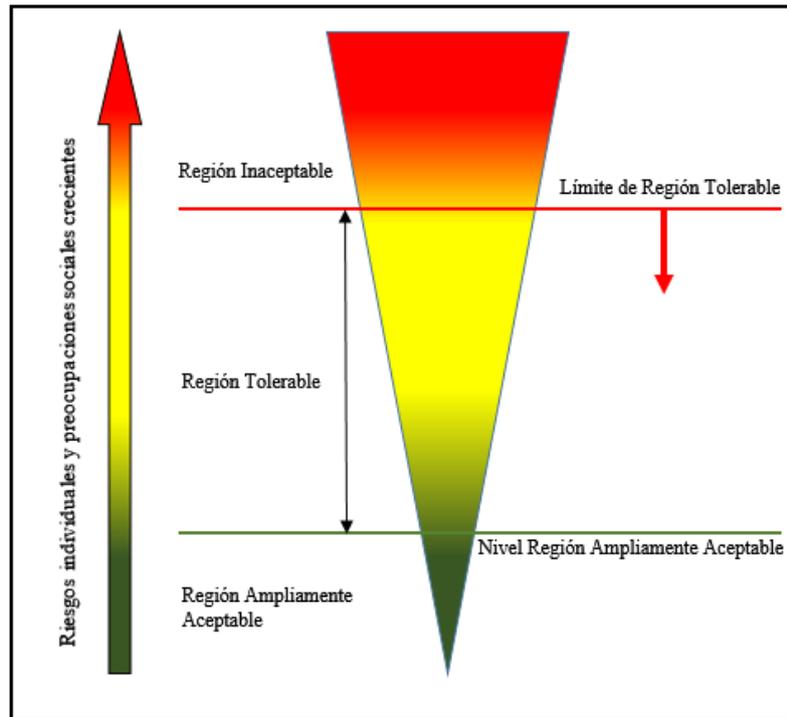


Figura 6. 3. Marco de referencia del HSE para la tolerabilidad del riesgo (traducido de (HSE,2001)).

“La equidad y eficiencia son dos conceptos importantes en la evaluación del riesgo. Equidad es el derecho que tienen todos los ciudadanos a ser tratados de manera justa, sin discriminación a favor o en contra de ninguno de ellos y eficiencia se refiere a la necesidad de emplear los recursos limitados para reducir los riesgos lo más posible” (SPANCOLD, Tomo 1, 2012). La interpretación de este concepto deja ver que ningún ciudadano puede exponerse a altos riesgos, y que la equidad está relacionada con el riesgo individual mientras que la eficiencia intenta disminuir el riesgo social.

6.3 Justificación de la necesidad de la gestión del riesgo de inundación en República Dominicana

Según el estudio realizado por el Banco Mundial dentro de su proyecto de (Gestión de desastres y recuperación de emergencia en la República Dominicana), donde se realizó la revisión de la seguridad mediante análisis de modos de fallo potenciales de “El complejo Nizao”, el cual está compuesto por las Presas Jagüey-Aguacate-Valdesia-Las Barias y el Canal de Irrigación Marcos A. Cabral, en la provincia de Peravia, con el objetivo de identificar los aspectos clave con repercusión sobre la seguridad de las presas analizadas para poder definir las medidas de reducción de riesgo más eficaces.

En este estudio se identificaron acciones a corto, mediano y largo plazo de actuaciones orientadas a la mejora en las condiciones de seguridad de las presas, la gestión de la seguridad de presas se fundamentan en tres pilares fundamentales (Altarejos García & Serrano Lombillo, 2012d):

- El entendimiento, la identificación y evaluación de todos aquellos componentes del riesgo:
 - a) Las amenazas: hidrológicas, sísmicas, tecnológicas o antrópicas.

- b) La respuesta del sistema presa-embalse: operatividad, resistencia, estabilidad, etc.
- c) Las consecuencias del fallo, y del “no-fallo”: sociales, económicas, ambientales, culturales, etc.
 - El planteamiento, definición y ejecución de medidas de mitigación o control del riesgo (medidas estructurales y no estructurales).
 - El aseguramiento de una buena gobernanza, de manera que los distintos actores implicados estén bien informados, cumplan con sus roles con independencia, se comuniquen entre ellos generen confianza entre ellos y hacia la sociedad a través de un proceso de toma de decisiones robusto y transparente.

Por lo que la necesidad de la gestión del riesgo de inundación en la República Dominicana es de gran importancia, así como sus implicaciones no solo ingenieriles sino sociales, culturales, educacionales y de comunicación son las razones que justifican la metodología de análisis y evaluación de riesgos, con la intención de priorizar las inversiones, las necesidades de investigación y planificar las actuaciones encaminadas a reducir los riesgos.

6.4 Importancia de reglamentos, normativas y guías técnicas para la gestión del riesgo de inundación en República Dominicana.

El análisis y evaluación de riesgos de presas se debe a la importancia que tienen estas en términos de protección frente a inundaciones junto a su potencial para afectar vidas humanas, como a la economía, el medio ambiente o el patrimonio.

La disposición de una arquitectura legal como son las Directivas Europeas (y sus equivalentes en otras partes del mundo) que trascienden más allá de los códigos y reglamentos de seguridad específicos de cada país (por ejemplo, en España, el título VII del Real Decreto 9/2008, sobre seguridad de presas, embalses y balsas) constituye un importante refuerzo para implantar una gestión de la seguridad que incorpore todo tipo de riesgos y un amplio espectro de infraestructuras (SPANCOLD, Tomo1, 2012).

Las siguientes legislaciones y normativas, reconocen la utilidad del análisis de riesgo como herramienta de gestión:

- Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones (BOE de 14 de Febrero de 1995), donde se realiza el conocimiento efectivo de la doble componente del riesgo de inundación (probabilidad de ocurrencia y consecuencias) a nivel legislativo, la trascendencia de dicha norma consiste en el reconocimiento explícito de la componente consecuencias como un factor determinante en el riesgo de inundación.
- Directiva Europea 2007/60/EC de Evaluación de Riesgos de Inundación, la cual considera que las inundaciones pueden ser causadas por un amplio rango de amenazas como son la propia lluvia, las crecidas fluviales, las tormentas o colapso de las estructuras de protección, sobre las que hay que considerar los impactos del cambio climático.
- Reglamento del Dominio Público Hidráulico (RD 16 de Enero 2008), donde se reconoce la necesidad de contemplar la gestión del riesgo como un elemento fundamental de la Seguridad de las presas.
- Real Decreto 903/2010, Evaluación y gestión de riesgos de inundación (de 9 de Julio), este constituye la trasposición al ámbito español de la mencionada Directiva Europea de Inundaciones 2007/60/EC.

Uno de los aspectos destacados en (Altarejos García & Serrano Lombillo, 2012d) es que no existe una legislación específica que regule la seguridad de presas. Tampoco se encontraron recomendaciones o guías de buena práctica, cuya utilización sea la referencia a aplicar en para el

proyecto, ejecución y explotación de las presas. Por lo que es de gran importancia establecer un marco normativo de carácter técnico.

6.5 Análisis y evaluación del riesgo de inundación por rotura de presas

Las carencias que existen en el desarrollo de técnicas de análisis de riesgo que lleven a cabo una gestión efectiva surgen según (Escuder et al., 2010) a partir de una serie de condicionantes que se expresan a continuación:

- *El envejecimiento del parque de presas, así como la diferencia entre el conocimiento ingenieril actual y el existente cuando estas fueron diseñadas y construidas.*
- *La demanda de mayores niveles de seguridad para la población y los bienes ubicados aguas debajo de las presas.*
- *La creciente demanda respecto de una mejor justificación del uso de los fondos públicos, incluyendo los programas de seguridad de presas.*
- *La necesidad de priorizar acciones correctoras para seguir la mayor y más rápida reducción de riesgos posibles.*
- *La práctica imposibilidad de construcción de nuevas estructuras por aspectos fundamentalmente sociales y medioambientales.*
- *La necesidad de optimizar la gestión de sistemas de recursos hídricos así como de aumentar la capacidad de regulación de los mismos para dar respuesta a una situación de aparente incremento de eventos climáticos extremos (avenidas).*

“El Análisis de Riesgo es una herramienta útil para la toma de decisiones, ya que permite integrar toda la información referente a la seguridad de la presa que se analiza por separado en otros documentos. Al realizar un análisis de riesgo se confecciona un modelo global de la presa que incluye desde las solicitaciones (hidrológicas, sísmicas o cualquier otra) hasta las consecuencias, pasando por la respuesta del sistema. Este modelo de riesgo se nutre de la información que proporcionan los distintos documentos de seguridad de la presa y que se encuentra en su archivo técnico. Algunos de los documentos más relevantes son” (SPANCOLD, Tomo 1, 2012):

- Plan de emergencia
- Normas de explotación
- Informes anuales
- Revisión de la seguridad
- Informes de comportamiento

Deben realizarse visitas de campo, para rectificar la información de los documentos. “Una vez confeccionado del modelo e introducida la información propia de la presa, es posible evaluar la importancia que cada una de estas cuestiones tiene y la comparaciones con recomendaciones internacionales de tolerabilidad de riesgo permiten contextualizar el estado actual de la presa, este proceso se denomina Evaluación de riesgo” (SPANCOLD, Tomo 1, 2012).

6.5.1 Procesos del análisis de riesgo.

Para el planteamiento de los pasos que consta el análisis de riesgo se sigue el esquema propuesto por (CICCP, 2012) (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.), en la guía técnica de Análisis de Riesgo Aplicado a la Gestión de Seguridad de Presas y Embalses.

Las fases a considerar para el análisis del riesgo de inundación son:

- **Fase I:** *Esta fase consiste como en cualquier otro tipo de estudio en determinar su alcance, objetivos y plazos. En esta fase previa también se debe conformar el equipo de profesionales que formara parte del análisis y que deberá incluir al gestor de la presa. También es muy positiva la posibilidad de contar con algún revisor externo.*

- **Fase II:** Esta fase es relevante en un Análisis de Riesgo. No se trata únicamente de recopilar información, sino que dicha información es discutida en una o varias sesiones de grupo. La puesta en valor, estructuración y revisión de la información del archivo técnico es uno de los beneficios inmediatos de realizar un análisis de riesgo.
- **Fase III:** En esta fase se debe realizar una inspección de la presa, para comprobar su estado actual e identificar posibles problemas en ella.
- **Fase IV:** La visita de campo se concluye con una discusión en grupo sobre el estado actual de la presa.

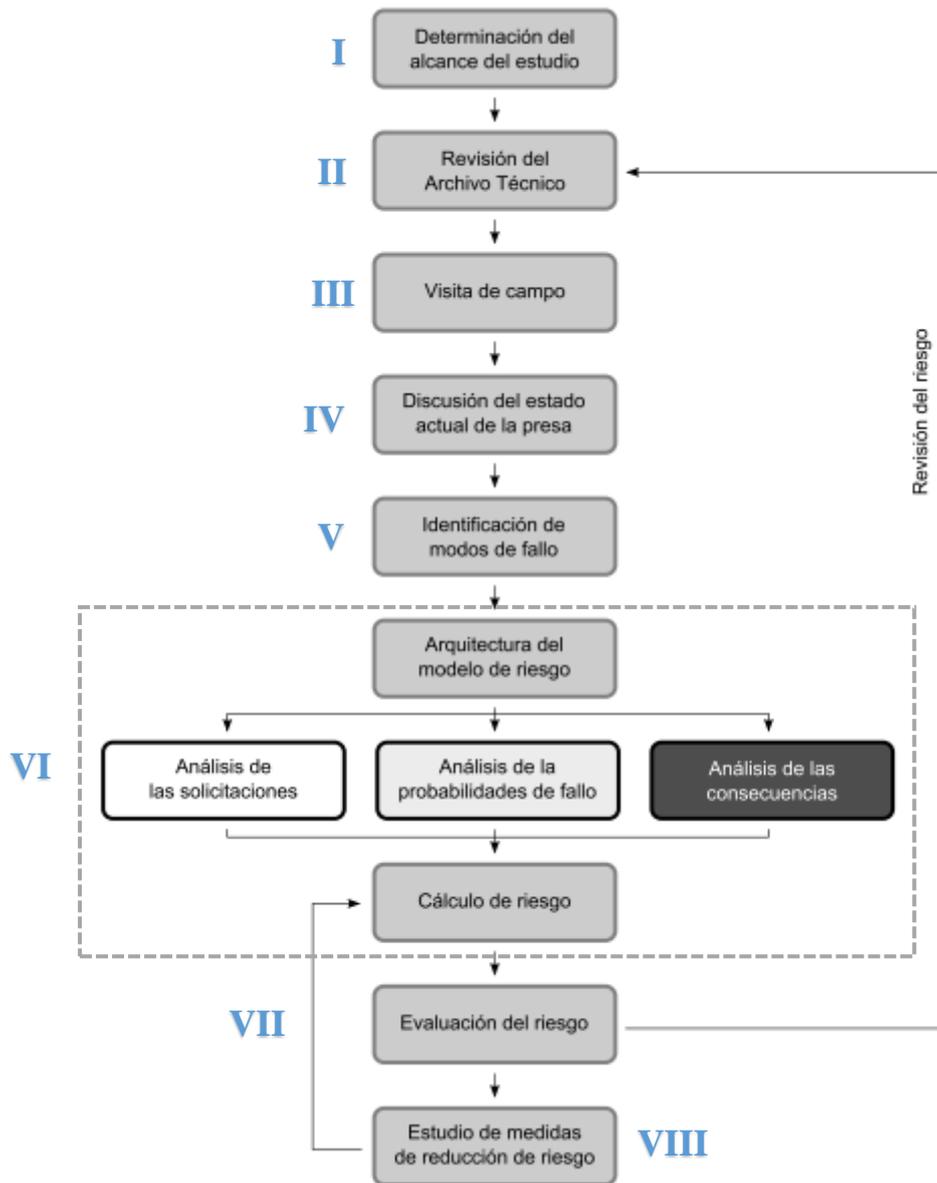


Figura 6. 4. Esquema del proceso de Análisis de Riesgo.

- **Fase V:** La fase de identificación de los modos de fallo es un proceso que se realiza en grupo y que se trata de identificar, describir y estructurar todas las posibles formas en que la presa puede fallar.
- **Fase VI:** Esta fase del análisis de riesgo está compuesta por la arquitectura del modelo, el análisis de las solicitaciones, las probabilidades de fallo, consecuencias y el cálculo de riesgo, estas fase se conoce como modelo de riesgo cuantitativo.

- a) **Arquitectura del modelo de riesgo:** La primera fase del modelo de riesgo es definir su arquitectura. Al definir la arquitectura se decide que variables se van a incluir en el modelo y cuáles van a ser sus relaciones, las tres arquitecturas genéricas por lo general suelen ser escenario normal, hidrológico y sísmico.
- b) **Análisis de las solicitaciones:** El modelo de riesgo parte de un evento inicial que provoca las cargas a las que es sometida una presa. En el escenario hidrológico este evento es una avenida, y en el escenario normal no hay evento inusual que desencadene la rotura.
- c) **Análisis de la probabilidad de fallo:** El estudio de las probabilidades de fallo es una de las piezas necesarias para alimentar el modelo de riesgo una vez su arquitectura ha sido definida. Una vez definidos los modos de fallo se deben estimar las probabilidades de cada uno de ellos, para esto se utilizan varias herramientas, como son (las técnicas de fiabilidad, el juicio experto y el uso de metodologías específicas como las técnicas Monte Carlos o las tablas de estandarización de descriptores verbales).
- d) **Análisis de las consecuencias:** Es necesaria una cuantificación de los daños derivados de una posible rotura de la presa. El análisis de consecuencias consta de tres partes: estimación de caudales de rotura, estudio de inundación y estimación de consecuencias.
- e) **Cálculo del riesgo:** una vez se tienen todas las entradas al modelo de riesgo, se lleva a cabo el cálculo de riesgo, los resultados a obtener del cálculo son todos aquellos que puedan ser útiles para caracterizar la presa: probabilidad de fallo, pérdida de vidas anualizadas, pérdidas económicas anualizadas, consecuencias mínimas y máximas, curvas fN y curvas FN .
- **Fase VII:** La fase de evaluación del riesgo consiste en responder a la pregunta de si los riesgos existentes son tolerables.
 - **Fase VIII:** En la fase de estudio de medidas de reducción del riesgo, se deben aplicar las medidas que se estimen oportunas, este proceso se debe actualizar y revisar en el tiempo al ir cambiando las condiciones de la presa.

6.5.2 Arquitectura y cálculo del modelo de riesgo

Una vez calculados todos los inputs al modelo de riesgo sólo queda definir la arquitectura del mismo para poder realizar los cálculos. El software iPresas Calc permite calcular el riesgo en una presa mediante la utilización de un árbol de eventos y su diagrama de influencia, lo que permite una aproximación muy compacta para especificar modelos de riesgo (ipresas Risk Analysis, n.d.). iPresas HidSimp es una versión simplificada del software diseñada para realizar de una manera simple el cálculo del riesgo incremental por rotura por sobrevertido en una presa, así como el riesgo en términos económicos y en pérdidas de vidas. El programa plantea un modelo de riesgo con un diagrama de influencia prefijado, que se compone de la siguiente manera:

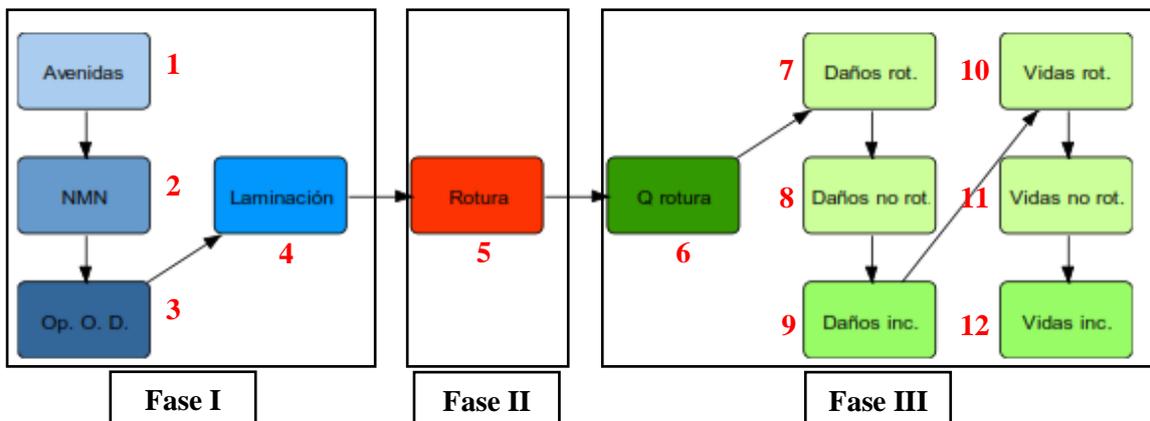


Figura 6. 5. Diagrama de influencia establecido para el cálculo del riesgo hidrológico. Fuente: Manual de Usuario iPresas Hidsimp.

El diagrama está compuesto por tres partes, las cuales se definen a continuación:

- **Fase I**, está compuesto por las cargas, estas tienen como objetivo definir el nivel de agua alcanzado en el embalse en función de la operatividad de los órganos de desagüe, el nivel de partida y la avenida de entrada. Los nodos que incluye esta parte del modelo son los siguientes:
 - **1. Avenidas:** define el rango de los periodos de retorno de la avenida que se van a considerar.
 - **2. NMN:** Define el nivel de partida en el embalse cuando llega la avenida. Para simplificar el cálculo se toma el Nivel Máximo Normal.
 - **3. Op. O.D.:** Este nodo permite insertar los órganos de desagüe disponibles en la presa y la fiabilidad de cada uno de ellos en función de su estado.
 - **4. Laminación:** Este nodo es el que permite obtener el nivel máximo alcanzado en la presa en función del nivel de partida cuando llega la avenida, el periodo de retorno de esta y el funcionamiento o no de los órganos de desagüe.

- **Fase II**, se refiere a la respuesta del sistema. Esta parte está compuesta por un solo nodo:
 - **5. Rotura:** Este nodo introduce la probabilidad de rotura de la presa por sobrevertido en función del nivel del embalse. Para este cálculo el programa utiliza las curvas que relacionan la probabilidad de fallo con la altura de sobrevertido. En esta parte se tiene que definir el tipo de presa y el nivel de coronación.

- **Fase III**, el programa calcula las consecuencias incrementales producidas por la rotura de la presa. Esta parte está compuesta por los siguientes nodos:
 - **6. Q rotura:** Este nodo permite obtener el caudal pico de rotura en función del nivel máximo alcanzado en el embalse.
 - **7. Daños rot.:** En este nodo se introduce la relación entre el caudal pico de rotura y las consecuencias económicas producidas por la rotura.
 - **8. Daños no rot.:** En este nodo se introduce la relación entre el caudal pico laminado y las consecuencias económicas producidas por este caudal.
 - **9. Daños inc.:** Este nodo permite calcular las consecuencias económicas incrementales y las consecuencias económicas producidas por este caudal.
 - **10. Vidas rot.:** En este nodo se introducen la relación entre el caudal pico de rotura y la pérdida de vidas por la rotura.
 - **11. Vidas no rot.:** En este nodo se introduce la relación entre el caudal pico laminado y la pérdida de vidas producida por este caudal.
 - **12. Vidas inc.:** Este nodo permite calcular la pérdida de vidas incremental a partir de los datos introducidos en los nodos (Vidas rot.) y (Vidas no rot.).

6.6 Planteamiento para posible aplicación de modelo de riesgo por rotura por sobrevertido a presas de la República Dominicana.

Se planteará a continuación los componentes del modelo de riesgo a partir del manual de usuario del complemento del programa iPresas, HidSimp (iPresas Risk Analysis, n.d.), explicando los datos que deberían introducirse, en cada uno de los nodos de las partes del diagrama de influencia establecido para el cálculo del riesgo hidrológico simplificado. Y así poder obtener el cálculo del riesgo incremental por rotura por sobrevertido en una presa. Los sistemas de presas en la República Dominicana, tienen carencias en la gestión documental, en las actividades de inspección, monitorización, mantenimiento y operación, por lo que en este apartado se darán a conocer estas carencias y se plantearán medidas para que se pueda realizar de una forma clara y sencilla el cálculo del riesgo incremental por rotura por sobrevertido en las presas.

6.6.1 Fase I

Está compuesto por las cargas, a continuación se detalle los datos que requiere cada nodo:

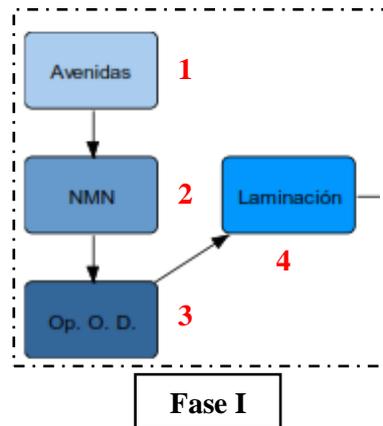


Figura 6. 6. Fase I, diagrama de influencia establecido para el cálculo del riesgo hidrológico.
Fuente: Manual de Usuario iPresas Hidsimp.

1. Avenidas

En esta parte se introducen los periodos mínimos y máximos de las avenidas consideradas en el análisis.

Las variables que participan en este nodo son las siguientes:

- **T mín:** Indica el valor del periodo de retorno mínimo que se va a considerar en los cálculos para estimar la probabilidad de rotura por sobrevertido.
- **T máx:** Indica el valor del periodo de retorno máximo que se va a considerar en los cálculos para estimar la probabilidad de rotura por sobrevertido.

2. NMN

La función de este nodo es introducir el nivel al que se encuentra el embalse en el momento en el que llega la avenida. Cuando se realiza el cálculo de riesgo por sobrevertido simplificado una recordación que se plantea en el Manual de Usuario iPresas HidSimp (ipresas Risk Analysis, n.d.) Es utilizar directamente el Nivel Máximo Normal (NMN).

Este nodo contiene una única variable que es la siguiente:

- **NMN:** Indica el valor del nivel previo al que se encuentra el embalse cuando llega la avenida.

3. Op. O.D. (Operatividad de Órganos de Desagüe)

La operatividad de un órgano de desagüe es el número de elementos de un órgano que funcionara correctamente cuando es necesaria su utilización para laminar una avenida. Mediante este nodo se introduce al modelo la fiabilidad de cada uno de los órganos de desagüe de los que dispone la presa y que pueden ser utilizados para la laminación de una avenida. Los valores de probabilidad de la operatividad son estimados a partir de la fiabilidad individual de cada órgano de desagüe siguiendo una distribución binomial. El programa iPresas HidSimp a partir de los valores habituales de la fiabilidad propone algunos valores estandarizados que varían en función del estado del órgano de desagüe, como se muestra en la tabla (**Tabla 17**).



Tabla 17. Valores de fiabilidad estandarizados, varían en función del estado del órgano de desagüe. Fuente: Elaboración propia

95%	Cuando se trata de un órgano de desagüe nuevo o muy bien mantenido.
85%	Cuando es un órgano de desagüe bien mantenido pero que ha tenido algún problema menor.
75%	Cuando se trata de un órgano de desagüe con algún problema.
50%	Cuando el uso del órgano de desagüe para laminar es poco fiable.
0%	Cuando se trata de un órgano de desagüe nada fiable o que nunca ha sido utilizado.

Las variables que participan en este nodo son las siguientes:

- **Numero:** Indica el número de elemento de los que consta cada órgano de desagüe.
- **Fiabilidad:** Define la fiabilidad para cada órgano de desagüe en función de su estado.

4. Laminación

En este nodo se introducen los resultados obtenidos al simular la laminación en el embalse para las avenidas consideradas en el estudio. Los resultados que necesita el modelo de riesgo son el nivel máximo alcanzado en el embalse al laminar las avenidas y el caudal laminado máximo. Para poder introducir los datos en este nodo es necesario haber realizado previamente los cálculos de la laminación en el embalse de los órganos de desagüe utilizados para la laminación. Para cada una de estas combinaciones debe calcular el nivel máximo alcanzado en el embalse y el caudal laminado máximo.

Las variables que participan en la laminación de avenida son las siguientes:

- **PAE:** Indica la probabilidad anual de excedencia de las avenidas consideradas.
- **NMN:** Indica el nivel de partida en el embalse cuando llega la avenida.
- **Op (Operatividad de órganos de desagües):** Indican el número de vanos o conductos de cada órgano de desagüe que han sido considerados operativos en cada uno de los cálculos de laminación.
- **NMax:** Indica el nivel máximo obtenido en el embalse por la entrada de la avenida para cada laminación realizada.
- **Qlam:** indica el caudal máximo laminado obtenido al modelizar en cada caso la laminación de la presa. Este caudal es la suma del caudal laminado a través de todos los órganos de desagüe más el caudal de agua que pasa por encima de la presa en caso de sobrevertido.

La simulación de la laminación en el embalse para las avenidas consideradas en el estudio, debe contener cada una de las variables mencionadas y organizadas en una hoja de cálculo realizada con Microsoft Excel, para poderlas cargar en el programa.

6.6.2 Fase II

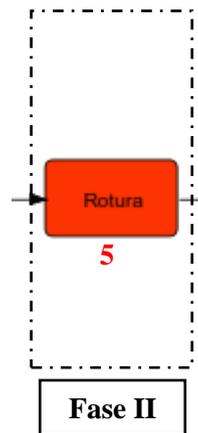


Figura 6. 7. Fase II, diagrama de influencia establecido para el cálculo del riesgo hidrológico. Fuente: Manual de Usuario iPresas Hidsimp.

5. Rotura

Este nodo debe introducirse el nivel de coronación, a partir del cual se produce el sobrevertido. Para el cálculo de esta probabilidad se utilizan curvas estandarizadas según el tipo de presa, basadas en bibliografía sobre sobrevertido y juicio de experto. Estas curvas estiman la probabilidad de fallo en función de la altura de sobrevertido. En la figura se muestran las curvas según el tipo de presa.

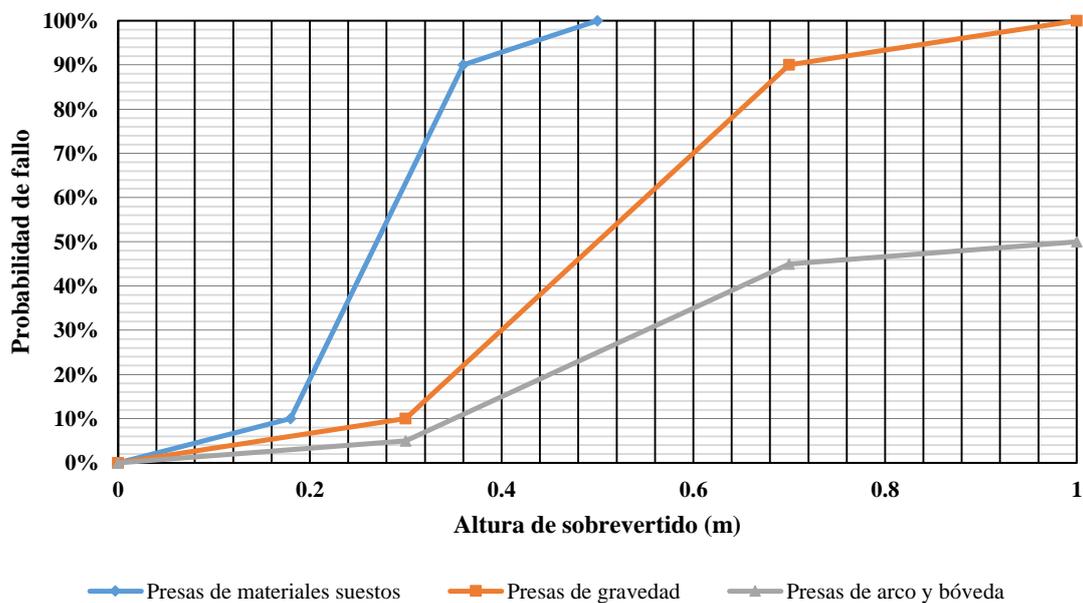


Figura 6. 8. Curvas que relacionan la probabilidad de rotura con la altura de sobrevertido para cada tipo de presa. Fuente: Manual de Usuario iPresas Hidsimp.

Las variables que participan en este nodo son las siguientes:

- **N. coronación:** Indica el valor de coronación del embalse.
- **Tipo de presa:** Se especifica qué tipo de presa es.

En esta parte debe especificarse el que tipo de presa es la presa a la que se realiza el estudio (materiales sueltos, gravedad o arco/bóveda), para determinar qué tipo de curva de fallo por sobrevertido debe usarse.

6.6.3 Fase III

El programa calcula las consecuencias incrementales producidas por la rotura de la presa. A continuación se detallaran los datos requeridos en cada nodo que compone esta parte.

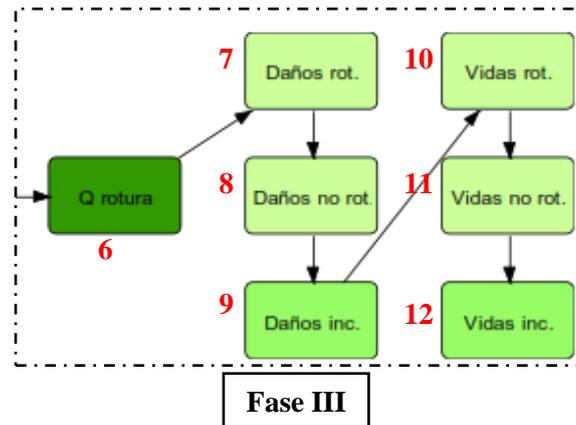


Figura 6. 9. Fase III, diagrama de influencia establecido para el cálculo del riesgo hidrológico. Fuente: Manual de Usuario iPresas Hidsimp.

6. Q Rotura

En este nodo se calcula el caudal pico de rotura producido cuando la presa rompe por sobrevertido a partir del nivel máximo alcanzado por el agua. El nivel de la cimentación de la presa, el nivel de agua en el embalse para el que se ha calculado el valor del caudal pico de rotura y el caudal pico de rotura calculado cuando la presa rompe con el embalse en el nivel de referencia son datos que deben ser introducidos en este nodo.

Las variables que participan en este nodo son las siguientes:

- **N. cimiento:** Indica el nivel de la cimentación de la presa.
- **N. referencia:** Indica el nivel de agua en el embalse para el que se ha calculado el valor del caudal pico de rotura.
- **Q referencia:** Indica el caudal pico de rotura calculado cuando la presa rompe con el embalse en el nivel de referencia.

7. Daños rot. (Daños Rotura)

Este nodo estima las consecuencias económicas de rotura de la presa a partir del caudal de rotura, que se calcula en el nodo **Q rotura**, en este nodo relaciona las consecuencias económicas y el caudal pico de rotura.

Esta relación puede ser obtenida aplicando las diferentes metodologías para la estimación de pérdidas económicas por rotura de presa, en su mayoría estas estimaciones están basadas en los trabajos de Kates (Escuder et al., 2010) . Como se expone en (Booyesen, Viljoen, & Villiers, 1999), Kates propone una síntesis para el cálculo de pérdidas económicas por rotura de presa. Se necesitan cuatro conjuntos de información básica como entrada para el proceso de simulación:

- Mapas de ubicación que pueden utilizarse para dar una descripción de la región durante el periodo objeto de investigación, y obtener la ubicación de las propiedades que pueden

resultar afectadas, también debe especificarse el tamaño y la valoración económica de cada estructura.

- Mapas hidrológicos, para definir la llanura de inundación y para determinar las profundidades de las inundaciones y las diferentes características de la inundación.
- Asignación de unidades de daño que puedan ser utilizados para el cálculo de daños en los componentes de la estructuras.
- Una función de adaptación que refleje las medidas tomadas para evitar los daños por inundación, como resultado de un proceso de capacitación, cambio y la actualización de información.

Tras haber calculado la relación existente entre el caudal pico de rotura y las consecuencias económicas, esta relación debe ser introducida al programa a través de una hoja de cálculo realizada con Microsoft Excel.

Las variables que participan en el archivo son las siguientes:

- **Qrot:** Indica los valores de caudal pico de rotura para los que se han obtenido las consecuencias económicas por inundación.
- **Danos_eco_si (Daños económicos si se produce la rotura):** Indica las consecuencias económicas asociadas a los diferentes caudales picos de rotura.

8. Daños no rot. (Daños no Rotura)

En este nodo, se estiman las consecuencias económicas de no rotura de la presa a partir del caudal máximo laminado calculado en la laminación. Por lo que, en este nodo se introduce una relación entre consecuencias económicas de no rotura de la presa y el caudal pico laminado. Para el cálculo de esta relación se utilizan diferentes metodologías para la estimación de pérdidas económicas por inundación.

Tras haber calculado la relación existente entre el caudal pico laminado y las consecuencias económicas de no rotura, esta relación debe ser introducida al programa a través de una hoja de cálculo realizada con Microsoft Excel.

Las variables que participan en el archivo son las siguientes:

- **Qlam:** Indica los valores de caudal pico laminado para los que se han obtenido las consecuencias económicas por inundación.
- **Danos_eco_no (Daños económicos si no se produce la rotura):** Indica las consecuencias económicas asociadas a los diferentes caudales máximos laminados.

9. Daños inc. (Daños incrementales)

En este nodo, se estiman las consecuencias económicas incrementales al restar las consecuencias económicas de rotura y de no rotura.

10. Vidas rot. (Vidas si se produce rotura)

En este nodo, se estima la pérdida de vidas de rotura de la presa a partir del caudal de rotura calculado en el nodo anterior **Daños inc.** Este nodo introduce una relación entre pérdida de vidas y caudal pico de rotura. Esta relación puede ser obtenida aplicando metodologías para la estimación de pérdida de vidas por rotura de presa.

Tras haber calculado la relación existente entre el caudal pico de rotura y la pérdida de vidas, esta relación debe ser introducida en el programa a través de una hoja de cálculo realizada con Microsoft Excel.

Las variables que participan en el archivo son las siguientes:

- **Qrot:** Indica los valores de caudal pico de rotura para los que se ha obtenido la pérdida de vidas por inundación.
- **Vidas_si (Pérdida de vidas si se produce la rotura):** Indica la pérdida de vidas asociada a los diferentes caudales picos de rotura.

11. Vidas no rot. (Vidas si no se produce rotura)

En este nodo, se estima la pérdida de vidas de no rotura de la presa a partir del caudal máximo laminado calculado en la laminación. Po lo que, este nodo introduce una relación entre pérdida de vidas de no rotura y caudal pico laminado. Esta relación se obtiene aplicando diferentes metodologías para la estimación de pérdida de vidas por inundación. En caso de que no se disponga de los datos, se puede utilizar la misma relación entre caudal y consecuencias obtenida para el caso de rotura.

Tras haber calculado la relación existente entre el caudal pico laminado y la pérdida de vidas de no rotura, esta relación debe ser introducida en el programa a través de una hoja de cálculo realizada con Microsoft Excel.

Las variables que participan en el archivo son las siguientes:

- **Qlam:** Indica los valores de caudal pico laminado para los que se ha obtenido la pérdida de vidas por inundación.
- **Vidas_no (Pérdida de vidas si no se produce la rotura):** Indica la pérdida de vidas asociada a los diferentes caudales máximos laminados.

12. Vidas inc. (Vidas incrementales)

En este nodo, se estiman las pérdidas de vidas incrementales al restar la pérdida de vidas de rotura y no rotura.

6.7 Inconvenientes para aplicación del modelo de riesgo por rotura por sobrevertido en las Presas de la Republica Dominicana.

En el estudio realizado al complejo de presas Nízao, se identificaron una serie de carencias de elementos que tienen relevancia en la gestión de la seguridad de la presa. Estos comprenden aspectos relativos a la gestión de información, las actividades de inspección, monitorización, mantenimiento y operación del sistema. La siguiente (**Tabla 18**), muestra los inconvenientes encontrados para poder aplicar el modelo de riesgo incremental por rotura por sobrevertido en una presa, así como el riesgo en términos económicos y en pérdidas de vidas.

Tabla 18. Inconvenientes para aplicación de modelo de riesgo en la Republica Dominicana.
Fuente: Elaboración propia.

Fases del Modelo	Nodos del Modelo	Variables	Inconvenientes
Fase I	Avenidas	T mín	• Ninguno.
		T máx	
	NMN	NMN	• No existe un procedimiento reglado y claro de las variables que se deben medir, que organismo lo debe hacer, y con qué frecuencia se debe realizar.

	Op. O.D.	Numero	<ul style="list-style-type: none"> Existen variables relevantes que no se miden durante la tormenta. Ninguno. 	
		Fiabilidad	<ul style="list-style-type: none"> Existen una carencia de planes o programas de mantenimiento. No existe un procedimiento que indique que organismo lo debe hacer. 	
	Laminación	PAE	<ul style="list-style-type: none"> Ninguno. 	
		NMN	<ul style="list-style-type: none"> No existe un procedimiento reglado y claro de las variables que se deben medir, que organismo lo debe hacer, y con qué frecuencia se debe realizar. Existen variables relevantes que no se miden durante la tormenta. 	
		Op	<ul style="list-style-type: none"> No existe un procedimiento que indique que organismo lo debe hacer. 	
		NMáx	<ul style="list-style-type: none"> No existe un procedimiento reglado y claro de las variables que se deben medir, que organismo lo debe hacer, y con qué frecuencia se debe realizar. 	
		Qlam	<ul style="list-style-type: none"> Ninguno. 	
	Fase II	Rotura	N. coronación	<ul style="list-style-type: none"> Ninguno.
			Tipo de presa	<ul style="list-style-type: none"> Ninguno.
	Fase III	Q Rotura	N. cimientto	<ul style="list-style-type: none"> Ninguno.
N. referencia			<ul style="list-style-type: none"> La información existente se encuentra dispersa y no esta ordenada. Se ha identificado en que existe información a la que no se tiene acceso. No existen archivo técnico digitalizado. 	
		Qreferencia	<ul style="list-style-type: none"> La información existente se encuentra dispersa y no esta ordenada. Se ha identificado en que existe información a la que no se tiene acceso. 	

			<ul style="list-style-type: none"> No existen archivo técnico digitalizado.
	Daños rot.	Qrot	<ul style="list-style-type: none"> Se ha identificado en que existe información a la que no se tiene acceso. No existen archivo técnico digitalizado.
		Danos_eco_si	<ul style="list-style-type: none"> Se desconoce la aplicación de metodologías para la estimación de pérdidas económicas por rotura de presa.
	Daños no rot.	Qlam	<ul style="list-style-type: none"> Ninguno.
		Danos_eco_no	<ul style="list-style-type: none"> Se desconoce la aplicación de metodologías para la estimación de pérdidas económicas por inundación.
	Daños inc.		
	Vidas rot.	Qrot	<ul style="list-style-type: none"> Se ha identificado en que existe información a la que no se tiene acceso. No existen archivo técnico digitalizado.
		Vidas_si	<ul style="list-style-type: none"> Se desconoce la aplicación de metodologías para la estimación de pérdidas de vidas por rotura de presa.
	Vidas no rot.	Qlam	<ul style="list-style-type: none"> Ninguno.
		Vidas_no	<ul style="list-style-type: none"> Se desconoce la aplicación de metodologías para la estimación de pérdidas de vidas por inundación.
	Vidas inc.		

6.8 Propuesta de actuaciones para aplicación del modelo de riesgo por rotura por sobrevertido en las Presas de la Republica Dominicana.

En este apartado se plantean acciones a corto, mediano y largo plazo orientadas a la mejora en las condiciones para poder aplicar modelos de riesgo a los presas de la Republica Dominicana. En vista de que se pueda aplicar en un futuro no muy lejano, el modelo de riesgo incremental por rotura por sobrevertido en las principales presas, así como el riesgo en términos económicos y en pérdidas de vidas.

Las acciones que se plantean son las siguientes:

- **Acciones a corto plazo:** Se trata de acciones cuyo inicio podría ser de inmediato, que podrían estar finalizadas en un año.

- **Acciones a mediano plazo:** Se trata de acciones cuyo inicio podría ser de inmediato, que podrían estar finalizadas en un intervalo de uno a tres años.
- **Acciones a largo plazo:** Se trata de acciones cuyo inicio podría ser de inmediato, que podrían estar finalizadas en un intervalo de cuatro a diez años.

Las acciones para cada variable del modelo de riesgo se plantean en la tabla (Tabla 19).

6.9 Propuesta de formulario para recolección de datos, para realización del modelo de riesgo por rotura por sobrevertido en las Presas de la Republica Dominicana.

El objetivo del siguiente formulario es el de tener una herramienta que sirva para identificar los datos que deben ser incluidos en el modelo de riesgo por rotura por sobrevertido en una presa, para que pueda unificarse la recolección de datos, para la posterior alimentación del modelo de riesgo.

DATOS REQUERIDOS PARA APLICACIÓN DE MODELO DE RIESGO																																									
Fecha: ____ / ____ / ____ <div style="display: flex; justify-content: space-around; font-size: small;"> _____ _____ _____ </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; font-size: x-small;"> _____ _____ _____ </div>																																									
Nombre de la presa																																									
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">Tipo de presa</td> <td><input type="checkbox"/> Materiales sueltos</td> <td><input type="checkbox"/> Gravedad</td> <td><input type="checkbox"/> Arco/bóveda</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>NMN¹</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>N. coronación²</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>N. cimiento³</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>N. referencia⁴</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Q. referencia⁵</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> </table>						Tipo de presa	<input type="checkbox"/> Materiales sueltos	<input type="checkbox"/> Gravedad	<input type="checkbox"/> Arco/bóveda			NMN¹						N. coronación²						N. cimiento³						N. referencia⁴						Q. referencia⁵					
Tipo de presa	<input type="checkbox"/> Materiales sueltos	<input type="checkbox"/> Gravedad	<input type="checkbox"/> Arco/bóveda																																						
NMN¹																																									
N. coronación²																																									
N. cimiento³																																									
N. referencia⁴																																									
Q. referencia⁵																																									
Órganos de desagüe																																									
Tipo de Órgano	Cantidad	Probabilidad de operatividad																																							
		<input type="checkbox"/> 95%	<input type="checkbox"/> 85%	<input type="checkbox"/> 75%	<input type="checkbox"/> 50%	<input type="checkbox"/> 0%																																			
		<input type="checkbox"/> 95%	<input type="checkbox"/> 85%	<input type="checkbox"/> 75%	<input type="checkbox"/> 50%	<input type="checkbox"/> 0%																																			
		<input type="checkbox"/> 95%	<input type="checkbox"/> 85%	<input type="checkbox"/> 75%	<input type="checkbox"/> 50%	<input type="checkbox"/> 0%																																			
		<input type="checkbox"/> 95%	<input type="checkbox"/> 85%	<input type="checkbox"/> 75%	<input type="checkbox"/> 50%	<input type="checkbox"/> 0%																																			
		<input type="checkbox"/> 95%	<input type="checkbox"/> 85%	<input type="checkbox"/> 75%	<input type="checkbox"/> 50%	<input type="checkbox"/> 0%																																			
		<input type="checkbox"/> 95%	<input type="checkbox"/> 85%	<input type="checkbox"/> 75%	<input type="checkbox"/> 50%	<input type="checkbox"/> 0%																																			
Observaciones																																									
<p>¹ Nivel Máximo Normal </p> <p>² Nivel de coronación.</p> <p>³ Nivel de la cimentación.</p> <p>⁴ Nivel del agua en el embalse, para el que se calcula el Q. referencia.</p> <p>⁵ Caudal pico de rotura.</p>																																									

Figura 6. 10. Formulario para recolección de datos requeridos para aplicación del modelo de riesgo. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19. Las acciones para cada variable del modelo de riesgo. Fuente: Elaboración propia.

Fases del Modelo	Nodos del Modelo	Variables	Acciones		
			Corto plazo	Mediano plazo	Largo Plazo
Fase I	Avenidas	T mín	<ul style="list-style-type: none"> Organizar en un archivo técnico toda la documentación existente, con respaldo digital. 	<ul style="list-style-type: none"> Mejorar y modernizar de las estaciones encargadas de recolectar las informaciones de las avenidas consideras en el análisis. 	<ul style="list-style-type: none"> Establecer un marco normativo, para la recolección de este tipo de datos.
		T máx			
	NMN	NMN	<ul style="list-style-type: none"> Organizar en un archivo técnico toda la documentación existente, con respaldo digital, de los niveles del embalse en las tormentas pasadas. Regulas las actividades de monitorización durante las tormentas. 	<ul style="list-style-type: none"> Mejora y modernización de los elementos encargados de medir el nivel del embalse. 	<ul style="list-style-type: none"> Establecer un marco normativo, para la recolección de este tipo de datos.
	Op. O.D.	Numero	<ul style="list-style-type: none"> Contabilizar los elementos de los que consta cada órgano de desagüe. 		
		Fiabilidad	<ul style="list-style-type: none"> Establecer la fiabilidad para cada órgano de desagüe en función de su estado. 	<ul style="list-style-type: none"> Mejorar y modernizar el sistema de establecimiento de fiabilidad de los órganos de desagüe. 	
	Laminación	PAE			
		NMN	<ul style="list-style-type: none"> Organizar en un archivo técnico toda la documentación existente, con respaldo digital, de los niveles del embalse en las tormentas pasadas. 	<ul style="list-style-type: none"> Mejora y modernización de los elementos encargados de medir el nivel del embalse. 	<ul style="list-style-type: none"> Establecer un marco normativo, para la recolección de este tipo de datos.

			<ul style="list-style-type: none"> Regulas las actividades de monitorización durante las tormentas. 		
		Op	<ul style="list-style-type: none"> Contabilizar los elementos de los que consta cada órgano de desagüe que han sido considerado operativos. 		
		NMáx	<ul style="list-style-type: none"> Organizar en un archivo técnico toda la documentación existente, con respaldo digital, de los niveles máximos del embalse en las tormentas pasadas. 	<ul style="list-style-type: none"> Mejora y modernización de los elementos encargados de medir el nivel del embalse. 	<ul style="list-style-type: none"> Establecer un marco normativo, para la recolección de este tipo de datos.
		Qlam	<ul style="list-style-type: none"> Organizar en un archivo técnico toda la documentación existente, con respaldo digital, de caudales que pasa por encima de la presa y por los órganos de desagüe, en las tormentas pasadas. 	<ul style="list-style-type: none"> Mejora y modernización de los elementos encargados de medir el caudal de los órganos de desagüe. 	<ul style="list-style-type: none"> Establecer un marco normativo, para la recolección de este tipo de datos.
Fase II	Rotura	N. coronación	<ul style="list-style-type: none"> Organizar en un archivo técnico toda la documentación existente y con respaldo digital. 		
		Tipo de presa	<ul style="list-style-type: none"> Organizar en un archivo técnico toda la documentación existente y con respaldo digital. 		

Fase III	Q Rotura	N. cimient	<ul style="list-style-type: none"> Organizar en un archivo técnico toda la documentación existente y con respaldo digital. 		
		N. referencia	<ul style="list-style-type: none"> Organizar en un archivo técnico toda la documentación existente y con respaldo digital. 	<ul style="list-style-type: none"> Identificar el nivel del agua del embalse para el que se ha calculado el valor del caudal pico de rotura. 	<ul style="list-style-type: none"> Establecer un marco normativo, para la recolección de este tipo de datos.
		Qreferencia	<ul style="list-style-type: none"> Organizar en un archivo técnico toda la documentación existente y con respaldo digital. 	<ul style="list-style-type: none"> Identificar el caudal pico de rotura calculado cuando la presa rompe con el embalse en el nivel de referencia. 	<ul style="list-style-type: none"> Establecer un marco normativo, para la recolección de este tipo de datos. Establecer planes de emergencias donde se tenga en cuenta esta variable.
	Daños rot.	Qrot	<ul style="list-style-type: none"> Organizar en un archivo técnico toda la documentación existente y con respaldo digital. 	<ul style="list-style-type: none"> Aplicación de modelos para la estimación de pérdidas económicas por rotura de presa. Identificar los caudales de rotura que se obtuvieron consecuencias económicas por inundación. Identificar las consecuencias económicas asociadas a los caudales de rotura. 	<ul style="list-style-type: none"> Establecer un marco normativo, para la recolección de este tipo de datos.
		Danos_eco_si			

	Daños no rot.	Qlam	<ul style="list-style-type: none"> Organizar en un archivo técnico toda la documentación existente, con respaldo digital, de caudales que pasa por encima de la presa y por los órganos de desagüe, en las tormentas pasadas. 	<ul style="list-style-type: none"> Aplicación de modelos para la estimación de pérdidas económicas por inundación. Identificar los caudales picos laminados para los que se obtuvieron consecuencias económicas por inundación. Identificar las consecuencias económicas asociadas a los caudales máximos laminados. 	<ul style="list-style-type: none"> Establecer un marco normativo, para la recolección de este tipo de datos.
		Danos_eco_no			
	Daños inc.				
	Vidas rot.	Qrot	<ul style="list-style-type: none"> Organizar en un archivo técnico toda la documentación existente y con respaldo digital. 	<ul style="list-style-type: none"> Aplicación de modelos para la estimación de pérdidas de vidas por rotura de presa. Identificar los caudales de rotura para los que se ha obtenido la pérdida de vidas por inundación. Identificar las pérdidas de vidas asociadas a los caudales de rotura. 	<ul style="list-style-type: none"> Establecer un marco normativo, para la recolección de este tipo de datos.
		Vidas_si			
	Vidas no rot.	Qlam	<ul style="list-style-type: none"> Organizar en un archivo técnico toda la documentación existente y con respaldo digital. 	<ul style="list-style-type: none"> Aplicación de modelos para la estimación de pérdidas de vidas por inundación. Identificar los caudales picos laminados, para los que se ha obtenido la pérdida de vidas por inundación. Identificar las pérdidas de vidas asociadas a los diferentes caudales máximos laminados. 	<ul style="list-style-type: none"> Establecer un marco normativo, para la recolección de este tipo de datos.
Vidas_no					
Vidas inc.					

6.10 Implantación del sistema de gestión de riesgo

Una vez desarrollado el modelo de riesgo de la presas del complejo Nizao, el siguiente paso será integrarlos en el proceso de toma de decisiones. Mediante estos se podrá evaluar qué inversión en la seguridad de la presa resulta más adecuado, a medida que se vaya actualizando, se podrá realizar un perfil de riesgo de la cuenca. Este sistema una vez implementado proporcionara las siguientes ventajas:

- Poder defender de forma más objetiva la necesidad de financiación para cualquier inversión en seguridad de presas.
- Poder seleccionar, en un contexto de limitación presupuestaria, aquellas medidas que sean más eficientes en la reducción de riesgo.
- Poder detectar cuáles son las presas y los modos de fallo que más riesgo y/o probabilidad de rotura están aportando al conjunto.
- Poder defender de forma justificada y transparente el proceso de toma de decisiones.

6.11 La fase de evaluación del riesgo

Aunque aún no se puede aplicar un modelo de gestión de riesgo a las presas en República Dominicana es importante conocer cuáles son las recomendaciones para evaluación del mismo, para que en un futuro próximo, una vez aplicado el modelo, se puedan fijar los límites cuantitativos. En la Guía Técnica de Explotación de Presas y Embalses (Análisis de Riesgo Aplicado a la Gestión de Seguridad de Presas y Embalses) (SPANCOLD, Tomo 1, 2012) se exponen las recomendaciones más empleadas actualmente, para fijar los límites cuantitativos a la hora de realizar un análisis de riesgo, estas recomendaciones has sido publicadas por diversos organismos internacionales.

No se debe asumir que las recomendaciones de tolerabilidad de una determinada organización sean directamente aplicables a otra, para países como Republica Dominicana donde no existen criterios legales o recomendaciones de tolerabilidad del riesgo, estas pueden ser una referencia útil.

Las recomendaciones más empleadas actualmente son los propuestos por los siguientes organismos (CICCP, 2012):

- **USBR (Unites States Bureau of Reclamation)**, es un organismo que ya cuenta con una larga trayectoria aplicando la metodología de Análisis de Riesgo. Ya en 2003 contaban con un documento con recomendaciones para evaluar la tolerabilidad del riesgo en sus presas. El USBR establece sus recomendaciones en base a:
 - a) La probabilidad anual de rotura (que efectos prácticos considera equivalente l riesgo individual).
 - b) El valor esperado de pérdida de vidas humanas (riesgo anual).

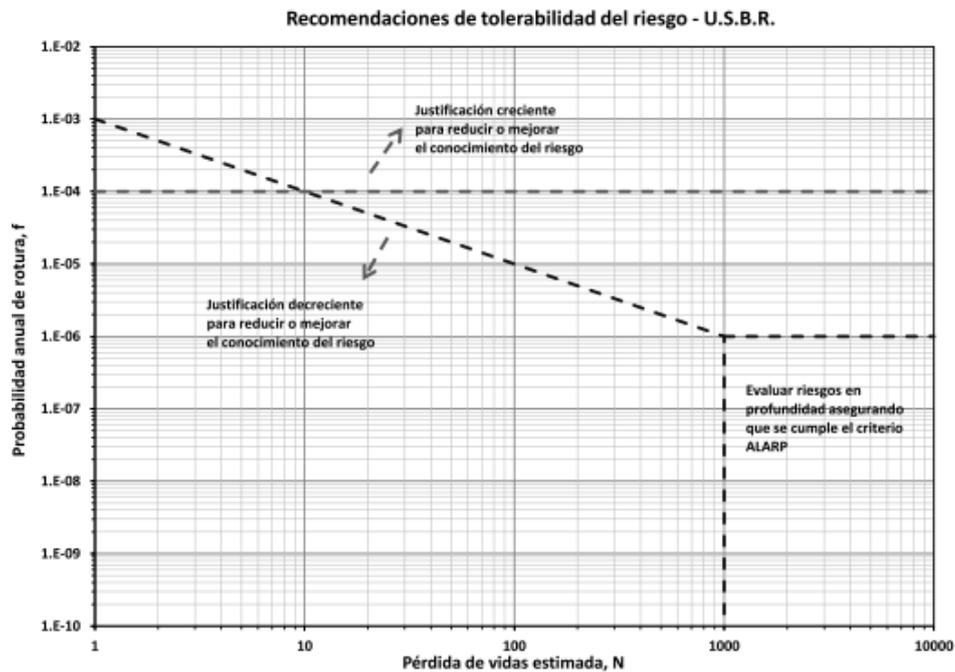


Figura 6. 11. Gráfico $f-N$ para la representación de la estimación de probabilidad de rotura, pérdida de vidas y riesgo. Fuente: (SPANCOLD, Tomo 1, 2012).

- ANCOLD (Australian Comitee on Large Dams), propone las siguientes recomendaciones de tolerabilidad de riesgo:
 - a) Se limita el riesgo de la persona más expuesta a 10^{-4} al año para presas existentes y a 10^{-5} al año para nuevas presas o grandes recrecimientos (riesgo inaceptable).
 - b) Se limita el riesgo social mediante un gráfico $F-N$ (**¡Error! No se encuentra el origen de a referencia.**), cuando los riesgos quedan por encima del límite, se dice que el riesgo es inaceptable excepto en circunstancias excepcionales. Según ANCOLD la decisión de cuando existen dichas circunstancias excepcionales no debe ser del propietario de la presa sino del gobierno o el organismo regulador de presas.

Recomendaciones de tolerabilidad del riesgo - ANCOLD

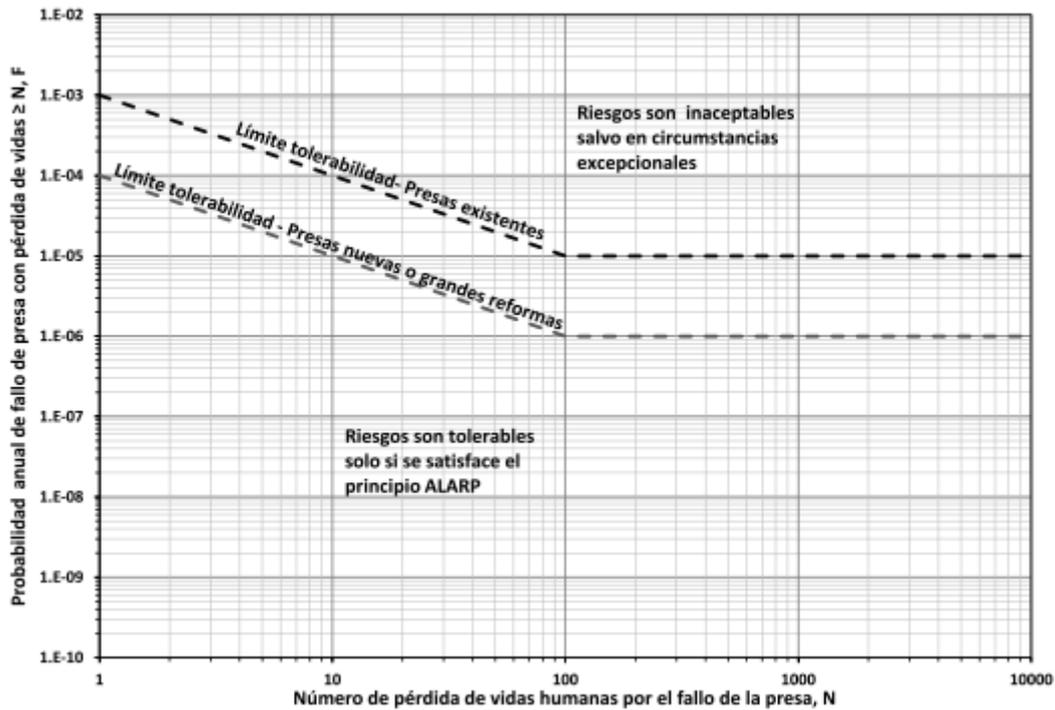


Figura 6. 12. Gráfico F-N de recomendaciones de tolerabilidad social del ANCOLD (SPANCOLD, Tomo 1, 2012).

- USACE (United States Corps of Engineers), estas recomendaciones se crearon con el objetivo de llegar a un marco de referencia común, están basadas en las recomendaciones del USBR, el ANCOLD y el NSW.
 - a) Se adoptan las recomendaciones de riesgo del USBR y una versión modificada de la recomendación del gráfico F-N del ANCOLD, son de aplicación los mismos comentarios respecto al calificador “excepto en circunstancias excepcionales” que los hechos en las recomendaciones del ANCOLD, con la única excepción de que aquí se aplican adicionalmente a los casos en que se superen las 1000 víctimas, independientemente de la probabilidad de ocurrencia.

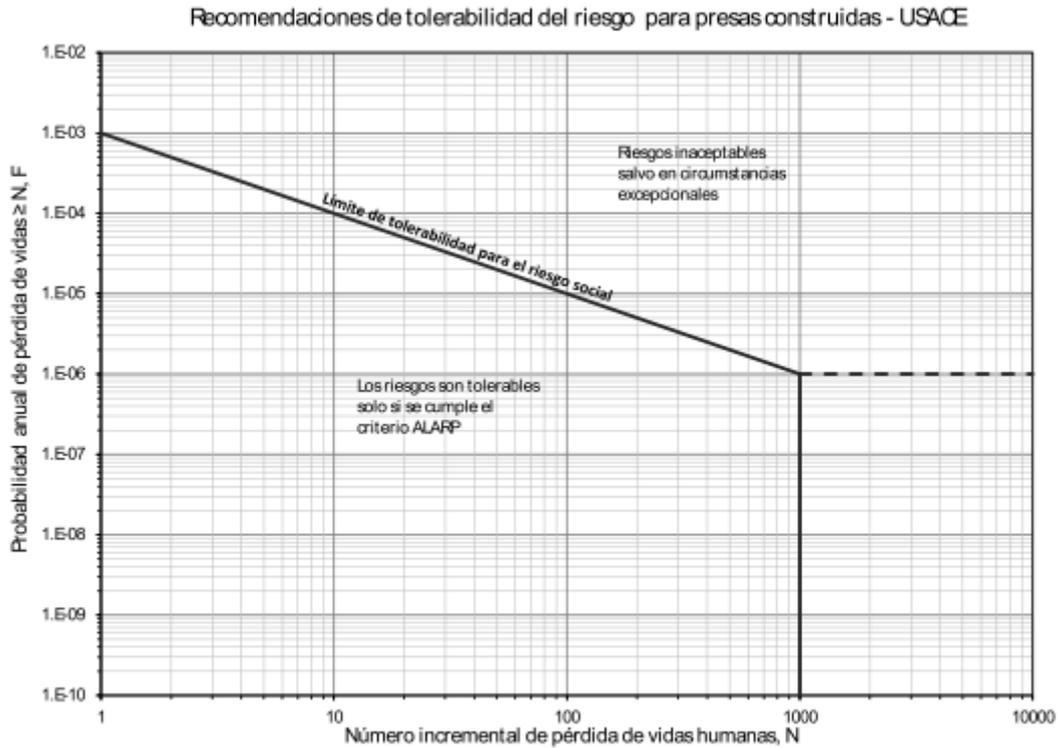


Figura 6. 13. Guía de riesgo social para presas existentes ANCOLD (SPANCOLD, Tomo 1, 2012).

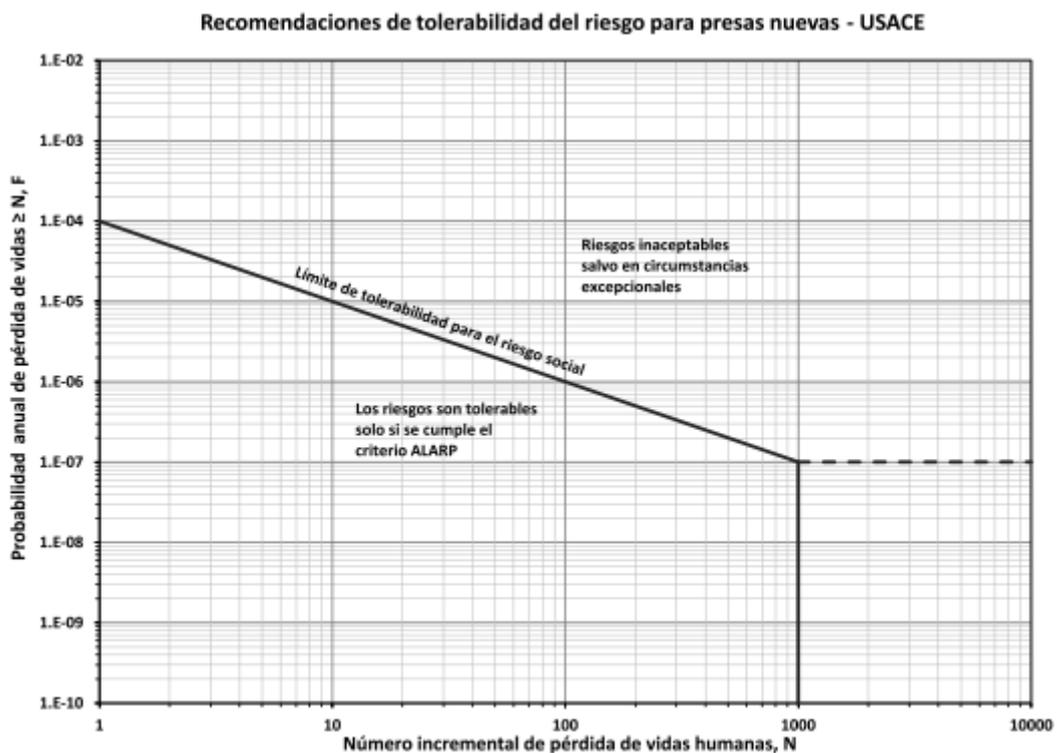
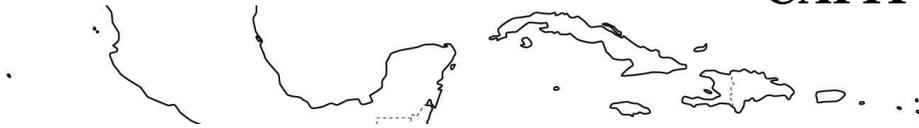


Figura 6. 14. Guía de riesgo social para nuevas presas o grandes modificaciones (SPANCOLD, Tomo 1, 2012).

CAPÍTULO 7



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Es evidente el incremento en la intensidad y frecuencia de la actividad de los fenómenos meteorológico extremos como son las tormentas tropicales y huracanes, por lo tanto es un área que requiere más investigación por parte de los organismos de la Republica Dominicana, es de suma importancia que se tomen en cuenta estos fenómenos en la explotación y manejo de las presas y los embalses, para que tengan una efectiva operación ajustada a los objetivos múltiples y de seguridad de cada obra conforme sus características particulares.

Reforzar el cumplimiento del Instructivo de Operación en Emergencias, en la Republica Dominicana es imprescindible, ya que como resultado de este trabajo queda demostrado el impacto que tiene el fallo de una presa sobre las comunidades aguas debajo de la misma, por lo que el país debe procurar que se implante planes de emergencias en cada una de las presas para garantizar no solo la integridad de la obra sino para procurar reducir o eliminar en lo posible los efectos sobre las vidas humanas y los servicios.

Con el anterior trabajo se pudo identificar:

- La necesidad de diseñar un plan de emergencia en el complejo Nizao para la evacuación de zonas potencialmente inundables, incluyendo la instalación de sistemas de aviso de alerta temprana para la población.
- La necesidad de metodología, referencias y guías de buena práctica que se puedan seguir en las fases de los proyectos de presas.
- La importancia de concientizar a la comunidad afectada y a los organismos de gobierno en lo que se refiere al peligro en que se encuentran en caso de que la presa falle ante una situación de crecida producida por un fenómeno meteorológico extremo.

Con los planes de emergencia también deben ponerse en marcha los planes de reordenamiento territorial que impida a las personas establecerse al márgenes de ríos aguas abajo de sistemas de embalses.

La utilización de modelos bidimensionales es altamente recomendable en el estudio de ondas de rotura por rotura de presa, ya que mediante esta se pueden identificar las áreas afectadas

Es indispensable en un futuro próximo, la identificación de los riesgos por rotura de presas y crear programas de gestión integral de la seguridad, todo ellos debe realizarse tomando en cuenta mejoras continuas en las estimaciones del riesgo de inundación por rotura de presas debida a fenómenos climatológicos extremos, mediante la aplicación de modelos de riesgo los cuales podrán cuantificar el riesgo. Esto debe ir acompañado de una correcta gestión documental, monitorización, mantenimiento y operación de las presas en el país.

BIBLIOGRAFÍA

- Altarejos García, L., & Serrano Lombillo, A. (2012a). Informe de análisis de modos de fallo potenciales de la presa de AGUACATE.
- Altarejos García, L., & Serrano Lombillo, A. (2012b). Informe de análisis de modos de fallo potenciales de la presa de JIGÜEY.
- Altarejos García, L., & Serrano Lombillo, A. (2012c). Informe de análisis de modos de fallo potenciales de la presa LAS BARÍAS.
- Altarejos García, L., & Serrano Lombillo, A. (2012d). *Informe General del Análisis de Modos de Fallo Potenciales de Las Presas De Jigüey, Aguacate y Las Barías (República Dominicana)*.
- ANCOLD, A. N. C. on L. D. I. (2003). Guidelines on Risk Assessment.
- Benavides, B., Oswaldo, H., Aristizabal, L., & Esperanza, G. (2007). Información técnica sobre Gases de Efecto Invernadero y el cambio climático. *Ideam*, 1–102. <https://doi.org/IDEAM-METEO/008-2007>
- Booyesen, H. J., Viljoen, M. F., & Villiers, G. De. (1999). Methodology for the calculation of industrial flood damage and its application to an industry in Vereeniging, 25(1), 41–46.
- Bou Parés, E. (2012). Análisis de los Huracanes originados entre 1990 y 2011 en el Atlántico Norte y mar Caribe.
- Bulletin 130, I. C. on L. D. (2005). Committee on dam safety: Risk assessment in dam safety management. A reconnaissance of benefits, methods and current applications.
- Castro Catrain, I. F. (2017). Presas en la República Dominicana, Beneficios y Riesgos., 1–9.
- CEPAL y Secretaría de Estado de Economía Planificacion y Desarrollo. (2008). *Evolucion del impacto de la tormenta Noel en República Dominicana*.
- CICCP. (2005). *Guías Técnicas de Seguridad de Presas. Seguridad de presas. Nº1*. Madrid: Madrid : Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos : Comité Nacional Español de Grandes Presas, D.L. 2005.
- CICCP. (2012). *Análisis de Riesgos Aplicado a la Gestión de Seguridad de Presas y Embalses. Guía Técnica de Explotación de Presas y Embalses. Nº8 Tomo 1*. Retrieved from http://www.spancold.es/Archivos/Monografia_Analisis_Riesgos.pdf
- Cocco Quezada, A. (2007). Desastres Naturales del Siglo XX en la República Dominicana. *Boletín Informativo PPD*.
- Comando Sur de los Estados Unidos de América. (2014). Plan de contingencia para huracanes - República Dominicana.
- DGOHCA del Ministerio de Medio Ambiente. (2001). Guía técnica para la elaboración de los planes de emergencia de presas., 164.
- Dunn, L. (2009). *Aumentando la visibilidad de género en la gestión del riesgo de desastres y el cambio climático en el Caribe -Evaluación de República Dominicana*.
- Escuder, I., Matheu, E., & Castillo, J. (2010). Análisis y evaluación de riesgos de inundación : estimación del impacto de medidas estructurales y no estructurales. *Jornada CICCPV*, (15 octubre 2019), 41.
- FAO. (2016). Presas - Base de datos georreferenciada. *Organización de Las Naciones Unidad Para La Alimentación y La Agricultura*. Retrieved from Sitio web AQUASTAT
- G. de Membrillera Ortuño, M., Escuder Bueno, I., González Pérez, J., & Altarejos García, L.

- (2005). *Aplicación del análisis de riesgos a la seguridad de presas*. Valencia: Valencia : Editorial UPV, 2005.
- González, M., Leonardi, J., & Córdova, R. (2015). Estimación del hidrograma de la crecida máxima probable en la cuenca del río caroní hasta el embalse guri.
- Gray, C. (1993). Regional meteorology and Hurricanes. In: *Climate Change in the Intra-Americas Sea.*, 87–99.
- Historia Presa De Taveras Y Bao. (n.d.). Retrieved August 25, 2018, from <http://lanaciondia.com/historia-presa-de-taveras-y-bao/>
- Hoy Digital - Los huracanes a través de la historia. (2004). Retrieved August 26, 2018, from <http://hoy.com.do/los-huracanes-a-traves-de-la-historia-2/>
- Hoy Digital - Reportaje Treinta y cuatro presas y embalses soportan agricultura y electricidad. (2008). Retrieved August 23, 2018, from <http://hoy.com.do/reportajetreinta-y-cuatro-presas-y-embalses-soportan-agricultura-y-electricidad/>
- ipresas Risk Analysis. (n.d.). Manual de Usuario iPresas HidSimp, 1–72.
- Kaplan, S. (1997). The Words of Risk Analysis. *Risk Analysis*, 17(4), 407–417. <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.1997.tb00881.x>
- Lluen, W. E. (2015). Aplicacion de la nueva herramienta HEC-RAS 5.0 para calculos bidimensionales del flujo de agua en rios, 74.
- MAGRAMA. (2011). Borrador. Norma tecnica Seguridad presas. Clasificiación e implantacion planes emergencia, 1–15.
- Mejía, M. (2015). Mesopotamia: el barrio que quieren sacar de entre “dos ríos.” Retrieved August 25, 2018, from <https://www.diariolibre.com/noticias/mesopotamia-el-barrio-que-quieren-sacar-de-entre-dos-ros-BUDL1054371>
- Ministerio de Medio Ambiente de España. (1998). Clasificación de presas en Función del Riesgo Potencial - Guía Técnica, 64.
- Morales Mendez, C. (n.d.). *IMPACTO DE LOS HURACANES EN LAS ZONAS TROPICALES*.
- Ortega Becerril, J. A. (2017). HURACANES: Causas y consecuencias. Retrieved August 25, 2018, from <https://www.madrimasd.org/notiweb/analisis/huracanes-causas-consecuencias>
- Rodriguez Garcia, O. R. (2000). DESASTRE EN LA MESOPOTAMIA PRODUCTO DEL PASO DEL HURACÁN GEORGES Y EL DESBORDAMIENTO DE LA PRESA DE SABANETA, EN LA REPÚBLICA DOMINICANA.
- Salas, J. D., Shen, H. W., Labadie, J. W., & Obeysekera, J. (1986). Estudios sobre la operación y seguridad del sistema de embalses de Valdesia. Republica Dominicana.
- Secretaría de Estado de Interior. (1995). Directriz básica de planificación de protección civil ante el riesgo de inundaciones. Retrieved from https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Directriz+Básica+de+Planificación+de+Protección+Civil+ante+el+Riesgo+de+Inundaciones.&btnG=
- Soriano Peña, A., & Escuder Bueno, I. (2008). El comportamiento de las presas y la gestión integral de su seguridad. Retrieved from http://ropdigital.ciccp.es/pdf/publico/2008/2008_noviembre_3493_11.pdf
- Tecnología Local. (2013). Mapa de huracanes de la República Dominicana. Retrieved August 26, 2018, from <http://viatec.do/mapa-de-huracanes-de-la-republica-dominicana/>
- Telegrafia a.s. (n.d.). *VEKTRA Notificación*. Retrieved from <https://www.telegrafia.eu/wp->



content/uploads/2018/05/vektra_notification_web_ES.pdf

Toledo Sanchez, D. (2017). *Evaluación de la seguridad de una presa de materiales sueltos en el río Mao, provincia de Santiago Rodríguez (República Dominicana)*.

U.K Health and Safety Executive (HSE). (2001). Reducing risks, protecting people, HSE's decision-making process. HMSO, London, 30.
<https://doi.org/10.1205/095758203762851994>

William Halcrow and Partners Ltd. (2001). *Estudio de la vulnerabilidad de Grandes Presas -Fase 1 y 2- República Dominicana*.



ANEXO 1

- Tr 50 años

Fecha	Hora		Crecida			
			Forma	Cuenca	Aporte	Q total
			(m3/s)	(m3/s)	(m3/s)	(m3/s)
21/09/1998	0.00	6:00	0.001	2.090	134.469	136.559
21/09/1998	0.50	6:30	0.001	2.022	134.422	136.444
21/09/1998	1.00	7:00	0.001	1.954	134.380	136.334
21/09/1998	1.50	7:30	0.001	1.886	134.346	136.232
21/09/1998	2.00	8:00	0.001	1.818	134.325	136.143
21/09/1998	2.50	8:30	0.001	1.818	134.317	136.135
21/09/1998	3.00	9:00	0.001	1.818	134.317	136.136
21/09/1998	3.50	9:30	0.001	1.818	134.327	136.146
21/09/1998	4.00	10:00	0.001	1.818	134.350	136.169
21/09/1998	4.50	10:30	0.002	3.611	134.387	137.998
21/09/1998	5.00	11:00	0.003	5.403	134.423	139.826
21/09/1998	5.50	11:30	0.003	7.195	134.459	141.655
21/09/1998	6.00	12:00	0.004	8.988	135.411	144.399
21/09/1998	6.50	12:30	0.012	25.030	137.778	162.807
21/09/1998	7.00	13:00	0.020	41.072	140.861	181.933
21/09/1998	7.50	13:30	0.027	57.114	144.415	201.529
21/09/1998	8.00	14:00	0.035	73.156	148.279	221.435
21/09/1998	8.50	14:30	0.046	95.625	152.337	247.962
21/09/1998	9.00	15:00	0.057	118.095	156.843	274.938
21/09/1998	9.50	15:30	0.067	140.564	161.771	302.335
21/09/1998	10.00	16:00	0.078	163.034	167.010	330.044
21/09/1998	10.50	16:30	0.085	176.620	172.521	349.141
21/09/1998	11.00	17:00	0.091	190.206	178.789	368.995
21/09/1998	11.50	17:30	0.098	203.792	185.811	389.603
21/09/1998	12.00	18:00	0.104	217.378	193.000	410.378
21/09/1998	12.50	18:30	0.111	230.964	200.307	431.271
21/09/1998	13.00	19:00	0.117	244.550	208.720	453.270
21/09/1998	13.50	19:30	0.124	258.136	218.226	476.362
21/09/1998	14.00	20:00	0.130	271.723	228.350	500.073
21/09/1998	14.50	20:30	0.137	285.309	239.048	524.356
21/09/1998	15.00	21:00	0.143	298.895	250.269	549.164
21/09/1998	15.50	21:30	0.150	312.481	261.963	574.444
21/09/1998	16.00	22:00	0.156	326.067	273.823	599.890
21/09/1998	16.50	22:30	0.168	351.149	285.805	636.955
21/09/1998	17.00	23:00	0.180	376.231	300.548	676.779
21/09/1998	17.50	23:30	0.192	401.313	317.942	719.255
22/09/1998	18.00	0:00	0.204	426.395	335.863	762.259
22/09/1998	18.50	0:30	0.230	481.262	354.228	835.490



22/09/1998	19.00	1:00	0.257	536.130	377.498	913.627
22/09/1998	19.50	1:30	0.283	590.997	405.436	996.433
22/09/1998	20.00	2:00	0.309	645.864	442.853	1088.717
22/09/1998	20.50	2:30	0.373	779.635	489.384	1269.019
22/09/1998	21.00	3:00	0.437	913.406	553.760	1467.165
22/09/1998	21.50	3:30	0.501	1047.177	635.418	1682.595
22/09/1998	22.00	4:00	0.565	1180.948	740.963	1921.911
22/09/1998	22.50	4:30	0.661	1381.082	869.095	2250.177
22/09/1998	23.00	5:00	0.757	1581.216	1029.724	2610.940
22/09/1998	23.50	5:30	0.852	1781.350	1220.036	3001.386
22/09/1998	24.00	6:00	0.948	1981.485	1424.584	3406.068
22/09/1998	24.50	6:30	0.961	2008.657	1639.949	3648.606
22/09/1998	25.00	7:00	0.974	2035.829	1818.440	3854.269
22/09/1998	25.50	7:30	0.987	2063.001	1963.703	4026.704
22/09/1998	26.00	8:00	1.000	2090.174	2037.582	4127.756
22/09/1998	26.50	8:30	0.978	2044.712	2054.131	4098.844
22/09/1998	27.00	9:00	0.957	1999.251	2021.366	4020.617
22/09/1998	27.50	9:30	0.935	1953.790	1951.330	3905.120
22/09/1998	28.00	10:00	0.913	1908.329	1860.072	3768.401
22/09/1998	28.50	10:30	0.859	1794.937	1753.327	3548.264
22/09/1998	29.00	11:00	0.805	1681.545	1636.539	3318.084
22/09/1998	29.50	11:30	0.750	1568.153	1512.731	3080.884
22/09/1998	30.00	12:00	0.696	1454.761	1388.268	2843.029
22/09/1998	30.50	12:30	0.609	1272.916	1263.772	2536.688
22/09/1998	31.00	13:00	0.522	1091.071	1150.458	2241.529
22/09/1998	31.50	13:30	0.435	909.226	1045.714	1954.939
22/09/1998	32.00	14:00	0.348	727.380	953.671	1681.051
22/09/1998	32.50	14:30	0.315	658.927	871.338	1530.265
22/09/1998	33.00	15:00	0.283	590.474	799.660	1390.134
22/09/1998	33.50	15:30	0.250	522.021	736.221	1258.242
22/09/1998	34.00	16:00	0.217	453.568	680.798	1134.366
22/09/1998	34.50	16:30	0.197	410.719	631.665	1042.384
22/09/1998	35.00	17:00	0.176	367.871	588.815	956.685
22/09/1998	35.50	17:30	0.156	325.022	550.956	875.978
22/09/1998	36.00	18:00	0.135	282.173	518.505	800.678
22/09/1998	36.50	18:30	0.127	265.975	490.393	756.367
22/09/1998	37.00	19:00	0.120	249.776	465.291	715.067
22/09/1998	37.50	19:30	0.112	233.577	442.651	676.228
22/09/1998	38.00	20:00	0.104	217.378	422.038	639.416
22/09/1998	38.50	20:30	0.100	208.495	403.105	611.599
22/09/1998	39.00	21:00	0.096	199.612	385.418	585.029
22/09/1998	39.50	21:30	0.091	190.728	368.780	559.509
22/09/1998	40.00	22:00	0.087	181.845	353.914	535.759
22/09/1998	40.50	22:30	0.084	175.052	340.530	515.582
22/09/1998	41.00	23:00	0.081	168.259	328.251	496.510

22/09/1998	41.50	23:30	0.077	161.466	316.909	478.375
23/09/1998	42.00	0:00	0.074	154.673	306.364	461.037
23/09/1998	42.50	0:30	0.072	149.970	296.501	446.471
23/09/1998	43.00	1:00	0.070	145.267	287.355	432.622
23/09/1998	43.50	1:30	0.067	140.564	278.824	419.388
23/09/1998	44.00	2:00	0.065	135.861	270.698	406.560
23/09/1998	44.50	2:30	0.064	133.771	262.926	396.697
23/09/1998	45.00	3:00	0.063	131.681	251.247	382.927
23/09/1998	45.50	3:30	0.062	129.591	236.420	366.011
23/09/1998	46.00	4:00	0.061	127.501	223.477	350.977
23/09/1998	46.50	4:30	0.059	122.798	212.118	334.916
23/09/1998	47.00	5:00	0.057	118.095	202.204	320.299
23/09/1998	47.50	5:30	0.054	113.392	193.516	306.908
23/09/1998	48.00	6:00	0.052	108.689	185.784	294.473

- Tr 100 años

Fecha	Hora		Crecida			
			Forma	Cuenca	Aporte	Q total
			(m3/s)	(m3/s)	(m3/s)	(m3/s)
21/09/1998	0.00	6:00	0.001	2.419	134.469	136.887
21/09/1998	0.50	6:30	0.001	2.340	134.422	136.762
21/09/1998	1.00	7:00	0.001	2.262	134.382	136.643
21/09/1998	1.50	7:30	0.001	2.183	134.351	136.534
21/09/1998	2.00	8:00	0.001	2.104	134.334	136.439
21/09/1998	2.50	8:30	0.001	2.104	134.333	136.437
21/09/1998	3.00	9:00	0.001	2.104	134.342	136.446
21/09/1998	3.50	9:30	0.001	2.104	134.362	136.466
21/09/1998	4.00	10:00	0.001	2.104	134.397	136.501
21/09/1998	4.50	10:30	0.002	4.178	134.447	138.625
21/09/1998	5.00	11:00	0.003	6.252	135.472	141.724
21/09/1998	5.50	11:30	0.003	8.327	139.016	147.343
21/09/1998	6.00	12:00	0.004	10.401	143.808	154.208
21/09/1998	6.50	12:30	0.012	28.965	149.377	178.341
21/09/1998	7.00	13:00	0.020	47.529	155.433	202.962
21/09/1998	7.50	13:30	0.027	66.093	161.766	227.859
21/09/1998	8.00	14:00	0.035	84.657	168.214	252.871
21/09/1998	8.50	14:30	0.046	110.658	174.652	285.311
21/09/1998	9.00	15:00	0.057	136.660	181.498	318.158
21/09/1998	9.50	15:30	0.067	162.662	188.708	351.370
21/09/1998	10.00	16:00	0.078	188.663	196.127	384.790
21/09/1998	10.50	16:30	0.085	204.385	203.708	408.094
21/09/1998	11.00	17:00	0.091	220.107	212.138	432.245
21/09/1998	11.50	17:30	0.098	235.829	221.390	457.219
21/09/1998	12.00	18:00	0.104	251.551	230.650	482.201



21/09/1998	12.50	18:30	0.111	267.273	239.872	507.145
21/09/1998	13.00	19:00	0.117	282.995	250.403	533.398
21/09/1998	13.50	19:30	0.124	298.717	262.196	560.913
21/09/1998	14.00	20:00	0.130	314.439	274.604	589.043
21/09/1998	14.50	20:30	0.137	330.161	287.572	617.733
21/09/1998	15.00	21:00	0.143	345.883	301.043	646.925
21/09/1998	15.50	21:30	0.150	361.605	314.960	676.564
21/09/1998	16.00	22:00	0.156	377.327	328.940	706.266
21/09/1998	16.50	22:30	0.168	406.352	342.945	749.297
21/09/1998	17.00	23:00	0.180	435.377	360.368	795.745
21/09/1998	17.50	23:30	0.192	464.402	381.009	845.410
22/09/1998	18.00	0:00	0.204	493.427	402.125	895.552
22/09/1998	18.50	0:30	0.230	556.919	423.631	980.551
22/09/1998	19.00	1:00	0.257	620.412	451.166	1071.578
22/09/1998	19.50	1:30	0.283	683.904	484.337	1168.242
22/09/1998	20.00	2:00	0.309	747.397	529.088	1276.485
22/09/1998	20.50	2:30	0.373	902.197	584.779	1486.977
22/09/1998	21.00	3:00	0.437	1056.998	662.124	1719.122
22/09/1998	21.50	3:30	0.501	1211.799	760.084	1971.883
22/09/1998	22.00	4:00	0.565	1366.599	886.548	2253.147
22/09/1998	22.50	4:30	0.661	1598.196	1039.521	2637.717
22/09/1998	23.00	5:00	0.757	1829.792	1230.903	3060.694
22/09/1998	23.50	5:30	0.852	2061.388	1456.771	3518.159
22/09/1998	24.00	6:00	0.948	2292.984	1697.903	3990.887
22/09/1998	24.50	6:30	0.961	2324.428	1950.266	4274.694
22/09/1998	25.00	7:00	0.974	2355.872	2155.931	4511.803
22/09/1998	25.50	7:30	0.987	2387.316	2320.595	4707.911
22/09/1998	26.00	8:00	1.000	2418.760	2398.765	4817.525
22/09/1998	26.50	8:30	0.978	2366.152	2408.881	4775.033
22/09/1998	27.00	9:00	0.957	2313.544	2361.349	4674.892
22/09/1998	27.50	9:30	0.935	2260.936	2271.052	4531.988
22/09/1998	28.00	10:00	0.913	2208.328	2157.382	4365.710
22/09/1998	28.50	10:30	0.859	2077.110	2026.966	4104.076
22/09/1998	29.00	11:00	0.805	1945.892	1886.057	3831.949
22/09/1998	29.50	11:30	0.750	1814.675	1737.988	3552.662
22/09/1998	30.00	12:00	0.696	1683.457	1590.171	3273.628
22/09/1998	30.50	12:30	0.609	1473.025	1443.073	2916.097
22/09/1998	31.00	13:00	0.522	1262.593	1310.034	2572.626
22/09/1998	31.50	13:30	0.435	1052.161	1187.618	2239.779
22/09/1998	32.00	14:00	0.348	841.728	1080.652	1922.380
22/09/1998	32.50	14:30	0.315	762.514	985.358	1747.872
22/09/1998	33.00	15:00	0.283	683.300	902.797	1586.097
22/09/1998	33.50	15:30	0.250	604.085	829.979	1434.065
22/09/1998	34.00	16:00	0.217	524.871	766.611	1291.482
22/09/1998	34.50	16:30	0.197	475.286	710.589	1185.875

22/09/1998	35.00	17:00	0.176	425.702	661.910	1087.612
22/09/1998	35.50	17:30	0.156	376.117	619.018	995.135
22/09/1998	36.00	18:00	0.135	326.533	582.432	908.965
22/09/1998	36.50	18:30	0.127	307.787	550.872	858.659
22/09/1998	37.00	19:00	0.120	289.042	522.738	811.780
22/09/1998	37.50	19:30	0.112	270.296	497.386	767.683
22/09/1998	38.00	20:00	0.104	251.551	474.309	725.860
22/09/1998	38.50	20:30	0.100	241.271	453.103	694.375
22/09/1998	39.00	21:00	0.096	230.992	433.260	664.251
22/09/1998	39.50	21:30	0.091	220.712	414.554	635.266
22/09/1998	40.00	22:00	0.087	210.432	397.889	608.321
22/09/1998	40.50	22:30	0.084	202.571	382.919	585.490
22/09/1998	41.00	23:00	0.081	194.710	369.192	563.902
22/09/1998	41.50	23:30	0.077	186.849	356.512	543.361
23/09/1998	42.00	0:00	0.074	178.988	344.717	523.706
23/09/1998	42.50	0:30	0.072	173.546	333.674	507.221
23/09/1998	43.00	1:00	0.070	168.104	323.435	491.539
23/09/1998	43.50	1:30	0.067	162.662	313.882	476.543
23/09/1998	44.00	2:00	0.065	157.219	304.759	461.978
23/09/1998	44.50	2:30	0.064	154.801	296.009	450.810
23/09/1998	45.00	3:00	0.063	152.382	282.316	434.698
23/09/1998	45.50	3:30	0.062	149.963	264.637	414.600
23/09/1998	46.00	4:00	0.061	147.544	249.279	396.823
23/09/1998	46.50	4:30	0.059	142.102	235.857	377.959
23/09/1998	47.00	5:00	0.057	136.660	224.189	360.849
23/09/1998	47.50	5:30	0.054	131.218	213.998	345.216
23/09/1998	48.00	6:00	0.052	125.776	204.942	330.717

- Tr 500 años

Fecha	Hora		Crecida			
			Forma	Cuenca	Aporte	Q total
			(m3/s)	(m3/s)	(m3/s)	(m3/s)
21/09/1998	0.00	6:00	0.001	2.811	134.469	137.280
21/09/1998	0.50	6:30	0.001	2.720	134.422	137.142
21/09/1998	1.00	7:00	0.001	2.629	134.384	137.012
21/09/1998	1.50	7:30	0.001	2.537	134.356	136.893
21/09/1998	2.00	8:00	0.001	2.446	134.346	136.792
21/09/1998	2.50	8:30	0.001	2.446	134.353	136.798
21/09/1998	3.00	9:00	0.001	2.446	134.372	136.817
21/09/1998	3.50	9:30	0.001	2.446	134.403	136.848
21/09/1998	4.00	10:00	0.001	2.446	134.452	136.897
21/09/1998	4.50	10:30	0.002	4.856	136.790	141.647
21/09/1998	5.00	11:00	0.003	7.267	142.629	149.896
21/09/1998	5.50	11:30	0.003	9.678	150.165	159.843



21/09/1998	6.00	12:00	0.004	12.088	158.726	170.815
21/09/1998	6.50	12:30	0.012	33.665	167.876	201.541
21/09/1998	7.00	13:00	0.020	55.241	177.296	232.537
21/09/1998	7.50	13:30	0.027	76.817	186.746	263.563
21/09/1998	8.00	14:00	0.035	98.393	196.045	294.438
21/09/1998	8.50	14:30	0.046	128.614	205.058	333.672
21/09/1998	9.00	15:00	0.057	158.835	214.401	373.236
21/09/1998	9.50	15:30	0.067	189.056	224.018	413.074
21/09/1998	10.00	16:00	0.078	219.277	233.707	452.983
21/09/1998	10.50	16:30	0.085	237.550	243.421	480.971
21/09/1998	11.00	17:00	0.091	255.823	254.095	509.917
21/09/1998	11.50	17:30	0.098	274.096	265.680	539.776
21/09/1998	12.00	18:00	0.104	292.369	277.089	569.458
21/09/1998	12.50	18:30	0.111	310.642	288.291	598.933
21/09/1998	13.00	19:00	0.117	328.915	301.067	629.982
21/09/1998	13.50	19:30	0.124	347.188	315.332	662.519
21/09/1998	14.00	20:00	0.130	365.461	330.229	695.690
21/09/1998	14.50	20:30	0.137	383.734	345.695	729.429
21/09/1998	15.00	21:00	0.143	402.007	361.661	763.668
21/09/1998	15.50	21:30	0.150	420.280	378.066	798.346
21/09/1998	16.00	22:00	0.156	438.553	394.432	832.985
21/09/1998	16.50	22:30	0.168	472.288	410.729	883.017
21/09/1998	17.00	23:00	0.180	506.023	431.280	937.303
21/09/1998	17.50	23:30	0.192	539.758	455.764	995.522
22/09/1998	18.00	0:00	0.204	573.493	480.671	1054.164
22/09/1998	18.50	0:30	0.230	647.288	505.911	1153.198
22/09/1998	19.00	1:00	0.257	721.083	538.585	1259.667
22/09/1998	19.50	1:30	0.283	794.878	578.094	1372.972
22/09/1998	20.00	2:00	0.309	868.673	631.786	1500.459
22/09/1998	20.50	2:30	0.373	1048.592	698.660	1747.252
22/09/1998	21.00	3:00	0.437	1228.511	791.885	2020.396
22/09/1998	21.50	3:30	0.501	1408.430	909.792	2318.222
22/09/1998	22.00	4:00	0.565	1588.349	1061.837	2650.186
22/09/1998	22.50	4:30	0.661	1857.525	1245.104	3102.629
22/09/1998	23.00	5:00	0.757	2126.701	1473.938	3600.639
22/09/1998	23.50	5:30	0.852	2395.877	1742.964	4138.842
22/09/1998	24.00	6:00	0.948	2665.054	2028.220	4693.274
22/09/1998	24.50	6:30	0.961	2701.600	2324.965	5026.564
22/09/1998	25.00	7:00	0.974	2738.146	2562.609	5300.755
22/09/1998	25.50	7:30	0.987	2774.692	2749.674	5524.366
22/09/1998	26.00	8:00	1.000	2811.238	2831.711	5642.949
22/09/1998	26.50	8:30	0.978	2750.093	2832.833	5582.926
22/09/1998	27.00	9:00	0.957	2688.949	2766.461	5455.410
22/09/1998	27.50	9:30	0.935	2627.805	2650.978	5278.782
22/09/1998	28.00	10:00	0.913	2566.660	2509.838	5076.498



22/09/1998	28.50	10:30	0.859	2414.151	2350.669	4764.819
22/09/1998	29.00	11:00	0.805	2261.641	2180.642	4442.283
22/09/1998	29.50	11:30	0.750	2109.131	2003.401	4112.532
22/09/1998	30.00	12:00	0.696	1956.622	1827.612	3784.234
22/09/1998	30.50	12:30	0.609	1712.044	1653.499	3365.543
22/09/1998	31.00	13:00	0.522	1467.466	1497.016	2964.482
22/09/1998	31.50	13:30	0.435	1222.888	1353.663	2576.551
22/09/1998	32.00	14:00	0.348	978.311	1229.109	2207.420
22/09/1998	32.50	14:30	0.315	886.243	1118.588	2004.830
22/09/1998	33.00	15:00	0.283	794.175	1023.299	1817.473
22/09/1998	33.50	15:30	0.250	702.107	939.541	1641.648
22/09/1998	34.00	16:00	0.217	610.039	866.938	1476.977
22/09/1998	34.50	16:30	0.197	552.408	802.922	1355.330
22/09/1998	35.00	17:00	0.176	494.778	747.505	1242.283
22/09/1998	35.50	17:30	0.156	437.147	698.804	1135.951
22/09/1998	36.00	18:00	0.135	379.517	657.479	1036.996
22/09/1998	36.50	18:30	0.127	357.730	621.984	979.714
22/09/1998	37.00	19:00	0.120	335.943	590.391	926.334
22/09/1998	37.50	19:30	0.112	314.156	561.942	876.098
22/09/1998	38.00	20:00	0.104	292.369	536.045	828.413
22/09/1998	38.50	20:30	0.100	280.421	512.231	792.652
22/09/1998	39.00	21:00	0.096	268.473	489.900	758.373
22/09/1998	39.50	21:30	0.091	256.525	468.799	725.324
22/09/1998	40.00	22:00	0.087	244.578	450.057	694.635
22/09/1998	40.50	22:30	0.084	235.441	433.263	668.704
22/09/1998	41.00	23:00	0.081	226.305	417.872	644.176
22/09/1998	41.50	23:30	0.077	217.168	403.652	620.820
23/09/1998	42.00	0:00	0.074	208.032	390.417	598.448
23/09/1998	42.50	0:30	0.072	201.706	378.011	579.718
23/09/1998	43.00	1:00	0.070	195.381	366.510	561.891
23/09/1998	43.50	1:30	0.067	189.056	355.776	544.832
23/09/1998	44.00	2:00	0.065	182.730	345.498	528.228
23/09/1998	44.50	2:30	0.064	179.919	335.612	515.531
23/09/1998	45.00	3:00	0.063	177.108	319.483	496.591
23/09/1998	45.50	3:30	0.062	174.297	298.327	472.624
23/09/1998	46.00	4:00	0.061	171.486	280.058	451.544
23/09/1998	46.50	4:30	0.059	165.160	264.177	429.338
23/09/1998	47.00	5:00	0.057	158.835	250.446	409.281
23/09/1998	47.50	5:30	0.054	152.510	238.511	391.021
23/09/1998	48.00	6:00	0.052	146.184	227.938	374.122



- Tr 1000 años

Fecha	Hora		Crecida			
			Forma	Cuenca	Aporte	Q total
			(m3/s)	(m3/s)	(m3/s)	(m3/s)
21/09/1998	0.00	6:00	0.001	3.012	134.469	137.481
21/09/1998	0.50	6:30	0.001	2.914	134.423	137.337
21/09/1998	1.00	7:00	0.001	2.816	134.385	137.201
21/09/1998	1.50	7:30	0.001	2.718	134.359	137.077
21/09/1998	2.00	8:00	0.001	2.620	134.352	136.972
21/09/1998	2.50	8:30	0.001	2.620	134.363	136.983
21/09/1998	3.00	9:00	0.001	2.620	134.387	137.007
21/09/1998	3.50	9:30	0.001	2.620	134.424	137.044
21/09/1998	4.00	10:00	0.001	2.620	134.721	137.341
21/09/1998	4.50	10:30	0.002	5.203	139.745	144.949
21/09/1998	5.00	11:00	0.003	7.786	147.660	155.446
21/09/1998	5.50	11:30	0.003	10.369	157.193	167.562
21/09/1998	6.00	12:00	0.004	12.952	167.675	180.627
21/09/1998	6.50	12:30	0.012	36.069	178.640	214.710
21/09/1998	7.00	13:00	0.020	59.187	189.747	248.934
21/09/1998	7.50	13:30	0.027	82.304	200.739	283.043
21/09/1998	8.00	14:00	0.035	105.421	211.426	316.848
21/09/1998	8.50	14:30	0.046	137.801	221.674	359.475
21/09/1998	9.00	15:00	0.057	170.180	232.202	402.383
21/09/1998	9.50	15:30	0.067	202.560	242.955	445.515
21/09/1998	10.00	16:00	0.078	234.939	253.707	488.646
21/09/1998	10.50	16:30	0.085	254.517	264.412	518.930
21/09/1998	11.00	17:00	0.091	274.096	276.139	550.235
21/09/1998	11.50	17:30	0.098	293.674	288.827	582.501
21/09/1998	12.00	18:00	0.104	313.252	301.249	614.501
21/09/1998	12.50	18:30	0.111	332.830	313.379	646.209
21/09/1998	13.00	19:00	0.117	352.409	327.231	679.639
21/09/1998	13.50	19:30	0.124	371.987	342.696	714.683
21/09/1998	14.00	20:00	0.130	391.565	358.810	750.376
21/09/1998	14.50	20:30	0.137	411.144	375.502	786.645
21/09/1998	15.00	21:00	0.143	430.722	392.701	823.423
21/09/1998	15.50	21:30	0.150	450.300	410.340	860.640
21/09/1998	16.00	22:00	0.156	469.878	427.892	897.770
21/09/1998	16.50	22:30	0.168	506.023	445.332	951.355
21/09/1998	17.00	23:00	0.180	542.167	467.473	1009.640
21/09/1998	17.50	23:30	0.192	578.312	493.926	1072.238
22/09/1998	18.00	0:00	0.204	614.456	520.774	1135.230
22/09/1998	18.50	0:30	0.230	693.522	547.925	1241.448
22/09/1998	19.00	1:00	0.257	772.588	583.253	1355.842
22/09/1998	19.50	1:30	0.283	851.654	626.046	1477.700

22/09/1998	20.00	2:00	0.309	930.721	684.387	1615.107
22/09/1998	20.50	2:30	0.373	1123.491	757.077	1880.568
22/09/1998	21.00	3:00	0.437	1316.262	858.578	2174.840
22/09/1998	21.50	3:30	0.501	1509.032	986.867	2495.899
22/09/1998	22.00	4:00	0.565	1701.803	1152.219	2854.022
22/09/1998	22.50	4:30	0.661	1990.206	1351.208	3341.414
22/09/1998	23.00	5:00	0.757	2278.609	1599.458	3878.066
22/09/1998	23.50	5:30	0.852	2567.012	1890.801	4457.812
22/09/1998	24.00	6:00	0.948	2855.414	2198.760	5054.175
22/09/1998	24.50	6:30	0.961	2894.571	2518.251	5412.822
22/09/1998	25.00	7:00	0.974	2933.728	2772.046	5705.774
22/09/1998	25.50	7:30	0.987	2972.884	2970.262	5943.146
22/09/1998	26.00	8:00	1.000	3012.041	3053.797	6065.838
22/09/1998	26.50	8:30	0.978	2946.529	3049.828	5996.357
22/09/1998	27.00	9:00	0.957	2881.017	2973.380	5854.397
22/09/1998	27.50	9:30	0.935	2815.505	2844.655	5660.160
22/09/1998	28.00	10:00	0.913	2749.993	2689.215	5439.208
22/09/1998	28.50	10:30	0.859	2586.590	2515.168	5101.758
22/09/1998	29.00	11:00	0.805	2423.187	2330.139	4753.325
22/09/1998	29.50	11:30	0.750	2259.783	2137.908	4397.691
22/09/1998	30.00	12:00	0.696	2096.380	1947.782	4044.162
22/09/1998	30.50	12:30	0.609	1834.333	1759.843	3594.176
22/09/1998	31.00	13:00	0.522	1572.285	1591.409	3163.694
22/09/1998	31.50	13:30	0.435	1310.238	1437.405	2747.643
22/09/1998	32.00	14:00	0.348	1048.190	1303.940	2352.130
22/09/1998	32.50	14:30	0.315	949.546	1185.719	2135.264
22/09/1998	33.00	15:00	0.283	850.901	1084.015	1934.917
22/09/1998	33.50	15:30	0.250	752.257	994.754	1747.011
22/09/1998	34.00	16:00	0.217	653.613	917.517	1571.129
22/09/1998	34.50	16:30	0.197	591.866	849.494	1441.360
22/09/1998	35.00	17:00	0.176	530.119	790.708	1320.828
22/09/1998	35.50	17:30	0.156	468.372	739.106	1207.479
22/09/1998	36.00	18:00	0.135	406.625	695.425	1102.051
22/09/1998	36.50	18:30	0.127	383.282	657.982	1041.264
22/09/1998	37.00	19:00	0.120	359.939	624.675	984.614
22/09/1998	37.50	19:30	0.112	336.596	594.691	931.286
22/09/1998	38.00	20:00	0.104	313.252	567.392	880.644
22/09/1998	38.50	20:30	0.100	300.451	542.280	842.731
22/09/1998	39.00	21:00	0.096	287.650	518.705	806.355
22/09/1998	39.50	21:30	0.091	274.849	496.402	771.251
22/09/1998	40.00	22:00	0.087	262.048	476.622	738.670
22/09/1998	40.50	22:30	0.084	252.258	458.918	711.177
22/09/1998	41.00	23:00	0.081	242.469	442.696	685.165
22/09/1998	41.50	23:30	0.077	232.680	427.707	660.387
23/09/1998	42.00	0:00	0.074	222.891	413.751	636.642

23/09/1998	42.50	0:30	0.072	216.114	400.663	616.777
23/09/1998	43.00	1:00	0.070	209.337	388.530	597.867
23/09/1998	43.50	1:30	0.067	202.560	377.203	579.763
23/09/1998	44.00	2:00	0.065	195.783	366.345	562.127
23/09/1998	44.50	2:30	0.064	192.771	355.887	548.658
23/09/1998	45.00	3:00	0.063	189.759	338.495	528.254
23/09/1998	45.50	3:30	0.062	186.747	315.531	502.277
23/09/1998	46.00	4:00	0.061	183.734	295.760	479.494
23/09/1998	46.50	4:30	0.059	176.957	278.619	455.576
23/09/1998	47.00	5:00	0.057	170.180	263.839	434.019
23/09/1998	47.50	5:30	0.054	163.403	251.026	414.429
23/09/1998	48.00	6:00	0.052	156.626	239.694	396.320

- Tr 10000 años

Fecha	Hora		Crecida			
			Forma	Cuenca	Aporte	Q total
			(m3/s)	(m3/s)	(m3/s)	(m3/s)
21/09/1998	0.00	6:00	0.001	4.436	134.469	138.904
21/09/1998	0.50	6:30	0.001	4.292	134.424	138.716
21/09/1998	1.00	7:00	0.001	4.148	134.393	138.541
21/09/1998	1.50	7:30	0.001	4.003	134.379	138.383
21/09/1998	2.00	8:00	0.001	3.859	134.393	138.252
21/09/1998	2.50	8:30	0.001	3.859	134.434	138.293
21/09/1998	3.00	9:00	0.001	3.859	135.301	139.161
21/09/1998	3.50	9:30	0.001	3.859	141.399	145.258
21/09/1998	4.00	10:00	0.001	3.859	154.085	157.944
21/09/1998	4.50	10:30	0.002	7.663	174.540	182.203
21/09/1998	5.00	11:00	0.003	11.467	197.640	209.107
21/09/1998	5.50	11:30	0.003	15.271	221.880	237.150
21/09/1998	6.00	12:00	0.004	19.074	246.216	265.290
21/09/1998	6.50	12:30	0.012	53.120	269.921	323.041
21/09/1998	7.00	13:00	0.020	87.166	292.502	379.668
21/09/1998	7.50	13:30	0.027	121.211	313.645	434.857
21/09/1998	8.00	14:00	0.035	155.257	333.173	488.430
21/09/1998	8.50	14:30	0.046	202.943	351.012	553.955
21/09/1998	9.00	15:00	0.057	250.629	368.750	619.379
21/09/1998	9.50	15:30	0.067	298.315	386.342	684.657
21/09/1998	10.00	16:00	0.078	346.001	403.423	749.424
21/09/1998	10.50	16:30	0.085	374.835	419.993	794.828
21/09/1998	11.00	17:00	0.091	403.668	438.137	841.805
21/09/1998	11.50	17:30	0.098	432.502	457.706	890.208
21/09/1998	12.00	18:00	0.104	461.335	476.400	937.735
21/09/1998	12.50	18:30	0.111	490.169	494.267	984.436
21/09/1998	13.00	19:00	0.117	519.002	515.075	1034.077



21/09/1998	13.50	19:30	0.124	547.835	538.528	1086.364
21/09/1998	14.00	20:00	0.130	576.669	562.808	1139.477
21/09/1998	14.50	20:30	0.137	605.502	587.801	1193.303
21/09/1998	15.00	21:00	0.143	634.336	613.402	1247.738
21/09/1998	15.50	21:30	0.150	663.169	639.514	1302.683
21/09/1998	16.00	22:00	0.156	692.003	665.225	1357.228
21/09/1998	16.50	22:30	0.168	745.234	690.554	1435.787
21/09/1998	17.00	23:00	0.180	798.465	724.031	1522.495
21/09/1998	17.50	23:30	0.192	851.696	764.702	1616.398
22/09/1998	18.00	0:00	0.204	904.927	805.496	1710.423
22/09/1998	18.50	0:30	0.230	1021.369	846.330	1867.699
22/09/1998	19.00	1:00	0.257	1137.812	900.975	2038.787
22/09/1998	19.50	1:30	0.283	1254.255	967.760	2222.015
22/09/1998	20.00	2:00	0.309	1370.698	1060.332	2431.029
22/09/1998	20.50	2:30	0.373	1654.596	1175.809	2830.405
22/09/1998	21.00	3:00	0.437	1938.495	1338.400	3276.895
22/09/1998	21.50	3:30	0.501	2222.393	1543.079	3765.472
22/09/1998	22.00	4:00	0.565	2506.292	1806.114	4312.405
22/09/1998	22.50	4:30	0.661	2931.030	2119.834	5050.865
22/09/1998	23.00	5:00	0.757	3355.769	2509.378	5865.147
22/09/1998	23.50	5:30	0.852	3780.508	2962.129	6742.637
22/09/1998	24.00	6:00	0.948	4205.247	3432.455	7637.702
22/09/1998	24.50	6:30	0.961	4262.914	3913.198	8176.112
22/09/1998	25.00	7:00	0.974	4320.581	4277.691	8598.272
22/09/1998	25.50	7:30	0.987	4378.247	4549.860	8928.107
22/09/1998	26.00	8:00	1.000	4435.914	4636.527	9072.442
22/09/1998	26.50	8:30	0.978	4339.433	4589.145	8928.578
22/09/1998	27.00	9:00	0.957	4242.952	4434.853	8677.805
22/09/1998	27.50	9:30	0.935	4146.471	4207.202	8353.673
22/09/1998	28.00	10:00	0.913	4049.990	3946.986	7996.976
22/09/1998	28.50	10:30	0.859	3809.341	3665.249	7474.590
22/09/1998	29.00	11:00	0.805	3568.693	3372.485	6941.178
22/09/1998	29.50	11:30	0.750	3328.045	3073.140	6401.185
22/09/1998	30.00	12:00	0.696	3087.396	2781.078	5868.474
22/09/1998	30.50	12:30	0.609	2701.472	2495.083	5196.555
22/09/1998	31.00	13:00	0.522	2315.547	2242.603	4558.150
22/09/1998	31.50	13:30	0.435	1929.623	2014.019	3943.642
22/09/1998	32.00	14:00	0.348	1543.698	1818.667	3362.366
22/09/1998	32.50	14:30	0.315	1398.422	1647.200	3045.622
22/09/1998	33.00	15:00	0.283	1253.146	1501.453	2754.598
22/09/1998	33.50	15:30	0.250	1107.870	1374.527	2482.397
22/09/1998	34.00	16:00	0.217	962.593	1265.740	2228.334
22/09/1998	34.50	16:30	0.197	871.657	1170.492	2042.150
22/09/1998	35.00	17:00	0.176	780.721	1088.938	1869.659
22/09/1998	35.50	17:30	0.156	689.785	1017.778	1707.562

22/09/1998	36.00	18:00	0.135	598.848	958.372	1557.221
22/09/1998	36.50	18:30	0.127	564.470	908.021	1472.491
22/09/1998	37.00	19:00	0.120	530.092	863.347	1393.439
22/09/1998	37.50	19:30	0.112	495.713	823.137	1318.851
22/09/1998	38.00	20:00	0.104	461.335	786.462	1247.798
22/09/1998	38.50	20:30	0.100	442.482	752.606	1195.089
22/09/1998	39.00	21:00	0.096	423.630	720.586	1144.216
22/09/1998	39.50	21:30	0.091	404.777	690.055	1094.832
22/09/1998	40.00	22:00	0.087	385.925	663.213	1049.138
22/09/1998	40.50	22:30	0.084	371.508	639.346	1010.854
22/09/1998	41.00	23:00	0.081	357.091	617.490	974.581
22/09/1998	41.50	23:30	0.077	342.674	597.276	939.951
23/09/1998	42.00	0:00	0.074	328.258	578.410	906.667
23/09/1998	42.50	0:30	0.072	318.277	560.653	878.930
23/09/1998	43.00	1:00	0.070	308.296	544.195	852.491
23/09/1998	43.50	1:30	0.067	298.315	528.811	827.126
23/09/1998	44.00	2:00	0.065	288.334	513.949	802.283
23/09/1998	44.50	2:30	0.064	283.899	499.525	783.423
23/09/1998	45.00	3:00	0.063	279.463	472.864	752.327
23/09/1998	45.50	3:30	0.062	275.027	436.514	711.541
23/09/1998	46.00	4:00	0.061	270.591	405.817	676.408
23/09/1998	46.50	4:30	0.059	260.610	379.665	640.275
23/09/1998	47.00	5:00	0.057	250.629	357.515	608.144
23/09/1998	47.50	5:30	0.054	240.648	338.633	579.281
23/09/1998	48.00	6:00	0.052	230.668	322.145	552.812

A continuación se especifican los hidrogramas de rotura para cada periodo de retorno estudiado.

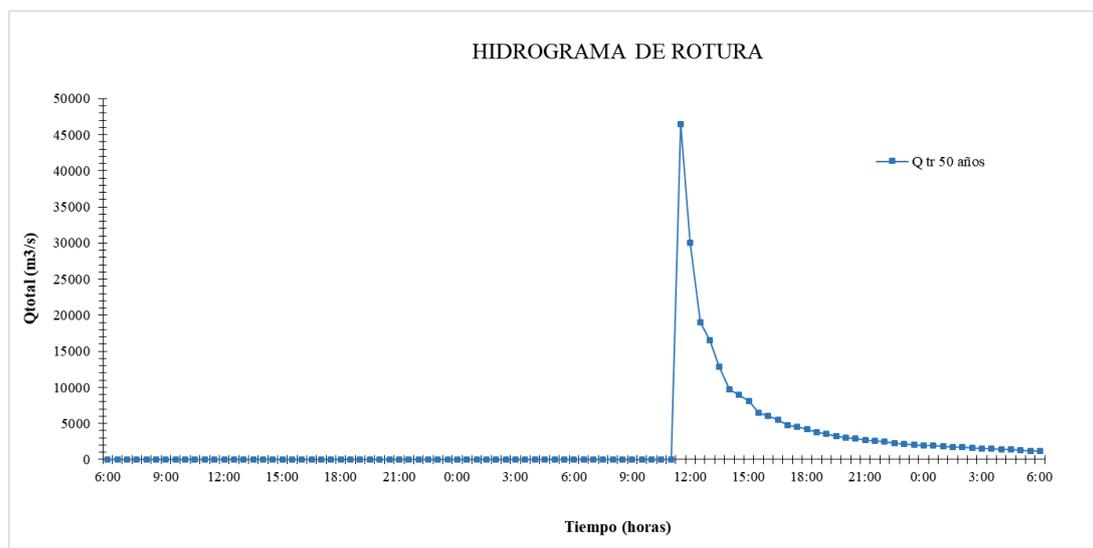


Figura. Anexo. 1. Hidrograma de rotura para Tr 50 años. Fuente: Elaboración propia.

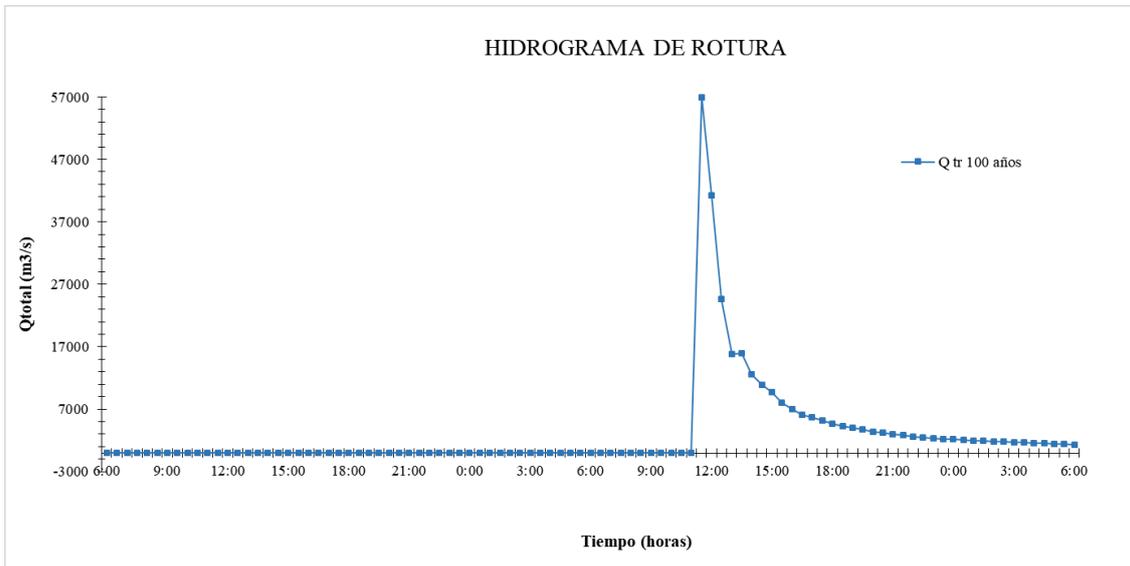


Figura. Anexo. 2. Hidrograma de rotura para Tr 100 años. Fuente: Elaboración propia.

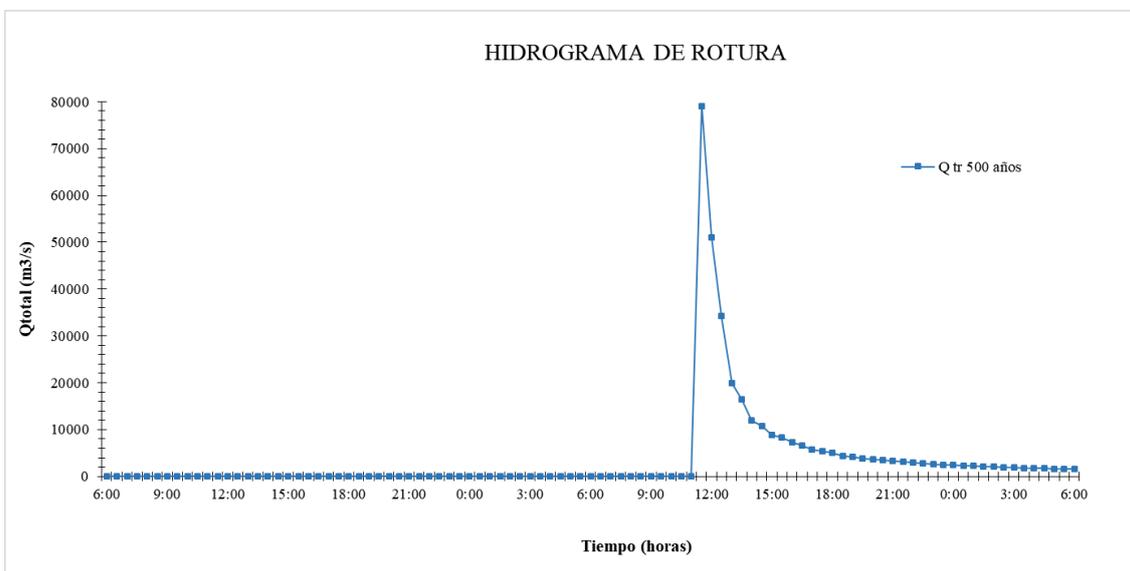


Figura. Anexo. 3. Hidrograma de rotura para Tr 100 años. Fuente: Elaboración propia.

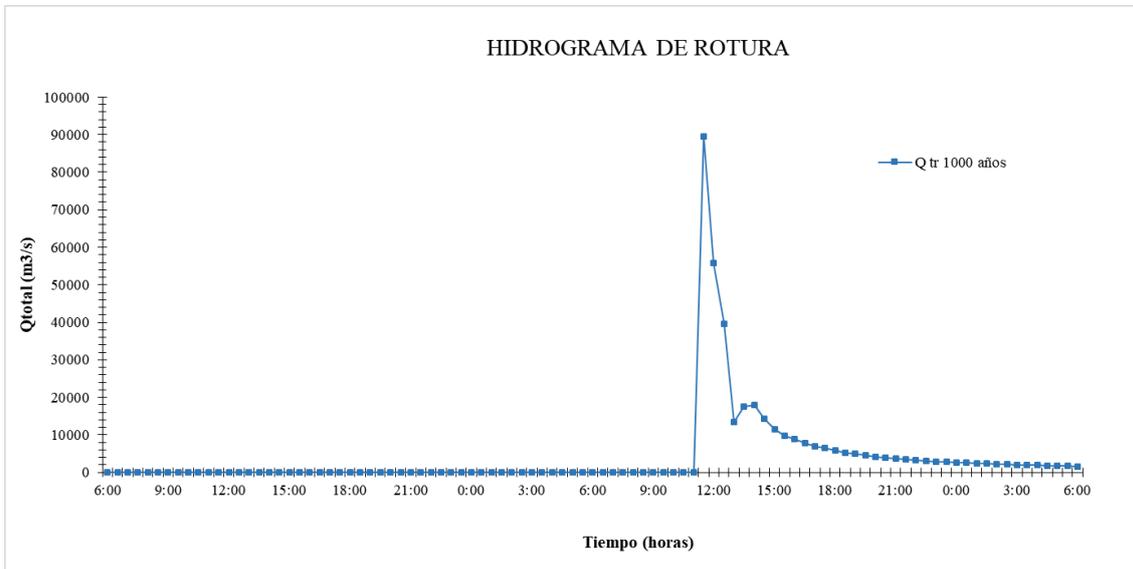


Figura. Anexo. 4. Hidrograma de rotura para Tr 1000 años. Fuente: Elaboración propia.

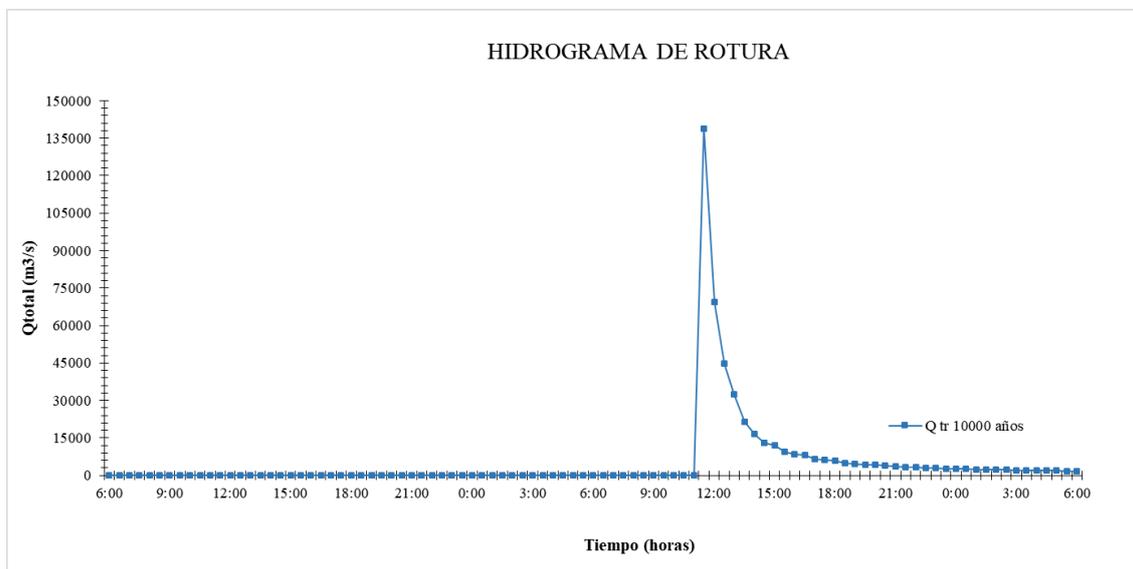


Figura. Anexo. 5. Hidrograma de rotura para Tr 10000 años. Fuente: Elaboración propia.