

2020

PLAN DE ACCIÓN DURANTE EMERGENCIAS
CENTRAL HIDROELÉCTRICA GUALACA



HIDRO CONSULT S. A



BONTEX S. A

REVISIÓN No. 4

MARZO 2020

CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	1
1.1	Objetivo General	1
1.2	Objetivos Específicos.....	1
1.3	Alcance	2
1.4	Organigrama	2
1.5	Siglas	5
2	DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA GUALACA 7	
2.1	Ubicación Regional de la Central Hidroeléctrica Gualaca.....	7
2.2	Características de la Central Hidroeléctrica Gualaca.....	7
	Presa.....	10
2.3	Instrumentación de la Presa y Canales de Aducción	17
2.4	Franjas de Operación del Embalse Gualaca:.....	20
2.5	Sismicidad.....	20
	Sismo Máximo de Verificación (SMV)	21
2.6	Categorización de la Presa Gualaca.....	21
3	IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE ALERTA HIDROLÓGICO.....	23
4	SITUACIONES DE EMERGENCIA.....	24
4.1	Condiciones de Crecidas Ordinarias y Extraordinarias	28
4.2	Por Colapso Estructural	49
	En Condición de Operación Normal	50
	En Condición de Operación Extraordinaria.....	60
	Colapso Estructural del Canal de Aducción en la Estación 2k+860.....	69
4.3	Por Apertura Súbita de Compuertas	74
4.4	Por Falla de Operación de las Estructuras Hidráulicas de Descarga.....	77
4.5	Por Vaciado Controlado o Vaciado Rápido a causa de un problema en la presa. 78	
5	ESTUDIO DE AFECTACIÓN DE LA RIBERA DE EMBALSE Y VALLE	79
6	SIMULACROS DE EMERGENCIA	80

7	PLANIFICACIÓN DE LAS ACCIONES DURANTE EMERGENCIAS (PADE)	84
7.1	Prevenición	87
7.2	Identificación de las Emergencia	87
	Detección de la Anomalía	87
	7.2.1 Tipos de Alerta	88
7.3	Diseño de Diagramas de Aviso	90
	Entidades a Ser Notificadas.....	91
7.4	Procedimiento para Declarar, Manejar y Finalizar la Emergencia	99
	7.4.1 Procedimiento para Declarar la Emergencia	99
	7.4.2 Procedimiento para el Manejo y Finalización de las Emergencias	100
8	VINCULACIÓN CON EL SISTEMA DE PROTECCIÓN CIVIL. PLANES DE EVACUACIÓN.....	108
8.1	ACTUALIZACIÓN DEL PADE.....	109
8.2	SIMULACIONES Y SIMULACROS.....	110
9	ESTUDIO DE AFECTACIÓN DE LA RIBERA DE EMBALSE Y VALLE	112
10	APÉNDICES:.....	115
	• APÉNDICE A.1. ORGANIGRAMA.....	116
	• APÉNDICE B: MAPAS DE INUNDACIÓN.....	118
	APENDICE B.1. MAPA DE LOCALIZACIÓN GENERAL DEL COMPLEJO HIDROELÉCTRICO GUALACA	118
	APÉNDICE B.2. MAPA DE ESCENARIO “CRECIDA ORDINARIA” (CON PERIODO DE RETORNO 1 EN 100 AÑOS)	118
	APÉNDICE B.3. MAPA DE ESCENARIO “CRECIDA EXTRAORDINARIA” (CON PERIODO DE RETORNO 1 EN 1000 AÑOS).....	118
	APÉNDICE B.4. MAPA DE ESCENARIO “COLAPSO ESTRUCTURAL DE LA PRESA EL CORRO EN CONDICIÓN DE OPERACIÓN NORMAL”	118
	APÉNDICE B.5. MAPA DE ESCENARIO “COLAPSO ESTRUCTURAL DE LA PRESA EL CORRO EN CONDICIÓN DE OPERACIÓN EXTRAORDINARIA” ...	118
	• APÉNDICE C: PROCEDIMIENTO DE APERTURA DE COMPUERTAS .	129

LISTADO DE TABLAS

Tabla N° 1 – Características Hidro-Energéticas de la CH Gualaca.....	8
Tabla N° 2: Coordinadas de las Estructuras de la CH Gualaca	9
Tabla N° 3 – Características del Equipo Electromecánico	17
Tabla N° 4 – Instrumentación de la Presa y Canales de CH Gualaca.....	17
.Tabla N° 5: Ubicación de los Piezómetros en el Canal de Aducción.....	19
Tabla N° 6: Franjas de Operación del Embalse Gualaca de la Central Hidroeléctrica Gualaca	20
Tabla N° 7: Categorización Según el Riesgo Potencial de la presa Gualaca.....	22
Tabla N°8: Análisis de afectaciones por inundaciones aguas abajo de la Presa Gualaca.....	22
Tabla N° 9: Descarga para Crecidas de Diseño.....	28
Tabla N° 11 Resumen Hidráulico de la Salida de la Crecida Ordinaria (Tr=100 años)	31
Tabla N° 12 Hidrograma de entrada con Periodo de Recurrencia 1 en 1000 años.	39
Tabla N° 14: Rango de Posibles Valores de las Características de la Falla	49
Tabla N°15– Descarga para Rotura de Aliviadero no Controlado	50
Tabla N° 20 Hidrograma de entrada con Periodo de Recurrencia 1 en 50 años... ..	75
Tabla N° 21. Descarga por Apertura Súbita de las Compuertas	77
Tabla N° 22 Descarga máxima por Falla de Operación de las Estructuras Hidráulicas de Descarga.....	78
Tabla N° 23: Distrito y corregimiento influenciados negativamente por los escenarios de afectaciones de ribera de embalse y valles.....	80
Tabla N° 24: Tipo de Alerta, Identificación y Características de la Emergencia	89
Tabla N° 25. Definición de Alertas para cada Situación de Emergencia en Gualaca	90
Tabla N° 26: Ubicación de los Centros de Operación de Emergencias	100
Tabla N° 27: Distritos y corregimientos influenciados negativamente por los escenarios de afectaciones de ribera de embalse y valles	113
Tabla N° 28: Análisis de afectaciones por inundaciones aguas abajo de la Presa Gualaca.....	114

LISTADO DE FIGURAS

Figura N° 1 Esquema Hidráulico del Complejo Hidroeléctrico Dos Mares	7
Figura N° 2: Esquema General de la Central Hidroeléctrica Gualaca. Fuente: Consultor	9
Figura N° 3: Planta de la Presa Gualaca.....	11
Figura N° 4 Vista de los Vertedero controlado compuerta radial y vertedero libre de la Presa de Gualaca.....	12
Figura N° 5. Vista Frontal de Vertedero Gualaca	13
Figura N° 6: Vista hacia aguas abajo por eje de presa	14
Figura N° 7; Sección de presa Gualaca	14
Figura N° 8: Ubicación de los marcos superficiales y piezómetros en la presa Gualaca – sección A-A.....	18
Figura N° 9: Ubicación de los marcos superficiales y piezómetros en la presa Gualaca- Sección B-B.....	18
Figura N° 10: Inclinómetro instalado en el canal de Aducción de Gualaca	19
Figura N° 11; Estación Meteorológica de la CH Gualaca. Fuente: Consultor.	24
Figura N° 12. Esquema de la Sección Transversal de la Presa Gualaca.....	26
Figura N° 13. Perfil de la Corrida de Crecida Ordinaria en la Presa Gualaca.	27
Figura N° 14. Vista en tres dimensiones del modelo de la Presa Gualaca.	27
Figura N° 16. Hidrograma de Crecida Extraordinaria para un periodo de retorno 1 en 1000 años.....	40
Figura N° 17. Esquema de Rompimiento de Presa Gualaca	50
Figura N° 18. Hidrograma de Salida de la Rotura de Presa Gualaca en Condición de Operación Normal	51
Figura N° 19. Hidrograma de Salida de la Rotura de Presa Gualaca en Condición de Operación Extraordinaria.....	60
Figura N° 20. Secciones Transversales del Canal y la Estructural Lateral por donde se va romper el Canal	69
Figura N° 21. Esquema del Modelo HEC-Ras de las Secciones Aguas Abajo de la Rotura del Canal de Aducción.....	70
Figura N° 22. Hidrograma de la Crecida con periodo de retorno 1 en 50 años.....	76
Figura N° 23. Diagrama de aviso para Alerta Blanca.....	95

Figura N° 24. Diagrama de aviso para Alerta Verde.	96
Figura N° 25. Diagrama de aviso para Alerta Amarilla.	97
Figura N° 26. Diagrama de aviso para Alerta Roja.....	98

1 INTRODUCCIÓN

El presente documento contiene la adecuación del Plan de Acción Durante Emergencias (PADE) de la empresa de generación Bontex, S.A., la cual forma parte de la empresa CELSIA Centroamérica, para cumplir con la resolución AN No. 3932-ELEC del 22 de octubre de 2010, “Por la cual se aprueban las Normas para la Seguridad de Presas del Sector Eléctrico.”

El Plan de Acción Durante Emergencia (PADE) es el documento formal que describe los procedimientos que los colaboradores de la Central de Generación Hidroeléctrica Gualaca deben seguir antes, durante y después de una situación de emergencia, y su interacción con los diferentes organismos nacionales de atención a emergencias (Cruz Roja, Bomberos, SINAPROC) según corresponda.

1.1 Objetivo General

- Salvaguardar la vida de los colaboradores de la empresa y de los habitantes localizados aguas abajo de la presa de embalse y mitigar los daños de las propiedades y del ambiente aguas abajo.
- Proteger la vida tanto de colaboradores de la Empresa como la de terceros en el caso de situaciones de emergencia o siniestros que involucren la Presa de Gualaca de la Central de Generación Hidroeléctrica Gualaca y mitigar los daños que estos puedan ocasionar aguas abajo de la presa, las instalaciones de la Central, poblaciones vecinas y/o al ambiente.

1.2 Objetivos Específicos

- Identificar y atender de forma efectiva y ordenada las situaciones de emergencia
- Identificar grupos que puedan verse afectados y las zonas inundables en caso de emergencia hídrica y/o rotura de la presa
- Establecer las medidas técnicas y de seguridad que se implementarán para prevenir y afrontar situaciones de casos de emergencia que puedan ocurrir en relación con la operación de la presa y el embalse para evitar daños personales, de bienes y del ambiente
- Proveer los procedimientos para actuar en casos de emergencia identificando las situaciones de emergencia para realizar los análisis de seguridad.

- Definir los roles y responsabilidades de cada uno de los integrantes del Comité de Emergencia de la organización para su adecuado funcionamiento.
- Orientar y desarrollar la organización y medios adecuados para difundir una estrategia de acción entre los posibles protagonistas de la emergencia para comunicar la información sobre incidentes.
- Notificar oportunamente las situaciones de emergencia, a los diferentes Organismos de Atención de Emergencias (SINAPROC, Bomberos, Cruz Roja) y entidades pertinentes.
- Establecer una coordinación eficaz con los diferentes grupos y entidades conexas para la atención de situaciones de Emergencia
- Orientar a los colaboradores de la Central Hidroeléctrica Gualaca para la identificación, evaluación y clasificación oportuna de una situación de emergencia que se pueda generar en dentro de lo propiedad del proyecto y sus entornos.

1.3 Alcance

Este plan es aplicable a la presa, al embalse Gualaca y sus obras auxiliares, el cual incluye equipo técnico de control y la organización para mitigar cualquier condición o causa que pueda llevar a un deterioro o afectación de la presa o del embalse estableciendo normas de seguridad en cada una de las acciones contempladas en este documento.

Es fundamental que las propias organizaciones y las agencias gubernamentales sean notificadas oportunamente, de manera que su personal adecuadamente entrenado, pueda realizar las funciones para las que están más calificados. Por lo que este documento permite a los organismos de protección civil involucrados establecer sus propios programas o adaptar programas existentes, con el objetivo de lograr una coordinación adecuada de las acciones de respuestas y de forma ordenada, además de optimizar los recursos.

1.4 Organigrama

En el APÉNDICE A.1 ORGANIGRAMA se encuentra la estructura organizacional del Complejo Hidroeléctrico Dos Mares, cuyos miembros a nivel técnico y operativo están involucrados con las actividades que se describirán en el PADE.

Definiciones

Aguas Abajo	Con relación a una sección de un curso de agua, se dice que un punto está aguas abajo, si se sitúa después de la sección considerada, avanzando en el sentido de la corriente.
Aguas Arriba	Sentido opuesto del flujo normal del agua.
Bocatoma	Es la estructura mediante la cual se capta el recurso hídrico necesario para el funcionamiento de los equipos transformadores de la energía hidráulica.
Cámara de carga	Es la parte terminal del canal de aducción.
Canal de Aducción	Permite conducir de manera segura y permanente el caudal requerido por las turbinas alojadas en la casa de máquinas y está diseñado para las condiciones del máximo caudal de tales equipos.
Canal de Descarga	Se constituye en el último componente de la obra civil, y cuya característica más importante es la de servir de desfogue o conducción de las aguas turbinadas hacia el punto de descarga.
Caudal	Volumen de agua que pasa por unidad de tiempo a través de una sección dada de un curso o conducción de agua; también se dice del curso de agua, sin referencia a la sección.
Compuertas	Son los dispositivos mecánicos destinados a regular el caudal de agua a través de la bocatoma. Se denominan así a elementos metálicos que son izados, ya sea en forma manual o a través de energía. Las formas más comunes son radiales y planas.
Descarga	Sistema por el cual un cuerpo de agua retorna a un lecho natural.
Emergencia	Como lo establece la Cláusula 18ª. en el Contrato de Concesión para la Generación Hidroeléctrica se entenderá por emergencia cualquier situación presente o próxima con razonable probabilidad de ocurrencia, de anomalía, falla o colapso en las estructuras de la CENTRAL HIDROELÉCTRICA, producida por cualquier causa (incluyendo fenómenos naturales extraordinarios como terremotos, deslizamiento de laderas, grandes crecidas con riesgo de sobrepaso) susceptible de generar caudales, aguas abajo de tales estructuras, que pongan en peligro la seguridad de personas, recursos naturales o bienes.
Incendio	Fuego grande que abrasa lo que no está destinado a arder.

Periodo de retorno	Número de años al cabo de los cuales un evento puede ser igualado o excedido, por ejemplo, caudal máximo de crecida.
Preparación	Actividades, tareas, programas y sistemas desarrollados e implementados antes de una emergencia y que son utilizados para apoyar la prevención, mitigación, respuesta y recuperación.
Prevención	Actividades para evitar o detener la ocurrencia de un incidente.
Riesgo	Es la probabilidad de ocurrencia de efectos adversos sobre el medio natural y humano en su área de influencia con características negativas.
Sección rectangular	Son las conducciones o canales que tienen la forma de un rectángulo.
Sismo	Temblor o sacudida de la corteza terrestre, ocasionado por desplazamientos internos, que se transmite a grandes distancias en forma de ondas.
Túnel de Descarga	Construcción subterránea excavada artificialmente para conducir las aguas turbinadas desde la casa de máquina hasta su cauce original.
Túnel de Presión	Construcción subterránea excavada artificialmente para conducir las aguas desde el sitio de toma a la casa de máquina.
Talud	Inclinación de la cara de una excavación o de un relleno.

1.5 Siglas

ASEP	Autoridad de los Servicios Públicos
CELSIA	Responsable Primario de la Central Gualaca
CH	Central Hidroeléctrica
CND	Centro nacional de despacho
COE	Centro de Operaciones de Emergencia
ETESA.	Empresa de transmisión eléctrica S.A
g	aceleración de la gravedad de la tierra (9.81 m/seg ²)
Ha	Hectárea
HEC-RAS	Hydrologic Engineering Centers River Analysis System
Km ²	Kilómetro cuadrado
m	metro
m ³ /s	metro cúbico por segundo
Max	Maximo
mm	milímetro
MOP	Ministerio de Obras Públicas
msnm	metros sobre el nivel del mar
MVA	Megavoltioamperio
MW	Mega Watt
NA	Nivel del Agua

NMCE	Nivel Máximo del embalse para la Condición de Emergencia
NmiON	Nivel Mínimo de Operación Normal del embalse
NMOE	Nivel Máximo de Operación Extraordinaria del embalse
NMON	Nivel Máximo de Operación Normal del embalse
PADE	Plan de Acción Durante Emergencias
SINAPROC	Sistema Nacional de Protección Civil
SMV	Sismo Máximo de Verificación
SON	Sismo de Operación Normal
TR	Periodo de Retorno
UTESEP	Unidad Técnica de Seguridad de Presas de la ASEP. En ocasiones denominada DESEP en la Norma de Seguridad de Presas.
V:H	Vertical: Horizontal

2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA GUALACA

2.1 Ubicación Regional de la Central Hidroeléctrica Gualaca

La Central Hidroeléctrica Gualaca forma parte del Complejo Hidroeléctrico Dos Mares (DMA). El Complejo Hidroeléctrico está ubicado en la planicie existente cerca de los ríos Estí, Chiriquí y Cochea en los municipios de David y Gualaca, en las márgenes izquierda y derecha del río Chiriquí. Dicha Central se encuentra emplazada en las proximidades del pueblo de Gualaca, distrito de Gualaca; en la altiplanicie existente entre los ríos Estí y Chiriquí localizada aproximadamente a 35 km al noreste de la ciudad de David, cabecera de la provincia de Chiriquí, República de Panamá. La Figura N° 1 presenta el esquema hidráulico del antes mencionado complejo.

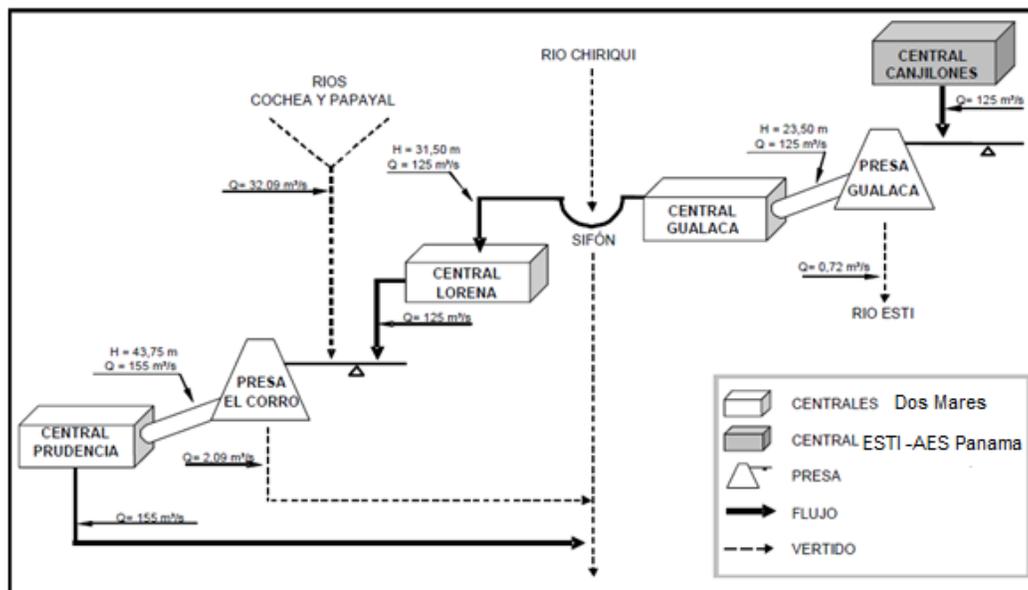


Figura N° 1 Esquema Hidráulico del Complejo Hidroeléctrico Dos Mares

Los caminos de accesos permanentes, al Complejo Hidroeléctrico Dos Mares, se encuentran en buen estado permitiendo el acceso a las diferentes estructuras de forma segura.

2.2 Características de la Central Hidroeléctrica Gualaca

Dicha Central utiliza principalmente el agua turbinada de proveniente de la Central Hidroeléctrica Estí, localizada aguas arriba de la presa de Gualaca y el caudal natural del río Estí.

La caída bruta de 23.50 m a aprovechar, resulta de fijar el nivel de operación normal del embalse a 100.00 msnm y el nivel normal de la descarga en la elevación 76.50 msnm lo que permitirá generar 25.33 MW con un caudal de diseño 125 m³/s. En la Tabla N° 1 se presentan las características Hidro.-energéticas de la Central Hidroeléctrica Gualaca.

El embalse Gualaca está conformado por la presa Gualaca en el río Estí. El embalse tiene una superficie aproximada de ocho (8) hectáreas y su forma es alargada.

Tabla N° 1 – Características Hidro-Energéticas de la CH Gualaca

Fuentes Hídricas Utilizadas	Aspectos Hidro-Energéticos	Características de la Obra de Contención y Embalse
<ul style="list-style-type: none"> • Aguas turbinadas de la Central Estí. • Río Estí 	<p>NMON: 100.00 msnm</p> <p>Descarga: 76.50 msnm</p> <p>Caída Bruta: 23.50 m</p> <p>Caída Neta: 22.63 m</p> <p>Caudal de Diseño: 125.00 m³/s</p> <p>Potencia Eléctrica: 25 .0 MW</p>	<p>Tipo: Mixta-Homogénea con espaldones de enrocado y núcleo impermeable.</p> <p>Altura de presa: 17.0 m</p> <p>Vertederos: libre y controlado de hormigón</p> <p>Caudal de vertedero: 1,510 m³/s</p> <p>TR=1:10,000 años</p> <p>Área del embalse: 8 ha</p>

La Central cuenta con un sistema de respaldo de suministro de energía eléctrica, para los órganos de seguridad y evacuación de crecidas (el vertedero, la bocatoma y casa máquina de Gualaca).

En la Figura N° 2 se observa el esquema general de la Central Hidroeléctrica Gualaca.

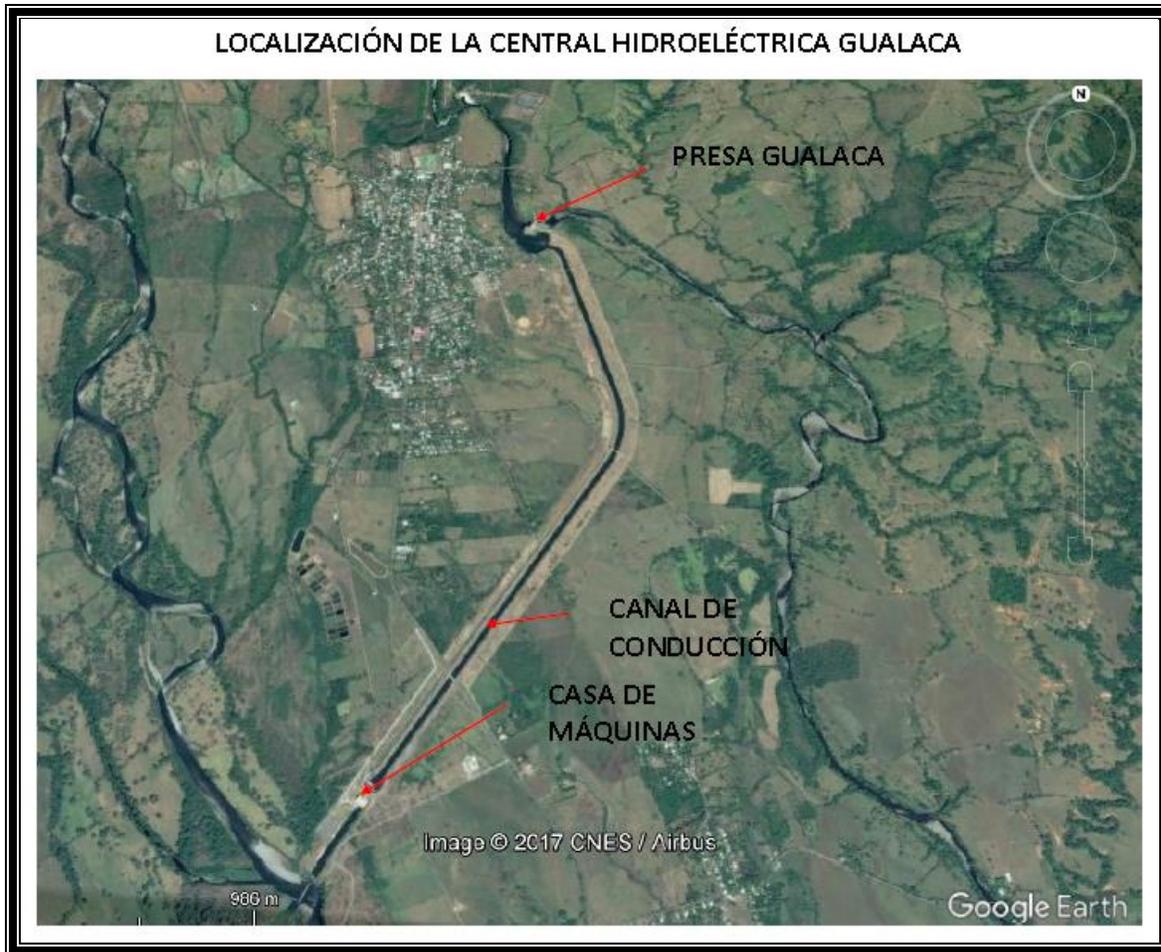


Figura N° 2: Esquema General de la Central Hidroeléctrica Gualaca. Fuente: Consultor

La Tabla N° 2 presenta la ubicación de las estructuras que conforman la Central Hidroeléctrica Gualaca.

Tabla N° 2: Coordenadas de las Estructuras de la CH Gualaca		
Nombre de la Estructura	Coordenadas WGS 84	
	Este	Norte
Obra de Contención	357690	943473
Vertedero	357633	943518
Presa Gualaca	357639	943579
Canal de Aducción	inicio	357730
	Final	356993
Tubería Forzada	inicio	356977
	Final	356929

Tabla N° 2: Coordenadas de las Estructuras de la CH Gualaca		
Nombre de la Estructura	Coordenadas WGS 84	
	Este	Norte
Casa de Máquinas	356918	940124
Canal de Descarga	356719	930896

Dicha central está conformada por las siguientes estructuras:

Presa

La Presa Gualaca, construida sobre el río Estí, es una presa tipo gravedad mixta (homogénea con espaldones de enrocado con núcleo impermeable de arcilla), de 17,0 m de alto y 142.00 m de largo en su cresta. Los taludes de aguas abajo y aguas arriba presentan inclinación 1V:2H. La corona de la presa se encuentra en la cota 103.50 msnm, la cual presenta un ancho de 7.0 m. Al pie de la presa, hacia aguas abajo, se encuentra una ataguía que presenta un ancho de corona de 15.3 metros y talud hacia aguas abajo de 1V:2.5H. Sobre el estribo izquierdo se localiza el vertedero de concreto.

Las figuras N° 3, N° 4, N° 5, N° 6 y N° 7 nos muestran diferentes vistas de la central hidroeléctrica Gualaca.



Figura N° 3: Planta de la Presa Gualaca

Con el objetivo de controlar los niveles del embalse y garantizar la seguridad de las estructuras hidráulicas se han dispuestos dos (2) vertederos de hormigón, uno libre y el otro controlado, cuya capacidad conjunta alcanza los $1,510 \text{ m}^3/\text{s}$. A continuación la descripción de los vertederos.

Vertederos de la Presa Gualaca

El vertedero es parte integral de la presa de concreto masivo, y se diseñó para desalojar los caudales pico de crecida estimado del río Estí con el embalse lleno. El vertedero es híbrido, o sea, posee un vertedero libre y uno controlado por una compuerta radial. Los vertederos libre y controlado fueron construidos en la margen izquierda del Estí.

De manera general, el vertedero puede ser subdividido en canal de aproximación, estructura de control o vertedero (libre o controlado), estructura de disipación de energía y canal de restitución, tal como se observa en la Figura N° 4



Figura N° 4 Vista de los Vertedero controlado compuerta radial y vertedero libre de la Presa de Gualaca

La capacidad de los vertederos (libre + controlado) corresponden a la crecida con periodo de recurrencia de años 10.000 años para el periodo de lluvias con valor de pico de $1510 \text{ m}^3/\text{s}$, sin considerar la laminación del embalse.

El nivel máximo maximorum fue definido en la El. 103,10 m para el pasaje de la crecida de 1000 años. El nivel del dique del canal de aducción de Gualaca fue definido en la El. 103,50 m. La condicionante de construir el vertedero libre es importante por cuestión de seguridad, una vez que la operación es independiente de equipamientos y reglas de operación. Eso es justificable teniendo en cuenta que el área de drenaje de la cuenca es relativamente pequeña de 64 km^2 y que las crecidas son desarrolladas en pocas horas.

Vertedero Libre.

El canal de aproximación del vertedero es de 90 m de ancho por 70 m de longitud, aproximadamente, con el piso en la roca meteorizada, cerca de la El. 97,0 msnm.

La estructura de control tendrá 90 m de ancho con la cresta del vertedero en la Elevación 100,00 msnm. La cara del vertedero aguas arriba poseerá una inclinación de 3V:2H, siendo que dos circunferencias de 0,55 y 1,20 m de radio harán la transición entre la cara del vertedero aguas arriba y la cresta. El tramo aguas abajo será constituido por un perfil del tipo "Creager", seguido de un arco de circunferencia de 6,0 m de radio que conducirá el flujo hacia un tramo de solera horizontal de 5,0 m de longitud en la El. 97,50 msnm.

Otras características del vertedero libre:

- Nivel de agua máx maximorum: El 103,10 msnm
- Cota de fondo del canal de restitución: El. 97,0 msnm
- Longitud del canal de restitución (El.97,00msnm) : variable (de 25 m hasta 120 m medidos en el sentido de la margen derecha hacia la margen izquierda a partir del final de la estructura de control)
- Caudal del vertedero libre para NA max maximorum: $Q=1050 \text{ m}^3/\text{s}$
- El vertedero libre fue dimensionado para permitir el pasaje del caudal de $1050 \text{ m}^3/\text{s}$ con el nivel de agua del embalse en la El. 103,10 msnm.



Figura N° 5. Vista Frontal de Vertedero Gualaca



Figura N° 6: Vista hacia aguas abajo por eje de presa

Vertedero Controlado.

El vertedero controlado ha sido diseñado para permitir la descarga en conjunto con el vertedero libre, de la crecida de 10,000 años. Posibilita también el desvío del río, el paso de sedimentos hacia el río Estí aguas abajo de la presa y controlar el nivel de agua normal del embalse para crecidas frecuentes.

Este vertedero tiene un ancho de 10 m y un canal de aproximación de 65 m y fue diseñado para desalojar un caudal de 460 m³/s. Los niveles del embalse serán regulados a través de una compuerta radial (10 m x 10.5 m) que funcionará como desagüe de fondo. Para el mantenimiento del mecanismo de izaje de esta compuerta radial, se cuenta con un tablero de cierre de sección (10m x 10.5m) al inicio de la estructura para aislar la zona al momento de los mantenimientos.

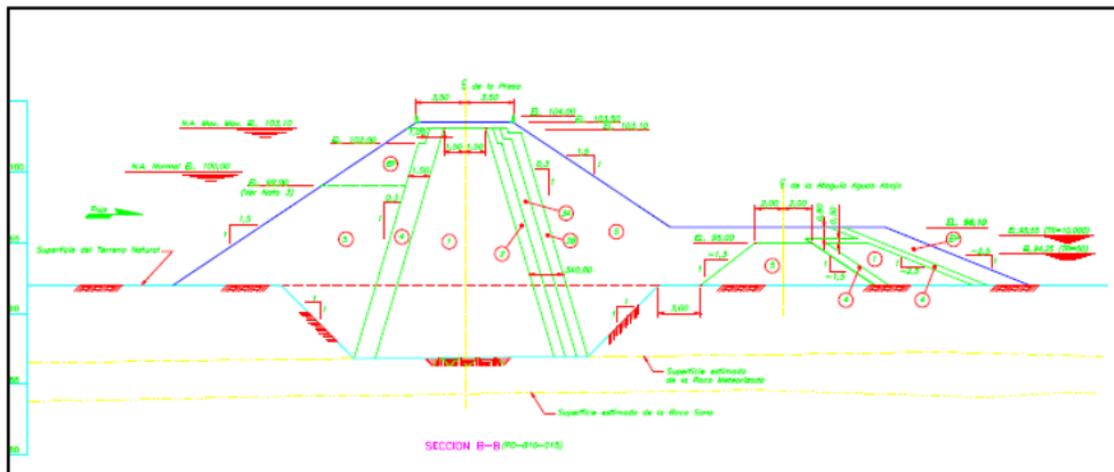


Figura N° 7; Sección de presa Gualaca

Toma de caudal Ecológico

La estructura consiste en una toma con rejillas, una bocatoma y un canal de conducción de sección rectangular, la cual está ubicada en el estribo derecho del

vertedor libre y descarga directamente hacia aguas abajo del río Estí. El caudal ecológico es de 0.72 m³/s.

Canal de Conducción

Las aguas turbinadas de la Central Hidroeléctrica Estí son desviadas hacia el canal de aducción por la Presa Gualaca y son conducidas hacia la bocatoma de la hidroeléctrica a través del canal de 3,578 m de longitud hasta la cámara de carga.

Este canal de aducción se diseñó y construyó en forma trapezoidal con taludes 2H:1V y un ancho en el fondo de 10.00 metros. Con una capacidad de 125 m³/s. La cota inferior del canal se encuentra a una elevación de 94.00 metros mientras que el nivel superior del canal se diseñó a una cota de 100.50 metros. El ancho máximo del canal a esta elevación es de aproximadamente 36.00 metros. El diseño del canal incluye una sobreelevación de 3.00 metros sobre el nivel superior del canal para evitar desbordamientos. Esta sobreelevación se logró mediante la construcción de un dique de material impermeable con taludes de 1.5H @ 1V separados del borde del canal aproximadamente 5.00 metros.

En los primeros 1,000 metros del canal (desde la estación 0K+000 hasta la estación 1K+000), el canal se construyó cortando el terreno natural, el cual tenía una elevación superior a los 103.5 metros, que es la cota máxima de diseño del dique considerando la sobreelevación. Desde la estación 1K+1000 hasta la 3K+500 (bocatoma), en aquellos lugares donde el terreno natural estaba por debajo de las elevaciones antes mencionadas, el canal de aducción y el dique para la sobreelevación se construyeron con materiales impermeables.

Después de construido se han realizado adecuaciones en el canal de aducción. Estas mejoras, permitirán garantizar la seguridad del sistema y proteger los poblados cercanos a las zonas de relleno con alturas de entre los 2 y 10 m.

Estos trabajos de reforzamiento del canal de aducción, consistieron en la modificación del relleno del canal de arcilla, entre los tramos 2k+500 y 3k+600, del lado izquierdo, a 1V: 2H. Además se realizaron otras mejoras donde se realizó la colocación de filtros, colocación del sifón 3 y 4.

La empresa CARBON Ingeniería, ha realizado el análisis de la estabilidad del canal de aducción, luego de hacer las adecuaciones en el 2013, seleccionando una sección del canal con 10 m de altura. Los resultados del programa Geoslope, indicaron que los factores de seguridad obtenidos, son mayores a los requeridos para las condiciones de carga analizadas, bajo condiciones estáticas y por efectos de sismo, en los casos donde el canal está lleno y vacío.

Adicional a esto, todo el canal fue revestido con una geomembrana impermeable PEAD (polietileno de alta densidad) de 1.5 mm de espesor. Esta membrana se encuentra anclada al canal mediante vigas de concreto transversales espaciadas aproximadamente a unos 300 metros unas de otras y en zanjas longitudinales ubicadas en la parte superior del canal y rellenas de concreto. La geomembrana solo cubre el canal de aducción y no los diques para la sobreelevación.

Finalmente, a lo largo de todo el canal de aducción, se construyeron drenajes de concreto longitudinales y transversales para evacuar las aguas que potencialmente pudieran afectar el funcionamiento del canal y de los diques para la sobreelevación. Estos drenajes también sirven para permitir el paso libre de las quebradas y fuentes de agua que no forman parte de la concesión.

Una vez el agua es utilizada en la hidroeléctrica, la misma se vierte en el canal de descarga que conduce a la central hidroeléctrica Lorena.

Cámara de Carga

La cámara de carga se encuentra revestida con geomembrana de poliuretano de alta densidad (PEAD) e inicia en la estación 3k+578.67. Esta estructura se proyecta entre la cota 94 msnm y la cota 89 msnm, con una longitud promedio (en sentido del canal) aproximado de 50 metros. Una estructura de compuerta controla el acceso a la tubería de presión mediante compuertas planas.

Tubería Forzada.

La CH Gualaca, tiene dos líneas de tuberías de acero que conectan la cámara de carga con la casa de máquinas de aproximadamente 90.0 m de longitud

Casa de Máquinas

La casa de máquinas consiste en un edificio de concreto reforzado y estructura metálica tipo exterior que cuenta con dos turbinas Kaplan tipo "S" de eje horizontal, con una capacidad de 12.6 MW. En la toma de la casa de máquinas hay dos compuertas planas de control para la tubería de presión.

Además. La Tabla N° 3 muestra los equipos electromecánicos encontrados en la casa de máquinas.

Tabla N° 3 – Características del Equipo Electromecánico

Nombre	Características
Tipo de turbina	Kaplan "S", eje horizontal
Cantidad	2
Capacidad del generador	14.8 MVA
Potencia nominal de la turbina	12.5 MW
Transformador	Tres arrollamientos 13.8/13.8/230Kv-15/15/30 MVA

2.3 Instrumentación de la Presa y Canales de Aducción

La presa Gualaca y sus canales de aducción tienen marcos superficiales de control, inclinómetros, piezómetros y un aforador como parte de su instrumentación. La Tabla N° 4 presenta la cantidad y tipo de instrumentación, así como su ubicación general y su periodicidad de lecturas. En las figura N° 8 y 9 muestran la ubicación de los marcos superficiales de control y los piezómetros ubicados en la presa Gualaca.

Tabla N° 4 – Instrumentación de la Presa y Canales de CH Gualaca

Instrumento	Cantidad	Ubicación	Periodicidad de lectura
Marcos superficiales de Control	4	Presa de Gualaca	Cada 15 días
Inclinómetros	4	Canal de Gualaca	1 vez a la semana
Piezómetros	4	Presa de Gualaca	1 vez a la semana
Piezómetros	16	Canal Aducción Gualaca	1 vez a la semana
Piezómetro (nuevos)	2	Bocatoma Gualaca	1 vez por semana
Aforador	1	Casa máquina margen izquierdo	1 vez por semana

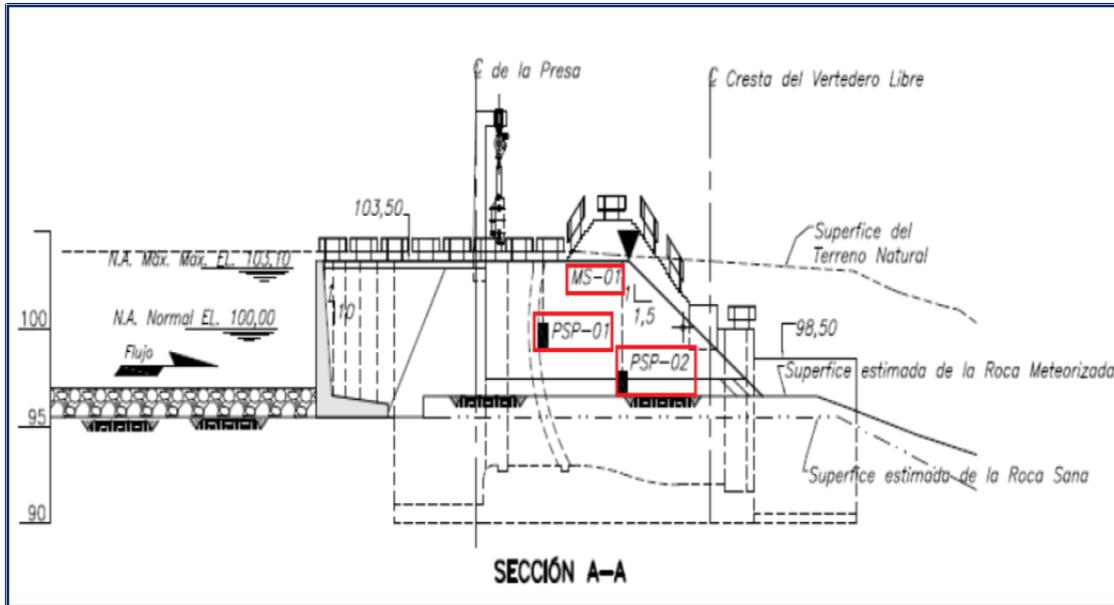


Figura N° 8: Ubicación de los marcos superficiales y piezómetros en la presa Gualaca – sección A-A

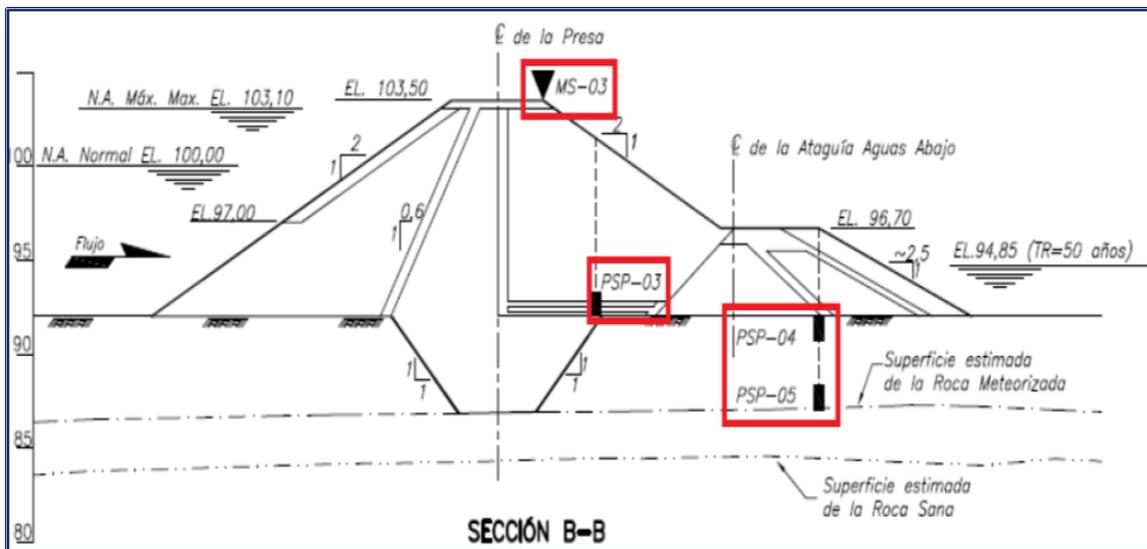


Figura N° 9: Ubicación de los marcos superficiales y piezómetros en la presa Gualaca- Sección B-B

Inclinómetros

Los cuatro (4) inclinómetros ubicados e el canal de aducción de Gualaca, de la marca Campbell Scientific modelo TDR 100, están ubicados dos (2) en la margen derecha y dos (2) en la margen izquierda. Dos (2) de los inclinómetros están instalados en el 3K +250 y los otros dos (2) en el 2K + 600.



Figura N° 10: Inclinómetro instalado en el canal de Aducción de Gualaca

Piezómetros

Los piezómetros son de tipo abierto y se leen una vez a la semana. En la Tabla N° 5 se indican la ubicación de los diez y seis (16) piezómetros ubicados en el canal de aducción de la CH Gualaca. Estos piezómetros son de tipo abierto, se leen semanalmente. En la Figura N° 11 se observa uno de los piezómetros instalados en el canal de aducción de la CH Gualaca.

.Tabla N° 5: Ubicación de los Piezómetros en el Canal de Aducción

Piezómetros	Estación	Margen
PZ01 simple	1K + 400	derecha
PZ02 simple		
PZ03 simple		
PZ04 simple		
PZ05 simple	3K+100	derecha
PZ06 simple		
PZ07 simple		
PZ08 simple		
PZ09 simple	1K + 400	izquierda
PZ10 simple	1K + 800	izquierda
PZ11 simple	3K+100	izquierda
PZ12 simple	Boca toma	
PZ13 simple	2K + 600	izquierda
PZ14 simple	2K + 600	derecha
PZ15 simple	3K +250	izquierda

.Tabla N° 5: Ubicación de los Piezómetros en el Canal de Aducción

Piezómetros	Estación	Margen
PZ16 simple	3K +250	derecha

2.4 Franjas de Operación del Embalse Gualaca:

En el Tabla N°.6 se presentan las franjas de operación del embalse de la Central Hidroeléctrica Gualaca.

Tabla N° 6: Franjas de Operación del Embalse Gualaca de la Central Hidroeléctrica Gualaca.

Franjas de normas de operación	Presa Gualaca Elevación (msnm)
NMON	100.00
NMOE	100.50
NMCE	103.10

2.5 Sismicidad.

Según las normas para la seguridad de presas de la Autoridad Nacional de los Servicios Públicos de Panamá, todas las presas deben ser diseñadas o evaluadas para dos tipos de sismos:

- Sismo de operación Normal (SON), el cual tiene una probabilidad del 50% de ocurrir, al menos una vez durante la vida útil de la presa; y
- Sismo Máximo de Verificación (SMV), el cual es el evento máximo aceptado que la presa debe resistir.

El sismo horizontal fue considerado para los siguientes casos, pero **no** se consideraron los efectos verticales del sismo.

Sismo de Operación Normal (SON)

Este sismo tiene una probabilidad del 50% de ocurrencia durante la vida útil de la presa. Para la presa de Gualaca se asumió que la vida útil es de 100 años, lo cual indicaría que el SON debe ser aquel cuyas aceleraciones tengan un periodo de retorno igual a 200 años y una magnitud de 0.15g.

Sismo Máximo de Verificación (SMV)

Este sismo se conoce como el máximo sismo posible al que la presa pudiera ser sometida. Normalmente, las aceleraciones para este sismo se obtienen a través de un análisis determinístico y se puede correlacionar con un periodo de retorno dado, siempre y cuando para el sitio también se hubiese realizado un análisis probabilístico. Para la Central Hidroeléctrica Gualaca este sismo máximo de verificación se ha determinado que tiene un periodo de retorno de 2,500 años y una magnitud de 0.4g.

2.6 Categorización de la Presa Gualaca

Según la normativa de ASEP aprobada por la Resolución AN No. 3932-Elec del 22 de octubre de 2010, la categorización de la presa se analiza con base en el riesgo de potenciales impactos basados en las pérdidas incrementales que una falla de presa pudiera dar lugar, tal como se indica en el Tabla siguiente, ver Tabla No. 7.

Los daños o consecuencias asociadas 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 a ser inundadas, según los escenarios de emergencias que se evalúan.

En la Tabla No. 7 se presenta la Categorización Según el Riesgo Potencial de la presa Gualaca.

El análisis de afectaciones del vertimiento de agua por rotura de la Presa Gualaca se describe en la Tabla N° 8.

Tabla N° 7: Categorización Según el Riesgo Potencial de la presa Gualaca

Categoría	A		B		C	
Riesgo	Alto		Significativo		Bajo	
		cumple		cumple		cumple
Pérdida directa de vidas	Seguro (en uno o más desarrollos residenciales, comerciales o industriales)		Incierto (localización rural con pocas residencias y solamente desarrollo transitorio o industrial)		No se esperan (debido a la localización rural sin viviendas)	√
Pérdida de servicios esenciales	Interrupción de instalaciones esenciales y de vías de comunicación a niveles críticos		Interrupción de instalaciones esenciales y de vías de comunicación		Ninguna interrupción de servicios, las reparaciones de los daños es simple o rápidamente reparable	√
Pérdidas en Propiedades	Extensa sobre instalaciones públicas y privadas		Mayor afectación pública y en instalaciones privadas		Tierras agrícolas privadas, equipos y edificios aislados	√
Pérdidas Ambientales	Alto costo de la mitigación o imposible de mitigar		Se requiere una mitigación importante		Daño incremental mínimo	√

Tabla N°8: Análisis de afectaciones por inundaciones aguas abajo de la Presa Gualaca.

Componente	Daños	Descripción
Infraestructura	Daños de puentes y caminos	No Aplica
Ambiental	Pérdida de cobertura vegetal y de especies acuáticas	No Aplica
Agrícola	Pérdida de cultivos y de animales de crianza	No Aplica

Se entiende que esta tipificación en categorías, ampliamente adoptada y justificada, es más realista en virtud de representar los potenciales riesgos demográficos de frecuente aparición.

Debido al tamaño del embalse y que no se identificaron estructuras, residencias y actividad económica aguas abajo de la presa, el riesgo del impacto sobre vidas, pérdidas económicas y ambientales se categoriza como **“Potencialmente Bajo”** ó **“Categoría C”**.

Las Normas de Seguridad de Presa de ASEP establece, que para tales tipos de presa la crecida de diseño y verificación debe estar entre la crecida de 1:100 años y la crecida de 1:1,000 años.

3 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE ALERTA HIDROLÓGICO

Para satisfacer los requerimientos de la implementación de un sistema de alerta hidrológico, que tiene la finalidad de mitigar las posibles consecuencias que sobre la explotación del embalse Gualaca, puedan ocasionar las crecidas extraordinarias y otros eventos naturales, actualmente BONTEX, se encuentra fortaleciendo el sistema de telemetría vía radio el cual consiste de una (1) estación de niveles del embalse, una (1) estación meteorológicas tipo “A” instaladas y una sirena para alertar cuando se va a realizar cualquier operación de apertura de compuerta.

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 abajo 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.

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 que los operadores siempre tienen conocimiento del nivel en tiempo real del embalse y pueden identificar si el embalse está subiendo con una velocidad

fuera de lo normal, se monitorea también las siguientes páginas web: www.hidromet.com , www.servir.net , www.weatherchannel.com.

En la figura N°11 se muestra la estación meteorológica ubicada en la CH Gualaca.



Figura N° 11; Estación Meteorológica de la CH Gualaca. Fuente: Consultor.

4 SITUACIONES DE EMERGENCIA

Para todas las emergencias puntualizadas, en las Normas para la Seguridad de Presas, se analizará y evaluará la incidencia de los caudales evacuados por el embalse y su laminación respectiva. Para el caso de Bontex, S.A., se estimó el hidrograma de la onda de crecida y los efectos de su propagación aguas abajo, tanto en niveles como en daño.

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: Las normas de seguridad de presas de la ASEP, establecen las situaciones de emergencia que deben ser completados para las presas en operación. Estas situaciones de emergencia o escenarios contemplan eventos

ordinarios y extraordinarios como crecidas y además eventos anormales como la falla en operación de estructuras y equipos electromecánicos.

Para todas situaciones de emergencia de la Central Hidroeléctrica Gualaca, se realizaron las corridas del modelo hidráulico HEC-RAS, donde se obtuvieron los resultados, los cuales se presentarán en detalle para en cada una de las situaciones de emergencia analizadas:

- Bajo condiciones de crecidas ordinarias y extraordinarias
- Por Colapso Estructural, no solo de la presa si no de los canales de aducción, en Condición de Operación Normal y 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

Cabe resaltar que se incorporaron los escenarios inherentes a los canales de aducción en una zona de relleno bajo operación normal y crecidas extraordinarias.

Metodología General del Análisis Hidráulico

El modelo usado para realizar el análisis hidráulico es HEC-RAS, desarrollado por el Centro de Ingeniería Hidrológica (HEC, por sus siglas en inglés) del Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos de América. HEC-RAS es un modelo unidimensional que modela el comportamiento del río a partir de la topografía, las características hidráulicas del lecho del río y los caudales de estudio.

La geometría del modelo se determinó del levantamiento topográfico de las secciones transversales y los planos de las diferentes estructuras. Las secciones se han obtenido del levantamiento topográfico por el Lic. José Enrique González desde la Presa Gualaca, confluencia del Río Estí con el Río Gualaca, confluencia del Río Gualaca con el Río Chiriquí y del Río Chiriquí hasta el Puente sobre la vía interamericana. Estas secciones se introducen en el programa HEC-RAS. También se ingresó secciones transversales del embalse en aproximadamente 275 metros aguas arriba de la Presa Gualaca.

Luego de cargar la información de la geometría con sus respectivas secciones y rugosidad, el paso siguiente es cargar la información de caudales. Para la modelación hidráulica se usó el modulo hidrodinámico del HEC-Ras.

Los resultados de la modelación están regidos por factores como: la geometría del canal principal y áreas aledañas; la rugosidad del canal y zonas contiguas, la

existencia de áreas en las que se pueda acumular agua fuera del canal principal, y la forma del hidrograma de creciente cuando llega al cauce.

Para establecer la rugosidad del cauce y las riberas del río Estí, Gualaca y Chiriquí, se realizó una inspección de campo donde se evaluaron sus características y posteriormente se procedió a compararlas con las características de diferentes cauces que contiene la Guía en línea del HEC-Ras (USGS Water Supply Paper 1849, por H.H. Barnes, Jr).

- Cauce Principal: 0.025
- Márgenes: 0.035

La Figura N° 12 presenta el esquema de la sección transversal de la Presa Gualaca el cual se utilizó en los escenarios de rotura de presa.

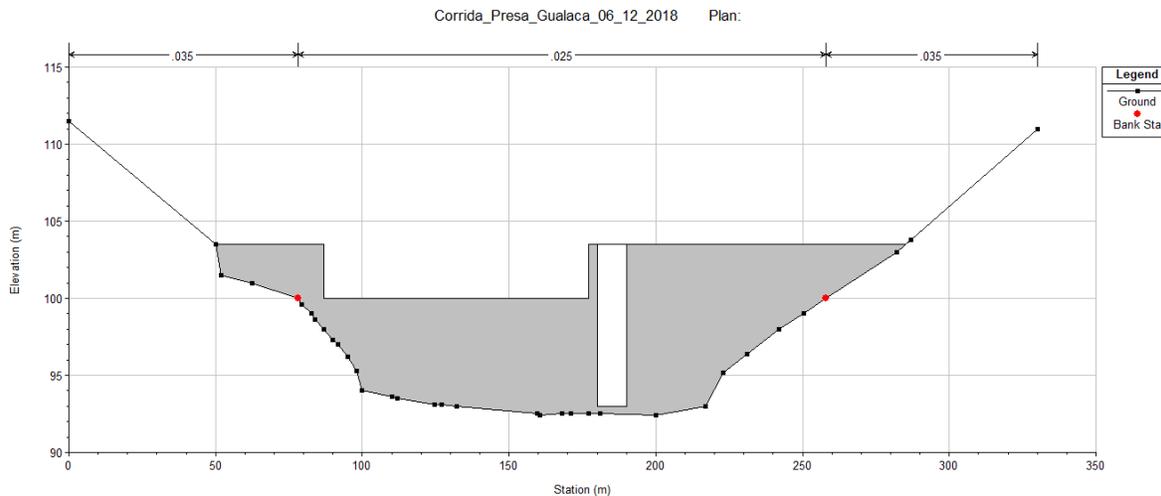


Figura N° 12. Esquema de la Sección Transversal de la Presa Gualaca.

La Figura N° 13 presenta uno de los formatos generados por HEC-RAS, el Perfil de la Corrida de Crecida Ordinaria en la Presa Gualaca.

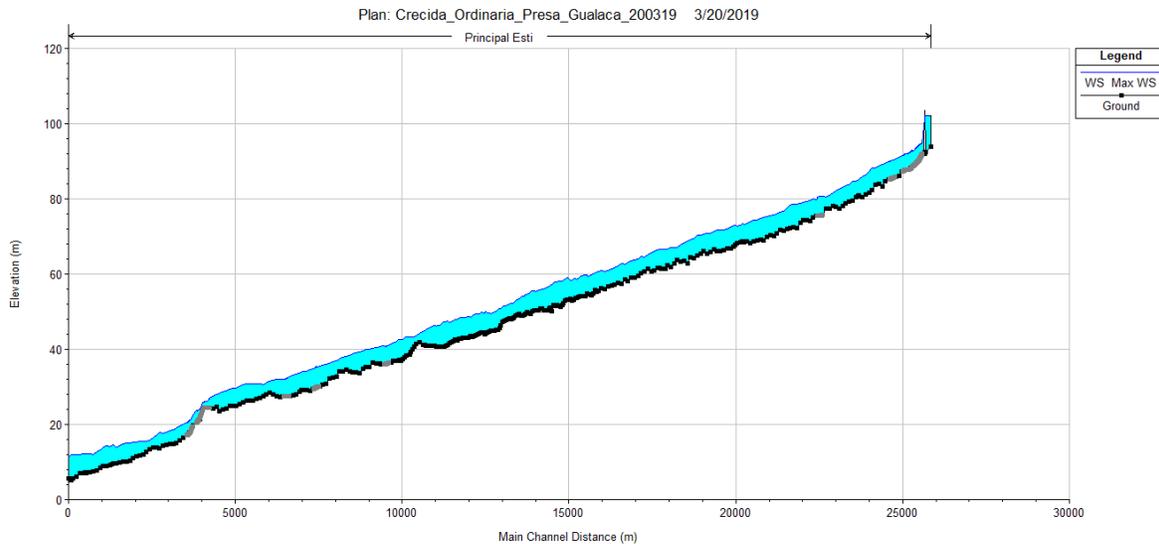


Figura N° 13. Perfil de la Corrida de Crecida Ordinaria en la Presa Gualaca.

La Figura N° 14 muestra los isométricos de los niveles de agua y las secciones transversales, del embalse de Gualaca hasta el Puente sobre el Río Chiriquí en la vía interamericana, la cual es la salida de la modelación hidráulica.

El análisis hidráulico del río determinará las áreas de inundación, la velocidad del agua, los niveles y el tiempo en que transita la crecida aguas abajo de la presa Gualaca para cada una de las situaciones de emergencia.

La elaboración de los mapas de inundación de la CH Gualaca se realizó tomando en cuenta los escenarios listados en las Normas de Seguridad de Presas de ASEP.

Las situaciones de emergencia son analizadas para determinar cuáles aplican a la CH Gualaca.

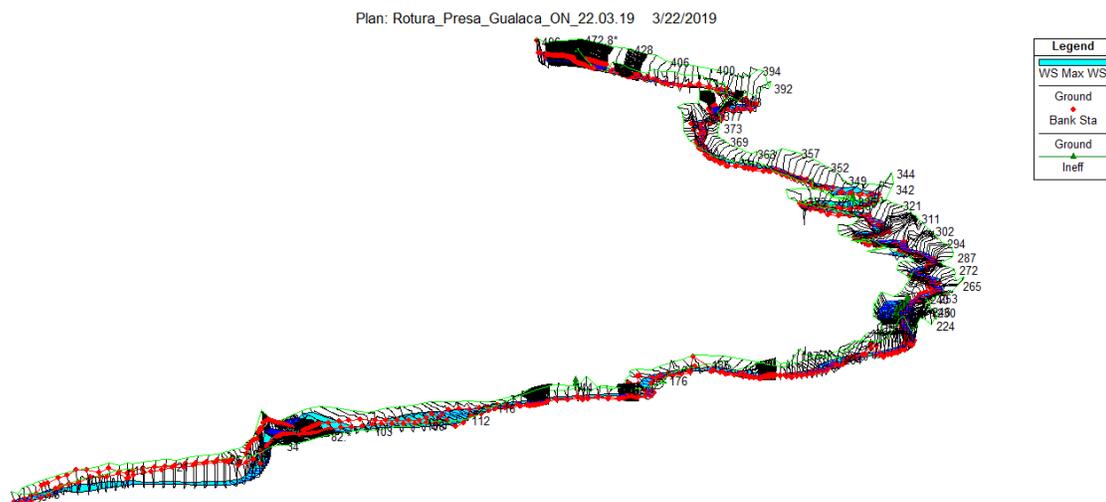


Figura N° 14. Vista en tres dimensiones del modelo de la Presa Gualaca.

4.1 Condiciones de Crecidas Ordinarias y Extraordinarias

Para el análisis de las crecidas ordinaria y extraordinaria se utilizaron los hidrogramas desarrollados por Tractebel Engineering Suez denominado “ESTUDIOS DE CAUDALES MÁXIMOS - PRESA GUALACA – METODO ESTADÍSTICO” en Diciembre de 2008. En la Tabla N° 9 se presentan los caudales máximos instantáneos para las distintas crecidas analizadas.

Tabla N° 9: Descarga para Crecidas de Diseño		
Intervalo de Recurrencia (años)	Caudal (m ³ /s)	Afectaciones
100	1175.0	No se identificaron afectaciones.
1,000	1324.0	No se identificaron afectaciones.

Los escenarios de crecidas ordinarias y extraordinarias no tendrían consecuencias en daños materiales, puentes y vidas humanas, tal como se observa en la Tabla N° 9 Descarga para Crecidas de Diseño.

Resultados de Crecida Ordinarias y Extraordinarias

El análisis hidráulico de las crecidas se ha realizado para periodos de retorno de 1:100 y 1:1000 años donde se comienza con el paso de dichas crecidas por el embalse, el cual dependiendo del volumen o capacidad de almacenamiento crea un efecto de regulación o amortiguamiento de la crecida. Por lo tanto, el caudal pico de la crecida se logra atenuar y el caudal total que se descarga por las estructuras de vertidos, dependiendo de las operaciones realizadas, suele ser mucho menor que el caudal máximo que entra al embalse.

Escenario de Crecida Ordinaria:

Para el análisis hidráulico del escenario de crecidas ordinarias se utilizó el hidrograma de entrada establecido en la Tabla N° 10. A la Crecida de diseño se le suma el caudal de hidrogenación del Río Estí en 118 m³/s.

Tabla N° 10. Hidrograma de entrada con Periodo de Recurrencia 1 en 100 años.

Hora	Caudal	Hora	Caudal	Hora	Caudal
0:00	118	10:00	169	20:00	121.42
0:30	175	10:30	157	20:30	121.36
1:00	328	11:00	150	21:00	121.3
1:30	568	11:30	144	21:30	121.25
2:00	867	12:00	138	22:00	121.19
2:30	1087	12:30	133	22:30	121.13
3:00	1175	13:00	130	23:00	121.07
3:30	1117	13:30	128	23:30	121.01
4:00	982	14:00	126	0:00	120.96
4:30	824	14:30	124	0:30	120.9
5:00	666	15:00	122	1:00	120.84
5:30	550	15:30	121.94	1:30	120.78
6:00	462	16:00	121.88		
6:30	391	16:30	121.83		
7:00	336	17:00	121.77		
7:30	281	17:30	121.71		
8:00	246	18:00	121.65		
8:30	220	18:30	121.59		
9:00	199	19:00	121.54		
9:30	183	19:30	121.48		

A continuación, en la Figura N° 15 se muestra el hidrograma de entrada de Crecida Ordinaria donde se evidencia un caudal máximo de 1175 m³/s.

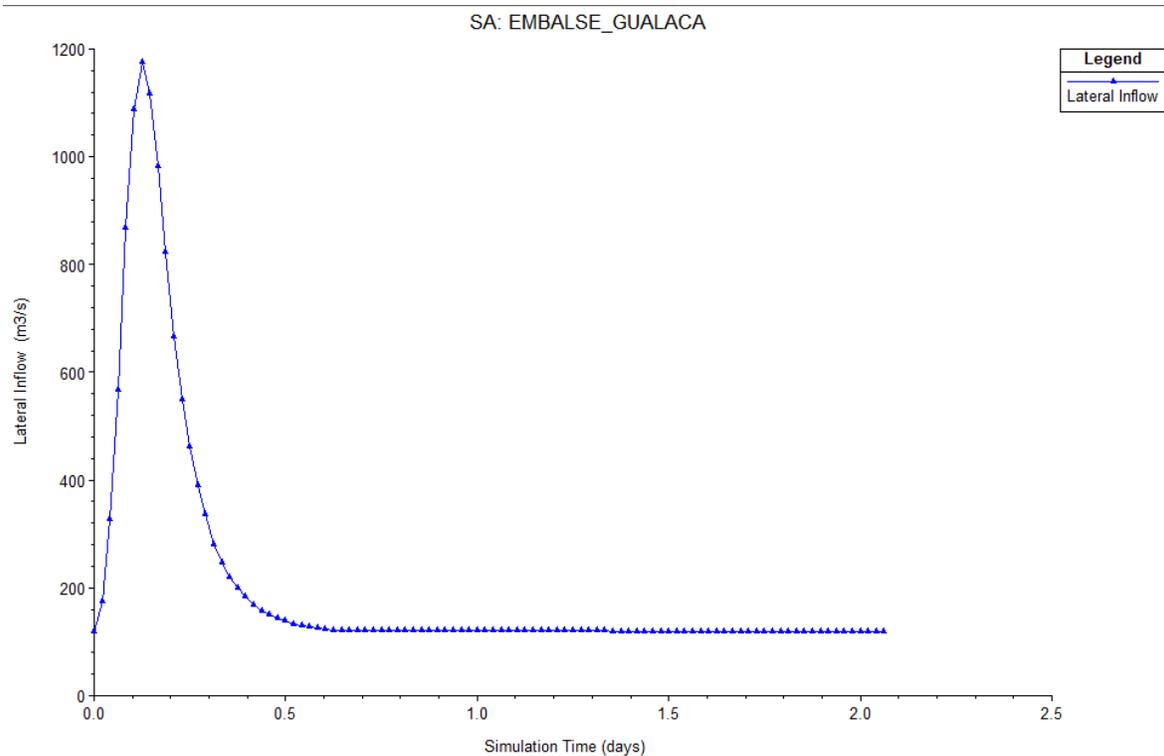


Figura N° 15. Hidrograma de Crecida Ordinaria para un periodo de retorno 1 en 100 años

Los resultados de la modelación para la crecida ordinaria se presentan en la Tabla N° 10.

De acuerdo con la Regla de Operación del Vertedero Controlado de Julio 2010 hecho por Tractebel Engineering GDF Suez pág. 2:

“1. Para el nivel de agua del embalse – $NA_{EMB} \leq 100.00$ msnm –Vertedero controlado no opera”. Por lo tanto las compuertas estarán cerradas para este escenario.

Tabla N° 11 Resumen Hidráulico de la Salida de la Crecida Ordinaria
(Tr=100 años)

Sección	Caudal	Elevación del Nivel de Agua	Velocidad	Tirante	Tiempo	Observación
	(m ³ /s)	(msnm)	(m/s)	(m)	(hrs)	
496	1172.29	102.13	0.51	8.18	0.00	
495	1172.28	102.10	0.84	9.70	0.01	
494	Inl Struct			0	0.01	
493	1172.24	94.89	6.07	2.89	0.02	
492	1172.22	94.57	5.01	3.57	0.04	
484	1172.16	94.22	7.17	3.95	0.05	
483	1172.15	93.74	5.91	3.91	0.05	
482	1172.08	93.33	7.84	4.07	0.06	
472	1171.62	93.01	3.58	4.34	0.07	
471	1171.71	92.54	5.49	4.41	0.07	
470	1171.61	92.25	4.82	4.45	0.08	
450	1171.12	92.05	3.61	4.30	0.08	
430	1171.18	91.49	4.29	4.20	0.09	
429	1171.08	91.05	5.33	4.98	0.10	
428	1170.65	90.62	5.59	4.73	0.11	
418	1160.47	90.35	5.29	4.80	0.11	
408	1169.79	89.88	5.89	4.78	0.12	
407	1169.48	89.50	4.98	4.68	0.13	Elevación del Pte: 92.62 msnm, cumple con el Nivel Máximo de Agua Extraordinario (NAME)
406	1169.58	89.13	5.42	5.90	0.13	
405	1169.49	88.71	6.68	4.68	0.14	
404	1169.40	88.29	4.70	4.55	0.15	
403	1169.39	88.13	4.51	5.87	0.16	
402	1169.35	87.39	9.14	5.74	0.17	
401	1169.18	86.41	7.99	5.19	0.18	
400	1168.61	85.81	6.27	5.31	0.19	
399	1164.82	85.19	7.20	4.29	0.20	
398	1157.76	84.96	3.36	4.17	0.21	
397	1172.38	84.80	5.00	4.28	0.21	
396	1179.49	84.60	2.71	5.01	0.22	
395	1169.51	83.84	5.00	4.43	0.22	
394	1169.08	83.43	5.88	4.69	0.23	
393	1168.91	82.99	6.30	4.80	0.24	
392	1168.76	82.58	5.81	5.11	0.25	
391	1168.60	82.13	5.41	4.24	0.25	
390	1168.09	81.56	5.47	3.39	0.26	
389	1166.67	80.94	5.15	3.44	0.26	
388	1165.78	80.55	3.71	3.07	0.27	
387	1166.12	80.67	2.43	4.89	0.27	
386	1166.22	80.71	1.98	5.23	0.28	

Sección	Caudal	Elevación del Nivel de Agua	Velocidad	Tirante	Tiempo	Observación
	(m3/s)	(msnm)	(m/s)	(m)	(hrs)	
385	1165.95	79.82	4.67	4.24	0.28	
384	1165.81	80.11	3.08	5.16	0.29	
383	1165.41	79.64	4.45	5.55	0.29	
382	1164.58	79.34	5.47	5.01	0.30	
381	1162.94	79.07	3.45	4.80	0.31	
380	1149.59	78.92	3.57	5.23	0.32	
379	1154.59	78.51	4.70	6.18	0.33	
378	1204.14	78.62	2.45	6.11	0.33	
377	1181.18	78.30	7.27	5.98	0.34	
376	1173.03	77.54	9.60	5.55	0.35	
375	1170.83	76.78	6.78	5.17	0.35	
374	1156.37	76.37	4.66	4.69	0.36	
373	1145.19	76.09	5.89	5.18	0.37	
372	1115.88	75.78	5.75	5.57	0.38	
371	1215.36	75.61	4.77	5.36	0.38	
370	1187.70	75.31	5.93	5.52	0.39	
369	1171.94	74.98	5.99	5.98	0.40	
368	1163.11	74.91	5.61	5.84	0.42	
367	1165.00	74.39	6.57	5.36	0.45	
366	1164.89	74.27	6.19	5.67	0.48	
365	1164.88	73.87	6.94	5.58	0.50	
364	1164.82	73.51	6.39	4.81	0.52	
363	1164.68	73.14	5.87	4.67	0.53	
362	1178.40	73.36	4.67	4.77	0.53	
361	1176.58	72.93	5.33	4.38	0.54	
360	1153.79	72.65	5.42	4.32	0.55	
359	1196.93	72.94	3.51	5.24	0.55	
358	1181.66	72.85	3.20	5.49	0.56	
357	1178.03	72.45	4.05	5.53	0.57	
356	1177.49	72.05	4.56	5.12	0.57	
355	1177.07	71.74	4.73	5.31	0.58	
354	1176.91	71.78	4.12	5.73	0.58	
353	1174.36	71.80	3.62	5.71	0.59	
352	1170.72	71.18	4.95	4.67	0.59	
351	1142.99	70.86	5.39	4.92	0.60	
350	1203.77	70.78	3.99	5.26	0.60	
349	1200.63	70.47	5.24	4.26	0.61	
348	1197.31	70.27	2.60	4.78	0.61	
347	1181.95	70.28	1.97	5.26	0.62	
346	1177.51	69.50	6.17	5.37	0.62	
345	1176.40	69.15	6.18	4.72	0.63	
344	1175.41	68.70	5.89	5.88	0.63	
343	1175.39	68.22	6.73	4.62	0.64	

Sección	Caudal	Elevación del Nivel de Agua	Velocidad	Tirante	Tiempo	Observación
	(m ³ /s)	(msnm)	(m/s)	(m)	(hrs)	
342	1174.86	67.66	6.99	4.39	0.65	
341	1170.22	67.16	4.79	3.49	0.65	
340	1165.62	67.14	3.68	4.24	0.66	
339	1110.75	66.97	3.87	4.99	0.66	
338	1149.03	66.68	5.51	4.34	0.67	
337	1273.57	66.70	2.92	5.32	0.68	
336	1187.89	66.54	2.92	5.12	0.68	
335	1128.93	66.61	1.98	5.14	0.69	
334	1237.60	66.47	5.25	4.87	0.70	
333	1261.91	66.43	1.21	4.81	0.70	
332	1220.94	66.14	7.92	5.18	0.71	
331	1212.66	65.53	5.82	4.83	0.72	
330	1204.02	65.14	3.75	3.78	0.72	
329	1202.77	64.55	5.37	3.91	0.73	
328	1201.47	64.61	3.69	4.31	0.74	
327	1198.89	64.11	4.90	4.65	0.74	
326	1198.92	63.83	5.47	4.70	0.75	
325	1195.49	63.58	5.33	4.61	0.75	
324	1191.12	63.10	7.54	4.88	0.75	
323	1168.29	62.60	5.50	3.93	0.76	
322	1213.67	62.71	3.20	5.27	0.76	
321	1195.79	62.13	5.21	4.59	0.76	
320	1191.73	61.74	7.21	4.54	0.77	
319	1183.09	61.31	5.99	4.44	0.77	
318	1153.02	60.93	6.56	4.23	0.77	
317	1219.63	60.73	4.15	4.75	0.77	
316	1196.74	61.00	2.53	4.67	0.78	
315	1193.24	60.75	6.96	5.22	0.78	
314	1187.65	60.49	7.52	5.25	0.79	
313	1182.03	60.20	6.66	4.40	0.79	
312	1161.00	59.94	5.80	5.00	0.79	
311	1137.36	59.68	6.95	5.25	0.80	
310	1085.69	59.50	5.81	4.96	0.81	
309	991.56	59.40	3.78	4.83	0.82	
308	1229.98	59.70	2.14	4.87	0.82	
307	1203.74	59.70	1.56	5.53	0.83	
306	1190.74	59.55	2.58	5.44	0.83	
305	1187.11	59.22	3.54	5.21	0.84	
304	1385.66	58.80	6.27	4.92	0.85	
303	1277.74	58.66	5.98	5.02	0.85	
302	1195.21	58.75	4.11	5.11	0.85	
301	1193.38	58.75	3.75	5.48	0.86	
300	1338.33	58.46	6.33	5.48	0.86	

Sección	Caudal	Elevación del Nivel de Agua	Velocidad	Tirante	Tiempo	Observación
	(m ³ /s)	(msnm)	(m/s)	(m)	(hrs)	
299	1300.57	58.31	5.38	5.01	0.86	
298	1228.58	58.77	3.44	5.49	0.87	
297	1245.71	58.94	2.48	5.79	0.87	
296	1238.02	58.62	3.69	5.68	0.87	
295	1232.22	58.29	4.82	6.10	0.87	
294	1243.67	58.19	4.89	6.54	0.88	
293	1241.04	58.11	4.88	6.86	0.88	
292	1240.86	58.08	4.53	6.58	0.88	
291	1239.79	57.86	4.79	6.07	0.88	
290	1238.19	57.92	4.33	6.40	0.89	
289	1224.13	57.70	4.68	6.04	0.89	
288	1232.69	57.19	6.28	6.97	0.89	
287	1228.07	57.00	7.43	5.99	0.89	
286	1221.40	56.71	7.91	5.94	0.90	
285	1209.54	56.38	7.76	5.98	0.90	
284	1183.26	56.15	6.71	5.88	0.90	
283	1271.65	56.08	5.85	5.74	0.91	
282	1248.80	55.96	5.62	5.21	0.91	
281	1218.48	55.82	5.63	4.90	0.91	
280	1200.58	55.68	6.02	5.26	0.92	
279	1178.94	55.52	6.78	5.23	0.92	
278	1137.99	55.38	4.65	5.03	0.92	
277	1235.19	55.44	3.51	4.99	0.93	
276	1240.99	55.48	3.20	5.43	0.93	
275	1235.26	55.34	3.56	5.95	0.93	
274	1223.41	54.83	4.88	5.18	0.93	
273	1213.20	54.56	5.82	4.76	0.94	
272	1235.28	54.68	4.42	5.19	0.94	
271	1214.71	54.22	5.44	5.02	0.95	
270	1214.06	54.00	5.63	5.02	0.95	
269	1213.66	53.82	6.45	4.79	0.96	
268	1213.04	53.51	8.51	4.18	0.96	
267	1212.29	53.19	6.40	4.10	0.97	
266	1211.62	52.93	6.85	4.09	0.98	
265	1210.60	52.52	9.11	4.05	0.98	
264	1193.86	52.15	4.68	3.80	0.98	
263	1293.82	52.19	3.57	4.08	0.99	
262	1293.67	51.92	3.94	3.70	0.99	
261	1293.57	51.87	3.65	3.82	0.99	
260	1293.37	51.59	4.09	3.85	0.99	
259	1293.26	51.57	3.74	4.10	0.99	No afecta a la población de Matarica
258	1293.25	51.21	4.48	4.03	1.00	
257	1293.33	50.88	5.11	4.54	1.00	

Sección	Caudal	Elevación del Nivel de Agua	Velocidad	Tirante	Tiempo	Observación
	(m ³ /s)	(m)	(m/s)	(m)	(hrs)	
256	1293.24	50.71	5.95	5.08	1.00	No afecta a la población de Matarica
255	1293.15	50.47	7.99	5.24	1.01	
254	1293.05	50.19	7.65	5.04	1.01	
253	1292.97	49.93	7.19	4.94	1.01	
252	1292.92	49.71	6.40	4.80	1.02	
251	1292.90	49.53	5.66	4.69	1.02	
250	1292.80	49.56	5.10	4.79	1.02	
249	1291.80	49.62	4.51	5.10	1.03	
248	1291.97	50.05	2.54	5.79	1.03	
247	1290.51	49.75	3.76	5.69	1.03	
246	1288.81	49.70	3.84	5.20	1.03	
245	1288.17	49.92	2.69	5.36	1.04	
244	1286.67	49.41	4.53	5.17	1.04	
243	1285.32	49.36	4.40	5.45	1.04	
242	1284.77	49.37	4.15	5.53	1.05	
241	1292.77	49.09	4.75	5.66	1.05	
240	1292.77	48.85	5.28	5.45	1.05	
239	1292.72	48.52	5.89	4.94	1.06	
238	1292.67	48.70	4.94	5.46	1.06	
237	1292.60	48.68	4.76	5.57	1.07	
236	1265.01	48.50	4.92	5.40	1.07	
235	1264.48	48.55	4.57	5.54	1.07	
234	1263.88	48.47	4.55	5.45	1.07	
233	1263.16	48.43	4.47	5.51	1.08	
232	1290.87	48.12	5.28	5.41	1.08	
231	1290.59	47.99	6.92	5.69	1.08	
230	1290.35	47.84	6.11	5.36	1.09	
229	1290.19	48.10	4.96	5.60	1.09	
228	1292.86	47.50	6.99	5.44	1.09	
227	1292.83	47.32	6.43	5.53	1.09	
226	1289.89	47.16	6.54	5.47	1.09	
225	1288.09	47.49	5.03	6.26	1.10	
224	1278.69	47.38	4.94	6.49	1.10	
223	1276.97	47.29	4.88	6.57	1.10	
222	1270.09	47.01	5.31	6.30	1.11	
221	1293.74	46.66	7.15	5.98	1.11	
220	1289.35	46.46	8.21	5.83	1.12	
219	1283.91	46.26	6.77	5.47	1.12	
218	1302.01	46.13	6.26	5.35	1.13	
217	1297.16	46.35	5.24	5.44	1.13	
216	1294.53	46.01	5.88	5.17	1.14	
215	1293.74	45.78	6.01	4.86	1.14	
214	1293.51	45.59	6.20	4.58	1.14	

Sección	Caudal	Elevación del Nivel de Agua	Velocidad	Tirante	Tiempo	Observación
	(m ³ /s)	(m)	(m/s)	(m)	(hrs)	
213	1292.16	45.09	6.27	4.05	1.15	
212	1290.19	44.84	4.79	3.75	1.15	
211	1295.22	44.72	4.08	3.50	1.15	
210	1290.96	44.22	4.52	2.36	1.16	
209	1288.03	43.61	4.61	2.27	1.16	
208	1295.86	43.33	4.08	2.58	1.18	
207	1291.59	43.27	3.50	3.32	1.19	
206	1291.08	43.36	2.62	4.09	1.20	
205	1290.96	43.34	2.52	4.67	1.20	
204	1291.01	43.24	2.45	4.86	1.20	
203	1290.89	43.02	3.10	5.25	1.21	
202	1290.83	42.63	4.04	5.27	1.21	
201	1290.87	42.61	3.99	5.70	1.21	
200	1290.87	42.54	4.01	5.44	1.21	
199	1290.86	42.29	4.41	5.39	1.22	
198	1290.86	41.92	5.20	4.99	1.23	
197	1290.87	41.80	5.27	4.81	1.24	
196	1290.86	41.64	6.39	4.70	1.24	
195	1290.85	41.43	6.50	4.93	1.25	
194	1290.84	41.21	6.11	4.73	1.25	
193	1290.82	40.80	5.92	4.68	1.26	
192	1290.65	41.03	4.77	4.98	1.27	
191	1290.65	41.00	4.69	5.01	1.27	
190	1290.60	40.75	5.04	4.70	1.28	
189	1290.38	40.65	4.78	4.53	1.29	
188	1290.09	40.56	4.46	4.34	1.29	
187	1290.28	40.41	4.65	4.11	1.30	
186	1289.53	40.17	4.70	3.67	1.31	
185	1289.00	39.98	5.11	4.59	1.32	
184	1287.91	39.99	3.93	4.72	1.32	
183	1277.61	39.58	3.89	4.87	1.33	
182	1297.12	39.25	6.20	5.49	1.33	
181	1294.73	39.02	4.49	5.24	1.34	Elevación del Pte: 45.25 msnm, cumple con el Nivel Máximo de Agua Extraordinario (NAME) No afecta la población de Veladero
180	1289.34	38.72	4.70	4.87	1.34	
179	1289.01	38.38	5.26	4.20	1.35	
178	1288.66	38.09	5.15	3.49	1.37	
177	1288.27	37.90	4.11	3.74	1.37	
176	1288.28	37.46	4.63	3.43	1.38	
175	1288.26	37.02	4.74	4.38	1.39	
174	1288.11	36.59	4.88	4.20	1.40	
173	1287.90	36.27	4.87	4.15	1.41	

Sección	Caudal	Elevación del Nivel de Agua	Velocidad	Tirante	Tiempo	Observación
	(m ³ /s)	(m)	(m/s)	(m)	(hrs)	
172	1287.82	36.04	4.36	5.17	1.41	
171	1287.13	35.85	4.55	5.26	1.42	
170	1286.82	35.55	6.22	5.36	1.42	
160	1286.52	35.47	4.87	5.55	1.43	
150	1291.87	34.80	7.47	5.36	1.44	
149	1290.70	34.48	5.22	5.48	1.46	
148	1291.14	34.08	5.79	4.88	1.47	
147	1289.19	34.01	4.78	4.76	1.47	
146	1289.54	33.84	4.92	4.60	1.48	
145	1289.19	33.69	6.09	4.88	1.49	
144	1288.15	33.37	5.48	5.33	1.49	
143	1287.90	33.14	4.92	5.45	1.50	
142	1288.03	32.77	5.21	5.21	1.51	
132	1288.38	32.25	5.95	4.72	1.51	
122	1288.40	31.91	6.08	4.49	1.52	
121	1288.36	32.01	4.23	4.70	1.53	
120	1287.92	31.96	3.90	4.33	1.53	
119	1288.09	31.74	3.93	3.68	1.54	
118	1287.31	31.42	4.67	2.92	1.54	
117	1278.49	30.99	4.22	2.88	1.55	
116	1290.55	30.68	3.41	3.13	1.55	
115	1278.52	30.76	2.23	3.67	1.56	
114	1282.49	30.82	1.50	4.02	1.56	
113	1281.89	30.85	1.06	4.58	1.57	
112	1282.11	30.85	0.88	4.43	1.57	
111	1281.82	30.83	1.03	4.42	1.58	
110	1281.53	30.58	2.58	4.70	1.58	
109	1249.69	30.08	3.96	4.68	1.59	
108	1281.34	29.67	4.69	4.80	1.59	
107	1244.10	29.62	3.45	4.77	1.60	
106	1202.03	29.48	3.21	4.59	1.61	
105	1282.29	29.04	5.31	4.78	1.61	
104	1255.67	28.62	4.97	4.72	1.62	
103	1313.21	28.28	4.06	4.72	1.62	
102	1292.44	27.91	4.15	3.32	1.62	
101	1284.09	27.61	2.72	3.29	1.63	
100	1281.46	27.03	5.67	2.67	1.64	
90	1280.79	26.20	2.52	1.81	1.64	
80	1280.68	25.90	2.04	1.47	1.65	
70	1280.65	24.11	3.21	2.63	1.66	
60	1280.39	23.72	2.08	3.26	1.66	
59	1280.64	22.66	8.22	2.88	1.67	
49	1277.95	21.10	6.64	3.31	1.68	

Sección	Caudal	Elevación del Nivel de Agua	Velocidad	Tirante	Tiempo	Observación
	(m ³ /s)	(m)	(m/s)	(m)	(hrs)	
39	1296.96	20.47	4.36	3.41	1.69	
38	1281.40	20.06	4.58	3.69	1.70	
37	1280.83	19.55	6.29	3.86	1.71	
36	1280.57	19.02	5.18	3.91	1.72	
35	1280.19	18.68	4.99	3.80	1.73	
34	1278.98	18.25	5.17	3.52	1.73	
33	1281.91	17.84	4.52	3.20	1.74	
32	1280.03	17.74	3.75	3.28	1.74	
31	1280.05	17.86	2.88	4.15	1.75	
30	1280.12	17.19	4.62	3.34	1.75	
29	1279.39	16.56	6.16	2.72	1.76	
28	1278.18	15.87	4.86	2.56	1.77	
27	1277.42	15.51	3.37	2.84	1.77	
26	1277.71	15.61	2.54	3.54	1.77	
25	1277.62	15.47	2.75	3.66	1.78	
24	1277.54	15.38	2.73	3.89	1.78	
23	1277.47	15.25	2.89	4.20	1.79	
22	1277.34	15.03	3.27	4.56	1.79	
21	1277.33	14.97	3.16	4.75	1.80	
20	1277.22	14.76	3.47	4.71	1.80	
19	1276.91	14.43	3.96	4.55	1.81	
18	1276.32	14.00	4.56	4.28	1.81	
17	1276.68	14.49	2.47	4.93	1.82	
16	1276.67	14.43	2.56	5.03	1.82	
15	1276.50	14.20	3.15	4.94	1.83	
14	1276.60	14.29	2.45	5.35	1.83	
13	1276.52	13.97	3.25	5.07	1.84	
12	1276.47	13.25	4.81	4.88	1.85	
11	1276.14	12.63	7.05	4.76	1.85	
10	1275.76	12.00	4.98	4.37	1.86	No se afecta cantera en lado izquierdo
9	1275.09	12.15	3.45	4.86	1.86	
8	1275.30	12.30	2.46	5.23	1.86	
7	1275.24	12.16	2.85	4.97	1.87	
6	1275.23	12.16	2.68	5.12	1.87	
5	1275.23	12.11	2.56	5.03	1.87	
4	1275.25	12.12	2.30	6.01	1.87	
3	1275.25	12.04	2.43	6.35	1.87	
2	1275.24	12.02	2.49	6.90	1.88	
1	1275.24	11.38	5.61	5.83	1.95	

Escenario de Crecidas Extraordinaria

En el escenario de las crecida extraordinaria (TR= 1: 1000) se utilizó el hidrograma de entrada establecido en la Tabla N° 11

Tabla N° 12 Hidrograma de entrada con Periodo de Recurrencia 1 en 1000 años.

Hora	Caudal	Hora	Caudal
0:00	118	13:30	245
0:30	136	14:00	236
1:00	208	14:30	208
1:30	311	15:00	182
2:00	456	15:30	161
2:30	637	16:00	149
3:00	842	16:30	140
3:30	1047	17:00	132
4:00	1119	17:30	129
4:30	1191	18:00	125
5:00	1288	18:30	123
5:30	1324	19:00	122.92
6:00	1300	19:30	122.84
6:30	1228	20:00	122.76
7:00	1179	20:30	122.68
7:30	1131	21:00	122.6
8:00	1023	21:30	122.52
8:30	914	22:00	122.44
9:00	793	22:30	122.35
9:30	661	23:00	122.27
10:00	625	23:30	122.19
10:30	504	0:00	122.11
11:00	407	0:30	122.03
11:30	383	1:00	121.95
12:00	335	1:30	121.87
12:30	299		
13:00	275		

A continuación, en la Figura N° 16 se muestra el hidrograma de entrada de crecida extraordinaria donde se evidencia un caudal máximo de 1324 m³/s.

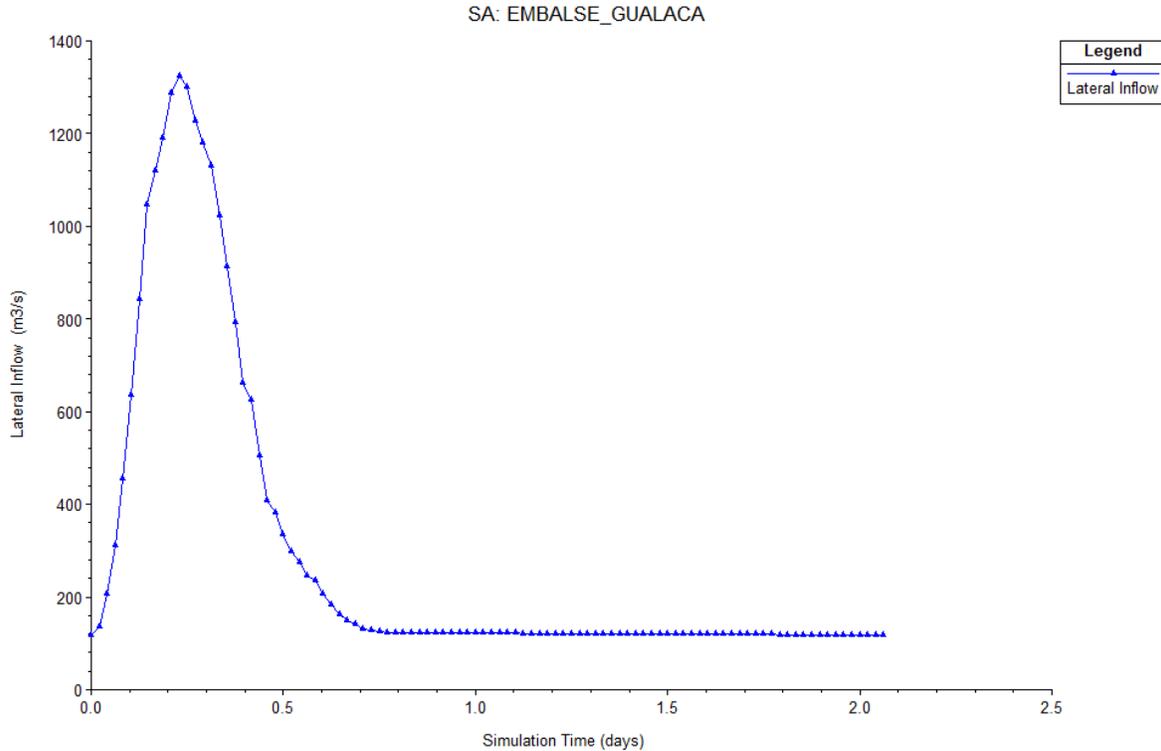


Figura N° 16. Hidrograma de Crecida Extraordinaria para un periodo de retorno 1 en 1000 años

Los resultados de la modelación para el primer escenario para la crecida extraordinaria se presentan en la Tabla N° 12

De acuerdo con la Regla de Operación del Vertedero Controlado de Julio 2010 hecho por Tractebel Engineering GDF Suez pág. 2:

Para $NA_{EMB} > 102.10$ msnm – Operación del vertedero controlado en apertura total. Por lo tanto se introdujo una altura de 10.50 metros, que es la altura donde la compuerta está abierta en su totalidad.

Tabla N° 13 Resumen Hidráulico de la Salida de la Crecida Extraordinaria (Tr=1000 años)

Sección	Caudal	Elevación del Nivel de Agua	Velocidad	Tirante	Tiempo	Observación
	(m ³ /s)	(msnm)	(m/s)	(m)	(hrs)	
496	387.42	103.62	0.14	9.67	0	
495	1320.62	102.39	0.91	9.99	0.01	
494	Inl Struct			0	0.01	
493	1320.63	95.10	6.18	3.10	0.02	
492	1320.60	94.78	5.24	3.78	0.03	
484	1320.57	94.43	7.44	4.16	0.04	
483	1320.53	93.96	6.20	4.13	0.05	
482	1320.49	93.54	8.16	4.28	0.05	
472	1320.26	93.23	3.78	4.56	0.06	
471	1320.21	92.78	5.55	4.65	0.07	
470	1319.66	92.48	4.87	4.68	0.07	
450	1319.08	92.25	3.74	4.50	0.08	
430	1318.95	91.70	4.35	4.41	0.09	
429	1318.32	91.28	5.51	5.21	0.09	
428	1318.26	90.87	5.73	4.98	0.10	
418	1316.11	90.71	5.32	5.16	0.11	
408	1317.42	90.14	6.06	5.04	0.11	
407	1316.85	89.78	5.09	4.96	0.12	Elevación del Pte: 92.62 msnm, cumple con el Nivel Máximo de Agua Extraordinario (NAME)
406	1317.14	89.40	5.59	6.17	0.13	
405	1316.81	88.99	6.91	4.96	0.14	
404	1316.78	88.59	4.85	4.85	0.14	
403	1316.74	88.41	4.73	6.15	0.15	
402	1316.72	87.67	9.43	6.02	0.16	
401	1316.70	86.66	8.42	5.44	0.17	
400	1316.67	86.02	6.65	5.52	0.18	
399	1316.43	85.38	7.64	4.48	0.19	
398	1316.40	85.15	3.61	4.36	0.20	
397	1316.37	85.00	5.24	4.48	0.21	
396	1316.09	84.77	2.91	5.18	0.21	
395	1316.08	84.06	5.25	4.65	0.22	
394	1316.07	83.64	6.16	4.90	0.22	
393	1316.05	83.19	6.76	5.00	0.23	
392	1316.01	82.75	6.21	5.28	0.24	
391	1315.76	82.28	5.60	4.39	0.24	
390	1314.83	81.72	5.49	3.55	0.25	
389	1314.18	81.17	4.96	3.67	0.25	
388	1313.60	80.85	3.72	3.37	0.26	
387	1313.88	80.96	2.49	5.18	0.26	
386	1313.86	81.00	2.08	5.52	0.27	
385	1313.44	80.04	4.91	4.46	0.27	

Sección	Caudal	Elevación del Nivel de Agua	Velocidad	Tirante	Tiempo	Observación
	(m ³ /s)	(msnm)	(m/s)	(m)	(hrs)	
384	1313.33	80.34	3.28	5.39	0.28	
383	1312.93	79.89	4.56	5.80	0.28	
382	1309.27	79.60	5.58	5.27	0.29	
381	1308.03	79.34	3.63	5.07	0.30	
380	1307.10	79.14	3.87	5.45	0.31	
379	1289.58	78.97	4.55	6.64	0.31	
378	1369.04	78.93	2.63	6.42	0.32	
377	1355.84	78.60	7.67	6.28	0.33	
376	1349.99	77.82	10.26	5.83	0.34	
375	1296.18	77.04	6.94	5.43	0.34	
374	1294.09	76.63	4.87	4.95	0.35	
373	1276.77	76.36	6.12	5.45	0.35	
372	1262.75	76.05	6.11	5.84	0.36	
371	1374.17	75.94	4.97	5.69	0.37	
370	1360.57	75.64	6.19	5.85	0.38	
369	1350.41	75.31	6.40	6.31	0.39	
368	1339.22	75.23	6.00	6.16	0.40	
367	1335.66	74.72	6.99	5.69	0.43	
366	1324.82	74.55	6.56	5.95	0.46	
365	1317.62	74.17	7.22	5.88	0.49	
364	1308.85	73.81	6.57	5.11	0.50	
363	1295.95	73.47	5.95	5.00	0.51	
362	1317.79	73.61	4.89	5.02	0.52	
361	1300.18	73.23	5.43	4.68	0.52	
360	1276.69	73.01	5.37	4.68	0.53	
359	1379.83	73.27	3.72	5.57	0.54	
358	1366.99	73.18	3.37	5.82	0.55	
357	1349.39	72.73	4.28	5.81	0.55	
356	1340.31	72.27	4.88	5.34	0.56	
355	1336.28	71.94	5.09	5.51	0.56	
354	1332.75	71.93	4.49	5.88	0.57	
353	1310.74	71.95	3.88	5.86	0.57	
352	1326.01	71.42	5.25	4.91	0.58	
351	1301.21	71.15	5.67	5.21	0.58	
350	1367.35	71.00	4.29	5.48	0.58	
349	1331.83	70.72	5.36	4.51	0.59	
348	1355.84	70.54	2.65	5.05	0.60	
347	1339.97	70.55	2.02	5.53	0.60	
346	1332.15	69.74	6.51	5.61	0.61	
345	1330.96	69.37	6.53	4.94	0.61	
344	1329.89	68.93	6.09	6.11	0.62	
343	1328.96	68.44	7.15	4.84	0.62	
342	1318.81	67.87	7.27	4.60	0.63	

Sección	Caudal	Elevación del Nivel de Agua	Velocidad	Tirante	Tiempo	Observación
	(m ³ /s)	(msnm)	(m/s)	(m)	(hrs)	
341	1317.27	67.39	4.71	3.72	0.64	
340	1312.47	67.38	3.70	4.48	0.64	
339	1301.86	67.20	4.11	5.22	0.65	
338	1295.75	66.97	5.53	4.63	0.65	
337	1376.02	66.95	2.96	5.57	0.66	
336	1334.32	66.81	3.06	5.39	0.67	
335	1303.69	66.87	2.10	5.40	0.67	
334	1344.85	66.68	5.37	5.08	0.68	
333	1347.42	66.64	1.24	5.02	0.68	
332	1343.47	66.36	8.17	5.40	0.69	
331	1342.06	65.75	5.91	5.05	0.70	
330	1339.92	65.37	3.80	4.01	0.71	
329	1337.44	64.74	5.61	4.10	0.72	
328	1335.43	64.81	3.86	4.51	0.72	
327	1331.99	64.31	5.10	4.85	0.73	
326	1319.48	64.05	5.60	4.92	0.73	
325	1355.24	63.79	5.49	4.82	0.73	
324	1299.06	63.36	7.50	5.14	0.74	
323	1275.57	62.92	5.40	4.25	0.74	
322	1383.74	63.01	3.35	5.57	0.74	
321	1363.12	62.37	5.40	4.83	0.75	
320	1352.38	61.99	7.32	4.79	0.75	
319	1344.03	61.56	6.40	4.69	0.75	
318	1324.36	61.15	7.03	4.45	0.76	
317	1322.74	60.85	4.35	4.87	0.76	
316	1320.86	61.20	2.62	4.87	0.76	
315	1316.37	60.95	7.20	5.42	0.76	
314	1305.19	60.69	7.79	5.45	0.77	
313	1299.79	60.41	6.84	4.61	0.77	
312	1289.57	60.16	5.96	5.22	0.78	
311	1274.05	59.93	7.28	5.50	0.78	
310	1241.73	59.78	6.11	5.24	0.80	
309	1156.44	59.66	4.00	5.09	0.80	
308	1441.75	59.84	2.41	5.01	0.81	
307	1394.08	59.84	1.75	5.67	0.81	
306	1328.32	59.63	2.81	5.52	0.82	
305	1320.50	59.24	3.91	5.23	0.82	
304	1356.10	59.02	5.88	5.14	0.83	
303	1347.93	58.89	5.87	5.25	0.83	
302	1336.14	59.08	4.16	5.44	0.84	
301	1328.27	58.99	4.01	5.72	0.84	
300	1339.08	58.56	6.19	5.58	0.84	
299	1354.76	58.57	5.24	5.27	0.85	

Sección	Caudal	Elevación del Nivel de Agua	Velocidad	Tirante	Tiempo	Observación
	(m ³ /s)	(msnm)	(m/s)	(m)	(hrs)	
298	1351.93	59.08	3.40	5.80	0.85	
297	1346.81	59.21	2.48	6.06	0.85	
296	1342.50	58.89	3.74	5.95	0.85	
295	1335.12	58.57	4.85	6.38	0.86	
294	1334.91	58.39	5.09	6.74	0.86	
293	1334.54	58.31	5.07	7.06	0.86	
292	1333.97	58.28	4.70	6.78	0.86	
291	1332.93	58.07	4.91	6.28	0.86	
290	1331.35	58.14	4.42	6.62	0.87	
289	1329.59	57.92	4.84	6.26	0.87	
288	1326.95	57.39	6.47	7.17	0.87	
287	1323.70	57.20	7.62	6.19	0.87	
286	1319.71	56.93	8.07	6.16	0.88	
285	1314.05	56.61	7.94	6.21	0.88	
284	1305.06	56.38	7.00	6.11	0.88	
283	1297.46	56.24	5.78	5.90	0.89	
282	1374.12	56.17	5.79	5.42	0.89	
281	1299.80	56.05	5.63	5.13	0.89	
280	1293.15	55.92	6.01	5.50	0.89	
279	1281.56	55.77	6.86	5.48	0.90	
278	1263.64	55.63	4.77	5.28	0.90	
277	1398.30	55.70	3.70	5.25	0.90	
276	1378.89	55.72	3.35	5.67	0.91	
275	1367.37	55.54	3.77	6.15	0.91	
274	1362.54	54.95	5.27	5.30	0.91	
273	1317.20	54.81	5.92	5.01	0.92	
272	1372.06	54.79	4.77	5.30	0.92	
271	1362.92	54.39	5.81	5.19	0.93	
270	1360.83	54.21	5.96	5.23	0.93	
269	1357.61	54.01	6.79	4.98	0.94	
268	1354.26	53.69	8.97	4.36	0.94	
267	1351.30	53.36	6.70	4.27	0.95	
266	1349.16	53.10	7.20	4.26	0.95	
265	1347.54	52.68	9.57	4.21	0.96	
264	1345.55	52.28	5.05	3.93	0.96	
263	1443.56	52.33	3.76	4.22	0.96	
262	1441.61	52.05	4.15	3.83	0.97	
261	1440.13	51.97	3.91	3.92	0.97	
260	1380.63	51.68	4.21	3.94	0.97	
259	1332.22	51.64	3.76	4.17	0.97	
258	1386.61	51.33	4.62	4.15	0.97	No afecta a la población de Matarica
257	1440.53	51.11	5.32	4.77	0.98	
256	1439.54	50.94	6.21	5.31	0.98	

Sección	Caudal	Elevación del Nivel de Agua	Velocidad	Tirante	Tiempo	Observación
	(m ³ /s)	(m)	(m/s)	(m)	(hrs)	
255	1438.24	50.70	8.33	5.47	0.98	No afecta a la población de Matarica
254	1436.74	50.42	8.00	5.27	0.99	
253	1425.47	50.15	7.45	5.16	0.99	
252	1416.42	49.93	6.57	5.02	0.99	
251	1399.89	49.76	5.74	4.92	1.00	
250	1436.81	49.74	5.40	4.97	1.00	
249	1432.19	49.81	4.75	5.29	1.00	
248	1429.77	50.29	2.57	6.03	1.01	
247	1427.43	49.96	3.93	5.90	1.01	
246	1425.25	49.93	3.96	5.43	1.01	
245	1423.38	50.16	2.72	5.60	1.01	
244	1421.85	49.60	4.76	5.36	1.01	
243	1420.25	49.54	4.64	5.63	1.02	
242	1416.72	49.62	4.20	5.78	1.02	
241	1389.17	49.31	4.82	5.88	1.02	
240	1397.71	49.05	5.43	5.65	1.03	
239	1470.76	48.82	6.22	5.24	1.03	
238	1422.58	48.97	5.12	5.73	1.04	
237	1418.66	48.93	4.95	5.82	1.04	
236	1415.33	48.75	5.21	5.65	1.04	
235	1425.15	48.81	4.86	5.80	1.05	
234	1423.85	48.72	4.86	5.70	1.05	
233	1422.44	48.67	4.78	5.75	1.05	
232	1446.10	48.41	5.53	5.70	1.06	
231	1445.76	48.27	7.25	5.97	1.06	
230	1445.50	48.12	6.43	5.64	1.06	
229	1445.24	48.40	5.24	5.90	1.06	
228	1444.89	47.81	7.31	5.75	1.06	
227	1444.55	47.63	6.69	5.84	1.07	
226	1444.22	47.46	6.87	5.77	1.07	
225	1443.82	47.77	5.36	6.54	1.07	
224	1438.86	47.63	5.30	6.74	1.08	
223	1438.29	47.54	5.22	6.82	1.08	
222	1419.66	47.17	5.76	6.46	1.08	
221	1442.11	46.93	7.56	6.25	1.09	
220	1441.92	46.72	8.70	6.09	1.09	
219	1441.77	46.51	7.23	5.72	1.10	
218	1441.63	46.34	6.63	5.56	1.10	
217	1434.49	46.49	5.63	5.58	1.11	
216	1441.38	46.16	6.32	5.32	1.11	
215	1438.57	45.98	6.38	5.06	1.12	
214	1438.28	45.77	6.58	4.76	1.12	
213	1434.62	45.26	6.36	4.22	1.12	

Sección	Caudal	Elevación del Nivel de Agua	Velocidad	Tirante	Tiempo	Observación
	(m ³ /s)	(m)	(m/s)	(m)	(hrs)	
212	1430.50	45.03	4.89	3.94	1.13	
211	1449.40	44.86	4.27	3.64	1.13	
210	1446.00	44.36	4.74	2.50	1.13	
209	1418.18	43.79	4.61	2.45	1.14	
208	1451.68	43.58	4.01	2.83	1.15	
207	1447.23	43.57	3.37	3.62	1.16	
206	1443.47	43.66	2.61	4.39	1.17	
205	1440.32	43.64	2.52	4.97	1.17	
204	1436.26	43.53	2.52	5.15	1.18	
203	1434.95	43.30	3.18	5.53	1.18	
202	1434.17	42.91	4.12	5.55	1.18	
201	1433.61	42.89	4.09	5.98	1.18	
200	1433.14	42.81	4.15	5.71	1.18	
199	1432.77	42.55	4.58	5.65	1.19	
198	1432.51	42.16	5.40	5.23	1.20	
197	1432.32	42.03	5.51	5.04	1.21	
196	1432.18	41.87	6.68	4.93	1.21	
195	1432.07	41.66	6.79	5.16	1.22	
194	1431.26	41.44	6.36	4.96	1.23	
193	1429.09	41.02	6.15	4.90	1.23	
192	1431.32	41.22	5.02	5.17	1.24	
191	1431.29	41.21	4.90	5.22	1.25	
190	1431.03	40.96	5.26	4.91	1.25	
189	1430.90	40.86	4.96	4.74	1.26	
188	1427.67	40.74	4.64	4.52	1.27	
187	1429.32	40.61	4.78	4.31	1.27	
186	1424.12	40.41	4.73	3.91	1.28	
185	1420.94	40.25	5.11	4.86	1.29	
184	1420.46	40.28	3.92	5.01	1.29	
183	1414.41	39.85	3.91	5.14	1.30	
182	1431.52	39.52	6.40	5.76	1.30	
181	1426.53	39.27	4.65	5.49	1.31	Elevación del Pte: 45.25 msnm, cumple con el Nivel Máximo de Agua Extraordinario (NAME) No afecta la población de Veladero
180	1425.74	39.01	4.81	5.16	1.31	
179	1425.25	38.71	5.22	4.53	1.32	
178	1440.71	38.43	5.07	3.83	1.34	
177	1435.84	38.10	4.20	3.94	1.35	
176	1431.43	37.71	4.63	3.68	1.35	
175	1429.10	37.31	4.67	4.67	1.37	
174	1426.35	36.87	4.85	4.48	1.38	
173	1423.57	36.50	5.03	4.38	1.38	
172	1423.50	36.27	4.53	5.40	1.39	

Sección	Caudal	Elevación del Nivel de Agua	Velocidad	Tirante	Tiempo	Observación
	(m ³ /s)	(m)	(m/s)	(m)	(hrs)	
171	1421.41	36.08	4.68	5.49	1.39	
170	1421.11	35.78	6.42	5.59	1.40	
160	1420.63	35.68	5.11	5.76	1.40	
150	1423.82	35.06	7.72	5.62	1.41	
149	1423.47	34.74	5.42	5.74	1.43	
148	1418.06	34.39	5.88	5.19	1.44	
147	1424.78	34.29	4.90	5.04	1.44	
146	1419.58	34.11	5.06	4.87	1.45	
145	1419.54	33.97	6.25	5.16	1.46	
144	1415.07	33.65	5.53	5.61	1.46	
143	1411.73	33.43	5.02	5.74	1.47	
142	1406.62	33.05	5.34	5.49	1.47	
132	1395.80	32.58	5.96	5.05	1.48	
122	1374.05	32.31	5.87	4.89	1.49	
121	1479.72	32.22	4.60	4.91	1.50	
120	1462.39	32.14	4.21	4.51	1.50	
119	1452.21	31.91	4.16	3.85	1.50	
118	1417.92	31.59	4.77	3.09	1.51	
117	1405.64	31.20	4.20	3.09	1.51	
116	1442.95	30.90	3.41	3.35	1.52	
115	1433.83	31.01	2.24	3.92	1.52	
114	1428.17	31.07	1.52	4.27	1.53	
113	1424.65	31.10	1.09	4.83	1.53	
112	1422.04	31.11	0.91	4.69	1.54	
111	1420.58	31.08	1.07	4.67	1.54	
110	1419.90	30.83	2.64	4.95	1.55	
109	1419.45	30.37	3.97	4.97	1.55	
108	1418.87	29.88	4.78	5.01	1.56	
107	1417.93	29.89	3.58	5.04	1.56	
106	1417.14	29.70	3.56	4.81	1.57	
105	1421.29	29.24	5.44	4.98	1.57	
104	1417.23	28.80	5.26	4.90	1.58	
103	1423.83	28.42	4.15	4.86	1.58	
102	1422.60	28.03	4.29	3.44	1.59	
101	1421.53	27.72	2.85	3.40	1.59	
100	1420.75	27.13	5.87	2.77	1.60	
90	1420.23	26.31	2.68	1.92	1.61	
80	1419.83	25.98	2.19	1.55	1.61	
70	1419.08	24.20	3.26	2.72	1.62	
60	1418.64	23.84	2.13	3.38	1.63	
59	1419.84	22.81	8.36	3.03	1.64	
49	1417.96	21.30	6.87	3.51	1.64	
39	1426.75	20.65	4.53	3.59	1.65	

Sección	Caudal	Elevación del Nivel de Agua	Velocidad	Tirante	Tiempo	Observación
	(m ³ /s)	(m)	(m/s)	(m)	(hrs)	
38	1424.45	20.27	4.73	3.90	1.66	
37	1423.15	19.76	6.51	4.07	1.67	
36	1422.28	19.23	5.40	4.12	1.68	
35	1421.60	18.86	5.23	3.98	1.69	
34	1421.08	18.43	5.40	3.70	1.70	
33	1420.62	18.00	4.71	3.36	1.70	
32	1420.20	17.89	3.95	3.43	1.71	
31	1419.90	18.01	3.07	4.30	1.71	
30	1419.53	17.35	4.84	3.50	1.72	
29	1417.95	16.74	6.26	2.90	1.72	
28	1410.54	16.11	4.84	2.80	1.73	
27	1427.18	15.82	3.37	3.15	1.73	
26	1423.57	15.92	2.59	3.85	1.73	
25	1421.38	15.77	2.81	3.96	1.74	
24	1420.14	15.69	2.79	4.20	1.74	
23	1419.41	15.55	2.97	4.50	1.74	
22	1419.00	15.32	3.40	4.85	1.75	
21	1418.75	15.25	3.29	5.03	1.75	
20	1418.59	15.03	3.62	4.98	1.76	
19	1418.13	14.69	4.15	4.81	1.76	
18	1418.08	14.22	4.77	4.50	1.77	
17	1418.03	14.77	2.55	5.21	1.78	
16	1418.01	14.72	2.59	5.32	1.78	
15	1417.98	14.49	3.19	5.23	1.79	
14	1417.94	14.57	2.54	5.63	1.79	
13	1417.91	14.22	3.39	5.32	1.80	
12	1417.89	13.48	4.99	5.11	1.81	
11	1417.86	12.87	7.18	5.00	1.81	
10	1417.42	12.24	5.14	4.61	1.81	
9	1416.92	12.41	3.45	5.12	1.82	
8	1417.28	12.52	2.58	5.45	1.82	
7	1416.91	12.36	2.99	5.17	1.82	
6	1416.90	12.37	2.80	5.33	1.83	
5	1416.88	12.33	2.68	5.25	1.83	
4	1416.86	12.33	2.44	6.22	1.83	
3	1416.85	12.24	2.60	6.55	1.83	
2	1416.84	12.22	2.66	7.10	1.84	
1	1416.83	11.64	5.84	6.09	1.93	

No se afecta cantera en lado izquierdo

Los caudales de las crecidas ordinaria y extraordinaria no representa riesgos para las comunidades aguas abajo ya que el cauce tiene la capacidad de absorber el volumen de agua. Por lo tanto, no se espera desbordamientos y el Coordinador del PADE solo activará la alerta Blanca en la Central Hidroeléctrica Gualaca.

De estos análisis realizados (tanto de Crecida Ordinaria como Extraordinaria), hay que resaltar que las Comunidades localizadas aguas abajo de la Presa Gualaca, se encuentran fuera de las planicies de inundación de los Ríos Estí, Gualaca y Chiriquí como se indica en el mapa del Apéndice A.2 y A.3.

4.2 Por Colapso Estructural

De acuerdo a la condición establecida en la sección se debe investigar los efectos de la rotura de la presa y de las estructuras de contención durante la operación normal en día soleado y durante la condición de crecida máxima.

Para este análisis se utiliza el módulo de rompimiento de presa de HEC-RAS, evaluando la peor condición entre falla de la presa de tierra o falla del vertedero de concreto.

El tiempo de la falla de la presa de Gualaca depende del tipo de material y las características geométricas de los taludes. La falla potencial de la presa produciría la salida repentina del agua en un pequeño lapso de tiempo.

Las agencias federales de los Estados Unidos han publicado guías sobre la forma y los posibles rangos de valores para el ancho de la grieta y el tiempo de desarrollo de las fallas.

La Tabla N° 13 muestra un resumen de estos valores.

Tabla N° 14: Rango de Posibles Valores de las Características de la Falla

Tipo de Presa	Ancho promedio de la Grieta	Componente Horizontal de la Grieta	Tiempo de la falla (hrs)	Agencia
Tierra/Enrocado	(0.5 a 3.0) X HD	0 a 1.0	0.5 a 4.0	USACE ¹
	(1.0 a 5.0) X HD	0 a 1.0	0.1 a 1.0	FERC ²
	(2.0 a 5.0) X HD	0 a 1.0	0.1 a 1.0	NWS ³

Dónde:

HD = Altura de la presa

L = Largo de la cresta

¹ U.S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, "Flood Emergency Plans – Guidelines for Corps Dams," RD-13, June 1980.

² FERC (1988), USA Federal Regulatory Commission – Notice of Revised Emergency Action Plan Guidelines, February 22, 1988.

³ Fread, D.L., ASDSO Advanced Technical Seminar, "Dam Failure Analysis," 2006.

En Condición de Operación Normal

Para los escenarios de rotura en la presa, en este caso por sismo, se consideró que la falla más probable ocurriría del lado de la estructura de enrocado de la presa (lado derecho observando de aguas arriba hacia aguas abajo) ya que es más alta que la estructura de concreto y además el área de la brecha cubre mayor área. (Figura N° 18).

Para este escenario, el embalse se encuentra a una elevación igual o mayor a 100.00 msnm.

Tabla N°15– Descarga para Rotura de Aliviadero no Controlado

Descripción	Caudal (m ³ /s)	Afectaciones
Colapso Estructural de la Presa Gualaca en Condición de Operación Normal	942.76	No hay afectaciones evidentes

La Figura N° 17 presenta el esquema de Rompimiento de la Presa Gualaca.

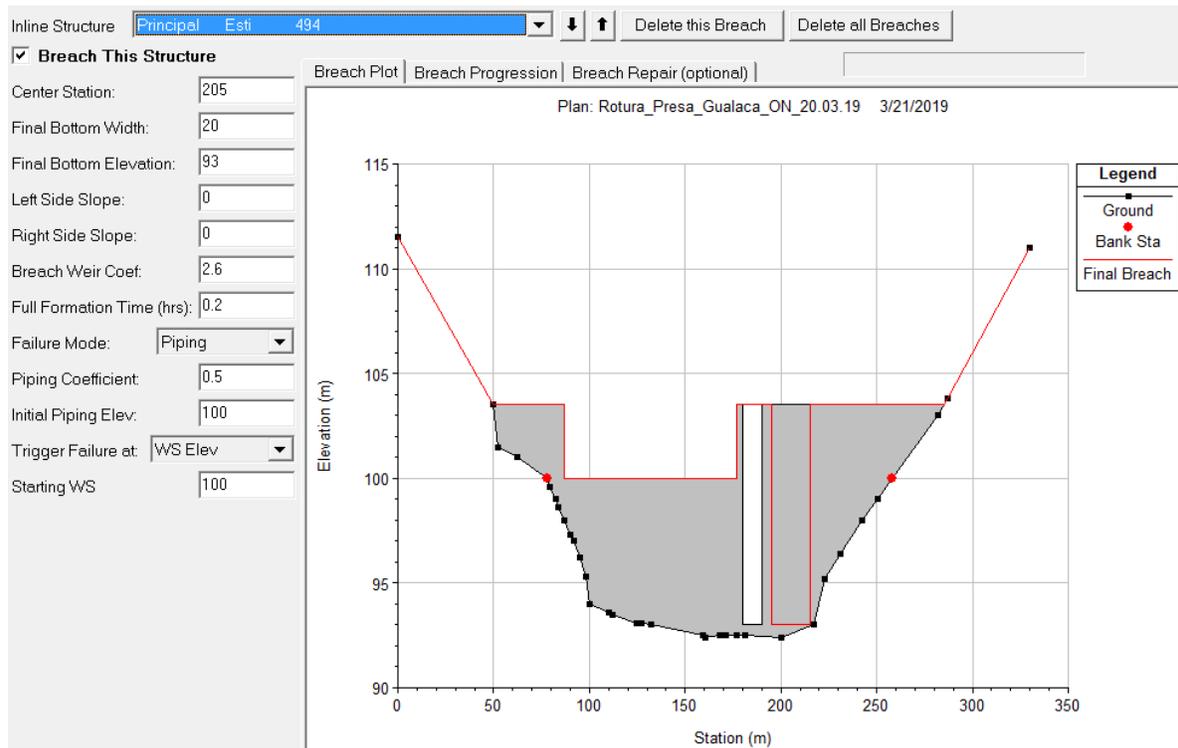


Figura N° 17. Esquema de Rompimiento de Presa Gualaca

A continuación, la Figura N° 18 muestra el hidrograma de salida del escenario de Rotura de Presa bajo operación normal, se evidencia un caudal máximo de 942.76 m³/s.

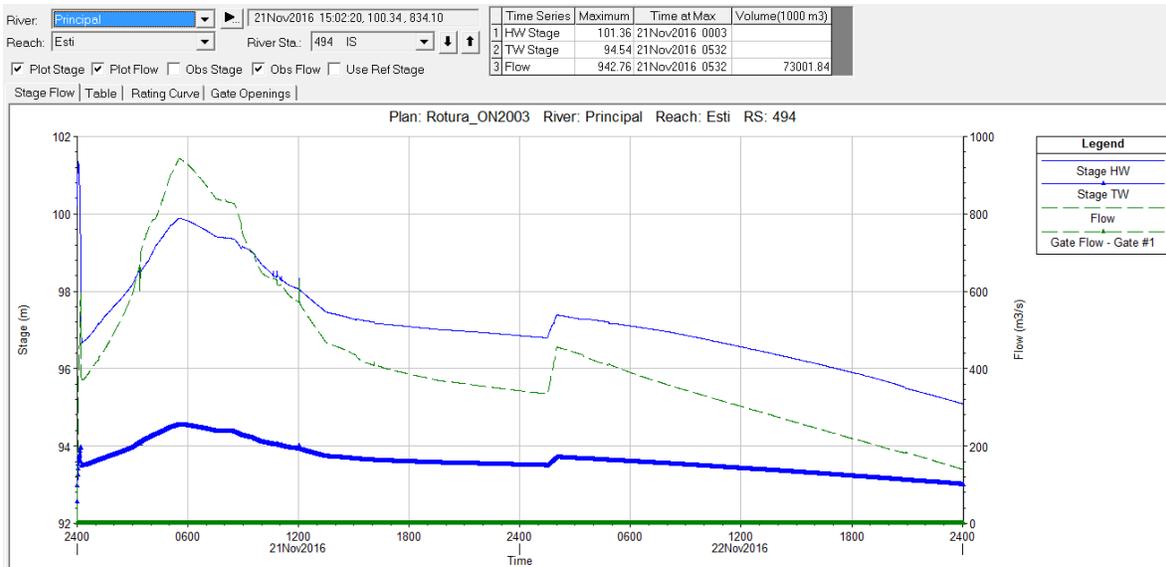


Figura N° 18. Hidrograma de Salida de la Rotura de Presa Gualaca en Condición de Operación Normal

De acuerdo con la Regla de Operación del Vertedero Controlado de Julio 2010 hecho por Tractebel Engineering GDF Suez pág. 2:

“I. Para el nivel de agua del embalse – $NA_{EMB} \leq 100.00$ msnm –Vertedero controlado no opera”. Por lo tanto las compuertas estarán cerradas para este escenario.

La Tabla N° 15 presenta el resumen hidráulico de la salida del programa HEC-RAS de colapso estructural bajo condiciones de operación normal.

Tabla N° 16 Resumen Hidráulico de la Salida de Colapso Estructural de la Presa Gualaca en Condición de Operación Normal

Sección	Caudal	Elevación del Nivel de Agua	Velocidad	Tirante	Tiempo	Observación
	(m ³ /s)	(m)	(m/s)	(m)	(hrs)	
496	341.52	101.28	0.17	7.33	0.01	
495	345.82	101.28	0.26	8.88	0.03	
494	Inl Struct			0	0.04	
493	942.74	94.54	5.80	2.54	0.05	
492	942.70	94.22	4.61	3.22	0.06	
484	942.73	93.85	6.73	3.58	0.06	
483	942.72	93.36	5.45	3.53	0.07	
482	942.72	92.93	7.38	3.67	0.08	
472	942.67	92.46	3.42	3.79	0.08	
471	942.66	91.97	5.49	3.84	0.09	
470	942.63	91.69	4.91	3.89	0.10	
450	942.45	91.67	3.46	3.92	0.11	
430	942.40	91.12	4.17	3.83	0.12	
429	942.29	90.66	4.96	4.59	0.12	
428	942.22	90.22	5.31	4.33	0.13	
418	942.10	89.83	5.23	4.28	0.14	
408	942.06	89.43	5.58	4.33	0.14	
407	942.00	89.02	4.80	4.20	0.15	Elevación del Pte: 92.62 msnm, cumple con el Nivel Máximo de Agua Extraordinario (NAME)
406	941.96	88.68	5.10	5.45	0.16	
405	941.89	88.24	6.27	4.21	0.17	
404	941.86	87.79	4.45	4.05	0.18	
403	941.86	87.64	4.16	5.38	0.19	
402	941.84	86.91	8.65	5.26	0.20	
401	941.79	85.96	7.29	4.74	0.21	
400	941.43	85.41	5.68	4.91	0.22	
399	937.80	84.81	6.64	3.91	0.23	
398	927.02	84.59	3.08	3.80	0.23	
397	945.84	84.42	4.67	3.90	0.24	
396	953.87	84.20	2.40	4.61	0.25	
395	947.67	83.45	4.58	4.04	0.26	
394	943.16	83.04	5.45	4.30	0.26	
393	941.86	82.62	5.61	4.43	0.27	
392	940.73	82.25	5.15	4.78	0.27	
391	942.53	81.90	5.00	4.01	0.28	
390	941.37	81.32	5.35	3.15	0.29	
389	940.80	80.58	5.31	3.08	0.29	
388	940.34	80.07	3.73	2.59	0.30	
387	940.38	80.17	2.35	4.39	0.30	
386	940.39	80.22	1.82	4.74	0.31	

Sección	Caudal	Elevación del Nivel de Agua	Velocidad	Tirante	Tiempo	Observación
	(m ³ /s)	(m)	(m/s)	(m)	(hrs)	
385	940.20	79.44	4.25	3.86	0.31	
384	940.15	79.69	2.80	4.74	0.32	
383	940.13	79.20	4.30	5.11	0.33	
382	940.06	78.88	5.24	4.55	0.34	
381	940.02	78.62	3.15	4.35	0.35	
380	940.01	78.48	3.24	4.79	0.35	
379	940.02	78.06	4.13	5.73	0.36	
378	939.99	78.14	2.14	5.63	0.37	
377	939.98	77.81	6.73	5.49	0.38	
376	939.97	77.05	8.82	5.06	0.38	
375	939.95	76.30	6.32	4.69	0.39	
374	939.94	75.89	4.29	4.21	0.40	
373	939.93	75.59	5.46	4.68	0.41	
372	939.92	75.28	5.26	5.07	0.42	
371	939.87	75.15	4.37	4.90	0.43	
370	939.84	74.84	5.59	5.05	0.44	
369	939.81	74.49	5.50	5.49	0.48	
368	939.74	74.46	5.10	5.39	0.51	
367	939.76	73.93	5.96	4.90	0.53	
366	939.70	73.83	5.62	5.23	0.55	
365	939.70	73.43	6.38	5.14	0.56	
364	939.69	73.07	5.88	4.37	0.56	
363	939.67	72.72	5.38	4.25	0.57	
362	953.65	72.90	4.29	4.31	0.58	
361	953.64	72.53	4.79	3.98	0.59	
360	953.63	72.27	4.89	3.94	0.59	
359	953.53	72.46	3.29	4.76	0.60	
358	953.52	72.36	3.05	5.00	0.61	
357	953.41	71.96	3.81	5.04	0.61	
356	953.30	71.59	4.24	4.66	0.62	
355	953.12	71.30	4.38	4.87	0.62	
354	953.08	71.32	3.78	5.27	0.63	
353	953.11	71.31	3.37	5.22	0.63	
352	944.24	70.71	4.65	4.20	0.64	
351	940.47	70.42	4.94	4.48	0.64	
350	945.45	70.38	3.58	4.86	0.65	
349	952.65	70.06	4.95	3.85	0.65	
348	952.44	69.84	2.54	4.35	0.66	
347	952.47	69.84	1.88	4.82	0.66	
346	952.47	69.12	5.64	4.99	0.67	
345	952.47	68.79	5.63	4.36	0.68	
344	952.44	68.35	5.57	5.53	0.68	
343	952.35	67.87	6.05	4.27	0.69	

Sección	Caudal	Elevación del Nivel de Agua	Velocidad	Tirante	Tiempo	Observación
	(m ³ /s)	(m)	(m/s)	(m)	(hrs)	
342	951.61	67.33	6.47	4.06	0.69	
341	941.80	66.79	4.89	3.12	0.70	
340	938.85	66.71	3.63	3.81	0.71	
339	932.71	66.54	3.83	4.56	0.71	
338	937.78	66.28	5.01	3.94	0.72	
337	977.00	66.28	2.53	4.90	0.73	
336	963.23	66.14	2.68	4.72	0.73	
335	933.73	66.19	1.91	4.72	0.74	
334	968.27	65.88	5.05	4.28	0.75	
333	997.20	65.97	1.00	4.35	0.75	
332	960.92	65.69	7.25	4.73	0.76	
331	955.50	65.08	5.51	4.38	0.77	
330	954.76	64.67	3.67	3.31	0.78	
329	954.27	64.10	5.01	3.46	0.78	
328	953.86	64.14	3.39	3.84	0.79	
327	952.76	63.68	4.47	4.22	0.79	
326	952.75	63.43	5.04	4.30	0.79	
325	951.49	63.16	4.83	4.19	0.80	
324	941.88	62.69	6.93	4.47	0.80	
323	863.33	62.20	4.96	3.53	0.81	
322	935.02	62.11	3.17	4.67	0.81	
321	1041.39	61.73	5.00	4.19	0.81	
320	1005.42	61.32	6.49	4.12	0.81	
319	972.21	60.90	5.52	4.03	0.82	
318	927.38	60.54	5.95	3.84	0.82	
317	985.72	60.39	3.74	4.41	0.82	
316	981.92	60.57	2.36	4.24	0.83	
315	965.81	60.34	6.38	4.81	0.83	
314	964.22	60.09	6.77	4.85	0.84	
313	953.16	59.82	6.05	4.02	0.84	
312	950.42	59.56	5.36	4.62	0.85	
311	939.46	59.32	6.30	4.89	0.86	
310	916.70	59.16	5.35	4.62	0.87	
309	829.52	59.04	3.73	4.47	0.87	
308	1029.90	59.18	2.15	4.35	0.87	
307	1009.48	59.15	1.51	4.98	0.88	
306	995.18	58.96	2.52	4.85	0.89	
305	976.66	58.57	3.66	4.56	0.89	
304	990.71	58.11	5.31	4.23	0.90	
303	987.52	57.97	5.55	4.33	0.90	
302	981.56	58.12	4.01	4.48	0.91	
301	977.91	58.17	3.50	4.90	0.91	
300	981.28	57.66	5.60	4.68	0.91	

Sección	Caudal	Elevación del Nivel de Agua	Velocidad	Tirante	Tiempo	Observación
	(m ³ /s)	(m)	(m/s)	(m)	(hrs)	
299	975.44	57.69	4.76	4.39	0.91	
298	974.29	58.00	3.55	4.72	0.92	
297	974.12	58.22	2.36	5.07	0.92	
296	972.13	57.91	3.46	4.97	0.92	
295	970.39	57.55	4.63	5.36	0.92	
294	969.53	57.54	4.38	5.89	0.93	
293	968.85	57.52	4.22	6.27	0.93	
292	968.02	57.48	3.96	5.98	0.93	
291	967.52	57.27	4.25	5.48	0.94	
290	967.02	57.32	3.86	5.80	0.94	
289	966.63	57.11	4.21	5.45	0.94	
288	965.69	56.59	5.61	6.37	0.94	
287	962.48	56.41	6.78	5.40	0.95	
286	961.02	56.11	7.43	5.34	0.95	
285	956.40	55.73	7.43	5.33	0.95	
284	943.58	55.45	6.43	5.18	0.96	
283	977.02	55.35	5.37	5.01	0.96	
282	963.46	55.32	5.13	4.57	0.96	
281	962.07	55.14	5.47	4.22	0.97	
280	961.44	54.97	6.01	4.55	0.97	
279	961.41	54.77	6.75	4.48	0.98	
278	961.31	54.58	4.97	4.23	0.98	
277	959.56	54.86	3.21	4.41	0.98	
276	960.82	54.93	2.81	4.88	0.99	
275	960.57	54.80	3.14	5.41	0.99	
274	959.38	54.39	4.30	4.74	0.99	
273	960.23	54.00	5.38	4.20	1.00	
272	959.32	54.26	3.83	4.77	1.00	
271	959.29	53.86	4.77	4.66	1.01	
270	959.66	53.61	5.03	4.63	1.02	
269	959.59	53.43	5.77	4.40	1.02	
268	959.41	53.15	7.62	3.82	1.03	
267	959.23	52.85	5.75	3.76	1.03	
266	959.17	52.62	6.06	3.78	1.04	
265	958.74	52.27	7.96	3.80	1.04	
264	956.22	51.96	4.02	3.61	1.04	
263	1055.50	51.78	3.56	3.67	1.04	
262	1054.77	51.51	3.93	3.29	1.05	
261	1054.37	51.39	3.66	3.34	1.05	
260	1053.53	51.11	4.14	3.37	1.05	
259	1045.73	51.00	3.80	3.53	1.05	No se afecta la población de Matarica
258	1056.89	50.69	4.46	3.51	1.06	
257	1061.86	50.46	4.77	4.12	1.06	

Sección	Caudal	Elevación del Nivel de Agua	Velocidad	Tirante	Tiempo	Observación
	(m ³ /s)	(m)	(m/s)	(m)	(hrs)	
256	1060.53	50.29	5.51	4.66	1.06	No se afecta la población de Matarica
255	1060.11	50.06	7.43	4.83	1.07	
254	1059.90	49.78	7.10	4.63	1.07	
253	1059.72	49.52	6.67	4.53	1.08	
252	1059.35	49.30	5.94	4.39	1.08	
251	1059.19	49.12	5.25	4.28	1.08	
250	1055.81	49.15	4.71	4.38	1.08	
249	1054.41	49.22	4.10	4.70	1.09	
248	1057.95	49.59	2.43	5.33	1.09	
247	1057.88	49.35	3.39	5.29	1.09	
246	1056.02	49.26	3.60	4.76	1.09	
245	1057.37	49.44	2.71	4.88	1.10	
244	1057.18	49.01	4.16	4.77	1.10	
243	1057.07	48.96	4.02	5.05	1.10	
242	1056.96	48.94	3.85	5.10	1.11	
241	1056.89	48.69	4.32	5.26	1.11	
240	1056.84	48.42	4.85	5.02	1.12	
239	1056.83	48.12	5.40	4.54	1.12	
238	1056.79	48.32	4.42	5.08	1.12	
237	1056.74	48.31	4.23	5.20	1.13	
236	1056.70	48.16	4.45	5.06	1.13	
235	1056.65	48.19	4.15	5.18	1.13	
234	1056.60	48.13	4.12	5.11	1.14	
233	1056.59	48.09	4.04	5.17	1.14	
232	1056.57	47.78	4.70	5.07	1.14	
231	1056.56	47.33	6.65	5.03	1.14	
230	1056.55	47.35	5.63	4.87	1.15	
229	1056.48	47.60	4.53	5.10	1.15	
228	1056.48	46.99	6.44	4.93	1.15	
227	1056.47	46.82	5.97	5.03	1.15	
226	1056.44	46.66	6.02	4.97	1.16	No se afecta casa en Matarica
225	1056.43	47.01	4.55	5.78	1.16	
224	1056.42	46.92	4.47	6.03	1.17	No se afecta casa en Matarica
223	1056.41	46.83	4.47	6.11	1.17	
222	1056.28	46.64	4.75	5.93	1.17	
221	1056.40	46.14	6.53	5.46	1.18	
220	1056.39	45.95	7.55	5.32	1.18	
219	1056.37	45.76	6.25	4.97	1.19	
218	1056.37	45.78	5.50	5.00	1.20	
217	1056.36	46.06	4.54	5.15	1.20	
216	1056.35	45.77	5.06	4.93	1.20	
215	1056.36	45.52	5.26	4.60	1.21	
214	1056.36	45.28	5.53	4.27	1.21	

Sección	Caudal	Elevación del Nivel de Agua	Velocidad	Tirante	Tiempo	Observación
	(m ³ /s)	(m)	(m/s)	(m)	(hrs)	
213	1056.32	44.81	5.96	3.77	1.21	
212	1056.31	44.56	4.48	3.47	1.21	
211	1056.30	44.48	3.72	3.26	1.22	
210	1056.26	43.99	4.19	2.13	1.24	
209	1056.23	43.35	4.44	2.01	1.25	
208	1056.17	43.01	4.06	2.26	1.25	
207	1055.69	42.78	3.81	2.83	1.26	
206	1055.66	42.84	2.72	3.57	1.26	
205	1055.62	42.83	2.43	4.16	1.26	
204	1055.58	42.72	2.35	4.34	1.27	
203	1055.56	42.50	2.99	4.73	1.27	
202	1055.56	42.12	3.93	4.76	1.27	
201	1055.55	42.11	3.78	5.20	1.28	
200	1055.54	42.05	3.77	4.95	1.29	
199	1055.53	41.84	4.09	4.94	1.30	
198	1055.52	41.49	4.81	4.56	1.30	
197	1055.51	41.39	4.83	4.40	1.31	
196	1055.51	41.24	5.86	4.30	1.31	
195	1055.50	41.03	5.95	4.53	1.32	
194	1055.50	40.82	5.62	4.34	1.33	
193	1055.50	40.41	5.45	4.29	1.33	
192	1055.48	40.68	4.32	4.63	1.34	
191	1055.48	40.62	4.30	4.63	1.35	
190	1055.46	40.40	4.56	4.35	1.35	
189	1055.37	40.31	4.36	4.19	1.36	
188	1055.29	40.23	4.11	4.01	1.37	
187	1054.82	40.06	4.33	3.76	1.38	
186	1053.95	39.80	4.51	3.30	1.38	
185	1053.63	39.57	4.93	4.18	1.39	
184	1049.25	39.55	3.77	4.28	1.39	
183	1044.76	39.24	3.56	4.53	1.40	
182	1062.92	38.89	5.61	5.13	1.41	Elevación del Pte: 45.25 msnm, cumple con el Nivel Máximo de Agua Extraordinario (NAME)
181	1068.23	38.69	4.02	4.91	1.41	No se afecta la población de Veladero
179	1057.69	38.06	4.84	3.88	1.44	
178	1056.63	37.74	4.87	3.14	1.45	
177	1056.29	37.48	4.05	3.32	1.46	
176	1055.79	37.03	4.66	3.00	1.47	
175	1055.62	36.50	4.88	3.86	1.47	
174	1055.52	36.02	4.91	3.63	1.48	
173	1055.45	35.68	4.81	3.56	1.48	

Sección	Caudal	Elevación del Nivel de Agua	Velocidad	Tirante	Tiempo	Observación
	(m ³ /s)	(m)	(m/s)	(m)	(hrs)	
172	1055.34	35.62	4.02	4.75	1.49	
171	1055.28	35.39	4.23	4.80	1.50	
170	1055.26	35.07	5.96	4.88	1.51	
160	1055.08	34.89	4.67	4.97	1.53	
150	1055.24	34.29	7.00	4.85	1.54	
149	1055.23	33.96	4.85	4.96	1.54	
148	1055.22	33.56	5.50	4.36	1.55	
147	1055.21	33.40	4.68	4.15	1.56	
146	1055.20	33.23	4.81	3.99	1.56	
145	1055.20	33.05	5.99	4.24	1.57	
144	1055.19	32.66	5.44	4.62	1.58	
143	1055.14	32.64	4.59	4.95	1.58	
142	1055.16	32.33	4.78	4.77	1.59	
132	1055.16	31.85	5.41	4.32	1.60	
122	1055.15	31.52	5.53	4.10	1.60	
121	1055.08	31.78	3.70	4.47	1.61	
120	1055.06	31.71	3.45	4.08	1.62	
119	1054.98	31.49	3.54	3.43	1.62	
118	1055.07	31.17	4.32	2.67	1.62	
117	1054.86	30.74	4.00	2.63	1.63	
116	1053.28	30.37	3.33	2.82	1.63	
115	1052.99	30.36	2.25	3.27	1.64	
114	1052.66	30.41	1.47	3.61	1.65	
113	1051.99	30.43	1.01	4.16	1.65	
112	1050.98	30.43	0.83	4.01	1.66	
111	1049.76	30.41	0.95	4.00	1.66	
110	1049.03	30.19	2.43	4.31	1.67	
109	1051.07	29.67	4.02	4.27	1.67	
108	1049.59	29.27	4.49	4.40	1.68	
107	1039.08	29.15	3.47	4.30	1.69	
106	1040.00	29.07	3.07	4.18	1.69	
105	1065.21	28.70	5.05	4.44	1.69	
104	1049.25	28.30	4.57	4.40	1.70	
103	1061.29	28.01	3.79	4.45	1.70	
102	1047.18	27.63	3.76	3.04	1.71	
101	1098.33	27.41	2.56	3.09	1.72	
100	1064.96	26.86	5.32	2.50	1.73	
90	1061.98	26.07	2.19	1.68	1.74	
80	1062.26	25.85	1.71	1.42	1.74	
70	1061.47	23.97	3.12	2.49	1.75	
60	1061.65	23.50	1.98	3.04	1.76	
59	1060.09	22.39	7.93	2.61	1.77	
49	1057.97	20.77	6.18	2.98	1.78	

Sección	Caudal	Elevación del Nivel de Agua	Velocidad	Tirante	Tiempo	Observación
	(m ³ /s)	(m)	(m/s)	(m)	(hrs)	
39	1077.72	20.12	4.03	3.06	1.79	
38	1068.75	19.71	4.33	3.34	1.80	
37	1060.68	19.20	5.91	3.51	1.81	
36	1058.78	18.68	4.81	3.57	1.81	
35	1058.48	18.36	4.58	3.48	1.82	
34	1058.21	17.93	4.82	3.20	1.82	
33	1058.10	17.56	4.17	2.92	1.83	
32	1058.00	17.48	3.43	3.02	1.84	
31	1057.83	17.57	2.58	3.86	1.84	
30	1057.65	16.94	4.20	3.09	1.85	
29	1057.46	16.27	5.89	2.43	1.85	
28	1057.13	15.49	4.83	2.18	1.86	
27	1055.24	15.04	3.39	2.37	1.86	
26	1055.09	15.12	2.47	3.05	1.87	
25	1054.94	14.97	2.66	3.16	1.87	
24	1054.74	14.87	2.64	3.38	1.87	
23	1054.59	14.75	2.74	3.70	1.88	
22	1054.33	14.55	3.06	4.08	1.89	
21	1054.12	14.48	2.94	4.26	1.89	
20	1054.04	14.29	3.21	4.24	1.90	
19	1054.02	14.01	3.66	4.13	1.90	
18	1054.00	13.61	4.20	3.89	1.91	
17	1054.04	14.02	2.33	4.46	1.91	
16	1053.95	13.93	2.52	4.53	1.92	
15	1053.75	13.72	3.04	4.46	1.93	
14	1053.65	13.81	2.32	4.87	1.93	
13	1053.51	13.53	3.04	4.63	1.94	
12	1053.45	12.85	4.51	4.48	1.94	
11	1053.37	12.23	6.82	4.36	1.95	
10	1053.30	11.57	4.75	3.94	1.95	No se afecta cantera en lado izquierdo
9	1030.39	11.69	3.31	4.40	1.95	
8	1053.16	11.86	2.29	4.79	1.95	
7	1028.13	11.73	2.65	4.54	1.96	
6	1027.17	11.72	2.53	4.68	1.96	
5	1025.89	11.67	2.41	4.59	1.96	
4	1024.06	11.68	2.11	5.57	1.97	
3	1023.55	11.62	2.14	5.93	1.98	
2	1023.13	11.60	2.17	6.48	2.02	
1	1052.37	10.95	5.22	5.40	2.03	

Esta situación de emergencia **no aplica** debido a que una rotura de Presa Gualaca con una crecida con periodo de retorno de 1:50 años no representa un peligro para

las poblaciones aguas abajo de la Presa Gualaca, ya que de acuerdo con el análisis hidráulico, las elevaciones del nivel de agua de los Ríos Estí, Gualaca y Chiriquí no afectarían a las Comunidades aguas abajo de la Presa Gualaca según el mapa de planicie de inundación en los Apéndice A.4. y A.5.

En Condición de Operación Extraordinaria

Al igual que el escenario anterior, también se asumió la falla en la estructura de enrocado lado derecho mirando de aguas arriba hacia aguas abajo. En los parámetros de flujo se introdujo en la modelación un hidrograma de entrada de 1 en 1000 años.

La Figura N° 19 muestra el hidrograma de salida del escenario de Rotura de Presa durante Crecida Extraordinaria, se evidencia un caudal máximo de **1490.35 m³/s**.

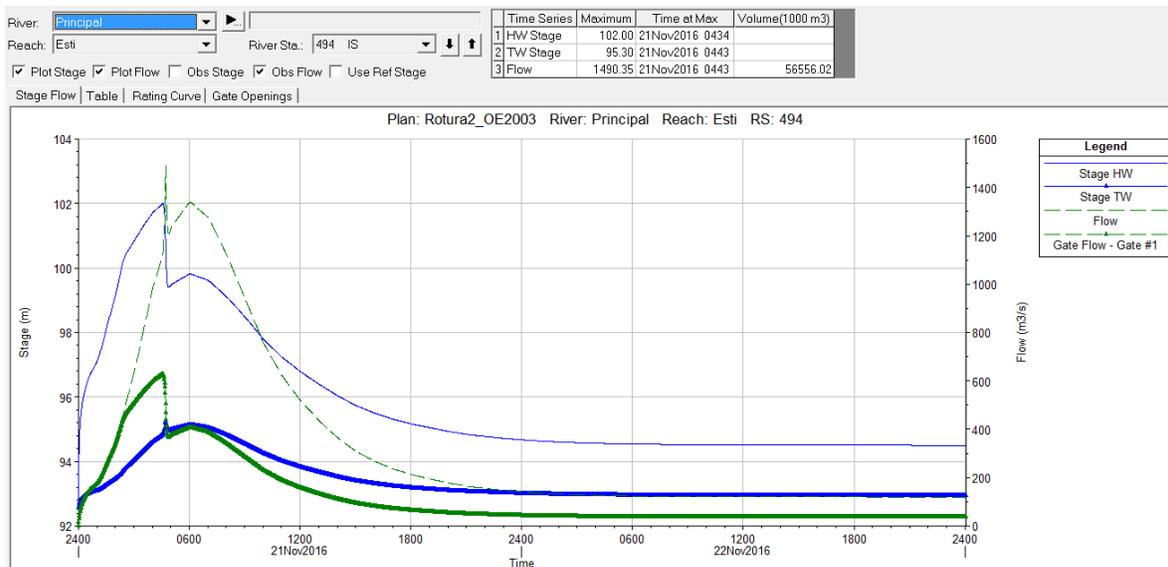


Figura N° 19. Hidrograma de Salida de la Rotura de Presa Gualaca en Condición de Operación Extraordinaria

De acuerdo con la Regla de Operación del Vertedero Controlado de Julio 2010 hecho por Tractebel Engineering GDF Suez pág. 2:

“1. Para el nivel de agua del embalse – $NA_{EMB} \geq 102.10$ msnm – Operación del Vertedero controlado en apertura total de compuerta”.

La Tabla N° 16 presenta el resumen hidráulico de la salida del programa HEC-RAS de colapso estructural bajo condiciones de operación normal.

Tabla N° 17 Resumen Hidráulico de la Salida de Colapso Estructural de la Presa Gualaca en Condición de Operación Extraordinaria

Sección	Caudal	Elevación del Nivel de Agua	Velocidad	Tirante	Tiempo	Observación
	(m ³ /s)	(m)	(m/s)	(m)	(hrs)	
496	1131.32	102.03	0.50	8.08	0.00	
495	1128.48	102.01	0.82	9.61	0.01	
494	Inl Struct			0	0.01	
493	1512.69	95.32	6.42	3.32	0.02	
492	1489.72	95.00	5.51	4.00	0.03	
484	1487.35	94.64	7.77	4.37	0.04	
483	1483.49	94.16	6.54	4.33	0.05	
482	1473.97	93.73	8.53	4.47	0.05	
472	1463.38	93.35	4.05	4.68	0.06	
471	1451.45	92.94	5.69	4.81	0.07	
470	1449.76	92.63	5.02	4.83	0.07	
450	1418.16	92.31	3.92	4.56	0.08	
430	1414.70	91.79	4.47	4.50	0.08	
429	1401.73	91.36	5.67	5.29	0.09	
428	1396.30	90.93	5.92	5.04	0.10	
418	1343.32	90.75	5.35	5.20	0.11	
408	1369.31	90.20	6.17	5.10	0.11	
407	1354.85	89.84	5.13	5.02	0.12	Elevación del Pte: 92.62 msnm, cumple con el Nivel Máximo de Agua Extraordinario (NAME)
406	1362.54	89.47	5.66	6.24	0.13	
405	1355.62	89.05	6.99	5.02	0.13	
404	1353.63	88.66	4.90	4.92	0.14	
403	1355.90	88.48	4.79	6.22	0.15	
402	1355.04	87.73	9.52	6.08	0.16	
401	1353.39	86.71	8.54	5.49	0.17	
400	1351.29	86.06	6.75	5.56	0.18	
399	1347.04	85.41	7.74	4.51	0.19	
398	1338.11	85.17	3.64	4.38	0.20	
397	1338.00	85.03	5.28	4.51	0.20	
396	1337.93	84.80	2.94	5.21	0.21	
395	1343.23	84.10	5.30	4.69	0.21	
394	1343.04	83.68	6.21	4.94	0.22	
393	1342.18	83.22	6.84	5.03	0.23	
392	1337.99	82.77	6.27	5.30	0.24	
391	1337.91	82.30	5.63	4.41	0.24	
390	1337.65	81.74	5.50	3.57	0.25	
389	1327.93	81.20	4.92	3.70	0.25	
388	1345.50	80.90	3.73	3.42	0.26	
387	1338.69	81.01	2.49	5.23	0.26	
386	1337.24	81.05	2.09	5.57	0.27	

Sección	Caudal	Elevación del Nivel de Agua	Velocidad	Tirante	Tiempo	Observación
	(m ³ /s)	(m)	(m/s)	(m)	(hrs)	
385	1337.02	80.08	4.95	4.50	0.27	
384	1336.84	80.38	3.30	5.43	0.27	
383	1336.57	79.94	4.55	5.85	0.28	
382	1335.89	79.66	5.57	5.33	0.29	
381	1334.39	79.40	3.65	5.13	0.29	
380	1317.37	79.22	3.82	5.53	0.30	
379	1319.58	78.84	4.84	6.51	0.31	
378	1390.75	78.95	2.66	6.44	0.32	
377	1359.79	78.62	7.66	6.30	0.33	
376	1348.47	77.86	10.16	5.87	0.33	
375	1345.12	77.10	7.07	5.49	0.34	
374	1324.43	76.70	4.90	5.02	0.34	
373	1311.33	76.42	6.18	5.51	0.35	
372	1278.91	76.11	6.10	5.90	0.36	
371	1396.80	75.95	5.04	5.70	0.37	
370	1365.55	75.65	6.20	5.86	0.37	
369	1347.30	75.32	6.38	6.32	0.38	
368	1338.64	75.20	6.04	6.13	0.40	
367	1337.03	74.72	6.99	5.69	0.43	
366	1336.82	74.55	6.61	5.95	0.46	
365	1336.76	74.17	7.32	5.88	0.48	
364	1336.73	73.80	6.74	5.10	0.50	
363	1336.70	73.43	6.22	4.96	0.51	
362	1350.59	73.63	4.99	5.04	0.51	
361	1350.59	73.19	5.71	4.64	0.52	
360	1350.42	72.92	5.84	4.59	0.53	
359	1350.15	73.27	3.64	5.57	0.53	
358	1350.10	73.21	3.31	5.85	0.54	
357	1349.77	72.79	4.21	5.87	0.55	
356	1349.50	72.36	4.79	5.43	0.55	
355	1349.18	72.05	4.99	5.62	0.56	
354	1348.53	72.09	4.36	6.04	0.56	
353	1346.18	72.13	3.81	6.04	0.57	
352	1343.34	71.50	5.20	4.99	0.57	
351	1315.06	71.19	5.68	5.25	0.58	
350	1394.25	71.06	4.30	5.54	0.58	
349	1315.54	70.74	5.26	4.53	0.58	
348	1372.17	70.58	2.65	5.09	0.59	
347	1352.75	70.59	2.02	5.57	0.60	
346	1348.92	69.77	6.54	5.64	0.60	
345	1348.53	69.40	6.56	4.97	0.61	
344	1348.27	68.96	6.10	6.14	0.61	
343	1347.48	68.48	7.19	4.88	0.62	

Sección	Caudal	Elevación del Nivel de Agua	Velocidad	Tirante	Tiempo	Observación
	(m ³ /s)	(m)	(m/s)	(m)	(hrs)	
342	1347.15	67.91	7.33	4.64	0.62	
341	1341.53	67.44	4.69	3.77	0.63	
340	1331.65	67.43	3.68	4.53	0.64	
339	1277.51	67.30	3.87	5.32	0.64	
338	1292.75	66.99	5.46	4.65	0.65	
337	1453.93	67.01	3.04	5.63	0.66	
336	1375.60	66.85	3.12	5.43	0.66	
335	1318.69	66.92	2.09	5.45	0.67	
334	1434.78	66.75	5.60	5.15	0.67	
333	1450.08	66.71	1.32	5.09	0.68	
332	1395.65	66.42	8.34	5.46	0.69	
331	1382.26	65.80	5.97	5.10	0.69	
330	1376.31	65.42	3.83	4.06	0.70	
329	1375.78	64.82	5.63	4.18	0.71	
328	1374.10	64.87	3.91	4.57	0.72	
327	1374.16	64.36	5.18	4.90	0.72	
326	1373.80	64.05	5.83	4.92	0.73	
325	1372.66	63.84	5.44	4.87	0.73	
324	1370.46	63.37	7.87	5.15	0.73	
323	1361.49	62.86	5.87	4.19	0.74	
322	1380.27	63.04	3.32	5.60	0.74	
321	1372.89	62.42	5.35	4.88	0.74	
320	1371.88	62.05	7.24	4.85	0.75	
319	1371.33	61.64	6.28	4.77	0.75	
318	1369.54	61.23	7.11	4.53	0.75	
317	1369.16	60.92	4.43	4.94	0.75	
316	1370.64	61.28	2.66	4.95	0.76	
315	1368.81	61.02	7.30	5.49	0.76	
314	1359.53	60.76	7.96	5.52	0.76	
313	1352.52	60.47	6.99	4.67	0.77	
312	1336.91	60.20	6.09	5.26	0.77	
311	1304.47	59.95	7.42	5.52	0.78	
310	1240.71	59.77	6.14	5.23	0.79	
309	1125.90	59.66	3.88	5.09	0.80	
308	1462.06	59.86	2.43	5.03	0.80	
307	1428.75	59.85	1.79	5.68	0.81	
306	1404.81	59.65	2.96	5.54	0.81	
305	1323.82	59.23	3.94	5.22	0.82	
304	1387.25	59.07	5.95	5.19	0.83	
303	1384.54	58.94	5.94	5.30	0.83	
302	1380.37	59.18	4.18	5.54	0.83	
301	1369.30	59.06	4.08	5.79	0.84	
300	1378.41	58.61	6.28	5.63	0.84	

Sección	Caudal	Elevación del Nivel de Agua	Velocidad	Tirante	Tiempo	Observación
	(m ³ /s)	(m)	(m/s)	(m)	(hrs)	
299	1383.07	58.65	5.23	5.35	0.84	
298	1386.71	59.15	3.40	5.87	0.84	
297	1381.25	59.29	2.50	6.14	0.85	
296	1379.90	58.96	3.77	6.02	0.85	
295	1377.14	58.64	4.93	6.45	0.85	
294	1377.12	58.43	5.22	6.78	0.85	
293	1376.88	58.35	5.20	7.10	0.86	
292	1376.26	58.31	4.82	6.81	0.86	
291	1375.37	58.10	5.05	6.31	0.86	
290	1374.14	58.16	4.55	6.64	0.86	
289	1341.24	57.93	4.86	6.27	0.87	
288	1381.47	57.44	6.66	7.22	0.87	
287	1374.96	57.25	7.83	6.24	0.87	
286	1373.44	56.95	8.35	6.18	0.87	
285	1370.37	56.61	8.29	6.21	0.88	
284	1364.06	56.35	7.38	6.08	0.88	
283	1363.73	56.22	6.10	5.88	0.88	
282	1380.29	56.21	5.73	5.46	0.88	
281	1367.07	56.07	5.88	5.15	0.89	
280	1360.81	55.93	6.30	5.51	0.89	
279	1350.17	55.76	7.24	5.47	0.89	
278	1327.92	55.60	5.06	5.25	0.90	
277	1403.27	55.77	3.62	5.32	0.90	
276	1376.71	55.78	3.30	5.73	0.90	
275	1372.52	55.60	3.74	6.21	0.91	
274	1371.99	55.03	5.21	5.38	0.91	
273	1371.87	54.90	6.06	5.10	0.91	
272	1381.42	54.80	4.80	5.31	0.92	
271	1371.65	54.40	5.83	5.20	0.92	
270	1371.51	54.23	5.97	5.25	0.93	
269	1371.49	54.03	6.81	5.00	0.93	
268	1371.46	53.72	9.00	4.39	0.94	
267	1371.35	53.38	6.76	4.29	0.94	
266	1371.34	53.11	7.27	4.27	0.95	
265	1355.01	52.69	9.59	4.22	0.95	
264	1354.58	52.29	5.07	3.94	0.96	
263	1454.38	52.34	3.76	4.23	0.96	
262	1453.49	52.06	4.16	3.84	0.96	
261	1453.17	51.98	3.92	3.93	0.96	
260	1450.58	51.69	4.40	3.95	0.96	
259	1350.62	51.62	3.83	4.15	0.97	
258	1372.38	51.33	4.57	4.15	0.97	
257	1478.90	51.16	5.38	4.82	0.97	

No se afecta la población de Matarica

Sección	Caudal	Elevación del Nivel de Agua	Velocidad	Tirante	Tiempo	Observación
	(m ³ /s)	(m)	(m/s)	(m)	(hrs)	
256	1477.18	50.99	6.28	5.36	0.98	No se afecta la población de Matarica
255	1469.61	50.75	8.39	5.52	0.98	
254	1468.37	50.47	8.07	5.32	0.98	
253	1465.64	50.20	7.55	5.21	0.99	
252	1458.38	49.98	6.68	5.07	0.99	
251	1441.66	49.80	5.85	4.96	0.99	
250	1489.69	49.75	5.58	4.98	1.00	
249	1464.92	49.81	4.86	5.29	1.00	
248	1469.71	50.31	2.62	6.05	1.00	
247	1466.46	49.96	4.04	5.90	1.00	
246	1467.45	49.92	4.08	5.42	1.00	
245	1467.84	50.18	2.79	5.62	1.01	
244	1382.87	49.60	4.63	5.36	1.01	
243	1379.47	49.54	4.51	5.63	1.01	
242	1376.18	49.63	4.07	5.79	1.02	
241	1375.10	49.31	4.77	5.88	1.02	
240	1449.97	49.05	5.62	5.65	1.02	
239	1515.52	48.89	6.30	5.31	1.03	
238	1503.18	49.04	5.32	5.80	1.03	
237	1489.69	48.99	5.14	5.88	1.04	
236	1452.78	48.79	5.30	5.69	1.04	
235	1443.29	48.85	4.88	5.84	1.04	
234	1433.27	48.75	4.86	5.73	1.04	
233	1425.12	48.69	4.77	5.77	1.05	
232	1483.96	48.46	5.60	5.75	1.05	
231	1482.07	48.32	7.34	6.02	1.05	
230	1480.65	48.17	6.52	5.69	1.06	
229	1476.96	48.42	5.33	5.92	1.06	
228	1479.35	47.85	7.41	5.79	1.06	
227	1479.04	47.67	6.79	5.88	1.06	
226	1478.67	47.50	6.98	5.81	1.06	
225	1478.27	47.78	5.47	6.55	1.07	
224	1441.64	47.64	5.30	6.75	1.07	
223	1440.58	47.54	5.22	6.82	1.07	
222	1431.01	47.17	5.81	6.46	1.08	
221	1476.75	46.98	7.66	6.30	1.08	
220	1475.95	46.77	8.82	6.14	1.08	
219	1475.85	46.55	7.33	5.76	1.09	
218	1475.75	46.38	6.72	5.60	1.10	
217	1472.93	46.50	5.77	5.59	1.10	
216	1475.88	46.20	6.42	5.36	1.11	
215	1475.81	46.02	6.48	5.10	1.11	
214	1475.75	45.81	6.69	4.80	1.11	

Sección	Caudal	Elevación del Nivel de Agua	Velocidad	Tirante	Tiempo	Observación
	(m ³ /s)	(m)	(m/s)	(m)	(hrs)	
213	1466.97	45.30	6.41	4.26	1.12	
212	1455.50	45.06	4.91	3.97	1.12	
211	1490.70	44.91	4.32	3.69	1.12	
210	1468.77	44.41	4.71	2.55	1.13	
209	1456.55	43.84	4.63	2.50	1.13	
208	1487.47	43.67	3.92	2.92	1.15	
207	1473.90	43.68	3.28	3.73	1.16	
206	1471.96	43.76	2.56	4.49	1.16	
205	1471.63	43.74	2.49	5.07	1.17	
204	1471.08	43.63	2.51	5.25	1.17	
203	1470.99	43.42	3.16	5.65	1.17	
202	1470.89	43.04	4.06	5.68	1.17	
201	1470.73	43.03	4.05	6.12	1.17	
200	1470.67	42.95	4.12	5.85	1.18	
199	1470.60	42.70	4.53	5.80	1.18	
198	1470.53	42.31	5.33	5.38	1.19	
197	1470.37	42.19	5.43	5.20	1.20	
196	1470.35	42.04	6.56	5.10	1.21	
195	1470.33	41.85	6.64	5.35	1.21	
194	1470.29	41.66	6.17	5.18	1.22	
193	1470.15	41.30	5.87	5.18	1.23	
192	1470.13	41.27	5.10	5.22	1.23	
191	1470.04	41.25	4.96	5.26	1.24	
190	1470.02	40.99	5.35	4.94	1.24	
189	1469.91	40.90	5.03	4.78	1.25	
188	1469.57	40.80	4.68	4.58	1.26	
187	1469.54	40.66	4.82	4.36	1.26	
186	1469.15	40.47	4.77	3.97	1.27	
185	1469.15	40.32	5.17	4.93	1.28	
184	1468.46	40.33	3.98	5.06	1.28	
183	1464.48	39.90	3.97	5.19	1.29	
182	1473.50	39.57	6.51	5.81	1.29	Elevación del Pte: 45.25 msnm, cumple con el Nivel Máximo de Agua Extraordinario (NAME)
181	1470.44	39.33	4.74	5.55	1.30	No se afecta la población de Veladero
179	1469.09	38.75	5.29	4.57	1.31	
178	1468.94	38.52	5.01	3.92	1.33	
177	1468.60	38.27	3.98	4.11	1.34	
176	1468.54	37.78	4.60	3.75	1.35	
175	1468.48	37.39	4.64	4.75	1.36	
174	1468.43	36.94	4.81	4.55	1.37	
173	1468.29	36.56	5.08	4.44	1.37	

Sección	Caudal	Elevación del Nivel de Agua	Velocidad	Tirante	Tiempo	Observación
	(m ³ /s)	(m)	(m/s)	(m)	(hrs)	
172	1468.23	36.33	4.58	5.46	1.38	
171	1468.19	36.14	4.73	5.55	1.38	
170	1468.15	35.84	6.52	5.65	1.39	
160	1445.14	35.75	5.12	5.83	1.39	
150	1468.09	35.15	7.79	5.71	1.40	
149	1468.04	34.83	5.48	5.83	1.42	
148	1468.07	34.43	6.02	5.23	1.43	
147	1467.99	34.40	4.91	5.15	1.44	
146	1467.96	34.22	5.09	4.98	1.44	
145	1467.95	34.08	6.29	5.27	1.45	
144	1467.86	33.77	5.54	5.73	1.45	
143	1467.80	33.55	5.07	5.86	1.46	
142	1467.13	33.15	5.45	5.59	1.47	
132	1461.37	32.62	6.19	5.09	1.47	
122	1424.04	32.34	6.05	4.92	1.48	
121	1507.26	32.25	4.66	4.94	1.49	
120	1470.41	32.15	4.22	4.52	1.49	
119	1467.17	31.95	4.15	3.89	1.50	
118	1464.22	31.63	4.84	3.13	1.50	
117	1444.42	31.25	4.21	3.14	1.51	
116	1483.88	30.96	3.42	3.41	1.51	
115	1469.48	31.07	2.24	3.98	1.51	
114	1467.01	31.14	1.52	4.34	1.52	
113	1466.20	31.17	1.10	4.90	1.52	
112	1464.97	31.18	0.92	4.76	1.53	
111	1463.66	31.15	1.08	4.74	1.53	
110	1462.91	30.89	2.67	5.01	1.54	
109	1462.52	30.45	3.97	5.05	1.54	
108	1461.72	29.98	4.74	5.11	1.55	
107	1461.14	29.98	3.58	5.13	1.56	
106	1460.73	29.78	3.59	4.89	1.56	
105	1518.06	29.33	5.59	5.07	1.57	
104	1500.25	28.88	5.42	4.98	1.57	
103	1488.88	28.48	4.23	4.92	1.57	
102	1481.34	28.09	4.35	3.50	1.58	
101	1480.88	27.77	2.90	3.45	1.58	
100	1480.25	27.17	5.95	2.81	1.59	
90	1479.27	26.35	2.75	1.96	1.60	
80	1479.10	26.01	2.25	1.58	1.60	
70	1478.40	24.23	3.27	2.75	1.61	
60	1477.33	23.89	2.14	3.43	1.62	
59	1477.51	22.88	8.41	3.10	1.63	
49	1474.24	21.37	6.99	3.58	1.63	

Sección	Caudal	Elevación del Nivel de Agua	Velocidad	Tirante	Tiempo	Observación
	(m ³ /s)	(m)	(m/s)	(m)	(hrs)	
39	1494.05	20.74	4.62	3.68	1.64	
38	1477.22	20.34	4.78	3.97	1.65	
37	1477.03	19.84	6.59	4.15	1.66	
36	1476.87	19.30	5.48	4.19	1.67	
35	1476.75	18.93	5.32	4.05	1.68	
34	1476.69	18.49	5.49	3.76	1.69	
33	1476.64	18.06	4.80	3.42	1.69	
32	1476.22	17.94	4.05	3.48	1.70	
31	1476.20	18.06	3.15	4.35	1.70	
30	1476.29	17.41	4.93	3.56	1.71	
29	1472.50	16.80	6.33	2.96	1.71	
28	1441.26	16.18	4.80	2.87	1.72	
27	1499.63	15.95	3.39	3.28	1.72	
26	1476.11	16.03	2.61	3.96	1.72	
25	1473.33	15.88	2.83	4.07	1.73	
24	1472.88	15.80	2.82	4.31	1.73	
23	1472.93	15.66	3.01	4.61	1.73	
22	1472.65	15.42	3.44	4.95	1.74	
21	1472.65	15.36	3.33	5.14	1.74	
20	1472.49	15.13	3.67	5.08	1.75	
19	1472.08	14.78	4.21	4.90	1.75	
18	1471.39	14.31	4.85	4.59	1.76	
17	1471.80	14.87	2.58	5.31	1.77	
16	1471.80	14.82	2.60	5.42	1.77	
15	1471.66	14.59	3.20	5.33	1.78	
14	1471.77	14.67	2.57	5.73	1.78	
13	1471.62	14.32	3.44	5.42	1.79	
12	1471.61	13.57	5.06	5.20	1.80	
11	1471.24	12.96	7.22	5.09	1.80	
10	1470.85	12.33	5.18	4.70	1.80	
9	1469.86	12.54	3.40	5.25	1.81	
8	1470.01	12.64	2.60	5.57	1.81	
7	1469.94	12.49	3.01	5.30	1.81	No se afecta cantera en lado izquierdo
6	1470.00	12.50	2.81	5.46	1.81	
5	1469.99	12.45	2.69	5.37	1.82	
4	1470.03	12.45	2.46	6.34	1.82	
3	1470.02	12.37	2.63	6.68	1.82	
2	1470.03	12.35	2.69	7.23	1.83	
1	1470.03	11.74	5.92	6.19	1.90	

Las características de la brecha utilizadas fueron las típicas para fallas por sobrevertido en presas de gravedad, donde se consideran taludes verticales y tiempos de rotura muy pequeños menores a 15 min.

Esta situación de emergencia **no aplica** debido a que al analizar los resultados de la Modelación Hidráulica en HEC-RAS y el desarrollo de los mapas de las planicies de inundación aguas abajo de la Presa El Corro muestran que el cauce del Río Estí, Gualaca y Chiriquí tienen capacidad suficiente para transitar la avenida de 1:1000 años.

Colapso Estructural del Canal de Aducción en la Estación 2k+860

Para el análisis hidráulico del rompimiento del Canal de Aducción se realizó en 2 etapas. La primera etapa fue el rompimiento lateral del canal como dique lo cual generó un hidrograma de salida. Y la segunda etapa que fue transitar este hidrograma de salida por las secciones transversales de la Quebrada Los Espinos hasta la confluencia con el Río Estí.

Para la primera etapa del rompimiento lateral del canal con la estructura lateral, se utilizaron 5 secciones transversales del Canal de Aducción separadas en 20 metros cada una que suman un total de 100 metros (ver Figura N° 20).

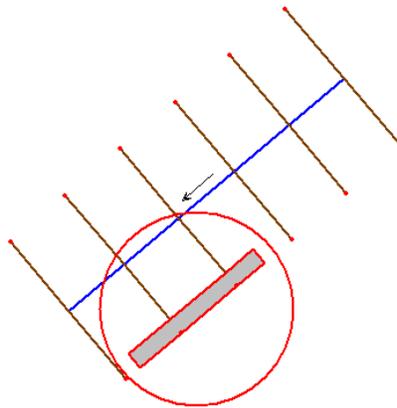


Figura N° 20. Secciones Transversales del Canal y la Estructura Lateral por donde se va romper el Canal

El tipo de falla de la estructura lateral que se utilizó para el modelo de rompimiento del canal fue de tubificación (piping).

Para la segunda etapa del Modelo (Secciones Transversales aguas abajo de la Rotura del Canal) se utilizaron 103 secciones transversales aguas abajo de la estructura de drenaje del Canal (ver Figura N° 21), por el cual pasa una quebrada. Para que el modelo se pudiera ejecutar correctamente se tuvo que interpolar algunas secciones en los datos geométricos.

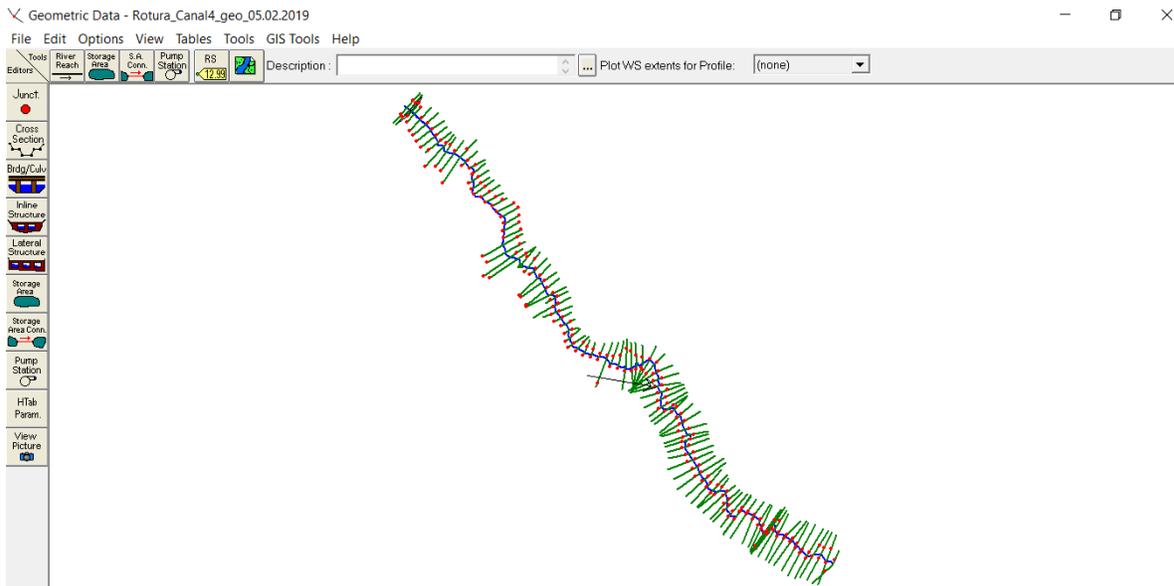


Figura N° 21. Esquema del Modelo HEC-Ras de las Secciones Aguas Abajo de la Rotura del Canal de Aducción

Una vez se obtiene el hidrograma de salida de la primera parte del modelo (ver Tabla N° 18), se introduce este mismo hidrograma en “Unsteady flow data” de la segunda etapa del modelo.

Tabla N° 18 Hidrograma para la segunda etapa de la modelación del rompimiento del Canal.

Hora	Caudal	Hora	Caudal
0:00	113.05	13:30	112.91
0:30	113.07	14:00	112.91
1:00	113.07	14:30	112.91
1:30	113.07	15:00	112.91
2:00	113.07	15:30	112.91
2:30	113.06	16:00	112.91
3:00	113.06	16:30	112.91
3:30	113.06	17:00	112.91
4:00	113.06	17:30	112.91
4:30	113.06	18:00	112.91
5:00	112.85	18:30	112.9
5:30	113.06	19:00	112.88
6:00	94.85	19:30	112.91
6:30	102.55	20:00	112.85
7:00	113.04	20:30	112.85
7:30	102.1	21:00	112.85
8:00	113.05	21:30	112.84
8:30	112.99	22:00	112.84
9:00	112.94	22:30	112.84
9:30	112.93	23:00	112.84
10:00	112.93	23:30	112.84
10:30	112.93	0:00	112.84
11:00	112.93	0:30	112.83
11:30	112.92	1:00	104.51
12:00	112.92	1:30	102.02
12:30	112.92		
13:00	112.92		

Los resultados de la modelación para la crecida ordinaria se presentan en la Tabla N° 19.

Tabla N° 19 Resumen Hidráulico de la Salida de Colapso Estructural del Canal de Aducción en estación 2k+860

Seccion	Caudal	Elevación del Nivel de Agua	Tiempo	Tirante	Observación
	(m ³ /s)	(msnm)	(hrs)	(m)	
103	113.05	96.81	0.00	2.81	
102	113.07	96.90	0.00	2.69	
101	113.07	96.55	0.01	2.37	
100	113.07	96.30	0.01	2.04	
99	113.07	95.97	0.01	1.97	
98	113.06	95.59	0.01	1.59	
97	113.06	95.22	0.02	1.22	
96	113.06	94.86	0.02	0.86	Afectación de 86 cm de altura de agua en casa
95	113.06	94.42	0.02	0.69	Afectación de 69 cm de altura de agua en casa
94	113.06	93.87	0.03	0.56	
93	112.85	93.44	0.03	0.80	
92	113.06	92.83	0.03	0.83	
91	94.85	92.36	0.04	0.94	
90	102.55	92.22	0.04	0.65	
89	113.04	91.49	0.05	0.67	
88	102.10	90.88	0.05	1.88	
87	113.05	90.40	0.06	1.40	Afectación de 1.40 metros de altura de agua en casa
86	112.99	89.86	0.06	1.23	Afectación de 1.25 metros de altura de agua en casa
85	112.94	89.87	0.06	1.87	Afectación de 1.87 metros de altura de agua en casa
84	112.93	89.81	0.07	1.81	Afectación de 1.81 metros de altura de agua en casa
83	112.93	89.79	0.08	2.01	
82	112.93	89.81	0.08	2.52	
81	112.93	89.82	0.09	2.80	
80	112.92	89.81	0.10	2.81	
79	112.92	89.69	0.11	1.69	
78	112.92	89.23	0.12	1.23	
77	112.92	88.67	0.12	1.17	
76	112.91	88.51	0.13	1.00	
75	112.91	88.38	0.14	1.25	
74	112.91	88.18	0.14	2.18	
73	112.91	87.99	0.17	1.99	
72	112.91	87.44	0.21	1.44	

Seccion	Caudal	Elevación del Nivel de Agua	Tiempo	Tirante	Observación
	(m ³ /s)	(msnm)	(hrs)	(m)	
71	112.85	86.64	0.22	1.20	
70	112.85	86.61	0.23	1.61	Afectación de 1.61 metros de altura de agua en casa
69	112.85	86.58	0.24	1.58	Afectación de 1.58 metros de altura de agua en casa
68	112.84	86.43	0.24	1.43	Afectación de 1.43 metros de altura de agua en casa
67	112.84	86.32	0.25	2.32	
66	112.84	85.95	0.25	1.95	
65	112.84	85.91	0.26	1.91	
64	112.84	85.63	0.26	1.63	
63	112.84	85.16	0.27	1.16	
62	112.83	84.56	0.27	0.65	
61	104.51	83.78	0.28	0.78	
60	102.02	83.37	0.28	1.35	
59	112.84	82.84	0.29	0.69	
58	99.37	82.52	0.29	1.52	
57	112.84	82.19	0.30	1.84	
56	112.83	81.70	0.30	1.70	
55	112.83	81.50	0.31	1.50	
54	112.83	81.15	0.32	1.15	
53	112.83	80.71	0.33	1.71	
52	112.83	80.03	0.33	1.03	
51	112.83	79.32	0.34	1.32	
50	112.83	78.97	0.35	1.97	
49	112.83	78.70	0.35	1.70	
48	112.83	78.36	0.36	1.36	
47	112.83	77.67	0.37	1.67	
46	112.83	77.08	0.37	2.08	
45	112.83	76.77	0.38	1.77	
44	112.83	76.54	0.39	2.54	
43	112.81	76.25	0.40	1.42	
42	112.79	75.93	0.41	1.93	
41	112.79	75.95	0.42	1.95	
40	112.79	75.93	0.43	1.93	
39	112.79	75.61	0.43	1.61	
38	112.79	75.34	0.43	1.34	
37	112.79	75.13	0.43	2.13	
36	112.78	74.87	0.43	1.87	
35	112.78	74.80	0.44	1.80	
34	112.77	74.68	0.44	1.68	
33	112.77	74.54	0.44	1.54	

Seccion	Caudal	Elevación del Nivel de Agua	Tiempo	Tirante	Observación
	(m ³ /s)	(msnm)	(hrs)	(m)	
32	112.77	74.37	0.44	1.37	
31	112.77	74.23	0.44	1.23	
30	112.77	74.12	0.44	1.12	
29	112.77	73.86	0.45	0.86	
28	112.77	73.60	0.46	1.60	
27	112.76	73.21	0.47	1.21	
26	112.75	72.84	0.47	1.11	
25	112.75	72.88	0.48	1.88	
24	112.75	72.65	0.49	1.65	
23	112.75	72.41	0.53	1.41	
22	112.75	72.38	0.56	2.03	
21	112.75	72.08	0.58	1.08	
20	112.75	71.80	0.59	1.80	
19	112.74	71.49	0.61	1.49	
18	112.74	70.92	0.61	1.92	
17	112.73	70.29	0.62	1.29	
16	112.73	69.80	0.63	0.80	
15	110.26	69.34	0.63	1.34	
14	114.83	69.24	0.64	1.24	
13	113.16	69.00	0.65	1.53	
12	113.00	68.07	0.66	1.81	
11	112.84	67.78	0.66	0.78	
10	112.75	67.11	0.67	2.11	
9	112.74	66.45	0.68	1.45	
8	112.74	65.86	0.68	1.86	
7	112.74	65.06	0.69	1.06	
6	112.74	63.98	0.69	1.98	
5	112.74	62.68	0.70	1.68	
4	112.74	61.70	0.70	1.70	
3	112.74	61.14	0.71	1.14	
2	112.74	59.52	0.71	1.14	
1	112.74	58.55	0.72	2.03	

4.3 Por Apertura Súbita de Compuertas

Para la condición de apertura súbita de la compuerta del vertedero controlado de la Presa Gualaca, en la cual se abrió en su totalidad (10.50 metros) de forma repentina.

El caso que la compuerta no cierre, no genera riesgo a la presa, aunque la situación impide generación hidroeléctrica.

De acuerdo con la Regla de Operación del Vertedero Controlado de Julio 2010 hecho por Tractebel Engineering GDF Suez se toma en cuenta las condiciones en la pág. 1 y 2:

Pág 1: la capacidad de diseño del vertedero libre y controlado son 980 m³/s y 520 m³/s respectivamente. El caudal máximo instantáneo de descarga sumado en ambos vertederos sería un total de 1500 m³/s. Como este escenario de apertura de compuertas se asume en condiciones normales, se utilizará un hidrograma 1 en 50 años que tiene un caudal máximo instantáneo de 944 m³/s.

Pág. 2: Para $NA_{EMB} > 102.10$ msnm – Operación del vertedero controlado en apertura total. Por lo tanto se introdujo una altura de 10.50 metros, que es la altura donde la compuerta está abierta en su totalidad.

Tabla N° 20 Hidrograma de entrada con Periodo de Recurrencia 1 en 50 años.

Hora	Caudal	Hora	Caudal	Hora	Caudal
0:00	344	18:30	390	13:00	297.69
0:30	368	19:00	386	13:30	290.5
1:00	409	19:30	381	14:00	283.31
1:30	451	20:00	378	14:30	276.13
2:00	494	20:30	375	15:00	268.94
2:30	539	21:00	372	15:30	261.75
3:00	595	21:30	369	16:00	254.56
3:30	692	22:00	366	16:30	247.38
4:00	759	22:30	363	17:00	240.19
4:30	821	23:00	360	17:30	233
5:00	896	23:30	357	18:00	225.81
5:30	944	0:00	354	18:30	218.63
6:00	927	0:30	351	19:00	211.44
6:30	900	1:00	348	19:30	204.25
7:00	872	1:30	345	20:00	197.06
7:30	839	2:00	455.81	20:30	189.88
8:00	832	2:30	448.63	21:00	182.69
8:30	827	3:00	441.44	21:30	175.5
9:00	760	3:30	434.25	22:00	168.31
9:30	718	4:00	427.06	22:30	161.13
10:00	665	4:30	419.88	23:00	153.94
10:30	641	5:00	412.69	23:30	146.75
11:00	619	5:30	405.5	0:00	139.56
11:30	587	6:00	398.31	0:30	132.38

Tabla N° 20 Hidrograma de entrada con Periodo de Recurrencia 1 en 50 años.

Hora	Caudal	Hora	Caudal	Hora	Caudal
12:00	572	6:30	391.13	1:00	125.19
12:30	534	7:00	383.94	1:30	118
13:00	500	7:30	376.75		
13:30	467	8:00	369.56		
14:00	458	8:30	362.38		
14:30	449	9:00	355.19		
15:00	437	9:30	348		
15:30	424	10:00	340.81		
16:00	417	10:30	333.63		
16:30	409	11:00	326.44		
17:00	404	11:30	319.25		
17:30	400	12:00	312.06		
18:00	395	12:30	304.88		

A continuación, en la Figura N° 22 se muestra el hidrograma de entrada con periodo de retorno 1 en 50 años donde se evidencia un caudal máximo de 944 m³/s.

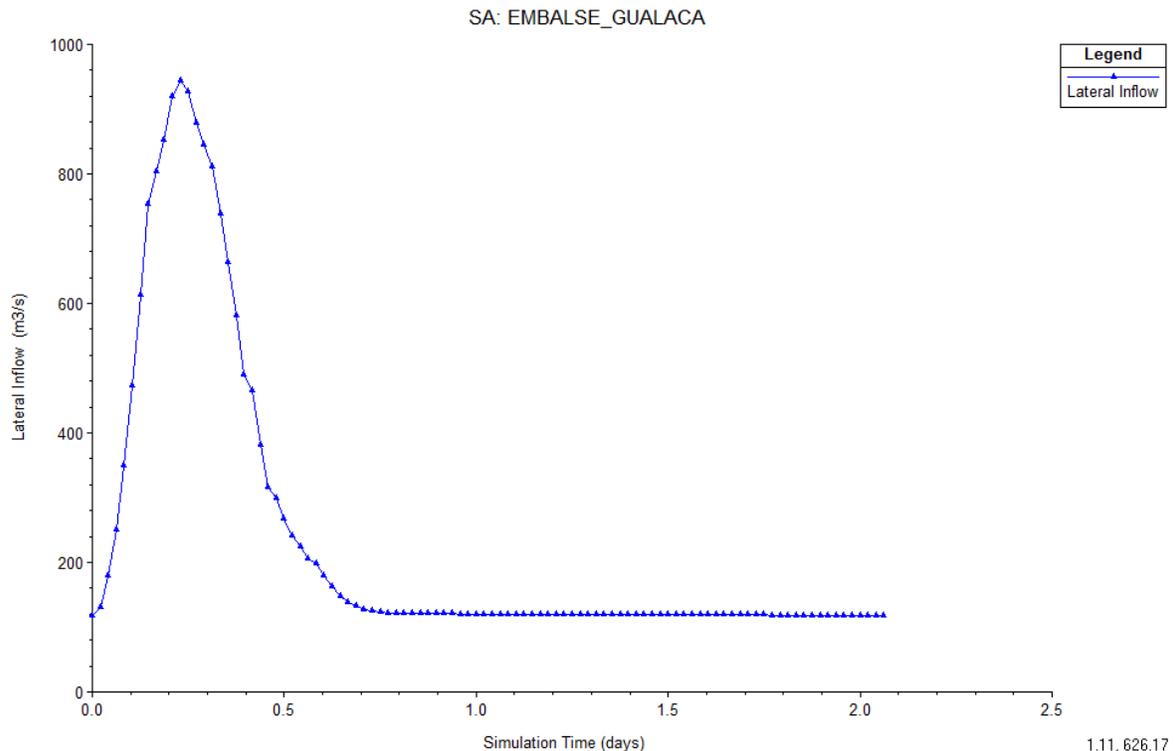


Figura N° 22. Hidrograma de la Crecida con periodo de retorno 1 en 50 años

Esta situación de emergencia no **aplica** debido a que al analizar los resultados de la Modelación Hidráulica en HEC-RAS y el desarrollo del mapa de planicie de inundación aguas abajo de la Presa Gualaca muestra que el cauce del Río Estí, Gualaca y Chiriquí tienen capacidad suficiente para transitar la avenida de 1:50 años.

De acuerdo con el análisis hidráulico de este escenario tampoco ocasiona afectaciones en las Comunidades aguas abajo de la Presa Gualaca, por lo tanto no aplica esta situación de emergencia.

Entre las posibles causas de una apertura súbita de compuerta se pueden señalar las siguientes; funcionamiento inadecuado del sistema; un sabotaje; o por vibraciones generadas por un sismo. En la Tabla N° 21 se observan las afectaciones aguas y los caudales desalojados por una apertura súbita de compuertas del vertedero controlado.

Tabla N° 21. Descarga por Apertura Súbita de las Compuertas		
Descripción	Caudal (m ³ /s)	Afectaciones
Por apertura súbita de la compuerta del vertedero controlado	1141	No hay afectaciones aguas abajo

4.4 Por Falla de Operación de las Estructuras Hidráulicas de Descarga

Para este caso, se analizan dos condiciones, cuando la compuerta no abre o no cierra. El caso que la compuerta no cierre, no genera riesgo a la presa, aunque la situación impide generación hidroeléctrica. En caso que la compuerta no abra, por cualquier motivo, creará un embalse aguas arriba que hará rebasar el agua sobre la cresta de la presa (103.50 msnm) y la cresta de los muros de encauzamiento. Para este caso, el caudal para un periodo de retorno 1 en 50 años en condiciones normales de operación es de 944 m³/s, el cual descargará por el vertedero libre. La capacidad de diseño del vertedero libre es de 980 m³/s, por lo tanto el vertedero libre tiene capacidad para desalojar 944 m³/s aguas abajo.

Siendo este caudal menor a la crecida de diseño, analizada previamente, esta situación de emergencia no aplica, ya que no ocasionará afectaciones en los terrenos localizados aguas abajo de la Presa Gualaca.

En caso de que la compuerta esté abierta en su totalidad y no cierre, para este caso, el caudal con periodo de retorno 1 en 50 años en condiciones normales será

944m³/s (que se distribuye en el vertedero libre y controlado). Las capacidades de diseño de los vertederos libre y controlado son 980 y 520 m³/s respectivamente que suman un total de 1500 m³/s. Por lo tanto ambos vertederos tiene capacidad para desalojar el caudal de 944 m³/s en condiciones normales.

De acuerdo con el análisis hidráulico para la condición en la cual la compuerta no cierra este escenario tampoco ocasiona afectaciones en las Comunidades aguas abajo de la Presa Gualaca, por lo no tanto **no aplica** esta situación de emergencia.

Entre las posibles causas se pueden señalar las siguientes; funcionamiento inadecuado del sistema; un sabotaje; por vibraciones generadas por un sismo, por daños mecánicos por falta de mantenimiento, vandalismo o la suspensión de la energía eléctrica.

La Tabla N° 22 presenta las afectaciones aguas y los caudales máximos desalojados por una falla de operación de las estructuras hidráulicas de descarga.

Tabla N° 22 Descarga máxima por Falla de Operación de las Estructuras Hidráulicas de Descarga.

Descripción	Caudal (m ³ /s)	Afectaciones
Falla de Operación de las Estructuras de Descargas (compuerta no abre)	980	El vertimiento se da por el vertedero libre diseñado para 980 m ³ /s. No se identificaron afectaciones aguas debajo de la presa
Falla de Operación de las Estructuras de Descargas (compuerta abre)	1500	Hay vertimiento por los vertederos libre y controlado. No se identificaron afectaciones aguas debajo de la presa.

4.5 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 Presas, 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.

Realizados los análisis se ha identificado que el escenario de vaciado controlado o vaciado rápido **“No aplica”** para la presa de Gualaca ya que las estructuras de vertido o vaciado tienen capacidad de desalojar el agua contenida en el embalse y el cauce del río la capacidad de transitar la avenida.

5 ESTUDIO DE AFECTACIÓN DE LA RIBERA DE EMBALSE Y VALLE

El estudio de afectación de ribera de embalse y valle de la Central Hidroeléctrica Gualaca 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”.

Este análisis se realizará basada en información suministrada por la empresa Bontex, S.A., y aquella obtenida de las visitas de campos del área de influencia de la Central Hidroeléctrica Gualaca.

Este estudio se realiza para determinar las zonas inundables aguas abajo de la presa. Como medidas de mitigación se podrán adquirir los terrenos involucrados, elaborar programas de manejo de la planicie de inundación y otros programas tendientes a reducir daños por los efectos mencionados. La información debe ser desarrollada y documentada adecuadamente para liberar los usos de las tierras que carecen de riesgos de inundación.

- **Por la ocurrencia de diferentes ondas de Crecidas:** Este escenario corresponde a los siguientes escenarios de emergencia: vertimiento por crecidas ordinarias y extraordinarias, colapso estructural por condiciones de operación normal y colapso estructural por condiciones de operación extraordinaria. En este escenario se debe obtener la mancha de inundación en caso de darse crecidas ordinarias y extraordinarias, Crecida de 1:50 y de 1:1,000 años de recurrencia respectivamente, ó en el caso de darse la rotura de la presa con buen tiempo o rotura de la presa con crecida extraordinaria.
- **Por remanso hidráulico.** Este escenario ocurre bajo condiciones de crecidas ordinarias y extraordinarias y 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:** Este escenario no aplica, ya que, la presa Gualaca, cuenta con un vertedero libre y un vertedero controlado. El uso del vertedero libre y controlado están condicionados a la regulación; por lo tanto, su uso no podrá ser más frecuente de lo originalmente previsto.
- **Por cambios en las funciones de la presa:** Este escenario no aplica, ya que, la presa y las estructuras de la Central Hidroeléctrica Gualaca, han sido diseñadas para el uso de la generación hidroeléctrica. No se tiene previsto utilizar estas estructuras para otro tipo de uso. De darse cambios o restricciones en el uso del agua, esto afectaría la operación de la Central y

su producción, pero no habría consecuencias perjudiciales a la comunidad ubicada aguas abajo de la presa.

- **Por transporte de sedimentos:** Este escenario aplica para el análisis, ya que la obra de contención permite la acumulación de sedimentos en la zona de embalse.
- **Por inundación súbita:** Este escenario no aplica, ya que la obra de contención posee estructuras hidráulicas para el manejo de crecidas extraordinarias.

En términos generales, los escenarios de afectaciones de riberas de embalse y valles tendrán influencia en los varios distritos cercanos a los ríos Estí, Gualaca y Chiriquí. (Ver Tabla N° 23).

Tabla N° 23: Distrito y corregimiento influenciados negativamente por los escenarios de afectaciones de ribera de embalse y valles			
Distritos	Corregimientos	Población	Viviendas
Ninguno	Ninguno	Ninguna	Ninguna

6 SIMULACROS DE EMERGENCIA

Los simulacros o simulaciones tienen el propósito de presentar las situaciones previstas en el PADE, las cuales serán ensayadas periódicamente, anualmente, con el fin de que el personal de la Central Hidroeléctrica Gualaca adquiera los adecuados hábitos de comportamiento. Se busca con esto la actualización del PADE y la capacitación de todos los actores involucrados. Para lograr esto se simulará la ocurrencia de las situaciones de emergencia para los eventos descritos en el punto 5. *Situaciones de emergencia.*

El Coordinador del PADE, será el encargado de programar, coordinar y dirigir el simulacro de la situación de emergencia.

Se espera que en las simulaciones o simulacros que se planteen cumplan con el objetivo de integrar al personal de la Central Hidroeléctrica Gualaca con los estamentos de seguridad involucrados en los diferentes escenarios.

Los ejercicios de simulacro o simulación 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. No obstante, el ejercicio se interrumpirá cuando durante su desarrollo acontezca con

situación extraordinaria o de emergencia real o sea imprescindible la atención del personal para garantizar la operación normal de la central.

Para ello se simulará la ocurrencia de Situaciones de Emergencia aplicables descritas en el *punto 5 Situaciones de Emergencia* de este documento, donde se debe poner a prueba la operatividad de los equipos y del personal responsable de la operación de la Central Gualaca.

La definición de cada simulación debe incluir como mínimo:

- Nivel de dificultad planteado.
- Objetivos buscados.
- Personal al que va dirigido.
- Descripción de la situación de emergencia simulada.
- Desarrollo detallado del ejercicio.

Bontex, S.A, realizará las simulaciones de manera que contengan un grado creciente de realismo. Empezará con los niveles más bajos de simulaciones, los cuales consisten en la verificación de los sistemas de comunicaciones, los números telefónicos, nombres y cargos de los responsables en los diagramas de aviso.

Una vez que se realicen los niveles más bajos, Bontex, S.A. procederá a realizar presentaciones en los que se discutan las acciones a seguir en caso de una de las situaciones de emergencia, siguiendo con ejercicios de gabinete, hasta los simulacros. Además, no realizará un nivel más alto de simulación si no se han comprendido las consignas y procedimientos del anterior.

La simulación o simulacro tendrán las siguientes características;

- La duración del escenario del ejercicio de la simulación o simulacro será como mínimo de 24 horas.
- Las simulaciones pueden incluir múltiples fallas.
- En cada simulación debe plantearse un escenario de emergencia diferente.
- Se verificará la efectividad y funcionamiento de sensores automáticos disparándolos manualmente, o bien simulando y dando la alarma en forma verbal.
- Se verificará como se manejarán los equipos (para apertura o cierre, tales como vertederos y otras estructuras hidráulicas de descarga) ante alguna de los siguientes escenarios:
 - Operación del embalse para el caso de una crecida extraordinaria, alertada y verificada a partir del conocimiento del pronóstico con suficiente antelación.
 - Alarma y manejo automático de la rotura de otra presa aguas arriba.

- Cierre automático de los equipos de operación en caso de sismos.
- Apertura automática de elementos de operación del embalse
- Puesta a salvo del personal de operación de la presa.
- Comunicación 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.

Por otra parte el personal de Bontex, S.A. debe contar con las condiciones para operar la emergencia en forma segura para lo cual se considera que es necesario que Bontex, S.A. cuente 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.

Cada simulación debe comprender un análisis detallado de la situación de emergencia simulada, la forma en que se presenta, los tiempos en que se produce cada evento, las consecuencias que pueden seguir a cada decisión adoptada. Además, será una preparación para una acción posible que encierra una gran responsabilidad.

En el ejercicio participará todo el personal necesario para llevar a cabo las tareas a realizar de acuerdo a la situación de emergencia en simulacro. Se excluirá de la participación del ejercicio, total y parcialmente, al personal necesario para mantener la central en operación normal durante el simulacro.

Al término de cada simulación, Bontex,S.A., presentará a SINAPROC con copia a la UTESEP un informe con el siguiente contenido mínimo:

- Descripción del ejercicio planteado
 - Nivel de dificultad planteado
- Desarrollo 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.

7 PLANIFICACIÓN DE LAS ACCIONES DURANTE EMERGENCIAS (PADE)

El Plan de Acción Durante Emergencia (PADE) es un plan formal escrito que identifica los procedimientos y acciones que Bontex, S.A. deberá seguir durante los escenarios de emergencia establecidas en la Resolución AN-3932-ELEC del 2010 y que aplican a la Central Hidroeléctrica Gualaca.

El PADE permite al personal de la Central Hidroeléctrica Gualaca tomar decisiones durante una emergencia y la coordinación con entidades gubernamentales especializadas en protección a la vida y autorizadas para una acción inmediata y eficiente de acuerdo al tipo de alerta que se genere, sin perder las responsabilidades como operador de la CH Gualaca.

Este plan se centra en las siguientes etapas:

Prevención: La mejor manera de manejar una crisis es evitarla. Por lo tanto la capacitación del personal de la Central, y el desarrollo de metodologías destinadas a minimizar los riesgos son parte integral de este PADE. La empresa cuenta con un Sistema de Gestión de Seguridad, Salud Ocupacional y Ambiente (SSA) el cual está enfocado en la prevención. En la medida que se mantengan los controles operacionales establecidos en el SSA, la probabilidad de ocurrencia de eventos que puedan resultar en emergencias se puede mantener en un nivel mínimo aceptable.

Preparación: Las actividades de preparación son aquellas que permiten mantener a la organización en capacidad de responder a las emergencias eficiente y efectivamente, si llegasen a fallar los controles operacionales. La preparación involucra las siguientes actividades, entre otras:

- Revisar anualmente el Plan de Emergencias SSA-DMA-PLAN001 y el PADE, después de cada ejercicio o simulación, simulacro o emergencia. Actualizar de ser necesario y aprobar internamente.
- Divulgar a todos los colaboradores de la Central Hidroeléctrica Gualaca, especialmente a los grupos de emergencias, a las entidades involucradas y a las comunidades en riesgo de vulnerabilidad.
- Actualizar el Análisis de Vulnerabilidad cada dos años o cuando surjan cambios significativos en las operaciones, e incorporar los cambios que resulten de estas actualizaciones según el procedimiento SSA-PROC009 Identificación de Emergencias Potenciales.
 - Organizar al menos una (1) vez al año ejercicios de simulación o simulacros que pongan a prueba la Organización de Administración y Respuesta de Emergencias (OARE) y que permitan la identificación de

deficiencias en el Plan de Emergencias SSA-DMA-PLAN001 y el PADE para su mejora continua.

- Identificar, establecer y mantener las relaciones y/o contactos, o acuerdos de asistencia mutua con los Recursos Externos de Respuesta de Emergencias.
- Mantener actualizados los números telefónicos e información de contacto del personal de la OARE, el PADE y los Recursos Externos de Respuesta de Emergencias.

Respuesta: Se refiere a la puesta en práctica de los procedimientos para atender las situaciones de emergencia aplicables y de acuerdo al tipo de alerta indicada por la emergencia. El orden de prioridades en las actividades de respuesta es:

- Preservar la vida humana
- Preservar la calidad ambiental
- Preservar la continuidad del negocio

Recuperación: Es parte del PADE las acciones de corrección y restablecimiento de la operación normal de la Central Hidroeléctrica Gualaca. El tiempo de recuperación dependerá del tipo de emergencia o situación de emergencia y de cómo se ha desarrollado. Las instrucciones y/o guías de respuesta presentadas en este Plan aplican a todo el personal de la CH Gualaca, a sus contratistas, proveedores, visitantes y cualquier otro personal vinculado con la empresa, mientras se encuentre dentro de las instalaciones de la Central. Estas actividades incluyen típicamente:

- El aseguramiento de las instalaciones afectadas por una emergencia.
- La identificación y valoración de los daños sufridos.
- La limpieza de escombros, materiales y/o equipos afectados por la emergencia y,
- La reactivación parcial o total de las operaciones.

Como documento, es un manual que, con mayor o menor rigidez, establece posibles acciones a seguir en caso de emergencias. La importancia de analizar todos los aspectos de una posible emergencia con algún equipo o procedimiento, lleva a adoptar medidas preventivas correctas y preparar a las personas para tomar las acciones más adecuadas que minimicen los efectos nocivos de dichas emergencias.

De acuerdo a las emergencias que se pueden presentar en la Central Hidroeléctrica Gualaca, y que ponen en riesgo la seguridad de las instalaciones, personas y el ambiente, la más inminente va dirigida hacia la presa Gualaca.

Estas emergencias se han identificado básicamente de origen natural y de tipo humano, los cuales se agravan en situaciones que se vean involucradas por las actividades humanas; entre estos riesgos se pueden mencionar:

a) Naturales:

- Crecidas
- Niveles de aguas inusuales
- Deslizamientos de tierra o falla de los taludes
- Sismos o terremotos.

b) Humano

- Sabotaje
- Vandalismo
- Operación inadecuada de los equipos de la Casa Máquina y Bocatoma

La presa Gualaca fue diseñada y proyectada con márgenes de seguridad suficientes para las diferentes contingencias que el mismo pueda soportar a lo largo de su vida útil. Las emergencias consideradas en este plan son las siguientes:

- Vertimiento bajo condiciones de crecidas ordinarias y extraordinarias
- Colapso Estructural, no solo de la presa si no de los canales de aducción, en Condición de Operación Normal
- Por Colapso Estructural, no solo de la presa si no de los canales de aducción, 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

En caso que se dé una emergencia por las situaciones antes mencionadas o cualquier otra anomalía las acciones inmediatas a tomar son:

- Identificación, evaluación y clasificación de la situación
- Notificación del manejo de emergencia (Diagramas)
- Mitigación de la situación

7.1 Prevención

Lo esencial para Bontex, S.A., es la prevención de cualquier tipo de emergencias, por lo que la empresa se ha organizado para enfrentar cualquier eventualidad de este tipo, capacitando y preparando al personal de manera regular en la forma de responder en caso de presentarse cualquier situación de emergencia.

Al presentarse una situación de emergencia, el primer anillo para identificar y los más aptos para contrarrestar los efectos negativos de ésta, son los propios colaboradores debidamente entrenados. Por lo que un Plan de Emergencia preestablecido haciendo partícipe a los propios colaboradores, el entrenamiento regular y la actualización del plan es el mecanismo más eficaz y eficiente para dar respuesta rápida y de manera coordinada a cualquier situación de emergencia que se presente.

7.2 Identificación de las Emergencia

Para identificar y mitigar posibles fallas producto de la naturaleza se realizan inspecciones y revisiones periódicas por parte del personal de operaciones y los debidos registros y cronogramas de mantenimientos preventivos de los equipamientos. Se ha capacitado al personal de operaciones para operar los equipos adecuadamente, también se cuenta con los Manuales de Operación, Mantenimientos y Normas de seguridad operacionales.

Las acciones a seguir serán de gran importancia para cumplir con el objetivo del PADE.

Detección de la Anomalía

La detección inmediata de la anomalía es probablemente la actividad más importante para minimizar los daños relacionados, con las emergencias identificadas en el PADE. Cuando una emergencia ocurre, la persona o las personas que descubren el evento tienen la responsabilidad principal de Activar el Plan de Emergencias SSA-DMA-PLAN001 haciendo lo siguiente⁴:

- 1) Comunique al personal de la Sala de Control por radio o llamando al 7269014 o a la Garita principal 726-9000 ext. 201 la siguiente información crítica:
 - a) Su Nombre,
 - b) Detalles de la Emergencia:

⁴ Extracto del Plan de Emergencia SSA-DMA-PLAN001

- i) Lo que ocurre
 - ii) Lugar Específico donde se desarrolla la emergencia
 - iii) Hora, ¿Cuándo ocurrió?
 - iv) ¿Qué daños observa?
 - v) Magnitud
 - vi) ¿Qué otros riesgos observa?
 - vii) Asistencia Requerida
- c) Cerciórese de mantenerse en línea (NO cuelgue el teléfono) o esté pendiente de la radio hasta que el personal de la Sala de Control le indique que cuelgue.
- 2) Realice las actividades de mitigación requeridas, si cuenta con el entrenamiento y el equipo requeridos y si lo puede hacer de forma segura.
 - 3) Desaloje el área, si la situación se torna peligrosa.
 - 4) Manténgase alerta para comunicar al Equipo de Respuesta de Emergencias (ERE) cualquier información importante.

Los operadores y el Coordinador del PADE, deberán conocer, cuáles son los factores determinantes para declarar una emergencia. Las causas de emergencia pueden darse en conjunto o individualmente. Un deterioro progresivo o rápido de estas situaciones pueden provocar hasta la rotura o fallo grave del funcionamiento del canal de aducción hasta la cámara de carga o bocatoma.

Si existe el peligro de daños aguas abajo y/o sus instalaciones y no se puede asegurar con certeza que pueda ser controlado mediante la aplicación de las medidas correctivas y medios disponibles, el Operador de planta o en su defecto el Coordinador del PADE, activará inmediatamente el Plan de Acción Durante Emergencias (PADE) y de acuerdo al tipo de alerta, se pondrá en práctica el diagrama de notificación que se describe en el punto 7.3 *Diseño de Diagramas de Aviso*.

7.2.1 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. Según la resolución de ASEP AN No. 3932-Elec Panamá, 22 de octubre de 2010, los tipos de alerta son los siguientes:

Los tipos de alerta son:

- Alerta Blanca
- Alerta Verde
- Alerta Amarilla
- Alerta Roja.

Según la resolución de ASEP AN-No 11761 del 9 de noviembre de 2017 donde se establece que para las Alertas Blanca, Verde, Amarilla y Roja deben ser declaradas por el Responsable Primario, en ese caso Bontex, S.A., notificará directamente la magnitud y evolución de los caudales que transportará el río aguas abajo de la presa.

En el Tabla N° 25 se presenta el resumen de los tipos de alertas, la identificación de la emergencia, la característica de la emergencia y su desarrollo.

Tabla N° 24: Tipo de Alerta, Identificación y Características de la Emergencia

Alertas	Identificación de la emergencia	Características
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 sísmicos alejados de la zona de las presas o cuando se detectaron anomalía susceptibles de comprometer la integridad de las obras en un plazo relativamente corto.</p>
Verde	Preocupaciones serias	<p>Se está desarrollando un comportamiento anormal o una situación de contingencia en la(s) presa(s). En esta situación se presenta una erogación imprevista de caudales que puede ser provocado por el comportamiento anormal de una presa o estructura componente de la misma.</p> <p>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>
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>

Tabla N° 24: Tipo de Alerta, Identificación y Características de la Emergencia

Alertas	Identificación de la emergencia	Características
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.

7.3 Diseño de Diagramas de Aviso

Para las situaciones de emergencias señaladas en el punto 5. “*Situaciones de Emergencia*”, el Personal designado para activar el PADE, ya sea el Gerente General o en caso alternativo el Coordinador del PADE o el Operador de Gualaca, notificará según el Diagrama de Aviso respectivo.

Para cada una de situaciones de emergencias, según la Tabla N° 26, se presentan los Diagramas de Avisos respectivos, de acuerdo al tipo de alerta declarado.

Tabla N° 25. Definición de Alertas para cada Situación de Emergencia en Gualaca

Situaciones de emergencias “Norma para la seguridad de Presas”	Tipo de Alerta	Punto de la Resolución
Bajo Condiciones de crecidas Ordinarias y Extraordinarias	Blanca	9.3.1
Por Colapso Estructural en Condiciones de Operación Normal	Roja	9.3.2
Por colapso Estructural durante Crecidas Extraordinarias	Amarilla Roja	9.3.3
Por Apertura Súbita de Compuertas	No Aplica (Blanca)	9.3.4

Tabla N° 25. Definición de Alertas para cada Situación de Emergencia en Gualaca

Situaciones de emergencias “Norma para la seguridad de Presas”	Tipo de Alerta	Punto de la Resolución
Por Falla de Operación de las Estructuras Hidráulicas de Descarga	No Aplica (Blanca)	9.3.5
Por Vaciado Controlado o Vaciado Rápido a causa de un problema en la presa	No Aplica (Blanca)	9.3.6

Los diagramas de aviso sintetizan de forma clara y sucinta los esquemas de comunicación para cada condición de emergencia, además de indicar el orden o jerarquía prevista, las personas a notificar, los cargos jerárquicos que ocupan, sus alternos y los medios de comunicación principales y alternativos.

Los diagramas de aviso se han diseñado y elaborado siguiendo las directrices de la Resolución AN No 3932-Elec del 22 de octubre de 2010 y Resolución AN No 11761 del 9 de noviembre de 2017 las cuales incluye a la Unidad Técnica de Seguridad de Presas de ASEP (UTESEP).

Entidades a Ser Notificadas

Debido a la posibilidad de algunos tipos de emergencias antes mencionadas describimos una serie de entidades que deben ser notificadas en casos de emergencias:

- **Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC):** Ente Regulador especialista responsable del manejo de emergencias y de la protección de la población y como tal será el coordinador de las acciones a tomar en un desastre.
- **Policía Nacional:** Apoyo con unidades de seguridad, para evitar que los delincuentes se aprovechen de la situación y cometan robos en las áreas que han sido desalojadas.
- **UTESEP:** Unidad Técnica de Seguridad de Presas de la ASEP.
- **ETESA:** Empresa de Transmisión Eléctrica S.A.
 - **CND:** Centro Nacional de Despacho.
 - Dirección de Hidrometeorología.

De existir la posibilidad de involucrar otras instituciones que no aparecen en el listado anterior, su llamado es opcional, según sea el caso y las necesidades que puedan desarrollarse por una emergencia.

Los mensajes de alerta a emitir por Bontex, S.A. para cada caso de Emergencia identificado son los siguientes:

Para las distintas situaciones de emergencias señaladas en el punto 5 *Situaciones de Emergencia, Tabla No. 8 Definición de Alertas para cada Situación de Emergencia en Gualaca* el Coordinador del PADE o en su defecto el Operador de la Planta, realizará las notificaciones según el Diagrama de Aviso respectivo y ejemplos de los mensajes para los distintos tipos de alerta se presentan a continuación:

Hablamos de la central Gualaca la cual se encuentra en una situación de alerta por lo tanto se debe activar la alerta blanca, el motivo de la emergencia es la siguiente “el Operador de turno explicara en qué consiste la alerta”.

Se están tomando todas las medidas necesarias de vigilancia y control, les mantendremos informados sobre nuevas notificaciones o terminación de la alerta.

El coordinador general de emergencia de nuestra central hidráulica puede ser contactado en los teléfonos 726-9015/6614-0450/6415-0624.

El mensaje se repite una vez más y se pregunta si se entendió el mensaje y se solicitara el nombre de la persona que recibió el mensaje.

Alerta Verde

Hablamos de la central Gualaca la cual se encuentra en una situación de alerta y se activa la alerta verde, el motivo de la emergencia es la siguiente “el Operador de turno explicará en que consiste la alerta”.

Se están tomando todas las medidas necesarias de vigilancia y control, les mantendremos informados sobre nuevas notificaciones o terminación de la alerta.

El coordinador general de emergencia de nuestra central hidráulica puede ser contactado en los teléfonos 726-9015/6614-0450/6415-0624.

El mensaje se repite una vez más y se pregunta si se entendió el mensaje y se solicitará el nombre de la persona que recibió el mensaje.

Alerta Amarilla

Hablamos de la central Gualaca la cual se encuentra en una situación de alerta y se activa la alerta amarilla, el motivo de la emergencia es la siguiente “el Operador de turno explicará en que consiste la alerta”.

Se están tomando todas las medidas necesarias de vigilancia y control, les mantendremos informados sobre nuevas notificaciones o terminación de la alerta.

El coordinador general de emergencia de nuestra central hidráulica puede ser contactado en los teléfonos 726-9015/6614-0450/6415-0624.

El mensaje se repite una vez más y se pregunta si se entendió el mensaje y se solicitará el nombre de la persona que recibió el mensaje.

Alerta Roja

Hablamos de la central Gualaca la cual se encuentra en una situación de alerta y se activa la alerta roja, el motivo de la emergencia es la siguiente “el Operador de turno explicará en que consiste la alerta”.

El coordinador general de emergencia de nuestra central hidráulica puede ser contactado en los teléfonos 726-9015/6614-0450/6415-0624.

El mensaje se repite una vez más y se pregunta si se entendió el mensaje y se solicitara el nombre de la persona que recibió el mensaje.

Los mensajes descritos anteriormente son solamente en forma de ejemplo o guía, pero se debe recordar que cada mensaje emitido por el Coordinador del PADE debe contemplar al menos los siguientes elementos, según lo señalado en el diagrama respectivo durante el mensaje. A continuación listamos dicha información:

- Nombre de la presa
- Situación de emergencia (Condiciones de Crecidas Ordinarias y Extraordinarias, Por Colapso Estructural en Condición de Operación Normal y Por Colapso Estructural durante Crecidas Extraordinarias.
- 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 si se conoce, sino estimar.

En las Figuras, No.23, No. 24, N° 25 y N° 26, se presentan los diagramas de aviso de Bontex, S.A. para todas las situaciones de emergencia. Cabe resaltar que no solo hay comunicaciones con la Dirección de Hidrometeorología para los eventos de crecidas ordinarias y extraordinarias si no que hay comunicación con el Instituto de Geociencias para los eventos relacionados con los eventos sísmicos. Además, las alertas amarillas y rojas se le comunicarán a SINAPROC de manera informativa, pero el COE no se activa. Esto es debido a que se ha identificado, en los resultados de la modelación hidráulica de los canales y planicies de inundación, que el área a ser afectada por el posible rompimiento de la presa y los canales no afectará a terceros debido a que no hay poblaciones colindantes al Canal ni aguas abajo de la presa; por otro lado, el volumen de agua producto del rompimiento se dispersa en una lámina delgada en la topografía de las área aledañas.

ALERTA BLANCA

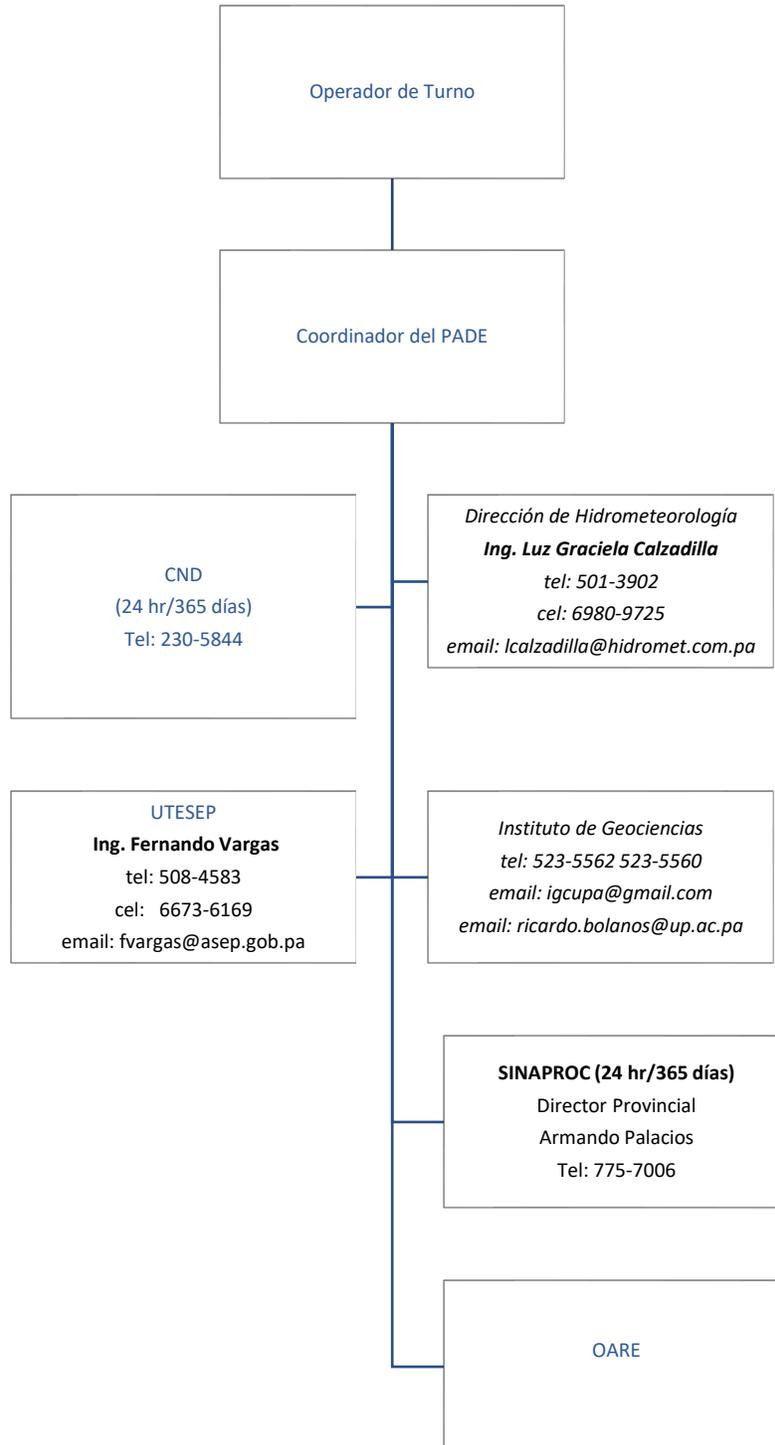


Figura N° 23. Diagrama de aviso para Alerta Blanca.

Fuente: Consultor, noviembre 2019.

ALERTA VERDE

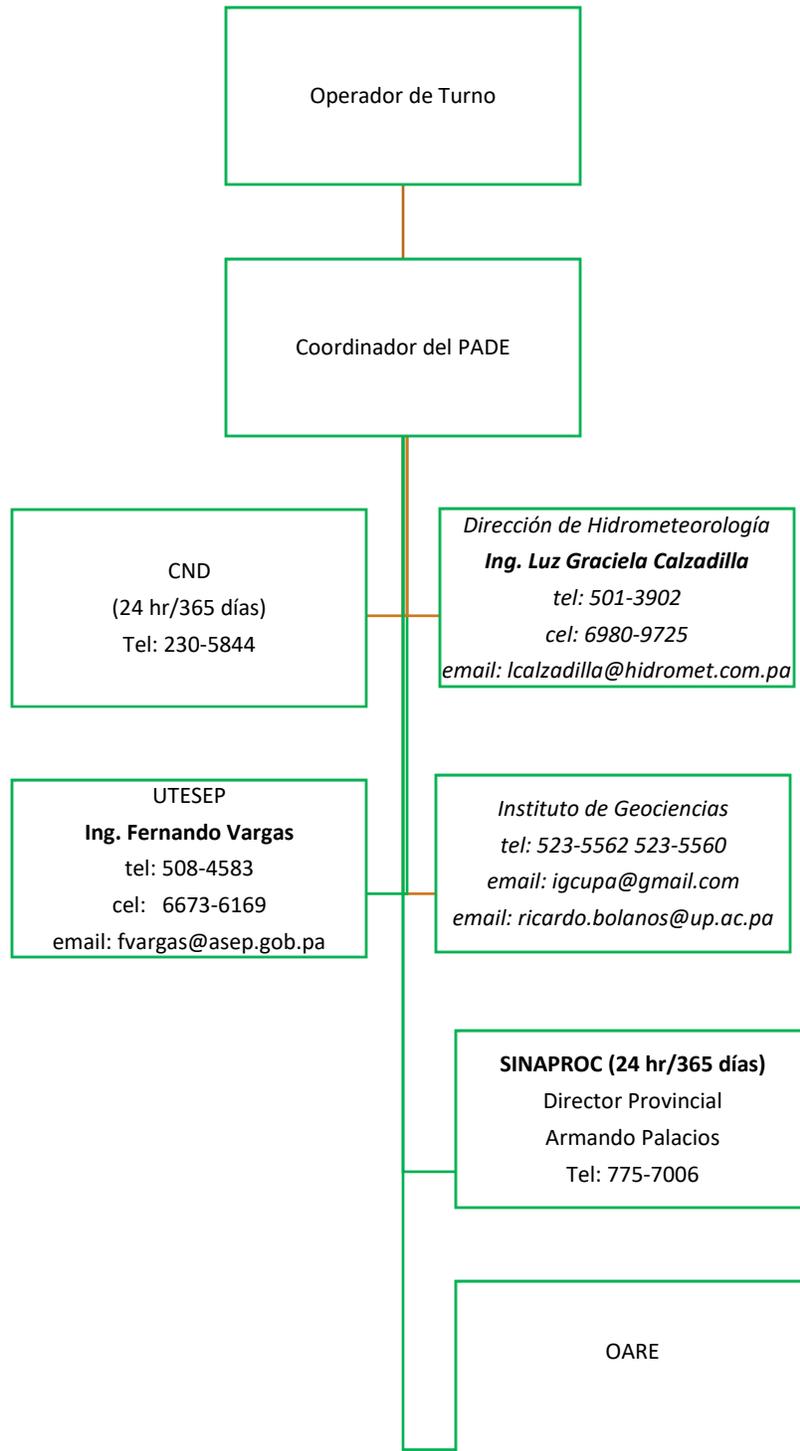


Figura N° 24. Diagrama de aviso para Alerta Verde.

Fuente: Consultor, noviembre 2019.

ALERTA AMARILLA

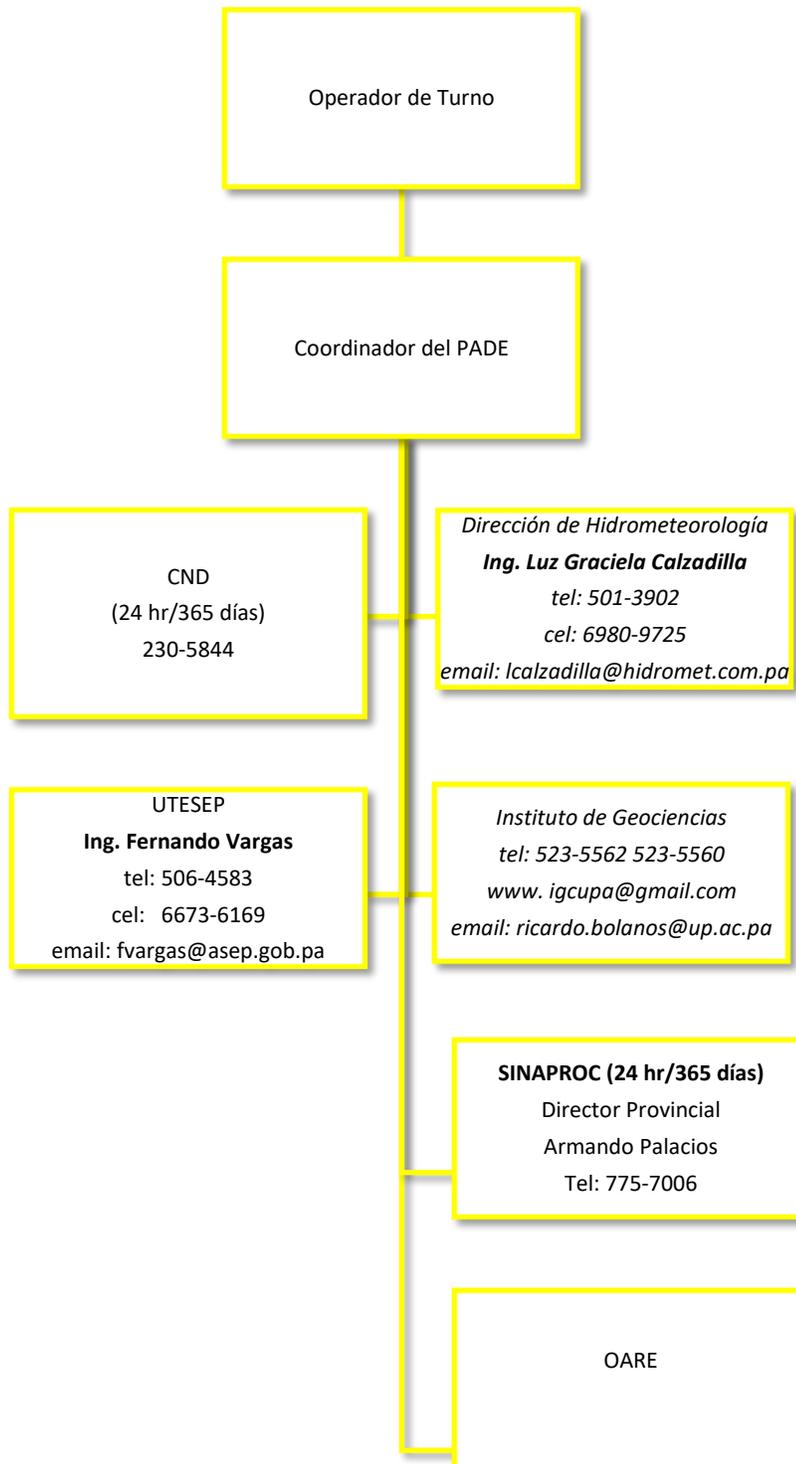


Figura N° 25. Diagrama de aviso para Alerta Amarilla.

Fuente: Consultor, noviembre 2019.

ALERTA ROJA

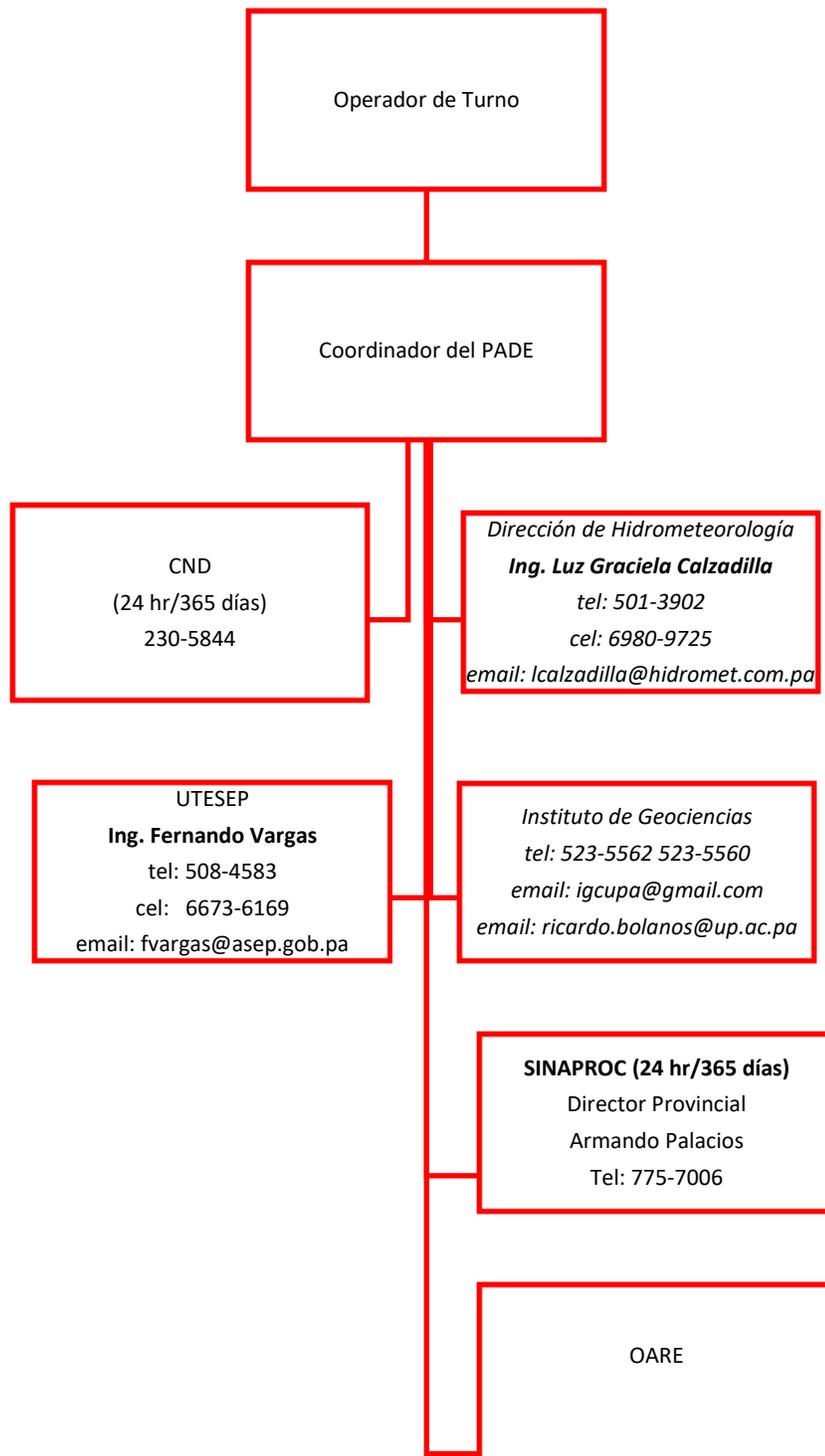


Figura N° 26. Diagrama de aviso para Alerta Roja.

Fuente: Consultor, noviembre 2019.

7.4 Procedimiento para Declarar, Manejar y Finalizar la Emergencia

7.4.1 Procedimiento para Declarar la Emergencia

La declaración oportuna de una situación de emergencia para Bontex, S.A. es fundamental para evitar situaciones que puedan causar daños a la propia estructura y a las estructuras esenciales localizadas aguas abajo de la presa de Gualaca y/o los canales de aducción de la CH Gualaca. Por esta razón, la identificación anticipada y la evaluación de la(s) situación(es) o hecho(s) determinante(s) que inician o requieren una acción de urgencia son cruciales.

Inmediatamente identificada u observada una situación de riesgo en la Central Hidroeléctrica Gualaca, el inicio de la activación del PADE se puede dar tanto por un observador, como por los colaboradores que realizan las labores de mantenimiento e inspecciones rutinarias.

Cualquier observador tiene el compromiso y deber de notificar al Operador de Sala Control de la Central Gualaca y el operador notificará al Coordinador del PADE y este a su vez activará el Organización de Administración y Respuesta de Emergencias (OARE) del PADE, notificará a las autoridades correspondientes, o de acuerdo a los diagramas incluidos en este documento, ver punto 7.3 “Diseño de Diagramas de Aviso”.

El coordinador del PADE es el encargado de Coordinar las acciones del Organización de Administración y Respuesta a Emergencias (OARE), es vocero a lo interno de la empresa, y ante las organizaciones locales y tendrá la potestad y mando de movilizar los colaboradores de los distintos Departamentos de la empresa que se requieran en virtud de la emergencia declarada. Además, será responsable de mantener un registro de todas las comunicaciones y/o notificaciones realizadas con respecto a la emergencia según el diagrama de aviso, indicándole la hora de la llamada para notificar y la información reportada.

Como Responsable Primario Bontex, S.A., ha designado previamente a personal entrenado de la empresa y responsable dentro del Plan de Emergencias SSA-DMA-PLAN 001, y como tal es garante de establecer la duración, seguridad, conclusión y seguimiento durante una emergencia en la CH Gualaca. El equipo apropiado de colaboradores de Bontex, S.A., garantizará el monitoreo de la instrumentación de los canales de aducción según se indicó en el punto 2.3. “Instrumentación de la Central Hidroeléctrica Gualaca”.

Al declararse y durante una situación de emergencia, Bontex, S.A., mantendrá a las autoridades locales y a SINAPROC informados del avance del evento y la situación de la emergencia hasta que la misma haya concluido.

Bontex, S.A., dispone de medios de comunicación tanto regulares y alternos, por lo que se utilizarán todos los medios disponibles. El principal medio para comunicarse será el teléfono y el celular. Los medios alternos de comunicación, de fallar los medios regulares incluyen teléfono satelital, radio y mensajería.

Dentro del Plan de Emergencia SSA-DMA-PLAN001 del Complejo Hidroeléctrico Dos Mares, se ha definido las emergencias de nivel 3 integrando al Sistema de Gestión de Seguridad Salud y Ambiente, SSA, de la Central Hidroeléctrica Gualaca con este documento, cuando se activa el PADE, confirmando la emergencia o esperando a que el evento se produzca. Las acciones que se toman en cada uno de los procedimientos de emergencia dependerán de la naturaleza y magnitud del evento y el tiempo estimado de respuesta disponible para llevar adelante las acciones correctivas o de mitigación.

En caso de que el Coordinador del PADE esté ausente, el Supervisor de Operaciones en turno tomará dicho rol.

7.4.1.1 Centros de Operación de Emergencias (COE)

En el Tabla N° 27 se presenta los Centros de Operación de Emergencia locales y alternativos identificados en caso de las situaciones de Emergencia.

Tabla N° 26: Ubicación de los Centros de Operación de Emergencias

Instalación	Ubicación Primaria	Ubicación Secundaria	Ubicación Externa
CHg	Oficina CHG	Oficina CHP	Hotel Ciudad de David

7.4.2 Procedimiento para el Manejo y Finalización de las Emergencias

Las acciones que se toman en cada uno de los procedimientos de emergencia dependerán de la naturaleza y magnitud del evento y el tiempo estimado de respuesta disponible para llevar adelante las acciones correctivas o de mitigación.

Bontex, S.A., como Responsable Primario de la CH Gualaca tomará la decisión de declarar el cese de la condición de emergencia como resultado de la mejora en las condiciones hidrometeorológicas, disminución de los aportes al embalse, o en general las condiciones meteorológicas han mejorado significativamente y los pronósticos indican buen tiempo. Bontex, S.A., se encargará de divulgar la información por medio de notificación directa a las autoridades locales, UTESEP (ASEP) y a SINAPROC.

A continuación las acciones a tomar según las diferentes situaciones de emergencia:

7.4.1.2 Vertimiento Bajo Condiciones de Crecidas Ordinarias y Extraordinarias

Si el operador de la planta y/o el Coordinador del PADE detectan que el nivel del embalse ha alcanzado o sobrepasado el nivel indicado en los Tablas de alerta que se presentarán a continuación, inicia a realizar las llamadas para notificar del evento a los diferentes involucrados en el PADE según los diagramas de aviso que corresponda.

Alerta	Nivel del embalse Gualaca	Condiciones
Blanca	101.50 msnm	El sistema de alerta hidrológico indica que continúan las lluvias aguas arriba. Se está desarrollando una situación potencialmente peligrosa que implica la necesidad de un manejo controlado del embalse con vertimientos que no afecten la seguridad de las obras ni que puedan afectar la seguridad pública.

- El Coordinador del PADE y Encargado de Operación & Mantenimiento coordinarán las siguientes actividades:
- seguimiento y control de la variación del nivel del embalse y, considerando los aportes del río, pronosticar los niveles según las condiciones hidrológicas
- revisión de la presa para confirmar anomalías en la estructura de presa: grietas, fisuras, filtraciones, desplazamientos deslizamientos, etc. Y evaluar el nivel de anomalía.
- Atención y ejecución del Plan de Gestión de Riesgos Profesionales. El Plan de Gestión de Riesgos Profesionales son procedimientos donde se presentan las acciones que el personal deberá ejecutar durante y después de una emergencia, con el propósito de asegurar la calidad y disminuir los riesgos en la central.

El coordinador del PADE comunicará a las autoridades y a las oficinas de manejo de emergencias la finalización de la condición de emergencia. Un especialista, autorizado por ASEP, inspeccionará la presa y realizará un reporte de daños y acciones correctivas inmediatas. Bontex, S.A. elaborará un informe, que enviará a

ASEP, sobre la terminación del evento y sobre las consecuencias o experiencias del mismo.

Alerta	Nivel del embalse Gualaca	Condiciones
Verde	102.00 msnm	<p>Se está desarrollando un comportamiento anormal o una situación de contingencia en la(s) presa(s). En esta situación se presenta una erogación imprevista de caudales que puede ser provocado por el comportamiento anormal de una presa o estructura componente de la misma.</p> <p>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>

7.4.1.3 Por Colapso Estructural en Condición de Operación Normal

Se asumirá que la Presa pueda presentar riesgos, cuando el embalse se encuentra a una elevación igual o mayor a 103 msnm.

En el caso que la presa esté en el área de influencia del sismo, se procede a realizar una inspección visual buscando fisuras en la parte expuesta de la pantalla y también se toman lecturas de las filtraciones para compararla con lecturas anteriores y de esta manera poder evaluar la influencia que tuvo el sismo en el sector de la presa que está sumergido.

Alerta	Condiciones
Blanca	<ul style="list-style-type: none"> ○ Se ha registrado en los instrumentos de la presa un sismo que ha ocasionado una aceleración horizontal del terreno de 0.08g ó menor. ○ Se ha detectado la presencia de filtraciones, aumento de filtraciones, aparición de grietas o evidencias de

	desplazamientos en las estructuras de concreto o rellenos de materiales.
--	--

El Coordinador del PADE y Encargado de Operación & Mantenimiento coordinarán las siguientes actividades:

- seguimiento y control de la variación del nivel del embalse y, considerando los aportes del río, pronosticar los niveles según las condiciones hidrológicas
- revisión de la presa para confirmar anomalías en la estructura de presa: grietas, fisuras, filtraciones, desplazamientos deslizamientos, etc. Y evaluar el nivel de anomalía.
- Atención y ejecución del Plan de Gestión de Riesgos Profesionales. El Plan de Gestión de Riesgos Profesionales son procedimientos donde se presentan las acciones que el personal deberá ejecutar durante y después de una emergencia, con el propósito de asegurar la calidad y disminuir los riesgos en la central.

Alerta	Condiciones
Verde	<ul style="list-style-type: none"> ○ Se ha registrado en los instrumentos de la presa un sismo que ha ocasionado una aceleración horizontal del terreno entre 0.08g y 0.15g. Se han observado daños no estructurales en la presa. ○ Están en aumento o han aparecido nuevas filtraciones o han aparecido nuevas grietas o han aumentado los desplazamientos.

El Coordinador del PADE y Encargados de Operación & Mantenimiento coordinarán las siguientes actividades:

- Ver listado de Notificaciones en el punto 7.3.1 “*Entidades a ser Notificadas*”
- seguimiento y control de la variación del nivel del embalse y, considerando los aportes del río, pronosticar los niveles según las condiciones hidrológicas
- revisión de la presa para confirmar anomalías en la estructura de presa: grietas, fisuras, filtraciones, desplazamientos deslizamientos, etc. Y evaluar el nivel de anomalía.
- apertura de compuertas radiales para el manejo de las crecidas según el procedimiento establecido en el Apéndice B.
- Atención y ejecución del Plan de Gestión de Riesgos Profesionales. El Plan de Gestión de Riesgos Profesionales son procedimientos donde se presentan las acciones que el personal deberá ejecutar durante y después

de una emergencia, con el propósito de asegurar la calidad y disminuir los riesgos en la central.

Alerta	Condiciones
Amarillo	<ul style="list-style-type: none"> ○ Se ha registrado en los instrumentos de la presa un sismo, que ha ocasionado una aceleración horizontal del terreno entre 0.15g y 0.23g. La inspección visual inmediata de la presa aprecia daños estructurales en la presa o filtraciones o desplazamientos. ○ Potencial deslizamiento de laderas en el embalse. ○ Están en aumento o han aparecido nuevas filtraciones o han aparecido nuevas grietas o han aumentado los desplazamientos. Hay evidencias de principio de desarrollo de fallas. ○ Han ocurrido actos significativos de vandalismo o sabotaje.

El Coordinador del PADE y Encargados de Operación & Mantenimiento coordinarán las siguientes actividades:

- Ver punto 7.3.1. “Entidades a ser Notificadas
- seguimiento y control de la variación del nivel del embalse y, considerando los aportes del río, pronosticar los niveles según las condiciones hidrológicas
- revisión de la presa para confirmar anomalías en la estructura de presa: grietas, fisuras, filtraciones, desplazamientos deslizamientos, etc. Y evaluar el nivel de anomalía.
- avisar a los pobladores aguas abajo en el río Estí el vertimiento de una crecida extraordinaria que obliga a la evacuación inmediata de las orillas del río y la búsqueda de refugio en lugares altos.
- apertura de compuertas radiales para el manejo de las crecidas según el procedimiento establecido en el Apéndice B.
- Atención y ejecución del Plan de Gestión de Riesgos Profesionales. El Plan de Gestión de Riesgos Profesionales son procedimientos donde se presentan las acciones que el personal deberá ejecutar durante y después de una emergencia, con el propósito de asegurar la calidad y disminuir los riesgos en la central

Alerta	Condición
Rojo	<ul style="list-style-type: none"> ○ Se ha sentido en la presa o en sus proximidades un terremoto, que ha ocasionado una aceleración sísmica igual o mayor a 0.23g. La inspección visual inmediata de la presa aprecia daños estructurales o grietas y filtraciones a presión. ○ Se aprecian filtraciones incontrolables y en aumento o se producen nuevas grietas o aumento de las existentes, hay rompimiento y arrastre de porciones de la presa. ○ La falla, el colapso parcial o total es inminente o ha ocurrido, con pérdida incontrolable de agua del embalse. Es un hecho incontrolable que conduce a la falla. No hay tiempo para evaluar ni controlar la situación.

El Coordinador del PADE y Encargados de Operación & Mantenimiento coordinarán las siguientes actividades

- Ver listado de Notificaciones en el punto 7.3.1 “*Entidades a ser Notificadas*”
- apertura de compuertas radiales para el manejo de las crecidas según el procedimiento establecido en el Apéndice B.
- Aviso de sirenas para operaciones de protección, control y rescate. Aguas abajo de la presa.
- Evacuar al personal hacia un lugar seguro de la presa en emergencia.
- Atención y ejecución del Plan de Gestión de Riesgos Profesionales. El Plan de Gestión de Riesgos Profesionales son procedimientos donde se presentan las acciones que el personal deberá ejecutar durante y después de una emergencia, con el propósito de asegurar la calidad y disminuir los riesgos en la central

El coordinador del PADE comunicará a las autoridades y a las oficinas de manejo de emergencias la finalización de la condición de emergencia. Un especialista, autorizado por ASEP, inspeccionará la presa y realizará un reporte de daños y acciones correctivas inmediatas. Bontex, S.A. elaborará un informe, que enviará a ASEP, sobre la terminación del evento y sobre las consecuencias o experiencias del mismo.

7.4.1.4 Por Colapso Estructural Durante Crecidas Extraordinarias

Alerta	Elevación (msnm)
Amarilla	102.50 msnm

El Coordinador del PADE y Encargado de Operación & Mantenimiento coordinarán las siguientes actividades:

- Ver punto 7.3.1. “Entidades a ser Notificadas
- seguimiento y control de la variación del nivel del embalse y, considerando los aportes del río, pronosticar los niveles según las condiciones hidrológicas
- revisión de la presa para confirmar anomalías en la estructura de presa: grietas, fisuras, filtraciones, desplazamientos deslizamientos, etc. Y evaluar el nivel de anomalía.
- avisar a los pobladores aguas abajo en el río Estí el vertimiento de una crecida extraordinaria que obliga a la evacuación inmediata de las orillas del río y la búsqueda de refugio en lugares altos.
- apertura de compuertas radiales para el manejo de las crecidas según el procedimiento establecido en el Apéndice B.
- Atención y ejecución del Plan de Gestión de Riesgos Profesionales. El Plan de Gestión de Riesgos Profesionales son procedimientos donde se presentan las acciones que el personal deberá ejecutar durante y después de una emergencia, con el propósito de asegurar la calidad y disminuir los riesgos en la central

Alerta	Elevación (msnm)
Rojo	103.00

El Coordinador del PADE y Encargados de Operación & Mantenimiento coordinarán las siguientes actividades

- Ver listado de Notificaciones en el punto 7.3.1 “Entidades a ser Notificadas”
- Apertura de compuertas radiales para el manejo de las crecidas según el procedimiento establecido en el APÉNDICE B.

- Aviso de sirenas para operaciones de protección, control y rescate. Aguas abajo de la presa.
- Evacuar al personal hacia un lugar seguro de la presa en emergencia.
- Atención y ejecución del Plan de Gestión de Riesgos Profesionales. El Plan de Gestión de Riesgos Profesionales son procedimientos donde se presentan las acciones que el personal deberá ejecutar durante y después de una emergencia, con el propósito de asegurar la calidad y disminuir los riesgos en la central

El coordinador del PADE comunicará a las autoridades y a las oficinas de manejo de emergencias la finalización de la condición de emergencia. Un especialista, autorizado por ASEP, inspeccionará la presa y realizará un reporte de daños y acciones correctivas inmediatas. Bontex, S.A. elaborará un informe, que enviará a ASEP, sobre la terminación del evento y sobre las consecuencias o experiencias del mismo.

8 VINCULACIÓN CON EL SISTEMA DE PROTECCIÓN CIVIL. PLANES DE EVACUACIÓN.

En caso de una situación de emergencia que se genere por la falla de la Presa Gualaca, puede causar daños y pérdidas a las comunidades y estructuras que se localizan aguas abajo. Bontex, S.A. se encuentra trabajando en la fase de involucrar a las autoridades locales, escuelas e instituciones públicas, organizaciones no gubernamentales, que por sus funciones participan en la prevención y mitigación de riesgo, en la preparación y atención de emergencias; con el objetivo de salvaguardar la vida y bienes de las comunidades y estructuras esenciales localizadas aguas abajo de la presa.

Ante la ocurrencia de una situación de desastre, el Control de Operaciones se llevará, a través del Centro de Operaciones de Emergencias (COE), que es la estructura del Sistema Nacional de Protección Civil para la toma de decisiones en situaciones de emergencia. Es responsable de planificar y dirigir todas las acciones de coordinación y facilitar la operación conjunta entre las instituciones del Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC) a partir de la declaratoria de alerta, ante la probable ocurrencia de un evento adverso o por la ocurrencia súbita del mismo en cualquier lugar de la provincia, con la finalidad de mantener un control seguro, eficiente, eficaz y efectivo, garantizando una oportuna ejecución de las acciones de respuesta e integrando los niveles políticos y técnicos en los procesos de decisión.

Para hacer efectiva esta vinculación, representantes del Organización de Administración y Respuesta de Emergencias (OARE) de Bontex, S.A., se reunirán periódicamente con representantes del Sistema Nacional de Protección Civil para coordinar las medidas necesarias que garantice una respuesta oportuna ante la posible ocurrencia de un evento que ponga en peligro la estructuras de la presa y por ende las estructuras y comunidades ubicadas aguas abajo.

El Plan de Acción durante Emergencia (PADE) es presentado a todos los miembros institucionales, que conforman el Centro de Operación de Emergencia, que son los encargados de la atención de desastre en la provincia. Otros de los aspectos importantes, es el desarrollo de acciones y actividades en forma conjunta entre ENEL y COE encaminadas a preparar a las comunidades, sobre los sistema de notificación (Alertas) y para que actúen en forma organizada y coordinada con los estamentos institucionales ante una situación de emergencia y desarrollen sus planes de evacuación.

Los escenarios de riesgo a inundaciones para las diferentes situaciones planteadas en este plan, son herramienta fundamentales para el desarrollo de las municipalidades o comunidades ubicadas aguas abajo de la presa; razón por la cual

se divulga a las autoridades locales y promotores de proyectos de desarrollo, para que no se construyan nuevas infraestructuras permanentes en esas zonas inundables.

Por las razones expuestas, Bontex, S.A. se encuentra diseñando y desarrollando los siguientes temas entre las instituciones Provinciales identificadas en el PADE en caso de una situación de emergencia:

Estrategia de imagen y comunicación; preparación y divulgación de panfletos e instructivos con los riesgos asociados a la Presa Gualaca, cuñas educativas radiales, elaboración y desarrollo de material didáctico a las escuelas del área y comunicados preventivos a los medios de comunicación y público en general cuando se están alcanzando los niveles máximos operativos en la presa y/o se presenten eventos o situaciones de emergencia.

Identificación, gestión y firma de acuerdos; el cual Bontex, S.A se encuentra en la fase de evaluación; además, ha desarrollado protocolos de avisos a las comunidades y a SINAPROC: El PADE debe estar articulado con el Plan de Atención de Emergencia de la Provincia de Chiriquí o el Plan de Atención de Emergencia del Distrito de Gualaca; en este plan se debe definir las funciones, responsabilidades de cada una de las instituciones que participan en la atención de una emergencia; establece la estructura organizativa para la implementación del plan, los procedimientos generales de alerta, inventario de recursos, coordinación de actividades operativas, con el fin de salvaguardar la vida, proteger los bienes y recobrar la normalidad de la sociedad tan pronto como sea posible después de ocurrido un desastre.

Listas de contactos, diagrama de avisos para cada categoría de emergencia, Códigos y Validación, se encuentran desarrollados dentro del PADE.

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, ha sido desarrollada por Bontex, S.A. y se presenta en el punto 6 “*Simulacros de Emergencia*”.

8.1 ACTUALIZACIÓN DEL PADE

Bontex, S.A. revisará como mínimo una vez al año, después de realizar los simulacros y actualizará, de ser necesario, los aspectos pertinentes del PADE. Las actualizaciones reflejarán los cambios de personas o entidades con responsabilidad específica, nombres, títulos, números telefónicos, y frecuencias e identificaciones de radio y toda otra información crítica para la eficacia de las acciones previstas. Los cambios y/o modificaciones dentro del documento serán

resaltados y llevarán una nota al pie que indique el Número de revisión la fecha y el año, como por ejemplo “Revisión No. Mes/año. De no haber ningún cambio, Bontex, S.A., enviará a la ASEP una nota notificando que no ha habido cambio alguno en conjunto con el informe final del Simulacro.

Además, se conducirá una revisión completa cada diez años. Asimismo, actualizará cualquier cambio significativo ocurrido aguas abajo o aguas arriba de la presa que pudiera alterar el área de riesgo o la localización de personas que deben ser alertadas los cuales podrían necesitar la modificación del PADE Bontex, S.A. enviará cada diez (10) años al ASEP: (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.

8.2 SIMULACIONES Y SIMULACROS

Los ejercicios de simulaciones y simulacros tienen el propósito de presentar las situaciones previstas en el PADE, las cuales serán ensayadas periódicamente, como mínimo 1 anualmente con el fin de que el personal de la Central Hidroeléctrica Prudencia adquiera los adecuados hábitos de comportamiento. Se busca con esto la actualización del PADE y la capacitación de todos los actores involucrados.

Para lograr esto se simulará la ocurrencia de las situaciones de emergencia para los eventos descritos en el análisis de vulnerabilidad.

Se espera que en las simulaciones o simulacros que se planteen cumplan con el objetivo de integrar al personal de la Central Hidroeléctrica Prudencia con los estamentos de seguridad involucrados en los diferentes escenarios.

Los ejercicios de simulaciones y simulacros se realizan 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.

Para ello se simulará la ocurrencia de Situaciones de Emergencia para las situaciones de emergencia descritas en el **capítulo 4 PADE** de este documento, donde se debe poner a prueba la operatividad de los equipos y del personal responsable de la operación de la Central Hidroeléctrica Prudencia.

La definición de cada simulación debe incluir como mínimo:

- Nivel de dificultad planteado.
- Objetivos buscados.
- Personal al que va dirigido.

- Descripción de la situación de emergencia simulada.
- Desarrollo detallado del ejercicio.

CELSIA realizará las simulaciones de manera que contengan un grado creciente de realismo. Empezará con los niveles más bajos de simulaciones, los cuales consisten en la verificación de los sistemas de comunicaciones, los números telefónicos, nombres y cargos de los responsables en los diagramas de aviso.

Una vez que se realicen los niveles más bajos, CELSIA procederá a realizar presentaciones en los que se discuten las acciones a seguir en caso de una de las situaciones de emergencia, siguiendo con ejercicios de gabinete, hasta los simulacros. Además, no realizará un nivel más alto de simulación si no se han comprendido las consignas (directrices) y procedimientos del nivel anterior.

La duración del escenario del ejercicio de la simulación o simulacro será como mínimo de 24 horas. Las simulaciones pueden incluir múltiples fallas. En cada simulación debe plantearse un escenario de emergencia diferente. Cada simulación debe comprender un análisis detallado de la situación de emergencia simulada, la forma en que se presenta, los tiempos en que se produce cada evento, las consecuencias que pueden seguir a cada decisión adoptada. Además, la ejercitación para el personal participante será una preparación para una acción posible que encierra una gran responsabilidad.

El ejercicio se interrumpirá cuando su desarrollo acontezca con situación extraordinaria o de emergencia real o sea imprescindible la atención del personal para garantizar la operación normal de la central.

El Coordinador del PADE, será el encargado de programar, coordinar y dirigir el simulacro de la situación de emergencia.

En el ejercicio participará todo el personal necesario para llevar a cabo las tareas a realizar de acuerdo a la situación de emergencia en simulacro.

Se excluirá de la participación del ejercicio, total y parcialmente, al personal necesario para mantener la central en operación normal durante el simulacro.

Al término de cada simulación, CELSIA presentará a SINAPROC un Informe Final con copia a la UTESEP con el siguiente contenido mínimo:

- Descripción del ejercicio planteado
 - Nivel de dificultad planteado
- Desarrollo 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.

9 ESTUDIO DE AFECTACIÓN DE LA RIBERA DE EMBALSE Y VALLE

El estudio de afectación de ribera de embalse y valle de la Central Hidroeléctrica Gualaca 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”.

Este análisis se realizará con base a información suministrada por la empresa BONTEX, y aquella obtenida de las visitas de campos del área de influencia de la Central Hidroeléctrica Gualaca.

Este estudio se realiza para determinar las zonas inundables aguas abajo de la presa. Como medidas de mitigación se podrán adquirir los terrenos involucrados, elaborar programas de manejo de la planicie de inundación y otros programas tendientes a reducir daños por los efectos mencionados. La información debe ser desarrollada y documentada adecuadamente para liberar los usos de las tierras que carecen de riesgos de inundación.

- **Por la ocurrencia de diferentes ondas de Crecidas:** Este escenario corresponde a los siguientes escenarios de emergencia: vertimiento por crecidas ordinarias y extraordinarias, colapso estructural por condiciones de operación normal y colapso estructural por condiciones de operación extraordinaria. En este escenario se debe obtener la mancha de inundación en caso de darse crecidas ordinarias y extraordinarias, Crecida de 1:100 y de 1:1,000 años de recurrencia respectivamente, ó en el caso de darse la rotura de la presa con buen tiempo o rotura de la presa con crecida extraordinaria.
- **Por remanso hidráulico.** Este escenario ocurre bajo condiciones de crecidas ordinarias y extraordinarias y 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:** Este escenario no aplica, ya que, la presa Gualaca, cuenta con un vertedero libre y un vertedero controlado. El uso del vertedero libre y controlado están condicionados a la regulación, por lo tanto su uso no podrá ser más frecuente de lo originalmente previsto.
- **Por cambios en las funciones de la presa:** Este escenario no aplica, ya que, la presa y las estructuras de la Central Hidroeléctrica Gualaca, han sido diseñadas para el uso de la generación hidroeléctrica. No se tiene previsto utilizar estas estructuras para otro tipo de uso. De darse cambios o restricciones en el uso del agua, esto afectaría la operación de la Central y su producción, pero no habría consecuencias perjudiciales a la comunidad ubicada aguas abajo de la presa.
- **Por transporte de sedimentos:** Este escenario aplica para el análisis, ya que la obra de contención permite la acumulación de sedimentos en la zona de embalse.
- **Por inundación súbita:** Este escenario no aplica, ya que la obra de contención posee estructuras hidráulicas para el manejo de crecidas extraordinarias.

En términos generales, los escenarios de afectaciones de riberas de embalse y valles tendrá influencia en los varios distritos cercanos al río Estí, especialmente aquellos lugares más adyacentes a la Presa Gualaca. Los distritos y corregimientos que pudiesen tener alguna afectación se presentan en la Tabla N° 28.

Tabla N° 27: Distritos y corregimientos influenciados negativamente por los escenarios de afectaciones de ribera de embalse y valles			
Distritos	Corregimientos	Población	Viviendas
Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno

Censo de Población y Estructuras realizado por la empresa Consultora en mayo 2018.

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.

Las afectaciones del vertido de agua por rotura de Presa de Gualaca se describen en la Tabla N°29.

Tabla N° 28: Análisis de afectaciones por inundaciones aguas abajo de la Presa Gualaca.

Componente	Daños	Descripción
Infraestructura	Daños de puentes y caminos	No Aplica
Ambiental	Pérdida de cobertura vegetal y de especies acuáticas	No Aplica
Agrícola	Pérdida de cultivos y de animales de crianza	No Aplica
Industrial	Alteración del funcionamiento de otras centrales hidroeléctricas, aguas debajo de la Presa Gualaca	No Aplica
Población	Pérdida de viviendas y vidas humanas	No Aplica

10 APÉNDICES:

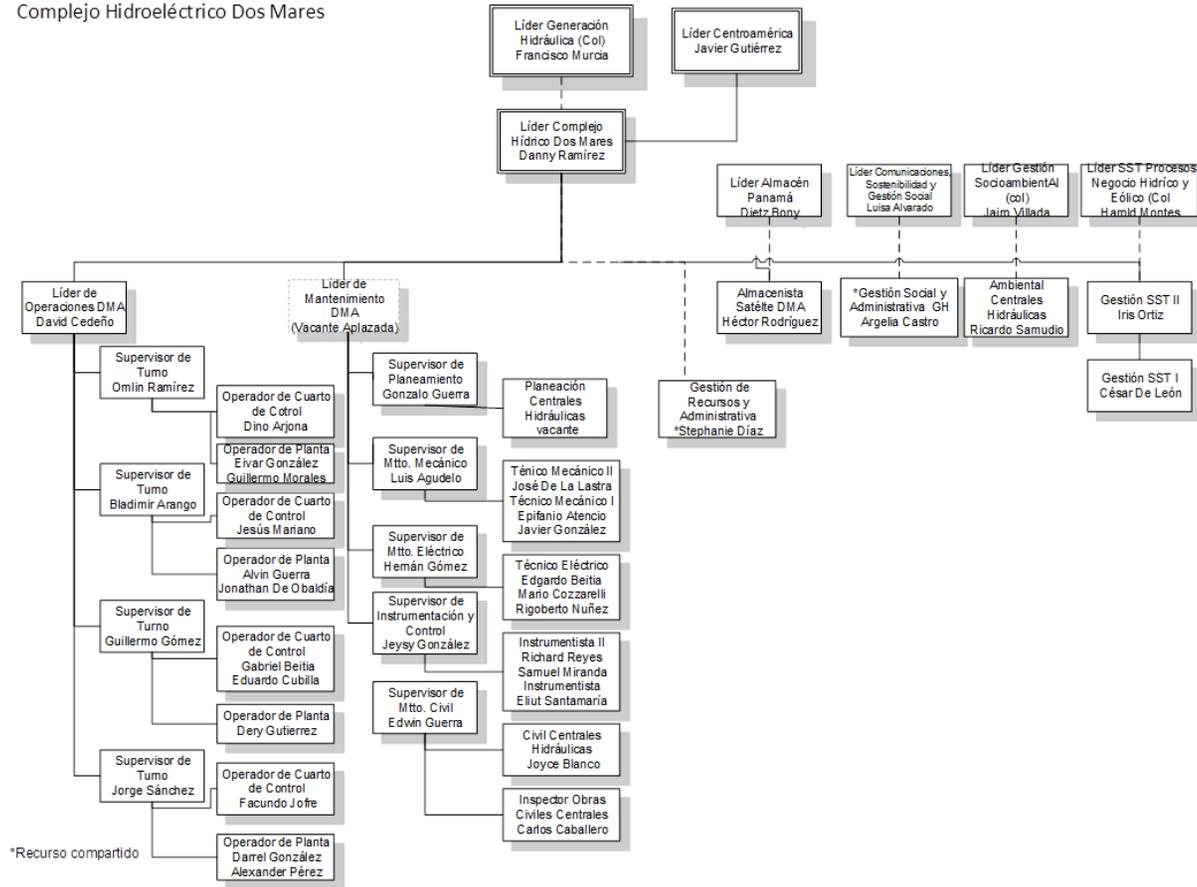
APÉNDICE A.1. ORGANIGRAMA

APÉNDICE A.2. MAPAS DE PLANICIES DE INUNDACIÓN

APÉNDICE A.3. REGLA DE OPERACIÓN DEL VERTEDERO

- **APÉNDICE A.1. ORGANIGRAMA**

CELSIA CENTROAMERICA
 Generación Hídrica y Eólica
 Complejo Hidroeléctrico Dos Mares



Fuente: Celsia Centroamérica

- **APÉNDICE B: MAPAS DE INUNDACIÓN**

APÉNDICE B.1. MAPA DE LOCALIZACIÓN GENERAL DEL COMPLEJO HIDROELÉCTRICO GUALACA

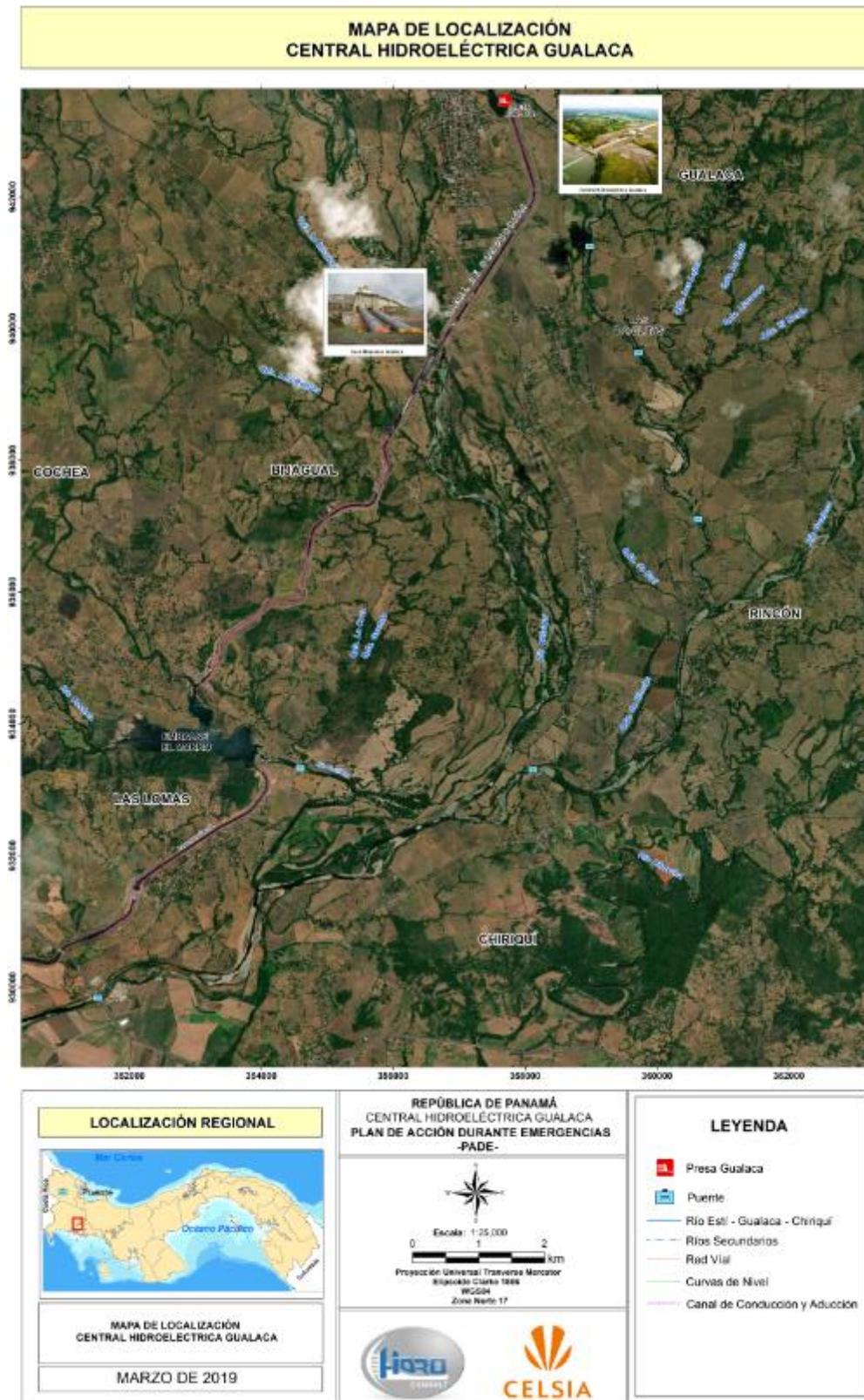
APÉNDICE B.2. MAPA DE ESCENARIO “CRECIDA ORDINARIA” (CON PERIODO DE RETORNO 1 EN 100 AÑOS)

APÉNDICE B.3. MAPA DE ESCENARIO “CRECIDA EXTRAORDINARIA” (CON PERIODO DE RETORNO 1 EN 1000 AÑOS)

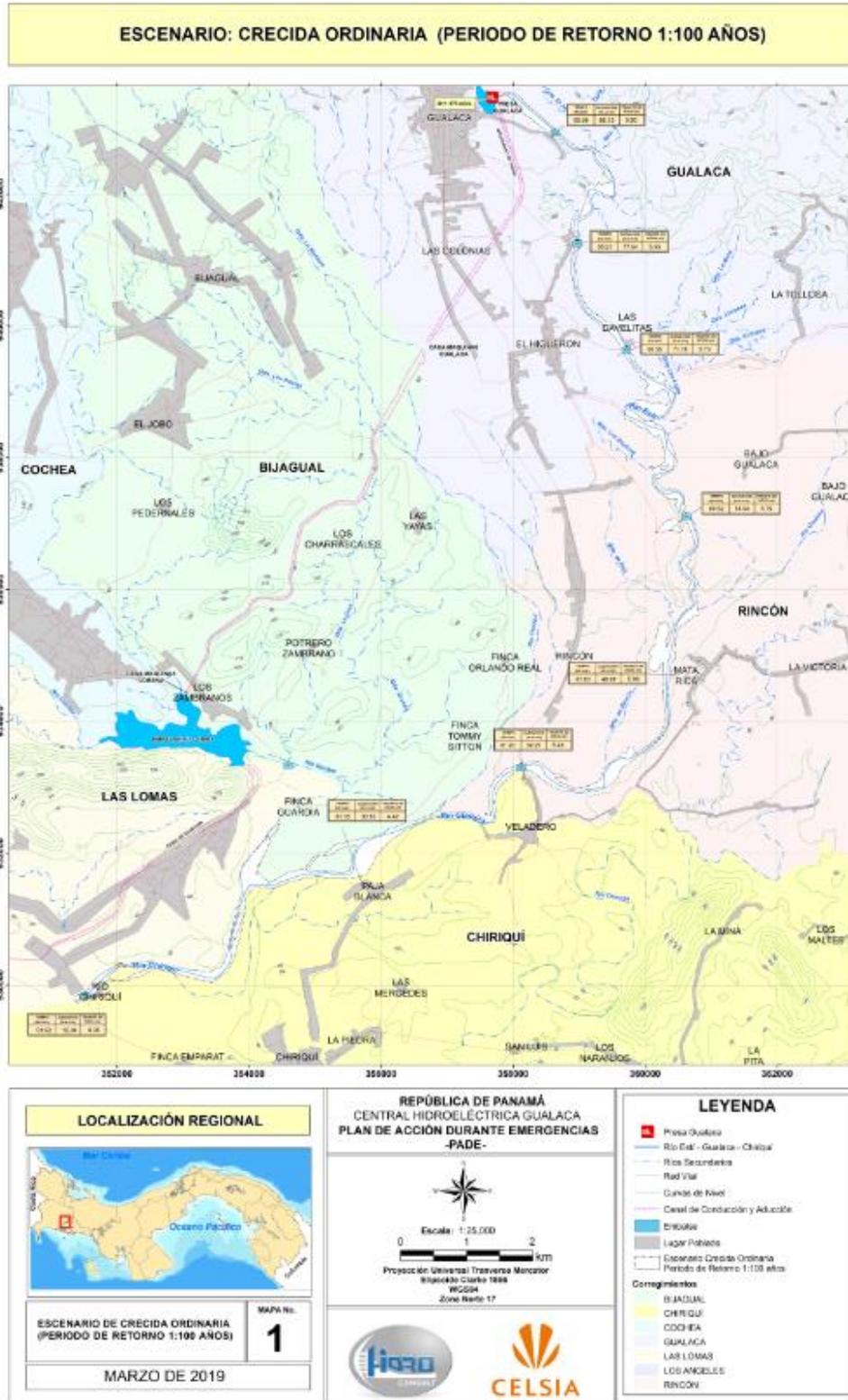
APÉNDICE B.4. MAPA DE ESCENARIO “COLAPSO ESTRUCTURAL DE LA PRESA EL CORRO EN CONDICIÓN DE OPERACIÓN NORMAL”

APÉNDICE B.5. MAPA DE ESCENARIO “COLAPSO ESTRUCTURAL DE LA PRESA EL CORRO EN CONDICIÓN DE OPERACIÓN EXTRAORDINARIA”

**APENDICE B.1. MAPA DE LOCALIZACIÓN GENERAL DEL COMPLEJO
HIDROELÉCTRICO GUALACA**



APÉNDICE B.2. MAPA DE ESCENARIO “CRECIDA ORDINARIA” (CON PERIODO DE RETORNO 1 EN 100 AÑOS)



**APÉNDICE B.3. MAPA DE ESCENARIO “CRECIDA EXTRAORDINARIA”
(CON PERIODO DE RETORNO 1 EN 1000 AÑOS)**



APÉNDICE B.4. MAPA DE ESCENARIO “COLAPSO ESTRUCTURAL DE LA PRESA GUALACA EN CONDICIÓN DE OPERACIÓN NORMAL”



APÉNDICE B.5. MAPA DE ESCENARIO “COLAPSO ESTRUCTURAL DE LA PRESA GUALACA EN CONDICIÓN DE OPERACIÓN EXTRAORDINARIA”



- **APÉNDICE C: PROCEDIMIENTO DE APERTURA DE COMPUERTAS**

CONDICIÓN	CAUDAL A SER VERTIDO - QVERT (VT LIBRE + VT CONTR) (m3/s)	APERTURA COMPUERTA "a" (m)	NAEMB (msnm)	Tipo de Alertas
0	$QVERT \leq 10$	0	$NAEMB \leq 100,15$	N/A
1	$10 < QVERT \leq 32$	0,25	$100,00 \leq NAEMB \leq 100,15$	Blanca
2	$32 < QVERT \leq 55$	0,50	$100,00 \leq NAEMB \leq 100,15$	
3	$55 < QVERT \leq 76$	0,75	$100,00 \leq NAEMB \leq 100,15$	
4	$76 < QVERT \leq 94$	1,00	$100,00 \leq NAEMB \leq 100,15$	
5	$94 < QVERT \leq 388$	1,50	$100,00 \leq NAEMB \leq 101,30$	
6	$388 < QVERT \leq 489$	2,00	$101,30 < NAEMB \leq 100,50$	
7	$489 < QVERT \leq 624$	3,00	$101,50 < NAEMB \leq 101,70$	
8	$624 < QVERT \leq 761$	4,00	$101,70 < NAEMB \leq 101,90$	
9	$761 < QVERT \leq 903$	5,00	$101,90 < NAEMB \leq 102,10$	Verde
10	$903 < QVERT \leq 1739$	TOTAL	$102,10 < NAEMB \leq 103,50$	Amarilla