

10/09/2018



PLANIFICACIÓN DE LAS ACCIONES DURANTE
EMERGENCIAS (PADE-ACTUALIZACION)
CENTRAL HIDROELÉCTRICA MONTE LIRIO



ELABORADO POR:
CONSULTORIA, ESTUDIOS Y DISEÑOS, S.A.
Octubre 2018

Contenido

1.	Planificación de las Acciones Durante Emergencias (PADE)	8
2	Descripción de la Central Hidroeléctrica Montelirio.....	9
3	Implementación de un Sistema de Alerta Hidrológico	15
4	Identificación de las Emergencias	17
4.1	Detección de la Anomalía	17
4.2	Tipos de Alerta.....	19
4.3	Diagramas de Aviso.....	22
4.3.1	Alertas para los riesgos identificados para la presa de Montelirio	22
4.3.2	Alertas para condiciones especiales para situaciones de emergencia de casa de máquina declarada por el Coordinador del PADE.....	24
5	Procedimiento para Declarar la Emergencia.....	34
6	Procedimiento para el Manejo de las Emergencias.....	34
7	Situaciones de Emergencia	37
7.1	Condiciones de Crecidas Ordinarias y Extraordinarias	38
7.2	Por Colapso Estructural en Condición de Operación Normal.....	39
7.3	Por Colapso Estructural durante Crecidas Extraordinarias.....	41
7.4	Por Apertura Súbita de Compuertas.....	43
7.5	Por Falla de Operación de las Estructuras Hidráulicas de Descarga.....	44
7.6	Por Vaciado Controlado o Vaciado Rápido a causa de un problema en la presa.....	47
8	Estudio de Afectación de Ribera de Embalse y Valle	47
9	Estudio Hidrológico y Modelación Hidráulica	49
9.1	Crecidas Máximas de Caudales.....	49
9.2	Aplicación Del Método De Análisis Regional De Crecidas Máximas Presa Montelirio	50
9.3	Estudio de la Falla de una Presa	53

9.4	Resultados de la Simulación	56
9.4.1	Resultado de la simulación para el tramo de estudio desde la Presa Montelirio	56
9.5	Estudio de caudales y niveles de agua en la descarga de casa de máquina de Montelirio	78
10	Vinculación con el Sistema de Protección Civil. Planes de Evacuación.....	86
11	Simulacros de Emergencia	87
12	Actualización del PADE.....	91
	Bibliografía	92
	ANEXOS	93
	Planos	94
	Mapas.....	95
	Figuras.....	96
	Fotografías	113

Índice de Tablas

Tabla 1. Datos significativos de la Presa Montelirio	12
Tabla 2 Datos significativos de la Casa de Máquina de Montelirio.....	12
Tabla 3. Descripción de Equipos que serán usados en la Presa Montelirio para el Monitoreo de Anomalías.....	13
Tabla 4. Instrumentos para el seguimiento de riesgos asociados a los niveles de agua en la descarga de casa máquina.....	13
Tabla 5. Franjas de Operación de embalses de la Central Hidroeléctrica Montelirio.	14
Tabla 6. Lugar Poblado, aguas abajo de la descarga de la Central Hidroeléctrica Montelirio	15
Tabla 7. Descripción de los Tipos de Alerta a Implementar según la Resolución AN 3932-ELEC del 2010 para los riesgos identificados de la presa de la Central Hidroeléctricas Montelirio.....	20
Tabla 8. Descripción de las alertas especiales a implementar, según los riesgos identificados para la casa de máquina de la Central Hidroeléctricas Montelirio	21
Tabla 9. Definición de Alertas para cada Situación de Emergencia.....	38
Tabla 10. Análisis de Rotura de las Presas de la Central Hidroeléctrica Montelirio en condición de operación Normal	40
Tabla 11. Análisis de Rotura de las Presas de la Central Hidroeléctrica Montelirio durante Crecidas Extraordinaria.....	42
Tabla 12. Resumen de los Escenarios de Afectaciones de Riberas de Embalse y Valles.	48
Tabla 13. Factores de Distribución para diferentes periodos de retorno	50
Tabla 14. Caudales máximos instantáneos según el análisis regional de crecidas.....	51
Tabla 15. Hidrograma de Crecidas Adimensional Río Chiriquí Viejo hasta el Sitio de Presa.	51
Tabla 16. Hidrograma de Crecida Máxima. Sitio de Presa sobre el Rio Chiriquí Viejo	52
Tabla 17. Calculo de Parámetros de Brecha de acuerdo con el Método de Froehlich (2008), Presa Montelirio.....	55
Tabla 18. Caudales con diferentes periodos de retorno de las presas de la Central Hidroeléctrica Montelirio.....	56

Tabla 19. Resultados de la simulación para los diferentes períodos de retorno de la Presa Montelirio bajo la Condiciones de crecidas ordinarias y extraordinarias para un Periodo de Retorno de 1000 años.	57
Tabla 20. Resultados del Tiempo de recorrido de la onda de crecida de la Presa Montelirio bajo la Condiciones de crecidas ordinarias y extraordinarias para un Periodo de Retorno de 1000 años ..	64
Tabla 21. Resultados de la simulación por Colapso Estructural en Condiciones de Operación Normal	67
Tabla 22. Resultados del tiempo de recorrido de la onda de crecida de la Presa Montelirio por Colapso Estructural en Condiciones de Operación Normal	70
Tabla 23. Resultados de la simulación bajo la Condiciones de Colapso Estructural en Condiciones de Crecidas Extraordinarias.....	73
Tabla 24. Resultados del tiempo de recorrido de la onda de crecida de la Presa Montelirio por Condiciones de Colapso Estructural en Condiciones de Crecidas Extraordinaria.....	76
Tabla 25. Caudales máximos instantáneos según el análisis regional de crecidas	79
Tabla 26 Resultado de la simulación en el tramo de Casa de Maquina (Condición A.1)	80
Tabla 27 Resultado de la simulación en el tramo de Casa de Maquina (Condición A.2)	81
Tabla 28 Resultado de la simulación en el tramo de Casa de Maquina (Condición B.1)	82
Tabla 29 Resultado de la simulación en el tramo de Casa de Maquina (Condición B.2)	83
Tabla 30 Resultado de la simulación en el tramo de Casa de Maquina (Condición C.1)	84
Tabla 31 Resultado de la simulación en el tramo de Casa de Maquina (Condición C.2)	85
Tabla 32. Lista de Ubicaciones de los Diagramas de Avisos Impresos.....	86

Índice de Figuras

Figura 1 Sección transversal – Estación 2765.....	97
Figura 2 Perfil Longitudinal del Escenario de Colapso Estructural bajo condiciones de Operación Normal.....	97
Figura 3 Sección transversal – Estación 765.....	99
Figura 4 Sección transversal – Estación 2765.....	100
Figura 5 Perfil Longitudinal del Escenario de Colapso Estructural bajo condiciones de Crecidas Extraordinarias	101
Figura 6 Sección transversal – Estación 765.....	102
Figura 7 Sección transversal – Estación 2765.....	103
Figura 8 Sección transversal – Estación 13167- Presa El Alto	104
Figura 9 : Perfil Longitudinal de los niveles de agua de la descarga a la presa El Alto.....	105
Figura 10 Sección Transversal del Canal en la descarga de la Central Hidroeléctrica Montelirio.	106
Figura 11 Perfil longitudinal en el Canal de Descarga, Condición A1.....	107
Figura 12 Perfil longitudinal en el Canal de Descarga, Condición A2.....	108
Figura 13 Perfil longitudinal en el Canal de Descarga, Condición B1.....	109
Figura 14 Perfil longitudinal en el Canal de Descarga, Condición B2	110
Figura 15 Perfil longitudinal en el Canal de Descarga, Condición C1	111
Figura 16 Perfil longitudinal en el Canal de Descarga, Condición C2.....	112

El Plan de Acción durante Emergencia (PADE) ha sido preparado para ayudar al personal de EISA en la Central Hidroeléctrica Montelirio, mediante la oportuna y confiable detección, evaluación, y clasificación de una situación de emergencia existente o potencial en las Presas ubicadas en el río Chiriquí Viejo. Diversas situaciones serias que podrían llevar a la falla incluyen desastres naturales y situaciones relacionadas con actividades humanas; en este sentido, este PADE establece clasificaciones de las diferentes emergencias relacionadas con la presa de acuerdo con su gravedad y urgencia. También se describen las condiciones o medidas para la detección y evaluación de una emergencia potencial o existente.

Esta versión del documento es una actualización de los factores de riesgos que se han sumado, posterior al período de elaboración del PADE original. Esto lo señalamos porque al momento de preparar el PADE la central Hidroeléctrica Montelirio estaba en fase de construcción. En la actualidad la Central tiene más de 3 años de operación y en el cual se han sumado escenarios que anteriormente eran inexistentes. Tal es el caso de la puesta en funcionamiento de las Centrales Hidroeléctricas agua abajo de la Central Montelirio.

El objetivo general del PADE es salvaguardar la vida de las personas, proteger el ambiente y minimizar los daños a la propiedad al establecer en un plan de acción la manera de proceder ante una emergencia. Los objetivos específicos son:

- Identificar las situaciones de emergencia aplicables que pudiesen suscitarse durante la operación de la Central Hidroeléctrica Montelirio.
- Proporcionar procedimientos alternativos al orden normal de la empresa, que permitan un adecuado funcionamiento, aun cuando sus actividades se vieses alteradas por un accidente interno o externo.
- Minimizar el impacto de la emergencia implementando las tres fases de acciones que siguen una secuencia lógica; para cada una de estas etapas se plantean situaciones específicas. Cada fase conlleva a una acción particular:
 - Antes de la emergencia: Preparación y organización.
 - Durante la emergencia: Atención de la emergencia.
 - Después de la emergencia: Rehabilitación y reconstrucción.

1. Planificación de las Acciones Durante Emergencias (PADE)

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

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

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

En resumen, el PADE ayudará a:

- Identificar las emergencias, proveer los planes para actuar en tales circunstancias y diseñar los diagramas de avisos.
- Buscar aspectos comunes de las posibles situaciones de emergencia y realizar el correspondiente análisis de seguridad.
- Delimitar claramente las responsabilidades de intervención para el control de situaciones que puedan implicar riesgos de rotura o falla grave de la presa y establecer la organización adecuada para su desarrollo.
- Desarrollar la organización y medios adecuados para difundir una estrategia de acción entre los posibles protagonistas de la emergencia, para comunicar la información sobre

incidentes, la comunicación de alertas y la puesta en funcionamiento, en caso necesario, de los sistemas de alarma que se establezcan.

- Identificar grupos afectados, determinar la zona inundable en caso de emergencia hídrica y/o rotura de la presa, indicando los tiempos de propagación de la onda de crecida y alturas del agua y efectuar el correspondiente análisis de riesgos.

Por otra parte, EISA tendrá las condiciones para operar la emergencia en forma segura para lo cual se contará 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.

Si bien es cierto que el enfoque central de la generación de un PADE es la de proteger la seguridad y vida de los habitantes aguas abajo, existen otras situaciones extraordinarias o muy particulares que requieren considerar avisos especiales. En el caso específico de la Central Hidroeléctrica Montelirio se presentará alertas y diagramas de aviso en la situación de inundación en su casa de máquina, lo cual se han simulado y comprobado con simulaciones hidráulicas debido a los niveles de agua en la descarga de la Central Hidroeléctrica Montelirio en condiciones atmosféricas desfavorables.

2 Descripción de la Central Hidroeléctrica Montelirio

La Central hidroeléctrica Montelirio ubicado en el Distrito de Renacimiento, Provincia de Chiriquí, es un proyecto localizado en la cuenca media del Río Chiriquí Viejo (Mapa 1). Este proyecto en conjunto con el Proyecto Pando forma un complejo hidroeléctrico en Cascada. La Central Hidroeléctricas Montelirio aprovecha las aguas limpias y desarenadas provenientes de la descarga de la Central Hidroeléctrica Pando. El sistema de derivación diseñado para un caudal de 21 m³/s consiste en una presa, compuerta de fondo y toma de agua lateral con desgravador y desarenador. Este sistema recibe las aportaciones de las aguas turbinas de la central Pando y de los tributarios

que se encuentran a lo largo del segmento del cauce entre la presa Pando y la presa Montelirio. A continuación, se presenta una breve descripción de las principales estructuras de la Central Hidroeléctrica Montelirio.

Toma de Agua Lateral: La toma de agua lateral, cuenta con una pantalla deflectora, un desgravador con su compuerta de limpieza, reja para captar objetos flotantes (con su limpiarrejas), y compuertas de control. El desarenador está dimensionado para captar partículas mayores 0.5 mm de acuerdo con criterios usuales para este tipo de estructura, consiste en un solo canal de 8.0 m de ancho por 52 de largo. Al final del desarenador se encuentra una cámara en donde se inicia la conducción a presión y donde se unen con las aguas que vienen directamente de la restitución de la Central Hidroeléctrica Pando.

Túnel: El túnel mantiene un rumbo aproximadamente paralelo al trazado de la tubería forzada de la Central Hidroeléctrica Pando. Este túnel tiene una longitud de 7,900 m y un diámetro de 3.2 metros.

Tanque de Oscilación: El tanque de oscilación conformado por orificio se encuentra semienterrado, lo que hace que sea más seguro contra sismos. Tiene 18 m de diámetro interno y una altura de 69 m (32 metros el tanque y 37 metros el pozo de conexión). El tanque es de concreto reforzado y el pozo está revestido con tubos de PRFV.

Tubería a Presión: Tiene un diámetro de 2.5 m hasta 1.5 m y una longitud total de 2,800 m.

Línea de Alta Tensión: A partir de la subestación se tendrá una línea de alta tensión, de 230 KV trifásica para la salida de energía y potencia generada, con cable LA-180 en dúplex, y cable de tierra con fibra óptica para comunicaciones. Las centrales hidroeléctricas Pando y Montelirio están conectada entre sí.

Casa de Máquinas: Esta casa de máquina se ubica dentro de una terraza de mediano tamaño a una distancia prudencial del cauce del río Chiriquí Viejo, para protegerla contra cualquier eventual desbordamiento y cambio del cauce. Alberga tres (3) turbinas Pelton, cada una con seis (6) inyectores de 1,167 m³/s y con tres (3) válvulas mariposa, una para cada unidad, con su respectivo sistema de by-pass. La restitución de las aguas se realiza mediante un canal con una sección de forma trapezoidal, que comunica la casa de máquinas con el cauce. Además, tiene tres (3) transformadores de potencia de 20 MVA y un sistema SCADA para protección y comunicación.

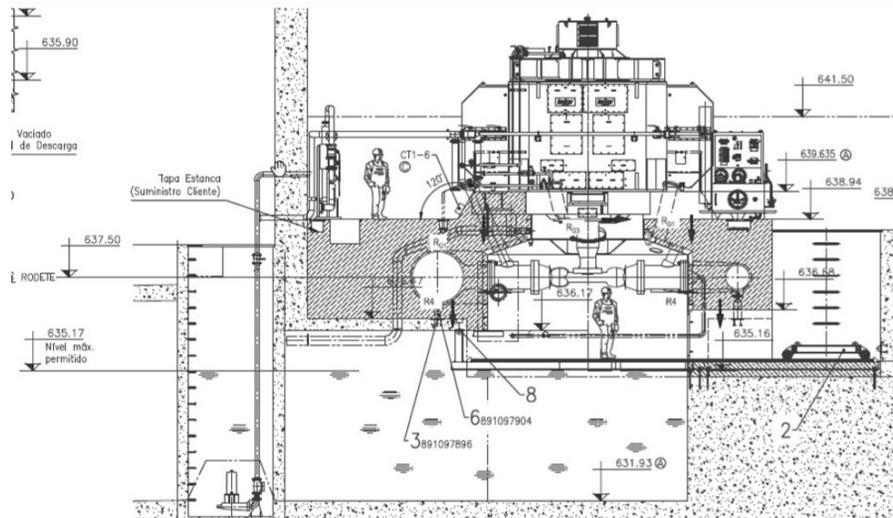


Figura 1. Sección transversal de casa de máquina de la central Hidroeléctrica Montelirio. Tomado del plano del fabricante, Andritz Hydro No. 89109453

Presa: La estructura de la presa es de gravedad y está construida de concreto estructural vaciado en bloques. El caudal de diseño es de $775 \text{ m}^3/\text{s}$ para un periodo de retorno de 1,000 años. Sin embargo, estructuralmente está verificada para la avenida de 10,000 años, la cual aporta un caudal de $1,120 \text{ m}^3/\text{s}$. El ancho del vertedero libre de la presa es de 55 metros, la carga sobre la cresta para el caudal de diseño es de 3.57 metros. Para la avenida extraordinaria (10,000 años de retorno) la carga sobre la cresta es de 4.42 metros. La descarga de fondo la compone una compuerta de tipo radial, de 6 m de ancho por 8 m de altura, con capacidad de $195 \text{ m}^3/\text{s}$ estando parcialmente abiertas.



Figura 2. Cara Frontal y vista de la casa de Maquina de Presa Montelirio

Tabla 1. Datos significativos de la Presa Montelirio

Elevación del vertedero	947 msnm
Elevación de coronación	951.30 msnm
Elevación de descarga	940. 0 msnm
Área de drenaje	275 km ²
Volumen del embalse ¹	100,000 m ³
Área del embalse	3 ha
Longitud total	83 m
Longitud de Vertedero	55 m
Caudal de Diseño de Vertedero	1120 m ³ /s (1:10000 años)
Coordenadas	973605N 308166 E
Características básicas de la Presa	Concreto estructural vaciado en bloques

Fuente: Información de Manuales suministrados por EISA, 2018

Tabla 2 Datos significativos de la Casa de Máquina de Montelirio

Nivel máximo permitido de operación	635.17 m.s.n.m.
Nivel de descarga en operación normal	634.00 m.s.n.m.
Nivel de fondo de descarga	631.00 m.s.n.m.
Salto Neto	285.00 m
Tipo de Turbina	Pelton
Numero de turbinas	3
Caudal Turbinado Total	21m ³ /s
Potencia Instalada de Transformación	54MVA

Fuente: Información de Manuales suministrados por EISA, 2018

En el Anexo de planos se presentan los planos descriptivos de los diferentes componentes de la Central Hidroeléctrica Montelirio.

Monitoreo y detección de Anomalías

Para el monitoreo y detección de anomalías la Central Hidroeléctrica Montelirio cuenta con instrumentos que son medidos con una regularidad trimestral, en la tabla 3 y 4 se presenta una descripción de los equipos que serán usados para el monitoreo y detección de anomalías en la Presa y Casa de la Central Hidroeléctrica Montelirio.

¹Al Nivel de Operación Normal de 947.00 m

Tabla 3. Descripción de Equipos que serán usados en la Presa Montelirio para el Monitoreo de Anomalías

Instrumento	Características	Fabricante	Modelo
Extensómetro de Varilla	Posibilita la lectura manual o automática con transductores de desplazamiento	OFITECO	EVO
Medidor de Juntas	Control externo de juntas entre bloques en las galerías de presa	OFITECO	N/A
Aforador de filtraciones	Control de filtraciones	OFITECO	AF-TH
Clavo de Nivelación y Colimación	Monitoreo de desplazamiento horizontal y vertical	OFITECO	N/A
Tubería inclinométrica	Control de desplazamiento horizontal	SISGEO	
Piezómetro de cuerda vibrante	Medición de presión intersticial y nivel freático	GLOETZL	EPVW 3
Transductor Lineal	Sensor de medida de desplazamiento lineal	GUEMISA	KL
Potenciómetro Lineal	Sensor de medida de desplazamiento lineal	ELAP	PM
Sensor Ultrasónico	Monitoreo y control de nivel	MITATEC	TEC /30IX400C12
Reloj Comparador		MITUTOYO	SERIE 575
Sonda Inclinométrica	Sonda de medida biaxial	SISGEO	N/A
Acelerómetro	Módulo para detección sísmicas	GURALP SYSTEMS LTD	CMG-5TCDE

Fuente: Información de Manuales suministrados por EISA, 2018

Tabla 4. Instrumentos para el seguimiento de riesgos asociados a los niveles de agua en la descarga de casa máquina

Instrumento	Características	Cantidad	Fabricante	Modelo	Valor mínimo de medición (Configurado)	Valor máximo de medición (configurado)	Valor crítico
Medidor de nivel ultrasónico	Permite monitoreo del nivel agua de la descarga	1	Rosemount/EMERSON	Rosemount 3105	634	638	> 635.8
Regla limnimétrica	Permite validar el nivel medido por el medidor ultrasónico	1	Topografías y aforos González	Madera	635	637	> 635.8
Flujómetro Ultrasónico	Permite la medición del caudal turbinado por cada unidad en tiempo real	1 por unidad generadora (total 3)	U-F-M / Ultrasonic Flow Management	KATflow 150	0 m3/s	8 m3/s	< 1.4 bajo carga
Sensor de Vibración (acelerómetro)	Permite monitorear y proteger la unidad de las vibraciones radiales y axiales.	2 en cojinete Acoplado, 3 en cojinete Opuesto (total 5)	Monitran	MTN/1185	0 mm/s	10 mm/s	> 3 mm/s @ 6 segundos

Fuente: Información de Manuales suministrados por EISA, 2018

La información recabada con los instrumentos instalados será almacenada en los registrados de datos (datalogger) marca Campbel Scientific modelo CR 1000. Los datos almacenados en los datalogger serán transmitidos a través de una red usando los módulos ETHERNET. Finalmente, la información será procesada y analizada con el sistema SCADA (sistema computacional del fabricante del datalooger).

Franjas de Operación de Embalses

En la Tabla 5 se presentan las franjas de operación de los embalses de la Central Hidroeléctrica Montelirio.

Tabla 5. Franjas de Operación de embalses de la Central Hidroeléctrica Montelirio.

Franjas de normas de operación	Presa Montelirio
	Cota (m)
NmiOE	945.70
NmiON	945.96
NMON	947.00
NMOE	948.00
NMCE	951.30

Dónde:

NmiOE: Nivel Mínimo de Operación Extraordinaria

NmiON: Nivel Mínimo de Operación Normal

NMON: Nivel Máximo de Operación Normal

NMOE: Nivel Máximo de Operación Extraordinario

NMCE: Nivel Máximo de Condición Extraordinaria

Sitios poblados aguas abajo del embalse de Montelirio

A continuación, en la Tabla 6, se presentan los sitios poblados que se localizan en la ribera del Río Chiriquí Viejo aguas abajo de la Presa Montelirio (Ver Mapa 2).

Tabla 6. Lugar Poblado, aguas abajo de la descarga de la Central Hidroeléctrica Montelirio

Corregimiento	Lugar Poblado	Viviendas totales Censo 2010	Población total Censo 2010	Coordenadas UTM (WGS-84)		Elev. Msnm
				Norte	Este	
Montelirio	Campo Alegre	83	336	970897	298102	841
	Villa Lourdes	38	183	971192	300365	884
	Montelirio	208	715	972441	299161	853
	San Antonio Arriba	43	183	973182	305957	1012
	San Antonio	147	589	972393	303856	997
Plaza Caisán	La Fila de Caisán	1	6	971914	312142	1338
	Caisán Primavera	94	344	971443	309406	1191
	Caisán Centro	128	521	970772	305622	1036
	Caisán Arriba	23	93	973182	308968	1140
	Caisán Abajo	2	21	969478	303098	955
	Plaza Caisán	331	1363	969578	299778	807
Totales		1098	4354			

Fuente: Lugares Poblados de la República, INEC, Contraloría General de la República. 2018. Coordenadas UTM, datos recopilados. CEDSA, 2018.

3 Implementación de un Sistema de Alerta Hidrológico

La cuenca 102 del Río Chiriquí Viejo cuenta con veintiséis (26) estaciones meteorológicas, de las cuales veinticuatro (24) son de tipo convencional y dos (2) de tipo satelital. De este total solo se encuentran activas Dieciséis (16), catorce (14) son convencionales y dos (2) satelitales, y son operadas por la Gerencia de Hidrometeorología de la Empresa de Transmisión Eléctrica, S.A. (ETESA). En tanto la subcuenca que drena hacia la central Montelirio cuenta con 4 estaciones activas. Estas estaciones meteorológicas proporcionan datos sobre precipitación acumulada aguas arriba del embalse. EISA les dará seguimiento a estos datos a través de comunicaciones directas con ETESA y a través del sistema web http://www.hidromet.com.pa/estaciones_satelitales.php.

Adicional a las estaciones meteorológicas descritas, en el área de drenaje de la presa Montelirio existe una estación hidrológica convencional, ubicada en Volcán, la cual se encuentra activa. La información recopilada por esta estación podrá ser utilizada para realizar estudios y análisis que establezcan posibles condiciones de alerta.

La utilización de un sistema de alerta hidrológico prevé de forma muy acertada el hidrograma de las avenidas que entrarán a la presa. Esta información sumada a los datos de nivel del embalse brindará

un panorama que permitirá hacer simulaciones 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.

Este sistema de alerta hidrológico también será una herramienta de control y monitoreo de los caudales ecológicos de la Central Hidroeléctrica Montelirio aunado al caudal turbinado en el sitio de descarga de casa de máquina de la Central Hidroeléctrica Montelirio. Esto permitirá prever posibles situaciones que podrían afectar los equipos de casa de máquina, debido a inundación por incremento de los niveles aguas abajo, cuando el nivel del agua esté en la cota 634 m.s.n.m y existan condiciones climatológicas adversas.

Con los datos de precipitación y de caudal más la información de la instrumentación instalados en la presa Montelirio, los operadores tendrán información actualizada de los niveles del embalse, permitiendo establecer la velocidad de ascenso del agua por arriba de lo normal. Por tal razón, los operadores de la central hidroeléctrica Montelirio, deben estar consciente de la importancia de la lectura continua de la elevación del nivel de agua en el embalse y deben realizar el balance hídrico que permita establecer la necesidad de activar el sistema de alerta temprana.

El primer camino para evitar o minimizar las consecuencias de las precipitaciones extraordinarias, sin duda, es la previsión. De ahí que se entienda que el mejor modo de afrontar una situación de emergencia de este tipo es adelantarse, a través de los sistemas de predicción meteorológica. En este sentido, es importante analizar y evaluar el estado actual de la Red Hidrometeorológica de ETESA con el objetivo de fortalecerla y mejorarla. Además, será necesario establecer acuerdos para el intercambio y flujo de información entre EISA, ETESA y/u otros generadores dentro del área de influencia de la Central Hidroeléctrica Montelirio optimizando así la inversión en este tema. Esto se hace más fácil ahora que existe la liberación de los datos meteorológicos desde el año 2017.

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

4 Identificación de las Emergencias

4.1 Detección de la Anomalía

El personal de EISA en la Central Hidroeléctrica Montelirio está preparado para la oportuna y confiable detección, evaluación, y clasificación de las situaciones de emergencia existente o potencial, enumeradas en la sección 6, en la Presa de Montelirio.

Es más conveniente emitir una alerta mientras se confirma la magnitud de la emergencia, que esperar a que esa situación se produzca. El personal de mantenimiento del Central Hidroeléctrica Montelirio está entrenado para buscar condiciones que podrían afectar la integridad de la presa o sus estructuras asociadas. Durante la inspección, el personal de Mantenimiento Civil buscará condiciones tales como grietas y hundimientos, filtraciones, corrosión interna, intemperismo, asentamiento y/o deterioro.

En cuanto a la detección de anomalías en el caso de fallas estructurales habrá un sistema de vigilancia de piezómetros, aforador de filtraciones, sensor de nivel e inclinómetros que medirán niveles de filtraciones debajo de la base de la presa, nivel del embalse y desplazamientos horizontales respectivamente. Además de la vigilancia visual de grietas, medición de los puntos de control en la corona de las presas, le indicarán a la empresa si existe alguna falla estructural por agotamiento de la estructura. En cuanto a falla por sismo la empresa cuenta con un acelerógrafo que le darán vigilancia e indicará si existe algún indicio de anomalía.

Las situaciones que podrían llevar a la falla incluyen desastres naturales y situaciones relacionadas con actividades humanas. Las actividades humanas pueden aumentar el potencial de impactos serios por falla de las presas, aguas abajo de la misma. Cuando las personas desarrollan actividades productivas y establecen sus hogares dentro de los límites de una zona inundable, el riesgo y potencial de peligro aumentan.

En lo referente a la emergencia producto de falla de las estructuras hidráulicas de descarga, el personal de EISA cuenta con reglas de niveles aguas abajo del sitio de descarga del agua turbinada de la casa de máquina de la Central Hidroeléctrica Montelirio. De igual forma, tendrán registro de caudales. A través del sistema SCADA estas variables (Niveles y Caudal) será posible conocer la evolución de los niveles de agua aguas abajo para identificar las condiciones críticas que pudiesen

afectar el funcionamiento de casa de máquinas y/o generar daños a los equipos. Estos monitoreos son necesarios dados a la configuración especial que existe entre la presa de El Alto y la casa de máquinas de Montelirio (Figura 3).

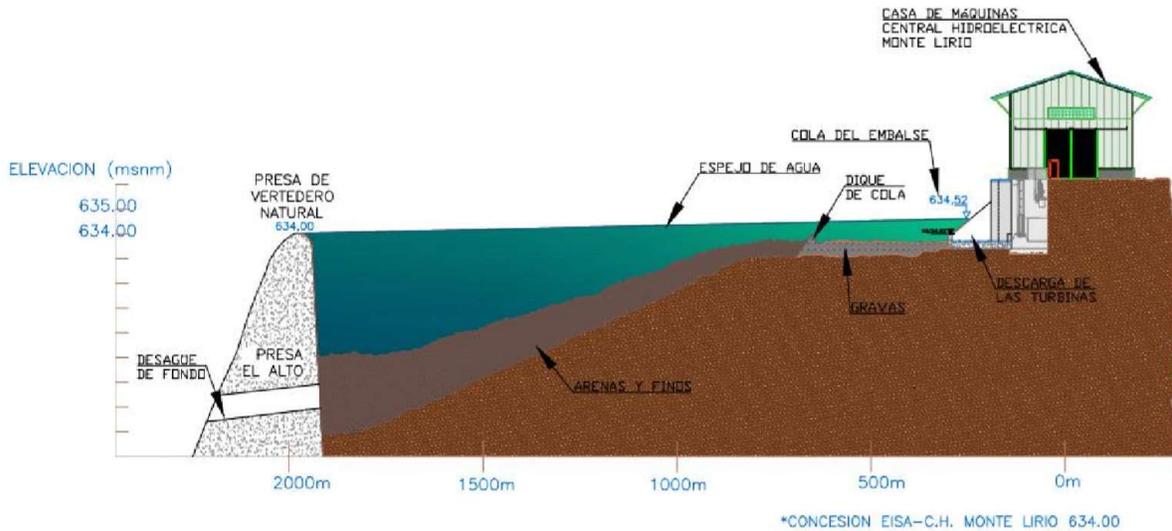


Figura 3. Perfil del tramo comprendido entre la Casa de Máquina de la central Hidroeléctrica Montelirio y la presa de la Central Hidroeléctrica El Alto. Las condiciones especiales existentes en la ubicación de esta infraestructura obligan a hacer análisis de riesgos que deben considerarse en el PADE de Montelirio. Informe Modelación Hidráulica Río Chiriquí Viejo. EISA. 2017.

Desastres Naturales

Los peligros naturales más importantes que podrían impactar las presas son: crecidas extraordinarias, así como los movimientos telúricos. La actividad sísmica no es anticipable en el tiempo por lo que en el plan se plantea la detección del suceso y de los resultados de una inspección posterior. En tanto, las altas precipitaciones como tal no representan un riesgo especial a la presa; no obstante, generan posibles deslizamientos de los taludes en el embalse y saturación de sedimentos en el cuerpo de la presa, los cuales pueden causar diferentes situaciones de emergencia. De igual forma, las altas precipitaciones pueden aumentar el nivel del embalse llevando a una situación de vertimiento.

Como se indicó previamente, los altos caudales generados por las precipitaciones por sí solo no representan riesgos, pero su acumulación con el caudal turbinado y un paulatino aumento de los niveles del embalse aguas abajo de la descarga, lo cual afecta la operación normal de la casa de máquinas de Montelirio. Esto ha sido comprobado por medio de simulaciones hidráulicas del tramo existente entre El Alto y Montelirio (Figura 4).

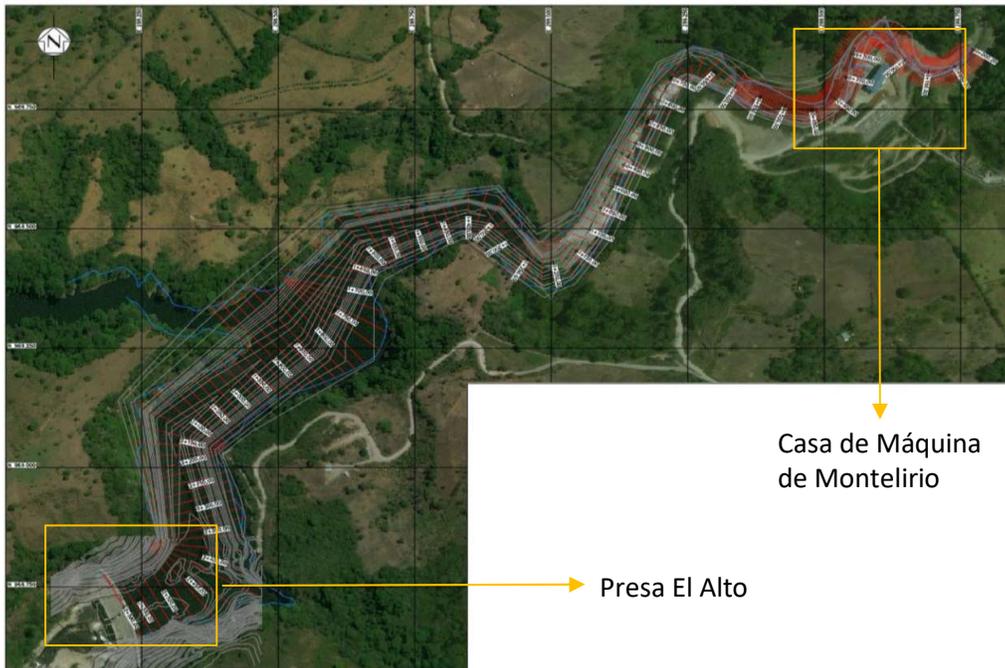


Figura 4. Perfiles transversales generados para el modelo hidráulico entre la presa El Alto y la Casa de Máquina de Montelirio. Informe Modelación Hidráulica Río Chiriquí Viejo. EISA. 2017.

Actividades Humanas

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

Es posible que las estructuras que conforman la central hidroeléctrica Montelirio sean objeto de vandalismo, sabotaje y/o actos bélicos, el cual puede resultar en daños estructurales. Debido al vandalismo y la preocupación por la seguridad pública, el acceso a las estructuras de las presas está normalmente restringido. Es poco probable que ocurran estos eventos; por tanto, estos eventos no se consideran en este PADE.

4.2 Tipos de Alerta

La definición de la alerta es el punto de inicio del desarrollo de operaciones para afrontar y manejar una situación de emergencia. A continuación, se clasifican las alertas de acuerdo con los indicadores para cada una de las situaciones de emergencia, de las características de la presa de Montelirio y los elementos que la identifican y distinguen. La Tabla 7 describe las causas para cada uno de los

tipos de Alerta para la presa Montelirio, mientras que en la Tabla 8 se describen las alertas identificadas para las situaciones de emergencia de la Casa de Máquina de Montelirio.

Tabla 7. Descripción de los Tipos de Alerta a Implementar según la Resolución AN 3932-ELEC del 2010 para los riesgos identificados de la presa de la Central Hidroeléctricas Montelirio.

Alertas	Identificación de la emergencia	Causas
Alerta Blanca	Vigilancia reforzada	Se está desarrollando una situación potencialmente peligrosa que implica la necesidad de un manejo controlado del embalse para la evacuación de caudales. En este caso, el nivel para activar la alerta blanca es el nivel de agua en la presa de 948 msnm. En caso de movimiento sísmico alejado de la zona de la presa, cuando se detectaron anomalías, susceptibles de comprometer la integridad de las obras en un plazo relativamente corto.
Alerta Verde	Preocupaciones serias	Se está desarrollando un comportamiento anormal o una situación de contingencia en la presa. 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. Cuando se registran valores anormales en los instrumentos como Transductor y potenciómetro, cuando se detecten una operación defectuosa de algún dispositivo de evacuación, mala maniobra del mismo durante una situación de emergencia, la aparición de nuevas grietas, desplazamientos en la presa, cuando se registran deslizamientos de laderas en el embalse o en sus proximidades aguas arriba, cuando existen actos de vandalismo o sabotaje, frente a la ocurrencia de sismos que ocasionen daños de diversa consideración, pero acciones de respuesta pueden impedir o mitigar tales circunstancias.
Alerta Amarilla	Peligro Inminente	Existen condiciones que hacen que la estructura sea inestable, creando una situación potencialmente peligrosa de una presa con posibilidad de falla. O bien 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. 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.
Alerta Roja	Rotura constatada	La falla, el colapso parcial o total es inminente o ha ocurrido, con pérdida incontrolable de agua del embalse. Se tiene que la crecida catastrófica afectará a la población de aguas abajo de la presa, la situación es extremadamente seria y debe iniciarse la evacuación. Es un hecho incontrolable que conduce a la falla. No hay tiempo para evaluar ni controlar la situación. Se interrumpe la operación, han ocurrido grandes daños estructurales en la presa y sus condiciones físicas se han deteriorado de modo tal que su reparación no es posible.

Tabla 8. Descripción de las alertas especiales a implementar, según los riesgos identificados para la casa de máquina de la Central Hidroeléctricas Montelirio

Alertas	Identificación de la emergencia	Causas
Alerta Blanca	Vigilancia reforzada	Se está desarrollando una situación potencialmente peligrosa que implica la necesidad de un manejo preventivo durante la generación eléctrica a capacidad máxima a 21 m ³ /s. Esta capacidad máxima de Generación se presenta cuando el nivel del agua es menor a 634 m.s.n.m. y el río Chiriquí Viejo aporta caudal de 50 a 55 m ³ /s.
Alerta Verde	Preocupaciones serias	<p>Incrementos rápidos de los niveles del río aguas abajo de casa de máquina de Montelirio. Esto será registrado por el equipo de EISA por medio de las lecturas de las reglas de niveles instalados.</p> <p>Estas condiciones de riesgos generan el siguiente escenario: En condiciones de altos aportes, según los datos recabados, el punto óptimo para evitar perjuicios a la Central Montelirio se encuentra en el escenario en donde el nivel del agua se mantenga por debajo de la cota 634 m.s.n.m., teniendo oportunidad de absorber cualquier crecida. Si aumenta el nivel del agua por encima de 634 m.s.n.m. y se presentan condiciones climáticas adversas en donde el río trae entre 55 y 90 m³/s habría que monitorear que los niveles de agua no lleguen 635.17 m.s.n.m., la cual es la cota máxima de diseño de la Central Montelirio.</p> <p>En la actualidad estas condiciones descritas obligan a los operadores de la Central Hidroeléctrica Montelirio a suspender la operación de una turbina y continuar la generación con las otras dos turbinas. Por supuesto esta situación genera afectaciones económicas a EISA y además se dificulta generar la electricidad requerida por el sistema, lo cual estresa las coordinaciones del Centro Nacional de Despacho (CND).</p>
Alerta Amarilla	Peligro Inminente	<p>Cuando el agua alcance niveles críticos que obliguen a suspender las operaciones de la casa de máquina por el riesgo de daños de los equipos.</p> <p>Esta situación se observa en la siguiente condición: Si el nivel de la descarga supera el nivel de 635.6 m.s.n.m., hay que detener la operación de la Central Hidroeléctrica Montelirio. En cuanto a la variable caudal, la modelación hidráulica indica que si el río trae entre 90 y 130 m³/s habría que cerrar dos unidades para seguir operando con una sola unidad y a partir de 130 m³/s y hasta 180.2 m³/s se deberán cerrar las 3 unidades.</p> <p>Bajo esta situación de operación la Central Hidroeléctrica Montelirio está limitada a generar cuando se tenga certeza de condiciones climáticas favorables y predecibles, ya que cualquier aumento repentino del nivel en la descarga provocaría el disparo de las unidades, por vibraciones, situación que podrían causar daños a las mismas.</p> <p>En la actualidad estas condiciones descritas obligan a los operadores de la Central Hidroeléctrica Montelirio a suspender la operación total y en consecuencia este escenario está generando importantes pérdidas económicas a la empresa EISA. Adicional a la pérdida económica por la no generación, está la latente preocupación de la empresa por las implicancias de darse daños a los equipos de la casa de máquina, lo cual se traduciría en pérdidas económicas cuantiosas por el reemplazo e instalación de nuevos equipos y por la suspensión indefinida de la empresa de generar electricidad. Esto estresaría aún más las coordinaciones del Centro Nacional de Despacho (CND).</p>

Es importante destacar que la definición de los umbrales definidos para cada una de las alertas y su asignación a los diferentes escenarios se realizó en cada caso basado en los resultados de las simulaciones hidrológicas e hidráulicas y de la experiencia de la empresa EISA desde que inició operaciones en el año 2014.

4.3 Diagramas de Aviso

Para las situaciones de emergencias señaladas en la sección 7, el Coordinador del PADE, realizará notificaciones según el Diagrama de Aviso respectivo. Estos diagramas de aviso se han realizado basados en la Resolución AN No 3932-Elec del 22 de octubre de 2010 e incluyen unidades la UTESEP y la Autoridad del Manejo del Agua.

Para el caso especial de la casa de máquina de Montelirio descrito (Tabla 8) se han generado alertas específicas en función de las siguientes variables: nivel del agua y el caudal de ingreso al embalse en condiciones atmosféricas adversas. En este caso se definieron alerta blanca, verde y amarilla.

4.3.1 Alertas para los riesgos identificados para la presa de Montelirio

4.3.1.1 Alerta Blanca

La Autoridad Competente en el Manejo de Agua declarará la Alerta Blanca de acuerdo con sus procedimientos de comunicación y según lo establecido en las Normas de Seguridad de Presa. De no estar vigente dicha autoridad el coordinador del PADE emitirá el siguiente mensaje:

*“Soy el Coordinador del PADE, (**nombre la persona**), por Electron Investment, S.A en la Central Hidroeléctrica Montelirio. Por este medio les notifico que la Planta Montelirio, tiene la siguiente situación de emergencia (**especificar la causa**); por lo tanto, a las (**HH:MM**) se debe activar la Alerta Blanca, para la presa, Montelirio, Repito: la Central Hidroeléctrica Montelirio, tiene la siguiente situación de emergencia (**especificar la causa**); por lo tanto, a las (**HH:MM**) se activa el nivel de Alerta Blanca. Deben tomar las medidas necesarias de vigilancia y control. Por favor ponga a todos sus contactos en alerta. Manténgase en contacto e informado sobre las siguientes notificaciones o terminación de la emergencia. El coordinador del PADE puede ser contactado al teléfono 6948-3148. Por favor comunique la recepción de este mensaje, confirme que ha entendido y proporcione su nombre y apellido”.*

4.3.1.2 Alerta Verde

*“Soy el Coordinador del PADE, (**nombre la persona**), por Electron Investment, S.A en la Planta Montelirio, la cual tiene la siguiente situación de emergencia (**especificar la causa**); por lo tanto, a las (**HH:MM**) se activa la Alerta Verde, para la presa, Montelirio. Repito: la Central Hidroeléctrica Montelirio, tiene la siguiente situación de emergencia (**especificar la causa**); por lo tanto, a las (**HH:MM**) se activa el nivel de Alerta Verde. Se están tomando las medidas necesarias de vigilancia y control. Se solicita que los organismos competentes que conforman la Fuerza de Tarea Conjunta deben estar listo para el proceso de evacuación, de los poblados aguas abajo de la Presa Montelirio. Por favor ponga a todos sus contactos en alerta. Manténgase en contacto e informado sobre las siguientes notificaciones o terminación de la emergencia. El coordinador del PADE puede ser contactado al teléfono 6948-3148. Por favor comunique la recepción de este mensaje, confirme que ha entendido y proporcione su nombre y apellido”.*

4.3.1.3 Alerta Amarilla

*“Soy el Coordinador del PADE, (**nombre la persona**), por Electron Investment, S.A de la Central Hidroeléctrica Montelirio”, les notifico² que se está presentando una situación potencialmente peligrosa (**especificar la causa**); en la casa de máquina de la Central Hidroeléctrica Montelirio. Repito: les notifico que se está presentando una situación potencialmente peligrosa (**especificar la causa**); en la casa de máquina de la central Hidroeléctrica Montelirio. Por favor declare la Alerta Amarilla y notifique a la Autoridad competente en el Manejo del Agua como a los organismos competentes de la Fuerza de Tarea Conjunta. Por favor comunique la recepción de este mensaje, confirme que ha entendido y proporcione su nombre y apellido. El coordinador del PADE puede ser contactado al teléfono 6948-3148.*

La UTESEP declarará la Alerta Amarilla de acuerdo con sus procedimientos de comunicación, según las Normas para Seguridad de Presa. De no estar en vigencia esta unidad, el coordinador del PADE declarará la Alerta Amarilla y procederá de acuerdo con el diagrama de aviso correspondiente.

4.3.1.4 Alerta Roja

*“Soy el Coordinador del PADE, (**nombre la persona**), por Electron Investment, S.A de la Central Hidroeléctrica Montelirio”, les notifico³ que se ha presentado una situación de emergencia*

² Notificación a la UTESEP, ASEP según las Normas de Seguridad de Presa.

³ Notificación a UTESEP, ASEP según las Normas de Seguridad de Presa

(especificar la causa)⁴ que ha ocurrido en Presa Montelirio causando pérdidas incontrolables de agua del embalse. Repito: les notifico que se ha presentado una situación de emergencia (especificar la causa)⁶ que ha ocurrido Presa Montelirio con pérdidas incontrolable de agua del embalse, por favor declare la Alerta Roja y notifique a los organismos competentes en la protección pública. Por favor comuniquen la recepción de este mensaje, confirme que ha entendido y proporcione su nombre y apellido El coordinador del PADE puede ser contactado al teléfono 6948-3148.

La UTESEP declarará la Alerta Roja de acuerdo con sus procedimientos de comunicación. De no estar en vigencia dicha Unidad, el coordinador del PADE declarará la Alerta Roja y procederá según el diagrama de aviso correspondiente. Electron Investment, S.A., notificará a los pobladores del área de la situación de emergencia con el siguiente mensaje:

“Soy el Coordinador del PADE, (nombre la persona), por Electron Investment, S.A en la Central Hidroeléctrica Montelirio”, les notifico que se ha presentado una situación de emergencia (especificar la causa)⁶ que ha ocurrido en Presa Montelirio causando pérdidas incontrolables de agua del embalse. Repito: les notifico que se ha presentado una situación de emergencia (especificar la causa)⁶ que ha ocurrido Presa Montelirio con pérdidas incontrolable de agua del embalse, por favor declare la Alerta Roja y notifique a los organismos competentes en la protección pública. Por favor comuniquen la recepción de este mensaje, confirme que ha entendido y proporcione su nombre y apellido El coordinador del PADE puede ser contactado al teléfono 6948-9148.

4.3.2 Alertas para condiciones especiales para situaciones de emergencia de casa de máquina declarada por el Coordinador del PADE

4.3.2.1 Alerta Blanca

La Alerta Blanca será emitida por el coordinador del PADE por parte de la empresa EISA, de acuerdo con sus procedimientos de comunicación y según lo establecido en las Normas de Seguridad de Presa. En este sentido, el coordinador del PADE emitirá el siguiente mensaje:

“Soy el Coordinador del PADE, (nombre la persona), por Electron Investment, S.A en la Central Hidroeléctrica Montelirio. Por este medio les notifico que la Planta Montelirio, tiene la siguiente situación de emergencia (especificar la causa); por lo tanto, a las (HH:MM) se activa la Alerta Blanca, para la casa de máquina de la Central Hidroeléctrica Montelirio, Repito: la Central

⁴ La causa de esta situación de emergencia es: Falla, colapso parcial o total inminente de la presa.

*Hidroeléctrica Montelirio, tiene la siguiente situación de emergencia (**especificar la causa**); por lo tanto, a las (HH:MM) se activa el nivel de Alerta Blanca. Deben tomar las medidas necesarias de vigilancia y control. Por favor ponga a todos sus contactos en alerta. Manténgase en contacto e informado sobre las siguientes notificaciones o terminación de la emergencia. El coordinador del PADE puede ser contactado al teléfono 6948-3148. Por favor comuníquese la recepción de este mensaje, confirme que ha entendido y proporcione su nombre y apellido”.*

4.3.2.2 Alerta Verde

*“Soy el Coordinador del PADE, (**nombre la persona**), por Electron Investment, S.A en la Planta Montelirio, la cual tiene la siguiente situación de emergencia (**especificar la causa**)⁵; por lo tanto, a las (HH:MM) se activa la Alerta Verde, para la casa de Máquina de la Central Hidroeléctrica Montelirio. Repito: la Central Hidroeléctrica Montelirio, tiene la siguiente situación de emergencia (**especificar la causa**); por lo tanto, a las (HH:MM) se activa el nivel de Alerta Verde. Se están tomando las medidas necesarias de vigilancia y control. Se solicita al CND autorice a la Central Hidroeléctrica agua abajo generar o bien efectúe vertimiento controlado para mantener los niveles de su embalse por debajo de 634 m.s.n.m. Recomendamos que debido a este vertimiento controlado los organismos competentes que conforman la Fuerza de Tarea Conjunta deben estar listo para el proceso de evacuación, de los poblados aguas abajo de la Presa El Alto. Por favor ponga a todos sus contactos en alerta. Manténgase en contacto e informado sobre las siguientes notificaciones o terminación de la emergencia. El coordinador del PADE puede ser contactado al teléfono 6948-3148. Por favor comuníquese la recepción de este mensaje, confirme que ha entendido y proporcione su nombre y apellido”.*

4.3.2.3 Alerta Amarilla

*“Soy el Coordinador del PADE, (**nombre la persona**), por Electron Investment, S.A en la Planta Montelirio, la cual tiene la siguiente situación de emergencia (**especificar la causa**)⁶; por lo tanto, a las (HH:MM) se activa la Alerta Amarilla, para la casa de Máquina de la Central Hidroeléctrica, Montelirio. Repito: la Central Hidroeléctrica Montelirio, tiene la siguiente situación de emergencia (**especificar la causa**); por lo tanto, a las (HH:MM) se activa el nivel de Alerta Amarilla. En tal sentido, se están tomando las medidas necesarias de vigilancia y control y se solicita al CND que autorice a*

⁵ Que el nivel del agua en casa de máquina de Monte Lirio está llegando a 634 m.s.n.m y existe un ingreso de caudal aproximado a 90 m³/s, lo que obligará a paralizar parcialmente las operaciones.

⁶ Que el nivel del agua en casa de máquina de Monte Lirio está llegando a 635.17 m.s.n.m debido a un ingreso de caudal superior a 130 m³/s, lo que obligará a paralizar las operaciones.

la Central Hidroeléctrica aguas abajo a generar o bien efectúe vertimiento controlado para mantener los niveles de su embalse por debajo de 634 m.s.n.m. Recomendamos que debido a este vertimiento controlado los organismos competentes que conforman la Fuerza de Tarea Conjunta deben estar listo para el proceso de evacuación, de los poblados aguas abajo de la Presa El Alto. Por favor ponga a todos sus contactos en alerta. Manténgase en contacto e informado sobre las siguientes notificaciones o terminación de la emergencia. El coordinador del PADE puede ser contactado al teléfono 6948-3148. Por favor comunique la recepción de este mensaje, confirme que ha entendido y proporcione su nombre y apellido”.

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

A continuación, listamos dicha información:

- Nombre de la presa (Presa Montelirio).
- Situación de emergencia (Condiciones de Crecidas Ordinarias y Extraordinarias, Por Colapso Estructural en Condición de Operación Normal, Por Colapso Estructural durante Crecidas Extraordinarias, Por Apertura Súbita de Compuertas, Por Falla de Operación de las Estructuras Hidráulicas de Descarga o Por Vaciado Controlado o Vaciado Rápido a causa de un problema en la presa).
- Gravedad de la situación.
- Tipo de falla que está ocurriendo o se está desarrollando (por ejemplo, rebose, rotura, inundación de casa de máquina).
- Hora exacta de la observación.
- Hora exacta de la falla, si ya ha ocurrido y se conoce, sino estimar.

Dado que existen situaciones particulares por Falla de Operación de las Estructuras Hidráulicas de Descarga, relacionado con la variación del nivel del embalse de la Hidroeléctrica El Alto, se han incluido en este PADE los flujogramas de aviso específicos para las alertas blancas, verdes y amarillas; con la cuales se evite daños a la Casa de Máquina de la Central Hidroeléctrica Montelirio.

Tal y como se establece en los diagramas de flujo de aviso específicos, EISA comunicará de forma paralela al CND las condiciones climáticas adversas que darían lugar a dichas alertas.

Se presentan a continuación los diagramas de aviso de acuerdo con el tipo de alerta presentado en este documento:

Diagrama de Aviso - Alerta BLANCA

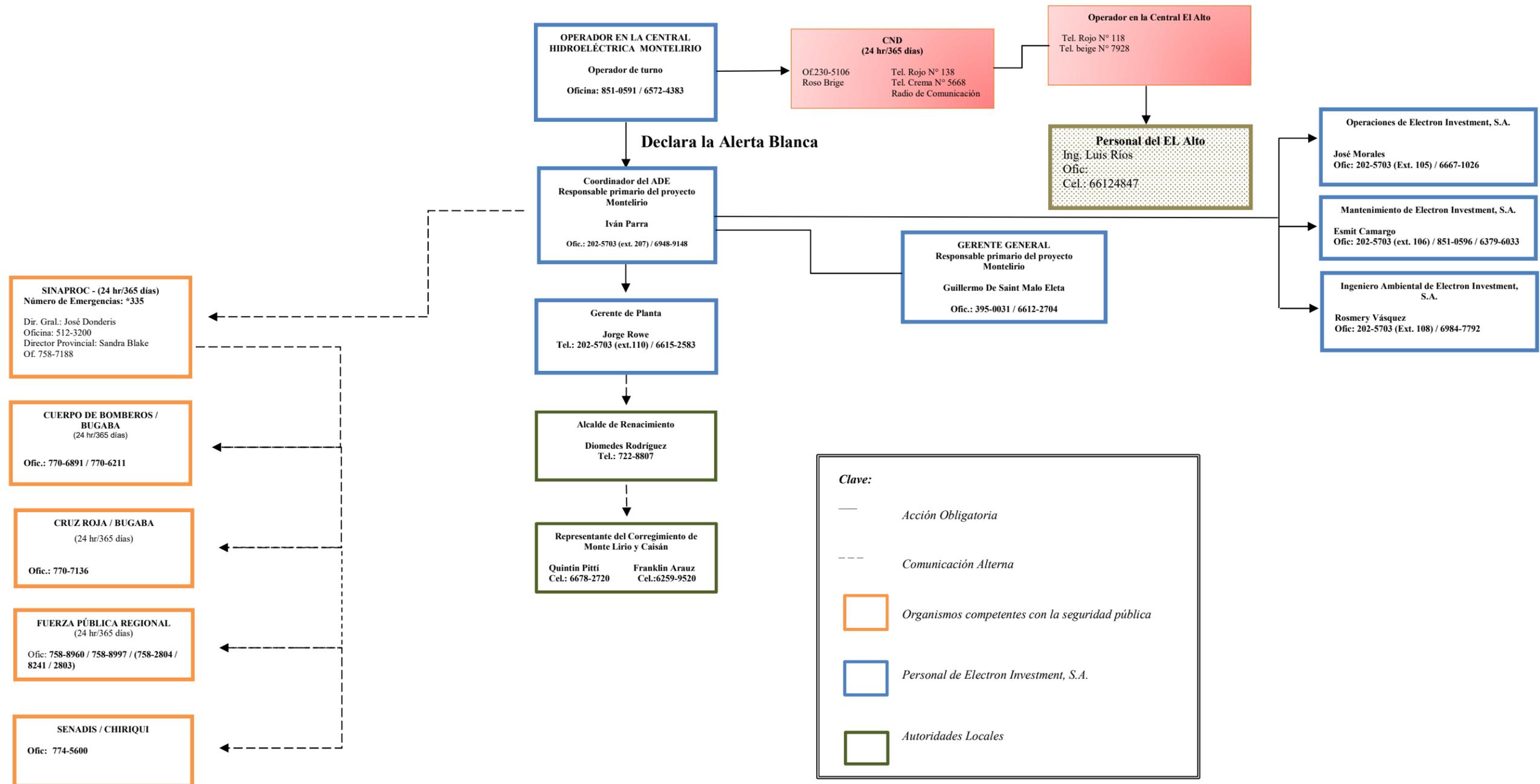


Diagrama de Aviso - Alerta VERDE

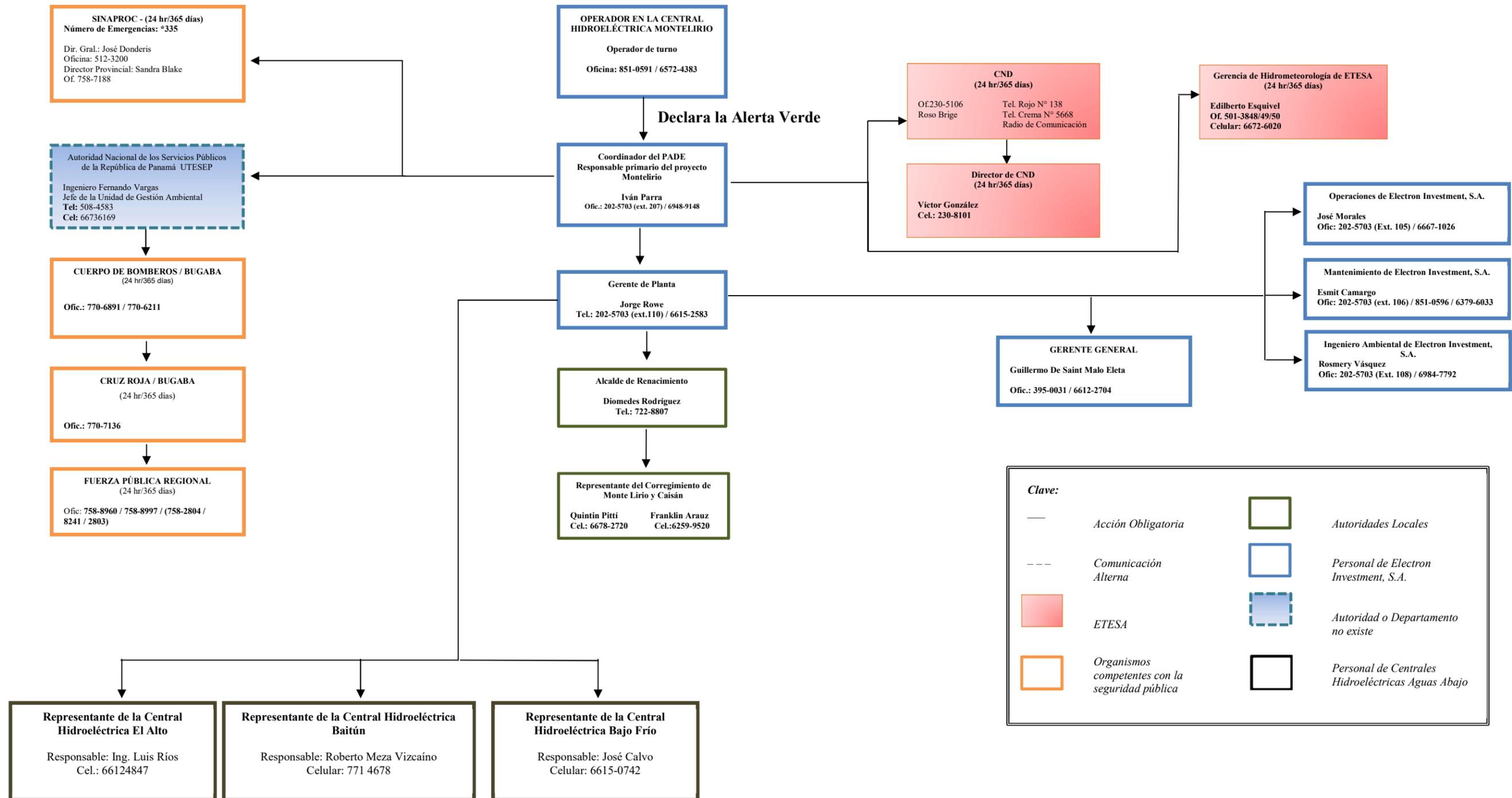


Diagrama de Aviso – Alerta AMARILLA

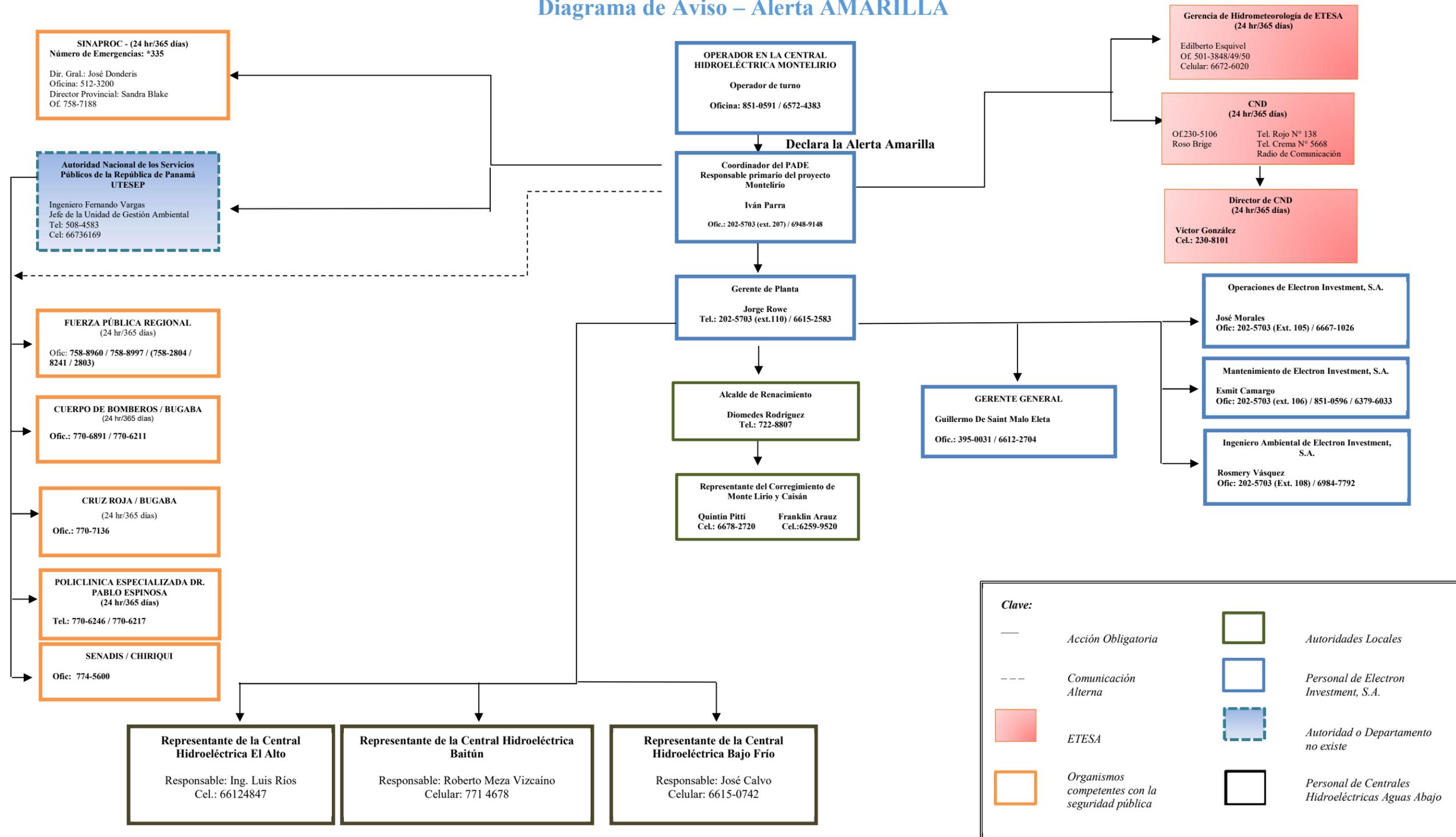


Diagrama de Aviso - Alerta ROJA

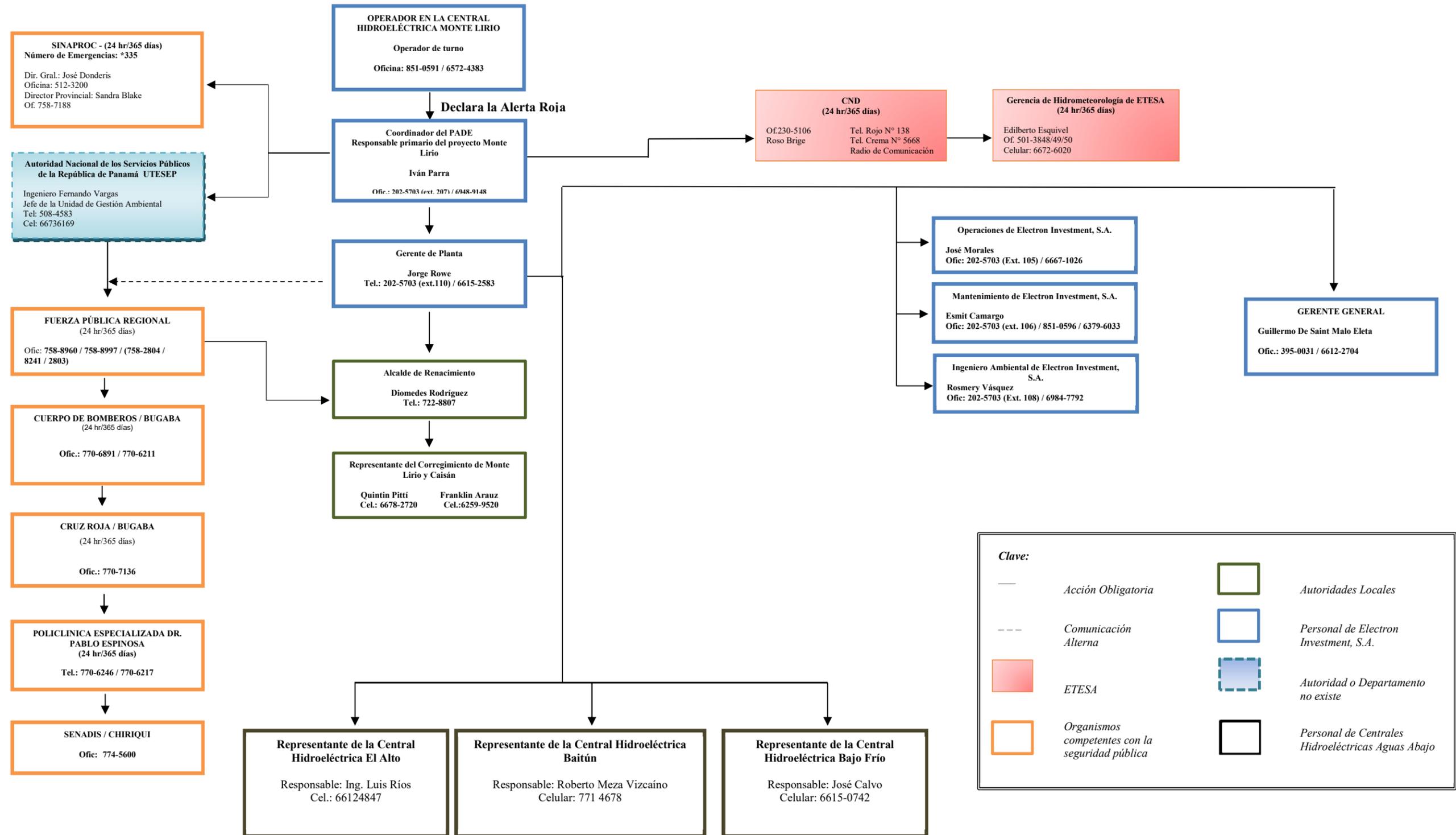


Diagrama de Aviso - Alerta Blanca

Situación especial de riesgo de inundación de la Casa de Máquina de la Central Hidroeléctrica Montelirio

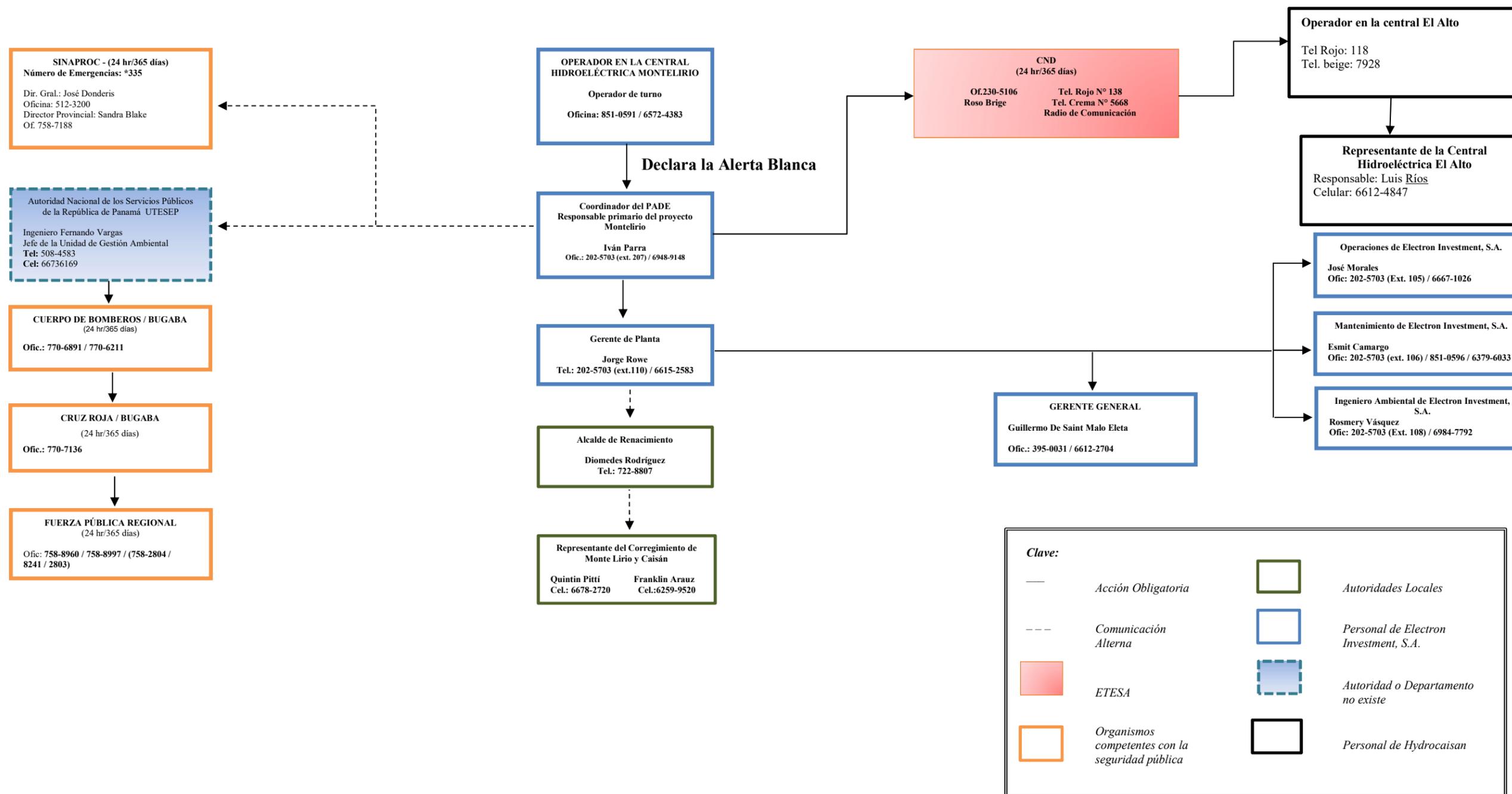


Diagrama de Aviso - Alerta VERDE

Situación especial de riesgo de inundación de la Casa de Máquina de la Central Hidroeléctrica Montelirio

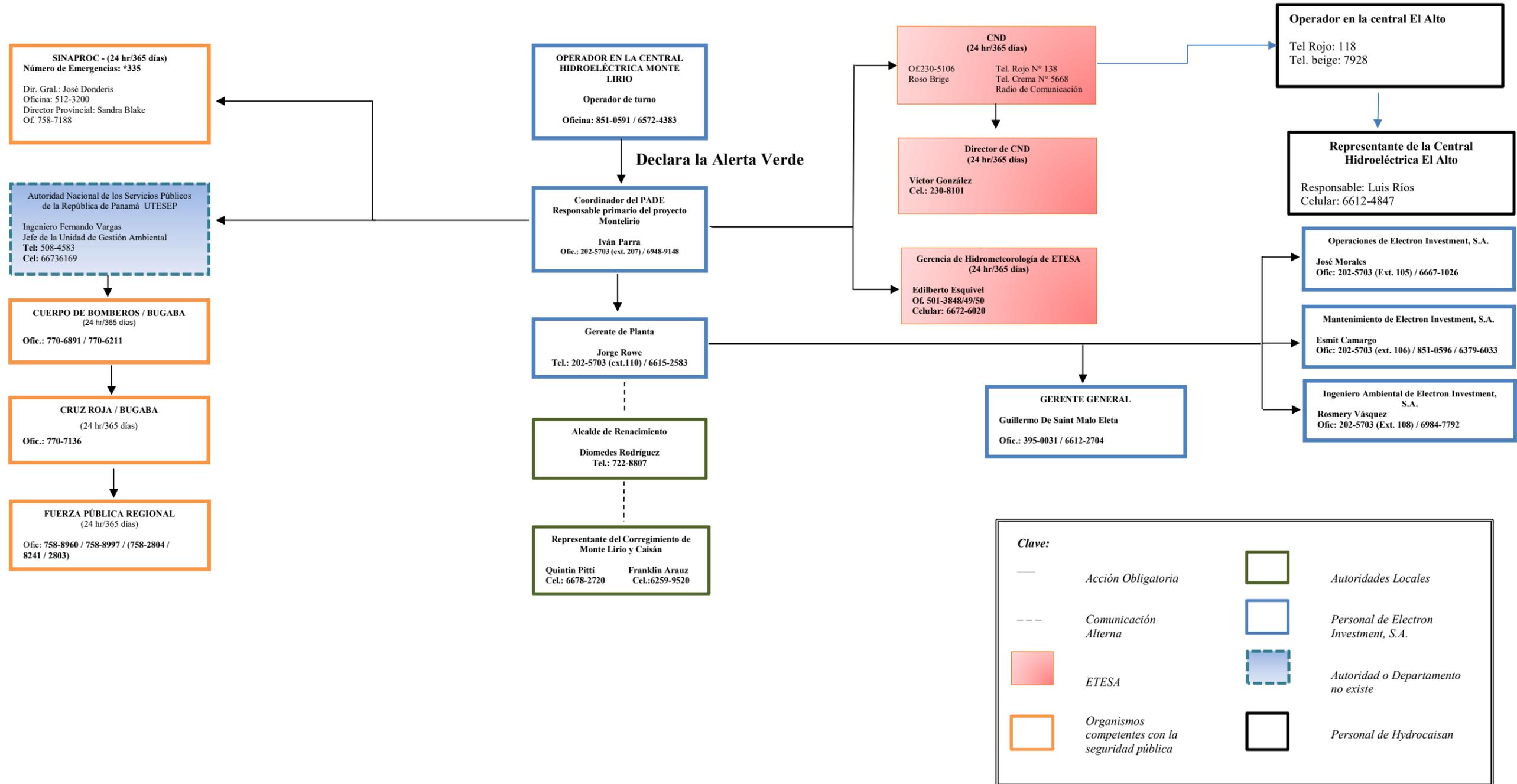
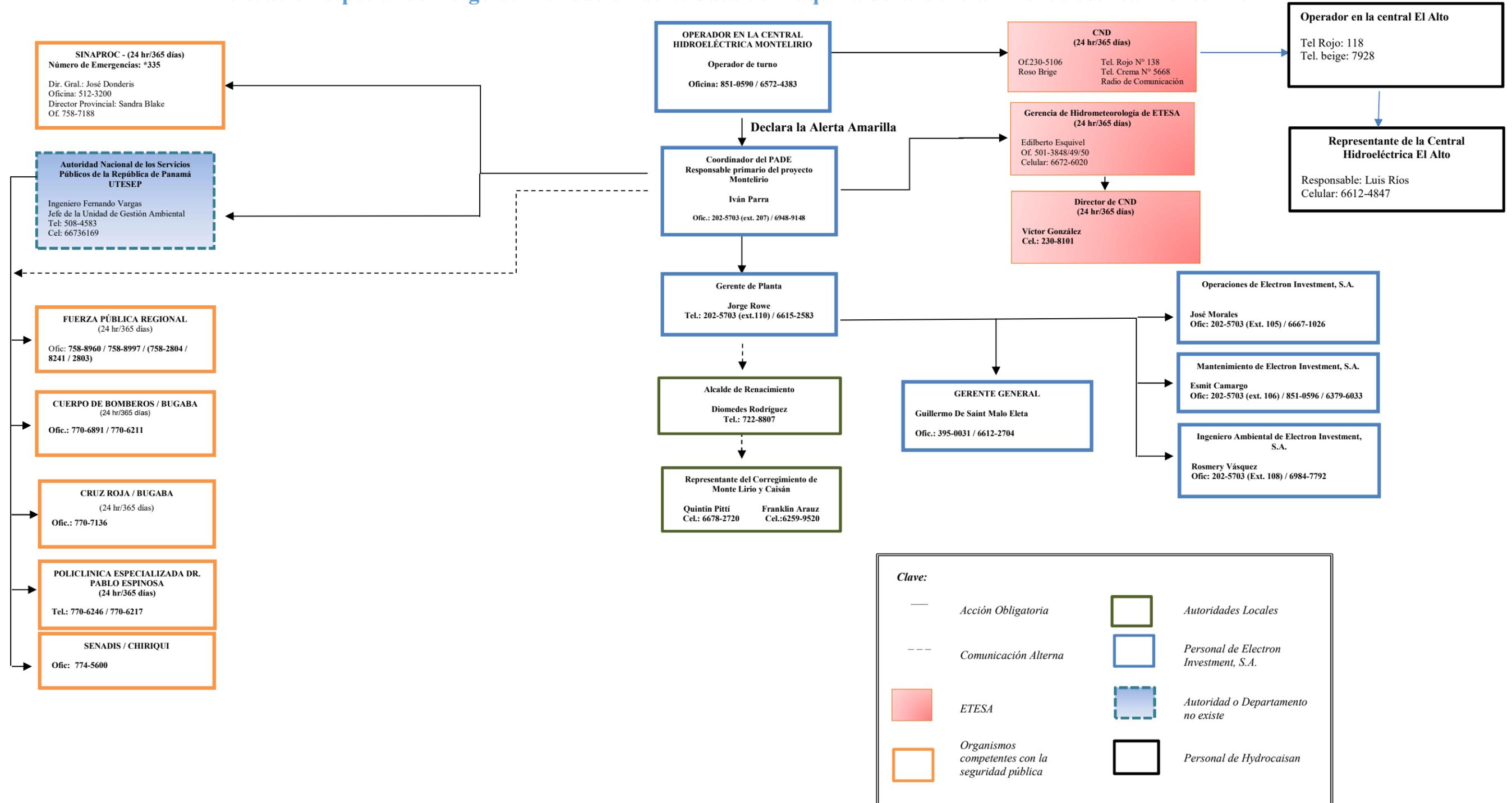


Diagrama de Aviso – Alerta AMARILLA

Situación especial de riesgo de inundación de la Casa de Máquina de la Central Hidroeléctrica Montelirio



5 Procedimiento para Declarar la Emergencia.

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

Después de la observación de una situación peligrosa en la Central Hidroeléctrica Montelirio, el inicio de la activación de planes de emergencia se puede dar tanto por el observador como por los representantes del sitio que conducen las labores de mantenimiento e inspección rutinarios. El personal de EISA que labora en la Central Montelirio inspecciona regularmente la presa y sus estructuras asociadas. Es su responsabilidad reconocer señales de peligros en desarrollo tales como los anotados en la sección 4, y tomar la iniciativa de actuar de acuerdo con la situación.

6 Procedimiento para el Manejo de las Emergencias

El plan de emergencia involucra a todo el personal de la central Hidroeléctrica Montelirio, desde los operadores hasta el personal de jerarquía superior de Electron Investment, S.A. Por lo tanto, una vez que se identifica una condición de emergencia, es esencial para el éxito del PADE que el personal responsable responda inmediatamente para llevar a cabo la notificación por parte de EISA y las medidas necesarias para la ejecución de la emergencia por parte de los estamentos de seguridad.

Para ejecutar el PADE, el equipo de colaboradores funcionará de forma coordinada; será necesario seleccionar profesionales que ajusten a un perfil previamente definido, para desempeñar las tareas establecidas en el PADE. Los procedimientos para el manejo de las Emergencias se definirán detalladamente por situación de emergencia.

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

El observador de una falla inminente o real tiene el compromiso de notificar al operador de sala de control de la Central Hidroeléctrica Montelirio y el operador notificará al Coordinador del PADE y

este a su vez notificará a los organismos competentes en la Protección Pública de acuerdo con los diagramas de notificaciones incluidos en este documento.

El **Coordinador del PADE** será responsable de mantener un registro de todas las comunicaciones y/o notificaciones realizadas; según el diagrama de aviso: indicándole la hora e información reportada en la llamada de notificación. Además, él coordinará los esfuerzos durante la emergencia, organizando las labores de rescate de personas; con el personal de rescate de la Fuerza de Tarea Conjunta (SINAPROC, Cuerpo de Bomberos, Policía, SENAFRONT y voluntarios). De igual manera dirigirá actividades directas de reparación dentro de la Central Hidroeléctrica durante la emergencia. Mantendrá activo un inventario de equipos útiles para casos de emergencias, en especial herramientas que ayuden en maniobras de rescates.

Las responsabilidades del **Coordinador del PADE**; también, incluirán la revisión y solicitud de modificaciones al plan, distribución de copias del plan y los diagramas de flujo, establecer el entrenamiento para el personal a cargo de la presa, y coordinar una prueba del plan. Él es la persona a contactar si surge cualquier pregunta sobre el plan.

El **Departamento de Recursos Humanos** mantendrá un listado de los colaboradores incluyendo teléfonos de los familiares, tipo de sangre, alergias entre otros en caso de emergencia.

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

El Gerente del EISA, designa al Coordinador del PADE, durante las emergencias, este Gerente tendrá las siguientes responsabilidades:

Asumir la dirección y la responsabilidad de toda emergencia que requiera de la activación del Centro de Operaciones de Emergencias.

Velar por la seguridad del personal, visitantes y terceras personas afectados por una emergencia.

- Coordinar y proveer dirección al Jefe de Operaciones o al Coordinador del PADE en cuanto a las prioridades de respuesta.
- Autorizar la inversión de los recursos económicos y humanos en las actividades de respuesta y control de emergencias.

El **Jefe de Operaciones** es **Responsable de Transporte y Comunicaciones**. Las responsabilidades en transporte y comunicación será como mínimo lo siguiente:

- Colaborar en cuanto a sugerir las mejores y más seguras rutas de evacuación y formas de transporte
- Emplear dichas rutas para movilizar alimentos, medicinas o enseres, o ayuda externa.
- Mantener el intercambio de información de lo que ocurre y vías abiertas de comunicación con las autoridades. Debe encargarse de radios (tanto de recepción, como de comunicación). Debe mantener un listado de teléfonos de emergencias actualizado y accesible. Independientemente del tipo de emergencia de que se trate, todos los empleados deberán estar capacitados en los procedimientos de respuesta a emergencias. Es por tanto imperativo el realizar regularmente simulacros y jornadas de adiestramiento. Ante un accidente o desastre, cada persona deberá saber cómo conducirse y los niveles de improvisación deberían ser mínimos. Esa es la clave para afrontar exitosamente
- Confeccionará un directorio telefónico para, en caso de emergencia, poder llamar a SINAPROC (Protección Civil), Cuerpo de Bomberos, Ambulancias o Policía. Estos números estarán bien visibles en la sala de control de la Central Hidroeléctrica.

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

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

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

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

7 Situaciones de Emergencia

La preparación se inicia precisamente con la elaboración del presente documento (Plan de Emergencias). Es siempre mucho mejor invertir tiempo en la preparación y organización previas, que el improvisar ante la emergencia ya concretada.

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

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

Para cada una de estas situaciones de emergencia hay Diagramas de Avisos (ver sección 4), de acuerdo con el tipo de alerta declarado. Dichos diagramas sintetizan claramente los esquemas de comunicación para cada condición de emergencia. Además, indican el orden o jerarquía prevista, las personas que serán avisadas, los cargos que ocupan, sus alternos y los medios de comunicación principales y alternativos.

En la Tabla 9, se han establecido las alertas que se aplicarán para cada una de las situaciones de emergencia.

Tabla 9. Definición de Alertas para cada Situación de Emergencia

Situaciones de emergencias según “Norma para la seguridad de Presa”	Presa Montelirio
Bajo Condiciones de crecidas Ordinarias y Extraordinarias	No aplica
Por Colapso Estructural en Condiciones de Operación Normal	Roja
Por Colapso Estructural durante Crecidas Extraordinarias	Roja
Por Apertura Súbita de Compuertas	Verde
Por Falla de Operación de las Estructuras Hidráulicas de Descarga	Verde/Amarilla
Por Vaciado Controlado o Vaciado Rápido a causa de un problema en la presa ⁷	No aplica

7.1 Condiciones de Crecidas Ordinarias y Extraordinarias

Esta situación de emergencia no aplica debido a que la capacidad de desalojo del vertedero es de 1120 m³/s para una crecida con un periodo de retorno de 1:10,000 años lo cual es mucho mayor que el establecido en la **Tabla Nº 2** del Anexo C “Criterios para la Evaluación de Crecidas” de la Resolución AN 3932-Elec del 2010. Aunado a esto, el caudal de las crecidas ordinarias y extraordinarias 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. Cabe resaltar que las comunidades se localizan distantes y a una elevación superior de las planicies de inundación del Río Chiriquí Viejo, ver mapa 4 y figuras 3, 4 y 5.

No obstante, si se considera un sismo justo cuando se tiene esta condición, y el operador detecta una aceleración igual o mayor a 0.3 g, en la presa; inmediatamente reporta al **Coordinador del PADE** dicha situación. Posteriormente, realizará el recorrido de la estructura de la presa en su parte externa (paredes aguas abajo). En la inspección visual de la presa se evalúan la presencia de daños estructurales o grietas y filtraciones a presión o cualquier otro síntoma de rotura estructural inminente. Informará al Coordinador del PADE el resultado de la inspección en las estructuras.

El **Coordinador del PADE**, una vez evidencie alguno de estos daños, seguirá el Diagrama de Aviso de la Alerta Amarilla con su mensaje respectivo, según la sección 4.3, para notificar a UTESEP, a los organismos competentes en la Protección Pública y a los responsables de los

⁷ Las alertas de esta condición preceden de las alertas de ruptura de presa en operación Normal.

otras centrales o proyectos hidroeléctricos aguas abajo de Montelirio (El Alto, Bajo de Mina, Baitún, Bajo Frío y Burica). Solicita a Mantenimiento Civil el monitoreo continuo e inmediato del acelerógrafo que se mantiene en la planta para la medición de los movimientos sísmicos subsiguientes (replicas).

Mantenimiento Civil: Establece la revisión comparativa de los reportes generados de las inspecciones visuales; con el fin de determinar las siguientes acciones según los daños y severidad reflejados en los mismos. En caso de que se evidencie en los registros del acelerógrafo movimientos sísmicos, debe apoyarse con la información de movimientos sísmicos del área que es publicado en la página Web del Instituto de Geociencias de la Universidad de Panamá: www.igc.up.ac.pa, para determinar si hay movimientos inusuales o replicas muy seguidas.

Gerente de Planta/Administración: Contratar, en caso de ser necesario y factible, a una o varias empresas (s) especializada (s) para la evaluación y mitigación de los daños en las estructuras.

Supervisor de Mantenimiento: Debe asegurarse de contar con el personal de mantenimiento en planta. Para atender cualquier situación de falla o daño en las situaciones unidades generadoras. Debe asegurarse que todo el personal que va a trabajar cuente con radios de comunicación o celular.

Si persisten las filtraciones incontrolables o se producen nuevas grietas o aumento de las existentes. También, se consideran síntomas de rompimiento de presas el desarrollo de sumideros en la presa o estribos de esta; asentamiento pronunciado del coronamiento o bermas. Entonces, el **Coordinador del PADE** declara la ALERTA ROJA.

7.2 Por Colapso Estructural en Condición de Operación Normal

Esta situación de emergencia se conoce como rotura de presa “con buen tiempo” generalmente se modela con el embalse en un nivel normal de operación (MNON) y abarca los posibles escenarios de rotura de presa tales: sismos, falla estructural de los materiales o de la fundación. Cabe resaltar, que para minimizar el riesgo de los colapsos estructurales y en cumplimiento a la Resolución AN-3932-ELEC-del 2010, EISA contratará a asesores técnicos y especialistas en seguridad de presa, para las inspecciones intermedias, globales, especiales y de emergencia de los aspectos relacionados a la seguridad de presa.

Como resultado de la evaluación, de la sección 9, se determinaron los siguientes criterios para el análisis de rotura (Tabla 10):

Tabla 10. Análisis de Rotura de las Presas de la Central Hidroeléctrica Montelirio en condición de operación Normal⁸

	Presa Montelirio
Forma de la brecha	Rectangular
Tiempo de Formación	0.11 horas
Cota del fondo de la brecha	938msnm
Ancho de la brecha	16.18 metros

La formación de una brecha en la presa conducirá a la ruptura y colapso de la misma; en este sentido, el agua represada, 1000 m³/s sería liberada. En el Mapa 5 y Figuras 7, 8 y 9 se observa, que, si el embalse está en el Nivel Normal de Operación, la ruptura no alcanzará el perímetro de ninguna de las poblaciones, ni infraestructuras ubicadas aguas abajo de la presa, debido al encajonamiento del río Chiriquí Viejo.

A continuación, se presenta el procedimiento para el manejo de emergencia asociado a este escenario:

- **ALERTA ROJA**

En caso de preverse o ya tenerse el colapso parcial o total de la presa a cualquier nivel de agua se debe aplicar inmediatamente la alerta roja.

El procedimiento por colapso Estructural en condición de operación Normal:

El Coordinador del PADE se guiará según lo establecido en el Diagrama de Aviso para la ALERTA ROJA con su mensaje respectivo, mediante la sección 4.3 (diagramas de aviso), para realizar las acciones necesarias para comunicar a la UTESEP y a los organismos competentes en la Protección Pública como: SINAPROC, Policía Nacional, Cruz Roja, Bomberos de Bugaba y POLICLÍNICA BUGABA. Además, se le notificará al Alcalde de Renacimiento; representantes de Caisán y Montelirio.

⁸ Resultados de Modelación Hidráulica, CEDSA 2018.

Las autoridades gubernamentales coordinarán la evacuación de las comunidades ubicadas aguas abajo de manera inmediata y ordenar la evacuación inmediata de todo el personal que se encuentre en el Sitio de Presa, Casa de Máquinas o realizando tareas en las riberas del río Chiriquí Viejo.

Finalmente, el Coordinador del PADE determina e indica el fin de la emergencia, en conjunto con el Director de Planta.

El procedimiento por colapso Estructural en condición de operación Normal (por sismo):

En el caso de que el operador detecte una aceleración igual o mayor a 0.4 g, en la presa se declarará directamente ALERTA ROJA

El **Coordinador del PADE** realiza las acciones necesarias para dar aviso, según el Diagrama de Aviso para la ALERTA ROJA y evacuar a las comunidades ubicadas aguas abajo de manera INMEDIATA. Ordenar la evacuación inmediata de todo el personal que se encuentre en el Sitio de Presa, Casa de Máquinas o realizando tareas en las riberas del río Chiriquí Viejo.

Finalmente, el Coordinador del PADE determina e indica el fin de la emergencia, en conjunto con el Gerente de Planta.

7.3 Por Colapso Estructural durante Crecidas Extraordinarias

Esta situación de emergencia se produce durante el colapso con el embalse en niveles extraordinarios (MNOE) y sin que la presa sea sobrepasada abarca los posibles escenarios de rotura de presa tales: sismos, atentado, falla estructural de los materiales o de la fundación, estos escenarios podrían ocurrir durante un evento meteorológico extraordinario. Estos escenarios podrían ocurrir durante un evento meteorológico extraordinario; por lo tanto, se considera que la situación de emergencia “Por Colapso Estructural durante Crecidas Extraordinarias” tendrán los mismos procedimientos de manejo de la situación de emergencia por Colapso Estructural durante Operación Normal.

Como resultado de la evaluación, establecidas en la sección 9, se determinaron los siguientes criterios para el análisis de rotura (Tabla 11):

Tabla 11. Análisis de Rotura de las Presas de la Central Hidroeléctrica Montelirio durante Crecidas Extraordinaria⁹

	Presa Montelirio
Forma de la brecha	Rectangular
Tiempo de Formación	0.11 horas
Cota del fondo de la brecha	938msnm
Ancho de la brecha	16.18 metros

Para la rotura de presa los caudales obtenidos según la simulación (sección 9), para la presa Montelirio es 2137 m³/s. En el Mapa 6 se presentan las planicies de inundación obtenidas con la simulación hidráulica para la Presa Montelirio.

En esta situación la formación de una brecha en la presa conducirá a la ruptura y colapso de esta; en este sentido, una gran cantidad de agua represada sería liberada rápidamente, 2137 m³/s, generando una avenida, de grandes proporciones aguas abajo. Sin embargo, en el Mapa 6 y Figuras 6 y 7 se observa, que, si el embalse está en el Nivel Máximo de Condición Extraordinaria, la ruptura no alcanza el perímetro de ninguna de las poblaciones, ni infraestructuras ubicadas aguas abajo de la presa, debido al encajonamiento del río Chiriquí Viejo.

Al igual que la situación anterior, se presenta el procedimiento para el manejo de emergencia para el escenario de Colapso Estructural durante Crecidas Extraordinarias por Sismo para la Presa Montelirio.

Una vez que el operador detecte una aceleración igual o mayor a 0.4 g, en la presa se declarará directamente ALERTA ROJA

El **Coordinador del PADE** realiza las acciones necesarias para dar aviso, según el Diagrama de Aviso para la ALERTA ROJA y evacuar a las comunidades ubicadas aguas abajo de manera INMEDIATA. Ordenar la evacuación inmediata de todo el personal que se encuentre en el Sitio de Presa, Casa de Máquinas o realizando tareas en las riberas del río Chiriquí Viejo.

Finalmente, el **Coordinador del PADE** determina e indica el fin de la emergencia, en conjunto con el Gerente de Planta.

⁹ Resultados de Modelación Hidráulica, CEDSA 2018.

7.4 Por Apertura Súbita de Compuertas

Esta sección consiste en evaluar los efectos que puede originar la apertura súbita de la compuerta de fondo. 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.

Alerta Verde

Si la compuerta de fondo se abre súbitamente en condiciones de operación normal, el caudal máximo que se descargará será de 326 m³/s que corresponde a una crecida de 1:5 año según la simulación hidráulica (**sección 9, Tabla 18**). Este caudal evacuado no representa riesgo para las comunidades aguas abajo, debido al encajonamiento del Río Chiriquí Viejo y que las comunidades se localizan distantes y a una elevación superior de la planicie de inundación.

No obstante, se presenta el procedimiento para el manejo de emergencia para el escenario por Apertura Súbita de Compuertas para la Presa Montelirio.

Una vez que el **operador** detecte algún problema con las compuertas de fondo; inmediatamente reporta al Coordinador del PADE dicha situación. Posteriormente, realizará el recorrido de la estructura de la presa en su parte externa (paredes aguas abajo). En la inspección visual de la presa se evalúan la presencia de daños estructurales o grietas y filtraciones a presión o cualquier otro síntoma de rotura estructural inminente. Informará al **Coordinador del PADE** el resultado de la inspección en las estructuras.

El **Coordinador del PADE**, seguirá el Diagrama de Aviso de la Alerta Verde con su mensaje respectivo, según la sección 4.3, para notificar a UTESEP, a los organismos competentes en la Protección Pública y a los responsables de las otras centrales o proyectos hidroeléctricos aguas abajo de Montelirio (El Alto, Bajo de Mina, Baitún, Bajo Frío y Burica). Solicita a Mantenimiento Civil el monitoreo continuo e inmediato de los sensores de la presa.

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

El **Jefe de Operaciones** mantiene las coordinaciones con el CND hasta que la condición de emergencia haya concluido e intercambiar información pertinente.

Gerente de Planta/Administración: Contratar, en caso de ser necesario y factible, a una o varias empresas (s) especializada (s) para la evaluación y mitigación de los daños en las estructuras.

Jefe de Mantenimiento: Debe asegurarse de contar con el personal de mantenimiento en planta. Para atender cualquier situación de falla o daño en las situaciones unidades generadoras. Debe asegurarse que todo el personal que va a trabajar cuente con radios de comunicación.

El **Jefe de Operaciones** se asegura de tener las lecturas del nivel del embalse cada quince minutos.

Mantenimiento Civil debe realizar inspecciones rutinarias a las estructuras con el fin de determinar las siguientes acciones según los daños y severidad reflejados en los mismos.

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

7.5 Por Falla de Operación de las Estructuras Hidráulicas de Descarga

En este caso se describen dos situaciones: la relacionada por fallo de las compuertas y el otro escenario está relacionado con la situación de ahogamiento o desbordamiento de la descarga de casa de Máquina de Montelirio debido al aumento de niveles del agua, que al llegar a 635.6 m.s.n.m. se debe detener la generación.

Situación de Apertura Súbita de Compuertas

Esta emergencia se considera que es igual a la situación de Apertura Súbita de Compuertas. El escenario de emergencia por falla en la operación de las estructuras de descarga se refiere a problemas para la apertura de la compuerta de fondo, o bien el cierre de estas luego de algún vaciado controlado o rápido. Este escenario puede ser generado por daños mecánicos por falta de mantenimiento, vandalismo o la suspensión de la energía eléctrica.

El procedimiento por seguir en estos casos será el siguiente:

Una vez que el **operador/observador** detecte algún problema con las estructuras hidráulicas de descarga; inmediatamente reporta al Coordinador del PADE dicha situación. Posteriormente, realizará el recorrido de la estructura de la presa en su parte externa (paredes aguas abajo). En la inspección visual de la presa se evalúan la presencia de daños estructurales o grietas y filtraciones a

presión o cualquier otro síntoma de rotura estructural inminente. Informará al **Coordinador del PADE** el resultado de la inspección en las estructuras.

El **Coordinador del PADE**, seguirá el Diagrama de Aviso de la Alerta Verde con su mensaje respectivo, según la sección 4.3, para notificar a UTESEP, a los organismos competentes en la Protección Pública y a los responsables de las otras centrales o proyectos hidroeléctricos aguas abajo de Montelirio (El Alto, Bajo de Mina, Baitún, Bajo Frío y Burica). Solicita a Mantenimiento Civil el monitoreo continuo e inmediato de los sensores de la presa.

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

El **Jefe de Operaciones** mantiene las coordinaciones con el CND hasta que la condición de emergencia haya concluido e intercambiar información pertinente.

Gerente de Planta/Administración: Contratar, en caso de ser necesario y factible, a una o varias empresas (s) especializada (s) para la evaluación y mitigación de los daños en las estructuras.

Jefe de Mantenimiento: Debe asegurarse de contar con el personal de mantenimiento en planta. Para atender cualquier situación de falla o daño en las situaciones unidades generadoras. Debe asegurarse que todo el personal que va a trabajar cuente con radios de comunicación.

El **Jefe de Operaciones** se asegura de tener las lecturas del nivel del embalse cada quince minutos.

Mantenimiento Civil debe realizar inspecciones rutinarias a las estructuras con el fin de determinar las siguientes acciones según los daños y severidad reflejados en los mismos.

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

Inundación de la casa de máquina

Una vez que el **operador/observador** detecte algún problema con las estructuras hidráulicas de descarga; inmediatamente reporta al Coordinador del PADE dicha situación. Posteriormente, realizará el recorrido de la estructura de la casa de máquina. En la inspección visual se evalúan la presencia de daños a equipos. Informará al **Coordinador del PADE** el resultado de la inspección. De igual forma, reportará los registros de incremento de niveles por aumento de caudales en el Río Chiriqui Viejo.

El **Coordinador del PADE**, seguirá el Diagrama de Aviso de la Alerta Verde o Amarillo (según sea el caudal y nivel de embalse) con su mensaje respectivo, según la sección 4.3, para notificar a UTESEP, a los organismos competentes en la Protección Pública y al CND quien es el ente de autorizado para gire comunicado oficial a los operadores aguas debajo de la Central Montelirio que inicie generación o bien haga vertido controlado para bajar los niveles de su embalse. Solicita a Mantenimiento Civil el monitoreo continuo e inmediato del funcionamiento de las turbinas de casa de máquina.

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

El **Jefe de Operaciones** mantiene las coordinaciones con el CND hasta que la condición de emergencia haya concluido e intercambiar información pertinente.

Gerente de Planta/Administración: Contratar, en caso de ser necesario y factible, a una o varias empresas (s) especializada (s) para la evaluación y mitigación de los daños en los equipos de casa de máquina.

Jefe de Mantenimiento: Debe asegurarse de contar con el personal de mantenimiento en planta. Para atender cualquier situación de falla o daño en las situaciones unidades generadoras. Debe asegurarse que todo el personal que va a trabajar cuente con radios de comunicación.

El **Jefe de Operaciones** se asegura de tener las lecturas del nivel del embalse cada quince minutos. Además, debe monitorear las vibraciones de las turbinas de modo de suspender su operación en función del riesgo de daños causado por los niveles de agua en el punto de descarga de casa de máquina. Para tal efecto, se basarán en una serie de equipos instalados en esta sección de la central Hidroeléctrica Montelirio (Tabla 12).

Mantenimiento Civil debe realizar inspecciones rutinarias a las estructuras con el fin de determinar acciones según los daños y severidad reflejados en los mismos.

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

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

El escenario de vaciado controlado o vaciado rápido a causa de un problema en la presa es, según las Normas para la Seguridad de 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.

En este sentido, para garantizar la seguridad de la presa, es necesario que se genere la apertura de las compuertas para aliviar la presión que genere la columna de agua. Por lo tanto, si hay una apertura de la compuerta de fondo, esta debe hacerse en forma controlada, de modo de dar tiempo a los organismos competentes seguridad pública para poner a buen resguardo a los habitantes de las comunidades localizadas en el área de influencia aguas abajo de la presa.

Este escenario no se considera para la Presa Montelirio, porque cuenta con un vertedero de descarga libre. Sin embargo, de ser requerido una descarga o vaciado rápido por el sistema de compuerta de fondo se aplicaría el procedimiento de una alerta verde, donde la descarga según el modelo hidráulico correspondería a una crecida de 1:5 años, 326 m³/s. Este caudal no representa riesgo para las comunidades aguas abajo, debido a que estas se encuentran distantes del sitio de presa además que la topografía que presenta el Río Chiriquí viejo tiene la capacidad de absorber la energía producida por este evento.

8 Estudio de Afectación de Ribera de Embalse y Valle

El estudio de afectación de ribera de embalse y valle de la Central Hidroeléctrica Montelirio 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 realizó utilizando la información suministrada por la empresa EISA, la obtenida de las visitas de campos del área de influencia de la Central Hidroeléctrica Montelirio y la generada de las simulaciones hidrológicas e hidráulicas. En esta sección se presentará las posibles afectaciones según las diferentes situaciones descritas en la Resolución AN N° 3932 de 22 de octubre de 2010.

Cabe resaltar, que no se prevén afectaciones directas a las comunidades aledañas a las áreas de influencia de la central hidroeléctrica debido a que se localizan distantes del cauce del río; además,

la propia configuración topográfica impide su desbordamiento como se puede apreciar en las Figuras 1, 3, 4, 6, 7, 8, 11, 12 y 13.

En la Tabla 12 analizan las afectaciones de los escenarios según norma:

Tabla 12. Resumen de los Escenarios de Afectaciones de Riberas de Embalse y Valles.

Escenarios de afectaciones	Escenarios de emergencias	Descripción de las afectaciones
Por la ocurrencia de diferentes ondas de crecida	<p>Por colapso estructural en condición de operación normal.</p> <p>Por colapso estructural durante crecidas extraordinarias.</p>	<p>Ambas condiciones provocarán ondas de crecidas, que solo afectarán las áreas cercanas al cauce del río. En el caso de Montelirio, dada la fuerza del corriente, en las riberas aguas abajo de la presa, las afectaciones serán de tipo ecológica dado que se prevé pérdida de cobertura vegetal del bosque de galería. Así como la fauna asociada a estos ecosistemas.</p> <p>Según el análisis de tipo de presa (Tablas 15), la rotura de la Presa Montelirio tendrá pocos minutos, aproximadamente 7 minutos, para dar aviso a las Centrales Hidroeléctrica aguas abajo de Montelirio. Además, uno de los daños que se prevé producto de la ruptura de la presa Montelirio estará la inundación de la casa de máquinas de Montelirio.</p>
Por remanso hidráulico.	Bajo condiciones de crecidas ordinarias y extraordinaria	No es aplicable por que la presa es de vertedero libre y además es un a hidroeléctrica de pasada.
Por probables usos de la estructura de evacuación	<p>Apertura súbita de compuertas en condiciones normales de operación.</p> <p>Por Falla de operación de las estructuras hidráulicas de descarga (Compuerta de fondo)</p>	El uso de estructuras de evacuación (Compuerta de fondo) de la presa Montelirio, producirá afectaciones especialmente por el cambio del régimen del caudal en ese instante, descarga de 326 m ³ /s y se provocará arrastre y perdida material de las riveras del Río Chiriquí Viejo.
Por cambios en las funciones de la presa	<p>Por colapso estructural en condición de operación normal</p> <p>Por colapso estructural durante crecidas extraordinarias</p>	<p>No se prevé a corto plazo modificaciones o cambios de uso de las funciones de la Presa de Montelirio.</p> <p>La única variación que se prevé en la presa es en los períodos de estación seca, donde se reduce al Nivel Mínimo de Operación Normal (NmiON) o al Nivel Mínimo de Operación Extraordinaria (NmiOE); y en la estación lluviosa, donde el uso del vertedero libre es mayor por aumentos de los caudales de aporte que ingresan al embalse.</p>

Escenarios de afectaciones	Escenarios de emergencias	Descripción de las afectaciones
Por transporte de sedimento	Todos los escenarios de emergencias generan transporte de sedimento	El transporte de sedimento aguas abajo de la Presa Montelirio variará según los escenarios de simulación que se evalúan. Sin embargo, una condición que agravaría significativamente el tema de transporte de sedimento es rotura de presas; ya que el material que se ha depositado en los embalses será conducido por la crecida en el río Chiriquí Viejo, alterando la geomorfología del cauce y sus respectivos habitats.
Por inundación súbita	Por inundación de casa de máquina de la Central Hidroeléctrica a causa del aumento de niveles en la descarga de la Central y condición meteorológica adversa.	<p>Según la ubicación de las poblaciones con respecto a la central hidroeléctrica, no se prevé inundaciones súbitas, dado que habría tiempo suficiente para dar aviso a la población. Por lo tanto, no aplica.</p> <p>Sin embargo, el concepto de inundación súbita si se aplicase en el caso de la permanente vulnerabilidad de la descarga de Casa de Máquina, debido al riesgo de inundación o ahogamiento causado por la combinación de un nivel de agua en la descarga de la Central Hidroeléctrica y una condición hidrológica que genere caudales por encima de 180 m³/s. (ver figura 3)</p> <p>Estas condiciones provocan la suspensión de la generación y el posible daño de los equipos de la Casa de Máquina de la Central Hidroeléctrica Montelirio, lo cual trae consigo importantes pérdidas económicas a la empresa y además pone en riesgo la energía esperada en la matriz energética.</p>

9 Estudio Hidrológico y Modelación Hidráulica

9.1 Crecidas Máximas de Caudales

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

Para la condición especial existente de afectaciones en el sitio de descarga de la casa de máquina de Montelirio, se realizaron una serie de simulaciones con caudales combinados (flujo del río y el caudal turbinado).

9.2 Aplicación Del Método De Análisis Regional De Crecidas Máximas Presa Montelirio

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

- Se delimita y se mide el área de drenaje de la cuenca hasta el sitio de interés, en Km², para el caso de Montelirio es de 274.45 Km².
- Se determina a qué zona hidrológica homogénea pertenece el sitio de interés de acuerdo con el mapa del capítulo 4, acápite 4.3, del Resumen Técnico del Análisis Regional de Crecidas Máximas de Panamá de ETESA. La cuenca hidrográfica del río Chiriquí Viejo hasta la Central Hidroeléctrica Montelirio se encuentra localizada dentro de la Región Hidrológica Homogénea 7.
- Se calcula el caudal promedio máximo utilizando la ecuación correspondiente a la zona hidrológica homogénea, que para el caso de Montelirio corresponde a la Ecuación 7: $Q_{\text{máx}} = 9A^{0.59}$ por lo que el caudal máximo instantáneo para la cuenca hidrográfica del río Chiriquí Viejo hasta el sitio de presa es igual a 247 m³/s.
- Se calcula el caudal máximo instantáneo para distintos periodos de recurrencia, multiplicando el caudal promedio máximo que se obtuvo al aplicar la ecuación correspondiente a la zona hidrológica homogénea en donde se encuentra el punto o lugar de interés, que en nuestro caso es la Presa Montelirio, por los factores que se presentan en tabla 13. La Tabla 14 es un resumen del Análisis Regional de Crecidas Máximas de Panamá de ETESA.

Tabla 13. Factores de Distribución para diferentes periodos de retorno

Periodo de Retorno en años	Tabla 4
1.005	0.34
1.05	0.49
1.25	0.67
2	0.93
5	1.30
10	1.55
20	1.78
50	2.10
100	2.33
1,000	3.14
10,000	4.00

Fuente: Resumen Técnico Análisis Regional de Crecidas Máximas de Panamá periodo 1971-2006.

Tabla 14. Caudales máximos instantáneos según el análisis regional de crecidas¹⁰

Periodo de Retorno en Años	Caudal m ³ /s
1.005	74.1
1.05	111
1.25	158
2	227
5	326
10	395
20	464
50	553
100	625
1,000	872

Cálculo de Hidrogramas de Crecidas Máximas

El método del Análisis Regional de Crecidas proporciona el valor del caudal máximo instantáneo para diferentes periodos de retorno, mas no así los hidrogramas correspondientes. Para calcular el hidrograma de los caudales máximos obtenidos, se utilizó el hidrograma Triangular basado en la pendiente de la cuenca, longitud del cauce al sitio de estudio, tiempo de concentración. El hidrograma adimensional se presenta en la Tabla 15 donde se muestran los coeficientes del hidrograma adimensional obtenido.

Para cada uno de los periodos de retornos y caudales máximos que se presentan en la Tabla 14 se calcularon los hidrogramas correspondientes, multiplicando los coeficientes de la Tabla 15, por el caudal máximo correspondiente que se muestra en la Tabla 16, al igual que la hora de ocurrencia de Caudal Máximo (5 horas).

Tabla 15. Hidrograma de Crecidas Adimensional Río Chiriquí Viejo hasta el Sitio de Presa¹¹.

Tiempo en Hora	Q/Q _{Max}
0.00	0
0.32	0.015
0.64	0.075
0.97	0.16
1.29	0.28
1.61	0.43
1.93	0.6
2.25	0.77
2.58	0.89
2.90	0.97
3.22	1

¹⁰ Resultados de Modelación Hidráulica. CEDSA 2018.

¹¹ Resultados de Modelación Hidráulica. CEDSA 2013.

Tiempo en Hora	Q/Q _{Max}
3.54	0.98
3.87	0.92
4.19	0.84
4.51	0.75
4.83	0.65
5.15	0.57
5.80	0.43
3.44	0.32
7.09	0.24
7.73	0.18
8.38	0.13
9.02	0.098
9.66	0.075
11.27	0.036
12.89	0.018
14.50	0.009
16.11	0.004

Tabla 16. Hidrograma de Crecida Máxima. Sitio de Presa sobre el Rio Chiriquí Viejo ¹²

T (hrs)	Periodos de Retorno										
	1.005	1.05	1.25	2	5	10	20	50	100	1,000	10,000
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.5	1.1121	1.6682	2.3725	3.4105	4.8933	5.9313	6.9692	8.3038	9.3788	13.0858	17.0524
1	5.5606	8.3408	11.8625	17.0524	24.4665	29.6563	34.8462	41.5188	46.8940	65.4292	85.2619
1.5	11.8625	17.7938	25.3067	36.3784	52.1951	63.2668	74.3385	88.5735	100.0406	139.5824	181.8920
2	20.7594	31.1391	44.2868	63.6622	91.3414	110.7169	130.0923	155.0036	175.0711	244.2691	318.3110
2.5	31.8805	47.8208	68.0118	97.7670	140.2743	170.0295	199.7847	238.0413	268.8591	375.1276	488.8348
3	44.4845	66.7267	94.9002	136.4190	195.7316	237.2505	278.7693	332.1506	375.1523	523.4338	682.0951
3.5	57.0884	85.6326	121.7886	175.0711	251.1889	304.4714	357.7539	426.2600	481.4454	671.7401	875.3553
4	65.9853	98.9779	140.7686	202.3549	290.3352	351.9215	413.5078	492.6901	556.4759	776.4268	1011.7743
4.5	71.916	107.874	153.4220	220.5441	316.4328	383.5549	450.6770	536.9769	606.4962	846.2180	1102.7203
5	74.140	111.211	158.167	227.365	326.219	395.417	464.615	553.584	625.253	872.389	1136.825
5.5	72.658	108.986	155.003	222.817	319.695	387.509	455.323	542.512	612.748	854.941	1114.088
6	68.209	102.314	145.513	209.175	300.121	363.784	427.446	509.297	575.233	802.598	1045.879
6.5	62.278	93.4174	132.860	190.986	274.024	332.150	390.277	465.010	525.213	732.807	954.9331
7	55.605	83.4084	118.625	170.523	244.664	296.563	348.461	415.188	468.940	654.292	852.6188
7.5	48.191	72.2872	102.808	147.787	212.042	257.021	302.000	359.829	406.415	567.053	738.9363
8	42.260	63.3904	90.1552	129.598	185.945	225.387	264.830	315.543	356.394	497.262	647.9903
8.6	30.000	45.0000	64.0000	92.0000	132.000	160.000	188.000	224.000	253.000	353.000	460.0000
9	25.200	37.8000	53.7600	77.2800	110.880	134.400	157.920	188.160	212.520	296.520	386.4000
9.5	21.900	32.8500	46.7200	67.1600	96.3600	116.800	137.240	163.520	184.690	257.690	335.8000
9.8	19.500	29.2500	41.6000	59.8000	85.8000	104.000	122.200	145.600	164.450	229.450	299.0000
10.5	15.900	23.8500	33.9200	48.7600	69.9600	84.8000	99.6400	118.720	134.090	187.090	243.8000
11	12.000	18.0000	25.6000	36.8000	52.8000	64.0000	75.2000	89.6000	101.200	141.200	184.0000
11.5	9.9000	14.8500	21.1200	30.3600	43.5600	52.8000	62.0400	73.9200	83.4900	116.490	151.8000
12	8.7000	13.0500	18.5600	26.6800	38.2800	46.4000	54.5200	64.9600	73.3700	102.370	133.4000
12.5	8.4000	12.6000	17.9200	25.7600	36.9600	44.8000	52.6400	62.7200	70.8400	98.8400	128.8000
13	6.3000	9.4500	13.4400	19.3200	27.7200	33.6000	39.4800	47.0400	53.1300	74.1300	96.6000

¹² Resultados de Modelación Hidráulica. CEDSA 2013.

9.3 Estudio de la Falla de una Presa

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

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

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

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

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

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

- Las ecuaciones derivadas por MacDonald y Langridge – Monopolis (1984)¹³
- Las ecuaciones derivadas por el United States Bureau of Reclamation (USBR), (1988).
- Las ecuaciones derivadas por Von Thun y Gillette, (1990)
- Las ecuaciones derivadas por Froehlich (1995 y 2008).

¹³ Colorado Division of Water Resources, Colorado Dam Safety Branch and <http://water.state.co.us>. 10 de Febrero, 2010. *Guidelines for Dam Breach Analysis*.

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

El más popular de los análisis de ruptura de una presa se basa en ecuaciones desarrolladas por la observación de eventos similares que se han estudiado en el pasado. Los métodos más aceptados para este tipo de análisis son las ecuaciones derivadas por Froehlich (1995 y 2008).

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

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

A continuación, en las Tablas 17, se calcularon las diferentes variables para el embalse de la Presa Montelirio.

Tabla 17. Calculo de Parámetros de Brecha de acuerdo con el Método de Froehlich (2008), Presa Montelirio.

Parámetros	Valor	Unidades	Comentarios
Elevación del agua sobre la elevación base de la brecha (Hw):	17.0	Metros	
	55.8	pies	
Volumen del agua almacenada en el embalse en el momento de la falla (Vw):	111000.00	metros cúbicos	
	89.9	acres-pies	
Área de superficie del embalse a Hw (As):	30445.00	metros cuadrados	
	7.52	acres	
Altura de la brecha (Hb):	17.0	Metros	
	55.8	pies	
Factor de modo de falla (Ko)	1.3		
Relación H-V en la brecha (Zb)	0	Z(H):1(V)	
Características	Valor	Unidades	Comentarios
Promedio del ancho de la brecha (Bavg)=	16.18	metros	
	53.1	pies	
Ancho del fondo de la brecha (Bb)=	16.18	Metros	
	53.1	pies	
Tiempo de formación de la brecha (Tf)=	0.11	horas	
Storage Intensity (SI)=	6529.411	metros cúbicos entre metro	
Flujo pico calculado (Qp)=	1000.47	metros cúbicos por segundo	
Verificación de resultados			
Ancho promedio de la brecha dividido por la altura de la brecha (Bavg/Hb)=	.95		Si (Bavg/Hb)>0.6, Desarrollo de la brecha completa esta anticipado
Velocidad de erosión (ER), Calculado como (Bavg/Tf)=	438.4		
Velocidad de erosión (ER) dividido entre la altura del agua sobre la base de la brecha (ER/Hw)=	8.7		Si $1.6 < (ER/Hw) < 21$, La velocidad de erosión asumida es razonable

Tabla 18. Caudales con diferentes periodos de retorno de las presas de la Central Hidroeléctrica Montelirio¹⁴

Escenario	Presa Montelirio Q en m ³ /s
Bajo condiciones de crecidas ordinarias y extraordinarias	
1:5 (Q ₅)	326
1:10 (Q ₁₀)	395
1:50 (Q ₅₀)	554
1:100 (Q ₁₀₀)	625
1:1000 (Q ₁₀₀₀)	872
1:10000 (Q ₁₀₀₀₀)	1137
Por colapso estructural en condición de operación normal	
Caudal de Rotura de Presa (Q _b)	1000
Por colapso estructural durante crecidas extraordinarias	
1:10 + Q _b	1395
1:50+Q _b	1554
1:100+Q _b	1625
1:1000+Q _b	1872
1:10000+Q _b	2137
Por apertura súbita de compuertas	
Qcompuerta	No Aplica
Por falla en la operación de las estructuras hidráulica de Descarga	
Qcompuerta	No Aplica
Por vaciado Controlado o Vaciado rápido a causa de un problema en la presa	
Qdesfogue	No Aplica

9.4 Resultados de la Simulación

9.4.1 Resultado de la simulación para el tramo de estudio desde la Presa Montelirio

Para el estudio se usaron 92 secciones transversales del río Chiriquí Viejo, completando una longitud de 18.4 km. El estudio inició en las coordenadas 973605 Norte y 308166 Este (Presa Montelirio) y finalizando en las coordenadas 968845 Norte y 298321 Este (Presa El Alto.). Ver Mapa 3.

Se estudiaron tres (3) escenarios para esta presa, las cuales son:

- Bajo condiciones de crecidas ordinarias y extraordinarias;
- Por colapso estructural en condición de operación normal;
- Por colapso estructural más crecidas extraordinarias;

¹⁴ Resultados de Modelación Hidráulica. CEDSA 2018.

Las simulaciones se realizaron para períodos de retornos de 1:1,000 para colocar el escenario más crítico.

En la Tabla 19 se presentan los resultados para el escenario “*Bajo condiciones de crecidas ordinarias y extraordinarias*”.

Tabla 19. Resultados de la simulación para los diferentes períodos de retorno de la Presa Montelirio bajo la Condiciones de crecidas ordinarias y extraordinarias para un Periodo de Retorno de 1000 años.

Estacionamiento	Caudal	Cota de fondo del río	Nivel del Agua	Velocidad de Flujo	Ancho de Huella
	(m ³ /s)	(m)	(m)	(m/s)	(m ²)
18765.16	449.28	945.48	950.15	3.76	134.89
18665.2*	447	937.73	950.05	0.72	622.84
18565.37	443	929.99	950.06	0.28	1609.85
18396.16	PRESA	PRESA	PRESA	PRESA	PRESA
18394.95	871.81	932.4	939.13	2.24	390.04
18318.5*	871.57	932.37	938.86	2.51	348.94
18242.1*	871.33	932.33	938.49	2.84	313.12
18165.68	871.16	932.3	936.22	5.36	163.4
18098.8*	871.03	930.81	934.88	4.64	190.42
18031.9*	870.9	929.33	932.78	5.22	167.49
17965.03	870.7	927.84	931.91	3.75	241.11
17865.0*	870.3	925.92	931.3	3.1	304.58
17765.03	870.03	924	927.44	7.04	132.23
17698.2*	870.03	921.84	926.03	5.71	161.09
17631.3*	870.02	919.69	923.34	6.62	135.38
17564.54	870.01	917.53	923	3.98	227.64
17465.0*	869.96	915.77	921.41	5.22	178.11
17365.51	869.8	914	921.53	2.48	451.1
17278.5*	869.62	911.5	915.19	8.77	104.19
17191.51	869.56	909	913.69	4.56	206.62
17116.2*	869.5	907.92	912.64	4.67	201.79
17040.9*	869.43	906.85	911.8	4.45	212.2
16965.66	869.37	905.77	909.79	5.77	159.76
16898.8*	869.31	904.18	908.27	5.53	163.98
16832.0*	869.26	902.59	906.73	5.47	164.38
16765.21	869.19	901	905.85	4.67	194.65
16665.3*	869.09	899	903.1	5.79	155.54

Estacionamiento	Caudal	Cota de fondo del río	Nivel del Agua	Velocidad de Flujo	Ancho de Huella
	(m ³ /s)	(m)	(m)	(m/s)	(m ²)
16565.43	868.99	897	901.51	4.69	204.02
16498.6*	868.91	895.85	900.3	4.92	189.44
16431.9*	868.83	894.7	899.2	4.82	190.74
16365.19	868.75	893.55	897.57	5.34	167.88
16298.4*	868.66	892.32	896.13	5.06	174.93
16231.6*	868.66	891.09	895.15	4.37	202.51
16164.81	868.66	889.86	893.54	4.81	182.75
16065.1*	868.65	887.43	891.12	4.9	181.99
15965.56	868.63	885	889.26	4.71	194.99
15865.5*	868.61	882.5	886.86	5.45	165.55
15765.57	868.58	880	885.27	4.89	182.92
15666.1*	868.54	878.5	884.07	4.73	190.21
15566.65	868.5	877	881.72	5.94	150.52
15499.4*	868.48	875.67	880.55	5.48	163.67
15432.2*	868.45	874.33	878.75	5.96	150.29
15365.06	868.43	873	877.54	5.34	175.12
15265.1*	868.38	870.75	874.22	5.86	151.37
15165.21	868.33	868.5	872.27	4.18	211.33
15065.9*	868.26	866.25	870.47	4.74	195.01
14966.76	868.16	864	869.4	4.76	237.2
14899.7*	867.66	863	868.14	5.49	185.59
14832.7*	868.02	862	866.14	6.43	146.9
14765.77	867.98	861	865.48	4.93	193.26
14698.9*	867.68	859.67	863.9	5.55	163.97
14632.1*	867.88	858.33	862.16	5.82	154.1
14565.32	867.83	857	860.91	5.24	172.19
14465.7*	867.69	854.5	858.69	5.43	168.79
14366.13	867.66	852	856.65	5.35	178.71
14299.1*	867.68	850.67	855.66	4.97	196.07
14232.1*	867.62	849.33	855.28	4.11	259.46
14165.1	867.54	848	855.31	2.78	403.06
14076.2*	867.48	846.5	850.65	8.59	104.51
13987.31	867.43	845	850.23	3.69	316.93
13913.3*	867.37	843.67	848.55	5.25	183.63
13839.3*	867.34	842.33	846.96	5.4	170.58
13765.34	867.3	841	845.67	5.07	177.68
13698.5*	867.26	839.55	844.9	4.61	196.83

Estacionamiento	Caudal	Cota de fondo del río	Nivel del Agua	Velocidad de Flujo	Ancho de Huella
	(m ³ /s)	(m)	(m)	(m/s)	(m ²)
13631.8*	867.23	838.11	842.1	6.85	133.94
13565.06	866.73	836.66	841.51	4.98	203.68
13496.3*	867.12	835.11	839.25	6.36	147.84
13427.6*	866.74	833.55	838.14	5.33	177.61
13358.89	867.03	832	835.97	6.12	151.15
13263.3*	866.74	829.72	834.03	5.11	174.28
13167.89	866.71	827.43	833.66	2.97	301.93
13083.4*	866.68	826.72	833.3	3.09	293.68
12999.08	866.57	826	829.61	7.18	125.69
12920.3*	866.66	824.33	828.04	5.21	171.05
12841.5*	866.66	822.67	825.8	5.15	170.84
12762.83	866.65	821	824.43	3.83	232.05
12665.5*	866.62	819.33	823.05	3.82	238.31
12568.3*	866.6	817.67	821.26	4.71	198.58
12471.03	866.55	816	820.33	4.05	269.36
12396.7*	866.51	814.5	817.5	6	149.72
12322.56	866.48	813	816.5	3.95	220.45
12243.6*	866.46	811.5	815.11	4.31	203.3
12164.66	865.87	810	813.72	4.48	197.82
12065.0*	866.35	807.5	810.77	5.52	161.13
11965.51	865.88	805	808.9	4.43	213.64
11865.8*	847.76	803	807.22	4.45	212.51
11766.12	865.91	801	805.86	4.43	231.11
11699.1*	865.87	799.33	805.05	4.33	217.24
11632.1*	865.77	797.67	804.56	4.21	223.76
11565.19	865.87	796	801.32	7.71	117.44
11465.2*	865.86	793.5	797	7.42	118.89
11365.25	865.85	791	795.56	3.94	228.05
11298.4*	865.84	790	794.83	4.07	223.69
11231.7*	865.83	789	794.08	4.41	211.81
11164.97	865.82	788	792.01	6.36	149.09
11065.2*	865.8	785.5	788.19	6.22	143.3
10965.42	865.77	783	786.12	3.88	230.74
10898.7*	865.74	781.67	785.08	3.96	227.72
10832.0*	865.71	780.33	784.18	4.04	227.41
10765.37	865.68	779	783.02	4.73	198.24
10665.6*	865.64	777.41	780.75	5.1	172.89

Estacionamiento	Caudal	Cota de fondo del río	Nivel del Agua	Velocidad de Flujo	Ancho de Huella
	(m ³ /s)	(m)	(m)	(m/s)	(m ²)
10565.94	865.61	775.82	779.14	4.04	215.06
10499.1*	865.58	774.62	777.99	4.09	213.04
10432.3*	865.55	773.41	776.75	4.27	206
10365.58	865.52	772.21	775.35	4.47	203.36
10298.7*	865.48	770.81	773.63	4.54	192.53
10231.9*	865.44	769.4	772.27	3.92	221.97
10165.09	865.23	768	771.87	2.34	374.95
10065.2*	865.23	766.64	771.38	2.57	343.68
9965.329	865.22	765.28	769.59	4.93	187.82
9865.33*	865.21	763.53	767.98	4.73	185.29
9765.338	865.2	761.78	765.47	5.46	159.73
9698.49*	865.19	760.52	764.21	4.84	182.1
9631.66*	865.19	759.26	762.37	5.21	170.05
9564.821	865.18	758	761.17	4.39	207.15
9465.22*	865.16	755	758.63	5	176.89
9365.628	865.13	752	757.2	4.08	216.56
9265.67*	865.1	751	756.08	4.05	217.95
9165.717	865.07	750	754.09	4.98	176.3
9082.88*	865.05	748.5	752.19	5.11	170.54
9000.059	865.02	747	751.24	4.01	219.19
8921.92*	864.98	745.33	750.27	4.27	206.84
8843.79*	864.95	743.67	748.41	5.66	159.46
8765.665	864.9	742	748.32	3.33	274.63
8690.02*	864.61	740.67	746.54	5.58	160.92
8614.39*	864.83	739.33	743.6	6.71	129.12
8538.758	864.81	738	742.34	5.04	175.94
8451.93*	864.78	735.83	738.76	5.93	147.45
8365.109	864.62	733.65	737.44	2.86	307.33
8265.47*	864.61	732.33	736.64	3.24	270.98
8165.843	864.61	731	735.23	4.29	202.5
8098.89*	864.6	729.84	734.33	4.39	198.79
8031.94*	864.6	728.69	733.44	4.46	196.23
7964.989	864.59	727.53	731.99	5.21	167.72
7865.67*	864.58	725.77	729.52	5.43	160.19
7766.351	864.56	724	728.18	4.07	214.7
7699.40*	864.55	722.67	727.37	4.11	212.51
7632.45*	864.53	721.33	726.6	4.3	204.37

Estacionamiento	Caudal	Cota de fondo del río	Nivel del Agua	Velocidad de Flujo	Ancho de Huella
	(m ³ /s)	(m)	(m)	(m/s)	(m ²)
7565.502	864.51	720	725.05	5.52	159.37
7498.18*	864.5	718.67	723.34	6.01	146.76
7430.87*	864.48	717.33	722.32	5.4	165.85
7363.557	864.45	716	719.9	6.63	136.22
7264.55*	864.44	714.5	718.09	4.71	187.91
7165.558	864.38	713	717.12	3.2	277.11
7098.78*	864.33	711.83	716.64	3.1	292.13
7032.01*	864.27	710.66	716.2	3.32	281.43
6965.244	864.23	709.49	715.44	4.41	224.4
6865.34*	864.19	706.74	711.25	7.41	124.62
6765.437	864.14	704	710.21	4.14	228.05
6665.95*	864.07	702.5	709.31	4.37	218.54
6566.477	863.98	701	708.08	5.01	194.02
6499.55*	863.97	700.67	707.39	4.91	195.56
6432.62*	863.97	700.33	706.81	4.76	200.51
6365.695	863.96	700	704.46	6.9	134.2
6298.96*	863.96	699	703.34	5.78	156.64
6232.23*	863.96	698	702.43	4.95	180.65
6165.498	863.95	697	701.25	4.82	183.81
6065.69*	863.94	695	698.85	5.29	167.27
5965.898	863.93	693	697.25	4.68	191.02
5893.22*	863.91	691.82	696.1	4.82	186.65
5820.55*	863.9	690.65	694.83	4.99	182.23
5747.885	863.89	689.47	693.36	5.22	179.68
5656.49*	863.87	687.24	690.87	5.31	168.37
5565.108	863.85	685	689.34	3.96	223.7
5465.74*	863.8	683.12	688.03	3.9	230.68
5366.388	863.76	681.24	686.08	5.07	178.68
5299.41*	863.74	680.16	684.81	5.12	175.9
5232.43*	863.71	679.08	683.98	4.58	197.77
5165.456	863.66	678	683.66	3.7	247.88
5066.37*	863.59	676.5	682.78	4.09	221.69
4967.298	863.55	675	680.13	6.12	143.92
4899.38*	863.34	673.81	679.53	4.85	185.37
4831.47*	863.45	672.63	676.48	6.8	129.09
4763.562	863.34	671.44	675.58	4.78	190.64
4664.25*	863.36	669.22	674.04	4.85	188.97

Estacionamiento	Caudal	Cota de fondo del río	Nivel del Agua	Velocidad de Flujo	Ancho de Huella
	(m ³ /s)	(m)	(m)	(m/s)	(m ²)
4564.941	863.34	667	672.14	5.45	168.78
4465.04*	863.24	664.19	668.29	6.58	133.18
4365.14	863.32	661.37	666.49	4.41	197.62
4265.67*	863.31	659.69	664.84	4.72	185.85
4166.2	863.3	658	663.4	4.83	193.76
4098.93*	863.29	656.67	662.52	4.92	189.16
4031.66*	863.27	655.33	661.64	5.03	183.25
3964.391	863.26	654	660	6.01	148.37
3864.69*	863.24	652.5	657.21	6.63	137.38
3765.007	863.22	651	656.17	4.74	192.06
3665.20*	863.19	649.3	655.17	4.53	204.15
3565.404	863.16	647.59	653.14	5.77	158.5
3498.64*	863.14	647.06	652.25	5.35	175.07
3431.89*	863.12	646.53	651.02	5.51	172.14
3365.139	863.1	646	650.12	4.97	198.75
3296.16*	863.07	645	648.83	4.91	192.03
3227.19*	863.04	644	647.91	4.28	217.36
3158.217	862.69	643	647.39	3.43	271.3
3061.74*	862.67	641.5	646.62	3.47	263.81
2965.267	862.64	640	646.17	3.38	293.58
2865.37*	862.6	638.5	645.62	3.64	262.21
2765.485	862.58	637	640.86	8.4	114.69
2666.10*	862.58	634.63	639.44	4.76	185.95
2566.719	862.56	632.25	637.87	4.23	204.29
2499.66*	862.55	631.48	636.82	4.1	213
2432.60*	862.53	630.7	636.11	3.96	227.27
2365.553	862.51	629.93	634.25	5.71	159.43
2298.28*	862.5	628.66	632.9	5.34	166.2
2231.01*	862.48	627.39	632.24	4.27	207.59
2163.745	862.45	626.12	632.02	3.17	279.52
2064.72*	862.4	625.56	631.27	3.62	245.91
1965.709	862.36	625	629.93	4.8	192.91
1866.20*	861.93	623	629	4.56	203.79
1766.707	862.25	621	626.16	6.62	140.31
1699.81*	862.23	620	624.86	5.79	154.91
1632.91*	862.2	619	623.37	5.53	158.28
1566.019	862.18	618	622.53	4.52	192.45

Estacionamiento	Caudal	Cota de fondo del río	Nivel del Agua	Velocidad de Flujo	Ancho de Huella
	(m ³ /s)	(m)	(m)	(m/s)	(m ²)
1499.26*	862.14	616.67	621.48	4.64	189.63
1432.50*	862.12	615.33	620.61	4.64	193.55
1365.754	861.11	614	619.97	4.49	206.25
1298.89*	858.9	613.11	619.55	4.3	233.22
1232.04*	862.04	612.21	616.39	7.77	136.04
1165.187	862.02	611.32	616.11	3.81	291.4
1079.00*	861.88	609.55	612.77	6.08	151.21
992.826*	861.98	607.77	611.04	4.19	210.48
906.6456	861.95	606	610.65	2.1	416.99
835.921*	861.92	605.01	610.22	2.76	317.11
765.1968	861.9	604.01	609.07	4.51	202.92
698.477*	861.88	603.25	608.36	4.26	215.66
631.757*	861.87	602.49	607.69	4.1	222.93
565.0385	861.85	601.73	606.71	4.44	202.67
465.268*	861.81	600.91	605.82	3.81	244.76
365.4979	861.77	600.09	603.26	5.38	177.88
265.838*	861.72	597.54	601.8	3.54	247.91
166.178	861.64	595	601.5	1.81	486.11

Tabla 20. Resultados del Tiempo de recorrido de la onda de crecida de la Presa Montelirio bajo la Condiciones de crecidas ordinarias y extraordinarias para un Periodo de Retorno de 1000 años

Tiempo de viaje de la Onda				Distancia(km)	Tirante(m)
hrs	horas	min			
0.00	0.00	0	0	0	3.73
0.00	0.00	0	0	0.01	8.64
0.04	0.04	0	2	0.23	3.85
0.01	0.05	0	3	0.43	5.65
0.02	0.07	0	4	0.63	3.39
0.01	0.08	0	5	0.84	6.73
0.02	0.10	0	6	1.03	4.43
0.01	0.11	0	7	1.21	4.93
0.01	0.12	0	7	1.43	4.28
0.01	0.13	0	8	1.63	4.11
0.01	0.14	0	9	1.83	4.5
0.01	0.16	0	9	2.03	4.13
0.01	0.17	0	10	2.24	3.8
0.01	0.18	0	11	2.43	3.94
0.01	0.19	0	11	2.63	5.16
0.01	0.20	0	12	2.83	6.24
0.01	0.21	0	13	3.03	3.82
0.01	0.22	0	13	3.23	3.97
0.01	0.24	0	14	3.43	4.65
0.01	0.25	0	15	3.63	4.44
0.01	0.26	0	15	3.83	3.56
0.01	0.27	0	16	4.03	5.19
0.01	0.28	0	17	4.23	4.28
0.01	0.29	0	17	4.41	4.93
0.02	0.30	0	18	4.63	4.3
0.01	0.31	0	19	4.83	4.23
0.01	0.32	0	19	5.04	4.24
0.01	0.33	0	20	5.23	7.46
0.02	0.35	0	21	5.40	3.58
0.01	0.36	0	22	5.64	4.61
0.03	0.39	0	24	5.93	3.25
0.01	0.40	0	24	6.08	3.93
0.01	0.41	0	25	6.24	3.11
0.01	0.42	0	25	6.43	3.75
0.01	0.44	0	26	6.63	6.22
0.02	0.46	0	28	6.83	4.96
0.01	0.47	0	28	7.03	7.48

Tiempo de viaje de la Onda				Distancia(km)	Tirante(m)
hrs	horas	min			
0.03	0.49	0	30	7.24	3.17
0.01	0.50	0	30	7.43	3.61
0.02	0.52	0	31	7.63	3.34
0.01	0.53	0	32	7.83	3.89
0.02	0.55	0	33	8.03	2.76
0.01	0.56	0	33	8.23	4.22
0.03	0.59	0	35	8.43	4.21
0.01	0.60	0	36	8.63	3.87
0.01	0.61	0	37	8.84	2.76
0.01	0.62	0	37	9.03	5.78
0.02	0.64	0	38	9.23	3.75
0.01	0.65	0	39	9.40	3.81
0.02	0.66	0	40	9.63	7.23
0.02	0.69	0	41	9.86	3.2
0.01	0.69	0	42	10.03	3.81
0.02	0.71	0	43	10.23	5.13
0.02	0.73	0	44	10.44	3.87
0.01	0.74	0	44	10.63	4.63
0.02	0.76	0	45	10.83	4.66
0.01	0.77	0	46	11.04	4.25
0.01	0.78	0	47	11.23	5.86
0.03	0.80	0	48	11.43	3.91
0.01	0.81	0	49	11.63	6.12
0.01	0.83	0	50	11.83	7.11
0.01	0.84	0	50	12.03	5.09
0.01	0.85	0	51	12.23	3.83
0.01	0.86	0	52	12.43	5.22
0.02	0.88	0	53	12.65	3.33
0.01	0.88	0	53	12.83	4.44
0.02	0.90	0	54	13.03	4.77
0.01	0.91	0	55	13.23	6.69
0.02	0.93	0	56	13.43	4.63
0.01	0.94	0	56	13.64	5.87
0.02	0.96	0	58	13.84	4.03
0.01	0.97	0	58	14.03	4.87
0.01	0.98	0	59	14.23	6.23
0.02	0.99	0	60	14.44	5.12
0.01	1.00	1	0	14.63	5.17
0.01	1.02	1	1	14.83	5.72

Tiempo de viaje de la Onda				Distancia(km)	Tirante(m)
hrs	horas	min			
0.01	1.03	1	2	15.03	3.78
0.01	1.04	1	2	15.24	4.35
0.02	1.05	1	3	15.43	6.34
0.02	1.07	1	4	15.63	4.13
0.01	1.08	1	5	15.83	6.18
0.02	1.10	1	6	16.03	4.06
0.01	1.11	1	6	16.24	5.87
0.02	1.13	1	8	16.43	5.63
0.01	1.14	1	8	16.63	4.93
0.01	1.15	1	9	16.83	4.28
0.01	1.16	1	10	17.03	5.6
0.01	1.17	1	10	17.23	3.3
0.01	1.19	1	11	17.49	4.57
0.02	1.21	1	12	17.63	4.96
0.01	1.22	1	13	17.83	5.35
0.02	1.23	1	14	18.03	3.17
0.01	1.24	1	15	18.23	6.28

En la Tabla 21 se presentan los resultados para el escenario “**Por Colapso Estructural en Condiciones de Operación Normal**”.

Tabla 21. Resultados de la simulación por Colapso Estructural en Condiciones de Operación Normal

Estacionamiento	Caudal	Cota de fondo del río	Nivel del Agua	Velocidad de Flujo	Ancho de Huella
	(m ³ /s)	(m)	(m)	(m/s)	(m ²)
18765.16	1000	945.48	950.99	6.76	170.11
18565.37	1000	929.99	951.61	0.55	1809.65
18396.16	PRESA	PRESA	PRESA	PRESA	PRESA
18394.95	1000	932.4	939.36	2.46	406.51
18165.68	1000	932.3	936.55	5.51	184.2
17965.03	1000	927.84	932.45	3.61	300.42
17765.03	1000	924	928.35	6.21	176.32
17564.54	1000	917.53	922.6	5.02	206.45
17365.51	1000	914	919.32	5.79	238.68
17191.51	1000	909	914.28	4.5	242.91
16965.66	1000	905.77	910.33	5.68	189.26
16765.21	1000	901	905.42	6.01	172.52
16565.43	1000	897	901.91	4.8	232.1
16365.19	1000	893.55	897.89	5.58	186.38
16164.81	1000	889.86	894.07	4.62	220.19
15965.56	1000	885	889.09	5.72	184.62
15765.57	1000	880	886.05	4.77	217.86
15566.65	1000	877	882.1	6.25	165.59
15365.06	1000	873	877.73	5.79	186.93
15165.21	1000	868.5	872.66	4.27	239.13
14966.76	1000	864	869.1	6.01	215.86
14765.77	1000	861	865.64	5.44	202.44
14565.32	1000	857	861.03	5.83	178.66
14366.13	1000	852	857.24	5.17	217.47
14165.1	1000	848	852.83	6.38	181.32
13987.31	1000	845	850.28	4.17	322.77
13765.34	1000	841	845.69	5.81	178.88
13565.06	1000	836.66	841.27	6.14	189.96
13358.89	1000	832	836.6	5.86	187.57
13167.89	1000	827.43	833.78	3.34	309.68
12999.08	1000	826	830.51	6.5	162.22

Estacionamiento	Caudal	Cota de fondo del río	Nivel del Agua	Velocidad de Flujo	Ancho de Huella
	(m ³ /s)	(m)	(m)	(m/s)	(m ²)
12762.83	1000	821	824.94	3.69	280.56
12471.03	1000	816	819.92	5.47	230.66
12322.56	1000	813	816.99	3.93	256.51
12164.66	1000	810	813.58	5.4	189.04
11965.51	1000	805	808.87	5.17	211.1
11766.12	1000	801	806.86	3.33	402.42
11565.19	1000	796	802.29	7.33	144.69
11365.25	1000	791	796.37	3.72	280.26
11164.97	1000	788	792.44	6.56	167.92
10965.42	1000	783	786.83	3.52	294.45
10765.37	1000	779	782.73	5.92	182.58
10565.94	1000	775.82	779.63	4	251.81
10365.58	1000	772.21	775.4	5.08	206.74
10165.09	1000	768	772.42	2.31	439.26
9965.329	1000	765.28	770.05	5	214.98
9765.338	1000	761.78	765.97	5.48	185.15
9564.821	1000	758	761.12	5.17	202.95
9365.628	1000	752	757.84	4.01	257.03
9165.717	1000	750	754.28	5.46	186.62
9000.059	1000	747	750.98	4.97	203.6
8765.665	1000	742	747.33	4.86	219.56
8538.758	1000	738	742.24	5.99	170.97
8365.109	1000	733.65	737.94	2.89	353.7
8165.843	1000	731	736.05	4.11	245.86
7964.989	1000	727.53	731.95	6.08	166.16
7766.351	1000	724	729.03	3.81	266.62
7565.502	1000	720	725.31	6.03	169.28
7363.557	1000	716	720.6	6.33	166.44
7165.558	1000	713	718.01	2.85	363.14
6965.244	1000	709.49	714.47	6.42	175.35
6765.437	1000	704	710.79	4.25	259.44
6566.477	1000	701	708.8	5.01	228.49
6365.695	1000	700	705.55	6.24	174.27
6165.498	1000	697	701.21	5.64	181.48
5965.898	1000	693	697.74	4.8	216.92
5747.885	1000	689.47	693.49	5.78	187.9
5565.108	1000	685	690.16	3.51	297.88

Estacionamiento	Caudal	Cota de fondo del río	Nivel del Agua	Velocidad de Flujo	Ancho de Huella
	(m ³ /s)	(m)	(m)	(m/s)	(m ²)
5366.388	1000	681.24	685.99	6.01	173.69
5165.456	1000	678	684.29	3.77	283.97
4967.298	1000	675	680.47	6.56	156.69
4763.562	1000	671.44	676.37	4.45	244.25
4564.941	1000	667	672.14	6.32	168.81
4365.14	1000	661.37	666.57	5	202.2
4166.2	1000	658	664.61	4.22	264.93
3964.391	1000	654	659.92	7.06	146.06
3765.007	1000	651	656.92	4.66	229.66
3565.404	1000	647.59	653.77	5.78	187.44
3365.139	1000	646	650.16	5.68	201.78
3158.217	1000	643	647.65	3.67	294.84
2965.267	1000	640	645.99	4.07	281.25
2765.485	1000	637	642.21	6.87	167
2566.719	1000	632.25	638.76	3.72	272.06
2365.553	1000	629.93	634.61	5.99	177.97
2163.745	1000	626.12	632.62	3.24	319.92
1965.709	1000	625	630.61	4.8	226.91
1766.707	1000	621	626.89	6.37	173.5
1566.019	1000	618	623.09	4.54	224.18
1365.754	1000	614	619.61	5.65	188.94
1165.187	1000	611.32	615.23	5.88	208.32
906.6456	1000	606	611.13	2.17	470.9
765.1968	1000	604.01	609.6	4.62	231.53
565.0385	1000	601.73	607.18	4.53	232.88
365.4979	1000	600.09	603.8	4.99	232.7
166.178	1000	595	601.9	1.92	534.25

Tabla 22. Resultados del tiempo de recorrido de la onda de crecida de la Presa Montelirio por Colapso Estructural en Condiciones de Operación Normal

Tiempo de viaje de la Onda				Distancia(km)	Tirante(m)
hrs	horas	min			
0.00	0.00	0	0	0	3.73
0.00	0.00	0	0	0.0	3.78
0.01	0.01	0	1	0.2	4.24
0.01	0.02	0	1	0.4	3.59
0.01	0.03	0	2	0.6	4.33
0.01	0.04	0	3	0.8	3.93
0.01	0.05	0	3	1.0	5.31
0.01	0.06	0	4	1.2	3.83
0.01	0.07	0	4	1.4	4.41
0.01	0.08	0	5	1.6	4.43
0.01	0.09	0	5	1.8	4.36
0.01	0.10	0	6	2.0	4.23
0.01	0.11	0	6	2.2	3.83
0.01	0.12	0	7	2.4	4.1
0.01	0.13	0	8	2.6	4.84
0.01	0.14	0	8	2.8	4.92
0.01	0.14	0	9	3.0	4.74
0.01	0.15	0	9	3.2	3.29
0.01	0.16	0	10	3.4	5.03
0.01	0.17	0	10	3.6	4.23
0.01	0.18	0	11	3.8	4.03
0.01	0.19	0	11	4.0	4.88
0.01	0.20	0	12	4.2	4.82
0.01	0.21	0	12	4.4	4.42
0.01	0.22	0	13	4.6	4.46
0.01	0.23	0	14	4.8	4.58
0.01	0.24	0	14	5.0	4.54
0.01	0.25	0	15	5.2	4.27
0.01	0.25	0	15	5.4	4.51
0.01	0.26	0	16	5.6	3.15
0.02	0.28	0	17	5.9	3.93
0.01	0.29	0	17	6.1	3.05
0.01	0.30	0	18	6.2	3.51
0.01	0.31	0	18	6.4	3.87
0.01	0.32	0	19	6.6	5.09
0.01	0.33	0	20	6.8	6.28
0.01	0.34	0	20	7.0	3.07
0.01	0.34	0	21	7.2	4.43

Tiempo de viaje de la Onda				Distancia(km)	Tirante(m)
hrs	horas	min			
0.01	0.35	0	21	7.4	2.52
0.01	0.36	0	22	7.6	3.64
0.01	0.37	0	22	7.8	3.06
0.01	0.38	0	23	8.0	3.18
0.01	0.39	0	24	8.2	2.59
0.01	0.41	0	24	8.4	4.27
0.01	0.42	0	25	8.6	3.95
0.01	0.42	0	25	8.8	3.12
0.01	0.44	0	26	9.0	4.61
0.01	0.45	0	27	9.2	4.09
0.01	0.45	0	27	9.4	3.57
0.01	0.46	0	28	9.6	4.5
0.01	0.48	0	29	9.9	4.23
0.01	0.48	0	29	10.0	2.41
0.01	0.49	0	30	10.2	3.67
0.01	0.50	0	30	10.4	4.43
0.01	0.51	0	31	10.6	3.64
0.01	0.52	0	31	10.8	4.96
0.01	0.53	0	32	11.0	4.61
0.01	0.54	0	32	11.2	3.39
0.01	0.55	0	33	11.4	4.98
0.01	0.56	0	34	11.6	4.76
0.01	0.57	0	34	11.8	6.43
0.01	0.58	0	35	12.0	5.11
0.01	0.58	0	35	12.2	4.22
0.01	0.59	0	36	12.4	3.91
0.01	0.60	0	36	12.7	4.02
0.01	0.61	0	37	12.8	4.09
0.01	0.62	0	37	13.0	4.75
0.01	0.63	0	38	13.2	4.36
0.01	0.64	0	39	13.4	5.48
0.01	0.65	0	39	13.6	3.93
0.01	0.66	0	40	13.8	5.13
0.01	0.67	0	40	14.0	4.41
0.01	0.68	0	41	14.2	5.16
0.01	0.69	0	41	14.4	5.94
0.01	0.69	0	42	14.6	4.66
0.01	0.70	0	42	14.8	5.75
0.01	0.71	0	43	15.0	4.15

Tiempo de viaje de la Onda				Distancia(km)	Tirante(m)
hrs	horas	min			
0.01	0.72	0	43	15.2	3.64
0.01	0.73	0	44	15.4	4.48
0.01	0.74	0	45	15.6	5.2
0.01	0.75	0	45	15.8	5.32
0.01	0.76	0	46	16.0	4.68
0.01	0.77	0	46	16.2	4.37
0.01	0.78	0	47	16.4	4.43
0.01	0.79	0	47	16.6	5.89
0.01	0.80	0	48	16.8	4.17
0.01	0.81	0	48	17.0	5.11
0.01	0.82	0	49	17.2	3.9
0.01	0.83	0	50	17.5	2.74
0.01	0.84	0	50	17.6	4.54
0.01	0.85	0	51	17.8	4.64
0.01	0.86	0	51	18.0	3.72
0.01	0.87	0	52	18.2	4.08

En la Tabla 23 se presentan los resultados para el escenario “*Por Colapso Estructural en Condiciones de Crecidas Extraordinarias*”.

Tabla 23. Resultados de la simulación bajo la Condiciones de Colapso Estructural en Condiciones de Crecidas Extraordinarias¹⁵

Estacionamiento	Caudal	Cota de fondo del río	Nivel del Agua	Velocidad de Flujo	Ancho de Huella
	(m ³ /s)	(m)	(m)	(m/s)	(m ²)
18765.16	1832	945.48	953.16	8	274.52
18565.37	1832	929.99	953.19	0.91	2021.31
18396.16	PRESA	PRESA	PRESA	PRESA	PRESA
18394.95	1832	932.4	941.25	3.35	562.64
18165.68	1832	932.3	938.18	6.27	315.46
17965.03	1832	927.84	934.27	3.95	529.68
17765.03	1832	924	930.31	7.28	287.57
17564.54	1832	917.53	924.02	6.81	282.93
17365.51	1832	914	920.46	7	346.59
17191.51	1832	909	916.2	5.47	371.43
16965.66	1832	905.77	911.97	7.08	287.44
16765.21	1832	901	907.3	7	278.79
16565.43	1832	897	903.49	5.92	353.45
16365.19	1832	893.55	899.55	6.69	298.38
16164.81	1832	889.86	895.22	6.2	303.05
15965.56	1832	885	890.96	6.53	304.31
15765.57	1832	880	888.45	5.85	336.08
15566.65	1832	877	884.06	7.85	245.49
15365.06	1832	873	879.45	6.85	301.03
15165.21	1832	868.5	873.79	5.85	322.25
14966.76	1832	864	871.12	6.42	372.82
14765.77	1832	861	867.17	7.04	292.82
14565.32	1832	857	862.82	6.94	284.98
14366.13	1832	852	858.53	6.76	314.76
14165.1	1832	848	854.85	6.63	357.05
13987.31	1832	845	852.27	4.09	583.98
13765.34	1832	841	847.39	7.33	260.32
13565.06	1832	836.66	842.87	7.59	287.98
13358.89	1832	832	838.46	6.63	330.53
13167.89	1832	827.43	836.34	4.03	479.43

¹⁵ Resultados de Modelación Hidráulica. CEDSA 2013.

Estacionamiento	Caudal	Cota de fondo del río	Nivel del Agua	Velocidad de Flujo	Ancho de Huella
	(m ³ /s)	(m)	(m)	(m/s)	(m ²)
12999.08	1832	826	832.59	7.86	252.44
12762.83	1832	821	826.36	4.56	421.37
12471.03	1832	816	821	6.84	336.39
12322.56	1832	813	818.55	4.98	377.19
12164.66	1832	810	815.13	6.51	296.63
11965.51	1832	805	810.19	6.19	332.44
11766.12	1832	801	809.65	2.61	904.15
11565.19	1832	796	805.13	8.57	238.41
11365.25	1832	791	798.65	4.49	432.53
11164.97	1832	788	794.45	7.93	261.47
10965.42	1832	783	788.69	4.08	471.74
10765.37	1832	779	784.32	7.44	269.55
10565.94	1832	775.82	780.94	5.27	351.48
10365.58	1832	772.21	776.68	6.12	317.66
10165.09	1832	768	774.48	2.73	688.7
9965.329	1832	765.28	771.95	6	337.17
9765.338	1832	761.78	767.51	7.01	268.92
9564.821	1832	758	762.45	6.24	313.62
9365.628	1832	752	759.75	5.02	384.87
9165.717	1832	750	755.83	6.83	280.67
9000.059	1832	747	752.69	6.1	310.07
8765.665	1832	742	749.25	5.87	327.53
8538.758	1832	738	744.05	7.25	262.38
8365.109	1832	733.65	740.18	3.35	565.8
8165.843	1832	731	738.05	5.27	356.69
7964.989	1832	727.53	733.91	7.23	264.55
7766.351	1832	724	731.61	4.39	431.76
7565.502	1832	720	727.13	7.88	241.66
7363.557	1832	716	722.58	7.68	256.97
7165.558	1832	713	720.17	3.31	582.47
6965.244	1832	709.49	716.43	7.64	277.9
6765.437	1832	704	713.2	5.1	405.42
6566.477	1832	701	711.54	5.71	383.34
6365.695	1832	700	707.52	8.11	254.63
6165.498	1832	697	702.86	6.8	281.91
5965.898	1832	693	699.31	6.4	304.76

Estacionamiento	Caudal	Cota de fondo del río	Nivel del Agua	Velocidad de Flujo	Ancho de Huella
	(m ³ /s)	(m)	(m)	(m/s)	(m ²)
5747.885	1832	689.47	695.09	6.97	290.91
5565.108	1832	685	691.59	4.48	442.7
5366.388	1832	681.24	688.03	6.45	327.82
5165.456	1832	678	686.84	4.6	438.46
4967.298	1832	675	682.67	7.84	248.78
4763.562	1832	671.44	678.33	5.12	425.23
4564.941	1832	667	674.23	7.42	275.64
4365.14	1832	661.37	668.42	6.1	307.81
4166.2	1832	658	667.23	4.74	462.47
3964.391	1832	654	662.57	8.38	243.56
3765.007	1832	651	659.28	5.63	359.46
3565.404	1832	647.59	655.5	7.48	276.94
3365.139	1832	646	651.62	6.87	310.41
3158.217	1832	643	649.77	4.06	503.92
2965.267	1832	640	648.5	4.59	483.43
2765.485	1832	637	644.43	8.18	265.98
2566.719	1832	632.25	640.38	4.63	413.14
2365.553	1832	629.93	636.65	6.78	318.95
2163.745	1832	626.12	634.98	3.97	490
1965.709	1832	625	632.51	6.2	332.38
1766.707	1832	621	628.99	7.41	290.26
1566.019	1832	618	625.36	5.25	368.6
1365.754	1832	614	621.24	7.46	271.73
1165.187	1832	611.32	616.77	6.49	365.22
906.6456	1832	606	613.45	2.57	735.54
765.1968	1832	604.01	611.58	5.68	348.88
565.0385	1832	601.73	608.41	6.21	318.86
365.4979	1832	600.09	605.02	5.84	378.06
166.178	1832	595	603.92	2.42	782.17

Tabla 24. Resultados del tiempo de recorrido de la onda de crecida de la Presa Montelirio por Condiciones de Colapso Estructural en Condiciones de Crecidas Extraordinaria.

Tiempo de viaje de la Onda				Distancia(km)	Tirante(m)
hrs	horas	min			
0.00	0.00	0	0	0	3.73
0.00	0.00	0	0	0.0	5.25
0.01	0.01	0	1	0.2	5.89
0.01	0.02	0	1	0.4	4.47
0.01	0.03	0	2	0.6	6.31
0.01	0.03	0	2	0.8	5.2
0.01	0.04	0	2	1.0	6.45
0.01	0.05	0	3	1.2	5.74
0.01	0.06	0	3	1.4	6.2
0.01	0.06	0	4	1.6	6.04
0.01	0.07	0	4	1.8	5.95
0.01	0.08	0	5	2.0	6
0.01	0.09	0	5	2.2	5.22
0.01	0.10	0	6	2.4	5.68
0.01	0.11	0	6	2.6	6.87
0.01	0.11	0	7	2.8	7.07
0.01	0.12	0	7	3.0	5.8
0.01	0.13	0	8	3.2	4.77
0.01	0.13	0	8	3.4	6.54
0.01	0.14	0	9	3.6	6
0.01	0.15	0	9	3.8	5.83
0.01	0.16	0	9	4.0	6.29
0.01	0.17	0	10	4.2	6.65
0.01	0.17	0	10	4.4	5.2
0.01	0.18	0	11	4.6	6.34
0.01	0.19	0	11	4.8	6.2
0.01	0.20	0	12	5.0	6.1
0.01	0.20	0	12	5.2	5.66
0.01	0.21	0	13	5.4	6.58
0.01	0.22	0	13	5.6	3.67
0.01	0.23	0	14	5.9	5.01
0.01	0.24	0	14	6.1	4.5
0.01	0.24	0	15	6.2	5.12
0.01	0.25	0	15	6.4	4.77
0.01	0.26	0	16	6.6	6.12
0.01	0.27	0	16	6.8	9.12
0.01	0.28	0	17	7.0	3.68

Tiempo de viaje de la Onda				Distancia(km)	Tirante(m)
hrs	horas	min			
0.01	0.28	0	17	7.2	6.45
0.01	0.29	0	17	7.4	3.12
0.01	0.29	0	18	7.6	5.33
0.01	0.30	0	18	7.8	4.4
0.01	0.31	0	19	8.0	4.46
0.01	0.32	0	19	8.2	3.6
0.01	0.33	0	20	8.4	5.97
0.01	0.34	0	20	8.6	5.73
0.01	0.35	0	21	8.8	4.13
0.01	0.35	0	21	9.0	6.24
0.01	0.36	0	22	9.2	5.84
0.01	0.37	0	22	9.4	5.21
0.01	0.38	0	23	9.6	6.22
0.01	0.39	0	23	9.9	6.05
0.01	0.39	0	24	10.0	3.01
0.01	0.40	0	24	10.2	5.39
0.01	0.41	0	25	10.4	6.37
0.01	0.42	0	25	10.6	5.03
0.01	0.42	0	25	10.8	7.14
0.01	0.43	0	26	11.0	6.37
0.01	0.44	0	26	11.2	4.3
0.01	0.45	0	27	11.4	6.95
0.01	0.45	0	27	11.6	6.3
0.01	0.46	0	28	11.8	8.67
0.01	0.47	0	28	12.0	7.52
0.01	0.47	0	28	12.2	5.4
0.01	0.48	0	29	12.4	5.73
0.01	0.49	0	29	12.7	5.62
0.01	0.50	0	30	12.8	4.97
0.01	0.51	0	30	13.0	6.79
0.01	0.51	0	31	13.2	6.1
0.01	0.52	0	31	13.4	7.67
0.01	0.53	0	32	13.6	4.85
0.01	0.54	0	32	13.8	7.23
0.01	0.54	0	33	14.0	5.4
0.01	0.55	0	33	14.2	6.91
0.01	0.56	0	33	14.4	8.56
0.01	0.56	0	34	14.6	6.15
0.01	0.57	0	34	14.8	7.91

Tiempo de viaje de la Onda				Distancia(km)	Tirante(m)
hrs	horas	min			
0.01	0.58	0	35	15.0	5.35
0.01	0.59	0	35	15.2	4.96
0.01	0.60	0	36	15.4	6.27
0.01	0.60	0	36	15.6	7.44
0.01	0.61	0	37	15.8	6.08
0.01	0.62	0	37	16.0	6.72
0.01	0.63	0	38	16.2	5.75
0.01	0.63	0	38	16.4	6.52
0.01	0.64	0	38	16.6	7.99
0.01	0.65	0	39	16.8	5.33
0.01	0.66	0	39	17.0	7.25
0.01	0.66	0	40	17.2	5.01
0.01	0.67	0	40	17.5	3.85
0.01	0.68	0	41	17.6	6.32
0.01	0.69	0	41	17.8	6.39
0.01	0.70	0	42	18.0	4.92
0.01	0.70	0	42	18.2	5.17

En la **Figura 2, y 5** (ver Anexo de Figuras) presentan el perfil longitudinal para el área de estudio del río Chiriquí Viejo, correspondiente a los escenarios simulados. En el eje “x” de las figuras se indican las secciones transversales en donde se localizan los lugares de interés: comunidades, presa El Alto y Casa de Máquinas de Montelirio que se verían afectados por las crecidas.

Además, se presentan los perfiles de las secciones transversales (figuras 3, 4,6) de los lugares de interés que se afectarían con las crecidas generadas, en las diferentes situaciones de emergencia.

9.5 Estudio de caudales y niveles de agua en la descarga de casa de máquina de Montelirio

En el caso especial de las condiciones de inundación, que actualmente está padeciendo la empresa EISA en el sitio de descarga de casa de máquina de Montelirio, se realizaron simulaciones hidrológicas e hidráulicas para corroborar los niveles de agua que se presentan con diferentes aportes del Río Chiriquí Viejo, sumado al caudal turbinado.

Este estudio se realizó en 2 condiciones muy comunes como son: Condición A con la Central Hidroeléctrica el Alto utilizando 60 m³/s y condición B en el cual la Central Hidroeléctrica El Alto, no está generando.

Tabla 25. Caudales máximos instantáneos según el análisis regional de crecidas

Período de Retorno (años)	Caudal turbinado (m³/s)	Caudal aportado por río Chiriquí Viejo (m³/s)	Caudal total a simular (m³/s) ¹⁶
1,005	21	63,5	84,5
1,05	21	105,7	126,7
1,25	21	159,2	180,2
2	21	238	259
5	21	350,7	371,7
10	21	429,5	450,5
20	21	508,5	529,4
50	21	609,7	630,7
100	21	691,4	712,4
1.000	21	972,9	993,9

Fuente: Informe de Modelación Hidráulica del Río Chiriqui Viejo, Knight Piesold, 2017

CONDICION A. Caudal en el Río Chiriqui Viejo de 55m³/s- ALERTA BLANCA

En la siguiente tabla, se resume la simulación en el tramo de Casa de Maquina al Río Chiriqui Viejo, condición de Q: 21 m³/s con Q en Río Chiriqui Viejo de 55 m³/s, Condición de la Central Condición de la Central: no genera, y en la figura 11 se muestra el perfil longitudinal para el área de estudio del canal de descarga del río Chiriquí Viejo, correspondiente al escenario planteado. Al lado derecho esta la descarga de la Casa de Maquina de Montelirio y hacia la izquierda la confluencia con el Río Chiriqui Viejo. En esta condición se ha estimado que el nivel del embalse ha alcanzado la cota 634 y está vertiendo, sumado a que no se está turbinando 60 m³/s.

¹⁶ Los caudales totales a simular para la condición especial para casa de máquina de Montelirio son mayores a los simulados en la sección 9.3 (Tabla 14), debido a que dicho análisis considera un área tributaria adicional a localizada entre sitio de presa y casa de máquinas. Estos caudales fueron generados por la consultora Knight Piésold Consulting en el año 2017 a solicitud de EISA (Informe de modelación hidráulica Río Chiriquí Viejo).

Tabla 26 Resultado de la simulación en el tramo de Casa de Maquina (Condición A.1)

Estacionamiento	Caudal	Cota del Fondo del Rio	Nivel de Agua	Velocidad de Flujo	Ancho de Huella	Observación
	(m ³ /s)	(m)	(m)	(m/s)	(m)	
1009	21	632.28	634.97	1.02	14.34	Salida de Casa Maquina
1008	21	632.2	634.97	0.85	17.18	Canal
1007	21	633.1	634.96	0.86	25.68	Canal
1006	21	633.46	634.9	1.23	21.68	Canal
1005	21	633.6	634.57	2.53	12.96	Canal
1004	21	633.2	634.67	0.97	21.56	Canal
1003	21	633.2	634.66	0.93	22.28	Canal
1002	21	632.34	634.66	0.78	18.6	Canal
1001	21	632.67	634.63	1.01	16.65	Canal
1000	21	632.54	634.62	0.94	19.89	Canal
999	21	632.5	634.61	0.89	16.87	Canal
998	21	632	634.64	0.16	73.53	Rio
997	21	631.92	634.64	0.14	73.75	Rio
996	21	631.49	634.64	0.1	106.79	Rio

En esta ocasión se corrió el modelo estimando que existe una generación en la Central Aguas abajo utilizando un caudal de 60 m³/s. La siguiente tabla se resume la simulación en el tramo de Casa de Maquina al Rio Chiriqui Viejo, condición de Q: 21 m³/s con Q en Rio Chiriqui Viejo de 55 m³/s, Condición de la Central Condición de la Central: Utilizando 60 m³/s, y el la figura 12 se muestra el perfil longitudinal para el área de estudio del canal de descarga del río Chiriquí Viejo, correspondiente al escenario planteado. Al lado derecho esta la descarga de la Casa de Maquina de Montelirio y hacia la izquierda la confluencia con el Rio Chiriqui Viejo. En esta condición se ha estimado que el nivel del embalse ha alcanzado la cota 634 y está vertiendo, sumado a que esta turbinando 60 m³/s.

Tabla 28 Resultado de la simulación en el tramo de Casa de Maquina al Rio Chiriqui Viejo, condición de Q: 21 m³/s con Q en Rio Chiriqui Viejo de 55 m³/s, Condición de la Central: Utilizando 60 m³/s

Tabla 27 Resultado de la simulación en el tramo de Casa de Maquina (Condición A.2)

Estacionamiento	Caudal	Cota del Fondo del Rio	Nivel de Agua	Velocidad de Flujo	Ancho de Huella	Observación
	(m ³ /s)	(m)	(m)	(m/s)	(m)	
1009	21	632.28	634.97	1.02	14.34	Salida de Casa Máquina
1008	21	632.2	634.97	0.85	17.18	Canal
1007	21	633.1	634.96	0.86	25.68	Canal
1006	21	633.46	634.9	1.23	21.68	Canal
1005	21	633.6	634.57	2.53	12.96	Canal
1004	21	633.2	634.35	1.39	19.32	Canal
1003	21	633.2	634.31	1.35	20.34	Canal
1002	21	632.34	634.32	1	16.59	Canal
1001	21	632.67	634.26	1.34	13.25	Canal
1000	21	632.54	634.21	1.42	16.83	Canal
999	21	632.5	634.2	1.22	13.64	Canal
998	21	632	634.25	0.21	68.41	Rio
997	21	631.92	634.25	0.17	68.5	Rio
996	21	631.49	634.25	0.12	80.08	Rio

CONDICION B1. Caudal en el Rio Chiriqui Viejo de 84.5 m³/s- ALERTA VERDE (55-90)

Se realizó la simulación para el evento en que los caudales en el río aumente a 90 m³/s obteniéndose los resultados que se resume en la siguiente tabla. La simulación en el tramo de Casa de Maquina al Rio Chiriqui Viejo se realizó con la condición de caudales de: 21 m³/s, un caudal en Rio Chiriqui Viejo de 90 m³/s, Condición de la Central Condición de la Central: no genera inicialmente (B.1). La figura 13 se aprecia el perfil longitudinal para el área de estudio del canal de descarga del río Chiriquí Viejo, correspondiente al escenario planteado. Al lado derecho esta la descarga de la Casa de Maquina de Montelirio y hacia la izquierda la confluencia con el Rio Chiriqui Viejo. En esta condición se ha estimado que el nivel del embalse ha alcanzado la cota 634 y está vertiendo, sumado a que no se está turbinando 60 m³/s.

Tabla 28 Resultado de la simulación en el tramo de Casa de Maquina (Condición B.1)

Estacionamiento	Caudal	Cota del Fondo del Rio	Nivel de Agua	Velocidad de Flujo	Ancho de Huella	Observación
	(m ³ /s)	(m)	(m)	(m/s)	(m)	
1009	21	632.28	635.01	1	14.57	Salida de Casa Maquina
1008	21	632.2	635.01	0.83	20.2	Canal
1007	21	633.1	635	0.83	27.29	Canal
1006	21	633.46	634.94	1.18	22.52	Canal
1005	21	633.6	634.79	1.86	14.32	Canal
1004	21	633.2	634.86	0.82	23	Canal
1003	21	633.2	634.86	0.79	23.21	Canal
1002	21	632.34	634.85	0.68	19.73	Canal
1001	21	632.67	634.83	0.87	18.06	Canal
1000	21	632.54	634.83	0.79	21.72	Canal
999	21	632.5	634.82	0.77	18.44	Canal
998	21	632	634.84	0.15	74.08	Rio
997	21	631.92	634.84	0.13	75.73	Rio
996	21	631.49	634.84	0.1	106.79	Rio

En esta ocasión se corrió el modelo estimando que existe una generación en la Central Aguas abajo utilizando un caudal de 60 m³/s. La siguiente tabla se resume la simulación en el tramo de Casa de Maquina al Rio Chiriqui Viejo, condición de Q: 21 m³/s con Q en Rio Chiriqui Viejo de 90 m³/s, Condición de la Central Condición de la Central: Utilizando 60 m³/s, y en la figura 14 se muestra el perfil longitudinal para el área de estudio del canal de descarga del río Chiriquí Viejo, correspondiente al escenario planteado. Al lado derecho esta la descarga de la Casa de Maquina de Montelirio y hacia la izquierda la confluencia con el Rio Chiriqui Viejo. En esta condición se ha estimado que el nivel del embalse ha alcanzado la cota 634 y está vertiendo, sumado a que esta turbinando 60 m³/s.

Tabla 29 Resultado de la simulación en el tramo de Casa de Maquina (Condición B.2)

Estacionamiento	Caudal	Cota del Fondo del Rio	Nivel de Agua	Velocidad de Flujo	Ancho de Huella	Observación
	(m ³ /s)	(m)	(m)	(m/s)	(m)	
1009	21	632.28	634.97	1.02	14.33	Salida de Casa Maquina
1008	21	632.2	634.97	0.85	17.17	Canal
1007	21	633.1	634.96	0.86	25.65	Canal
1006	21	633.46	634.9	1.24	21.66	Canal
1005	21	633.6	634.57	2.51	12.98	Canal
1004	21	633.2	634.57	1.08	20.81	Canal
1003	21	633.2	634.56	1.03	21.63	Canal
1002	21	632.34	634.56	0.83	18.02	Canal
1001	21	632.67	634.52	1.1	15.88	Canal
1000	21	632.54	634.51	1.05	19.09	Canal
999	21	632.5	634.5	0.97	15.99	Canal
998	21	632	634.53	0.17	72.13	Rio
997	21	631.92	634.53	0.15	72.21	Rio
996	21	631.49	634.53	0.11	106.79	Rio

CONDICION C1. Caudal en el Rio Chiriqui Viejo de 126.7 m³/s- ALERTA AMARILLA

Finalmente, se realizó la simulación para el evento en que los caudales en el rio aumente a 126.7 m³/s obteniéndose los resultados que se resume en la siguiente tabla. La simulación en el tramo de Casa de Maquina al Rio Chiriqui Viejo se realizó con la condición de caudales de: 21 m³/s, un caudal en Rio Chiriqui Viejo de 90 m³/s, Condición de la Central Condición de la Central: no genera inicialmente. La figura 15 se aprecia el perfil longitudinal para el área de estudio del canal de descarga del río Chiriquí Viejo, correspondiente al escenario planteado. Al lado derecho esta la descarga de la Casa de Maquina de Montelirio y hacia la izquierda la confluencia con el Rio Chiriqui Viejo. En esta condición se ha estimado que el nivel del embalse ha alcanzado la cota 634 y está vertiendo, sumado a que no se está turbinando 60 m³/s.

Tabla 30 Resultado de la simulación en el tramo de Casa de Maquina (Condición C.1)

Estacionamiento	Caudal	Cota del Fondo del Rio	Nivel de Agua	Velocidad de Flujo	Ancho de Huella	Observación
	(m ³ /s)	(m)	(m)	(m/s)	(m)	
1009	21	632.28	635.15	0.9	15.66	Salida de Casa Maquina
1008	21	632.2	635.15	0.74	27.93	Canal
1007	21	633.1	635.15	0.73	28.34	Canal
1006	21	633.46	635.11	0.99	24.13	Canal
1005	21	633.6	635.04	1.39	15.67	Canal
1004	21	633.2	635.08	0.68	24.16	Canal
1003	21	633.2	635.07	0.67	24.08	Canal
1002	21	632.34	635.07	0.6	20.9	Canal
1001	21	632.67	635.06	0.75	23.19	Canal
1000	21	632.54	635.06	0.66	23.3	Canal
999	21	632.5	635.05	0.66	20.11	Canal
998	21	632	635.07	0.13	74.8	Rio
997	21	631.92	635.07	0.12	76.51	Rio
996	21	631.49	635.07	0.09	106.79	Rio

En esta ocasión se corrió el modelo estimando que existe una generación en la Central Aguas abajo utilizando un caudal de 60 m³/s. La siguiente tabla se resume la simulación en el tramo de Casa de Maquina al Rio Chiriqui Viejo, condición de Q: 21 m³/s con Q en Rio Chiriqui Viejo de 126.7 m³/s, Condición de la Central Condición de la Central: Utilizando 60 m³/s, y en la figura 16 se muestra el perfil longitudinal para el área de estudio del canal de descarga del río Chiriquí Viejo, correspondiente al escenario planteado. Al lado derecho esta la descarga de la Casa de Maquina de Montelirio y hacia la izquierda la confluencia con el Rio Chiriqui Viejo. En esta condición se ha estimado que el nivel del embalse ha alcanzado la cota 634 y está vertiendo, sumado a que esta turbinando 60 m³/s.

Tabla 31 Resultado de la simulación en el tramo de Casa de Maquina (Condición C.2)

Estacionamiento	Caudal	Cota del Fondo del Rio	Nivel de Agua	Velocidad de Flujo	Ancho de Huella	Observación
	(m ³ /s)	(m)	(m)	(m/s)	(m)	
1009	21	632.28	634.99	1.01	14.43	Salida de Casa Maquina
1008	21	632.2	634.99	0.85	17.62	Canal
1007	21	633.1	634.98	0.85	26.31	Canal
1006	21	633.46	634.92	1.21	22.02	Canal
1005	21	633.6	634.73	2.01	13.95	Canal
1004	21	633.2	634.82	0.85	22.67	Canal
1003	21	633.2	634.81	0.82	23	Canal
1002	21	632.34	634.81	0.7	19.44	Canal
1001	21	632.67	634.79	0.9	17.74	Canal
1000	21	632.54	634.78	0.82	21.28	Canal
999	21	632.5	634.77	0.8	18.08	Canal
998	21	632	634.8	0.15	73.96	Rio
997	21	631.92	634.8	0.13	75.65	Rio
996	21	631.49	634.8	0.1	106.79	Rio

Para este modelo se utilizó un Modelo de Elevación Digital (Imágenes LIDAR) apoyado con topografía del área de la descarga y la berma construida para desviar el flujo medido por a la empresa EISA en el año 2017.

El fabricante ha establecido como cota máxima de operación incluyendo al nivel que aporta las aguas turbinadas por la operación de generación a plena carga (21 m³/s) es de 635.17 la cual está asociada a la paralización de la operación de la Central Montelirio. Al momento de alcanzar estos niveles la operación se hace insegura (vibraciones) y se hace necesario sacar de servicio las unidades. Tal y como se puede notar la operación aguas abajo tiene un efecto en la descarga de la Central Montelirio.

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

Una situación de emergencia que se genere en la Presa de Montelirio podrá causar daños y pérdidas aguas abajo. EISA trabajará en forma coordinada con las autoridades locales, organizaciones no gubernamentales, radioaficionados, e instituciones públicas, que por sus funciones participan en la prevención y mitigación de riesgo, en la preparación y atención de emergencia; con el objetivo de salvaguardar la vida y bienes aguas abajo de la presa.

Por esta razón, EISA establecerá lo siguiente:

- Estrategia de imagen y comunicación;
- Identificación, gestión y firma de los acuerdos con las instituciones y organizaciones que forman parte del Sistema Nacional de Protección Civil.
- Instituir protocolos de avisos, actualización de la lista de contactos y diagrama de avisos para cada categoría de emergencia; códigos y validación.
- Definir responsabilidades de los colaboradores para el mantenimiento de la documentación técnica entregada y la distribución del PADE.

A continuación, la lista de ubicaciones de los diagramas de aviso, establecidos en la sección 4.3. Diagramas de Aviso (Tabla 25).

Tabla 32. Lista de Ubicaciones de los Diagramas de Avisos Impresos

<i>Ubicaciones en la Central Hidroeléctrica</i>	
1.	Sala de Control
2.	Oficina del Gerente
<i>Ubicaciones en Entidades Públicas</i>	
1.	Fuerza Pública de Volcán
2.	Cuerpo de Bomberos de Volcán
3.	Oficina Regional de SINAPROC
4.	Centro Nacional de Despacho

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

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

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

El personal de EISA será responsable de monitorear la presa durante una situación de emergencia y mantendrá informados, según los diagramas de aviso, de las condiciones de la presa desde el momento de inicio de una emergencia hasta que se concluya la misma. Se usarán todos los medios de comunicación disponibles. El principal medio de comunicación será el teléfono. También se pueden usar celulares, radio, e internet.

El PADE contemplará acciones que serán implementadas por el Gerente de Planta o el Jefe de Operaciones y su equipo de trabajo. La organización de las comunidades, de haber, que se ubican aguas abajo de la presa dentro de la planicie de inundación son responsabilidad de las autoridades locales y las instituciones que forman parte del Sistema Nacional de Protección Civil. Estas acciones deberán contemplar como mínimo: seguridad del área afectada, la evaluación de los daños y análisis de necesidad y la rehabilitación de los servicios básicos.

11 Simulacros de Emergencia

El Coordinador del PADE conducirá una sesión anual de simulacro de emergencia del PADE, para habituar y disciplinar el comportamiento del personal de EISA, en todas las situaciones de emergencia contempladas en la sección 7 "Situaciones de Emergencia" de este documento. El

coordinador del PADE será el responsable de programar, coordinar y dirigir ¹⁷ el simulacro de la situación de emergencia correspondiente.

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

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

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

Los simulacros se ejecutarán a diferentes niveles según los siguientes criterios:

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

Medio: Seminarios–Taller en donde se discutan las acciones a seguir en caso una de las situaciones de una emergencia con personal de la empresa, miembros de la comunidad y estamentos de seguridad involucrados en estas acciones.

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

Para todas las situaciones de emergencia, EISA hará un simulacro de nivel bajo o medio que se llevará a cabo mediante un ejercicio en el que se ensayaran las medidas a seguir ante una situación hipotética de emergencia. Dicho simulacro se diseñará de manera que sea realista. El Coordinador

¹⁷ El simulacro podrá ser dirigido por un proveedor

del PADE escogerá la situación y hora; además, la asignación de un observador el cual verificará las acciones y notificaciones subsecuentes (quién, cuándo y los medios de comunicación), y determinará si todos los participantes tienen la versión actualizada del PADE.

La coordinación de este simulacro se extenderá hasta las instituciones, según los diagramas de aviso. Se involucrará en este simulacro a personal interno de EISA y a las instituciones que tienen responsabilidades en el PADE. En el caso de la Presa Montelirio, donde existen presas aguas arriba y aguas abajo durante la planificación de los simulacros se coordinará con el personal de las presas correspondientes, para que ellos puedan participar de los mismos.

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

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

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

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

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

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

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

Se verificará la efectividad y funcionamiento de sensores automáticos disparándolos manualmente, o bien simulando y dando la alarma en forma verbal. Además, debe verificarse como se manejarán los equipos (para apertura o cierre, tales como vertederos y otras estructuras hidráulicas de descarga) ante alguna de las siguientes posibilidades de Situación de Emergencia en el simulacro:

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

Dentro de los 45 días después del simulacro, el Coordinador del PADE, emitirá un informe Final del ejercicio del simulacro a SINAPROC que contendrá la siguiente información:

- Desarrollo detallado del ejercicio.
- Objetivos buscados con el ejercicio.
- Grado de preparación individual del personal.
- Nivel de coordinación entre el personal y con terceros.
- Dificultades presentadas.
- Problemas de los sistemas de comunicación.
- Adecuación de los medios materiales disponibles.
- Grado de cumplimiento de los objetivos buscados con el ejercicio.
- Fallas del PADE y modificaciones propuestas para la siguiente actualización.

12 Actualización del PADE

Este estudio presenta una revisión, adecuación y actualización del PADE de la Empresa Electron Investment, S.A. al PADE de la Central Hidroeléctrica Montelirio. Se ha revisado particularmente en lo referente a cambios de personas o entidades con responsabilidad específica, direcciones, números telefónicos, frecuencias e identificaciones de radio y toda otra información crítica para la eficacia de las acciones previstas. Un cambio significativo de este documento con el PADE anterior ha sido el incluir la Casa de Maquinas de la Central que durante la operación en estos años ha tenido que detenerse debido a los niveles de agua que alcanza la zona de descarga. Estas paradas se deben a vibraciones que sufre la estructura debido a que el nivel máximo de operación en las turbinas se ha alcanzado con frecuencia.

Esta revisión completa identifica este nuevo escenario que no fue contemplado en el PADE anterior el cual ha obligado a requerir una modificación del PADE. De esta forma, EISA enviará este documento a la Dirección de la Autoridad Nacional de los Servicios Públicos: (i) una declaración que el PADE ha sido revisado completamente, (ii) la última fecha en que fue aprobado, y (iii) cualquier modificación o actualización.

EISA revisará con una periodicidad mínima de un año, como se encuentra indicado en la Norma en la página 67, particularmente en lo referente a cambios de personas o entidades con responsabilidad específica, direcciones, números telefónicos, frecuencias e identificaciones de radio y toda otra información crítica para la eficacia de las acciones previstas. De no haber cambios durante el año, EISA enviará a la ASEP una nota notificando que no ha habido cambio alguno. Además, EISA hará una revisión completa del PADE cada dos (2) años. La revisión completa identificará cualquier nuevo desarrollo u otros cambios aguas arriba o aguas abajo los cuales podrían necesitar la modificación del PADE. Si ocurren tales cambios, EISA informará rápidamente al director de la Autoridad Nacional de los Servicios Públicos, determinará en consulta con agencias y otros si las modificaciones son necesarias, y distribuirá cualquier modificación resultante.

Bibliografía

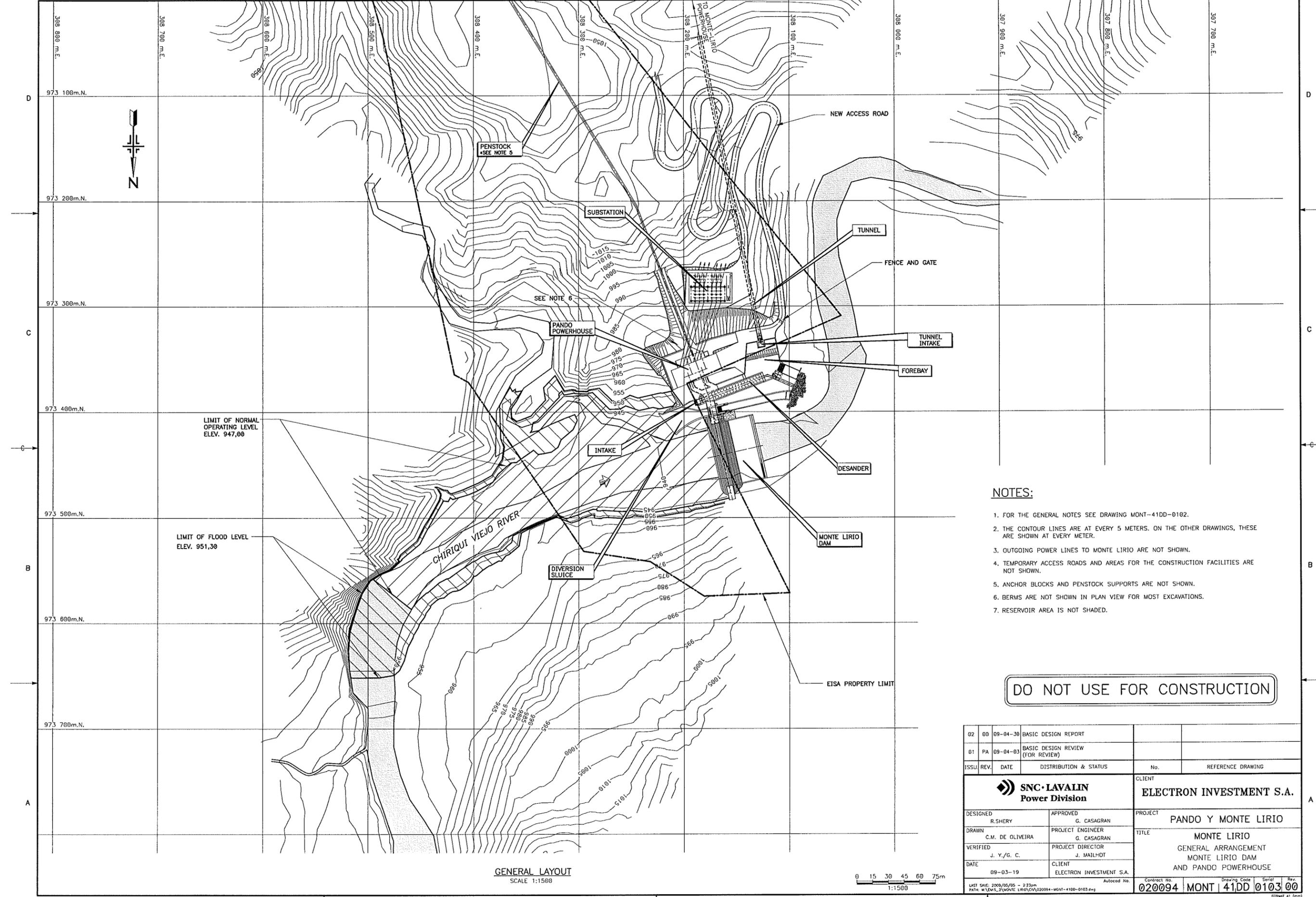
- Resolución AN 3932-ELEC Normas para la Seguridad de Presas. Autoridad Nacional de los Servicios Públicos. 2010
- Resumen Técnico del Análisis Regional de Crecidas Máximas de Panamá. Período 1971-206- Hidrometeorología. ETESA. 2008
- Volumen I: Lugares Poblados de la Republica, INEC, Contralora General de la Republica. 2011
- Estudio de Impacto Ambiental Categoría III de la Central Hidroeléctrica Pando. Electron Investment, S.A. 2002
- Estudio de prefactibilidad de los proyectos hidroeléctricos Pando y Montelirio. Electron Investment, S.A. 2007
- Feasibility Study. Basic Design Report. Pando y Montelirio Hydroelectric Project. Electron Investment, S.A. 2009
- Guidelines for Dam Breach Analysis. Office of the State Engineer Dam Safety Branch. State of Colorado. Department of Natural Resource. 2010

ANEXOS

Planos

Planos de detalles de: Presa Montelirio, Casa de Máquina

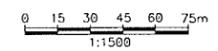
4 3 2 1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 CENTIMETRES



LIMIT OF NORMAL OPERATING LEVEL ELEV. 947,00

LIMIT OF FLOOD LEVEL ELEV. 951,30

GENERAL LAYOUT
SCALE 1:1500

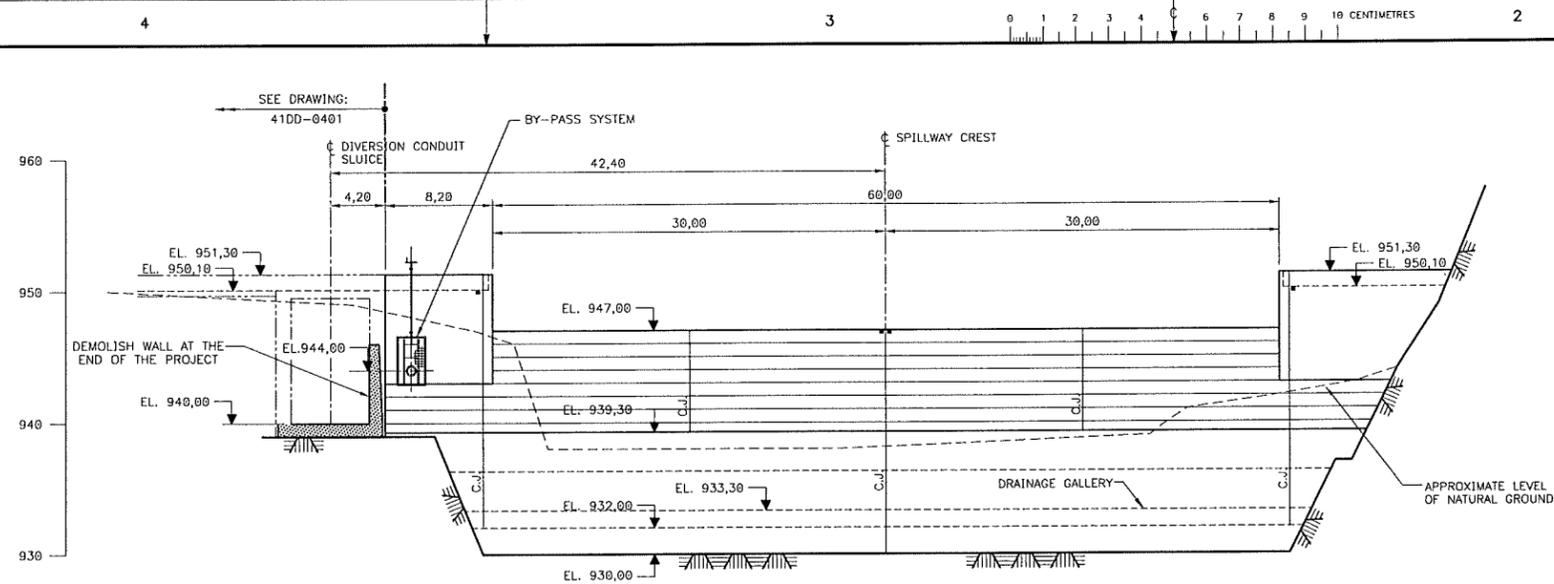


NOTES:

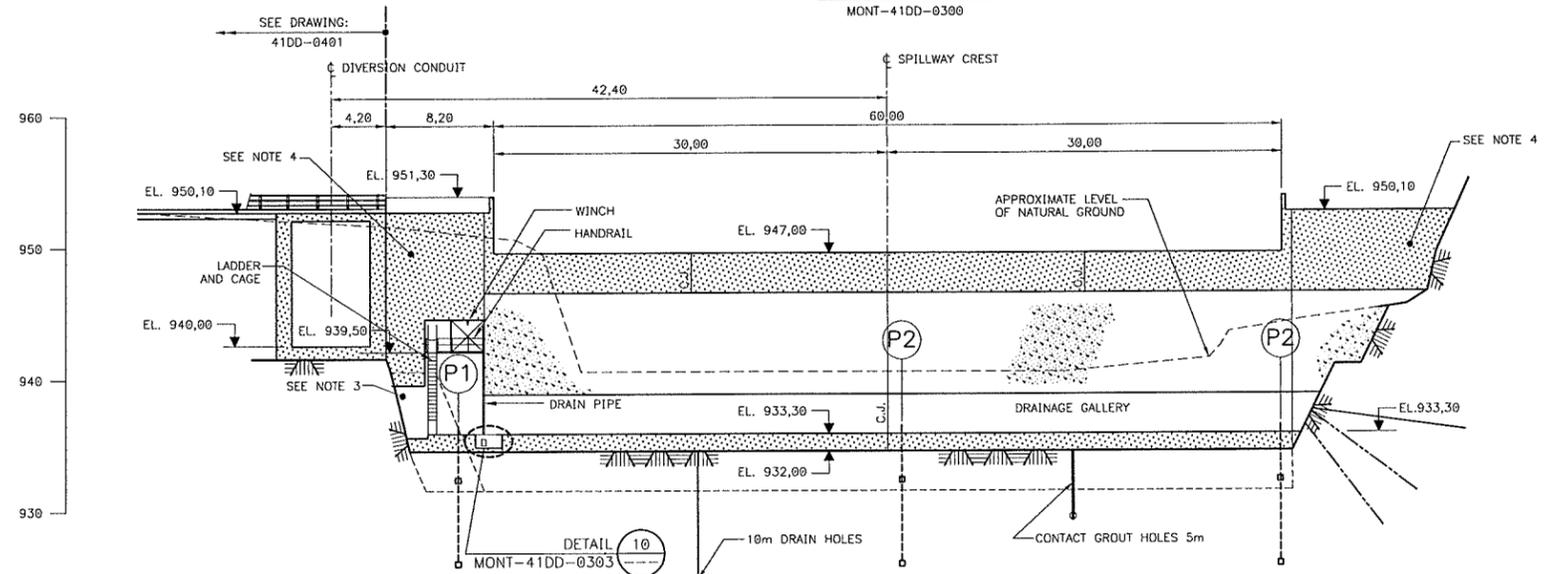
1. FOR THE GENERAL NOTES SEE DRAWING MONT-41DD-0102.
2. THE CONTOUR LINES ARE AT EVERY 5 METERS. ON THE OTHER DRAWINGS, THESE ARE SHOWN AT EVERY METER.
3. OUTGOING POWER LINES TO MONTE LIRIO ARE NOT SHOWN.
4. TEMPORARY ACCESS ROADS AND AREAS FOR THE CONSTRUCTION FACILITIES ARE NOT SHOWN.
5. ANCHOR BLOCKS AND PENSTOCK SUPPORTS ARE NOT SHOWN.
6. BERMS ARE NOT SHOWN IN PLAN VIEW FOR MOST EXCAVATIONS.
7. RESERVOIR AREA IS NOT SHADED.

DO NOT USE FOR CONSTRUCTION

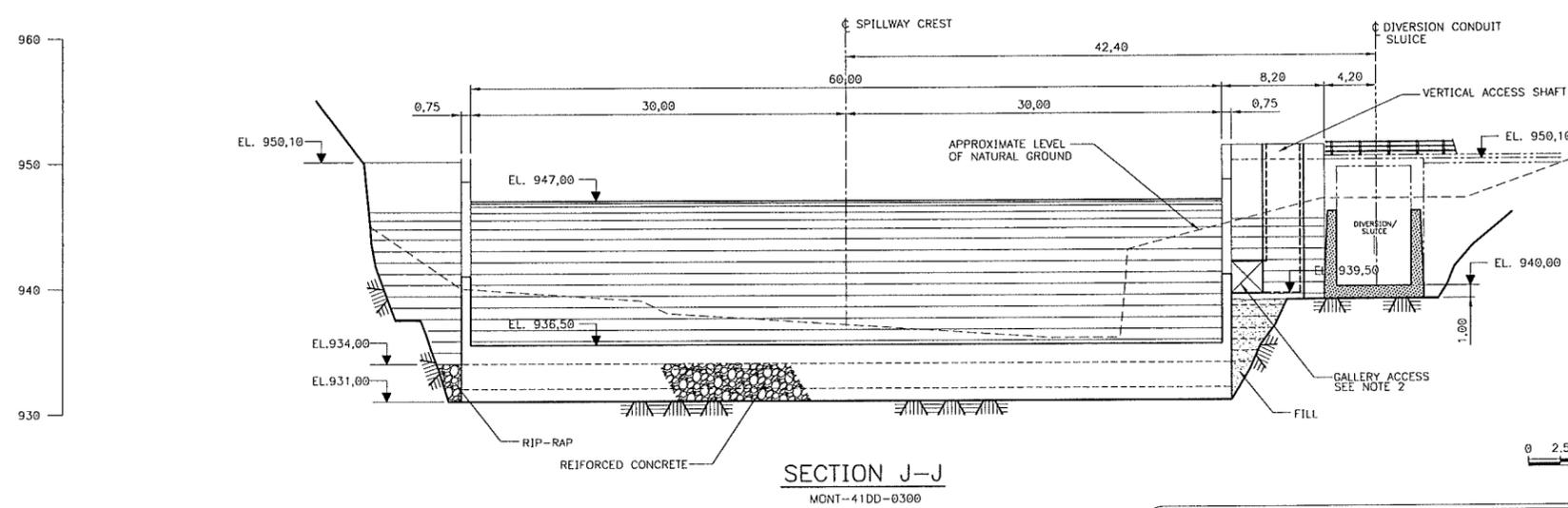
02	09-04-30	BASIC DESIGN REPORT	
01	09-04-03	BASIC DESIGN REVIEW (FOR REVIEW)	
ISSU	REV.	DATE	DISTRIBUTION & STATUS
			No.
			REFERENCE DRAWING
		SNC-LAVALIN Power Division	
		CLIENT ELECTRON INVESTMENT S.A.	
DESIGNED	R. SHERY	APPROVED	G. CASAGRAN
		PROJECT PANDO Y MONTE LIRIO	
DRAWN	C.M. DE OLIVEIRA	PROJECT ENGINEER	G. CASAGRAN
		TITLE MONTE LIRIO GENERAL ARRANGEMENT MONTE LIRIO DAM AND PANDO POWERHOUSE	
VERIFIED	J. Y./G. C.	PROJECT DIRECTOR	J. MAILHOT
DATE	09-03-19	CLIENT	ELECTRON INVESTMENT S.A.
		Contract No.	020094
		Drawing Code	MONT 41DD
		Serial	0103
		Rev.	00
LAST SAVE: 2009/05/05 - 2:23pm PATH: W:\EAS_3\MONTE LIRIO\CAD\020094-MONT-41DD-0103.dwg		Autocad No.	



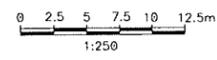
SECTION G-G
MONT-41DD-0300



SECTION H-H
MONT-41DD-0300



SECTION J-J
MONT-41DD-0300



NOTES:

1. SEE DRAWING MONT-41DD-0102 FOR THE GENERAL NOTES AND THE LEGEND.
2. PROVIDE AN ACCESS TO THE GALLERY BY MEANS OF METAL STAIRS OR LADDER.
3. EXTEND GALLERY INTO THE ABUTMENT (FOR WIDTH OF GALLERY ONLY).
4. IF POSSIBLE, USE RCC, OTHERWISE USE CONCRETE.

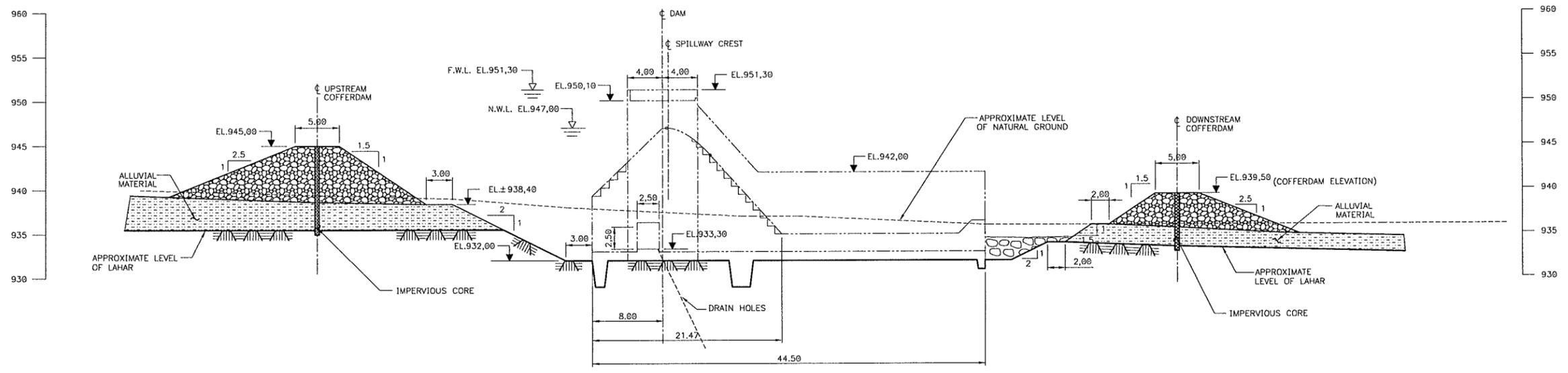
LEGEND: (ELEVATION)

- SURVEY/CREST MONUMENT
- ↓ PIEZOMETER
- T.O.C. TOP OF CONCRETE

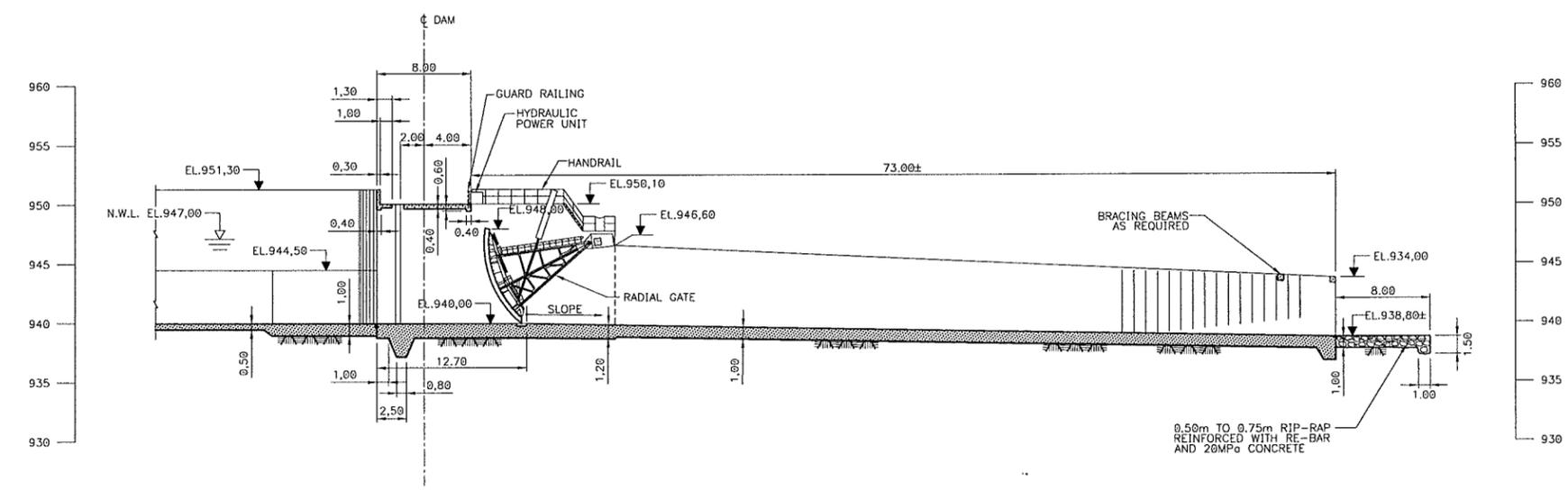
DO NOT USE FOR CONSTRUCTION

02	00	09-04-30	BASIC DESIGN REPORT		
01	PA	09-04-03	BASIC DESIGN REVIEW (FOR REVIEW)		
ISSU	REV.	DATE	DISTRIBUTION & STATUS	No.	REFERENCE DRAWING
			SNC-LAVALIN Power Division		
			ELECTRON INVESTMENT S.A.		
DESIGNED G. CASAGRAN/J. YUPANQUI			APPROVED G. CASAGRAN		CLIENT
DRAWN A. GALICKI			PROJECT ENGINEER G. CASAGRAN		PROJECT PANDO Y MONTE LIRIO
VERIFIED G. C./J. Y./R. S.			PROJECT DIRECTOR J. MAILHOT		TITLE MONTE LIRIO MAIN DAM AND SPILLWAY SECTIONS G-G, H-H AND J-J
DATE 09-03-12			CLIENT ELECTRON INVESTMENT S.A.		
LAST SAVE: 2009/05/05 - 2:35pm PATH: \\E:\S2\MONTE LIRIO\CAD\020094-MONT-41DD-0302.dwg			Autocad No.		Contract No.
			020094		Drawing Code
			MONT 41DD		Serial
			0302		Rev
			00		FORMAT (mm)

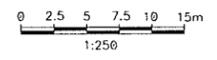
NOTE:
 1. FOR THE GENERAL NOTES AND LEGEND SEE DRAWING MONT-41DD-0102.
 2. DETAILS AND METHOD FOR THE CONSTRUCTION OF THE IMPERVIOUS CUT-OFF TO BE DETERMINED BY THE EPC CONTRACTOR.



SECTION A-A
MONT-41DD-0200

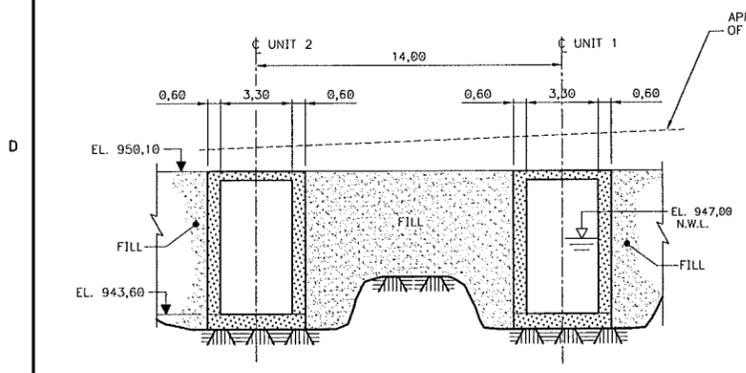


SECTION B-B
MONT-41DD-0200

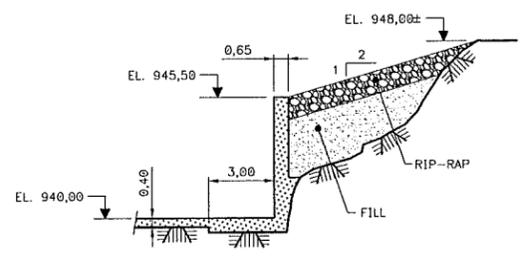


DO NOT USE FOR CONSTRUCTION

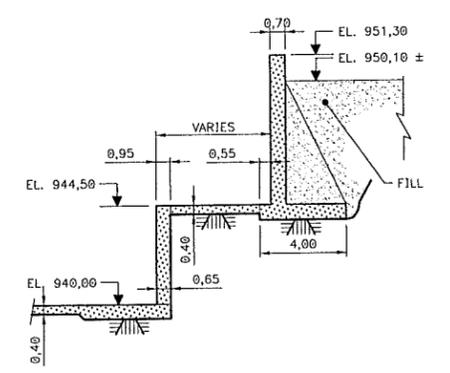
02	00	09-04-30	BASIC DESIGN REPORT		
01	PA	09-04-03	BASIC DESIGN REVIEW (FOR REVIEW)		
ISSU	REV.	DATE	DISTRIBUTION & STATUS	No.	REFERENCE DRAWING
			CLIENT		
			SNC-LAVALIN Power Division		
			ELECTRON INVESTMENT S.A.		
DESIGNED			APPROVED		PROJECT
J. YUPANQUI/G. CASAGRAN			G. CASAGRAN		PANDO Y MONTE LIRIO
DRAWN			PROJECT ENGINEER		TITLE
A. GALICKI			G. CASAGRAN		MONTE LIRIO
VERIFIED			PROJECT DIRECTOR		DIVERSION WORKS
R. S./G. C./J. Y.			J. MAILHOT		GENERAL ARRANGEMENT
DATE			CLIENT		SECTIONS
09-01-20			ELECTRON INVESTMENT S.A.		
LAST SAVE: 2009/05/25 - 2:28pm			Autocad No.		Contract No.
PATH: W:\EWS_3\MONTE LIRIO\CAD\020094-MONT-41DD-0201.dwg			020094		Drawing Code
			MONT 41DD		Serial
			0201		Rev.
					FOR AT (mm)



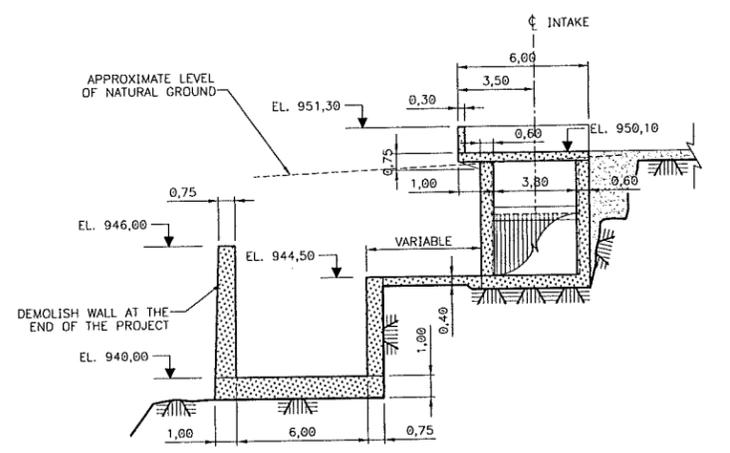
SECTION D-D
MONT-41DD-0401



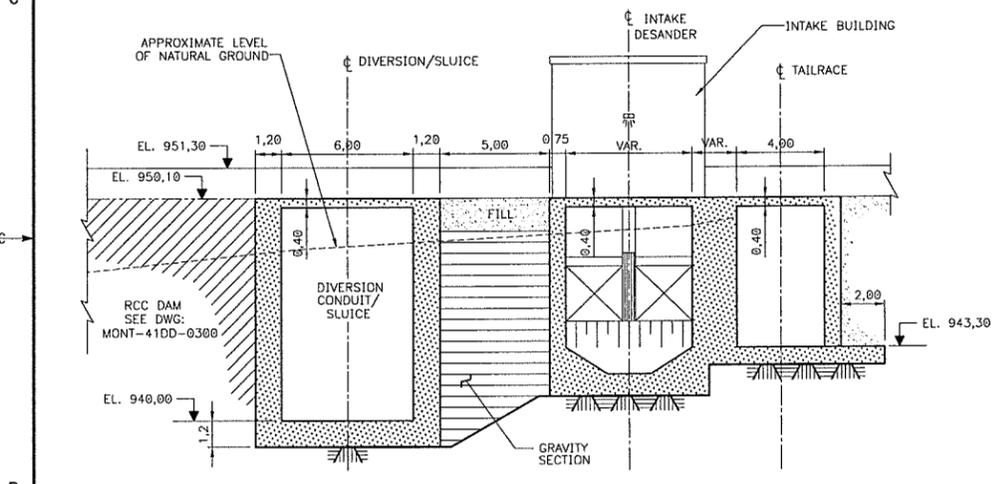
SECTION E-E
MONT-41DD-0401



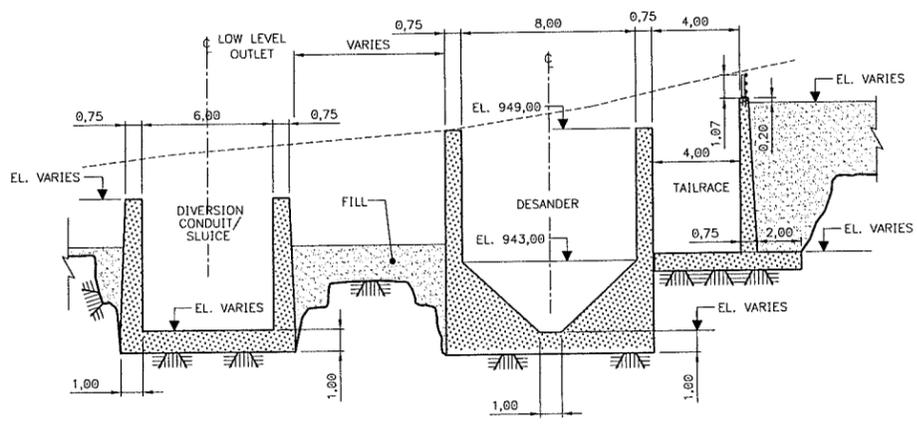
SECTION F-F
MONT-41DD-0401



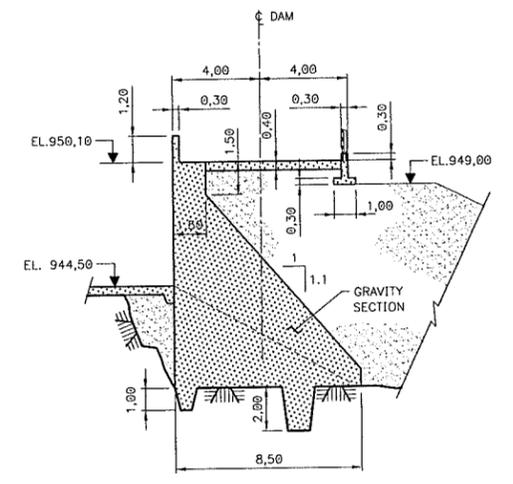
SECTION G-G
MONT-41DD-0401



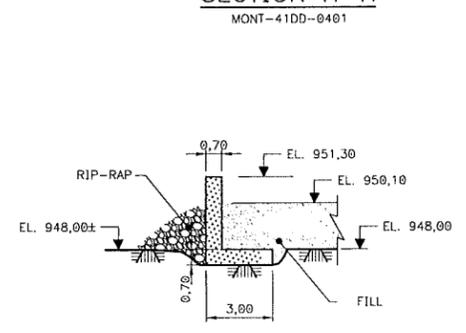
SECTION H-H
MONT-41DD-0401



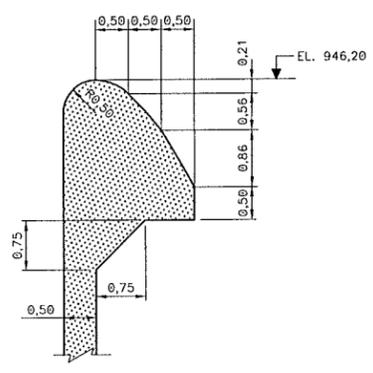
SECTION J-J
MONT-41DD-0401



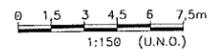
SECTION L-L
MONT-41DD-0401



SECTION M-M
MONT-41DD-0401



DETAIL 1
1:50

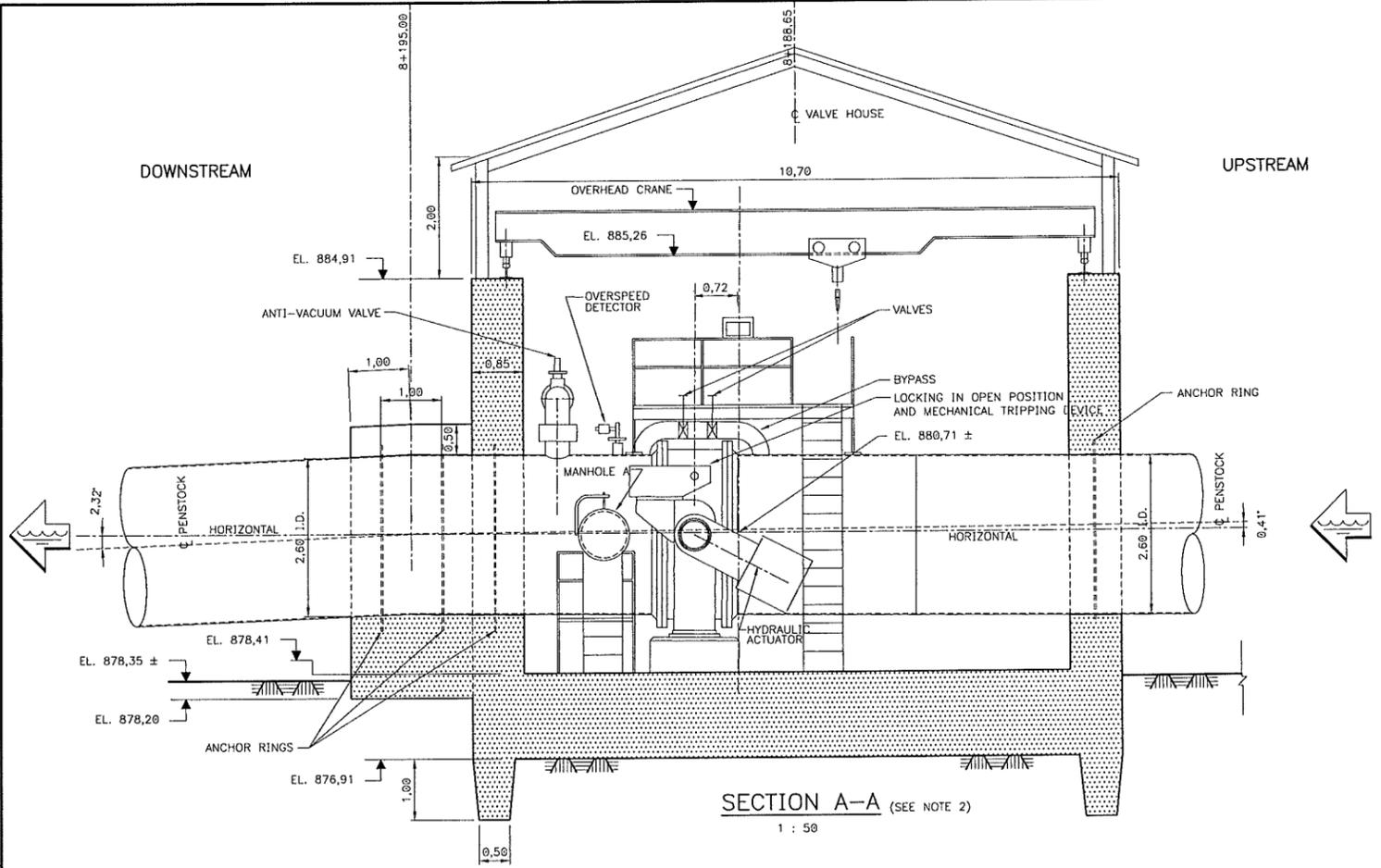


NOTES:

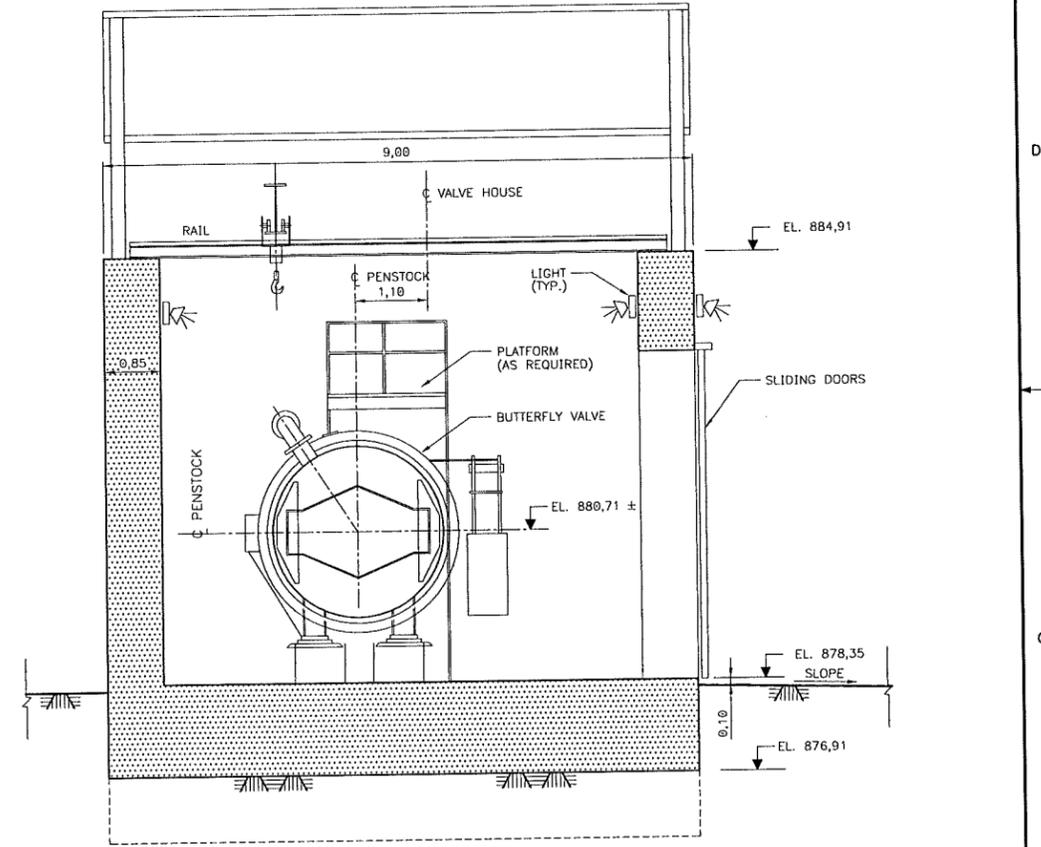
- SEE DRAWING 41DD-0102 FOR THE GENERAL NOTES AND THE LEGEND.

02	09-04-30	BASIC DESIGN REPORT			
01	09-04-03	BASIC DESIGN REVIEW (FOR REVIEW)	MONT-41DD-0402	INTAKE - SECTIONS	
ISSU	REV.	DATE	DISTRIBUTION & STATUS	REFERENCE DRAWING	
			No.		
			CLIENT		
			SNC-LAVALIN Power Division	ELECTRON INVESTMENT S.A.	
DESIGNED	R. SHERY	APPROVED	G. CASAGRAN	PROJECT	
				PANDO Y MONTE LIRIO	
DRAWN	C.M. DE OLIVEIRA/A. GALICKI	PROJECT ENGINEER	G. CASAGRAN	TITLE	
				MONTE LIRIO	
VERIFIED	G. C./R. S./J. Y.	PROJECT DIRECTOR	J. MAILHOT	INTAKE, DIVERSION AND DESANDER SECTIONS AND DETAIL	
DATE	09-03-16	CLIENT	ELECTRON INVESTMENT S.A.		
			Autocad No.	Contract No.	Rev
				020094	MONT 41,DD 0403 00
			LAST SAVE: 2009/05/05 - 2:37pm	DRAWING CODE	
			PATH: W:\DWG_2\MONTE LIRIO\CA\020094-MONT-41DD-0403.dwg	SERIAL	
				0403 00	

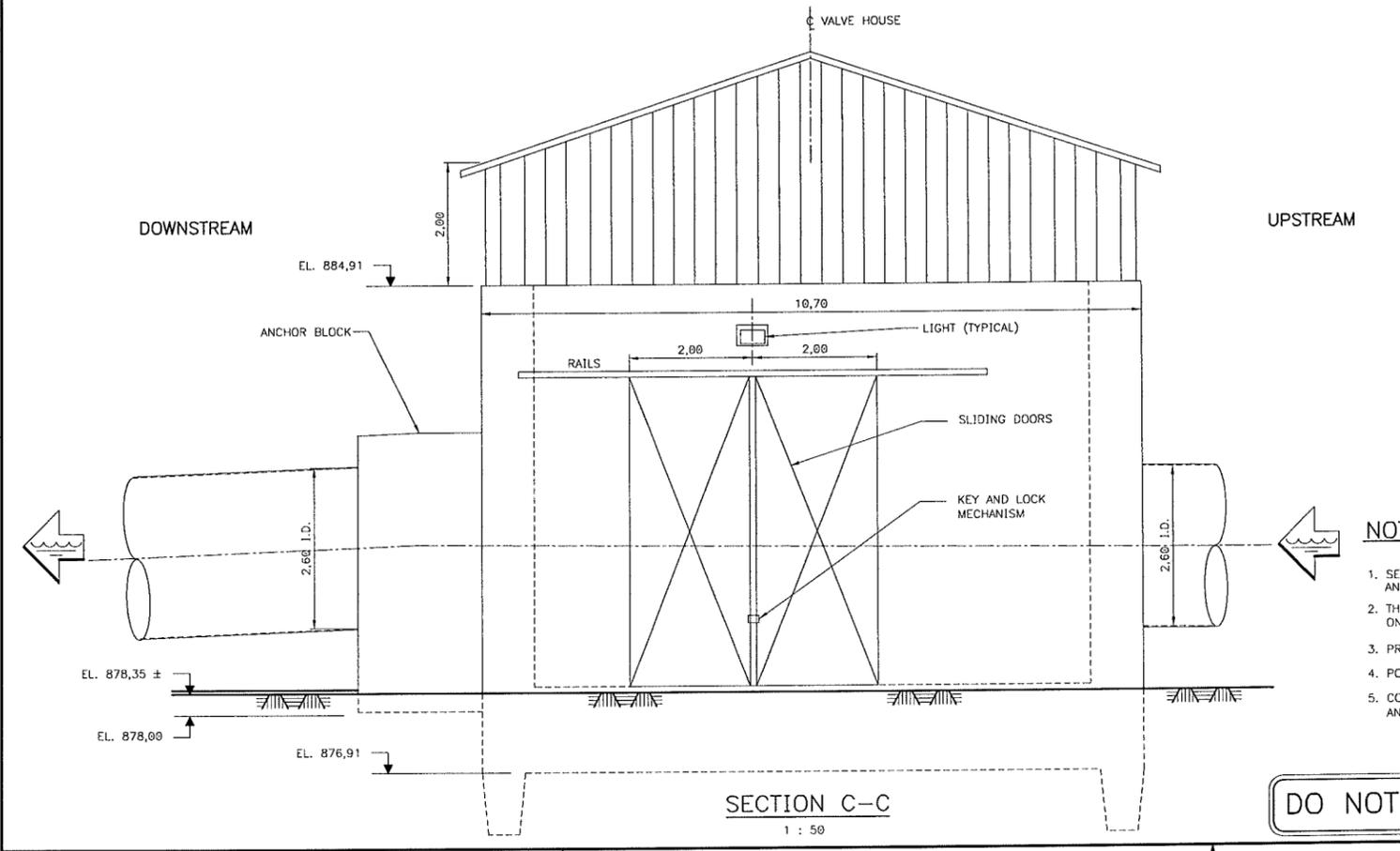
DO NOT USE FOR CONSTRUCTION



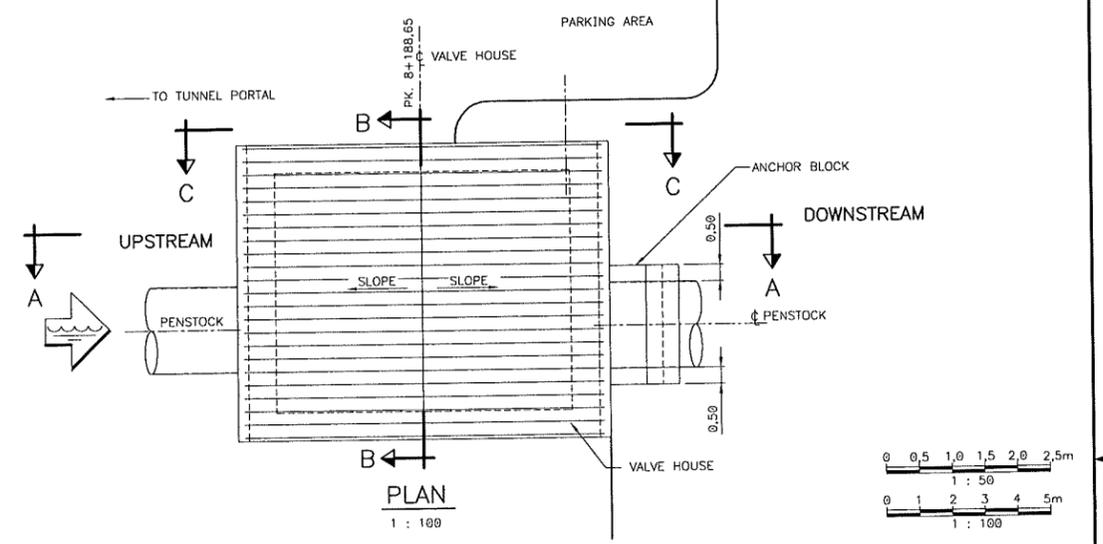
SECTION A-A (SEE NOTE 2)
1 : 50



SECTION B-B (NOT ALL EQUIPMENT IS SHOWN)
1 : 50



SECTION C-C
1 : 50



PLAN
1 : 100

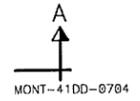
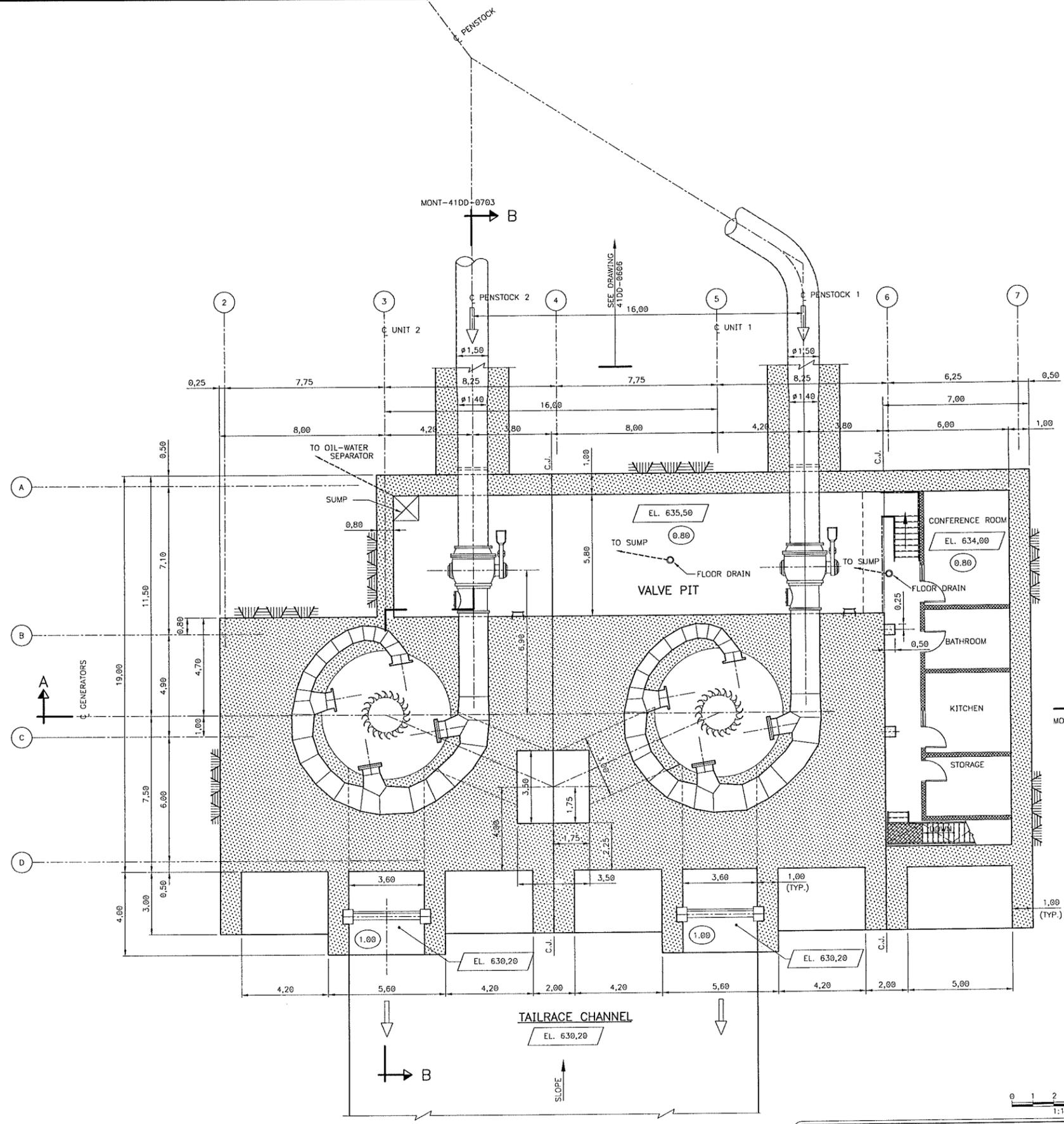
NOTES:

1. SEE DRAWING MONT-41DD-0102 FOR THE GENERAL NOTES AND LEGEND.
2. THE ORIENTATION OF SECTION A-A IS WITH THE UPSTREAM ON THE RIGHT SIDE, NOT THE LEFT SIDE.
3. PROVIDE APPROPRIATE DRAINAGE AROUND THE VALVE HOUSE.
4. POWER LINE TO VALVE HOUSE IS NOT SHOWN.
5. CONTROL PANELS, HYDRAULIC POWER UNIT, CONTROL CABLES AND MISCELLANEOUS EQUIPMENT ARE NOT SHOWN.

DO NOT USE FOR CONSTRUCTION

02	00	09-04-30	BASIC DESIGN REPORT		
01	PA	09-04-03	BASIC DESIGN REVIEW (FOR REVIEW)		
ISSU.	REV.	DATE	DISTRIBUTION & STATUS	No.	REFERENCE DRAWING
			CLIENT		
			ELECTRON INVESTMENT S.A.		
			PROJECT		
			PANDO Y MONTE LIRIO		
			TITLE		
			MONTE LIRIO BUTTERFLY VALVE HOUSE PLAN, SECTIONS AND DETAILS		
DESIGNED	T. ROSSY		APPROVED	G. CASAGRAN	
DRAWN	A. GALICKI		PROJECT ENGINEER	G. CASAGRAN	
VERIFIED	R. S./G. C./R. K.		PROJECT DIRECTOR	J. MAILHOT	
DATE	09-03-23		CLIENT	ELECTRON INVESTMENT S.A.	
			Autocad No.	Contract No.	020094
			Drawing Code	MONT	41DD
			Serial	060	00
			Rev.		
LAST SAVE: 2009/05/05 - 2:44pm PATH: W:\CNS\3\MONTE LIRIO\REV\020094-MONT-41DD-0601.dwg					

NOTES:
 1. FOR GENERAL NOTES AND LEGEND SEE DRAWING MONT-41DD-0102
 2. FOR ADDITIONAL NOTES AND LEGEND SEE DRAWING MONT-41DD-0700

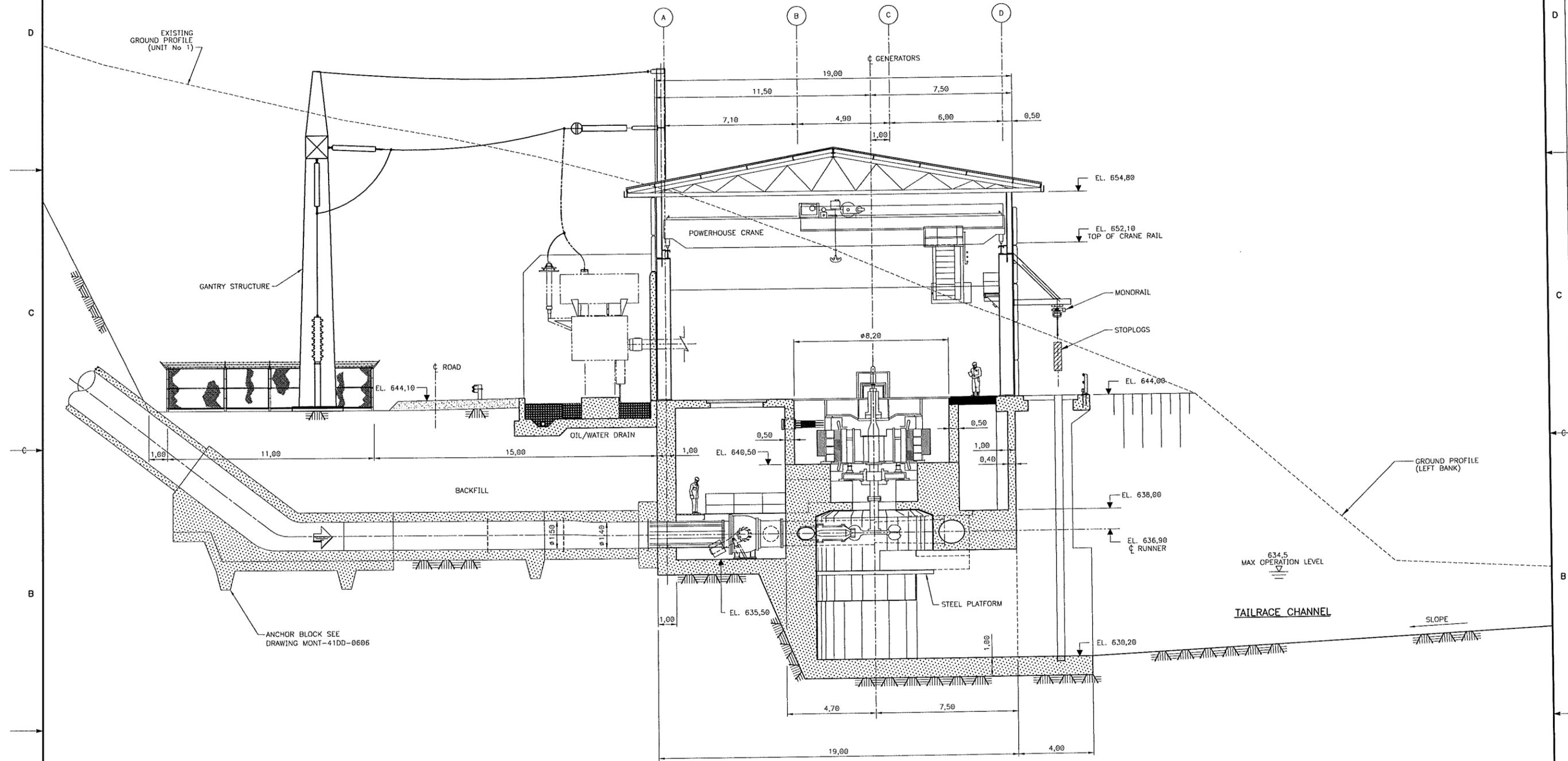


DO NOT USE FOR CONSTRUCTION

02	00	09-04-30	BASIC DESIGN REPORT	MONT-41DD-0704	POWERHOUSE - LONGITUDINAL SECTION
01	PA	09-04-03	BASIC DESIGN REVIEW (FOR REVIEW)	MONT-41DD-0703	POWERHOUSE - TRANSVERSE SECTION
ISSU	REV.	DATE	DISTRIBUTION & STATUS	No.	REFERENCE DRAWING
			CLIENT		
			SNC-LAVALIN Power Division		
			ELECTRON INVESTMENT S.A.		
DESIGNED			PROJECT		
R. S./G. T./R. K.			PANDO Y MONTE LIRIO		
DRAWN			TITLE		
J.-C. CIPRIANI			MONTE LIRIO		
VERIFIED			POWERHOUSE		
G. CASAGRAN/P. McLEAN			GENERAL ARRANGMENT		
DATE			PLAN AT EL. 636,90		
09-01-15					
			CLIENT		
			ELECTRON INVESTMENT S.A.		
			Autocad No.		
			Contract No.		
			020094		
			Drawing Code		
			MONT 41DD		
			Serial		
			0702		
			Rev.		
			00		
			FORMAT A1 (mm)		

NOTES:

1. FOR GENERAL NOTES AND LEGEND SEE DRAWING MONT-41DD-0102
2. FOR ADDITIONAL NOTES AND LEGEND SEE DRAWING MONT-41DD-0700
3. FOR GENERAL EQUIPMENT SEE DRAWINGS MONT-47DD-0705, 0706 & 0707



SECTION B-B
MONT-41DD-0708, 0701, 0702

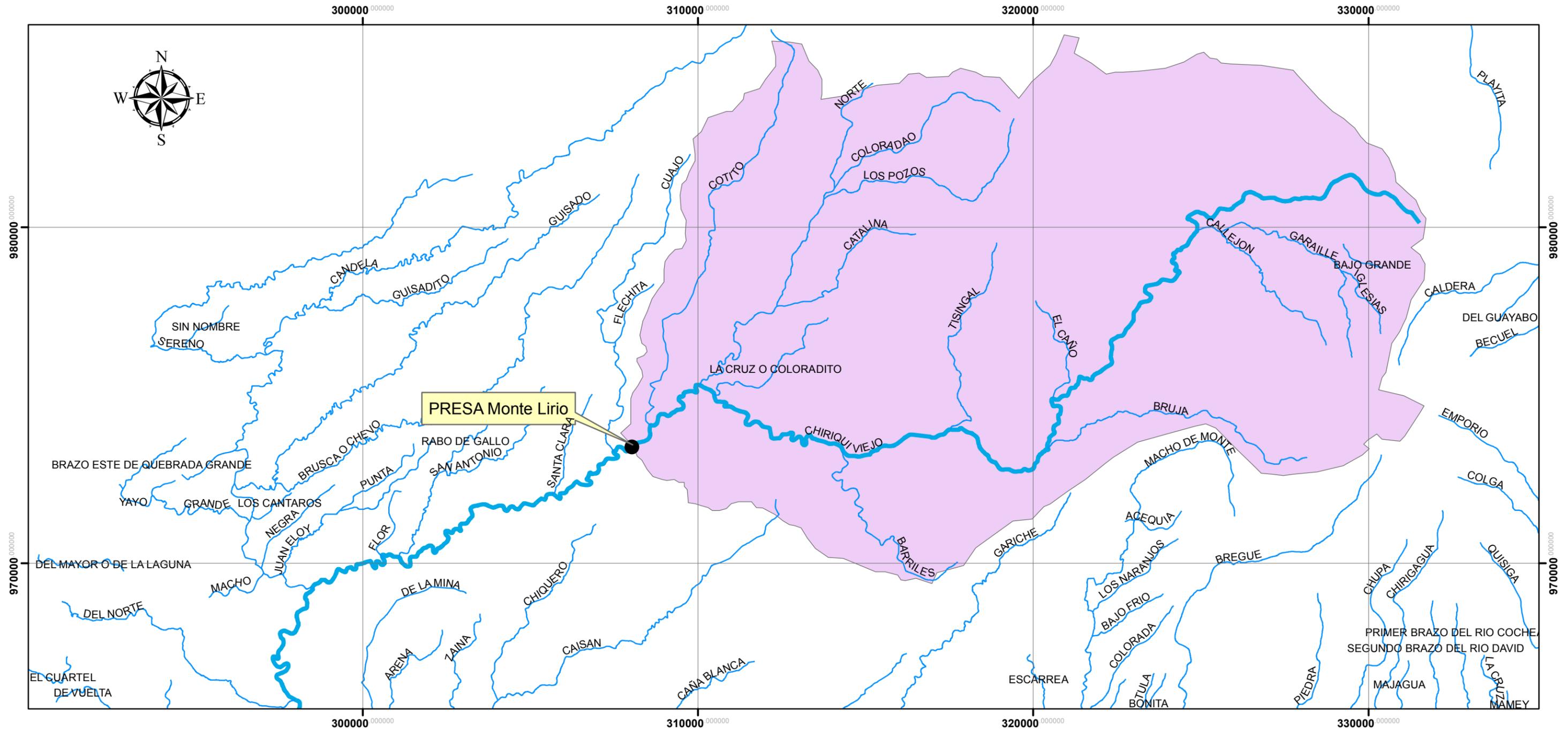
0 1 2 3 4 5m
1:100

DO NOT USE FOR CONSTRUCTION

02	00	09-04-30	BASIC DESIGN REPORT	MONT-41DD-0702	POWERHOUSE - DRAFT TUBE LEVEL
01	PA	09-04-03	BASIC DESIGN REVIEW (FDR REVIEW)	MONT-41DD-0701	POWERHOUSE - GENERATOR FLOOR
ISSU	REV.	DATE	DISTRIBUTION & STATUS	No.	REFERENCE DRAWING
				CLIENT ELECTRON INVESTMENT S.A.	
				PROJECT PANDO Y MONTE LIRIO	
DESIGNED	R. S./G. T./R. K.		APPROVED	C. CASAGRAN	
DRAWN	J.-C. CIPRIANI		PROJECT ENGINEER	G. CASAGRAN	
VERIFIED	G. CASAGRAN/P. McLEAN		PROJECT DIRECTOR	J. MAILHOT	
DATE	09-01-15		CLIENT	ELECTRON INVESTMENT S.A.	
LAST SAVE: 2009/05/05 - 2:58pm PATH: W:\EWS_2\MONTE LIRIO\CI\020094-MONT-41DD-0703.DWG				Contract No.	020094
				Drawing Code	MONT 41DD 0703 00
				Serial	
				Rev.	

Mapas

Mapas generados para representar las huellas de inundación del tramo Presa Montelirio-El Alto del cauce del río Chiriquí Viejo, obtenido de la simulación hidráulica de los escenarios de: colapso estructural de presa en condiciones de operación normal; colapso estructural de presa con crecidas extraordinarias



CONSULTORIA, ESTUDIOS Y DISEÑOS, S.A
 VIA RICARDO J. ALFARO, TORRE AVIÑON No1
 Tel. 387-4498
 correo electrónico: cedsaproyectos@gmail.com
 www.cedsa-panama-com

Leyenda

-  Río y Quebradas
-  CHIRIQUI VIEJO
-  Cuenca de Monte Lirio

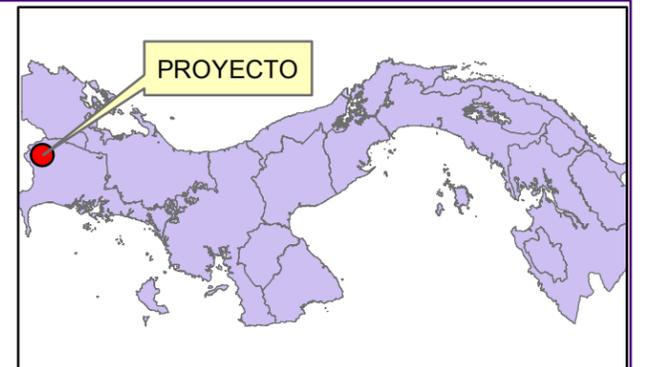
CARACTERISTICAS DE LA CUENCA

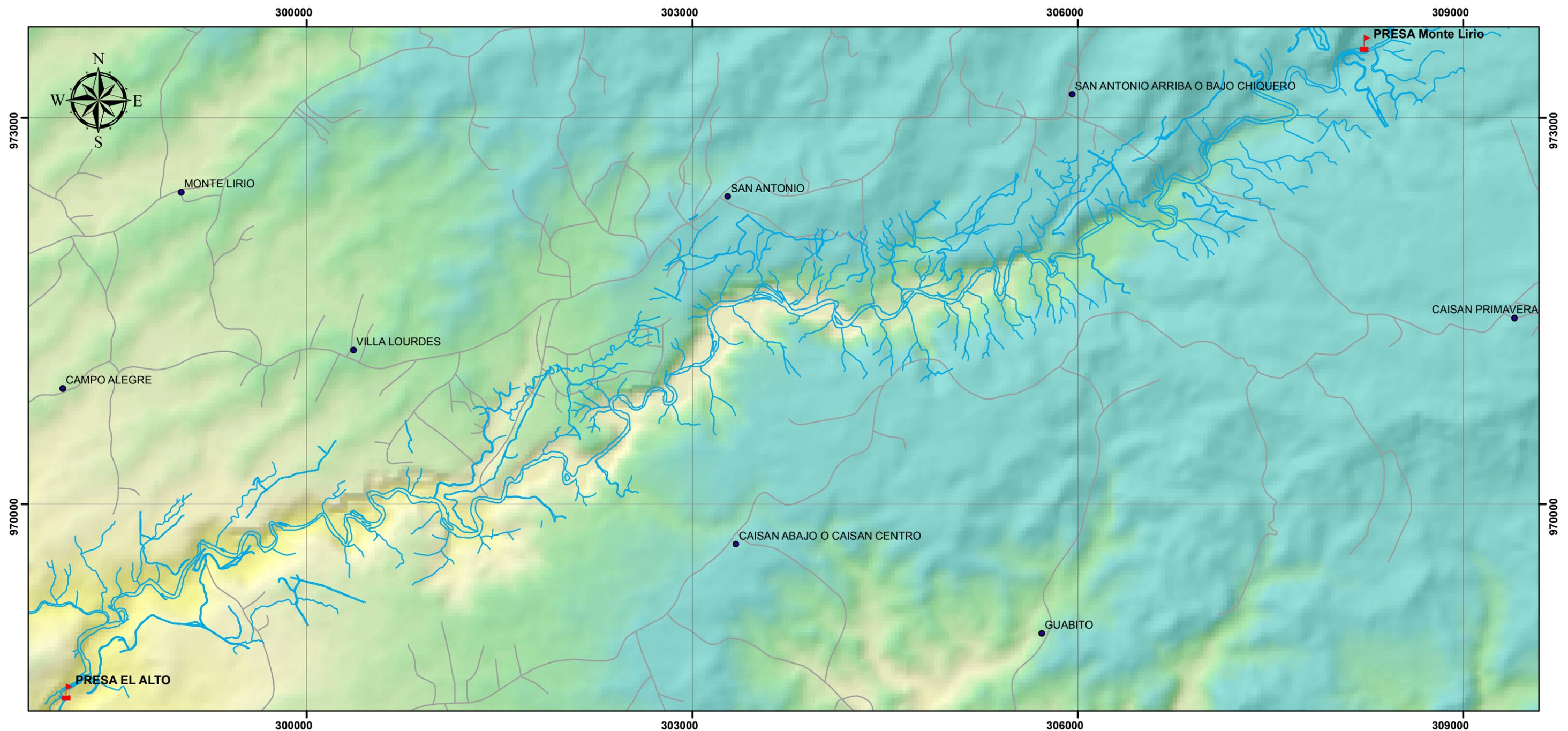
Area de la cuenca: 274.45 km²
 Coordenadas de la Presa Monte Lirio :
 ESTE: 308166 m
 NORTE: 973605 m
 ELEVACIÓN: 947 msnm
 Elevación Mínima: 597 msnm
 Elevación Máxima: 930 msnm
 Longitud del Cauce Principal hasta la Presa El Alto : 18.4 Km

PROYECTO: PLAN DE ACCIÓN DURANTE EMERGENCIAS PARA EL COMPLEJO HIDROELECTRICO PANDO Y COMPLEJO HIDROELECTRICO MONTE LIRIO

PROMOTOR: Electron Investment S.A. (EISA)
 ESCALA: 1:115,000 PROYECCIÓN: UTM WGS 84

MAPA 1
 CENTRAL HIDROELECTRICA PANDO
 CUENCA DE MONTE LIRIO





CONSULTORIA, ESTUDIOS Y DISEÑOS, S.A
 VIA RICARDO J. ALFARO, TORRE AVIÑÓN No1
 Tel. 387-4498
 correo electrónico: cedsaproyectos@gmail.com
 www.cedsa-panama-com

PROYECTO: PLAN DE ACCIÓN DURANTE EMERGENCIAS PARA EL COMPLEJO HIDROELECTRICO PANDO Y COMPLEJO HIDROELECTRICO MONTE LIRIO

PROMOTOR: Electron Investment S.A. (EISA)

ESCALA: 1:30,000

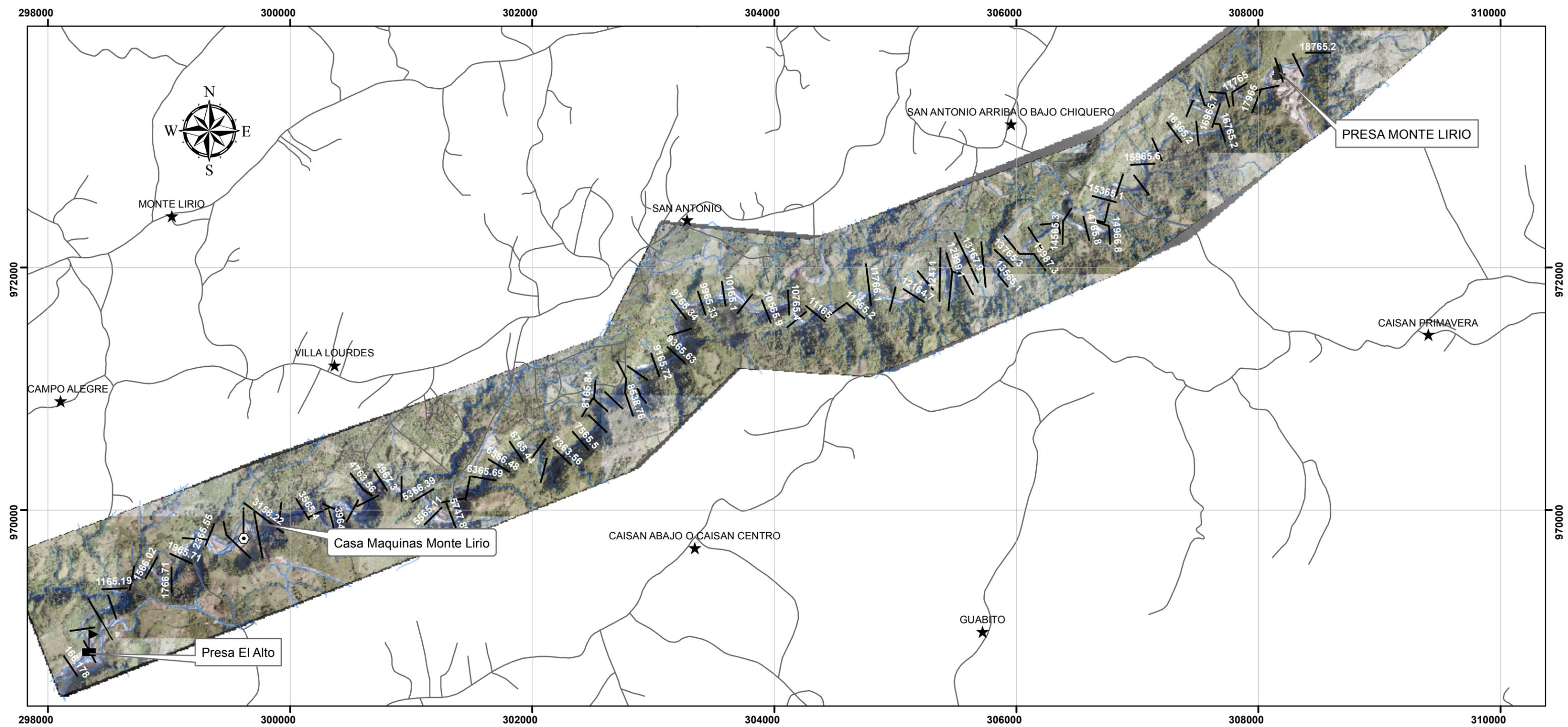
PROYECCIÓN: UTM WGS 84

MAPA 2
 MAPA DE UBICACIÓN DE
 LUGARES POBLADOS

Leyenda

-  Puntos_Presa
-  Poblados
-  Hidrografia
-  Calles y Caminos

Corregimiento	Lugar Poblado	Viviendas totales Censo 2010	Población Total Censo 2010	Coordenadas UTM (WGS-84)		
				Norte	Este	Elev. msnm
Monte Lirio	Campo Alegre	83	336	970897	298102	841
	Villa Lourdes	38	183	971192	300365	884
	Monte Lirio	208	715	972441	299161	853
Plaza Caisán	San Antonio Arriba	43	183	973182	305957	1012
	San Antonio	147	589	972393	303856	997
	La Fila de Caisán	1	6	971914	312142	1338
	Caisán Primavera	94	344	971443	309406	1191
	Caisán Centro	128	521	970772	305622	1036
	Caisán Arriba	23	93	973182	308968	1140
	Caisán Abajo	2	21	969478	303098	955
	Plaza Caisán	331	1363	969578	299778	807



CONSULTORIA, ESTUDIOS Y DISEÑOS, S.A
 VIA RICARDO J. ALFARO, TORRE AVIÑÓN No1
 Tel. 387-4498
 correo electrónico: cedsaproyectos@gmail.com
 www.cedsa-panama-com

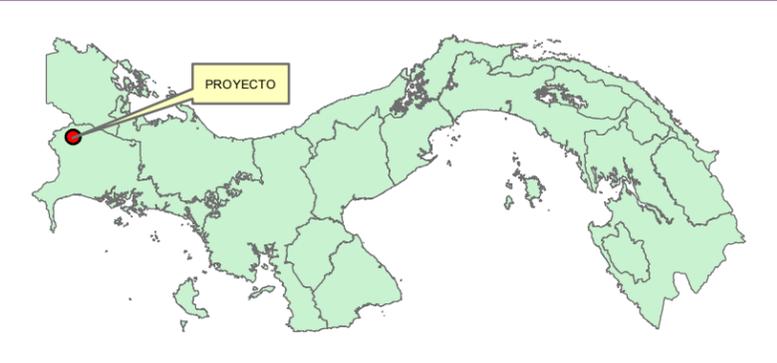
PROYECTO: PLAN DE ACCIÓN DURANTE EMERGENCIAS PARA EL COMPLEJO HIDROELECTRICO PANDO Y COMPLEJO HIDROELECTRICO MONTE LIRIO

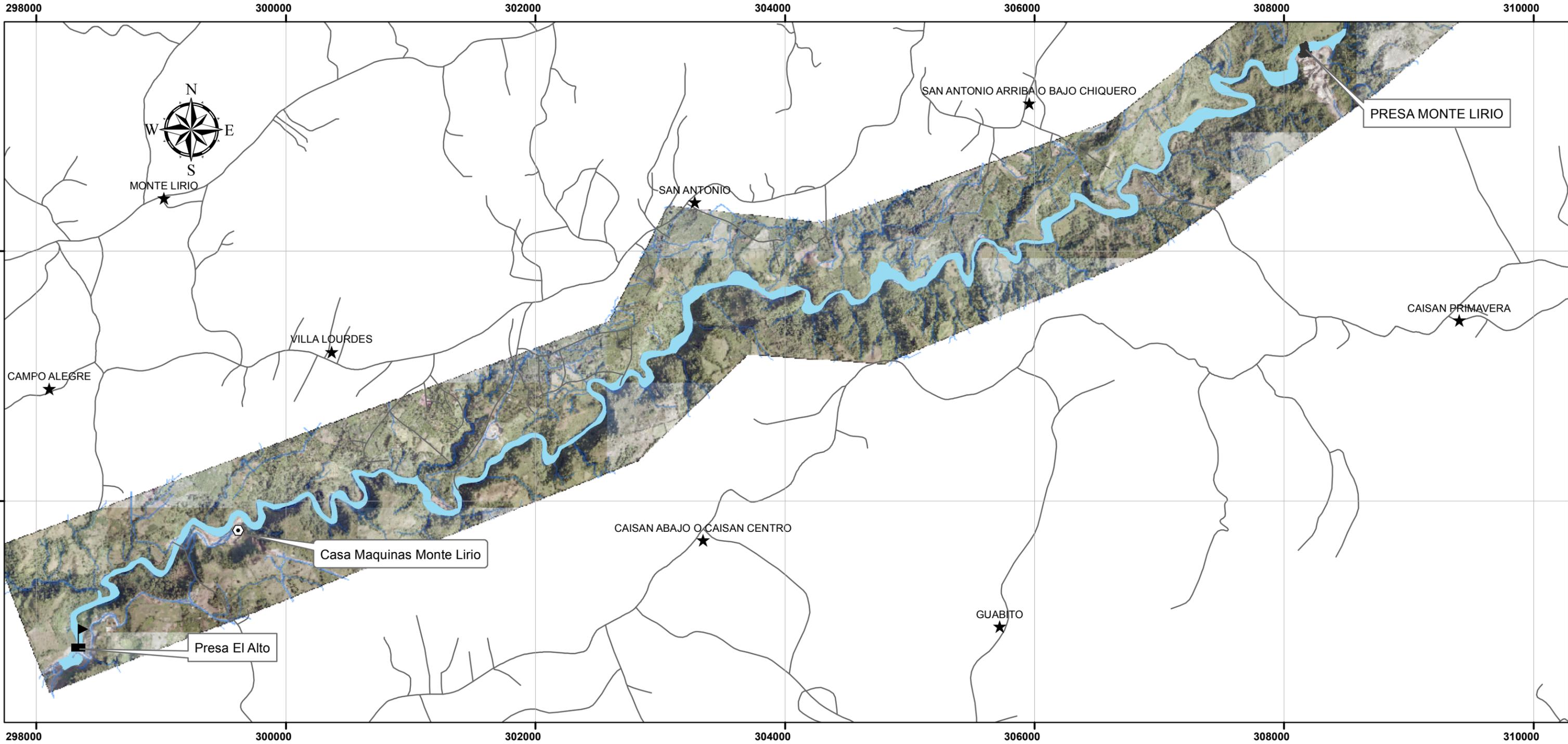
PROMOTOR: Electron Investment S.A. (EISA)
 ESCALA: 1:30,000 PROYECCIÓN: UTM WGS 84

MAPA 3
 CENTRAL HIDROELECTRICA MONTE LIRIO
 SECCIONES TRANSVERSALES

Leyenda

- Secciones_Monte_Lirio
- Presa Monte Lirio
- Calles y Accesos
- Hidrografias





CONSULTORIA, ESTUDIOS Y DISEÑOS, S.A
 VIA RICARDO J. ALFARO, TORRE AVIÑÓN No1
 Tel. 387-4498
 correo electrónico: cedsaproyectos@gmail.com
 www.cedsa-panama-com

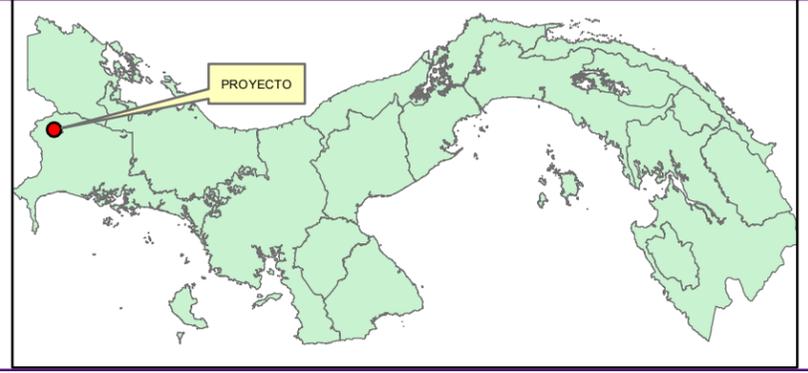
PROYECTO: PLAN DE ACCIÓN DURANTE EMERGENCIAS PARA EL COMPLEJO HIDROELECTRICO PANDO Y COMPLEJO HIDROELECTRICO MONTE LIRIO

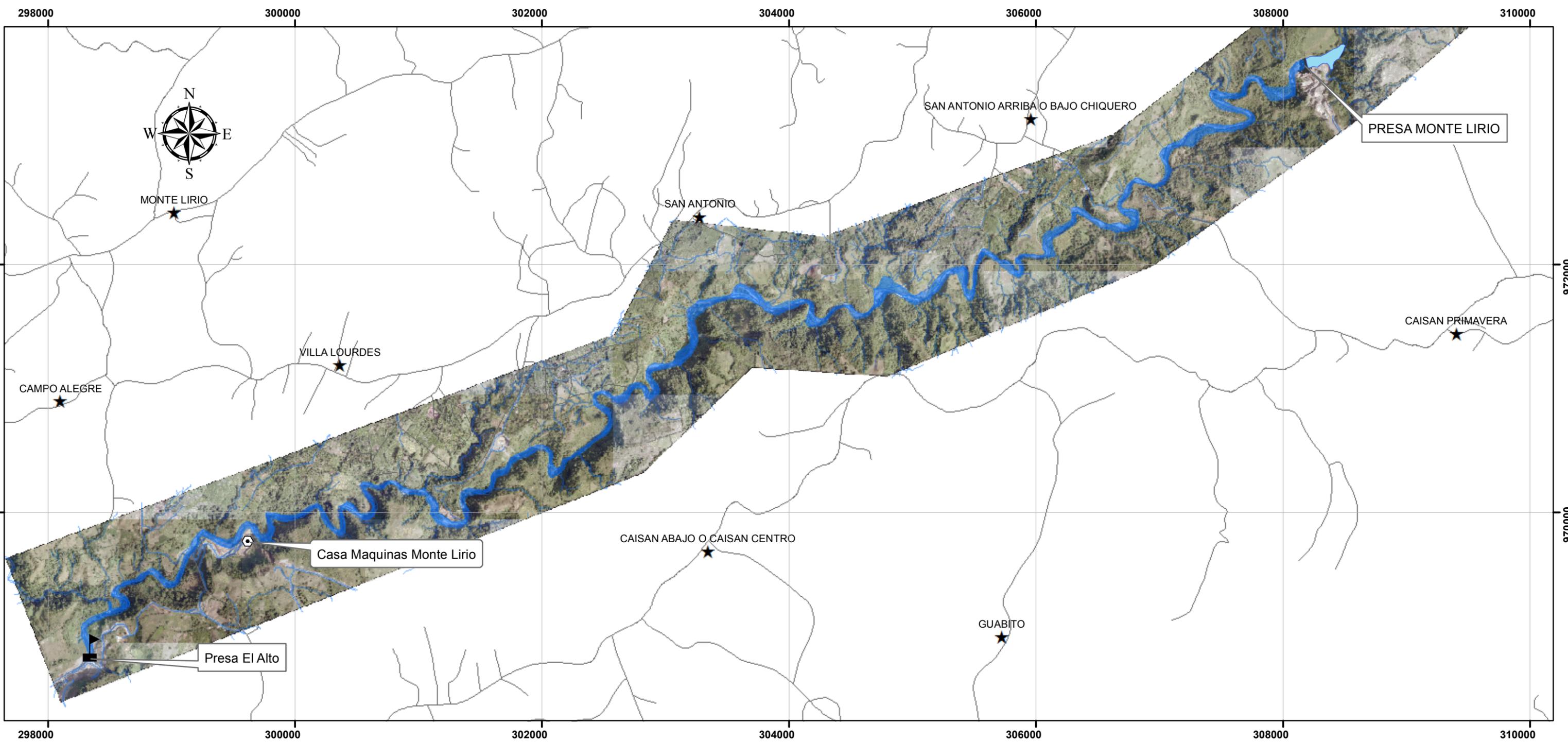
PROMOTOR: Electron Investment S.A. (EISA)
 ESCALA: 1:30,000 PROYECCIÓN: UTM WGS 84

MAPA 4
 CENTRAL HIDROELECTRICA MONTE LIRIO
 PLANICIE DE CRECIDA EXTRAORDINARIA

Leyenda

- Presa Monte Lirio
- Puente
- ★ Poblados
- Calles y Accesos
- Máxima Crecida Extraordinaria
- Hidrografías





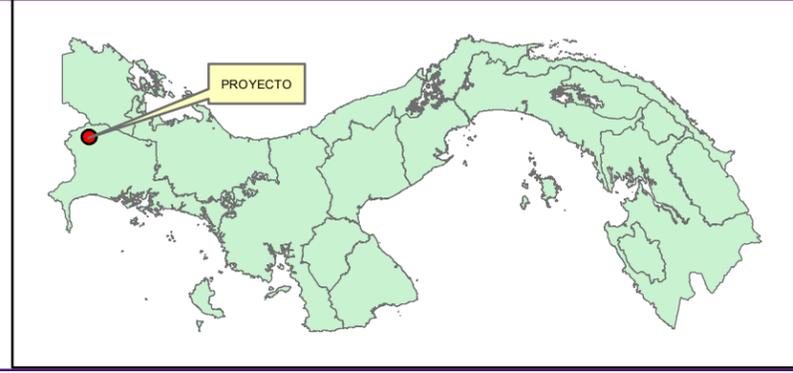
CONSULTORIA, ESTUDIOS Y DISEÑOS, S.A
 VIA RICARDO J. ALFARO, TORRE AVIÑÓN No1
 Tel. 387-4498
 correo electrónico: cedsaproyectos@gmail.com
 www.cedsa-panama-com

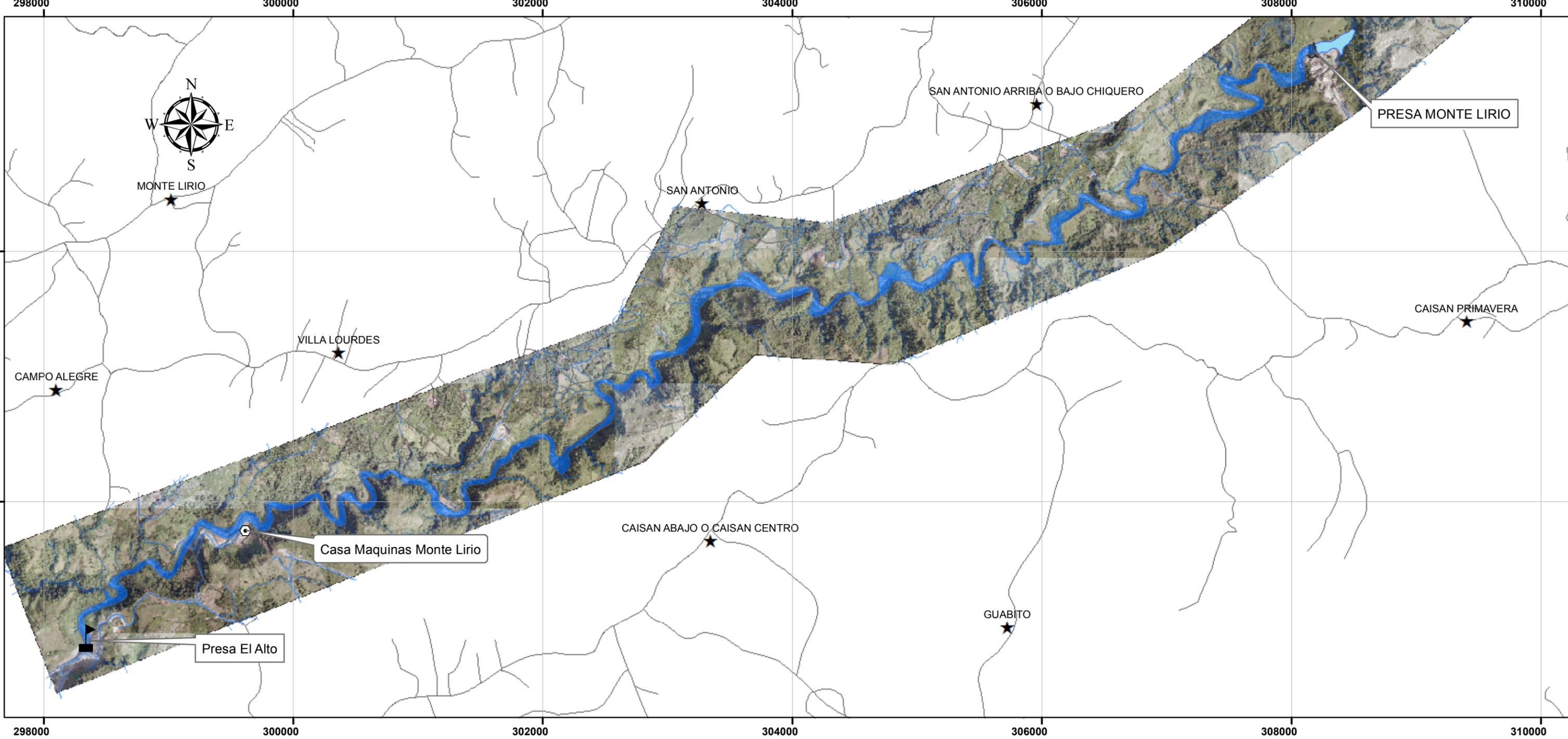
PROYECTO: PLAN DE ACCIÓN DURANTE EMERGENCIAS PARA EL COMPLEJO HIDROELECTRICO PANDO Y COMPLEJO HIDROELECTRICO MONTE LIRIO

PROMOTOR: Electron Investment S.A. (EISA)
 ESCALA: 1:30,000 PROYECCIÓN: UTM WGS 84

MAPA 5
 CENTRAL HIDROELECTRICA MONTE LIRIO
 PLANICIE DE INUNDACION POR ROMPIMIENTO
 DE PRESA EN CONDICIONES NORMALES

- Leyenda**
- Embalse Monte Lirio
 - NMON
 - Presa Monte Lirio
 - Puente
 - Poblados
 - Calles y Accesos
 - Hidrografias





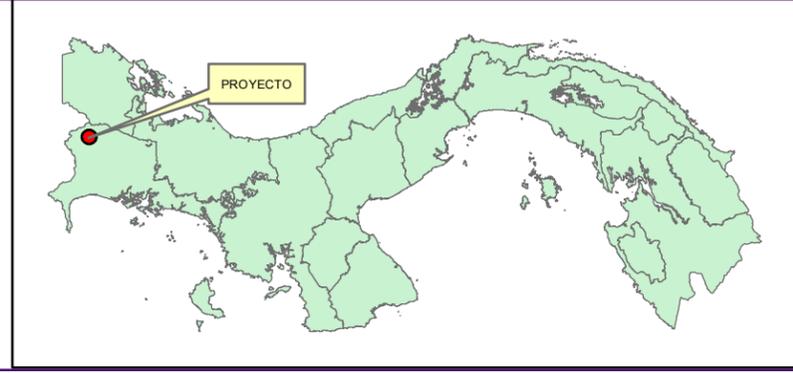
CONSULTORIA, ESTUDIOS Y DISEÑOS, S.A
 VIA RICARDO J. ALFARO, TORRE AVIÑÓN No1
 Tel. 387-4498
 correo electrónico: cedsaproyectos@gmail.com
 www.cedsa-panama-com

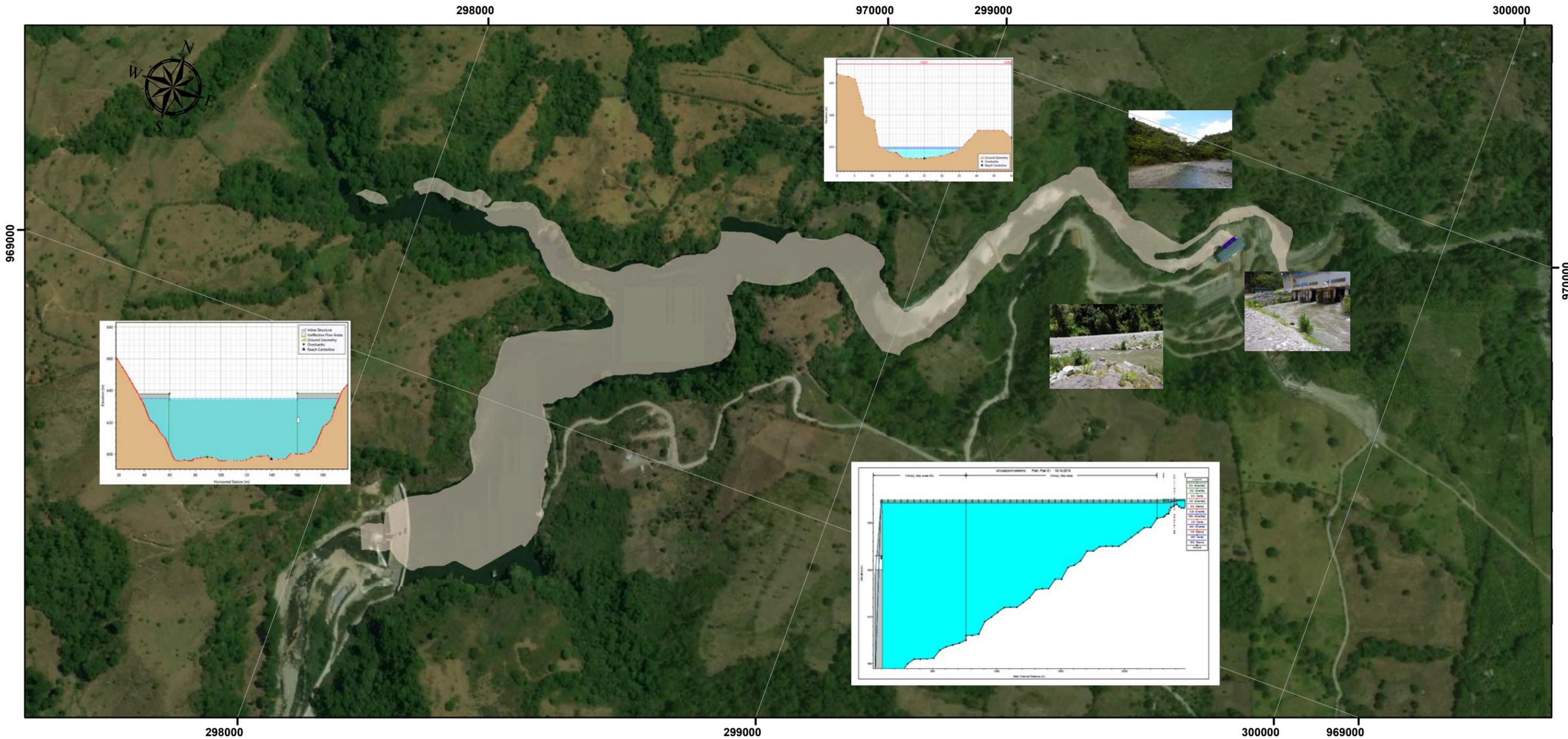
PROYECTO: PLAN DE ACCIÓN DURANTE EMERGENCIAS PARA EL COMPLEJO HIDROELECTRICO PANDO Y COMPLEJO HIDROELECTRICO MONTE LIRIO

PROMOTOR: Electron Investment S.A. (EISA)
 ESCALA: 1:30,000 PROYECCIÓN: UTM WGS 84

MAPA6
 CENTRAL HIDROELECTRICA MONTE LIRIO
 PLANICIE DE INUNDACION POR ROMPIMIENTO
 DE PRESA EN CONDICIONES EXTRAORDINARIAS

- Leyenda**
- RPCE
 - Embalse Monte Lirio
 - Presa Monte Lirio
 - Poblados
 - Calles y Accesos
 - Hidrografias





CONSULTORIA, ESTUDIOS Y DISEÑOS, S.A. (CEDSA)
 SAN MIGUELITO, RICARDO J. ALFARO, TORRE AVIÑON, PISO 10, APT. 06
 TELÉFONO: 387-4498
 CORREO: cedsa-panama@cableonda.net
 www.cedsa-panama.com

Leyenda
 Planicie Inundacion-Verde



PROYECTO: PLAN DE ACCIÓN DURANTE EMERGENCIAS PARA EL COMPLEJO HIDROELECTRICO PANDO Y COMPLEJO HIDROELECTRICO MONTE LIRIO-ADECUACION

PROMOTOR: Electron Investment S.A. (EISA)
 ESCALA: 1:8,000 PROYECCIÓN: UTM WGS 84

MAPA
 PLANICIE DE INUNDACION
 CASA DE MAQUINA HACIA LA PRESA EL ALTO

Figuras

Figuras de secciones longitudinales y transversales del cauce del río Chiriquí Viejo con resultados de simulación de los escenarios de: colapso estructural de presa en condiciones de operación normal; colapso estructural de presa con crecidas extraordinarias

Figura 1 Sección transversal – Estación 2765

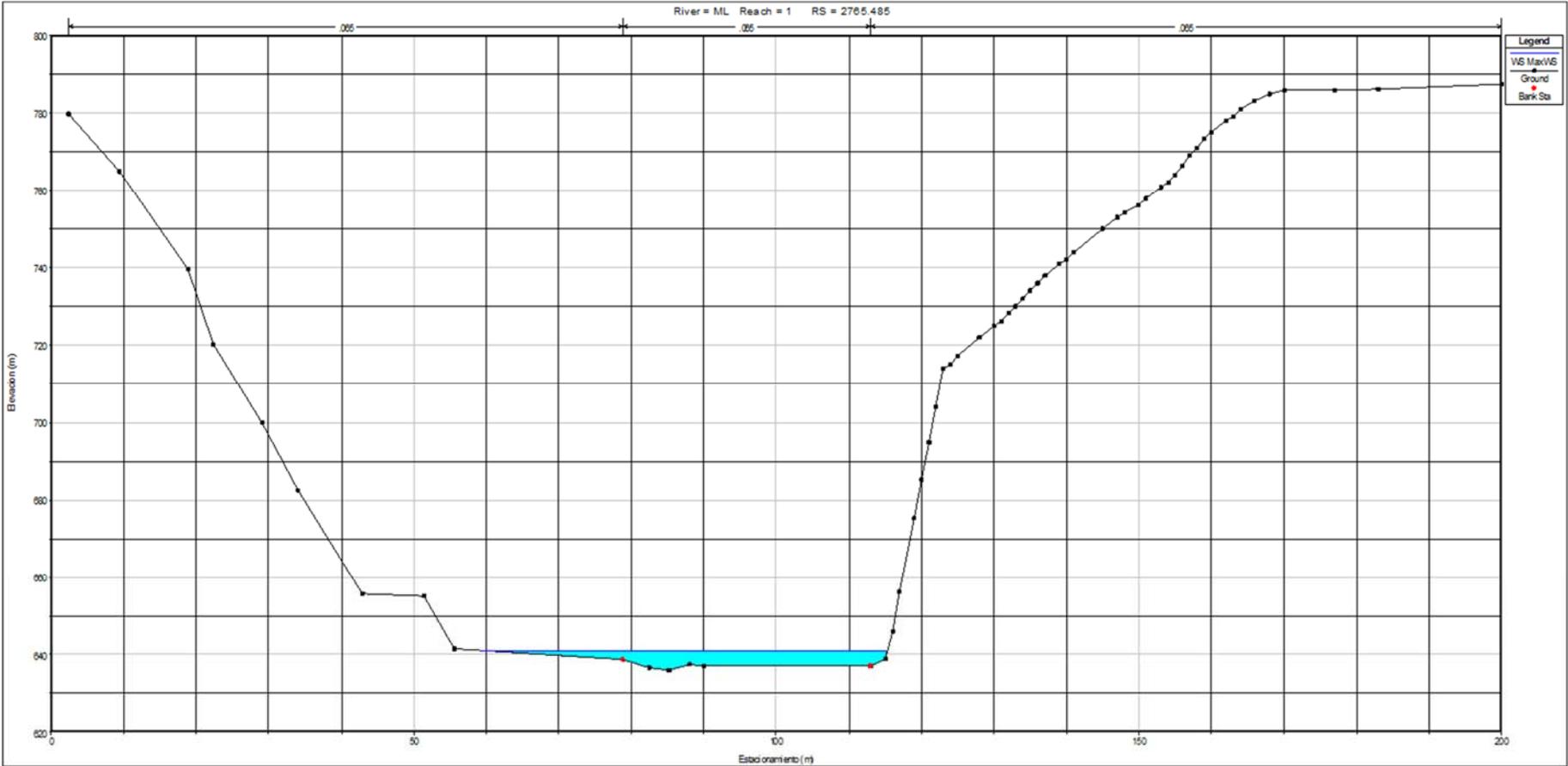


Figura 2 Perfil Longitudinal del Escenario de Colapso Estructural bajo condiciones de Operación Normal

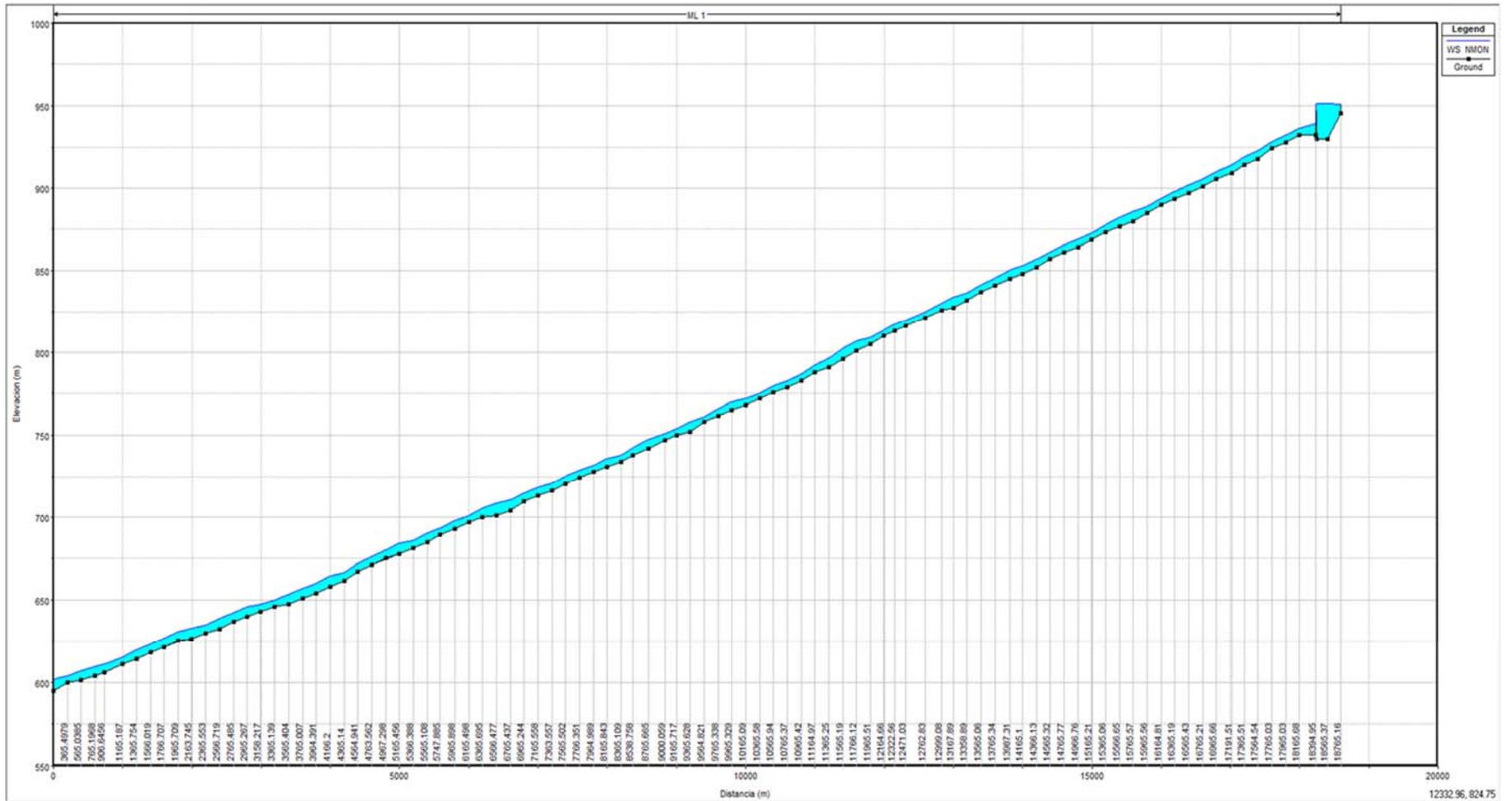


Figura 3 Sección transversal – Estación 765

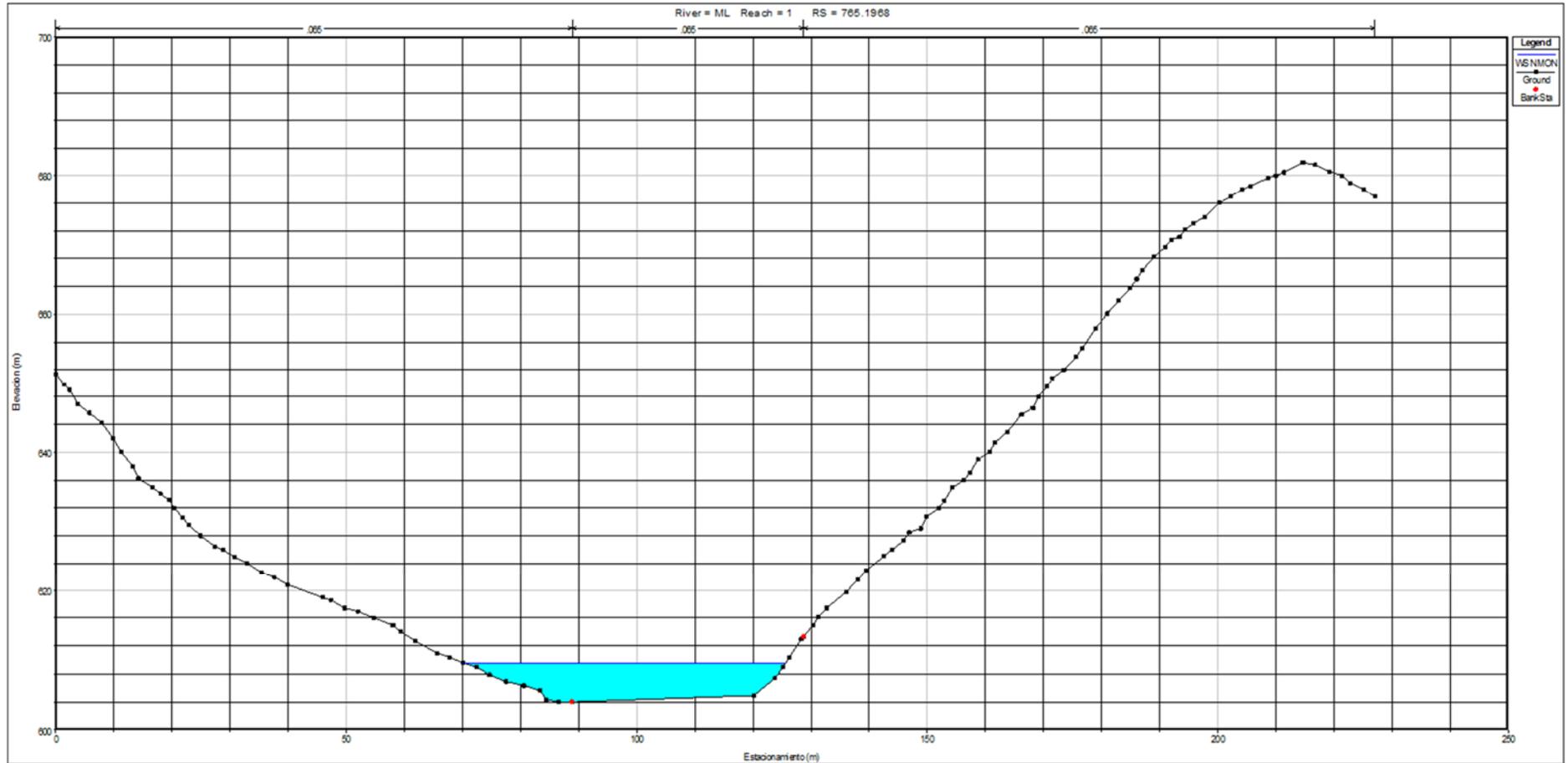


Figura 4 Sección transversal – Estación 2765

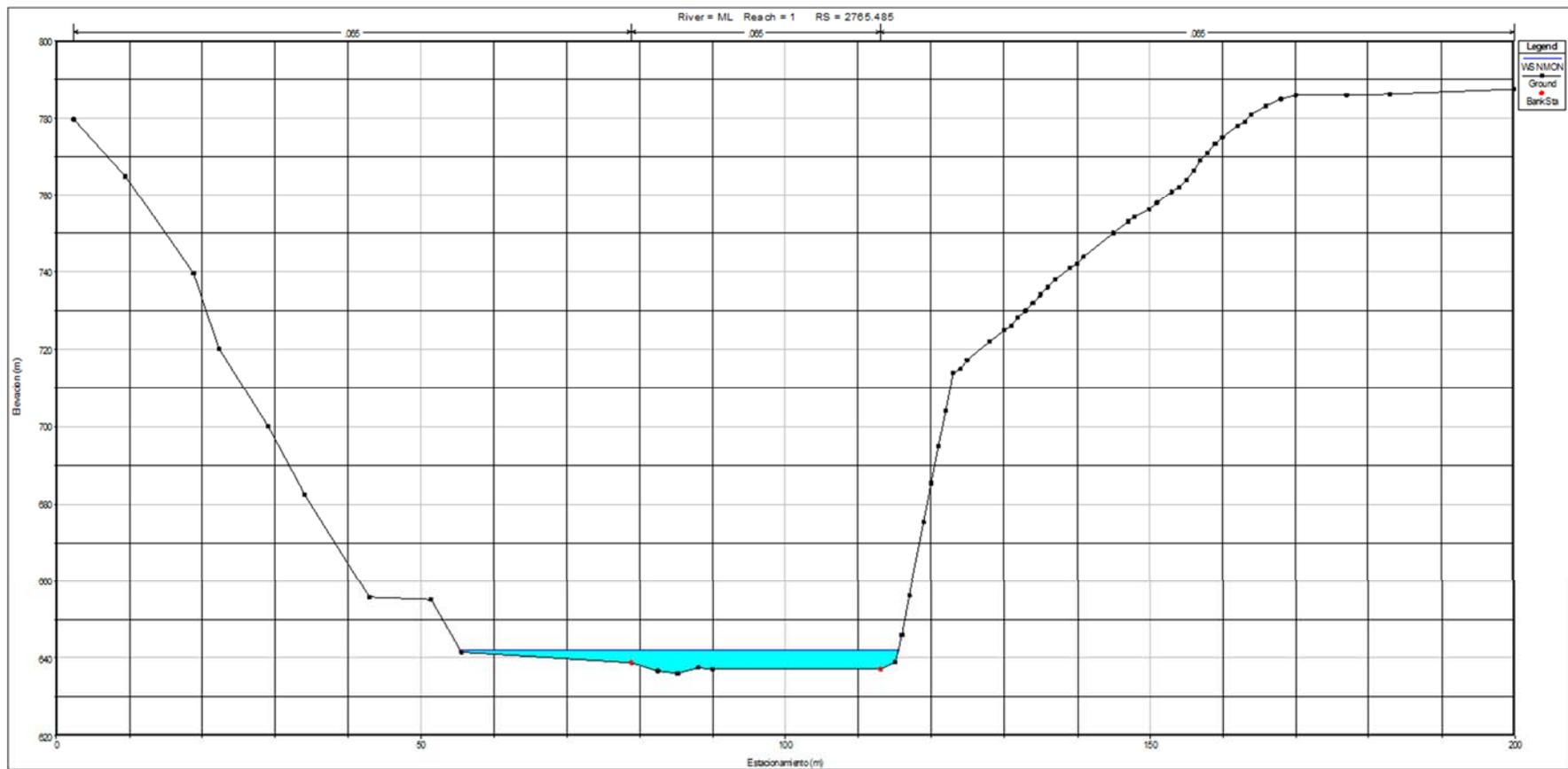


Figura 6 Sección transversal – Estación 765

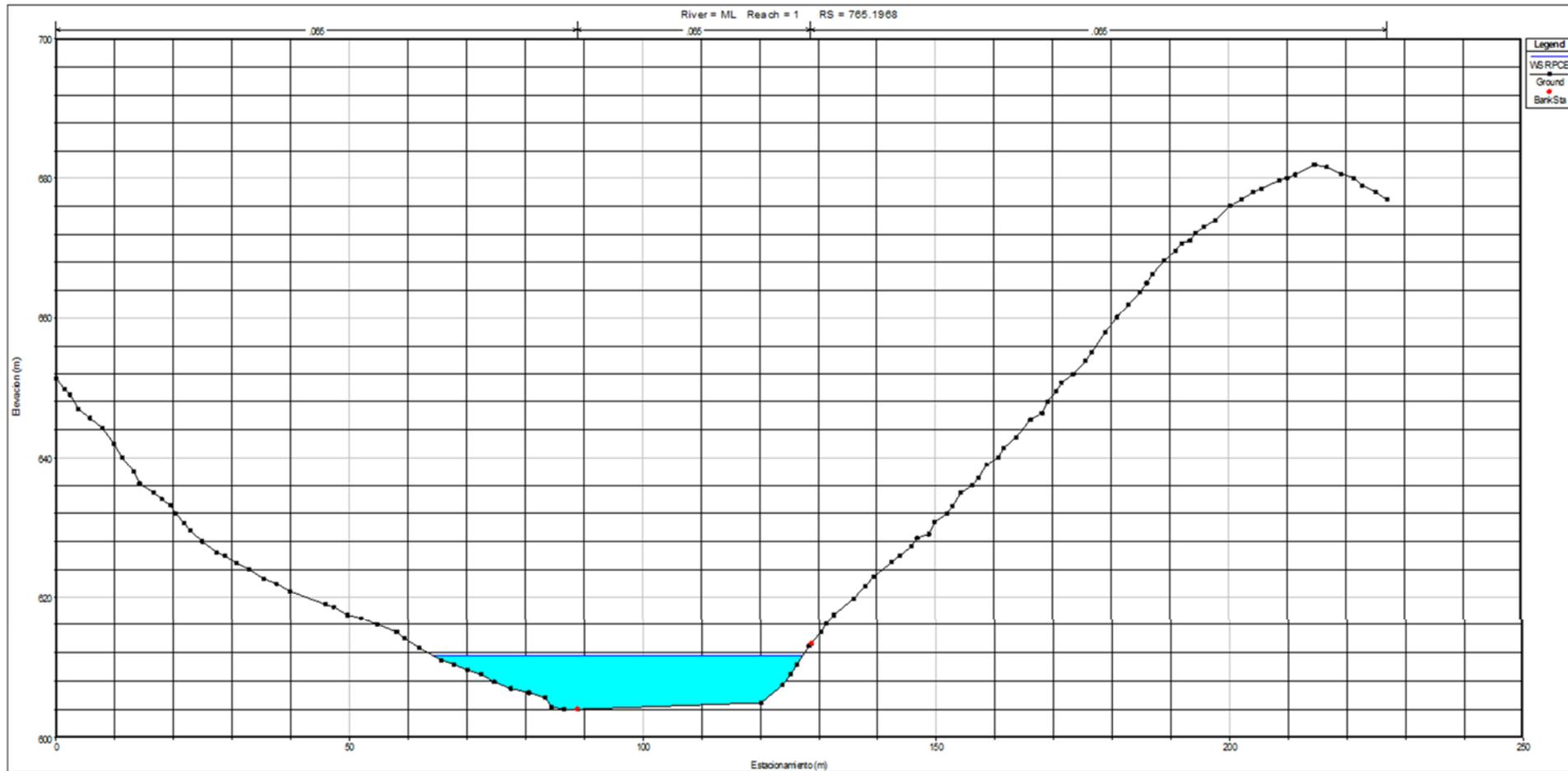


Figura 7 Sección transversal – Estación 2765

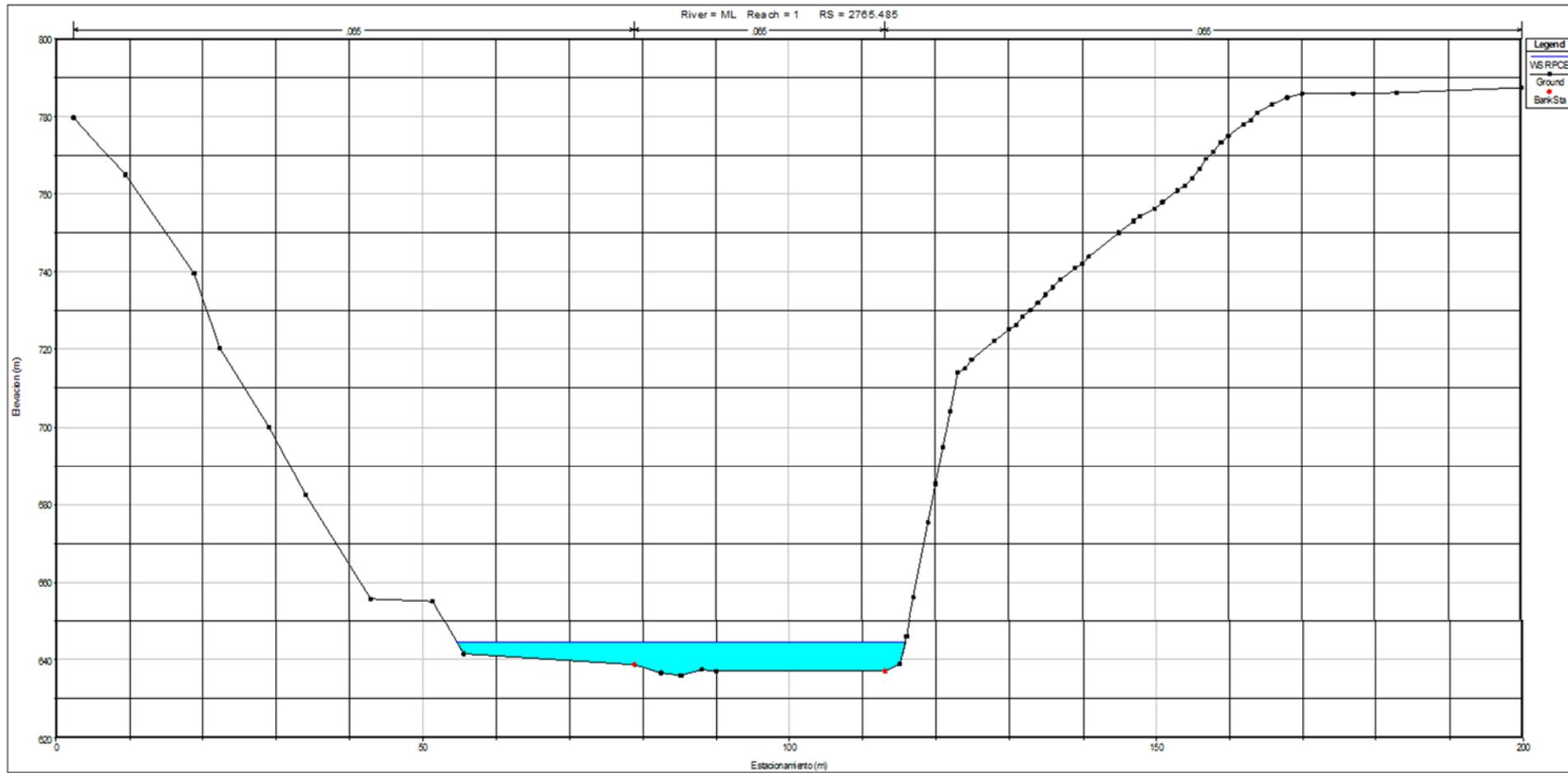


Figura 8 Sección transversal – Estación 13167- Presa El Alto

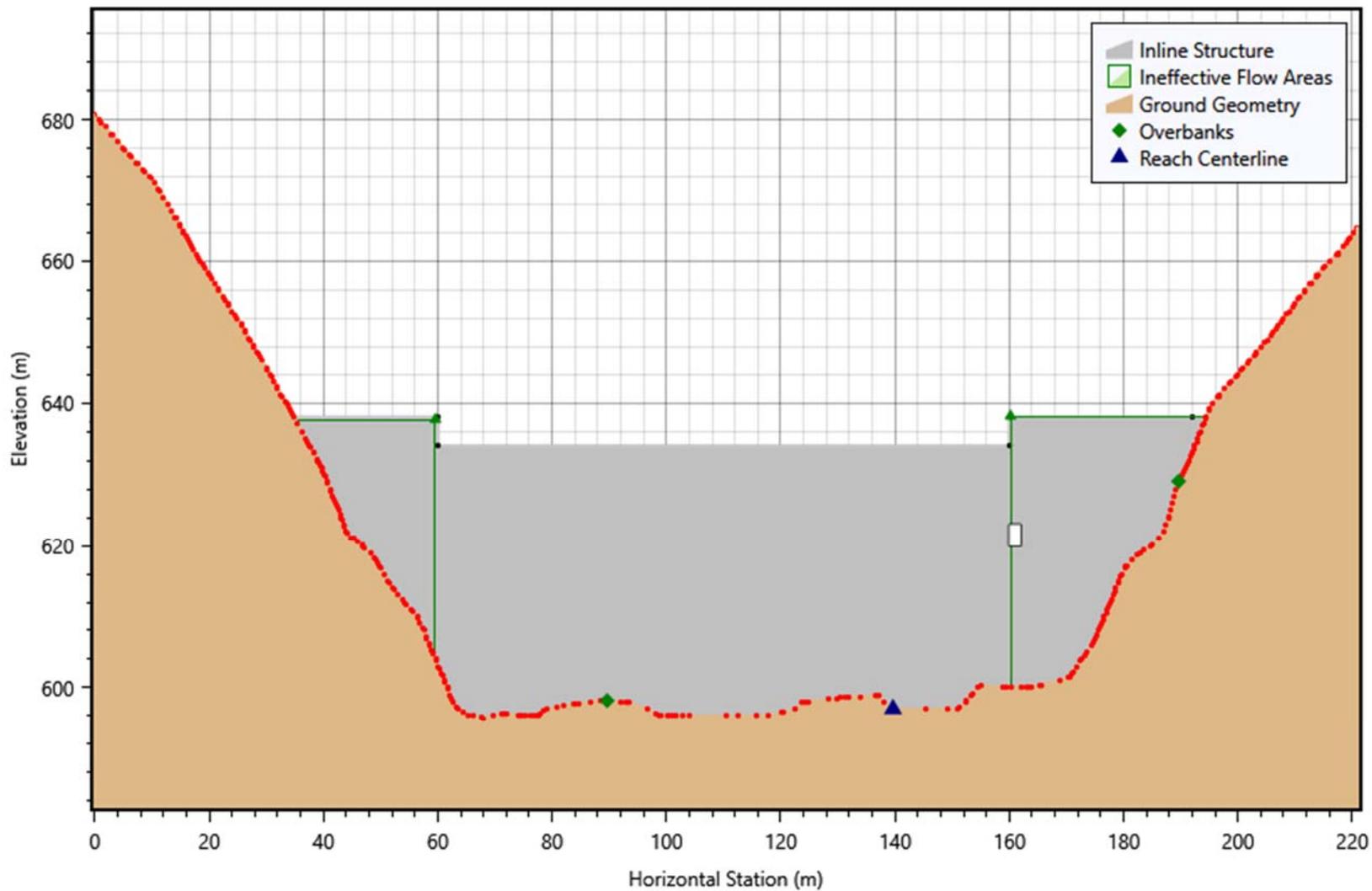


Figura 9 : Perfil Longitudinal de los niveles de agua de la descarga a la presa El Alto

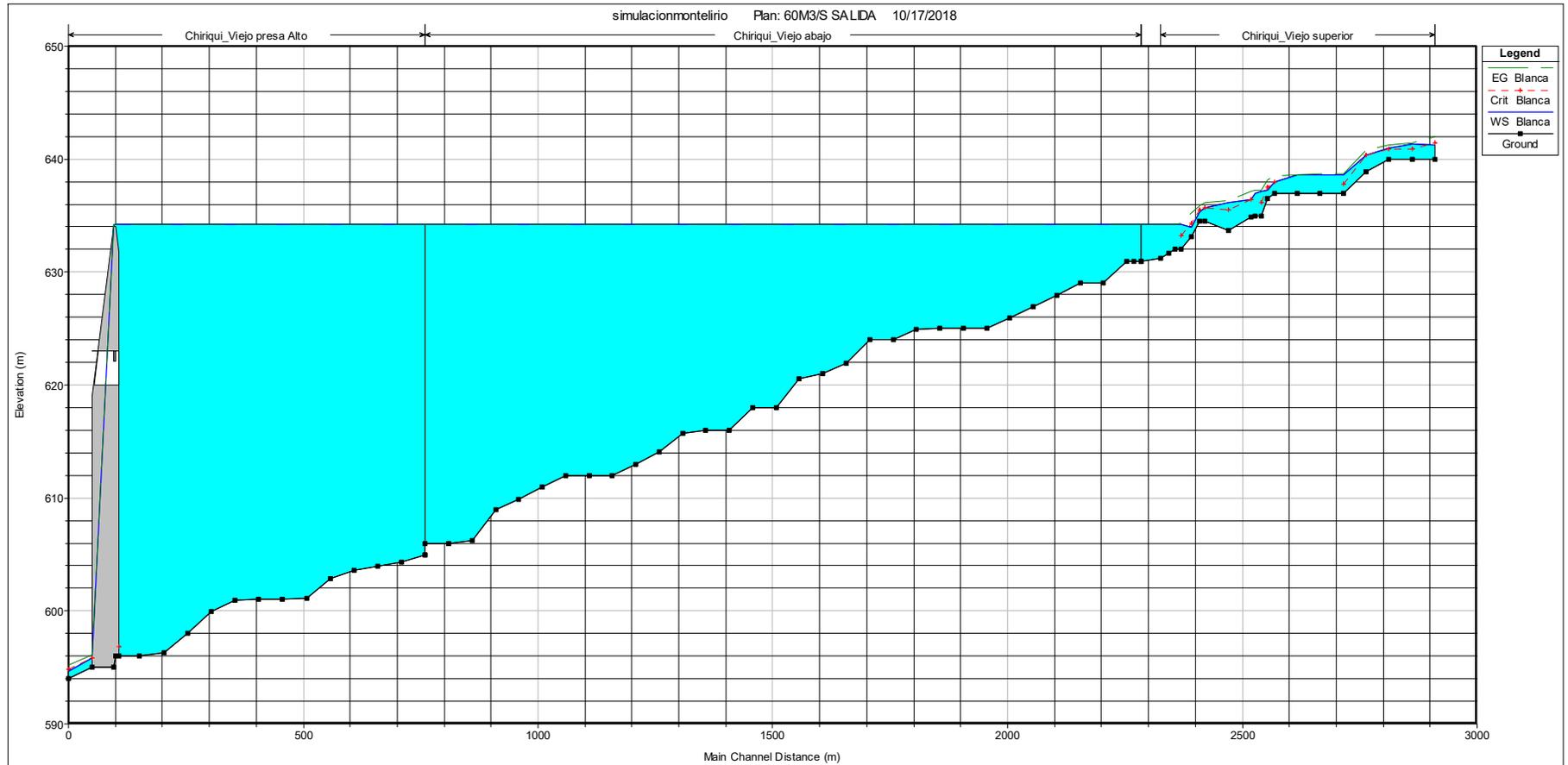


Figura 10 Sección Transversal del Canal en la descarga de la Central Hidroeléctrica Montelirio.

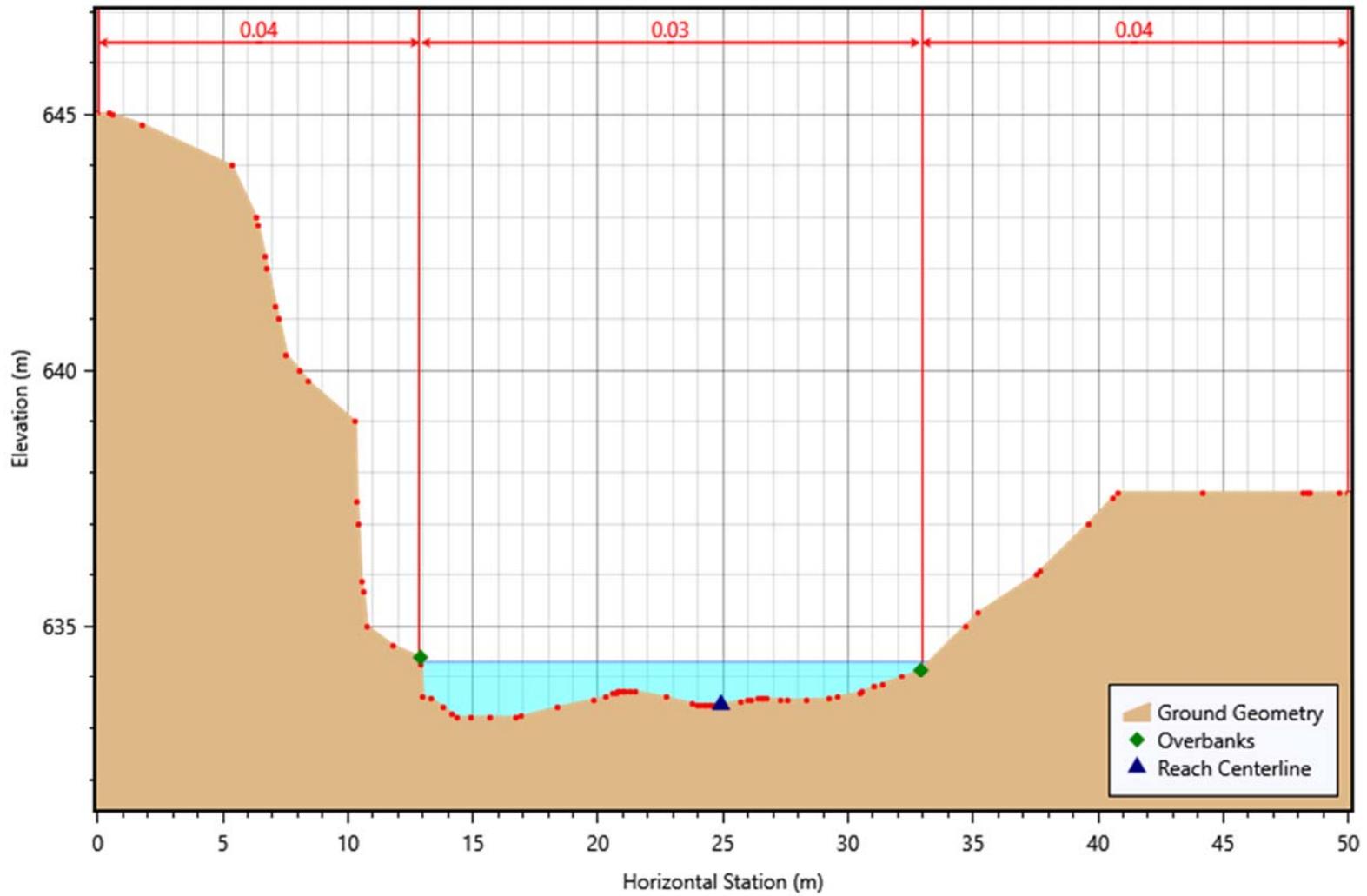


Figura 11 Perfil longitudinal en el Canal de Descarga, Condición A1

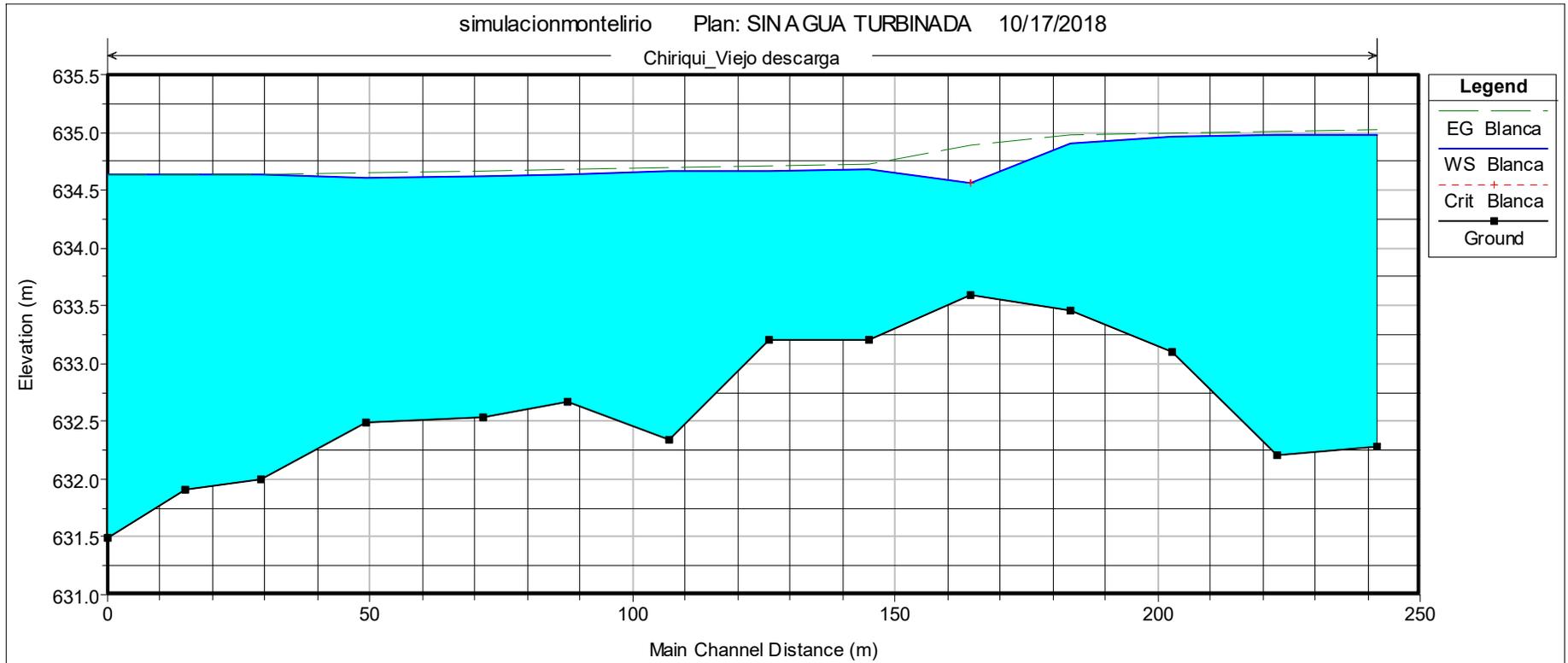


Figura 12 Perfil longitudinal en el Canal de Descarga, Condición A2

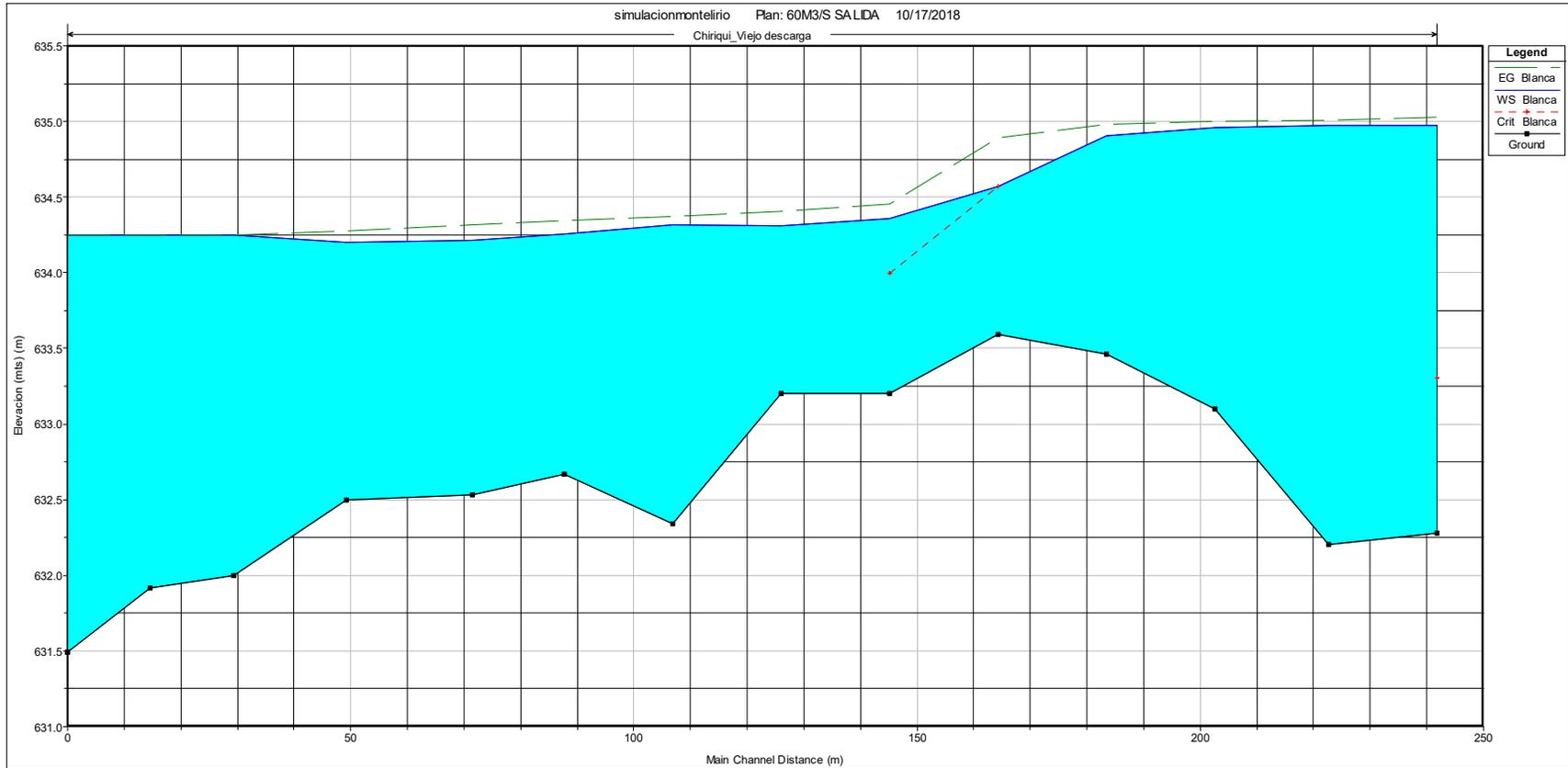


Figura 13 Perfil longitudinal en el Canal de Descarga, Condición B1

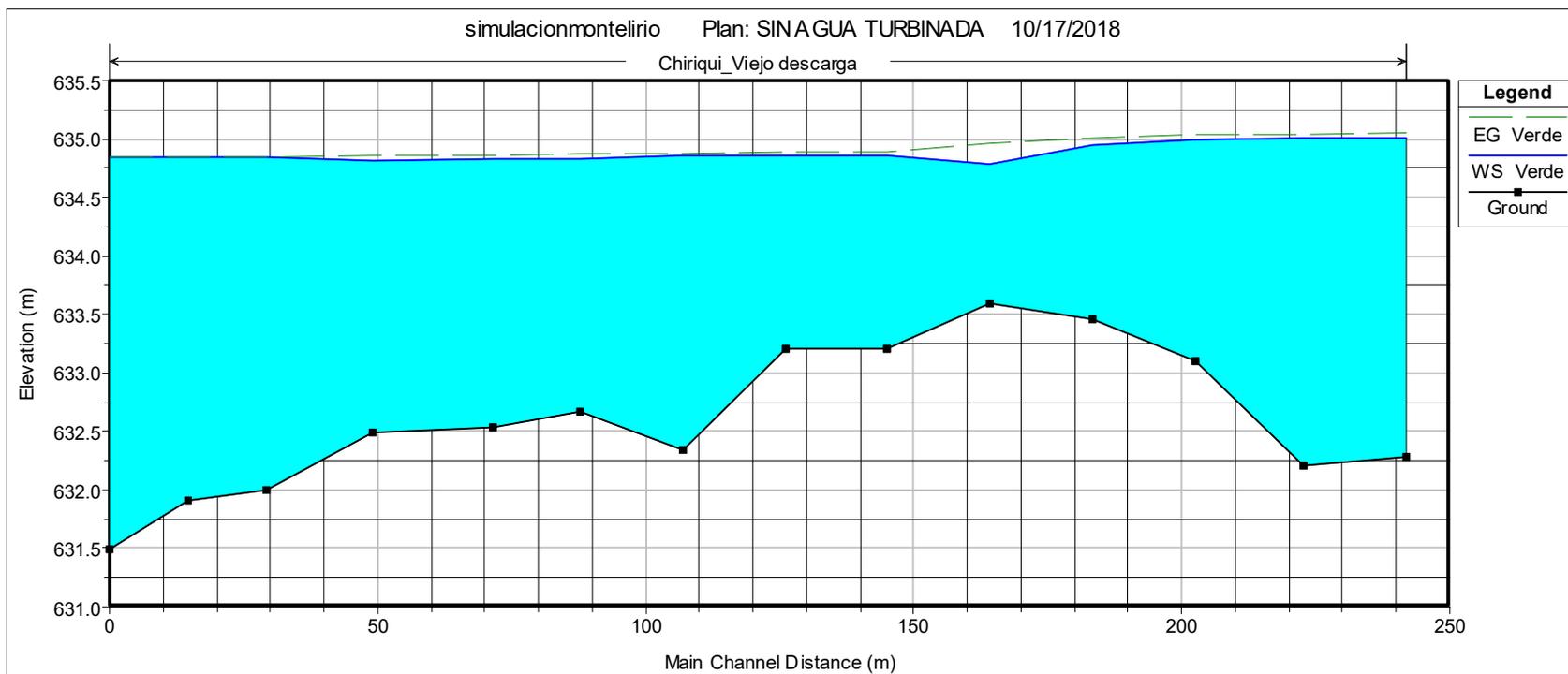


Figura 14 Perfil longitudinal en el Canal de Descarga, Condición B2

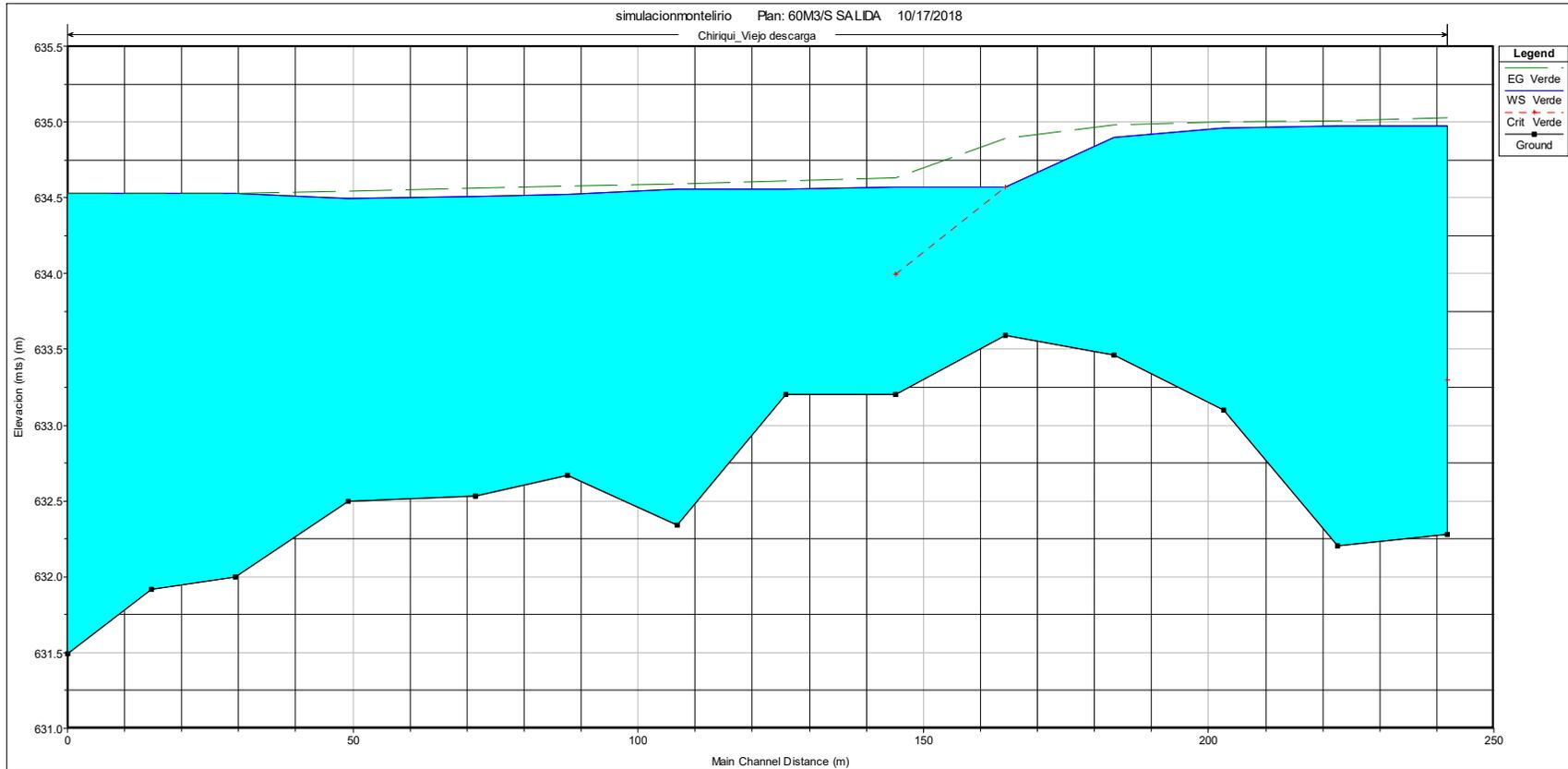


Figura 15 Perfil longitudinal en el Canal de Descarga, Condición C1

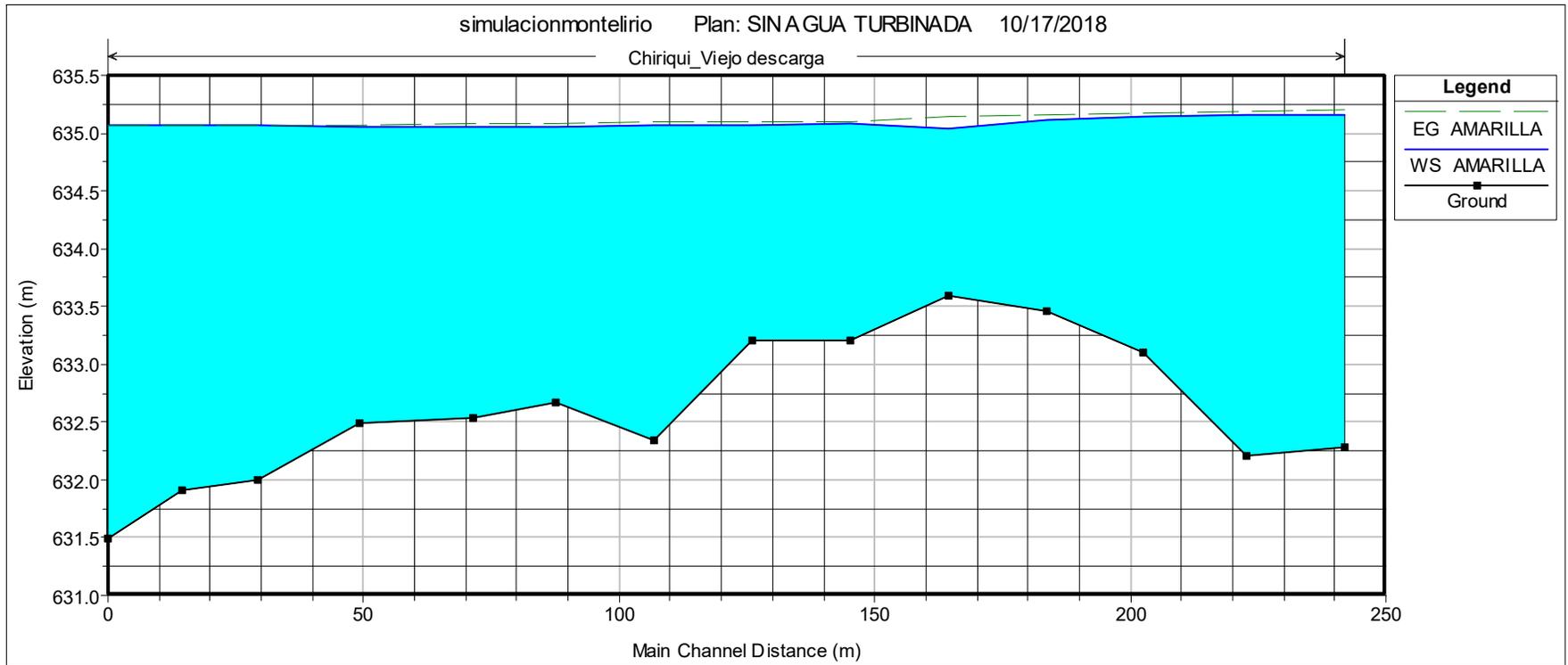
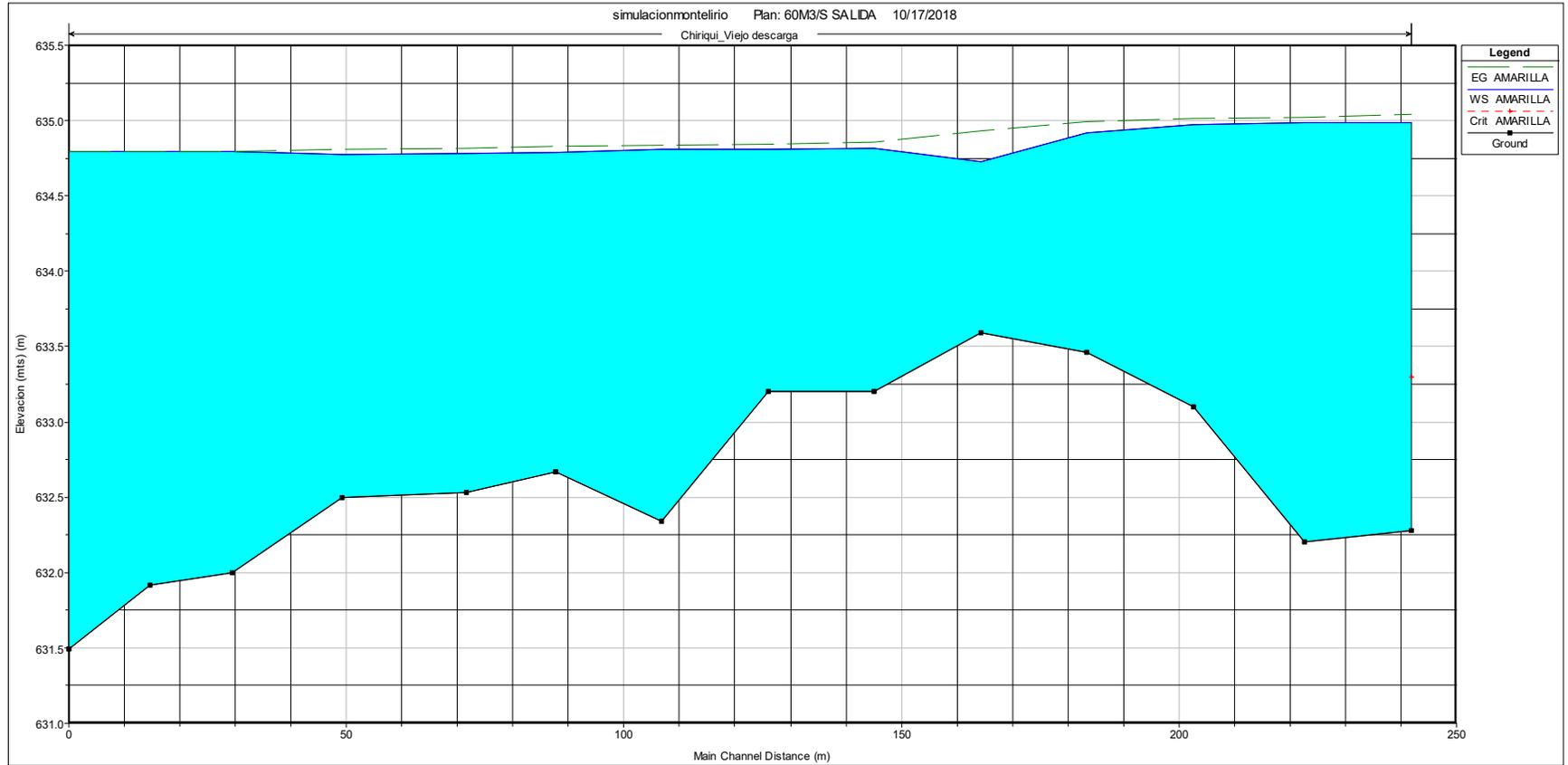


Figura 16 Perfil longitudinal en el Canal de Descarga, Condición C2



Fotografias



Vista de la Presa de la Central Monte Lirio



Entrada a la Casa de Maquina de la Central Monte Lirio



Canal de Descarga de la Central Montelirio



Descarga de la Central Monte Lirio



Vistas Agua abajo de la descarga, confluencia con el Rio Chiriqui Viejo



Berma divisoria entre la descarga y el Rio Chiriqui Viejo.



Cuarto de Control de la Casa de Maquina de la Central Hidroeléctrica Montelirio



Turbinas en la Casa de Maquina de la Central Hidroeléctrica Montelirio