

1/9/2015



**PLANIFICACIÓN DE LAS ACCIONES DURANTE
EMERGENCIAS (PADE)
COMPLEJO HIDROELÉCTRICO CHIRIQUÍ
CENTRAL HIDROELÉCTRICA ESTÍ**



**ELABORADO POR:
CONSULTORIA, ESTUDIOS Y DISEÑOS, S.A.
ENERO 2012**

**Modificado Abril 2014
Revisado Septiembre 2014
Revisado Septiembre 2015
Revisado Octubre 2016
Revisado Agosto 2017**

Contenido

1	Planificación de las Acciones Durante Emergencias (PADE)	7
2	Descripción de la Central Hidroeléctrica Estí	8
3	Identificación de las Emergencias	15
3.1	Implementación de un sistema de alerta hidrológico	15
3.2	Detección de la Anomalía	16
3.3	Tipos de Alerta	17
3.4	Diagramas de Aviso.....	19
	Alerta BLANCA.....	22
	Alerta VERDE	Error! Bookmark not defined.
	Alerta AMARILLA	Error! Bookmark not defined.
	Alerta ROJA.....	Error! Bookmark not defined.
4	Procedimiento para Declarar la Emergencia.....	26
5	Procedimiento Para el Manejo de las Emergencias	26
6	Situaciones de Emergencia	28
6.1	Condiciones de Crecidas Ordinarias y Extraordinarias	30
6.2	Por Colapso Estructural en Condición de Operación Normal.....	35
6.3	Por Colapso Estructural durante Crecidas Extraordinarias.....	36
6.4	Por Apertura Súbita de Compuertas.....	41
6.5	Por Falla de Operación de las Estructuras Hidráulicas de Descarga.....	42
6.6	Por Vaciado Controlado o Vaciado Rápido a causa de un problema en la presa.....	42
7	Estudio de Afectación de Ribera de Embalse y Valle	44
8	Estudio Hidrológico y Modelación Hidráulica.....	50
8.1	Crecidas Máximas de Caudales	50

8.2	Aplicación Del Método De Análisis Regional De Crecidas Máximas Presa Chiriquí.....	50
8.2.1	Aplicación Del Método De Análisis Regional De Crecidas Máximas Presa Barrigón ...	54
8.3	Estudio de la Falla de una Presa	58
8.4	Caudales para el escenario de compuertas.....	61
8.5	Caudales utilizados de acuerdo a los escenarios.....	64
8.6	Resultados de la Simulación	65
8.6.1	Resultado de la simulación para el tramo de estudio desde la presa Chiriquí	65
9	Vinculación con el Sistema de Protección Civil. Planes de Evacuación.....	84
10	Simulacros de Emergencia	88
11	Actualización del PADE.....	92

Índice de Tablas

Tabla 1. Datos significativos de la Presa Chiriquí	10
Tabla 2. Datos significativos de Presa Barrigón	12
Tabla 3. Franjas de Operación de embalses de la Central Hidroeléctrica Estí.....	13
Tabla 4. Lugar Poblado, aguas abajo de embalse Chiriquí y Barrigón	14
Tabla 5. Categorización de la Presa Chiriquí según el Riesgo potencial	14
Tabla 6. Categorización de la Presa Barrigón según el Riesgo Potencial.....	15
Tabla 7. Características de las diferentes alertas a implementar	18
Tabla 8. Definición de Alertas para cada Situación de Emergencia.....	29
Tabla 9. Análisis de Rotura de las Presas de la Central Hidroeléctrica Estí en condición de operación Normal.....	35
Tabla 10. Análisis de Rotura de las Presas de la Central Hidroeléctrica Estí durante Crecidas Extraordinaria.....	37
Tabla 11. Resumen de los escenarios de afectaciones de riberas de embalse y valles.....	45
Tabla 12. Distritos y corregimientos influenciados negativamente por los escenarios de afectaciones de ribera de embalse y valles.....	46
Tabla 13. Lugares poblados con mayores riesgos de inundación.....	47
Tabla 14. Análisis de afectaciones por inundaciones aguas abajo de la Presa Chiriquí	47
Tabla 15. Análisis de afectaciones por inundaciones aguas abajo de la Presa Barrigón	48
Tabla 16. Superficie de diferentes productos que son cultivados en zonas cercanas al cauce del río Chiriquí que podrían afectarse por inundaciones.....	49
Tabla 17. Crías de animales en zonas cercanas al cauce del río Chiriquí que podrían afectarse por inundaciones	50
Tabla 18. Factores de Distribución para diferentes periodos de retorno	51
Tabla 19. Caudales máximos instantáneos según el análisis regional de crecidas.....	51

Tabla 20. Hidrograma de Crecidas Adimensional Río Chiriquí hasta el Sitio de Presa	52
Tabla 21. Hidrograma de Crecida Máxima. Sitio de Presa sobre el Rio Chiriquí	53
Tabla 22. Factores de Distribución para Diferentes Periodos de Retorno	55
Tabla 23. Hidrograma de Crecidas Adimensional Quebrada Barrigón hasta Sitio de Presa.....	56
Tabla 24 Hidrograma de Crecida Máxima Sitio de Presa sobre la Quebrada Barrigón	57
Tabla 25. Calculo de Parámetros de Brecha de Acuerdo al Método de Froehlich (2008), Presa Chiriquí.	60
Tabla 26. Calculo de Parámetros de Brecha de Acuerdo al Método de MacDonald & Langridge-Monopolis, Presa Barrigón.....	61
Tabla 27. Secuencia de apertura de compuertas de la presa Chiriquí	62
Tabla 28. Apertura de Compuertas incluido la descarga por el vertedero libre	63
Tabla 29. Apertura de Compuertas de la presa Barrigón	64
Tabla 30. Caudales con diferentes periodos de retorno de las presas de la Central Hidroeléctrica Estí.....	65
Tabla 31. Resultados de la simulación para los diferentes períodos de retorno de la presa Chiriquí bajo la Condiciones de crecidas ordinarias y extraordinarias.....	66
Tabla 32. Resultados de la simulación para los diferentes períodos de retorno de la presa Chiriquí por colapso estructural en condiciones de operación normal	69
Tabla 33. Resultados de la simulación para los diferentes períodos de retorno de la presa Chiriquí bajo la condiciones de colapso estructural en condiciones de crecidas extraordinarias	71
Tabla 34. Lista de Ubicaciones de los Diagramas de Avisos Impresos.....	85

Índice de Figuras

Figura 1 Vista de Presa Chiriquí	10
Figura 2 Vista de Presa Barrigón	11
Figura 3. Registro de caudales en la presa Chiriquí durante el período de junio-diciembre de 2009	29
Figura 4. Curvas de caudales con diferentes periodos de retorno presa sobre el río Chiriquí.....	54
Figura 5. Curvas de caudales con diferentes periodos de retorno para la presa Barrigón.....	58
Figura 6 Perfil longitudinal Río Chiriquí desde La Pesa Chiriquí.....	74
Figura 7: Sección transversal 1K+ 060, vista transversal de la comunidad El Salado	75
Figura 8: Sección transversal 2K+ 340, vista transversal de la comunidad La Esperanza	76
Figura 9: Sección transversal 2 K + 860, vista transversal de la comunidad Los Cerrillos	77
Figura 10: Sección transversal 10 K + 700, vista transversal de la comunidad Gualaca	78
Figura 11: Sección transversal 12 K + 460, vista transversal de la comunidad El Palomo	79
Figura 12: Sección transversal 13 K + 600, vista transversal de la comunidad El Bijagual	80
Figura 13: Sección transversal 16 K + 030, vista transversal de la comunidad El Higuerón	81
Figura 14: Perfil longitudinal Río Chiriquí desde La Pesa Barrigón	82
Figura 15: Sección transversal de la comunidad de Gualaca para la simulación desde la presa Barrigón.....	83
Figura 16: Sección transversal de la comunidad El Higuerón para la simulación desde la presa Barrigón.....	84

Este PADE ha sido preparado para ayudar al personal de AES Panamá en la Central Hidroeléctrica Estí, mediante la oportuna y confiable detección, evaluación, y clasificación de una situación de emergencia existente o potencial en las Presas ubicadas en el río Chiriquí y en la quebrada Barrigón respectivamente. Diversas situaciones serias que podrían llevar a la falla incluyen desastres naturales y situaciones relacionadas con actividades humanas, y este PADE establece clasificaciones de emergencia por falla de presa de acuerdo a su gravedad y urgencia. También se describen las condiciones o medidas para la detección y evaluación de una emergencia potencial o existente.

1 Planificación de las Acciones Durante Emergencias (PADE)

El Plan de Acción Durante Emergencias (PADE), define las responsabilidades y presenta los procedimientos para identificar, evaluar, clasificar y notificar a los organismos responsables sobre las emergencias que puedan ocurrir en las presas de la Central Hidroeléctrica Estí de acuerdo a las Normas de Seguridad de Presa establecidas según el ANEXO A de la Resolución AN No. 3932-Elec del 22 de octubre de 2010 por la Autoridad de los Servicios Públicos de la República de Panamá (ASEP).

Es así que el PADE es la herramienta que establece la organización de los recursos humanos y materiales necesarios para el control de los factores de riesgo que puedan comprometer la seguridad de las presas en dicha central. Además, el PADE propone acciones que deben realizarse durante una emergencia para salvaguardar la vida y bienes de la población que se encuentre aguas abajo de las presas.

Mediante los sistemas de información, alerta y alarma que se establezcan, el Plan debe facilitar la puesta en disposición preventiva de los servicios y recursos que hayan de intervenir para la protección de la población y el medio ambiente circundante en caso de rotura o falla grave de la presa, a la vez de posibilitar que la población potencialmente afectada pueda ser debidamente auxiliada por los organismos competentes.

En resumen El PADE, sirve para identificar las emergencias, proveer los planes para actuar en tales circunstancias y diseñar los diagramas de avisos. Consiste básicamente en:

- Buscar aspectos comunes de las posibles situaciones de emergencia y realizar el

correspondiente análisis de seguridad.

- Delimitar claramente las responsabilidades de intervención para el control de situaciones que puedan implicar riesgos de rotura o falla grave de la presa y establecer la organización adecuada para su desarrollo.
- Desarrollar la organización y medios adecuados para poder difundir una estrategia de acción entre los posibles protagonistas de la emergencia, para comunicar la información sobre incidentes, la comunicación de alertas y la puesta en funcionamiento, en caso necesario, de los sistemas de alarma que se establezcan.
- Identificar grupos afectados, determinar la zona inundable en caso de emergencia hídrica y/o rotura de la presa, indicando los tiempos de propagación de la onda de crecida y alturas del agua y efectuar el correspondiente análisis de riesgos.

Por otra parte, AES Panamá posee las condiciones para operar la emergencia en forma segura para lo cual se cuenta con lo siguiente:

- Lugar seguro para la operación de la presa en emergencia.
- Distintos tipos de sistemas de comunicación.
- Generación eléctrica o baterías de emergencia (grupo electrógeno, combustible y nivel de carga de baterías).
- Movilidad propia a salvo de la emergencia, con reserva de combustible.
- Agua, alimentos y abrigo.

Como parte complementaria al PADE, AES Panamá cuenta con una serie de planes que forman parte de su Sistema de Gestión Integrado (SIG), basado en la OHSAS 1 basado en las OHSAS 18001 e ISO 14001.

2 Descripción de la Central Hidroeléctrica Estí

La Central Hidroeléctrica Estí se encuentra localizada en el Corregimiento de Gualaca, Distrito de Gualaca, Provincia de Chiriquí, 22 kilómetros al noreste de la ciudad de David. Esta Central Hidroeléctrica utiliza las aguas turbinadas o descargas de la hidroeléctrica Fortuna con la adición de las aguas fluyentes desviadas de los Ríos Caldera, Chiriquí y quebrada Barrigón. En Mapa No. 1 se presenta la localización de la Central Hidroeléctrica Estí.

Sus estructuras principales están constituidas por la Presa Chiriquí, sobre el Río Chiriquí y la Presa Barrigón sobre la Quebrada Barrigón. Esta planta tiene dos unidades con una capacidad instalada de 120 Megavatios y un promedio de capacidad firme de 111.5 Megavatios. A continuación se describen las principales estructuras que componen la Central Hidroeléctrica Estí.

Presa Chiriquí

La Presa Chiriquí está ubicada sobre el río Chiriquí en el corregimiento de Gualaca, distrito de Gualaca en las coordenadas UTM (WGS 84) 952612.67 N, 351308.042 E, posee 2 compuertas radiales con dimensiones de 6 m de ancho por 10 m de alto con operación de impulso hidráulico. Cuenta con un vertedero tipo Ogee compuesto por cuatro (4) secciones, un sistema de disipación de energía tipo deflectory, un canal de sedimentos, la cresta está ubicada en la elevación 232.5 msnm, su nivel normal de operación es la elevación 225.5 msnm, tiene una altura máxima de 27.5 m y una longitud total de 175 m, de los cuales 84.5 m corresponden a la longitud de vertedero libre.

La Presa Chiriquí se caracteriza por ser de constitución mixta (Figura 1) debido a que el estribo izquierdo es de concreto de gravedad, pero hacia el estribo derecho por razones de calidad de la fundación, el cierre entre la estructura de concreto y el estribo se hace con una presa de enrocado de gravas compactadas con núcleos de arcilla compactada.

La capacidad total de diseño de la descarga es de 3,600.00 m³/s, que corresponde al diseño del período de retorno de 10,000 años; además, está provista con una válvula para descargar el caudal ecológico que corresponde a 3.5 m³/s en temporada seca y a 1.5 m³/s en temporada lluviosa. Sobre la margen izquierda del Río Chiriquí se encuentra la estructura de entrada al canal, con rejas, ataguías y dos (2) compuertas que derivan un caudal de diseño de 90 m³/s hacia el embalse Barrigón. El canal de conducción conformado de concreto y con forma trapezoidal tiene una longitud de 5,678 m desde la presa derivadora de Chiriquí al reservorio de Barrigón.

El área que cubre el embalse de Presa Chiriquí es de 57, 461.79, la cuenca que alimenta este reservorio es de 672.89 km² (ver Mapa 2) y se encuentra ubicado unos 500 m aguas abajo de la confluencia entre el Río Chiriquí y el Río Caldera.

Los datos más significativos de la Presa Chiriquí se resumen en la Tabla 1.



Tabla 1. Datos significativos de la Presa Chiriquí ¹

Elevación	Cresta 232.5 msnm, Cresta El. 225.5 msnm
Cuenca de drenaje	672.89 km ²
Volumen del embalse	156 158.985 m ³
	Volumen Útil: 137 230.96 m ³
	Volumen Muerto: 18 928. 02 m ³
Altura de Presa	Altura máxima del vertedero 27.5 m
Área del embalse	57, 461.79 m ²
Longitud total	175 m
Longitud de Vertedero	84.5 m
Número de compuertas	Dos (2) compuertas radiales en la descarga de fondo y cuatro (4) secciones de vertedero de flujo libre.
Caudal de Diseño de Vertedero	3 600 m ³ /s (descarga de fondo y vertedero)
Coordenadas	952612.67 N, 351308.042 E ²
Características básicas de la Presa	Tipo de presa: Concreto gravedad
	Constitución mixta: del cauce hacia el estribo izquierdo es de concreto gravedad; hacia el estribo derecho el cierre entre la estructura de concreto y el estribo es de enrocado de gravas compactadas con núcleo de arcilla impermeable ³ .

¹ Informe de entrenamiento de Operaciones, Presa Chiriquí y Canal, AES Panamá. Noviembre de 2007.

² Datos de Campo, CEDSA 2011.

³ Informe de Inspección y Seguridad, Central Hidroeléctrica Estí. MWH, septiembre 2011.

Presa Barrigón

La Presa Barrigón genera un embalse sobre la quebrada del mismo nombre, el cual aprovecha las aguas derivadas de la Central Hidroeléctrica Fortuna, los aportes de la quebrada Barrigón y los caudales trasvasados por el canal de conducción que trae las aguas del reservorio sobre el Río Chiriquí. Esta presa se localiza en el corregimiento de Gualaca, distrito de Gualaca, en las coordenadas UTM (WGS-84) 948867.29 N, 355396.817 E. En la Tabla 2 se resumen las características significativas de la Presa Barrigón.

La Presa Barrigón (Figura 2) es una presa de materiales granulares calificados, grava de canto rodado, rellenos de tierra y de roca con cara de concreto reforzado (CFRD), con pendientes de 1.45:1 aguas arriba y 1.6:1 aguas abajo de la presa, cuenta con altura del muro parapeto en la Elevación + 224.75, con un vertedero de excedencias de 3 compuertas radiales con dimensiones de 6 m de ancho x 10.5 m de alto con operación accionada hidráulicamente, cuenta con deflectores y piscina de buzamiento como disipadores de energía, además cuenta con una descarga de fondo con alcantarillas de dimensiones internas de 4 m de ancho x 5 m de alto con capacidad de descarga máxima de 60 m³/s. Esta presa cuenta con un sistema de flujo ecológico que descarga dentro del canal del vertedero, con un caudal de diseño de 0.75 m³/s y sus compuertas son operadas manualmente.



Figura 2 Vista de Presa Barrigón

La cresta del vertedero se ubica en la Elevación 222.5 msnm, tiene una altura máxima de 63 m y una longitud de cresta de 810 m. La capacidad de descarga en forma conjunta del vertedero y la descarga de fondo es de 1,200 m³/s que corresponde al diseño para el periodo de retorno de inundación de 10,000 años.

El área que cubre el embalse de la Presa Barrigón es de 2, 356, 533.20 m², la cuenca que alimenta este reservorio es de 34.26 km² (ver Mapa 3). El nivel normal de operación actualmente es la Elevación +218 msnm que genera un embalse de aproximadamente 44, 825, 343.70 m³; sobre la margen izquierda del embalse se encuentra la estructura de captación de concreto formada por dos entradas con rejas y ataguías.

La energía hidráulica acumulada en el embalse Barrigón es transferida a través de un túnel de 4,800 m de longitud parcialmente revestido con concreto lanzado y con revestimiento de concreto convencional el cual tiene una capacidad de transportar 118 m³/s, hasta la casa de Máquinas de la Central Estí, donde se generarán 120 MW de la salida de 2 turbinas tipo Francis de eje vertical de 60 MW cada una. La caída bruta vertical es de 122 m con agua represada y transferida a lo largo de más de 10 Km. Las aguas después de ser usadas son depositadas al río Estí.

Tabla 2. Datos significativos de Presa Barrigón⁴

Elevación	Cresta 222.5 msnm
Cuenca de drenaje	34.26 km ²
Volumen del embalse	44, 825, 343.70 m ³ - a un nivel normal de operación de 218 msnm
	Volumen Útil: 4 385 951.8 m ³ (216 – 218 msnm)
	Volumen Muerto: 40 439 391.9 m ³ (180 – 216 msnm)
Área del embalse	2, 356, 533.50 m ²
Altura de Presa	Altura máxima de la cresta del vertedero es 55 m Altura máxima de la cresta del vertedero de 63 m
Longitud de Cresta	810 m
Número de vertederos	Tres (3) compuertas radiales y descarga de fondo
Caudal de Diseño de Vertedero	Vertedero de demasías y la descarga de fondo 1200 m ³ /s
Coordenadas	948867.29 N, 355396.817 E ⁵
Características básicas de la Presa	Tipo de presa: Tierra y enrocado con cara de concreto (CFRD)
	Nivel normal de operación 218.0 msnm
	Nivel mínimo de operación 216.0 msnm

⁴ Informe de entrenamiento de Operaciones, Presa Barrigón y Túnel, AES Panamá. Noviembre de 2007.

⁵ Datos de Campo, CEDSA 2011.

La Central Hidroeléctrica Estí cuenta además con estructuras como, carreteras internas de interconexión, una chimenea de equilibrio tipo pozo vertical revestido en concreto de 18 m de diámetro y 40 m de altura, un canal de descarga de sección trapezoidal de 200 m de longitud desde la casa de máquinas hasta el Río Estí y una interconexión en 230 kV a la subestación Estí, (Canjilones). La Central Estí está equipada con sirenas de advertencia para alertar a los habitantes ubicados aguas abajo cuando las compuertas del aliviadero estén operando.

Monitoreo y detección de Anomalías

Para el monitoreo y detección de anomalías la Central Hidroeléctrica Estí cuenta con los siguientes instrumentos que son medidos con una regularidad trimestral:

- Piezómetros
- Acelerógrafo
- Puntos de control sobre superficies de deformación
- Medidores de infiltración
- Sensor de Nivel
- Aforadores de lámina delgada
- Medición del nivel de agua en el embalse

Franjas de Operación de Embalses

En la Tabla 3 se presentan las franjas de operación de los embalses de la Central Hidroeléctrica Estí.

Tabla 3. Franjas de Operación de embalses de la Central Hidroeléctrica Estí.⁶

Franjas de normas de operación	Presa Chiriquí	Presa Barrigón
	Cota (m)	Cota (m)
NmiOE	218.50	No aplica
NmiON	224.5	216
NMON	225.5	218
NMOE	227.5	222
NMCE	228.30	No aplica

Dónde:

NmiOE: Nivel Mínimo de Operación Extraordinaria

⁶ Datos AES Panamá, Central Hidroeléctrica Estí, Enero 2012.

NmiON: Nivel Mínimo de Operación Normal
 NMON: Nivel Máximo de operación Normal
 NMOE: Nivel Máximo de operación Extraordinario
 NMCE: Nivel Máximo de Crecida Extraordinaria

Sitios poblados aguas abajo de los embalses Chiriquí y Barrigón

Los sitios poblados que se localizan en la ribera del Río Chiriquí aguas abajo de la Presa Chiriquí y Barrigón aparecen en la Tabla 4.

Tabla 4. Lugar Poblado, aguas abajo de embalse Chiriquí y Barrigón⁷

Lugar Poblado	Población Total Censo 2010	Viviendas totales Censo 2010	Coordenadas UTM ⁸ (WGS-84)		
			Norte	Este	Elev. msnm
Alto Bonito	34	8	948936.78	355643.31	207
Bajo De Las Palmas o Cerrillos Abajo	31	17	944369.35	353405.68	145
El Salado (P)	12	2	952040.2	352629.77	266
Gualaca (Cabecera)	3,453	869	943317.94	356995.28	120
Higuerón	631	163	939646.84	358574.66	82
La Esperanza	81	27	949917.78	353099.29	187
Las Colonias O El Palomo	100	21	941833.56	357026.37	107
Las Guaquitas	34	8	943858.46	356298.1	123
Rincón	692	183	936122.87	358975.56	57
Veladero (P)	54	15	932649.93	358429.82	51
Totales	5122	1313			

Categorización de Presas

De acuerdo a la categorización por riesgos de potenciales impactos, establecidos en la Norma de Seguridad de presa aprobada por la Resolución AN No. 3932-Elec del 22 de octubre de 2010, las Presas de la Central Hidroeléctrica Estí se categorizan según los criterios descritos en la Tabla 5 y 6.

Tabla 5. Categorización de la Presa Chiriquí según el Riesgo potencial

Categoría	A	B	C
Riesgo	Alto	Significativo	Bajo
Pérdida directa de vidas humanas		✓	
Pérdida de servicios esenciales		✓	
Pérdidas en propiedades		✓	

⁷ Volumen I: Lugares Poblados de la Republica, INEC, Contralora General de la Republica. Junio 2011

⁸ Datos de campo, CEDSA 2011.

Pérdidas Ambientales		✓	
----------------------	--	---	--

Tabla 6. Categorización de la Presa Barrigón según el Riesgo Potencial

Categoría	A	B	C
Riesgo	Alto	Significativo	Bajo
Pérdida directa de vidas humanas		✓	
Pérdida de servicios esenciales		✓	
Pérdidas en propiedades		✓	
Pérdidas Ambientales		✓	

Estas presas se categorizaron tipo **B** “Riesgo potencial significativo” lo que establece que son aquellas en las que las fallas o mala operación resultan en una improbable pérdida de vidas humanas pero puede causar pérdidas económicas, daños localizados al ambiente, interrupción de instalaciones y comunicaciones.

3 Identificación de las Emergencias

3.1 Implementación de un sistema de alerta hidrológico

La utilización de un sistema de alerta hidrológico puede prever de forma muy acertada el hidrograma de las avenidas que entrarán a la presa, si a esto sumamos el conocimiento del nivel actual del embalse, se puede contar con un amplio panorama que permitirá realizar simulaciones rápidas para predecir el nivel al que puede ascender el embalse y la toma de decisiones oportunas, ya sea, la declaración de un sistema de alerta y las acciones que esto conlleve aguas debajo de la presa.

La combinación de estas dos herramientas, conjuntamente con los datos que arroje el resto de la instrumentación de la presa, es fundamental para activar algún sistema de alerta e iniciar el nivel de comunicación que corresponda. Además de esto, las presas Chiriquí y Barrigón tienen sensores de nivel en el embalse, razón por la cual los operadores siempre tienen conocimiento de su nivel actual; y pueden determinar si está subiendo con una velocidad fuera de lo normal.

Por lo tanto, los operadores de la central hidroeléctrica saben la importancia de la lectura diaria de la elevación del nivel del agua en el embalse, realizan el balance hídrico y están pendientes de los datos indicados por el sistema de alerta temprana.

3.2 Detección de la Anomalía

El personal de AES Panamá en la Central Hidroeléctrica Estí, está preparado para la oportuna y confiable detección, evaluación, y clasificación de las situaciones de emergencia existente o potencial, enumeradas en la sección 6, en las Presas Chiriquí y Barrigón.

Es más conveniente emitir una alerta mientras se confirma la magnitud de la emergencia, que esperar a que esa situación se produzca. El personal de mantenimiento del Complejo Hidroeléctrico Chiriquí está entrenado para buscar condiciones que podrían afectar la integridad de la presa o sus estructuras asociadas. Durante la inspección, el personal de Mantenimiento Civil buscará condiciones tales como grietas y hundimientos, filtraciones, corrosión interna, intemperismo, asentamiento, deterioro y/o disolución de la roca para la Presa de Chiriquí y en el caso de la Presa de Barrigón se buscarán condiciones de deterioro, hundimiento, filtraciones, asentamiento y disolución de la roca. Esta inspección es registrada en el formulario AES.SGI.PA.08.11 de Inspecciones Estructurales y Geotécnica Estí.

En cuanto a la detección de anomalías en el caso de fallas estructurales hay un sistema de vigilancia de piezómetros, dataloggers, y/o inclinómetros que miden desplazamientos horizontales. Además de la vigilancia visual de grietas, encendido y apagado de las bombas de los sumideros, medición de los puntos de control en la corona de las presas, le indican a la empresa si existe alguna falla estructural por agotamiento de la estructura. En cuanto a falla por sismo la empresa cuenta con un acelerógrafo que le dan vigilancia y pueden indicarle si hay algún indicio de anomalía. Al menos debemos enfocar este capítulo en el desarrollo de estas anomalías que son las que inicia o no una emergencia.

Diversas situaciones que podrían llevar a la falla incluyen desastres naturales y situaciones relacionadas con actividades humanas. Las actividades humanas pueden aumentar el potencial de impactos serios por falla de las presas, aguas abajo de la misma. Cuando las personas desarrollan

actividades productivas y establecen sus hogares dentro de los límites de una zona inundable, el riesgo y potencial de peligro aumentan.

Desastres Naturales

Los peligros naturales más importantes que podrían impactar las presas son crecidas ordinarias y extraordinarias así como los movimientos telúricos. Las altas precipitaciones como tal, no representan un riesgo especial a la presa; no obstante, generan posibles deslizamientos de los taludes en el embalse y saturación de sedimentos en el cuerpo de la presa. Los cuales pueden causar diferentes situaciones de emergencia.

La actividad sísmica no es anticipable en el tiempo por lo que en el plan se plantea la detección del suceso y de los resultados de una inspección posterior.

Actividades Humanas

Las afectaciones asociadas a las actividades humanas están relacionadas principalmente a fallas de las estructuras por deterioro de material o mala construcción y/o diseño; también se pueden incluir errores de operación del personal responsable. Este tipo de actividades no serán consideradas dado que escapan de la capacidad de predecir.

Ocasionalmente, es posible que las presas sean blanco de vandalismo, sabotaje y/o actos bélicos, el cual puede resultar en daños estructurales. Debido al vandalismo y la preocupación por la seguridad pública, el acceso a las estructuras de las presas está normalmente restringido. Tomando en consideración la experiencia de operación de la empresa AES Panamá, es poco probable que ocurran estos eventos, por lo cual no se considerarán en este informe.

3.3 Tipos de Alerta

La definición de la alerta es el punto de inicio del desarrollo de operaciones para afrontar la emergencia y para su manejo apropiado. A continuación se clasifican las alertas de acuerdo a los indicadores para cada uno de las situaciones, y de las características de las presas Chiriquí y Barrigón y los elementos que identifican y distinguen cada una. En la Tabla 7 se describen las causas para cada una de los tipos de Alerta:

Tabla 7. Características de las diferentes alertas a implementar

Alertas	Identificación de la emergencia	Características
Alerta Blanca	Vigilancia reforzada	<p>Se está desarrollando una situación potencialmente peligrosa que implica la necesidad de un manejo controlado del embalse para la evacuación de caudales.</p> <p>En caso de movimiento sísmico alejado de la zona de las presas, cuando se detectaron anomalías, susceptibles de comprometer la integridad de las obras en un plazo relativamente corto.</p>
Alerta Verde	Preocupaciones serias	<p>Se está desarrollando un comportamiento anormal o una situación de contingencia en la(s) presa(s). Esta alerta involucra procedimientos y actividades a desarrollar por personal con responsabilidades asignadas en el PADE. No está en peligro la presa al momento de la observación.</p> <p>Cuando se registran valores anormales en los instrumentos de auscultación, cuando se detecta operación defectuosa de algún dispositivo de evacuación, mala maniobra del mismo durante una situación de emergencia, la aparición de nuevas grietas, desplazamientos en la presa, cuando se registran deslizamientos de laderas en el embalse o en sus proximidades aguas arriba, cuando existen actos de vandalismo o sabotaje, frente a la ocurrencia de sismos que ocasionen daños de diversa consideración, pero acciones de respuesta pueden impedir o mitigar tales circunstancias.</p>
Alerta Amarilla	Peligro Inminente	<p>Existen condiciones que hacen que la estructura sea inestable creando una situación potencialmente peligrosa de una presa con posibilidad de falla. O las condiciones de operación sean tales que pueden amenazar vidas. No se presume que haya tiempo de retardo para la falla o tiempo para evaluar y controlar la situación.</p> <p>Son situaciones que pueden conducir a este peligro: sismos; potencial deslizamiento de laderas en el embalse; principio de desarrollo de falla; anomalías detectada por los instrumentos de auscultación internos o externos; actos de vandalismos o sabotaje.</p>

Alertas	Identificación de la emergencia	Características
Alerta Roja	Rotura constatada	La falla, el colapso parcial o total es inminente o ha ocurrido, con pérdida incontrolable de agua del embalse. Se tiene que la crecida catastrófica afectará a la población de aguas abajo de la presa, la situación es extremadamente seria y debe iniciarse la evacuación. Es un hecho incontrolable que conduce a la falla. No hay tiempo para evaluar ni controlar la situación. Se interrumpe la operación, han ocurrido grandes daños estructurales en la presa y sus condiciones físicas se han deteriorado de modo tal que su reparación no es posible.

Cabe aclarar que el establecimiento de los umbrales y su asignación a los diferentes escenarios se realizarán en cada caso en función del análisis de seguridad de presa y de las experiencias en su comportamiento.

3.4 Diagramas de Aviso

Para las situaciones de emergencias señaladas en la sección 6, el Líder de Operaciones y en su ausencia el Coordinador del PADE por el Complejo Hidroeléctrico Chiriquí, realizará notificaciones según el Diagrama de Aviso respectivo. Si no se puede localizar a la persona listada en los diagramas utilizar el Listado de Contactos Alternos, ver Anexo 1. Estos diagramas de aviso se han realizado basados en la Resolución AN No 3932 de Elec. del 22 de octubre de 2010. Estos diagramas incluyen unidades la UTESEP y la Autoridad del Manejo del Agua. Los mensajes por alerta son los siguientes:

Alerta Blanca

*“Soy el representante de la Autoridad Competente en el Manejo de Agua. Por este medio les notifico que el Complejo Hidroeléctrico Chiriquí Planta Estí, tiene la siguiente situación de emergencia (**especificar la causa**); por lo tanto, a las (**HH:MM**) se debe activar la Alerta Blanca, para la presa, **Chiriquí o Barrigón**, Repito: la Central Hidroeléctrica Estí, tiene la siguiente situación de emergencia (**especificar la causa**); por lo tanto, a las (**HH:MM**) se activa el nivel de Alerta Blanca. Por lo tanto, deben tomar las medidas necesarias de vigilancia y control. Por favor ponga a todos sus contactos en alerta. Manténgase en contacto e informado sobre las siguientes notificaciones o terminación de la emergencia. Por favor comunique la recepción de este mensaje, confirme que ha entendido y proporcione su nombre y apellido”.*

El representante de la Autoridad Competente en el Manejo del Agua debe indicar los números de teléfono para contactarlo.

Alerta Verde

*“Soy el Coordinador del PADE por AES Panamá del Complejo Hidroeléctrico Chiriquí Planta Estí, la cual tiene la siguiente situación de emergencia (**especificar la causa**); por lo tanto, a las (**HH:MM**) se activa la Alerta Verde, para la presa, **Chiriquí o Barrigón**. Repito: la Central Hidroeléctrica Estí, tiene la siguiente situación de emergencia (**especificar la causa**); por lo tanto, a las (**HH:MM**) se activa el nivel de Alerta Verde. Se están tomando las medidas necesarias de vigilancia y control. Se solicita que los organismos competentes de la Protección Pública debe estar listo para el proceso de evacuación, de los poblados aguas abajo de la Presa **Chiriquí o Barrigón**. Por favor ponga a todos sus contactos en alerta. Manténgase en contacto e informado sobre las siguientes notificaciones o terminación de la emergencia. El coordinador del PADE puede ser contactado a los teléfonos: 772-5670; 772-562. Por favor comunique la recepción de este mensaje, confirme que ha entendido y proporcione su nombre y apellido”.*

Alerta Amarilla

Notificación del Responsable primario a UTESEP

*“Soy el Coordinador del PADE por AES Panamá del Complejo Hidroeléctrico Chiriquí Planta Estí”, les notifico que se esta presentando una situación potencialmente peligrosa (**especificar la causa**); en la presa **Chiriquí o Barrigón**. Repito: les notifico que se esta presentando una situación potencialmente peligrosa (**especificar la causa**); en la presa **Chiriquí o Barrigón**. Por favor declaré la Alerta Amarilla y notifique a la Autoridad competente en el Manejo del agua como a los organismos competentes en la protección pública. Por favor comunique la recepción de este mensaje, confirme que ha entendido y proporcione su nombre y apellido”.*

Declaración de UTESEP “Alerta Amarilla”.

La UTESEP declarará La Alerta Amarilla de acuerdo a sus procedimientos de comunicación.

Alerta Roja

Notificación del Responsable primario a UTESEP

“Soy el Coordinador del PADE por AES Panamá del Complejo Hidroeléctrico Chiriquí Planta Estí”, les notifico que se ha presentado una situación de emergencia (**especificar la causa**)⁹ que a ocurrido en presa **Chiriquí o Barrigón** causando pérdidas incontrolable de agua del embalse. Repito: les notifico que se ha presentado una situación de emergencia (**especificar la causa**)⁹ que ha ocurrido presa **Chiriquí o Barrigón** con pérdidas incontrolable de agua del embalse, por favor declaré la Alerta Roja y notifique a los organismo competentes en la protección pública. Por favor comunique la recepción de este mensaje, confirme que ha entendido y proporcione su nombre y apellido”.

Declaración de UTESEP “Alerta Roja”.

La UTESEP declarará La Alerta Roja de acuerdo a sus procedimientos de comunicación.

Notificación del Responsable primario a Pobladores

AES Panamá, notificará a los pobladores del área de la situación de emergencia a acuerdo a su procedimiento de comunicación.

Los mensajes anteriormente descritos son una guía, se debe recordar la información necesaria que el Coordinador del PADE deberá notificar, según lo señalado en el diagrama respectivo, durante el mensaje: A continuación listamos dicha información:

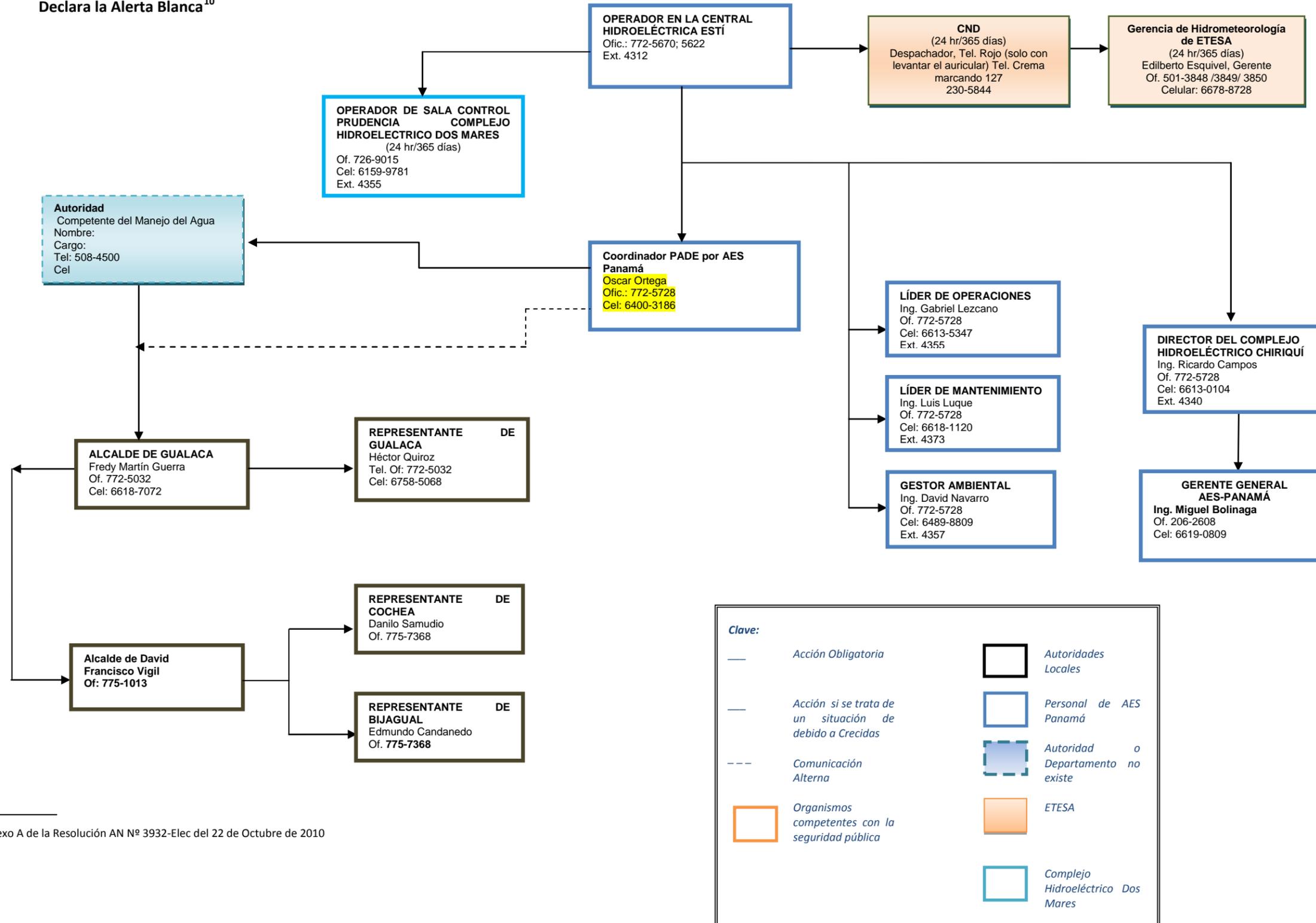
- Nombre de la presa (Presa Barrigón o Presa Chiriquí)
- Situación de emergencia (Condiciones de Crecidas Ordinarias y Extraordinarias, Por Colapso Estructural en Condición de Operación Normal, Por Colapso Estructural durante Crecidas Extraordinarias, Por Apertura Súbita de Compuertas, Por Falla de Operación de las Estructuras Hidráulicas de Descarga o Por Vaciado Controlado o Vaciado Rápido a causa de un problema en la presa)
- Gravedad de la situación
- Tipo de falla que está ocurriendo o se está desarrollando (por ejemplo, rebose o rotura)
- Hora exacta de la observación
- Hora exacta de la falla, si ya ha ocurrido y se conoce, sino estimar A continuación los diagramas de aviso de acuerdo al tipo de alerta presentada en este documento:

⁹ La Causas de esta situación de emergencia puede ser: la Falla, colapso parcial o total inminente de la presa.

Diagrama de Aviso

Alerta BLANCA

Declara la Alerta Blanca¹⁰

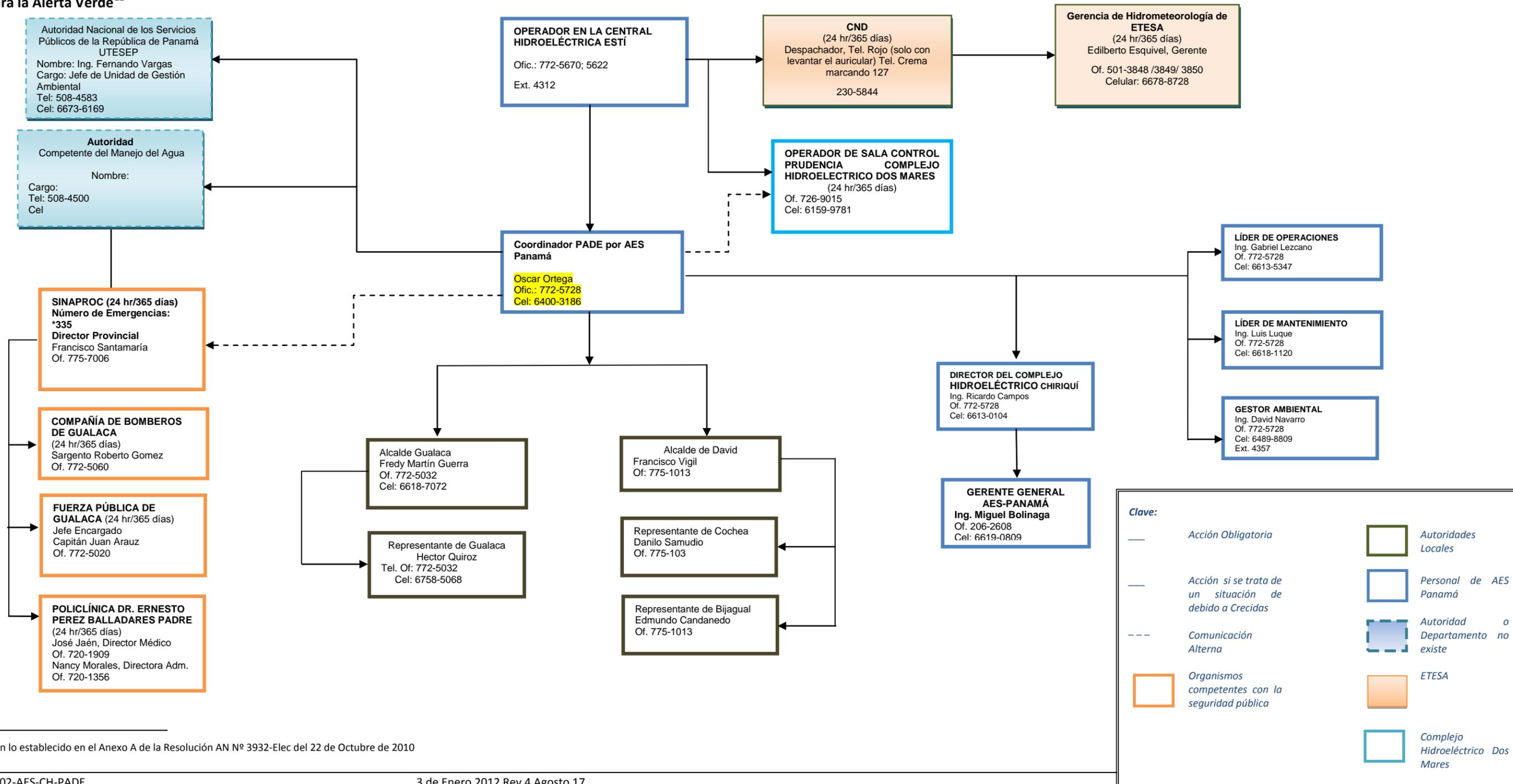


¹⁰ Según lo establecido en el Anexo A de la Resolución AN Nº 3932-Elec del 22 de Octubre de 2010

Diagrama de Aviso

Alerta VERDE

Declara la Alerta Verde¹¹



Clave:

- Acción Obligatoria
- Acción si se trata de un situación de debido a Crecidas
- - - Comunicación Alternativa
- Organismos competentes con la seguridad pública

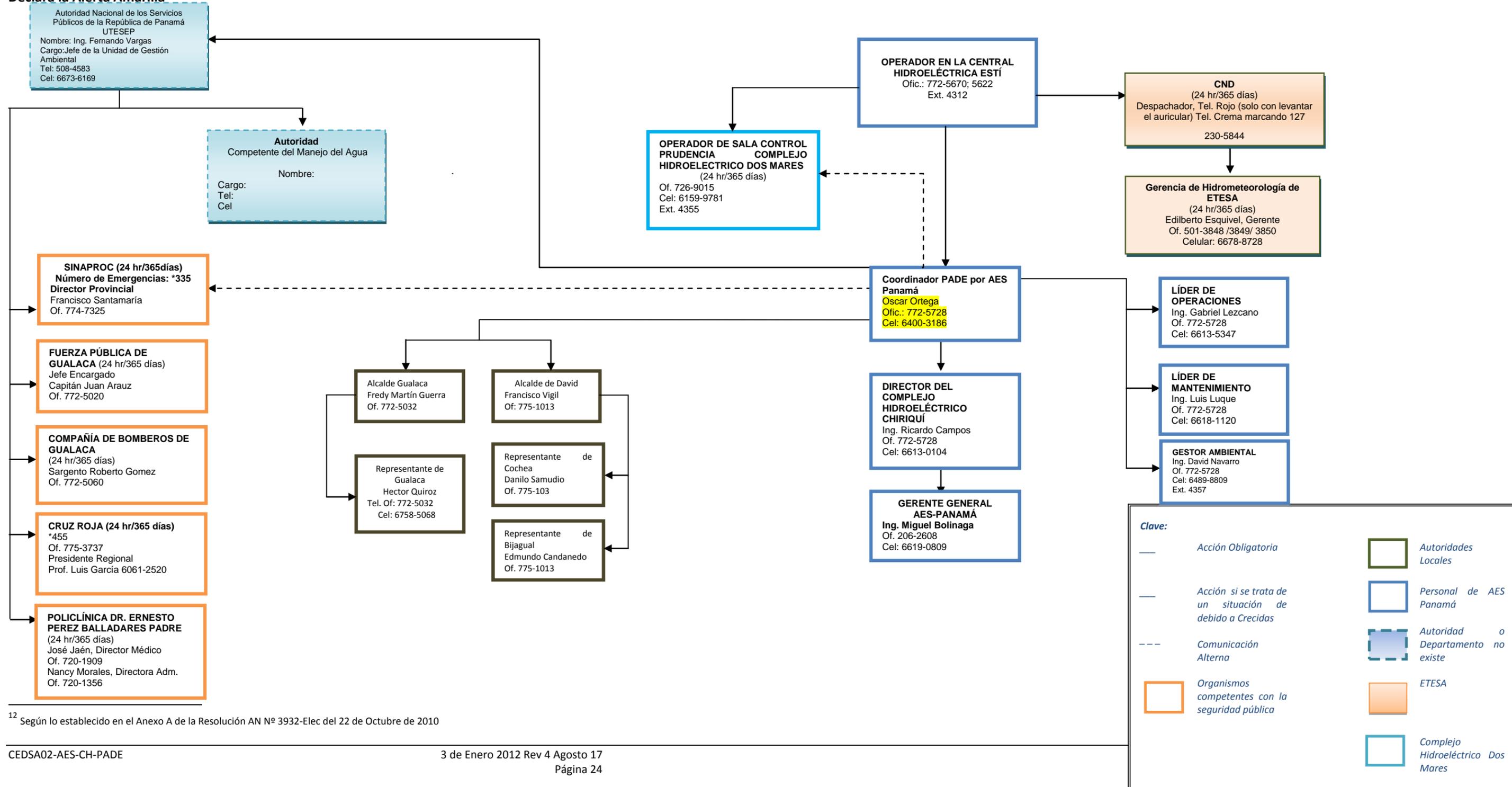
- Autoridades Locales
- Personal de AES Panamá
- Autoridad o Departamento no existe
- ETESA
- Complejo Hidroeléctrico Dos Mares

¹¹ Según lo establecido en el Anexo A de la Resolución AN Nº 3932-Elec del 22 de Octubre de 2010

Diagrama de Aviso

Alerta AMARILLA

Declara la Alerta Amarilla¹²



¹² Según lo establecido en el Anexo A de la Resolución AN N° 3932-Elec del 22 de Octubre de 2010

Clave:

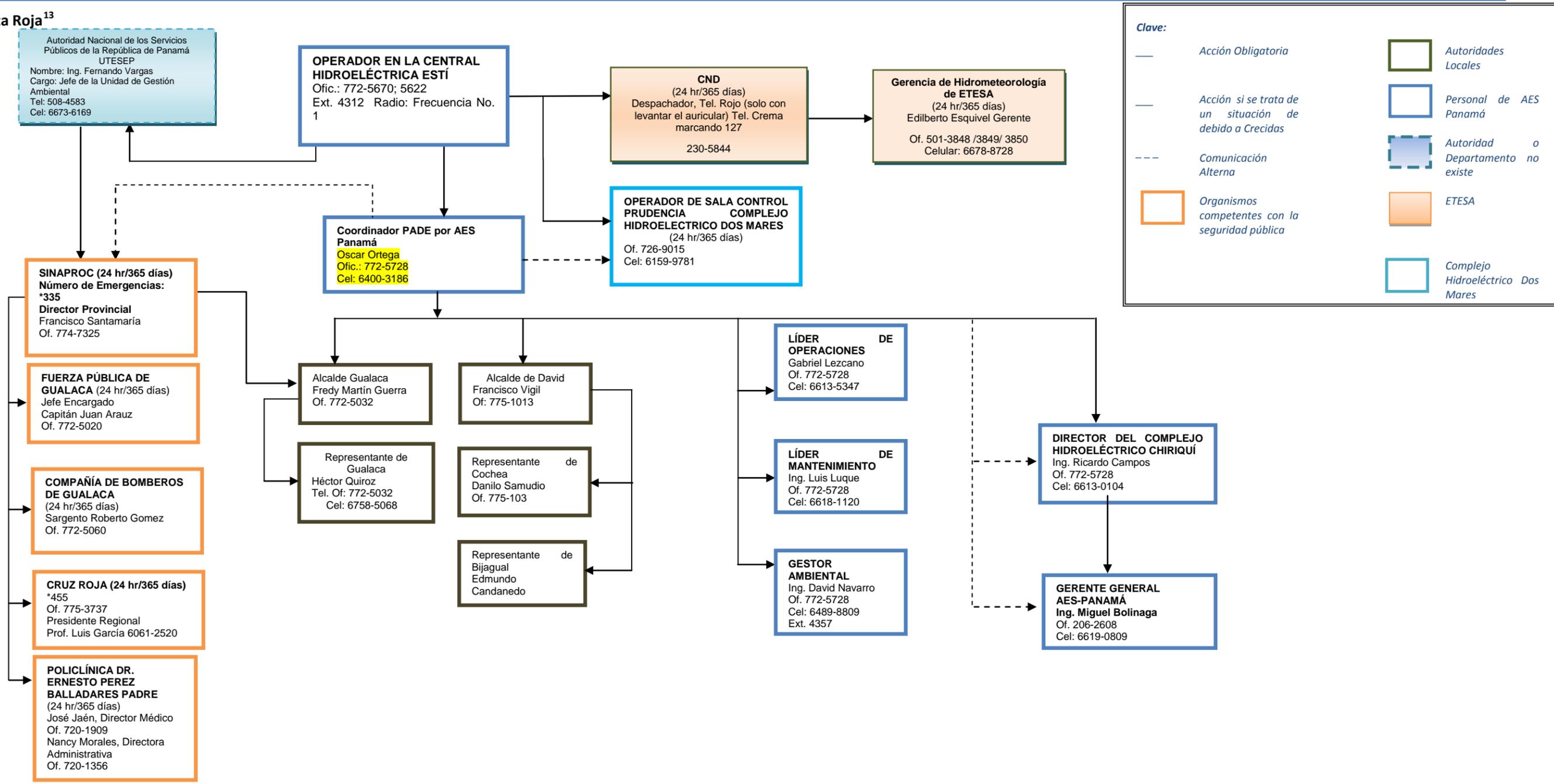
- Acción Obligatoria
- Acción si se trata de un situación de debido a Crecidas
- - - Comunicación Alterna
- Organismos competentes con la seguridad pública

- Autoridades Locales
- Personal de AES Panamá
- Autoridad o Departamento no existe
- ETESA
- Complejo Hidroeléctrico Dos Mares

Diagrama de Aviso

Alerta ROJA

Declara la Alerta Roja¹³



Clave:

- Acción Obligatoria
- Acción si se trata de un situación de debido a Crecidas
- - - Comunicación Alternativa
- Organismos competentes con la seguridad pública

- Autoridades Locales
- Personal de AES Panamá
- Autoridad o Departamento no existe
- ETESA
- Complejo Hidroeléctrico Dos Mares

¹³ Según lo establecido en el Anexo A de la Resolución AN Nº 3932-Elec del 22 de Octubre de 2010

4 Procedimiento para Declarar la Emergencia.

La detección precoz y evaluación de la(s) situación(es) o hecho(s) determinante(es) que inician o requieren una acción de urgencia son cruciales. El establecimiento de los procedimientos de información fiable y oportuna clasificación de una situación de emergencia es imprescindible para garantizar que la acción más adecuada se basa en la urgencia del caso.

Estos planes de emergencia involucran desde el personal a cargo de la operación de la central, personal jerárquico de AES Panamá, como así también de la ASEP. Por lo tanto, una vez que se identifica una condición de emergencia, es esencial para el éxito del PADE que el personal responsable responda inmediatamente para llevar a cabo la notificación por parte de AES Panamá y las medidas necesarias para la ejecución de la emergencia por parte de los estamentos de seguridad.

Después de la observación de una situación peligrosa en la Central Hidroeléctrica Estí, el inicio de la activación de planes de emergencia se puede dar tanto por el observador como por los representantes del sitio que conducen las labores de mantenimiento e inspección rutinarios. El personal de AES Panamá que labora en la Central Estí inspecciona regularmente la presa y sus estructuras asociadas. Es su responsabilidad reconocer señales de peligros en desarrollo tales como los anotados en la sección 3, y tomar la iniciativa de actuar de acuerdo a la situación.

5 Procedimiento Para el Manejo de las Emergencias

Los planes de emergencia establecidos dentro del Sistema de Gestión Integrado, SGI, forman parte de este documento, donde se activa el PADE, confirmando la emergencia o esperando a que tal situación se produzca. Las medidas que se toman en cada uno de los planes de emergencia dependerán de la naturaleza del problema y el tiempo estimado que hay disponible para llevar adelante las medidas correctivas o de mitigación.

A continuación se describen responsabilidades específicas de las personas u organizaciones para el mantenimiento y operación de la presa y para implementar las diferentes fases de cada uno de los planes que comprenden el PADE.

El **observador** de una falla inminente o real tiene el compromiso de notificar al operador de sala de control de la Central Hidroeléctrica Estí y el operador notificará al Coordinador del PADE y este a su vez notificará a las autoridades correspondientes de acuerdo a los diagramas de notificaciones incluidos en este documento.

El **Coordinador del PADE** del Complejo Hidroeléctrico Chiriquí, quién será responsable de actividades relacionadas con el PADE, incluyendo revisar y solicitar modificaciones al plan, distribuir copias del plan y los diagramas de flujo, establecer el entrenamiento para el personal a cargo de la presa, y coordinar una prueba del plan. Él también es la persona a contactar si surge cualquier pregunta sobre el plan. Además, el Coordinador del PADE coordinará de cerca los esfuerzos durante la emergencia. Dirigirá actividades directas de reparación dentro de la Central Hidroeléctrica durante la emergencia.

La sala de control de la Central Hidroeléctrica servirá como centro de comunicaciones durante la emergencia

El **Coordinador del PADE** mantendrá un registro de todas las comunicaciones y/o notificaciones realizadas con respecto a esta emergencia según el diagrama de aviso, indicándole la hora de la llamada de notificación y la información reportada en la llamada de notificación.

El Gerente del Complejo Hidroeléctrico Chiriquí, designa al Coordinador del PADE, durante las emergencias, el Gerente del Complejo Hidroeléctrico Chiriquí tendrá las siguientes responsabilidades:

- Asumir la dirección y la responsabilidad de toda emergencia que requiera de la activación del Centro de Operaciones de Emergencias.
- Velar por la seguridad del personal, visitantes y terceras personas afectados por una emergencia.
- Coordinar y proveer dirección al Líder de Operaciones o al Coordinador del PADE en cuanto a las prioridades de respuesta.
- Autorizar la inversión de los recursos económicos y humanos en las actividades de respuesta y control de emergencias.

El **Gerente General o la persona que este designe**, hablará en nombre de AES Panamá y del personal de operaciones de la Central.

Al definir las responsabilidades mencionadas, se entiende que las instalaciones de la Central Hidroeléctrica Estí cuentan con instrumentación adecuada para verificar la seguridad de las presas, la casa de máquinas y otras estructuras de la central, la cual estará en funcionamiento las 24 horas del día.

La Responsabilidad de la Duración, Seguridad, Conclusión y Seguimiento durante una emergencia en la Central Hidroeléctrica es del personal apropiado de AES Panamá, garante de monitorear la(s) presa(s) durante una situación de emergencia, AES Panamá estará en disposición de mantener a las autoridades locales y a SINAPROC informados de las condiciones de la(s) presa(s) desde el momento de la determinación inicial que existe una emergencia hasta que esta ha concluido. Se usarán todos los medios de comunicación disponibles. El principal medio de comunicación será el teléfono. Dependiendo de la disponibilidad se usarán teléfonos celulares, radio e internet.

AES Panamá será responsable de tomar la decisión de declarar el cese de la condición de emergencia en la(s) presa(s). Esto podría deberse a la disminución de caudales, o debido a otra recomendación de AES Panamá. AES Panamá diseminará esta información mediante notificación directa a las autoridades locales, UTESEP (ASEP) y a SINAPROC.

6 Situaciones de Emergencia

La detección precoz y evaluación de la situación o hecho determinante que inicia o requiere una acción de urgencia, son cruciales para las siguientes situaciones de emergencia:

- Condiciones de Crecidas Ordinarias y Extraordinarias
- Por Colapso Estructural en Condición de Operación Normal
- Por Colapso Estructural durante Crecidas Extraordinarias
- Por Apertura Súbita de Compuertas
- Por Falla de Operación de las Estructuras Hidráulicas de Descarga
- Por Vaciado Controlado o Vaciado Rápido a causa de un problema en la presa

Para cada una de estas situaciones de emergencia hay Diagramas de Avisos (ver sección 3), de acuerdo al tipo de alerta declarado. Dichos diagramas sintetizan claramente los esquemas de comunicación para cada condición de emergencia. Además, indican el orden o jerarquía prevista, las personas que serán avisadas, los cargos que ocupan, sus alternos y los medios de comunicación principales y alternativos.

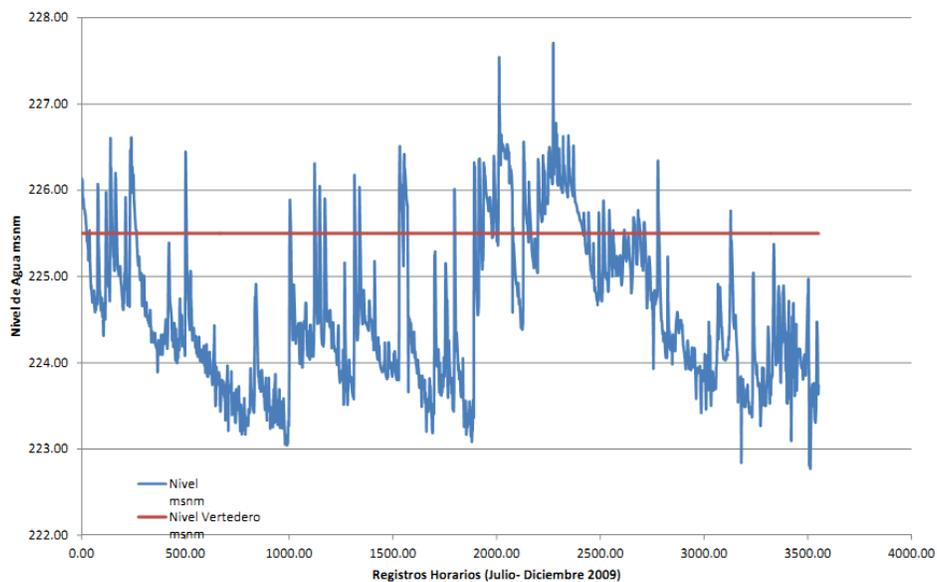
En la Tabla 8, se han establecido las alertas que se aplicarán para cada una de las situaciones de emergencia para las Presas Chiriquí y Barrigón.

Tabla 8. Definición de Alertas para cada Situación de Emergencia

Situaciones de emergencias según “Norma para la seguridad de Presa”	Tipo de Alerta Aplicada	
	Presa Chiriquí	Presa Barrigón
Bajo Condiciones de crecidas Ordinarias y Extraordinarias	Verde Amarilla	Blanca Verde Amarilla
Por Colapso Estructural en Condiciones de Operación Normal	Roja	Roja
Por colapso Estructural durante Crecidas Extraordinarias	Roja	Roja
Por Apertura Súbita de Compuertas	Verde	Verde
Por Falla de Operación de las Estructuras Hidráulicas de Descarga	Verde Amarilla	Verde Amarilla
Por Vaciado Controlado o Vaciado Rápido a causa de un problema en la presa	No aplica	Verde Amarilla

Para las situaciones de emergencias que a continuación se describen, no se considera la implementación de la alerta blanca para la presa Chiriquí, ya que la mayor parte del año mantiene un caudal de vertimiento permanente sobre esta (Figura 3); por lo tanto, no existe la situación de vertimiento controlado.

Figura 3. Registro de caudales en la presa Chiriquí durante el período de junio-diciembre de 2009



Fuente: Gráfica generada con datos obtenidos con el programa SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) de la empresa AES Panamá. 2009

6.1 Condiciones de Crecidas Ordinarias y Extraordinarias

Como medida proactiva, AES Panamá ha elaborado, un plan de emergencia de vertimiento, AES.SGI.PLAN. CHCH.05 del Sistema de Gestión Integrado de la empresa AES Panamá. (Ver Anexo 2).

Análisis de Crecidas Ordinarias y Extraordinarias para la Presa Chiriquí

Alerta Verde

Según la simulación hidráulica (sección 8) se debe activar la alerta verde al caudal 1514 m³/s, el cual se presenta en un período de retorno de 1:5 años. El nivel correspondiente al caudal simulado es 228.89 msnm.

Alerta Amarilla

La alerta amarilla se debe activar a un caudal de 1,800 m³/s. Este caudal corresponde a un período de retorno de 1:10 años. Este caudal generará inundaciones de moderadas a significativas aguas abajo de la Presa Chiriquí. El nivel correspondiente al caudal simulado es 229.31 msnm

En el Mapa 4 se presentan las planicies de inundación para los diferentes períodos de retorno (1:10, 1:50, 1:100, 1:1000 y 1:10000 años), para la simulación de la presa Chiriquí.

Procedimiento para el manejo de emergencias por Crecidas Ordinarias y Extraordinarias para la Presa Chiriquí

Se presenta el procedimiento del manejo de emergencia para la presa Chiriquí para las condiciones de crecidas ordinarias y extraordinarias.

El **Coordinador del PADE** debe realizar una reunión plenaria con las instituciones (SINAPROC, POLICIA NACIONAL, MINSA, MEDUCA, MIDA, MIVI y ANAM) de la región, sobre (en operación normal siempre se está vertiendo, no aplica esta reunión informativa). Coordinar el cierre de la vía hacia la Presa por parte de la Policía Nacional (bajo una situación extraordinaria). Coordinar con MEDUCA la suspensión temporal de clase en las escuelas que estén en áreas identificadas como de

riesgo a lo largo del río Chiriquí de Gualaca, Rincón, la potabilizadora del Corregimiento de Chiriquí, Cerrillos, el Valle, La Cantera El Puente, para utilizar como albergue temporal.

El **Coordinador del PADE** inicia las acciones de coordinación en la Planta y da seguimiento visual al nivel del río Chiriquí. Informa al Gerente del Complejo Hidroeléctrico Chiriquí que el nivel está en 228.20 msnm. Cuando el nivel llega a 228.20 msnm, activa el COE.

El **Operador de Turno** informa al Coordinador del PADE que el nivel está en 228.52 msnm.

El **Coordinador del PADE** y el **Oficial de Seguridad** cuando el nivel sea de 228.52 msnm verifican que las autoridades gubernamentales, estén alertando a las Comunidades que se mantengan alerta al posible riesgo de inundación.

El **Coordinador del PADE** se comunica por los medios disponibles al personal de la Planta.

El **Líder de Operaciones** mantiene las coordinaciones con el CND hasta que la condición de emergencia haya concluido e intercambia información, incluyendo los análisis de las condiciones meteorológicas, balance hídrico, y generación bruta.

El **Líder de Mantenimiento** en coordinación con el **Coordinador del PADE**, debe elaborar cronograma de trabajo y de ser necesario realizar la contratación de personal contingente para operar y/o reparar las compuertas 24 horas al día. Debe asegurarse de contar con el personal de mantenimiento en planta para atender cualquier situación de falla o daño en las unidades generadoras. En caso de disparo o problemas con alguna unidad, deberá atenderse inmediatamente y volver a poner en servicio la misma en el menor tiempo posible. Debe asegurarse que todo el personal que va a trabajar cuente con radio de comunicación. Debe solicitar, a través de la gerencia de compras, los repuestos recomendados en caso de algún daño a las compuertas.

El **Líder de Operaciones** revisará los procedimientos a seguir operación remota de las Compuertas. Se asegura de tener las lecturas del nivel del embalse cada media hora.

El **Operador** comunica al Coordinador del PADE que el nivel del embalse se encuentra a 228.93 msnm.

El **Líder de Operaciones** u **Operadores de Turnos** deben mantener el monitoreo tomando en cuenta que en el Nivel 228.93 msnm

Mantenimiento Civil debe realizar inspecciones rutinarias a las estructuras para verificar durante el vertimiento su condición utilizando el formulario AES.SGI.PA.08.11, para verificar con el fin de determinar las siguientes acciones según los daños y severidad reflejados en los mismos.

El **Coordinador del PADE** declara el fin de la emergencia, en conjunto con el Director de Emergencia (el fin de la emergencia puede darse antes del cierre de las compuertas).

Análisis de crecidas Ordinarias y Extraordinarias para la Presa Barrigón

Para determinar el nivel de la alerta, se han establecido umbrales, que ayudarán a los Operadores de la presa a clasificar una emergencia.

Alerta Blanca

La alerta blanca para la Presa Barrigón se activa cuando se realiza la apertura de las compuertas cuando el nivel del embalse llega a 218.60 msnm.

Alerta Verde

Para la presa Barrigón la alerta verde se activa en caudales entre 413 y 618 m³/seg, correspondientes a un periodo de retorno entre 50 y 1000 años. Para los caudales descritos, los niveles que se registrarán en la presa Barrigón serán de 218.72 y 218.84 msnm.

Alerta Amarilla

Caudales entre 618 y 788 m³/seg corresponden ambos a un periodo de retorno entre 1:1000 y 1:10000 años, que podrían causar inundaciones moderadas a significativas aguas abajo de la Presa Barrigón. Los niveles asociados a los caudales son: 218.84 msnm y 218.98 msnm.

En el Mapa 5 se presentan las planicies de inundación obtenidas con la simulación hidráulica para la presa Barrigón.

El procedimiento para el manejo de emergencia asociada al escenario **“Por Condiciones de Crecidas Ordinarias y Extraordinarias”** para la Presa Barrigón es el siguiente:

El **Operador de Turno (Sala de Control)** Informa al Coordinador del PADE, Líder de Operaciones, Gerente de Planta, que el nivel se mantiene en 218.50 msnm. Informa a las autoridades correspondientes según el “Diagrama de Notificación de Alerta Blanca” (Ver sección 3 del documento).

El **Coordinador del PADE** informa al Operador Móvil si el nivel de la cresta está en 218.5 msnm, para que el mismo se desplace al sitio porque la compuerta no es remota.

El **Operador móvil** monitorea los niveles del río Chiriquí, a través de recorridos e informando al Operador de Sala de Control. Comunicar al Coordinador del PADE que el nivel se encuentra a 218.60 msnm.

El **Líder de Operaciones o el Operador de Turno (Sala de Control)** inician regulación del flujo del canal, controlando la apertura de la compuerta del mismo, ubicada en Presa Chiriquí. (Esta acción se debe realizar antes de alcanzar este nivel, aproximadamente a los 218.25 msnm)

El **Coordinador del PADE** informa al Gerente del Complejo Hidroeléctrico Chiriquí que el nivel está en 218.60 msnm.

El **Coordinador del PADE** cuando el nivel llega a 218.60 msnm, activar COE, comunica por los medios disponibles al personal de la Planta. Mantiene las coordinaciones con el CND hasta que la condición de emergencia haya concluido. Coordinar con el Líder de Operaciones cuales son las acciones que se tomarán al mantener el nivel de 218.60 msnm.

El **Líder de Operaciones u Operador de Planta (Sala de Control)** El nivel está en 218.60 msnm proceder al cierre total de la compuerta del canal (esta compuerta debió cerrarse antes de llegar a este nivel) y esto aumentara el flujo de Chiriquí. La crecida del río Chiriquí afecta las comunidades de Gualaca, Rincón, la potabilizadora del Corregimiento de Chiriquí, Cerrillos, el Valle, La Cantera El Puente.

El **Líder de Mantenimiento** en coordinación con el Coordinador del PADE, debe elaborar cronograma de trabajo y de ser necesario realizar la contratación de personal contingente para operar y/o reparar las compuertas 24 horas al día. Debe asegurarse de contar con el personal de mantenimiento en planta para atender cualquier situación de falla o daño en las unidades

generadoras. En caso de problemas con alguna unidad, deberá atenderse inmediatamente y volver a poner en servicio la misma en el menor tiempo posible. Debe asegurarse que todo el personal que va a trabajar en el vertimiento cuente con radio de comunicación. Debe solicitar, a través de la gerencia de compras, los repuestos recomendados en caso de algún daño a las compuertas.

El **Líder de Operaciones** debe asegurarse de que el registro, AES.SGI.CHCH.PLAN.05.03 Formulario de Vertidos para Estí de la apertura de las compuertas y acciones tomadas (cierre o apertura). Para obtener el valor de apertura en metros el operador utilizará la tabla con los valores de porcentaje de apertura indicada en la estación del operador del DCS y la correspondiente apertura en metros. Se asegura de tener las lecturas del nivel del embalse cada hora.

El **Coordinador del PADE** cuando el nivel del embalse se encuentra en 218.60 msnm, avisa al personal que se movilice hacia la Planta Hidroeléctrica.

El **Operador** comunica al Coordinador del PADE que el nivel del embalse se encuentra a 218.60 msnm. Indica cuando el nivel del embalse alcanza 219.00 msnm

El **Coordinador del PADE** coordinar con el personal en los puntos de vigilancia y observación agua abajo.

El **Operador de Turno (Sala de Control)** informar al Coordinador del PADE cuando el nivel esté en 219.00 msnm.

El **Líder de Operaciones u Operadores de Turnos** deben realizar la apertura gradual de las compuertas. Se aseguran que cuando el Nivel llegue a 219.00 msnm se realice la apertura total por protección del nivel de la presa, se mantiene una orden de apertura a las 3 compuertas hasta que el nivel llegue a 218.00 msnm. Cuando el Nivel esté en 219.5 msnm se activará: la protección de la presa que abre las 3 compuertas al 100% para regular el nivel.

El **Operador Móvil** se deberá desplazar al área de compuerta para restaurar y retomar el control, manualmente.

Mantenimiento Civil debe realizar inspecciones rutinarias a las estructuras para verificar su condición utilizando el formulario AES.SGI.PA.08.11, para verificar con el fin de determinar las siguientes acciones según los daños y severidad reflejados en los mismos.

El **Coordinador del PADE** declara el fin de la emergencia, en conjunto con el Director de la Emergencia al cerrar las compuertas.

6.2 Por Colapso Estructural en Condición de Operación Normal

En cumplimiento con la cláusula 15.1 del Contrato de Concesión de Generación de la Central Hidroeléctrica Estí, AES Panamá contratará los expertos independientes en seguridad de presa, para la evaluación de los aspectos relacionados a la seguridad de presa, el cual será remitido a la Autoridad Nacional de los Servicios Públicos (ASEP).

Tanto la presa Barrigón como la presa Chiriquí se encuentran dentro de la clasificación de presas de estructura mixta, por lo tanto se requerirá que sus partes de hormigón y/o cemento y sus estructuras accesorias cumplan con los esfuerzos previstos para estructuras de dicho material de construcción y las deformaciones admitidas para la estructura de suelo o enrocado no deben introducir otras deformaciones que impliquen el deterioro del material, sea cemento u hormigón.

Como resultado de la evaluación se determinaron los siguientes criterios para el análisis de rotura (Tabla 9):

Tabla 9. Análisis de Rotura de las Presas de la Central Hidroeléctrica Estí en condición de operación Normal¹⁴

	Presa Chiriquí	Presa Barrigón
Forma de la brecha	rectangular	trapezoidal
Tiempo de Formación	0.15 horas	2.01 horas
Cota del fondo de la brecha	219 msnm	213 msnm
Ancho de la brecha	18.0 metros	94.74

Para la emergencia de colapso estructural en condiciones de operación normal, únicamente se considerará la alerta roja.

Alerta Roja

¹⁴ Resultados de Modelación Hidráulica, CEDSA 2011.

Para la alerta roja se tendrán en consideración el registro de un terremoto que ocasione una aceleración sísmica igual o mayor a 0.25g, próximo a las presas. Si posterior al sismo, en la inspección visual de la presa se detectan daños estructurales o grietas y filtraciones a presión o cualquier otro síntoma de rotura estructural inminente, será un síntoma de rotura de presa. Además, si se aprecian filtraciones incontrolables y en aumento o se producen nuevas grietas o aumento de las existentes, entonces habrá rompimiento y arrastre de porciones de la (s) presa(s) o de las obras asociadas. También se consideran síntomas de rompimiento de presas el desarrollo de sumideros en la presa o estribos de la misma; asentamiento pronunciado del coronamiento o bermas.

Para la rotura de presa los caudales obtenidos según la simulación (sección 8), para las presas Chiriquí y Barrigón fueron 1076 y 12,123.92 m³/s, respectivamente. En el Mapa 4 y 5 se presentan las planicies de inundación obtenidas con la simulación hidráulica para la presa Chiriquí y Barrigón, respectivamente. La situación más crítica sería en el período de retorno de 1:10000 años.

A continuación se presenta el procedimiento para el manejo de emergencia asociada al escenario **“Por Colapso Estructural durante Operación Normal”** para las presas Chiriquí y Barrigón.

El **Coordinador del PADE** debe informar a las autoridades correspondientes según el Diagrama de Notificación de Alerta Roja. Para que realicen las acciones necesarias para evacuar a las comunidades ubicadas aguas abajo de manera INMEDIATA. Debe solicitar a mantenimiento civil el monitoreo continuo e inmediato del acelerógrafo que se mantiene en la planta para la medición los movimientos sísmicos subsiguientes (réplicas). Esta verificación de los acelerógrafos se realizará siempre y cuando no esté en riesgo la vida del responsable de esta tarea. Finalmente, el Coordinador del PADE determina e indica el fin de la emergencia, en conjunto con el Director de emergencia.

6.3 Por Colapso Estructural durante Crecidas Extraordinarias

Como resultado de la evaluación se determinaron los siguientes criterios para el análisis de rotura (Tabla 10):

Tabla 10. Análisis de Rotura de las Presas de la Central Hidroeléctrica Estí durante Crecidas Extraordinaria¹⁵

	Presa Chiriquí	Presa Barrigón
Forma de la brecha	rectangular	trapezoidal
Tiempo de Formación	0.15 horas	2.01 horas
Cota del fondo de la brecha	219 msnm	213 msnm
Ancho de la brecha	18.0 metros	94.74

Análisis por colapso estructural durante crecidas extraordinarias para la Presa Chiriquí**Alerta Roja**

Para la presa Chiriquí, la simulación hidráulica para la rotura de presa generó caudales entre 2882 y 5737 m³/seg (Tabla 30, sección 8), los cuales están entre los períodos de retorno de 1:10 y 10000 años.

A continuación se presenta el procedimiento para el manejo de emergencia para el escenario de colapso estructural durante crecidas extraordinarias para la presa Chiriquí.

Procedimiento del manejo de emergencia para la Presa Chiriquí para “Colapso Estructural durante crecidas extraordinarias”.

El **Coordinador del PADE** inicia las acciones de coordinación en la Planta y da seguimiento visual al nivel del río Chiriquí. Informa al Gerente del Complejo Hidroeléctrico Chiriquí que el nivel está en 228.20 msnm. Cuando el nivel llega a 228.20 msnm, activa el COE,

El **Operador de Turno** informa al Coordinador del PADE Emergencia que el nivel está en 228.52 msnm.

Cuando el nivel sea de 228.52 msnm tanto el **Coordinador del PADE** como el **Oficial de Seguridad** verifican que las autoridades gubernamentales, estén alertando a las Comunidades, de modo que estén alerta al posible riesgo de inundación.

El **Coordinador del PADE** comunica por los medios disponibles al personal de la Planta. El **Líder de Operaciones** mantiene las coordinaciones con el CND hasta que la condición de emergencia haya

¹⁵ Resultados de Modelación Hidráulica, CEDSA 2011.

concluido. Además, intercambia información, incluyendo los análisis de las condiciones meteorológicas, balance hídrico y generación bruta.

El **Coordinador del PADE** realiza una reunión plenaria con las instituciones (SINAPROC, POLICIA NACIONAL, MINSA, MEDUCA, MIDA, MIVI y ANAM) de la región, sobre la situación de emergencia notifica al CND de la posibilidad de rotura de presa, producto de una crecida extraordinaria. Coordina el cierre de la vía hacia la Presa por parte de la Policía Nacional. Coordinar con MEDUCA la suspensión temporal de clase en las escuelas que estén en áreas identificadas como de riesgo a lo largo del río Chiriquí de Gualaca, Rincón, la potabilizadora del Corregimiento de Chiriquí, Cerrillos, el Valle, La Cantera El Puente, para utilizar como albergue temporal.

El **Líder de Mantenimiento** en coordinación con el coordinador del PADE debe elaborar cronograma de trabajo y de ser necesario realizar la contratación de personal contingente para operar y/o reparar las compuertas 24 horas al día. Debe asegurarse de contar con el personal de mantenimiento en planta para atender cualquier situación de falla o daño en las unidades generadoras. En caso de disparo o problemas con alguna unidad, deberá atenderse inmediatamente y volver a poner en servicio la misma en el menor tiempo posible. No es vertimiento la falla es por colapso estructural. Debe solicitar, a través de la gerencia de compras, los repuestos recomendados en caso de algún daño a las compuertas.

El **Líder de Operaciones** revisará los procedimientos: Operación remota de las Compuertas. Se asegura de tener las lecturas del nivel del embalse cada media hora.

El **Operador** comunica al Coordinador del PADE que el nivel del embalse se encuentra a 228.93 msnm.

El **Líder de Operaciones** u **Operadores de Turnos** deben mantener el monitoreo tomando en cuenta que en el Nivel 228.93 msnm

Mantenimiento Civil debe realizar inspecciones rutinarias a las estructuras utilizando el formulario AES.SGI.PA.08.11, para verificar con el fin de determinar las siguientes acciones según los daños y severidad reflejados en los mismos. A solicitud el Coordinador del PADE.

El **Director de Emergencia** debe coordinar con Administración los aspectos logísticos de la operación. De ser necesario y factible se debe contratar a una o varias empresa(s) especializada(s) para la evaluación y mitigación de los daños en las estructuras

El **Coordinador del PADE** declara el fin de la emergencia, en conjunto con el Director de Emergencia.

Análisis por colapso estructural durante crecidas extraordinarias para la Presa Barrigón

Alerta Roja

Para la presa Barrigón, los cuales que se generaron en la simulación hidráulica (Tabla 30, sección 8) en el escenario de rotura de presa con crecidas extraordinarias generará caudales entre 12,429.43 y 12912.33 m³/seg.

A continuación se presenta el procedimiento para el manejo de emergencia para el escenario de colapso estructural durante crecidas extraordinarias para la presa Barrigón.

Procedimiento para el manejo de emergencia asociada al escenario para “Colapso Estructural durante crecidas extraordinarias” para la Presa Barrigón es el siguiente:

El **Operador de Turno (Sala de Control)** Informa al Coordinador del PADE, Líder de Operaciones, Gerente de Planta, que el nivel se mantiene en 218.50 msnm. Informa a las autoridades correspondientes según el “Diagrama de Notificación de Alerta Verde” (Ver sección 3 del documento).

El **Coordinador del PADE** informa al Operador Móvil si el nivel de la cresta está en 218.5 msnm, para que el mismo se desplace al sitio porque la compuerta no es remota.

El **Operador móvil** Monitorea los niveles del río Chiriquí, a través de recorridos e informando al Operador de Sala de Control. Comunicar al CE que el nivel se encuentra a 218.60 msnm

El **Líder de Operaciones o el Operador de Turno (Sala de Control)** inician regulación del flujo del canal, controlando la apertura de la compuerta del mismo, ubicada en Presa Chiriquí.

El **Coordinador del PADE** informa al Gerente del Complejo hidroeléctrico Chiriquí que el nivel está en 218.60 msnm y que se procede a establecer la alerta amarilla.

El **Gerente del Complejo Hidroeléctrico Chiriquí** cuando el nivel alcanza 218.60 msnm, comunicar la planificación del vertido a Director de Producción, Dirección de Asuntos Regulatorios y Legales (DARYL), a los Gerentes de: Hidrología y Ambiente, de Seguridad y Salud Ocupacional, y Comunicación y Asuntos Corporativos.

Cuando el nivel llega a 218.60 msnm el **Coordinador de PADE** activa el COE; comunica por los medios disponibles al personal de la Planta. Mantiene las coordinaciones con el CND hasta que la condición de emergencia haya concluido. Coordinar con el Líder de Operaciones cuales son las acciones que se tomarán al mantener el nivel de 218.60 msnm.

El **Líder de Operaciones u Operador de Planta (Sala de Control)** El nivel está en 218.60 msnm proceder al cierre total de la compuerta del canal (debió cerrarse antes de este nivel) y esto aumentara el flujo de Chiriquí. El Chiriquí afecta las comunidades de Gualaca, Rincón, la potabilizadora del Corregimiento de Chiriquí, Cerrillos, el Valle, La Cantera El Puente.

El **Líder de Mantenimiento** en coordinación con el Coordinador del PADE, debe elaborar cronograma de trabajo y de ser necesario realizar la contratación de personal contingente para operar y/o reparar las compuertas 24 horas al día. Debe asegurarse de contar con el personal de mantenimiento en planta para atender cualquier situación de falla o daño en las unidades generadoras. En caso de disparo o problemas con alguna unidad, deberá atenderse inmediatamente y volver a poner en servicio la misma en el menor tiempo posible. Debe asegurarse que todo el personal que va a trabajar en el vertimiento cuente con radio de comunicación. Debe solicitar, a través de la gerencia de compras, los repuestos recomendados en caso de algún daño a las compuertas.

El **Líder de Operaciones** debe asegurarse de que el registro, AES.SGI.CHCH.PLAN.05.03 Formulario de Vertidos para Estí de la apertura de las compuertas y acciones tomadas (cierre o apertura). Para obtener el valor de apertura en metros el operador utilizará la tabla con los valores de porcentaje de apertura indicada en la estación del operador del DCS y la correspondiente apertura en metros. Se asegura de tener las lecturas del nivel del embalse cada hora.

Cuando el nivel del embalse se encuentra en 218.60 msnm el **Coordinador del PADE** avisa al personal que se movilice hacia la Planta Hidroeléctrica.

El **Operador** comunica al Coordinador del PADE que el nivel del embalse se encuentra a 218.60 msnm. Indica cuando el nivel del embalse alcanza 219.00 msnm.

El **Coordinador del PADE** coordinar con el personal en los puntos de vigilancia y observación aguas abajo.

El **Operador de Turno (Sala de Control)** informar al Coordinador del PADE cuando el nivel esté en 219.00 msnm.

El **Líder de Operaciones u Operadores de Turnos** deben realizar la apertura gradual de las compuertas. Se aseguran que se realice la apertura total de las compuertas cuando el nivel llegue a 219.00 msnm, hasta que el nivel del embalse llegue a 218.00 m. Cuando el Nivel este en 219.5 msnm se activará: la protección de la presa que abre las 3 compuertas al 100% para regular el nivel.

El **Operador Móvil** se deberá desplazar al área de compuerta para restaurar y retomar el control, manualmente.

Mantenimiento Civil debe realizar inspecciones rutinarias a las estructuras para verificar su condición.

El **Coordinador del PADE** declara el fin de la emergencia, en conjunto con el Director de la Emergencia al cerrar las compuertas.

6.4 Por Apertura Súbita de Compuertas

Esta sección consiste en evaluar los efectos que puede originar la apertura súbita de las compuertas del vertedero de las Presas Chiriquí y Barrigón. Para cada Presa se considera que las causas de la apertura súbita de compuerta es por: funcionamiento inadecuado del sistema; un sabotaje; o por vibraciones generados por un sismo.

Dado que esta situación no es programada, sino que es un evento fortuito, no se considera la alerta blanca. La emergencia por apertura súbita de compuerta partirá en alerta verde.

Análisis por apertura súbita de compuertas para la Presa Chiriquí

Alerta Verde

Si la Presa Chiriquí se abre súbitamente en condiciones normales de operación, el caudal máximo que se descargará será de 911.85 m³/s (Tabla 28, sección 8). Con este caudal no se prevé inundaciones importantes, ya que el cauce del río Chiriquí tiene la capacidad de transportarlo.

En este escenario se considera que la comunidad con un riesgo de inundación es La Esperanza (Figura 8).

Análisis por apertura súbita de compuertas para la Presa Barrigón

Presa Barrigón

En la Presa Barrigón, la apertura súbita de las compuertas del vertedero generará caudales máximos de 794.93 m³/s (Tabla 29, sección 8). El riesgo principal asociado a la apertura súbita de compuerta es el posible daño al puente sobre la quebrada Barrigón, aguas abajo de la presa (Figura 15).

6.5 Por Falla de Operación de las Estructuras Hidráulicas de Descarga

Esta emergencia se considera que es igual a la situación de Apertura Súbita de Compuertas

6.6 Por Vaciado Controlado o Vaciado Rápido a causa de un problema en la presa

El escenario de vaciado controlado o vaciado rápido a causa de un problema en la presa es, según las Normas para la Seguridad de Presa, generado por: incumplimiento de las condiciones de seguridad; por causas potenciales asociados a valores anormales en los instrumentos de auscultación, aparición de grietas o desplazamiento en la presa.

En este sentido, para garantizar la seguridad de la presa, es necesario que se genere la apertura de las compuertas para aliviar la presión que genere la columna de agua. Por lo tanto, si hay una

apertura de las compuertas, esta debe hacerse en forma controlada, de modo de dar tiempo a los estamentos de seguridad para poner a buen resguardo a los habitantes de las comunidades localizadas en el área de influencia aguas abajo de la presa.

Este escenario solo aplica a la Presa Barrigón. No se considera para la presa Chiriquí, porque cuenta con un vertedero de descarga libre.

Alerta Blanca

Para la Presa Barrigón el caudal que será vertido producto de un vaciado controlado es de $60 \text{ m}^3/\text{s}$. Este caudal corresponde a la apertura de la compuerta de fondo con que cuenta la presa Barrigón.

A continuación se describe el procedimiento para la situación por vaciado controlado o vaciado rápido a causa de un problema en la presa Barrigón.

Coordinadores de Mantenimiento y Operaciones deben asegurarse de que se verifiquen los sellos de los stoplogs para garantizar que estén en buenas condiciones. Deben verificar la operación de las compuertas radiales. Se aseguran que se prueben las válvulas de Bottom Outlet abriendo las válvulas mariposa y la válvula cónica.

El **Líder de Operaciones** se asegura de que el canal de conducción de la Presa Chiriquí esté cerrado con 12 horas de anticipación. Mantiene la carga en 54 MW, por unidad, en coordinación con el CND, por el nivel 218 msnm al nivel 216.10 msnm. Cuando el reservorio alcance, 216.10 coordina con el CND para bajar la carga a mínima potencia, 32 MW por unidad. Cuando el nivel se encuentra a 216.05 msnm coordina con el CND la salida de la Unidad N° 1 de Estí. A los 216 msnm, coordina para la salida de la segunda unidad con el CND. Se asegura que se realice el bloqueo de las válvulas mariposas.

El **Líder de Mantenimiento** coordina durante la parada la limpieza de las guías de los stoplogs. Se asegura que se realice el plan de izaje y ATS para dicha actividad.

El **Líder de Operaciones** debe coordinar la apertura de las dos compuertas a 20%, cuando el nivel está a 216 msnm. Se debe verificar la tasa que no debe ser mayor que 2.5 me cada 24 horas hasta el nivel 213.5 msnm.

El **Oficial de Seguridad** debe coordinar con los estamentos de seguridad para garantizar la seguridad de las personas y viviendas que se encuentran aguas abajo de la Presa Barrigón y el río Chiriquí.

El **Gestor Ambiental** debe coordinar con ANAM los requerimientos necesarios para mitigar los impactos negativos de esta actividad.

El **Líder de Operaciones** al nivel 212.6 coordina para que la apertura de las dos compuertas a 20%, manteniendo la tasa de vaciado de acuerdo a la tasa de descenso de 2.5 m cada 24 horas.

El **Líder de Operación** en coordinación con el **Líder de Mantenimiento** se aseguran de que se ejecute la limpieza de las tomas de las válvulas de descarga de fondo. Se aseguran de que se instalen los limnímetros necesarios para la operación del llenado del embalse. Se aseguran que las válvulas mariposas del Bottom Outlet estén abiertas al 100%. Se aseguran de que la válvula cónica sea abierta al 50% al principio. Se debe mantener la tasa de 10 cm por hora abriendo hasta 100% dicha válvula.

7 Estudio de Afectación de Ribera de Embalse y Valle

El estudio de afectación de ribera de embalse y valle de la Central Hidroeléctrica Estí se basa en los criterios establecidos en Resolución AN N° 3932 de 22 de octubre de 2010, “por la cual se aprueban las normas para la seguridad de presas del sector eléctrico”.

También, se cumple con los lineamientos propuestos en la “Norma de Seguridad de Presas”, apéndice G: Criterios para la propagación de ondas de crecida aguas debajo de presas; el cual sugiere que el análisis debe incluir: Usuarios de los resultados, descripción del caso, referencias a crecidas históricas, antecedentes del proyecto, resumen de documentos más importantes del proyecto, normas de manejo de agua de embalse y central hidroeléctrica en estudio, datos de análisis de condiciones de borde, áreas donde pueden generarse cantidades importantes de material en suspensión, mapas en escala de la zona de estudio y que muestren afectación potencial de áreas, datos para calibración del modelo, toda información referente a niveles máximos del río, métodos computacionales utilizados, límites a usar en análisis de sensibilidad, interpretación de resultados en una evaluación de riesgos de inundación, PADE y plan de rescate,

condiciones de hidrograma base e hipótesis de propagación de la onda para su empleo en el análisis de riesgos.

Este análisis se realizará basada en información suministrada por la empresa AES Panamá y aquella obtenida de las visitas de campos del área de influencia de la Central Hidroeléctrica Estí. Esta primera versión presentará las área que probablemente sean afectadas por las diferentes situaciones que se describen en la Resolución AN N° 3932 de 22 de octubre de 2010.

En la Tabla 11 analizan las afectaciones de los escenarios según norma:

Tabla 11. Resumen de los escenarios de afectaciones de riberas de embalse y valles.

Escenarios de afectaciones	Escenarios de emergencias en evaluación	Descripción de las afectaciones
Por la ocurrencia de diferentes ondas de crecida	Por colapso estructural en condición de operación normal. Por colapso estructural durante crecidas extraordinarias	Ambas condiciones provocarán ondas de crecidas, que afectarán con mayor fuerza áreas cercanas al cauce del río, que en la situación de crecida en condiciones normales. Además, por el colapso de la presa, la onda podrá alcanzar sitios de elevaciones mayores, principalmente la rotura de presa durante crecidas extraordinarias. Según el análisis de tipo de presa (Tablas 5), la rotura de la Presa Chiriquí tendrá pocos minutos para dar aviso, por lo que el mayor riesgo estará en la afectación a la población y los servicios básicos y de forma moderada para el ambiente y la propiedad privada. En tanto, la Presa Barrigón demorará más por sus características. Dada la fuerza del corriente, las riberas aguas abajo de la presa, arrastrará escombros depositados en el lecho del río; además, se prevé pérdida de cobertura vegetal del bosque de galería.
Por remanso hidráulico.	Bajo condiciones de crecidas ordinarias y extraordinaria	El remanso hidráulico se puede presentar por un aumento acelerado del nivel del embalse, causadas por crecidas ordinarias y extraordinarias.
Por probables usos de la estructura de evacuación	Apertura súbita de compuertas en condiciones normales de operación	El uso de estructuras de evacuación de agua del embalse, como las compuertas y drenaje de fondo, no deberá producir mayores afectaciones aguas abajo que las originalmente previstas.
Por cambios en las funciones de la presa	Por colapso estructural en condición de operación normal Por colapso estructural	Para las Presas Chiriquí y Barrigón no se prevé modificación en su uso en el corto plazo. La única variación que se observa en la presa es en los períodos de estación seca, donde se reduce el caudal al

Escenarios de afectaciones	Escenarios de emergencias en evaluación	Descripción de las afectaciones
	durante crecidas extraordinarias	mínimo legal; y en la estación lluviosa, donde el uso de vertederos es mayor por aumentos de caudales que ingresan al embalse.
Por transporte de sedimento	Todos los escenarios de emergencias generan transporte de sedimento	El transporte de sedimento aguas abajo de la Presa Chiriquí variará según los escenarios de simulación que se evalúan. Sin embargo, una condición que agravaría significativamente el tema de transporte de sedimento es por rotura de presas; ya que el material que se ha depositado en los embalses será conducido por la crecida hacia el río Chiriquí, alterando su cauce.
Por inundación súbita		Según la ubicación de la población con respecto a las centrales hidroeléctricas, no se prevé inundaciones súbitas, dado que habría tiempo suficiente para dar aviso a la población.

En términos generales, los escenarios de afectaciones de riberas de embalse y valles tendrá influencia en los varios distritos cercanos al río Chiriquí, especialmente aquellos lugares más adyacentes a las Presas de Chiriquí y Barrigón. Los distritos y corregimientos que tendrán algún grado de afectación se presentan en la Tabla 12.

Tabla 12. Distritos y corregimientos influenciados negativamente por los escenarios de afectaciones de ribera de embalse y valles.

Distritos	Corregimientos	Población	Viviendas
Gualaca	Gualaca (Cabecera)	5605	1415
	Paja Sombrero	374	212
	Los Ángeles	715	161
	Hornitos	1230	345
Chiriquí	Bijagual	732	203

Fuente: Censo de Población y Vivienda de 2010. Contraloría General de La República

Los daños o consecuencias asociadas con los escenarios de afectaciones de ribera de embalses y valles son: aislamiento de comunidades por daños en puentes y carreteras, daños a la propiedad privada; daños de servicios básicos; daños de las viviendas de comunidades cercanas a las áreas de inundación; e incluso la pérdida de vidas humanas. Estas consecuencias varían de los lugares poblados, en función de su cercanía a las zonas probables de ser inundadas, según los escenarios de emergencias que se evalúan.

En orden de ponderación de los daños por inundaciones, las comunidades que mayor riesgo presentan son los del distrito de Gualaca, dada su cercanía al cauce del río Chiriquí. La Tabla 13 presenta los lugares poblados con mayor probabilidad de daños.

Tabla 13. Lugares poblados con mayores riesgos de inundación

Distrito	Corregimiento	Lugar poblado	Población	Viviendas
Chiriquí	Bijagual	Finca Rolando Real	2	4
		Finca Tommy Sitón	1	1
		Los Algarrobos o Las Yayas	10	4
		Bajo de Las Palmas	27	12
Gualaca	Gualaca	Gualaca Cabecera	3453	869
		La Esperanza	81	27
		El Palomo	100	21
		Barriada Asociación Nuestra Señora de los Ángeles	167	44
		El Higuerón	631	163
	Rincón	Veladero (p)	54	15

Fuente: Censo de Población y Vivienda de 2010. Contraloría General de La República

Análisis de las afectaciones en los embalses y valles de Chiriquí y Barrigón

Presa Chiriquí

Las afectaciones del vertido de agua por rotura de Presa de Chiriquí se describen en la Tabla 14.

Tabla 14. Análisis de afectaciones por inundaciones aguas abajo de la Presa Chiriquí

Componente	Daños	Descripción
Infraestructura	Daños de puentes y caminos	La principal infraestructura que se verían afectadas sería la propia Presa Chiriquí, la cual dejaría incomunicado los poblados de Gualaca y aquellas personas procedentes de Caldera y Boquete. Aguas abajo de la presa está el puente de La Esperanza, la cual aislaría a los pobladores de la comunidad del mismo nombre.
Ambiental	Pérdida de cobertura vegetal y de especies acuáticas	La onda que generará la rotura súbita de la Presa Chiriquí generará un fuerte arrastre de escombros y sedimentos, afectando los ecosistemas acuáticos que se localizan en las zonas de remoción de los materiales y aquellos sitios en donde serán depositados aguas abajo. Es posible que en el primer tramo, en donde la onda de la corriente sea más alta y rápida, se puede presentar afectaciones de la cobertura vegetal de la ribera del cauce del río Chiriquí.
Agrícola	Pérdida de cultivos y de	Ciertas áreas con actividades agrícolas se afectarían por la onda

Componente	Daños	Descripción
	animales de crianza	de la corriente de agua que se generará por la rotura de la presa.
Industrial	Alteración del funcionamiento de otras centrales hidroeléctricas, aguas abajo de la Presa Chiriquí	No se prevé que la crecida del río Chiriquí afecte de forma importante la actividad de las centrales hidroeléctricas aguas abajo.
Población	Pérdida de viviendas y vidas humanas	Es probable que haya afectaciones a las viviendas por el rápido aumento de los niveles del río Chiriquí, y de posibles pérdidas de vidas humanas.

Presa Barrigón

Las afectaciones del vertido de agua por rotura de Presa de Barrigón se describen en la Tabla 15.

Tabla 15. Análisis de afectaciones por inundaciones aguas abajo de la Presa Barrigón

Componente	Daños	Descripción
Infraestructura	Daños de puentes y caminos	Con el gran volumen de agua que se verterá paulatinamente, caminos cercanos a la Presa Barrigón sufrirán daños, lo cual aislaría a las poblaciones cercanas durante el evento y después de este. Los daños de los puentes se deberán principalmente por la socavación de sus bases o daños a sus pilares por el arrastre de escombros (troncos y rocas). El puente sobre la Quebrada Barrigón, aguas Abajo de Presa barrigón sería una a de las estructuras que se afectaría.
Ambiental	Pérdida de cobertura vegetal y de especies acuáticas	La onda que generará la rotura de la Presa Barrigón removerá parte de la cobertura vegetal que se encuentra aguas abajo. Dada la velocidad que tomará la corriente de agua por el vertido desde la presa, especies acuáticas como peces, anfibios y ciertos mamíferos serían arrastrados agua abajo, con una probable pérdida de estas. Este arrastre de especies acuáticas afectaría el ecosistema, inmediatamente aguas abajo de la Presa Barrigón. Otra afectación ambiental se asocia al arrastre de sedimentos aguas abajo, eliminando nutrientes necesarios para especies acuáticas; por el otro lado, la acumulación de sedimentos en otros tramos del río Chiriquí alterará el hábitat de especies acuáticas que desovan y se alientan en el lecho del río.
Agrícola	Pérdida de cultivos y de	Es posible que exista afectación de la actividad agrícola por

Componente	Daños	Descripción
	animales de crianza	alteración de caminos de acceso al río Chiriquí para la dotación de agua para la ganadería. En los puntos más bajos es probable la pérdida de cabezas de ganado.
Industrial	Alteración del funcionamiento de otras centrales hidroeléctricas, aguas abajo de la Presa Barrigón	La crecida por la rotura de Presa Barrigón podría afectar el funcionamiento de la central hidroeléctrica Dos Mares, debido a que los altos nivel del río Chiriquí restringirán su descarga. Otras industrias cercanas a la ribera del río Chiriquí, son tinas de acuícolas de propiedad de la ARAP.
Población	Pérdida de viviendas y vidas humanas	La afectación directa de pérdidas físicas de viviendas y vidas humanas se limita a aquellos lugares poblados muy próximos a la Presa Barrigón, lo que limita el tiempo para recibir la advertencia para el desalojo del área de riesgo

Evaluación de afectación de la actividad agrícola en las áreas de influencia del río Chiriquí en los distritos de Chiriquí y Gualaca

Aunque no se tiene certeza la ubicación de las áreas de cultivo, la crecida del río Chiriquí producto de la rotura de las Presas de Chiriquí y Barrigón, podrían afectar significativamente la producción agrícola. Habrán afectación directa o indirecta durante la rotura de presa: la afectación directa está asociada a la inundación de las áreas cultivadas; y la afectación indirecta se relaciona con el daño de caminos de acceso y puentes que evitarían que los productores puedan sacar sus cosechas para la venta. En las Tablas 16 y 17 se presentan las áreas de producción según el rubro que se podrían afectar por las inundaciones que se generen por la rotura de las Presas Chiriquí y Barrigón.

Tabla 16. Superficie de diferentes productos que son cultivados en zonas cercanas al cauce del río Chiriquí que podrían afectarse por inundaciones

Distritos	Corregimientos	Superficie sembrada (ha)						
		arroz	maíz	Pepino/Chayote	Otoe/guandú	Frijol de bejuco	Yuca/ñame	Poroto/sorgo
Gualaca	Gualaca (Cabecera)	123	141	6	86	92	292	31
Chiriquí	Bijagual	25	40	---	9	17	39	4

Fuente: VI Censo agropecuario de 2001. Contraloría General de La República.

Tabla 17. Crías de animales en zonas cercanas al cauce del río Chiriquí que podrían afectarse por inundaciones

Distritos	Corregimientos	Explotaciones						
		Ganado				Aves		
		Vacuno	Porcino	Caballar	Mular y asnal	Gallinas	Patos y gansos	Pavos
Gualaca	Gualaca (cabecera)	218	178	255	8	599	61	20
Chiriquí	Bijagual	88	32	93	3	118	21	6

Fuente: VI Censo agropecuario de 2001. Contraloría General de La República.

8 Estudio Hidrológico y Modelación Hidráulica

8.1 Crecidas Máximas de Caudales

Para la estimación de las crecidas máximas de caudales con diferentes periodos de retornos de la Central Hidroeléctrica, se utilizó la metodología desarrollada en la publicación Análisis Regional de Crecidas Máximas De Panamá 1971-2006, publicado en septiembre del 2008 por la Gerencia de Hidrometeorología de la Empresa de Transmisión Eléctrica, S.A. (ETESA), la cual es una actualización de la publicación realizada en 1986 por el Departamento de Hidrometeorología del entonces Instituto de Recursos Hidráulicos y Electrificación (IRHE), bajo el título de Análisis Regional de Crecidas Máximas.

8.2 Aplicación Del Método De Análisis Regional De Crecidas Máximas Presa Chiriquí

A continuación se enumeran los pasos a seguir para el cálculo o determinación del caudal máximo instantáneo o crecida máxima que se pueda presentar en el sitio de Presa Chiriquí, para distintos periodos de retorno mediante la utilización del método de Análisis Regional De Crecidas Máximas de Panamá de ETESA:

- Se delimita y se mide el área de drenaje de la cuenca hasta el sitio de interés, en Km², para el caso de Chiriquí es de 672.89 Km².
- Se determina a qué zona hidrológica homogénea pertenece el sitio de interés de acuerdo con el mapa del capítulo 4, acápite 4.3, del Resumen Técnico del Análisis Regional de Crecidas Máximas de Panamá de ETESA. La cuenca hidrográfica del río Chiriquí hasta

la Central Hidroeléctrica Estí se encuentra localizada dentro de la Región Hidrológica Homogénea 4.

- Se calcula el caudal promedio máximo utilizando la ecuación correspondiente a la zona hidrológica homogénea, que para el caso de Chiriquí corresponde a la Ecuación 4: $Q_{\text{máx}} = 25A^{0.59}$ por lo que el caudal máximo instantáneo para la cuenca hidrográfica del río Chiriquí hasta el sitio de presa es igual a $1166.27 \text{ m}^3/\text{s}$.
- Se calcula el caudal máximo instantáneo para distintos periodos de recurrencia, multiplicando el caudal promedio máximo que se obtuvo al aplicar la ecuación correspondiente a la zona hidrológica homogénea en donde se encuentra el punto o lugar de interés, que en nuestro caso es la Presa Chiriquí, por los factores que se presentan en tabla 18 que corresponde a un fragmento del Cuadro 6, Tabla 4 del Anexo 1 del Resumen Técnico del Análisis Regional de Crecidas Máximas de Panamá de ETESA.

Tabla 18. Factores de Distribución para diferentes periodos de retorno¹⁶

Periodo de Retorno en años	Tabla 4
1.005	0.34
1.05	0.49
1.25	0.67
2	0.93
5	1.3
10	1.55
20	1.78
50	2.1
100	2.33
1,000	3.14
10,00	4.0

Tabla 19. Caudales máximos instantáneos según el análisis regional de crecidas¹⁷

Tr Años	Caudal m^3/s
1.005	396.19
1.05	570.98
1.25	780.73
2	1,083.70
5	1,514.85
10	1,806.17
20	2,074.18
50	2,447.07
100	2,715.08

¹⁶ Resultados de Modelación Hidráulica. CEDSA 2011.

¹⁷ Resultados de Modelación Hidráulica. CEDSA 2011.

1,000	3,658.95
10,00	4,661.08

Tr = Período de retorno

Cálculo de Hidrogramas de Crecidas Máximas

El método del Análisis Regional de Crecidas proporciona el valor del caudal máximo instantáneo para diferentes periodos de retorno, mas no así los hidrogramas correspondientes. Para calcular el hidrograma de los caudales máximos obtenidos, se utilizó el hidrograma Triangular basado en la pendiente de la cuenca, longitud del cauce al sitio de estudio, tiempo de concentración. El hidrograma adimensional se presenta en la Tabla 20 donde se muestran los coeficientes del hidrograma adimensional obtenido

Tabla 20. Hidrograma de Crecidas Adimensional Río Chiriquí hasta el Sitio de Presa¹⁸

Tiempo en Hora	Q/Q_{Max}
0.00	0
0.32	0.015
0.64	0.075
0.97	0.16
1.29	0.28
1.61	0.43
1.93	0.6
2.25	0.77
2.58	0.89
2.90	0.97
3.22	1
3.54	0.98
3.87	0.92
4.19	0.84
4.51	0.75
4.83	0.65
5.15	0.57
5.80	0.43
3.44	0.32
7.09	0.24
7.73	0.18
8.38	0.13
9.02	0.098
9.66	0.075
11.27	0.036
12.89	0.018

¹⁸ Resultados de Modelación Hidráulica. CEDSA 2011.

Tiempo en Hora	Q/Q _{Max}
14.50	0.009
16.11	0.004

Para cada uno de los periodos de retornos y caudales máximos que se presentan en la Tabla 23 se calcularon los hidrogramas correspondientes, multiplicando los coeficientes de la Tabla 21 por el caudal máximo correspondiente que se muestra en la Tabla 22.

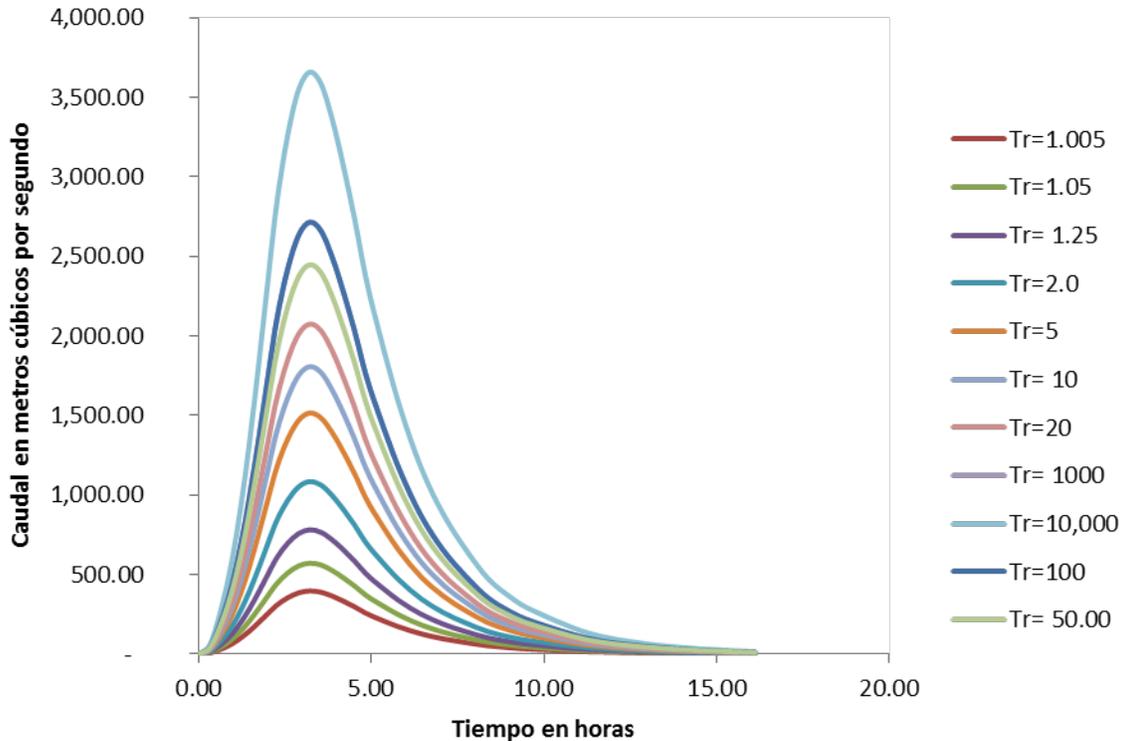
Tabla 21. Hidrograma de Crecida Máxima. Sitio de Presa sobre el Rio Chiriquí¹⁹

T (hrs)	Periodos de Retorno										
	1.005	1.05	1.25	2	5	10	20	50	100	1,000	10,000
0.32	5.94	8.56	11.71	16.26	22.72	27.09	31.11	36.71	40.73	54.88	69.92
0.64	29.71	42.82	58.55	81.28	113.61	135.46	155.56	183.53	203.63	274.42	349.58
0.97	63.39	91.36	124.92	173.39	242.38	288.99	331.87	391.53	434.41	585.43	745.77
1.29	110.93	159.88	218.60	303.44	424.16	505.73	580.77	685.18	760.22	1,024.51	1,305.10
1.61	170.36	245.52	335.71	465.99	651.39	776.65	891.90	1,052.24	1,167.49	1,573.35	2,004.27
1.93	237.72	342.59	468.44	650.22	908.91	1,083.70	1,244.51	1,468.24	1,629.05	2,195.37	2,796.65
2.25	305.07	439.66	601.16	834.45	1,166.44	1,390.75	1,597.12	1,884.24	2,090.61	2,817.39	3,589.04
2.58	352.61	508.17	694.85	964.49	1,348.22	1,607.49	1,846.02	2,177.89	2,416.42	3,256.47	4,148.37
2.90	384.31	553.85	757.31	1,051.19	1,469.41	1,751.99	2,011.96	2,373.66	2,633.63	3,549.18	4,521.25
3.22	396.19	570.98	780.73	1,083.70	1,514.85	1,806.17	2,074.18	2,447.07	2,715.08	3,658.95	4,661.08
3.54	388.27	559.56	765.12	1,062.03	1,484.56	1,770.05	2,032.70	2,398.13	2,660.78	3,585.77	4,567.86
3.87	364.50	525.30	718.27	997.01	1,393.66	1,661.68	1,908.25	2,251.30	2,497.88	3,366.24	4,288.20
4.19	332.80	479.63	655.81	910.31	1,272.48	1,517.18	1,742.31	2,055.54	2,280.67	3,073.52	3,915.31
4.51	297.14	428.24	585.55	812.78	1,136.14	1,354.63	1,555.64	1,835.30	2,036.31	2,744.21	3,495.81
4.83	257.52	371.14	507.48	704.41	984.65	1,174.01	1,348.22	1,590.60	1,764.80	2,378.32	3,029.71
5.15	225.83	325.46	445.02	617.71	863.47	1,029.52	1,182.28	1,394.83	1,547.60	2,085.60	2,656.82
5.80	170.36	245.52	335.71	465.99	651.39	776.65	891.90	1,052.24	1,167.49	1,573.35	2,004.27
6.44	126.78	182.71	249.83	346.78	484.75	577.97	663.74	783.06	868.83	1,170.86	1,491.55
7.09	95.09	137.04	187.38	260.09	363.56	433.48	497.80	587.30	651.62	878.15	1,118.66
7.73	71.31	102.78	140.53	195.07	272.67	325.11	373.35	440.47	488.71	658.61	839.00
8.38	51.50	74.23	101.50	140.88	196.93	234.80	269.64	318.12	352.96	475.66	605.94
9.02	38.83	55.96	76.51	106.20	148.46	177.00	203.27	239.81	266.08	358.58	456.79
9.66	29.71	42.82	58.55	81.28	113.61	135.46	155.56	183.53	203.63	274.42	349.58
11.27	14.26	20.56	28.11	39.01	54.53	65.02	74.67	88.09	97.74	131.72	167.80
12.89	7.13	10.28	14.05	19.51	27.27	32.51	37.34	44.05	48.87	65.86	83.90
14.50	3.57	5.14	7.03	9.75	13.63	16.26	18.67	22.02	24.44	32.93	41.95
16.11	1.58	2.28	3.12	4.33	6.06	7.22	8.30	9.79	10.86	14.64	18.64

En la Tabla 21 se muestra que la hora de ocurrencia de Caudal Máximo es a las 3.22 horas

¹⁹ Resultados de Modelación Hidráulica. CEDSA 2011.

Figura 4. Curvas de caudales con diferentes periodos de retorno presa sobre el río Chiriquí²⁰



8.2.1 Aplicación Del Método De Análisis Regional De Crecidas Máximas Presa Barrigón

Utilizando el Método de Análisis Regional de Crecidas máximas de Panamá ETESA aplicado para la Presa Chiriquí, fueron determinados los caudales máximos instantáneos o crecida máxima que se puede presentar en el sitio de Presa Barrigón. Los pasos seguidos fueron los siguientes:

- Se delimita y se mide el área de drenaje de la cuenca hasta el sitio de interés, en Km², para el caso de Barrigón es de 34.26 Km².
- Se determina a qué zona hidrológica homogénea pertenece el sitio de interés de acuerdo con el mapa del capítulo 4, acápite 4.3, del Resumen Técnico del Análisis Regional

²⁰ Resultados de Modelación Hidráulica. CEDSA 2011.

de Crecidas Máximas de Panamá de ETESA. La cuenca hidrográfica del río Barrigón hasta la Central Hidroeléctrica Estí se encuentra localizada dentro de la Región Hidrológica Homogénea 4.

- Se calcula el caudal promedio máximo utilizando la ecuación correspondiente a la zona hidrológica homogénea, que para el caso de Quebrada Barrigón corresponde a la Ecuación 4: $Q_{\text{máx}} = 25 A^{0.59}$ por lo que el caudal máximo instantáneo para la cuenca hidrográfica de la Quebrada Barrigón hasta el sitio de presa es igual a 201.12 m³/s.
- Se calcula el caudal máximo instantáneo para distintos periodos de recurrencia, multiplicando el caudal promedio máximo que se obtuvo al aplicar la ecuación correspondiente a la zona hidrológica homogénea en donde se encuentra el punto o lugar de interés, que en nuestro caso es la Presa Barrigón, por los factores que se presentan en la Tabla 22 que corresponde a un fragmento del Cuadro 6, Tabla 4 del Anexo 1 del Resumen Técnico del Análisis Regional de Crecidas Máximas de Panamá de ETESA.

Tabla 22. Factores de Distribución para Diferentes Periodos de Retorno²¹

Tr Años	Tabla 4
1.005	0.34
1.05	0.49
1.25	0.67
2	0.93
5	1.3
10	1.55
20	1.78
50	2.1
100	2.33
1,000	3.14
10,000	4.0

Tr = Período de retorno

Tabla 23. Caudales Máximos Instantáneos según el Análisis Regional de Crecidas²²

Tr Años	Caudal m ³ /s
1.005	68.38
1.05	98.55
1.25	134.75
2	187.05
5	261.46

²¹ Resultados de Modelación Hidráulica. CEDSA 2011.

²² Resultados de Modelación Hidráulica. CEDSA 2011.

10	311.74
20	358.00
50	422.36
100	468.62
1,000	631.53
10,00	804.50

Cálculo de los Hidrogramas de Crecidas Máximas

El método del Análisis Regional de Crecidas proporciona el valor del caudal máximo instantáneo para diferentes periodos de retorno, mas no así los hidrogramas correspondientes.

Para calcular el hidrograma de los caudales máximos obtenidos, se utilizó el hidrograma adimensional triangular. La Tabla 23 muestra los coeficientes del hidrograma adimensional obtenido.

Tabla 23. Hidrograma de Crecidas Adimensional Quebrada Barrigón hasta Sitio de Presa²³

Tiempo en Hora	Q/Q_{Max}
0.00	0
0.32	0.015
0.64	0.075
0.97	0.16
1.29	0.28
1.61	0.43
1.93	0.6
2.25	0.77
2.58	0.89
2.90	0.97
3.22	1
3.54	0.98
3.87	0.92
4.19	0.84
4.51	0.75
4.83	0.65
5.15	0.57
5.80	0.43
3.44	0.32
7.09	0.24
7.73	0.18
8.38	0.13
9.02	0.098
9.66	0.075
11.27	0.036
12.89	0.018
14.50	0.009

²³ Resultados de Modelación Hidráulica. CEDSA 2011.

16.11	0.004
-------	-------

Para cada uno de los periodos de retornos y caudales máximos que figuran en la Tabla 26, se calcularon los hidrogramas correspondientes multiplicando los coeficientes de la Tabla 24 por el caudal máximo correspondiente que figura en la Tabla 25.

La Tabla 24 muestra los hidrogramas de crecidas máximas para diferentes periodos de retorno obtenidos a partir de la aplicación del método de Análisis Regional De Crecidas Máximas de ETESA y del hidrograma adimensional que figura en la Tabla 24.

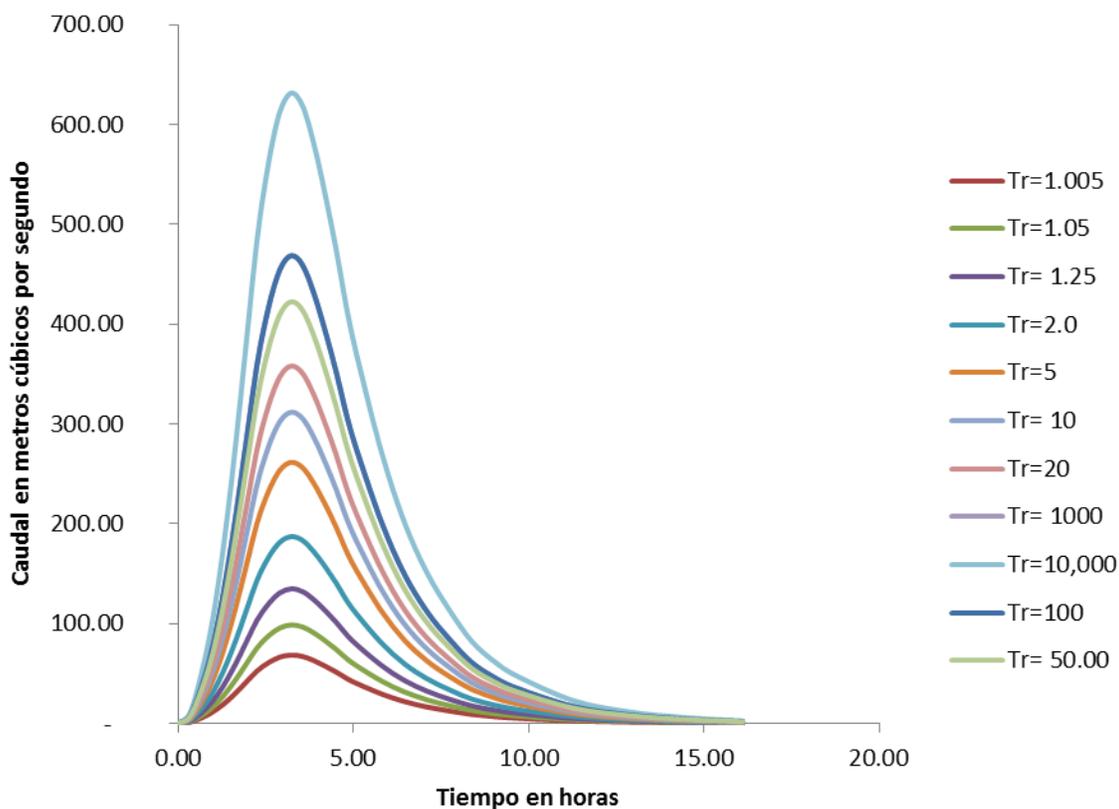
Tabla 24 Hidrograma de Crecida Máxima Sitio de Presa sobre la Quebrada Barrigón²⁴

T (hrs)	Periodos de Retorno										
	1.005	1.05	1.25	2	5	10	20	50	100	1,000	10,000
0.00	1.03	1.48	2.02	2.81	3.92	4.68	5.37	6.34	7.03	9.47	12.07
0.32	5.13	7.39	10.11	14.03	19.61	23.38	26.85	31.68	35.15	47.36	60.34
0.64	10.94	15.77	21.56	29.93	41.83	49.88	57.28	67.58	74.98	101.04	128.72
0.97	19.15	27.59	37.73	52.37	73.21	87.29	100.24	118.26	131.21	176.83	225.26
1.29	29.40	42.38	57.94	80.43	112.43	134.05	153.94	181.62	201.51	271.56	345.93
1.61	41.03	59.13	80.85	112.23	156.88	187.05	214.80	253.42	281.17	378.92	482.70
1.93	52.65	75.88	103.76	144.03	201.33	240.04	275.66	325.22	360.84	486.28	619.46
2.25	60.86	87.71	119.93	166.47	232.70	277.45	318.62	375.90	417.07	562.06	716.00
2.58	66.33	95.59	130.71	181.43	253.62	302.39	347.26	409.69	454.56	612.58	780.36
2.90	68.38	98.55	134.75	187.05	261.46	311.74	358.00	422.36	468.62	631.53	804.50
3.22	67.01	96.58	132.06	183.30	256.23	305.51	350.84	413.91	459.25	618.90	788.41
3.54	62.91	90.67	123.97	172.08	240.54	286.80	329.36	388.57	431.13	581.01	740.14
3.87	57.44	82.78	113.19	157.12	219.63	261.86	300.72	354.78	393.64	530.49	675.78
4.19	51.29	73.91	101.06	140.28	196.10	233.81	268.50	316.77	351.46	473.65	603.37
4.51	44.45	64.06	87.59	121.58	169.95	202.63	232.70	274.53	304.60	410.49	522.92
4.83	38.98	56.17	76.81	106.62	149.03	177.69	204.06	240.75	267.11	359.97	458.56
5.15	29.40	42.38	57.94	80.43	112.43	134.05	153.94	181.62	201.51	271.56	345.93
5.80	21.88	31.54	43.12	59.85	83.67	99.76	114.56	135.16	149.96	202.09	257.44
6.44	16.41	23.65	32.34	44.89	62.75	74.82	85.92	101.37	112.47	151.57	193.08
7.09	12.31	17.74	24.26	33.67	47.06	56.11	64.44	76.02	84.35	113.68	144.81
7.73	8.89	12.81	17.52	24.32	33.99	40.53	46.54	54.91	60.92	82.10	104.58
8.38	6.70	9.66	13.21	18.33	25.62	30.55	35.08	41.39	45.92	61.89	78.84
9.02	5.13	7.39	10.11	14.03	19.61	23.38	26.85	31.68	35.15	47.36	60.34
9.66	2.46	3.55	4.85	6.73	9.41	11.22	12.89	15.20	16.87	22.74	28.96
11.27	1.23	1.77	2.43	3.37	4.71	5.61	6.44	7.60	8.44	11.37	14.48
12.89	0.62	0.89	1.21	1.68	2.35	2.81	3.22	3.80	4.22	5.68	7.24
14.50	0.27	0.39	0.54	0.75	1.05	1.25	1.43	1.69	1.87	2.53	3.22
16.11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

²⁴ Resultados de Modelación Hidráulica. CEDSA 2011.

Hora de ocurrencia de Caudal Máximo= 3.22 horas

Figura 5. Curvas de caudales con diferentes periodos de retorno para la presa Barrigón²⁵



8.3 Estudio de la Falla de una Presa

Los mecanismos de falla de una presa, depende fundamentalmente del tipo de material del cual es construida la presa. Tradicionalmente estos mecanismos se clasifican en dos categorías:

- Fallas debido a la remoción de una parte o partes de la estructura de retención como resultado de una condición de esfuerzo excesivo.
- Fallas producidas por la erosión del material de relleno.

El primer mecanismo se refiere a posibles fallas en presas de hormigón, mientras que el segundo mecanismo se refiere a fallas por rebasamiento o erosión interna del material granular que forma la presa.

²⁵ Resultados de Modelación Hidráulica. CEDSA 2011.

Para el análisis de la falla de una presa por ruptura de uno de sus elementos constituyentes, se deben investigar los cuatro elementos críticos que intervienen en este tipo de falla:

- Estimación de los parámetros de la falla. (forma y dimensiones de la brecha, tiempo de falla).
- Caudal máximo que circulará por la falla y determinación del hidrograma de flujo, en la falla.
- Tránsito del hidrograma, del caudal que circula por la falla.
- Estimación de los daños causados por el paso del hidrograma por las diversas partes del cauce.

El más popular de los análisis de ruptura de una presa se basa en ecuaciones desarrolladas por la observación de eventos similares que se han estudiado en el pasado. Los métodos más aceptados para este tipo de análisis son:

- Las ecuaciones derivadas por MacDonald y Langridge – Monopolis (1984)²⁶
- Las ecuaciones derivadas por el United States Bureau of Reclamation (USBR), (1988).
- Las ecuaciones derivadas por Von Thun y Gillette, (1990)
- Las ecuaciones derivadas por Froehlich (1995 y 2008).

Estos métodos han mostrada una razonablemente buena correlación cuando se comparan los valores predichos, por estas ecuaciones, con los valores observados en campo.

El método desarrollado por MacDonald y Langridge-Monopolis determina el volumen de la presa erosionado durante la formación de la falla, esto se basa en el producto del volumen del embalse (V_w) y el nivel máximo alcanzado por el agua (H_w). Este producto se denomina Factor de Formación de Brecha, (BFF) y representa el potencial erosivo de las aguas almacenadas en el reservorio. Las dimensiones de la falla se calculan basadas en el volumen del material en la presa erosionada y la geometría de la presa. Este método toma en cuenta la geometría de la presa (altura, ancho de la cresta y pendientes de la presa) y el período de tiempo requerido para la formación de la falla se relaciona directamente al volumen de material erosionado.

²⁶ ²⁶ Colorado Division of Water Resources, Colorado Dam Safety Branch and <http://water.state.co.us>. 10 de Febrero, 2010. *Guidelines for Dam Breach Analysis*.

El método de Froehlich (2008) depende del volumen del embalse y las dimensiones de la falla. Este método distingue entre una falla por tubificación o una por rebosamiento de la presa, utilizando un coeficiente denominado Factor de Modo de Falla, K_o . Si todas las variables se mantienen iguales, la falla por rebosamiento produce una falla de dimensiones mayores que una falla por tubificación.

El método de Froehlich no hace distinción entre una falla por rebasamiento o tubificación, al momento de determinar el tiempo que toma la aparición de la falla. El período de tiempo que toma la falla es inversamente proporcional a las dimensiones de la falla y directamente proporcional al volumen del reservorio. Esto significa que las presas de mayores alturas tienden a producir períodos de tiempo más pequeños para un determinado volumen del embalse el cual parece ser una conclusión válida ya que la carga hidráulica que causa la formación de la falla es mayor.

A continuación, en las Tablas 25 y 26, se calcularon las diferentes variables para los embalses de las Presas Chiriquí y Barrigón.

Tabla 25. Calculo de Parámetros de Brecha de Acuerdo al Método de Froehlich (2008), Presa Chiriquí.

Presa: Chiriquí		Tipo: Concreto	
Parámetros	Valor	Comentario	
Elevación del agua sobre la elevación base de la brecha (H_w):	15	metros	
Volumen del agua almacenada en el embalse en el momento de la falla (V_w):	156158.98	metros cúbicos	
Área de superficie del embalse a H_w (A_s):	57461.79	metros cuadrados	
Altura de la brecha (H_b):	15	metros	
Factor de modo de falla (K_o)		1.3	
Relación H-V en la brecha (Z_b)	0	$Z(H):1(V)$	
Clase del tamaño de la presa:		Pequeña	
Características	Valor	Comentario	
Promedio del ancho de la brecha (B_{avg})=	18.00	Metros	
Ancho del fondo de la brecha (B_b)=	18.00	Metros	
Tiempo de formación de la brecha (T_f)=	0.15	horas	
Storage Intensity (S_I)=	10410.6	metros cúbicos entre metro	
Flujo pico calculado (Q_p)=	1076.76	metros cúbicos por segundo	
Verificación de resultados			
Ancho promedio de la brecha dividido por la altura de la brecha (B_{avg}/H_b)=	1.20	Si $(B_{avg}/H_b) > 0.6$, Desarrollo de la brecha	

Parámetros	Valor	Comentario
		completa esta anticipado
Velocidad de erosión (ER), Calculado como $(B_{avg}/T_f)=$	399.12	
Velocidad de erosión (ER) dividido entre la altura del agua sobre la base de la brecha $(ER/H_w)=$	8.11	Si $1.6 < (ER/H_w) < 21$, La velocidad de erosión asumida es razonable)

Tabla 26. Calculo de Parámetros de Brecha de Acuerdo al Método de MacDonald & Langridge-Monopolis, Presa Barrigón.

Presa: Barrigón

Tipo: Enrocado

Parámetros	Valor	Comentario
Elevación del agua sobre la elevación base de la brecha (H_w):	42	metros
Volumen del agua almacenada en el embalse en el momento de la falla (V_w):	44825343.7	metros cúbicos
Área de superficie del embalse a H_w (A_s):	2356533.2	metros cuadrados
Ancho de la Cresta	6	metros
Altura de la brecha (H_b):	42	metros
Pendiente de la cara de la presa aguas arriba (Z_u)	1.45	Z(H):1(V)
Pendiente de la cara de la presa aguas abajo (Z_d):	1.6	Z(H):1(V)
Relación H-V en la brecha (Z_b)	1	Z(H):1(V)
Coefficiente del orificio de piping (C_p):	0.7	Usado para calcular el pico de descarga a través del hueco de la tubería
Clase de tamaño de la presa	Larga	Se asume embalse lleno al momento de la brecha
Características	Valor	Comentario
Factor de formación de la brecha (B_{FF})=	500754.88	
Volumen del dique erosionado (V_{er})=	278732.45	Metros cúbicos
Ancho de la presa promedio (W_{avg})=	70.05	Metros
Ancho de la brecha promedio (B_{avg})=	94.74	Metros
Ancho del fondo de la brecha (B_b)	52.74	Metros
Tiempo de formación de la brecha (T_f)	2.01	Horas
Intensidad guardada (S_I)=	1067270.09	Metros cúbicos entre metro
Pico de la brecha de descarga (Q_p)=	12123.92	Metros cúbicos por segundo

8.4 Caudales para el escenario de compuertas

Flujo a través de las compuertas de vertedero de Presa Chiriquí.

El volumen de agua de vertimiento a través de las compuertas de presa Chiriquí se refleja de forma automática desde la estación del operador en la sala de control, donde las variables de control serán: el nivel actual de agua en la presa (en m.s.n.m) y el porcentaje (valor %) de apertura

que tenga la compuerta en ese instante, este cálculo es de manera individual para cada compuerta de vertedero. El SCADA realiza este cálculo siguiendo la siguiente fórmula:

$$Q_{\text{vertimiento}} = \frac{33.48}{LB+4.55} + (10.3 + 1.45 * \sqrt{\text{Altura}} - 0.67 * LB) * \sqrt{\text{Altura}} * LB$$

LB= Apertura de la compuerta en ese instante

Altura (m) = np-215.5; siendo np el nivel de la presa

Tabla 27. Secuencia de apertura de compuertas de la presa Chiriquí

Nivel (msnm)	Porcentaje de Apertura de Compuertas (%)		Caudal Vertido (m ³ /s)
	Apertura de Compuerta 1	Apertura de Compuerta 2	
226.75	6.3	0	46.91
226.80	6.3	6.3	94.08
226.85	12.5	6.3	135.68
226.90	12.5	12.5	177.50
226.95	25	12.5	249.89
227.00	25	25	322.68
227.05	37.5	25	383.05
227.10	37.5	37.5	443.76
227.15	50	37.5	493.94
227.20	50	50	544.43
227.25	62.5	50	585.36
227.30	62.5	62.5	626.55
227.35	81.3	62.5	670.64
227.40	81.3	81.3	715.05
227.45	100	81.3	739.78
227.50	100	100	764.75

Vertido natural en la presa Chiriquí

El vertimiento natural a través de la presa Chiriquí, no es mas que el volumen de agua sobre la cota de +225.46 msnm. Todo valor del nivel por encima de esta cota es vertido por la presa aguas abajo del río Chiriquí.

Aplicando la siguiente ecuación se determina el vertimiento natural de la presa Chiriquí

$$(\text{altura})^2 * 0.2505 + [(-\text{altura})^2 * 0.0852] + 0.6251 * 80 * [\text{LA}]^{1.5} = \text{vertimiento natural}$$

Donde:

LA = np -225.46 msnm

En la Tabla 28 se presentan los caudales vertidos a diferentes niveles de apertura de compuerta de la presa Chiriquí.

Tabla 28. Apertura de Compuertas incluido la descarga por el vertedero libre

Nivel (msnm)	Caudal Vertido (m ³ /s)	Vertido Natural (m ³ /s)	Caudal Vertido Total (m ³ /s)
226.75	46.91	73.83	120.74
226.80	94.08	78.17	172.26
226.85	135.68	82.60	218.28
226.90	177.50	87.11	264.61
226.95	249.89	91.70	341.59
227.00	322.68	96.37	419.05
227.05	383.05	101.11	484.16
227.10	443.76	105.93	549.69
227.15	493.94	110.83	604.77
227.20	544.43	115.80	660.22
227.25	585.36	120.84	706.20
227.30	626.55	125.95	752.50
227.35	670.64	131.14	801.77
227.40	715.05	136.39	851.44
227.45	739.78	141.71	881.49
227.50	764.75	147.11	911.85

Flujo a través de las compuertas de vertedero de la presa Barrigón.

El volumen de agua de vertimiento a través de las compuertas de presa Barrigón, al igual que en presa Chiriquí, se refleja de forma automática desde la estación del operador en la sala de control, donde las variables de control serán: el nivel actual de agua en la presa (en m.s.n.m) y el porcentaje (valor %) de apertura que tenga la compuerta en ese instante, este cálculo es de manera individual para cada compuerta de vertedero. El SCADA realiza este cálculo siguiendo la siguiente fórmula:

$$Q_{\text{vertimiento}} = \frac{33.48}{LB+4.55} + (10.3 + 1.45 * \sqrt{\text{Altura}} - 0.67 * LB) * \sqrt{\text{Altura}} * LB$$

LB= Apertura de la compuerta en ese instante

altura (m) = np-215.5 Donde np= nivel de la presa

Los valores de caudal vertido según la apertura de compuertas del vertedero de la presa Barrigón se presentan en la Tabla 29.

Tabla 29. Apertura de Compuertas de la presa Barrigón

Nivel (msnm)	Porcentaje de Apertura de Compuertas (%)			Caudal Vertido (m ³ /s)
	Apertura de Compuerta 1	Apertura de Compuerta 2	Apertura de Compuerta 3	
218.5	0	0	0	-
218.6	10	0	0	56.66
218.64	10	10	0	113.67
218.64	10	10	10	170.50
218.68	30	10	10	258.55
218.7	30	30	10	346.62
218.73	30	30	30	435.33
218.8	50	30	30	500.77
218.82	50	50	30	564.68
218.84	50	50	50	628.81
218.9	70	50	50	674.63
218.91	70	70	50	717.97
218.92	70	70	70	761.38
219	100	100	100	794.83

8.5 Caudales utilizados de acuerdo a los escenarios

Determinados los caudales de crecidas de la sección 10.1 y los valores de caudales al momento de tener la rotura de la presa determinaremos los caudales para cada uno de los escenarios que se van a estudiar en el modelo HEC –RAS Versión 4.10.

La selección de escenarios se realizó según la normas para la seguridad de presas, de la Autoridad Nacional de los Servicios Públicos (ASEP, 2010). Los escenarios que surgen de manera directa son:

- Bajo Condiciones de Crecidas Ordinarias y Extraordinarias.
- Por Colapso Estructural en Condición de Operación Normal.
- Por Colapso Estructural durante Crecidas Extraordinarias.
- Por Apertura Súbita de Compuertas.

- Por Falla en la Operación de las Estructuras Hidráulica de Descarga.
- Por vaciado Controlado o Vaciado rápido a causa de un problema en la presa.

En la Tabla 30 se definen los caudales generados para la presa Chiriquí y Barrigón, según diferentes períodos de retorno de lluvias.

Tabla 30. Caudales con diferentes periodos de retorno de las presas de la Central Hidroeléctrica Estí²⁷

Escenario	Presa Chiriquí Q en m ³ /s	Presa Barrigón Q en m ³ /s
Bajo condiciones de crecidas ordinarias y extraordinarias		
1:10 (Q ₁₀)	1806	305
1:50 (Q ₅₀)	2074	413
1:100 (Q ₁₀₀)	2715	459
1:1000 (Q ₁₀₀₀)	3658	618
1:10000 (Q ₁₀₀₀₀)	4661	788
Por colapso estructural en condición de operación normal		
Caudal de Rotura de Presa (Qb)	1076	12124
Por colapso estructural durante crecidas extraordinarias		
1:10 + Qb	2882	12429
1:50+Qb	3150	12537
1:100+Qb	3791	12583
1:1000+Qb	4735	12742
1:10000+Qb	5737	12912
Por apertura súbita de compuertas		
Qcompuerta	Tabla 31	Tabla 32
Por falla en la operación de las estructuras hidráulica de Descarga		
Qcompuerta	Tabla 31	Tabla 32
Por vaciado Controlado o Vaciado rápido a causa de un problema en la presa		
Q desfogue	No Aplica	60.00

8.6 Resultados de la Simulación

8.6.1 Resultado de la simulación para el tramo de estudio desde la presa Chiriquí

Para el estudio se usaron 15 secciones transversales del río Chiriquí, completando una longitud de 16025.79 m. El estudio inició en las coordenadas 952510.76 Norte y 351316.12 Este (presa Chiriquí) y finalizando en las coordenadas 938693.67 Norte y 356733 Este (comunidad El Higuieron). Ver Mapa 4.

²⁷ Resultados de Modelación Hidráulica. CEDSA 2011.

Se estudiaron 6 escenarios para esta presa, las cuales son:

1. Bajo condiciones de crecidas ordinarias y extraordinarias;
2. Por colapso estructural en condición de operación normal;
3. Por colapso estructural más crecidas extraordinarias;
4. Por apertura súbita de compuertas,
5. Por falla en la operación de las estructuras hidráulicas de descarga, y
6. Por vaciado controlado o vaciado rápido a causa de un problema en la presa.

Los resultados de la simulación se presentarán para los primeros tres escenarios. Estas simulaciones se realizaron para períodos de retornos de 1:10,, 1:50, 1:100, 1:1000 y 1;1000.

En la Tablas 31 se presentan los resultados para el escenario **“bajo condiciones de crecidas ordinarias y extraordinarias”**.

Tabla 31. Resultados de la simulación para los diferentes períodos de retorno de la presa Chiriquí bajo la Condiciones de crecidas ordinarias y extraordinarias

Periodo de retorno: 10 años.

Caudal: 1806 m³/s

Estacionamiento	Elev. Del Canal Mínimo(m)	Elev. De la sup. del agua (m)	Vel. Del canal (m/s)	Ancho (m)
0k+00	210.32	219.49	2.76	140.08
0k+420	208.9	219.45	2.07	168.94
1k+060	204.73	211.47	2.36	171.97
1k+800	194.92	199.12	5.23	144
2k+340	174.96	179.85	4.28	153.72
2k+860	158	161.02	2.71	581.62
3k+660	148.26	151.26	4.21	404.91
4k+520	135	141.01	2.4	504.61
5k+850	126.18	130.51	3.64	619.51
9k+590	120	123.37	2.49	314.03
10k+700	110	112.14	1.01	1202.24
12k+460	90	95.09	1.72	839.44
13k+600	84.76	87.64	2.53	418
14k+450	80	80.97	3.06	624.68
16k+030	65	66.32	3.49	421.74

Periodo de retorno: 50 años.Caudal: 2074 m³/s

Estacionamiento	Elev. Del Canal Mínimo(m)	Elev. De la sup. del agua (m)	Vel. Del canal (m/s)	Ancho (m)
0k+00	210.32	213.67	2.58	52.4
0k+420	208.9	213.66	0.99	83.41
1k+060	204.73	207.7	0.93	116.4
1k+800	194.92	196.51	3.22	71.64
2k+340	174.96	177.35	1.64	93.63
2k+860	158	159.77	2.36	187.04
3k+660	148.26	149.4	2.86	102.99
4k+520	135	137.76	1.47	91.26
5k+850	126.18	128.12	2.92	98.71
9k+590	120	121.47	1.03	203.1
10k+700	110	110.79	0.42	777.23
12k+460	90	92.44	0.93	187.52
13k+600	84.76	86.09	1.01	293.56
14k+450	80	80.26	1.59	604.79
16k+030	65	65.35	1.85	379.4

Periodo de retorno: 100 años.Caudal: 2715 m³/s

Estacionamiento	Elev. Del Canal Mínimo(m)	Elev. De la sup. del agua (m)	Vel. Del canal (m/s)	Ancho (m)
0k+00	210.32	221.46	2.83	167.54
0k+420	208.9	221.41	2.38	187.69
1k+060	204.73	212.8	2.82	190.42
1k+800	194.92	200	5.92	176.31
2k+340	174.96	180.47	5.42	170.17
2k+860	158	161.53	2.81	590.29
3k+660	148.26	151.78	4.7	455.06
4k+520	135	141.77	2.67	553.92
5k+850	126.18	130.94	4.1	661.97
9k+590	120	124.03	2.87	352.78
10k+700	110	112.6	1.14	1352.76
12k+460	90	95.84	1.6	880.04
13k+600	84.76	88.17	3.03	467.64
14k+450	80	81.27	3.49	633.01
16k+030	65	66.72	3.94	439.19

Periodo de retorno: 1000 años.Caudal: 3658 m³/s

Estacionamiento	Elev. Del Canal Mínimo(m)	Elev. De la sup. del agua (m)	Vel. Del canal (m/s)	Ancho (m)
0k+00	210.32	223.12	2.91	191.11
0k+420	208.9	223.06	2.64	199.53
1k+060	204.73	213.93	3.2	205.71
1k+800	194.92	200.97	6.06	228.61
2k+340	174.96	181	6.41	184.39
2k+860	158	161.93	3.04	597.25
3k+660	148.26	152.72	4.09	526.79
4k+520	135	142.37	2.93	594.94
5k+850	126.18	131.26	4.59	703.78
9k+590	120	124.53	3.23	382.3
10k+700	110	113.03	1.21	1649.41
12k+460	90	96.43	1.65	920.43
13k+600	84.76	88.63	3.46	543.57
14k+450	80	81.54	3.84	640.7
16k+030	65	67.08	4.29	456.3

Periodo de retorno: 10000 años.Caudal: 4661 m³/s

Estacionamiento	Elev. Del Canal Mínimo(m)	Elev. De la sup. del agua (m)	Vel. Del canal (m/s)	Ancho (m)
0k+00	210.32	224.61	3.01	216.35
0k+420	208.9	224.54	2.89	210.45
1k+060	204.73	214.94	3.55	219.5
1k+800	194.92	201.66	6.49	251.75
2k+340	174.96	181.77	6.85	203.64
2k+860	158	162.28	3.29	603.45
3k+660	148.26	152.56	5.58	514.12
4k+520	135	142.93	3.19	665.85
5k+850	126.18	131.59	4.95	765.99
9k+590	120	124.97	3.57	408.14
10k+700	110	113.38	1.29	1680.31
12k+460	90	97	1.71	959.58
13k+600	84.76	89.07	3.76	568.87
14k+450	80	81.81	4.13	649.08
16k+030	65	67.43	4.6	473.2

En la Tablas 32 se presentan los resultados para el escenario “*Por colapso estructural en condiciones de operación normal*”.

Tabla 32. Resultados de la simulación para los diferentes períodos de retorno de la presa Chiriquí por colapso estructural en condiciones de operación normal

Periodo de retorno: 10 años. Caudal: 2882 m³/s

Estacionamiento	Elev. Del Canal Mínimo(m)	Elev. De la sup. del agua (m)	Vel. Del canal (m/s)	Ancho (m)
0k+00	210.32	221.78	2.84	172.01
0k+420	208.9	221.73	2.42	189.78
1k+060	204.73	213.02	2.89	193.34
1k+800	194.92	200.34	5.69	208.05
2k+340	174.96	180.56	5.63	172.66
2k+860	158	161.62	2.83	591.82
3k+660	148.26	151.84	4.81	460.6
4k+520	135	142.13	2.5	577.55
5k+850	126.18	131	4.21	667.16
9k+590	120	124.13	2.93	358.66
10k+700	110	112.68	1.16	1400.21
12k+460	90	95.95	1.61	885.36
13k+600	84.76	88.26	3.12	481.17
14k+450	80	81.32	3.55	634.53
16k+030	65	66.79	4	442.34

Periodo de retorno: 50 años. Caudal: 3150 m³/s

Estacionamiento	Elev. Del Canal Mínimo(m)	Elev. De la sup. del agua (m)	Vel. Del canal (m/s)	Ancho (m)
0k+00	210.32	218.18	2.72	120.67
0k+420	208.9	218.15	1.85	149.57
1k+060	204.73	210.62	2.06	159.64
1k+800	194.92	198.52	4.82	124.78
2k+340	174.96	179.4	3.59	142.78
2k+860	158	160.71	2.69	553.21
3k+660	148.26	150.89	3.87	347.16
4k+520	135	140.46	2.26	469.53
5k+850	126.18	129.79	4.26	170.35
9k+590	120	122.98	2.16	291.77
10k+700	110	111.85	0.9	1067.99
12k+460	90	94.46	1.69	329.11
13k+600	84.76	87.29	2.2	390.29
14k+450	80	80.79	2.76	619.6
16k+030	65	66.08	3.17	411.08

Periodo de retorno: 100 años.Caudal: 3791.35 m³/s

Estacionamiento	Elev. Del Canal Mínimo(m)	Elev. De la sup. del agua (m)	Vel. Del canal (m/s)	Ancho (m)
0k+00	210.32	223.34	2.92	194.48
0k+420	208.9	223.27	2.67	201.09
1k+060	204.73	214.07	3.25	207.66
1k+800	194.92	201.07	6.12	231.94
2k+340	174.96	181.11	6.47	187.08
2k+860	158	161.98	3.07	598.1
3k+660	148.26	152.88	3.99	538.78
4k+520	135	142.44	2.97	600.34
5k+850	126.18	131.3	4.66	711.02
9k+590	120	124.6	3.27	386.23
10k+700	110	113.08	1.22	1653.8
12k+460	90	96.51	1.66	925.79
13k+600	84.76	88.69	3.51	548.44
14k+450	80	81.58	3.87	641.82
16k+030	65	67.13	4.34	458.34

Periodo de retorno: 1000 años.Caudal: 4735.22 m³/s

Estacionamiento	Elev. Del Canal Mínimo(m)	Elev. De la sup. del agua (m)	Vel. Del canal (m/s)	Ancho (m)
0k+00	210.32	224.71	3.02	217.74
0k+420	208.9	224.64	2.9	211.18
1k+060	204.73	215.01	3.58	220.42
1k+800	194.92	201.7	6.52	253.22
2k+340	174.96	181.81	6.9	204.81
2k+860	158	162.31	3.31	604.71
3k+660	148.26	152.59	5.6	516.55
4k+520	135	142.97	3.21	668.06
5k+850	126.18	131.61	4.98	769.37
9k+590	120	125	3.59	1309.47
10k+700	110	113.41	1.3	1682.48
12k+460	90	97.03	1.72	962.24
13k+600	84.76	89.1	3.78	570.53
14k+450	80	81.83	4.15	649.53
16k+030	65	67.45	4.63	474.16

Periodo de retorno: 10000 años.

Caudal: 5737.35m³/s

Estacionamiento	Elev. Del Canal Mínimo(m)	Elev. De la sup. del agua (m)	Vel. Del canal (m/s)	Ancho (m)
0k+00	210.32	225.97	3.15	230.31
0k+420	208.9	225.89	3.13	221.54
1k+060	204.73	215.89	3.89	230.91
1k+800	194.92	202.43	6.69	281
2k+340	174.96	182.52	7.23	224.12
2k+860	158	162.62	3.54	617.77
3k+660	148.26	152.92	5.95	541.8
4k+520	135	143.47	3.38	707.9
5k+850	126.18	131.87	5.33	819.71
9k+590	120	125.37	3.76	1312.72
10k+700	110	113.73	1.37	1711.07
12k+460	90	97.55	1.78	997.05
13k+600	84.76	89.52	4	593.14
14k+450	80	82.07	4.42	655.3
16k+030	65	67.77	4.86	490.01

En la Tablas 33 se presentan los resultados para el escenario “*Por colapso estructural en condiciones de crecidas extraordinarias*”.

Tabla 33. Resultados de la simulación para los diferentes períodos de retorno de la presa Chiriquí bajo la condiciones de colapso estructural en condiciones de crecidas extraordinarias²⁸

Periodo de retorno: 10 años.

Caudal: 2882 m³/s

Estacionamiento	Elev. Del Canal Mínimo(m)	Elev. De la superficie del agua (m)	Vel. Del canal (m/s)	Ancho (m)
0k+00	209.6	223.29	2.13	87.91
0k+420	204.3	223.38	0.55	222.1
1k+060	212.19	213.34	0.46	207.94
1k+800	200.23	205.65	4.11	210.96
2k+340	184.55	189.7	4.81	162.27
2k+860	154.46	160.38	1.64	463.16
3k+660	149	153.26	2.14	492.65
4k+520	140	143.62	0.46	692.4
5k+850	127	130.37	2.02	319.93
9k+590	120.28	123.85	3.23	372.47
10k+700	110.02	113.63	0.38	1477.07
12k+460	93	97.67	1.08	1076.08
13k+600	83	91.15	0.45	1009.56
14k+450	79.46	83.08	0.45	772.1
16k+030	74.41	79.05	0.02	2867.1

²⁸ Resultados de Modelación Hidráulica. CEDSA 2011.

Periodo de retorno: 50 años.Caudal: 3150 m³/s

Estacionamiento	Elev. Del Canal Mínimo(m)	Elev. De la superficie del agua (m)	Vel. Del canal (m/s)	Ancho (m)
0k+00	210.32	213.67	2.58	52.4
0k+420	208.9	213.66	0.99	83.41
1k+060	204.73	207.7	0.93	116.4
1k+800	194.92	196.51	3.22	71.64
2k+340	174.96	177.35	1.64	93.63
2k+860	158	159.77	2.36	187.04
3k+660	148.26	149.4	2.86	102.99
4k+520	135	137.76	1.47	91.26
5k+850	126.18	128.12	2.92	98.71
9k+590	120	121.47	1.03	203.1
10k+700	110	110.79	0.42	777.23
12k+460	90	92.44	0.93	187.52
13k+600	84.76	86.09	1.01	293.56
14k+450	80	80.26	1.59	604.79
16k+030	65	65.35	1.85	379.4

Periodo de retorno: 100 años.Caudal: 3791 m³/s

Estacionamiento	Elev. Del Canal Mínimo(m)	Elev. De la superficie del agua (m)	Vel. Del canal (m/s)	Ancho (m)
0k+00	209.6	224.83	2.75	92.7
0k+420	204.3	225	0.74	229.35
1k+060	212.19	214.4	0.74	217.17
1k+800	200.23	206.29	4.35	240.13
2k+340	184.55	190.55	5.06	205.5
2k+860	154.46	160.91	1.81	481.03
3k+660	149	153.59	2.42	545.48
4k+520	140	144.59	0.54	892.79
5k+850	127	131.14	2.32	696.67
9k+590	120.28	124.37	3.18	528.53
10k+700	110.02	114.52	0.37	1681.7
12k+460	93	98.51	0.83	1263.79
13k+600	83	92.06	0.51	1165.54
14k+450	79.46	84.01	0.5	965.65
16k+030	74.41	80.34	0.02	3096.86

Periodo de retorno: 1000 años.Caudal: 4735 m³/s

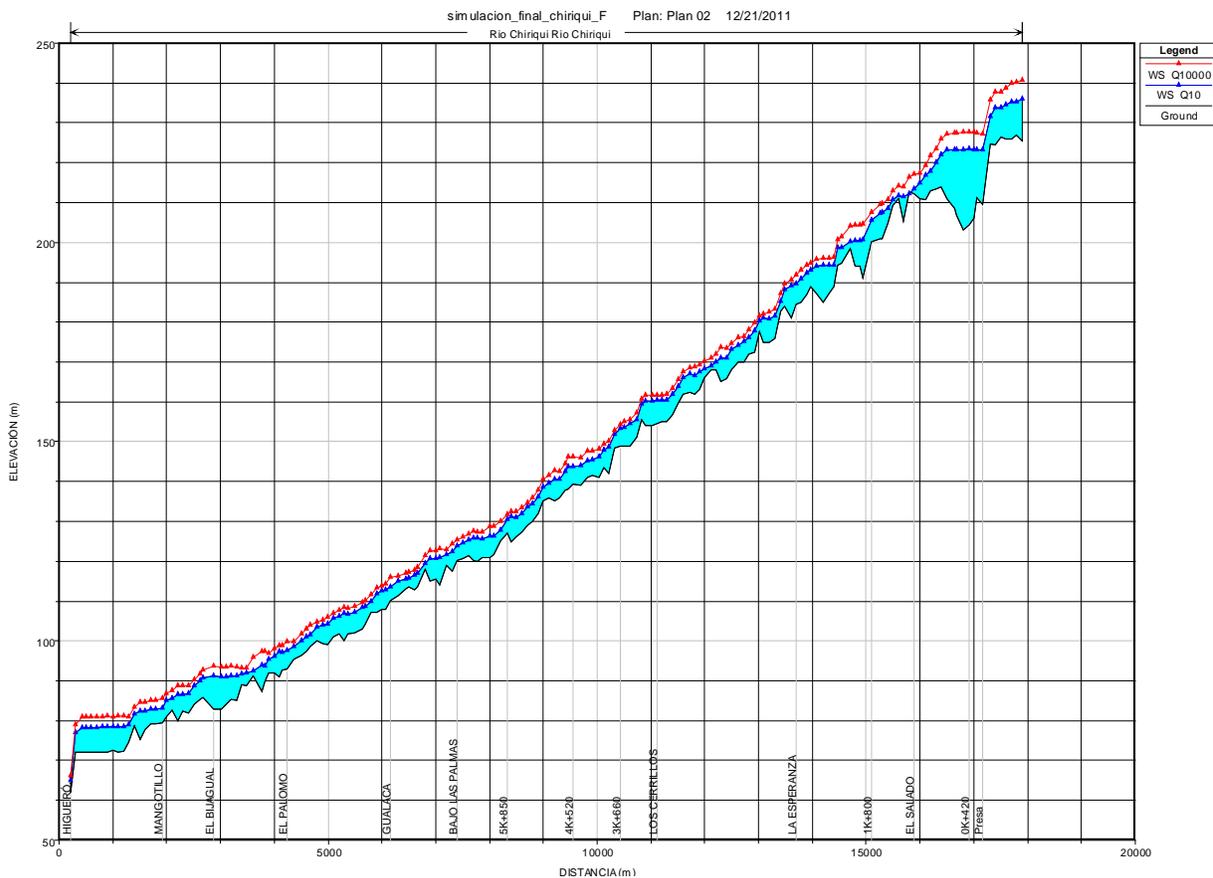
Estacionamiento	Elev. Del Canal Mínimo(m)	Elev. De la superficie del agua (m)	Vel. Del canal (m/s)	Ancho (m)
0k+00	209.6	226.01	3.25	101.44
0k+420	204.3	226.25	0.9	234.99
1k+060	212.19	215.48	0.9	226.54
1k+800	200.23	206.94	4.26	264.17
2k+340	184.55	191.1	5.27	226.53
2k+860	154.46	161.3	1.98	502.23
3k+660	149	153.88	2.67	601.24
4k+520	140	145.37	0.53	919.11
5k+850	127	131.46	2.33	721.2
9k+590	120.28	124.69	3.26	577.26
10k+700	110.02	115.25	0.36	1760.36
12k+460	93	99.09	0.76	1331.99
13k+600	83	92.77	0.53	1219.19
14k+450	79.46	84.72	0.52	1096.26
16k+030	74.41	81.34	0.03	3261.67

Periodo de retorno: 10000 años.Caudal: 5737 m³/s

Estacionamiento	Elev. Del Canal Mínimo(m)	Elev. De la superficie del agua (m)	Vel. Del canal (m/s)	Ancho (m)
0k+00	209.6	227.29	3.8	112.4
0k+420	204.3	227.63	1.08	241.2
1k+060	212.19	217.01	1	239.9
1k+800	200.23	207.58	4.36	294.09
2k+340	184.55	191.75	5.36	246.26
2k+860	154.46	161.77	2.12	531.84
3k+660	149	154.22	2.75	636.96
4k+520	140	146.27	0.51	984.81
5k+850	127	131.76	2.44	744.31
9k+590	120.28	125.25	2.95	697.95
10k+700	110.02	116.08	0.35	1777.1
12k+460	93	99.73	0.72	1415.84
13k+600	83	93.59	0.55	1300.94
14k+450	79.46	85.53	0.55	1181.51
16k+030	74.41	82.5	0.04	3344.76

En la Figura 6 se presentan el perfil longitudinal para el área de estudio del río Chiriquí, correspondiente al escenario de colapso estructura bajo condiciones de crecidas extraordinarias. En el eje “x” de la Figura 6 se indican las secciones transversales en donde se localizan los lugares poblados que se verían afectados por las crecidas.

Figura 6 Perfil longitudinal Río Chiriquí desde La Pesa Chiriquí²⁹

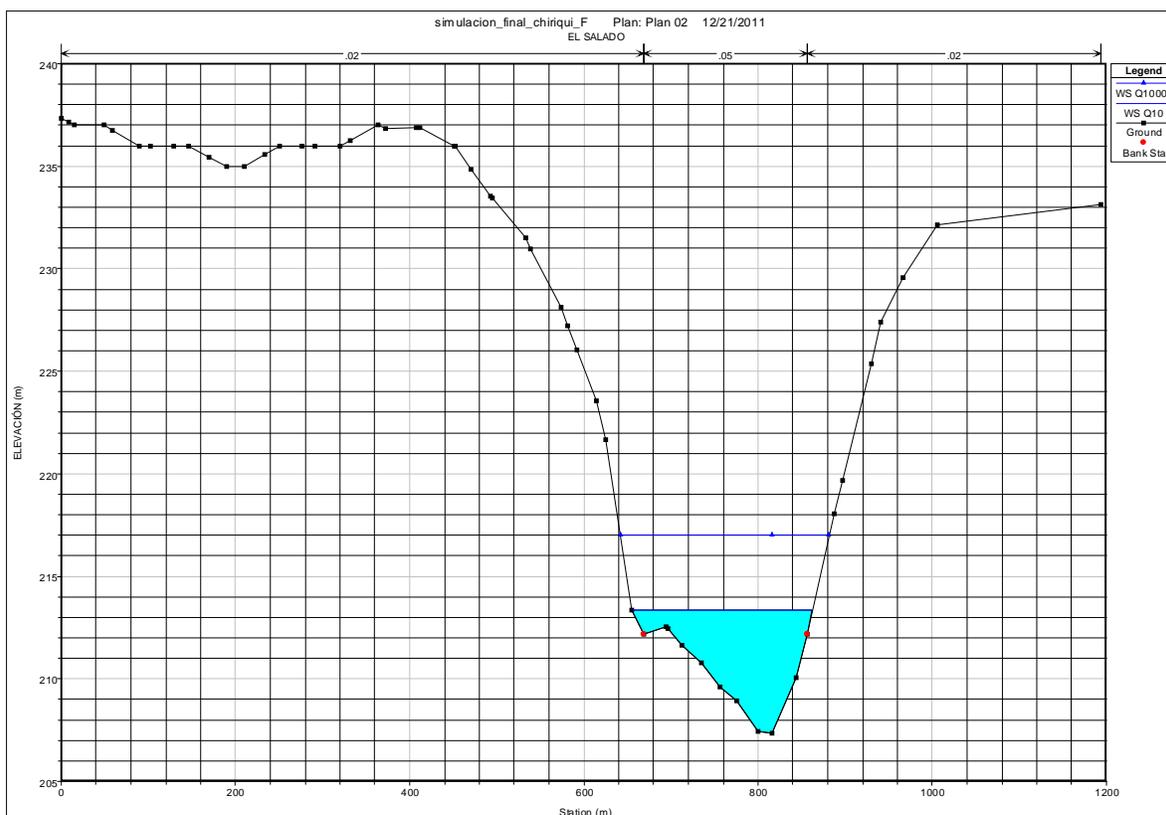


A continuación se presentan los perfiles de las secciones transversales de las comunidades que se afectarían con las crecidas generadas, por la rotura de la presa bajo condiciones de crecidas extraordinarias.

El Salado se localiza en la sección transversal 1 K+060 a una elevación de 207.37 msnm (Figura 7).

²⁹ Resultados de Modelación Hidráulica. CEDSA 2011.

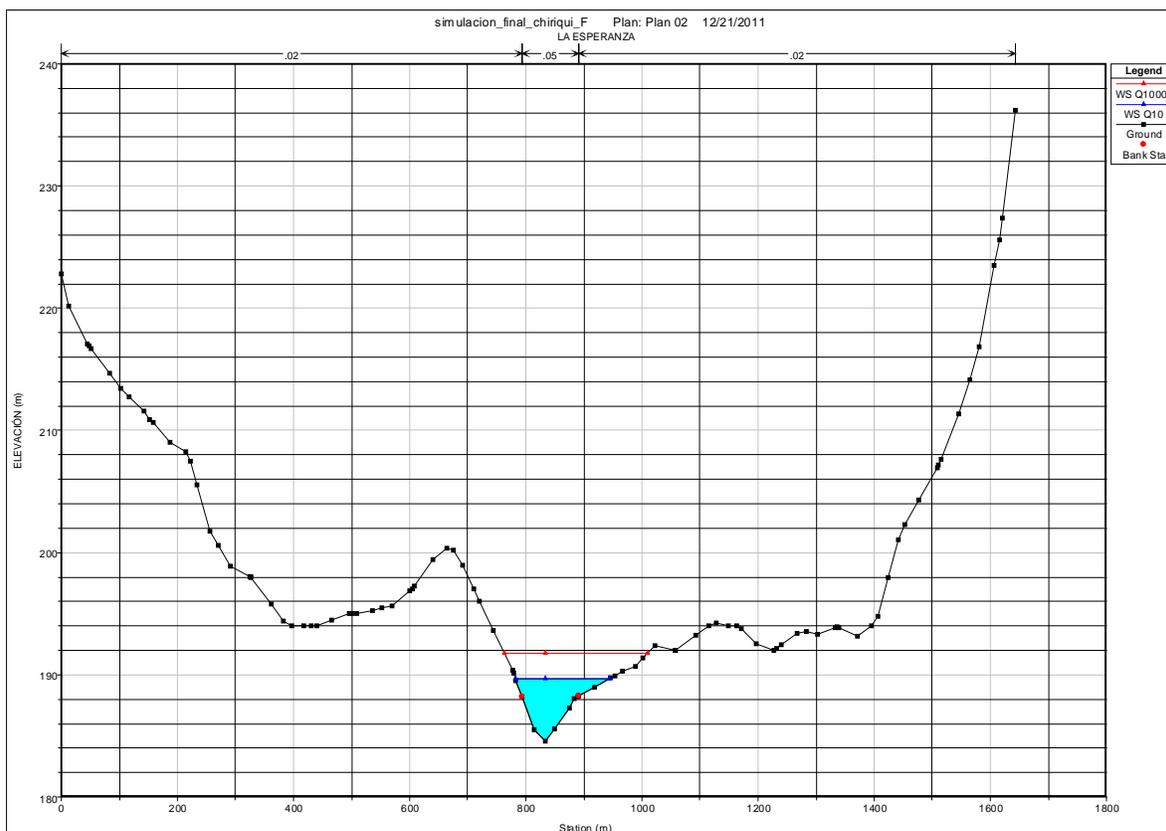
Figura 7: Sección transversal 1K+ 060, vista transversal de la comunidad El Salado³⁰



³⁰ Resultados de Modelación Hidráulica. CEDSA 2011.

La comunidad La Esperanza se localiza en la sección transversal 2 K + 340 a una elevación de 184.55 msnm (Figura 8).

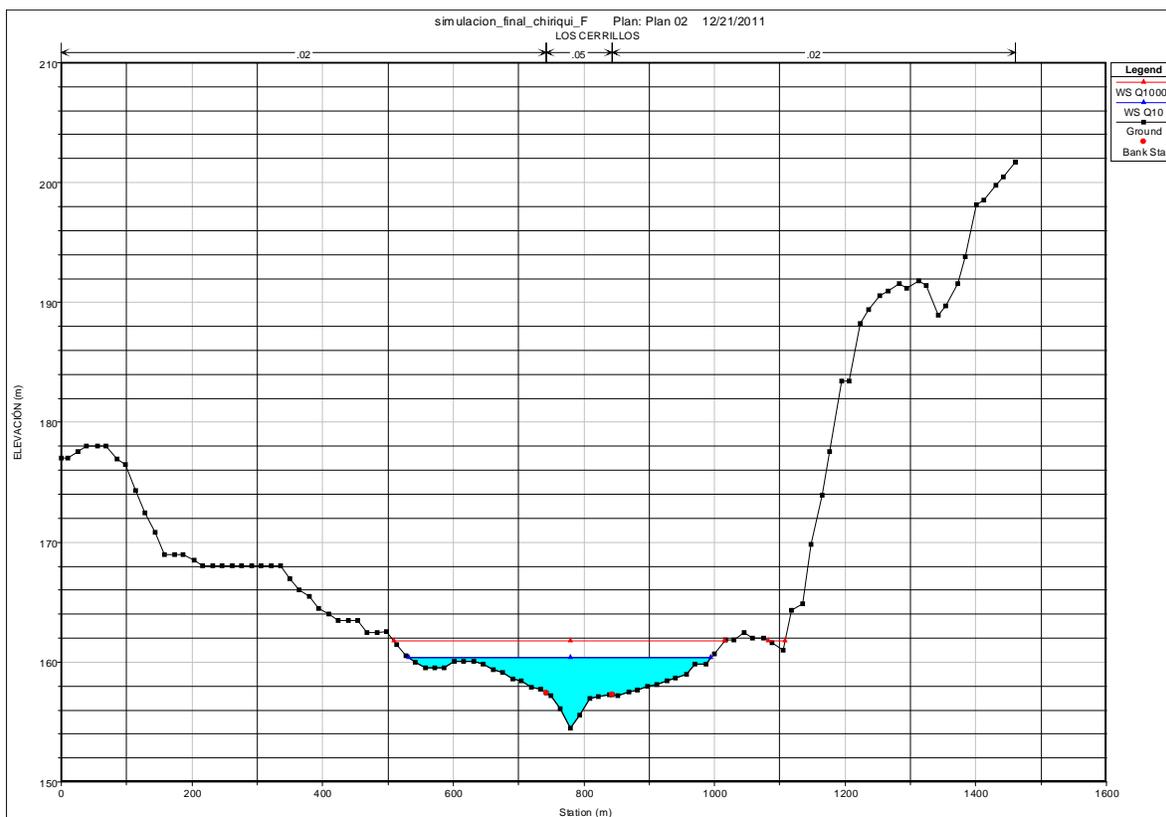
Figura 8: Sección transversal 2K+ 340, vista transversal de la comunidad La Esperanza³¹



³¹ Resultados de Modelación Hidráulica. CEDSA 2011.

La comunidad Los Cerrillos se localiza en la sección transversal 2 K + 860 a una elevación de 154.46 msnm (Figura 9).

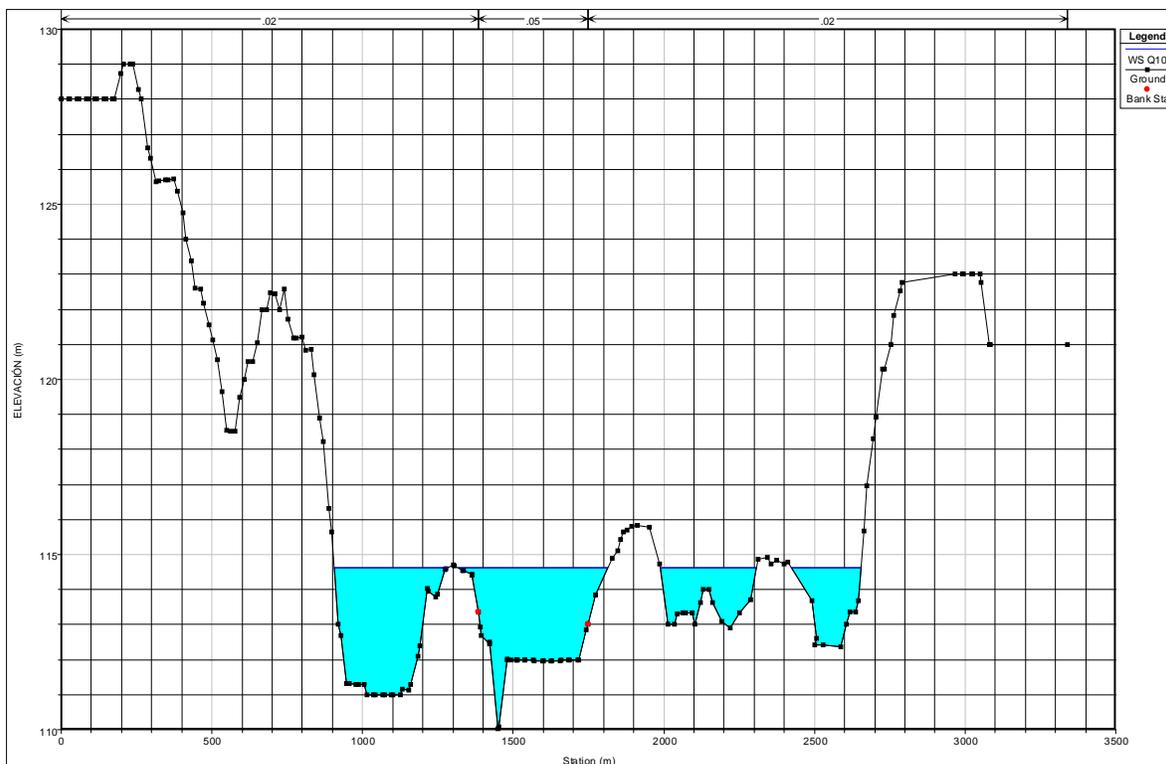
Figura 9: Sección transversal 2 K + 860, vista transversal de la comunidad Los Cerrillos³²



³² Resultados de Modelación Hidráulica. CEDSA 2011.

La comunidad Gualaca se localiza en la sección transversal 10 K+700 a una elevación de 110.02 msnm (Figura 10).

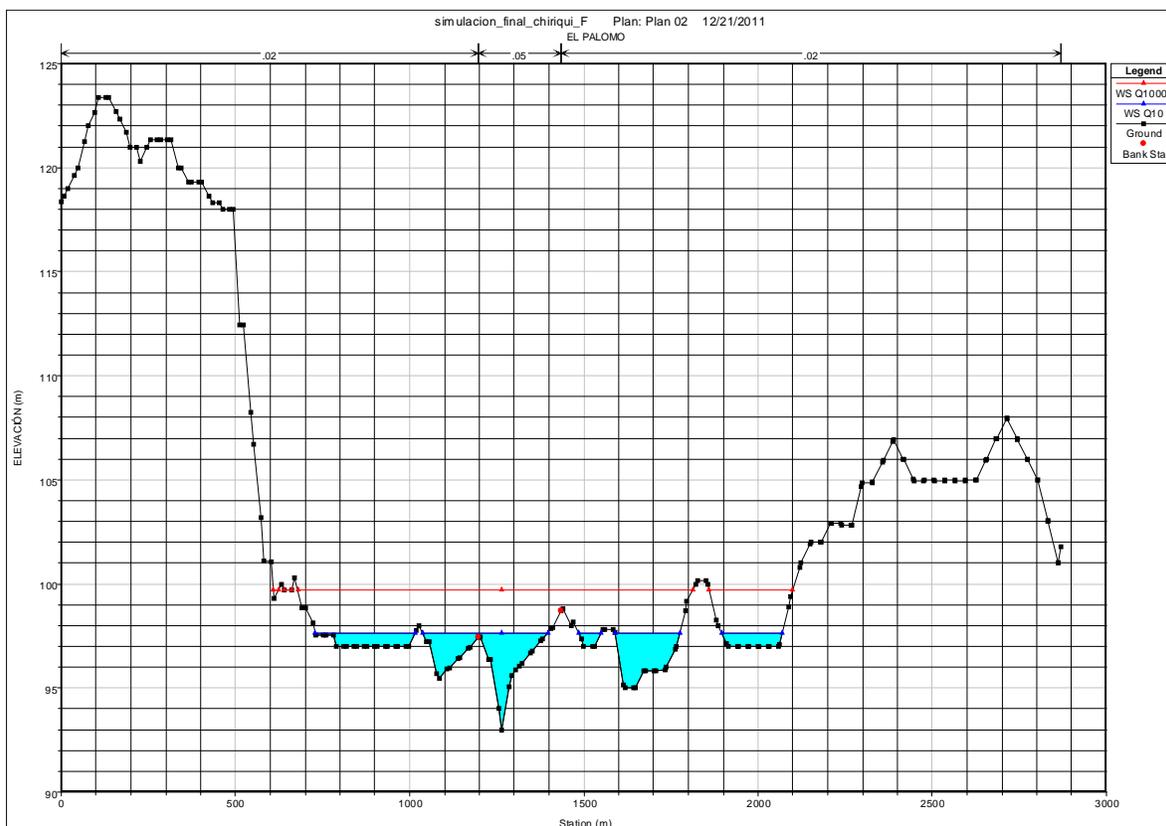
Figura 10: Sección transversal 10 K + 700, vista transversal de la comunidad Gualaca³³



³³ Resultados de Modelación Hidráulica. CEDSA 2011.

La comunidad El Palomo se localiza en la sección transversal 12 K + 460 a una elevación de 93.0 msnm (Figura 11).

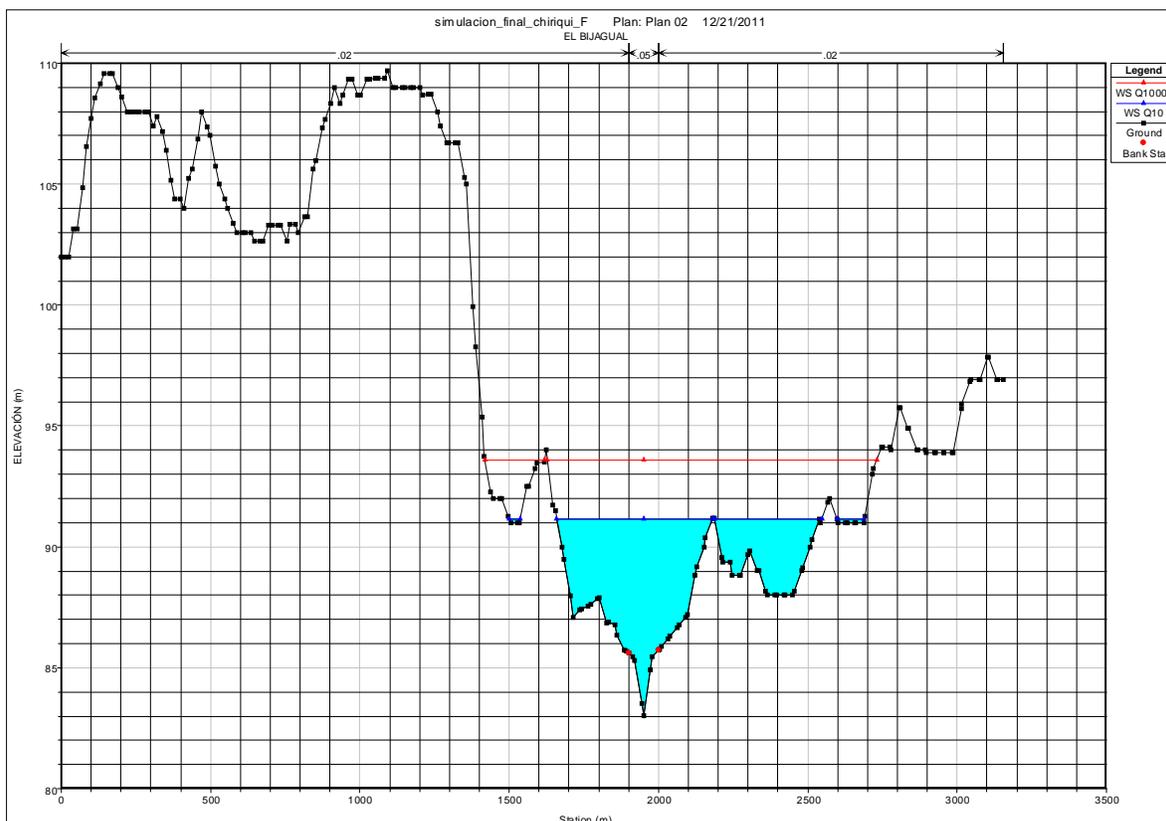
Figura 11: Sección transversal 12 K + 460, vista transversal de la comunidad El Palomo³⁴



³⁴ Resultados de Modelación Hidráulica. CEDSA 2011.

La comunidad El Bijagual se localiza en la sección transversal el 13 K + 600 a una elevación de 83.0 msnm (Figura 12).

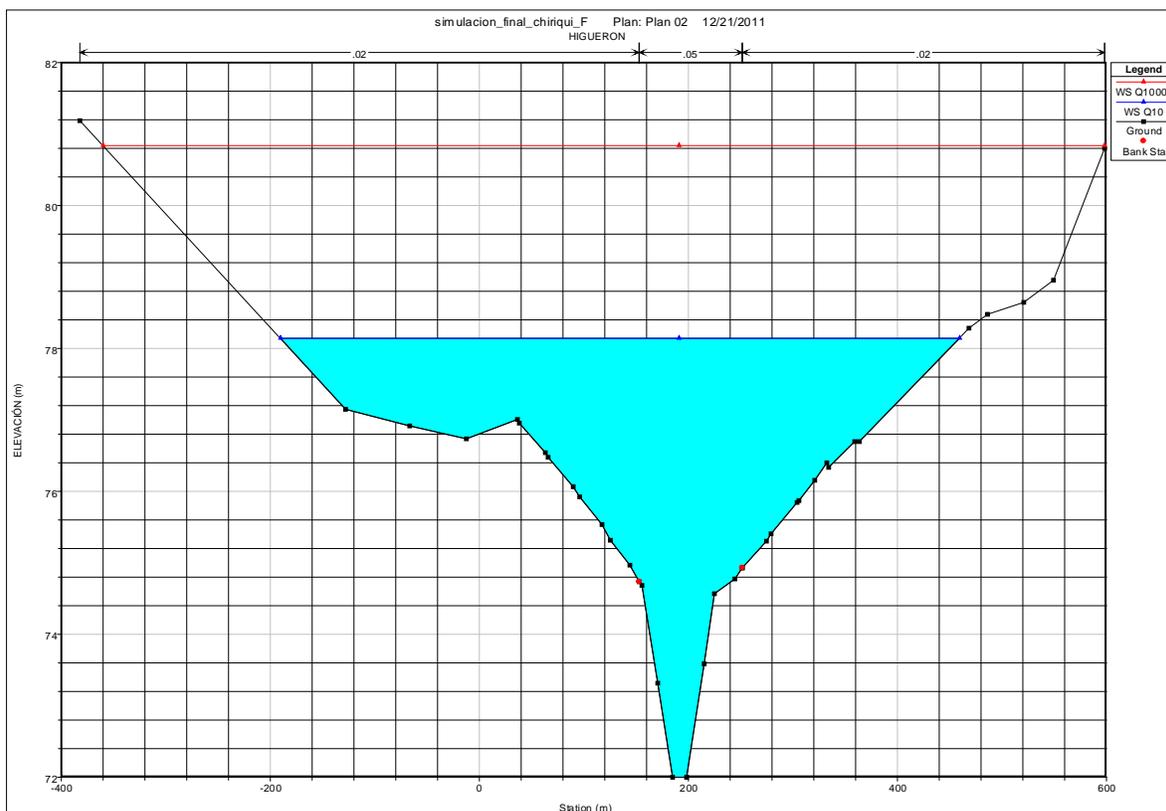
Figura 12: Sección transversal 13 K + 600, vista transversal de la comunidad El Bijagual ³⁵



³⁵ Resultados de Modelación Hidráulica. CEDSA 2011.

La comunidad El Higuерón se localiza en la sección transversal 16 K + 030 a una elevación de 72.0 msnm (Figura 13).

Figura 13: Sección transversal 16 K + 030, vista transversal de la comunidad El Higuерón³⁶



³⁶ Resultados de Modelación Hidráulica. CEDSA 2011.

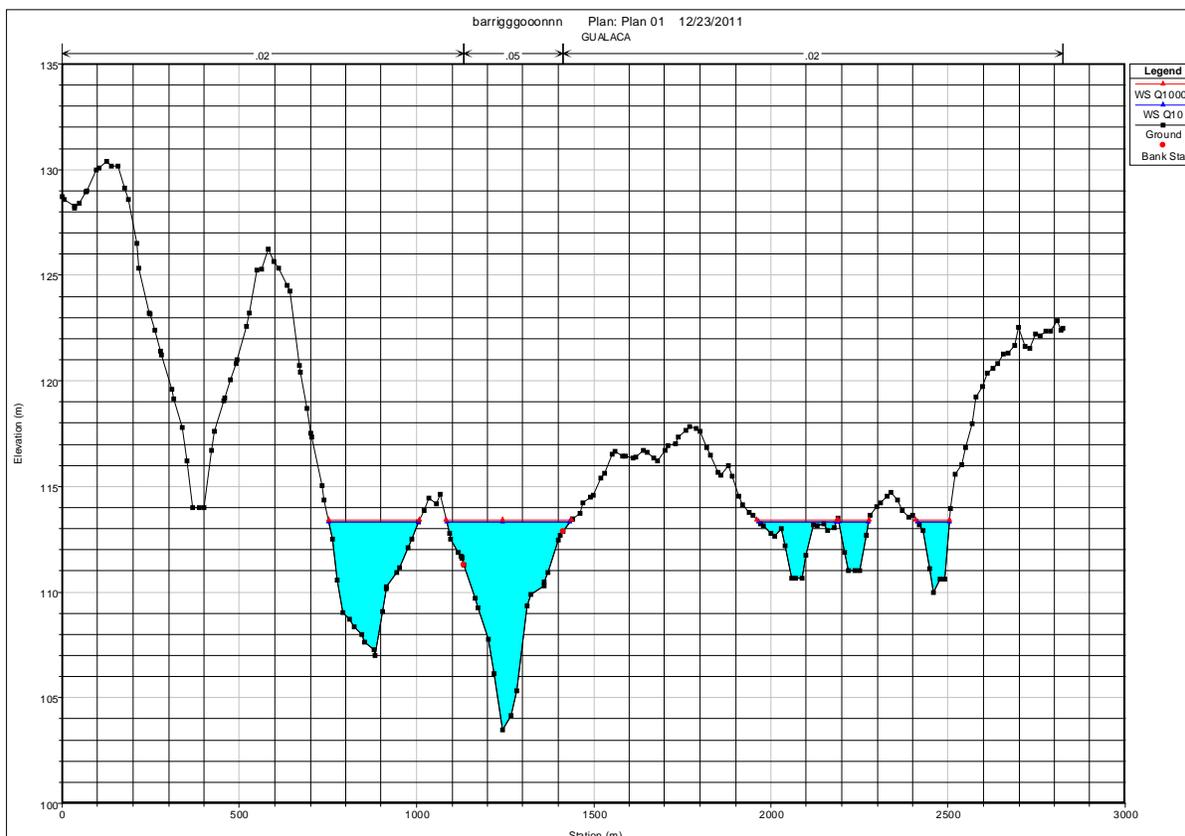
En la Figura 14 se presentan el perfil longitudinal para el área de estudio del río Chiriquí, correspondiente al escenario de colapso estructura bajo condiciones de crecidas extraordinarias para la presa Barrigón. En el eje “x” de la Figura 14 se indican las secciones transversales en donde se localizan los lugares poblados que se verían afectados por las crecidas.

Figura 14: Perfil longitudinal Río Chiriquí desde La Presa Barrigón³⁷



³⁷ Resultados de Modelación Hidráulica. CEDSA 2011.

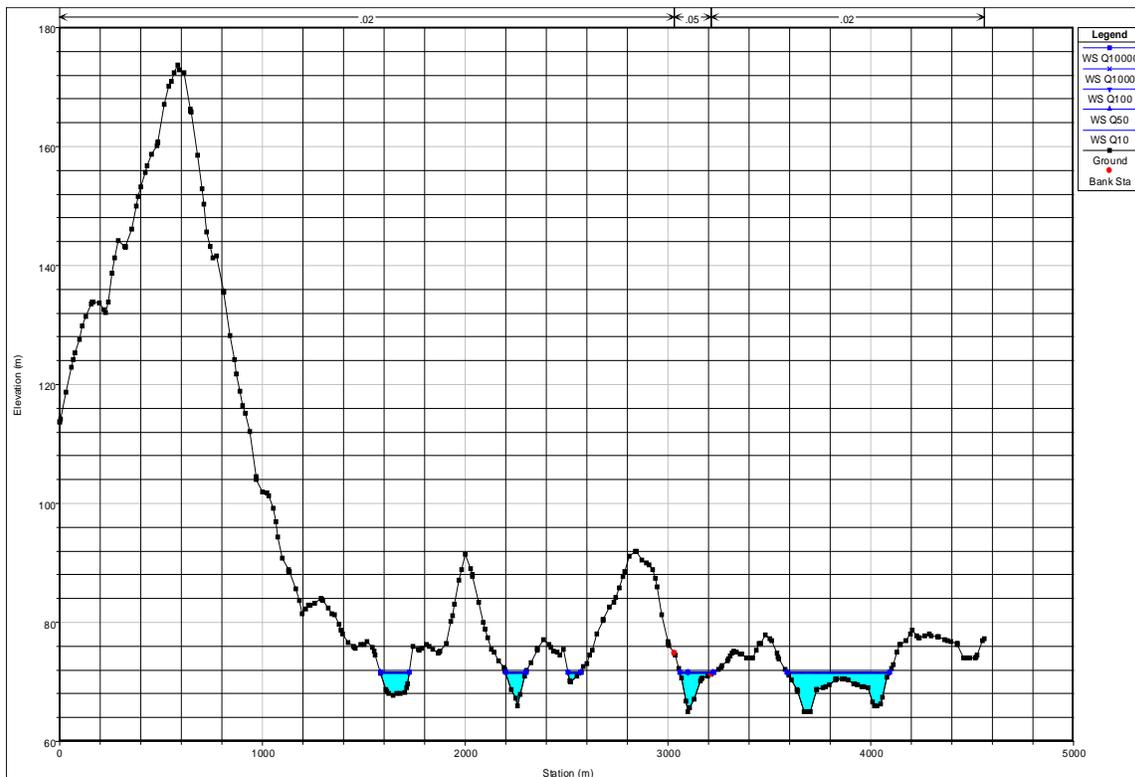
Figura 15: Sección transversal de la comunidad de Gualaca para la simulación desde la presa Barrigón³⁸



GUALACA: 120 MSNM.

³⁸ Resultados de Modelación Hidráulica. CEDSA 2011.

Figura 16: Sección transversal de la comunidad El Higuero para la simulación desde la presa Barrigón³⁹



HIGUERON: 75 MSNM

9 Vinculación con el Sistema de Protección Civil. Planes de Evacuación

Implementación de un sistema de alerta hidrológico: La utilización de un sistema de alerta hidrológico puede prever de forma muy acertada el hidrograma de las avenidas que entrarán a la presa, si a esto sumamos el conocimiento del nivel actual del embalse, se puede contar con un amplio panorama que permitirá realizar simulaciones rápidas para predecir el nivel al que puede ascender el embalse y la toma de decisiones oportunas, ya sea, la declaración de un sistema de alerta y las acciones que esto conlleve aguas debajo de la presa.

³⁹ Resultados de Modelación Hidráulica. CEDSA 2011.

La combinación de estas dos herramientas, conjuntamente con los datos que arroje el resto de la instrumentación de la presa, es fundamental para activar algún sistema de alerta e iniciar el nivel de comunicación que corresponda. Además de esto, las presas Chiriquí y Barrigón tienen sensores de nivel en el embalse, razón por la cual los operadores siempre tienen conocimiento de su nivel actual; y pueden determinar si está subiendo con una velocidad fuera de lo normal.

Por lo tanto, los operadores de la central hidroeléctrica saben la importancia de la lectura diaria de la elevación del nivel del agua en el embalse, realizan el balance hídrico y están pendientes de los datos indicados por el sistema de alerta temprana.

Una situación de emergencia que se genere en las Presas Chiriquí y Barrigón puede causar daños y pérdidas en las comunidades que se ubican aguas abajo. AES Panamá trabaja en forma coordinada con las autoridades locales, organizaciones no gubernamentales, radioaficionadas, escuelas e instituciones públicas, que por sus funciones participan en la prevención y mitigación de riesgo, en la preparación y atención de emergencia; con el objetivo de salvaguardar la vida y bienes de las poblaciones aguas abajo de las presas.

Por esta razón, AES Panamá ha establecido como estrategia de imagen y comunicación; Identificación; gestión y firma de los acuerdos con las instituciones y organizaciones que forman parte del Sistema Nacional de Protección Civil. Además de instituir protocolos de avisos, Lista de contactos, Diagrama de avisos para cada categoría de emergencia, Códigos y Validación. De igual forma debe establecer un Sistema de mantenimiento de información actualizada de contactos; Responsabilidad de los funcionarios para el mantenimiento de la documentación técnica entregada y la Distribución del PADE.

A continuación la lista de ubicaciones de los diagramas de Aviso, establecidos en la sección 3.3. Diagramas de Aviso (Tabla 34).

Tabla 34. Lista de Ubicaciones de los Diagramas de Avisos Impresos

<i>Ubicaciones en La Central Hidroeléctrica</i>	
1.	Sala de Control
2.	Oficina del Gerente del Complejo Hidroeléctrico
3.	Escritorio de la Asistente Administrativa
<i>Ubicaciones en Casas</i>	

1.	Gerente del Complejo Hidroeléctrico
2.	Líder de Operaciones
3.	Coordinador del PADE
<i>Ubicaciones en Entidades Públicas</i>	
1.	Fuerza Pública
2.	Cuerpo de Bomberos de Gualaca
3.	Oficina Regional de David de SINAPROC
4.	Centro Nacional de Despacho, Subestación Panamá, Oficina del Director

Para iniciar con este proceso de vinculación, se hará una presentación y distribución del PADE, a todas las autoridades locales, gubernamentales y no gubernamentales que participaran en forma efectiva ante la ocurrencia de una situación de emergencia citada en este PADE. Cada una de estas autoridades se les invita a participar de los simulacros.

La planificación de la alerta y evacuación son las responsabilidades de las autoridades locales (Representantes), con apoyo del Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC). En todos los niveles de alerta, tanto las autoridades locales como el SINAPROC serán responsables de estudiar y coordinar las áreas afectadas y de desarrollar planes de notificación y evacuación. No obstante, AES Panamá se reunirá con las partes interesadas; representantes de corregimiento ONG`s y las instituciones de seguridad pública para suministrarles y explicarles los diferentes escenarios que contempla este PADE y sus respectivos planos de inundación (Mapas 4 y 5) y las rutas de evacuación (Mapas 6 y 7)..

Las autoridades locales y SINAPROC son responsables de la terminación de actividades de acciones de emergencia o de la evacuación (según sea el caso), incluyendo la publicación de notas de prensa para la radio, televisión, o medios impresos. Las autoridades y la policía local serán responsables de la seguridad dentro de las áreas afectadas durante y después de una emergencia; esto último para asegurar la entrada apropiada a las áreas afectadas para proteger al público.

El personal AES Panamá responsable de monitorear la presa durante una situación de emergencia mantendrá informados a las autoridades locales y a SINAPROC, de las condiciones de la presa desde el momento de iniciada una emergencia hasta que se concluya la misma. Se usarán todos los medios de comunicación disponibles. El principal medio de comunicación será el teléfono. También se pueden usar celulares, radio, e internet.

El PADE contempla acciones que serán implementadas por el Gerente del Complejo Hidroeléctrico Chiriquí o el Líder de Operaciones y su equipo de trabajo. Las acciones como: diseño e implementación de un sistema de alerta temprana; la organización de las comunidades que se ubican aguas abajo de la presa dentro de la planicie de inundación son responsabilidad de las autoridades locales y las instituciones que forman parte del Sistema Nacional de Protección Civil.

Estas acciones deberán contemplar como mínimo, planes de evacuación; ubicación de los albergues temporales; seguridad del área afectada; la evaluación de los daños y análisis de necesidad y la rehabilitación de los servicios básicos.

Otro punto importante y fundamental que se tiene que trabajar, con las Autoridades Municipales y el Ministerio de Vivienda, es el ordenamiento territorial, tomando como base los planos de inundaciones presentados en el PADE con el objetivo de organizar a la población que habita las zonas inundables y las mismas ser reubicadas en sitios en que no pongan en riesgo su vida.

El primer camino para evitar o minimizar las consecuencias de este fenómeno natural es, sin duda, la previsión. De ahí que se entienda que el mejor modo de afrontar una situación de emergencia de este tipo es adelantarse a su generación a través de los medios disponibles. En este caso, a través de los sistemas de predicción meteorológica, por lo que es necesarios **Fortalecer y mejorar la Red Hidrometeorológica de la Gerencia de Hidrometeorología de ETESA (sistemas de monitoreo y vigilancia).**

Este fortalecimiento permite contar con información confiable y en tiempo real para la toma de decisiones para la seguridad de la estructura de las centrales hidroeléctricas, el máximo aprovechamiento de los caudales en la generación de energía, y el control de inundaciones en las zonas ubicadas aguas abajo de la presa.

Incluye acciones de vigilancia y monitoreo de fenómenos hidrometeorológicos que por su magnitud tienen el potencial de causar daños a las personas, bienes y el ambiente. Consiste en mejorar los sistemas, que permitan pronosticar la probabilidad de ocurrencia de un evento.

Es importante analizar y evaluar el estado actual de la Red Hidrometeorológica de ETESA y establecer acuerdos para el intercambio o flujo de información; esto evitara una mayor inversión en este tema.

Otros de los aspectos fundamentales es el proceso de Organización de las Comunidades que se ubican en la zona de impacto por la ocurrencia de una emergencia: Organizar a las comunidades nos permitirá que ellas mismas elaboren e implementen los planes de evacuación; coordinen los albergues temporales y principalmente tomen conciencia del riesgo a que están expuesta y permita a todos los actores locales ser un ente de cambio y desarrollo para sus comunidades.

La organización comunitaria debe ser complementada con un Sistema de Alerta Temprana, que permita avisar a las comunidades aguas abajo de la presa, de la existencia de una emergencia y el mismo está vinculado con la red de vigilancia y pronóstico de amenaza hidrometeorológicas. Su objetivo es anticipar la incidencia de una amenaza, definiendo cuándo y dónde se concretará la misma; lo que permite comunicar la información a quienes la requieren, con la antelación suficiente para tomar las medidas previstas en un plan de emergencias.

10 Simulacros de Emergencia

El Coordinador del PADE conducirá una sesión anual de simulacro de emergencia del PADE, para habituar y disciplinar el comportamiento del personal de la Complejo Hidroeléctrico Chiriquí, en todas las situaciones de emergencia contempladas en la sección 6 “Situaciones de Emergencia” de este documento. El coordinador del PADE será el responsable de programar, coordinar y dirigir ⁴⁰ el simulacro de la situación de emergencia correspondiente.

El coordinador del PADE presentará los diferentes escenarios de forma detalladas, al personal de AES Panamá, con la finalidad de evaluar los conocimientos de todo el personal del Complejo Hidroeléctrico Chiriquí, sobre los procedimientos y protocolos que se deben seguir ante una situación de emergencia descrita en el PADE.

⁴⁰ El simulacro podrá ser dirigido por un proveedor

El coordinador del PADE presentará, las acciones a desarrollar según sea el caso al personal de AES Panamá, quienes deberán tomar decisiones al respecto. Los resultados obtenidos en el simulacro, permitirá hacer los ajuste en los procedimientos o implementar procesos de capacitación del personal.

El objetivo general que se quiere con la capacitación del personal es que adquieran los conocimientos y capacidad de reacción para que, en el momento que sea necesario, activar y dar seguimiento a las diferentes situaciones de emergencia presentadas en este Plan de Acción Durante Emergencias.

Para la situación de emergencia más significativa, crecidas ordinarias y extraordinarias, AES Panamá hará un simulacro de nivel alto que se llevará a cabo mediante un ejercicio en el que se ensayaran las medidas a seguir ante una situación hipotética de emergencia. Dicho simulacro se diseña de manera que sea realista, basándose en eventos pasados. El Coordinador del PADE escogerá la situación y hora; además, la asignación de un observador el cual verificará las acciones y notificaciones subsecuentes (quién, cuándo y los medios de comunicación), y determinará si todos los participantes tiene la versión actualizada del PADE.

La coordinación de este simulacro se extenderá hasta las instituciones, según los diagramas de Aviso. Se involucrará en este simulacro a personal interno del Complejo Hidroeléctrico Chiriquí y todas las instituciones que tienen responsabilidades en el PADE. En el caso de la Presa Chiriquí, donde existe la amenaza de una rotura o vertimiento por crecidas aguas arriba, durante la planificación de los simulacros se coordinará con el personal de la Presa de Fortuna, para que ellos puedan participar de los mismos.

Durante este simulacro se abarcaran todas las fases contempladas en una situación de emergencia real:

- Detección del Evento
- Determinación del Nivel de Emergencia
- Niveles de Comunicación y Notificación
- Acciones Durante la Emergencia
- Terminación

Para las otras situaciones de emergencia, enumeradas en la sección 6, los simulacros se ejecutarán a diferentes niveles según los siguientes criterios:

Bajo: Verificación de los sistemas de comunicaciones, los números telefónicos, nombres y cargos de los responsables en la cadena de avisos.

Medio: Seminarios–Taller en donde se discutan las acciones a seguir en caso una de las situaciones de una emergencia.

Alto: Incluye desde simulaciones o ejercicios de gabinete hasta la simulación a escala real de una emergencia. Los simulacros deben incluir múltiples fallas. En cada simulacro debe plantearse un escenario de emergencia diferente. Debe abarcar todas las fases contempladas en una situación de emergencia real.

Los simulacros y/o simulaciones se ejecutarán bajo los siguientes criterios:

- no debe realizarse un nivel de ejercitación si no se han comprendido las consignas y procedimientos del anterior.
- Se realizarán cuando la central hidroeléctrica este en situación normal y en una época del año en que las circunstancias permitan prever, con cierta garantía que no va a acontecer un incidente que genere una situación extraordinaria o de emergencia real.
- Se interrumpirán cuando durante su desarrollo surja alguna situación extraordinaria o de emergencia real o sea imprescindible la atención del personal para garantizar la operación normal de la central.
- No se permitirá el tráfico de personas o vehículos salvo que sean imprescindibles dentro del ejercicio del simulacro.
- La duración del ejercicio del simulacro dependerá del nivel del simulacro.
- Se involucrará a todo el personal necesario para llevar a cabo las tareas a realizar de acuerdo a la situación de emergencia en simulacro.
- Las comunicaciones deberán estar disponibles para el ejercicio.

Todas las acciones ejecutadas durante los simulacros se registrarán en el formulario AES.SGI.PG.14.05 “Evaluación de Simulación y Simulacros” del procedimiento AES.SGI.PG.14 Preparación y Respuesta Ante Emergencias (Anexo 4), el cual contiene la siguiente información.

- Descripción del ejercicio planteado, incluyendo nivel de dificultad, el escenario y el personal al que va dirigido y descripción de la situación simulada.
- Desarrollo detallado del ejercicio.
- Objetivos buscados con el ejercicio.
- Grado de preparación individual del personal.
- Nivel de coordinación entre el personal y con terceros.
- Dificultades presentadas.
- Problemas de los sistemas de comunicación.
- Adecuación de los medios materiales disponibles.

- Grado de cumplimiento de los objetivos buscados con el ejercicio.
- Fallas del PADE y modificaciones propuestas para la siguiente actualización.

Durante el desarrollo del ejercicio del simulacro, el observador asignado controlará y registrará en este formulario o bitácora todas las acciones que se desarrollen y se pondrá mayor interés en los siguientes aspectos:

- Utilización de los sistemas de comunicación.
- Tiempo de respuesta del personal.
- Comprobación de los sistemas básicos de comunicación y energía.
- Medidas de seguridad y protección personal.
- Adquisición de datos de auscultación.
- Seguimiento y control de los equipos de instrumentación del embalse.

AES Panamá anualmente evaluará el entrenamiento y preparación del personal clave responsable de acciones durante una emergencia, para determinar cuánto saben sobre los diferentes planes de emergencia y acciones requeridas.

Durante el ejercicio de simulación o simulacro se evaluarán los siguientes aspectos: (1) tratará sobre preocupaciones respecto a los contactos telefónicos, (2) evaluará el tiempo para completar el simulacro e identificará maneras de acortar el tiempo, (3) tratará sobre las pruebas de energía y equipos, (para apertura o cierre, tales como vertederos y otras estructuras hidráulicas de descarga) y (4) indicará si los participantes tenían el PADE más reciente.

Se verificará la efectividad y funcionamiento de sensores automáticos disparándolos manualmente, o bien simulando y dando la alarma en forma verbal.

Además debe verificarse como se manejarán los equipos (para apertura o cierre, tales como vertederos y otras estructuras hidráulicas de descarga) ante alguna de las siguientes posibilidades de Situación de Emergencia en el simulacro:

- Operación del embalse en Situación de Emergencia para el caso de crecida extraordinaria, alertada y verificada a partir del conocimiento del pronóstico con suficiente antelación.
- Cierre automático de los equipos de operación en caso de sismos.
- Apertura automática de elementos de operación del embalse (a anular de inmediato dado que se trata de un simulacro).

- Puesta a salvo del personal de operación de la presa.
- Comunicación de la Situación de Emergencia a las autoridades con jurisdicción aguas abajo de la presa indicando que tipo de emergencia se ha producido, constatando que se desarrolle el operativo de emergencia a cargo de otras Autoridades.
- Verificación que las autoridades mencionadas se encuentren en condiciones de asociar la emergencia con los potenciales efectos determinados en el PADE. Debe verificarse, en principio si las autoridades disponen de un ejemplar del PADE, si alguien lo ha estudiado, si se ha instrumentado su aplicación, y si se han previsto las medidas de mitigación necesarias.

Dentro de los 45 días después del simulacro, el Coordinador del PADE, emitirá un informe del ejercicio del simulacro a la Autoridad Nacional de los Servicios Públicos, detallando todas las incidencias, observaciones, conclusiones, recomendaciones o lecciones aprendidas y oportunidades de mejoras que permitan introducir en los procedimientos de actuación.

11 Actualización del PADE

AES Panamá revisará periódicamente y actualizará todos los aspectos del PADE, que hayan recibidos modificaciones, de acuerdo con el contrato de Concesión de Generación. Se conducirá una revisión completa cada cinco años. Las continuas actualizaciones reflejarán los cambios de nombres, títulos, números telefónicos, y señales de radio de las personas responsables de tomar acciones durante una emergencia de presa.

La revisión identificará cualquier nuevo desarrollo u otros cambios aguas arriba o aguas abajo los cuales podrían necesitar la modificación del PADE. Si ocurren tales cambios, AES Panamá informará rápidamente al director de la Autoridad Nacional de los Servicios Públicos, determinará en consulta con agencias y otros si las modificaciones son necesarias, y distribuirá cualquier modificación resultante.

Las revisiones serán marcadas con un sello de documento controlado, fechada, y distribuidas a todos los que poseen el plan.

AES Panamá actualizará el PADE, con una periodicidad mínima de un año, particularmente en lo atinente a cambios de personas o entidades con responsabilidad específica, direcciones, números telefónicos, frecuencias e identificaciones de radio y toda otra información crítica para la eficacia de las acciones previstas. De no haber cambios durante el año, AES Panamá enviará a la ASEP una nota notificando que no ha habido cambio alguno.

Los cambios y/o modificaciones dentro del documento serán resaltados y deberán llevar una nota al pie que indique el Número de revisión la fecha y el año, como por ejemplo “Revisión No. Mes/año.

AES Panamá enviará cada cinco años al Director de la Autoridad Nacional de los Servicios Públicos (1) una declaración que el PADE ha sido revisado completamente, (2) la última fecha en que fue aprobado, y (3) cualquier modificación o actualización o una declaración que ninguna fue necesaria.

MAPAS

ANEXOS

*ANEXO 4. Procedimiento de Preparación y Respuesta ante
Emergencia*

Formulario de evaluación de simulaciones y simulacros