

FUERZA ELECTRICA DEL ISTMO, S.A.

CENTRAL HIDROELECTRICA LOS PLANETAS II

PLAN DE ACCION DURANTE EMERGENCIAS (PADE)

Preparado por:
Ambrosio Ramos Pimentel

Aramos Hidro, S.A.
aramos@aramoshidro.com

FEBRERO, 2017, Rev. N°1

CONTENIDO

1. PROPOSITO DEL PADE	5
2. DESCRIPCION DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA LOS PLANETAS II	6
2.1. Ubicación regional	6
2.2. Descripción de la central.....	8
2.3. Descripción de las estructuras	8
2.4. Equipos hidromecánicos de la presa	10
3. CRITERIOS Y PARÁMETROS DE DISEÑO.....	12
3.1 Hidrológicos	12
3.2 Hidráulicos	12
3.3 Sísmico	13
4. RESPONSABILIDADES GENERALES BAJO EL PADE	14
4.1. Responsabilidades del dueño	14
4.2. Responsabilidades de notificación.....	14
4.3. Responsabilidades de evacuación.	14
4.4. Responsabilidades de terminación y seguimiento	14
4.5. Responsabilidad de coordinador del PADE.....	14
5. DETECCION DE LA EMERGENCIA, EVALUACION Y CLASIFICACION	15
5.1. Definición de los tipos de alertas.....	15
5.2. Descripción de la amenaza de falla de la presa	17
5.3. Desarrollo de la amenaza de crecida.....	18
5.4. Causas de declaración de la emergencia	18
5.5. Determinación del nivel de emergencia.....	20
5.6. Evaluación de las emergencias	22
5.7. Conclusión de la amenaza de falla.....	23
6. ACCIONES DURANTE EMERGENCIA	24
6.1. Paso 1: Detección del evento.....	24
6.2. Paso 2: Determinación del nivel de emergencia	24
6.3. Paso 3: Niveles de comunicación y notificación	25
6.4. Paso 4: Acciones durante la emergencia	31
6.5. Paso 5: Terminación.....	31

7. MAPA DE INUNDACION	33
7.1. Análisis Hidráulico.....	33
7.2. Resultados.....	33
7.3. Mapas de Inundación.....	33
7.4. Recomendaciones para el plan de emergencia.....	36
8. ANEXOS	37
ANEXO A - Formulario para registro de eventos	37
ANEXO B - Mapas de inundación Los Planetas II	37
ANEXO C - Planos como construido de la presa	37
ANEXO D - Análisis hidráulico del río David	37
ANEXO E - Directorio de contactos alternativos	37
ANEXO F - Plan de simulacro para operadores de la presa	37

ABREVIATURAS

ASEP	Autoridad de los Servicios Públicos
CH	Central Hidroeléctrica
CND	Centro Nacional de Despacho
E	Este
HEC-RAS	Hydrologic Engineering Centers River Analysis System
Max.	Máximo
N	Norte
PADE	Plan de Acción Durante Emergencias
PRFV	Tubería de Plástico con Refuerzo de Fibra de Vidrio
SINAPROC	Sistema Nacional de Protección Civil
SON	Sismo de Operación Normal
SMV	Sismo Máximo de Verificación
TR	Periodo de Retorno
UTM	Universal Transversal de Mercator
UTESEP	Unidad Técnica de Seguridad de Presas
V:H	Vertical: Horizontal

UNIDADES

g	aceleración de la gravedad de la tierra (9.81 m/s ²)
C	Cohesión
GWh	Giga Watt hora
Ha	Hectárea
Hz	Hertz
Kv	Kilovoltios
KVA	Kilovoltio amperios
m	metro
m ²	metro cuadrado
m ³ /s	metro cúbico por segundo
msnm	metros sobre nivel del mar
MW	Mega Watt
Psi	Presión en libras por pulgada cuadrada
Rpm	Revoluciones por minuto
Ø	Angulo de fricción

1. PROPOSITO DEL PADE

El plan de acción durante emergencias (PADE), define las responsabilidades y presenta los procedimientos para identificar, evaluar, clasificar y notificar a los organismos responsables sobre las emergencias que puedan ocurrir en la presa de la Central Hidroeléctrica Los Planetas II, de acuerdo a las Normas de Seguridad de Presa establecidas según Resolución AN No. 3932-Elec del 22 de octubre de 2010, por la Autoridad de los Servicios Públicos de la República de Panamá (ASEP). Además, el PADE debe instruir sobre las acciones para mitigar los efectos de tales emergencias y salvaguardar la vida y bienes de la población que se encuentran aguas abajo de esta estructura.

2. DESCRIPCION DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA LOS PLANETAS II

2.1. Ubicación regional

El sitio de aprovechamiento de la Central Hidroeléctrica Los Planetas II, se encuentra en el corregimiento de Los Anastacios, distrito de Dolega, provincia de Chiriquí, República de Panamá. El sitio de aprovechamiento se encuentra en la cuenca media-baja del río David, en la vertiente del Océano Pacífico.

Al este del sitio del aprovechamiento sobre el río David se encuentra el poblado de Dos Ríos Abajo y Cerro de La Cruz, al oeste se encuentra el poblado de Los Algarrobos Arriba y Rincón Largo, hacia el norte la comunidad de El Cacao y hacia el sur la confluencia del río David con la quebrada Lajas.

En las Figura N° 1 y N° 2 se presentan la ubicación de la Central Hidroeléctrica Los Planetas II.

Cuadro N°1 - Ubicación de las estructuras que forman la CH Los Planetas II

Descripción de la Estructura	Coordenadas NAD 27		Coordenadas WGS 84	
	Norte	Este	Norte	Este
Presa	941995	345522	942013	345540
Canal de Descarga	939842	345129	940049	345147

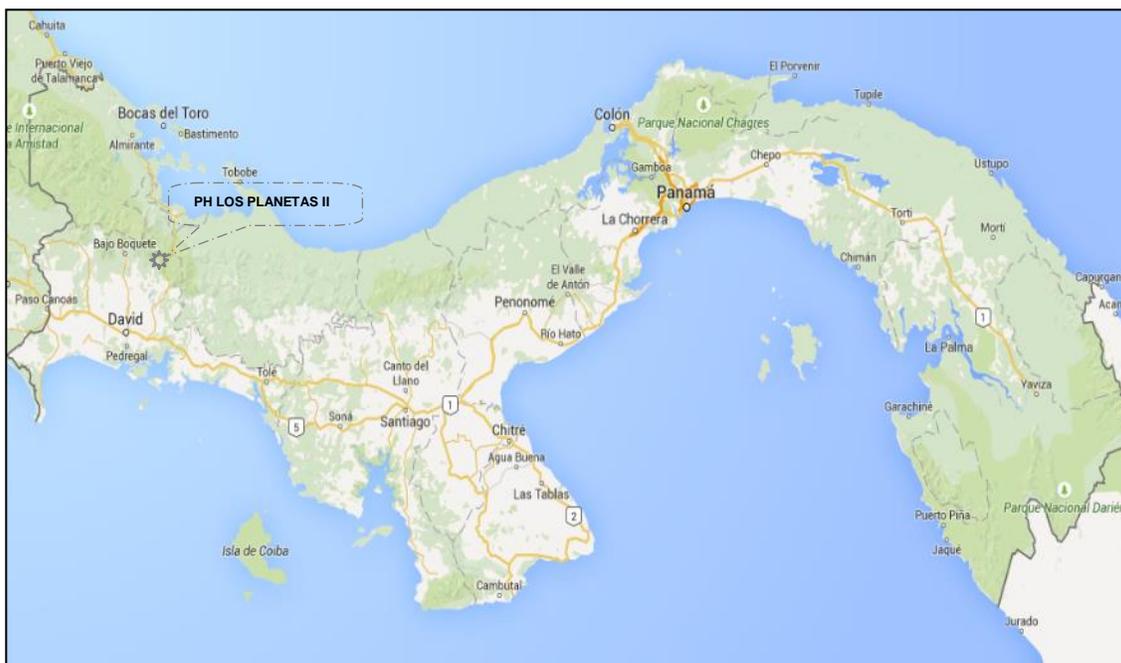


Figura N° 1 – Ubicación regional de la Central Hidroeléctrica Los Planetas II

2.2. Descripción de la central

Como descripción general, la captación del caudal a derivar se realizará por la margen derecha del río David; para ello se hace necesario construir un azud, que permita crear las condiciones necesarias para captar el caudal de diseño necesario.

El nivel de agua estimado en la toma está alrededor de los 125.00 msnm. La Central Hidroeléctrica Los Planetas II utilizará las aguas turbinadas de la Central Hidroeléctrica Los Planetas I.

La conducción es forzada desde la obra de toma a través de tuberías de fibra de vidrio de 3.00, 2.90 y 2.80 m de diámetro y pendiente de 0.10 %. Debido a la longitud de la tubería se implementará la colocación de una chimenea de equilibrio para aliviar las presiones causadas por el cierre de las válvulas o el rechazo de las turbinas en un momento determinado.

En la casa de máquinas se alojarán las unidades generadoras estimadas para el aprovechamiento (dos turbinas Francis de eje horizontal), equipos de control, protección y demás equipos relacionados. El nivel de piso de máquinas será de 73.04 msnm, y el nivel de piso terminado la cota 82 msnm.

Al final de la casa de máquinas se encuentra un canal abierto en el cuál se descargará las aguas una vez turbinadas. El nivel del piso de descarga en casa de máquinas estará en la elevación 72 msnm sobre el río David y el nivel de la descarga en el río será la elevación 71 msnm.

2.3. Descripción de las estructuras

2.3.1. Estructuras principales

La Central hidroeléctrica Los Planetas II, utiliza las aguas turbinadas de la Central Hidroeléctrica Los Planetas I y el caudal que proviene del río David, con los cuales se crea un embalse que forma un espejo de agua de 18.48 Ha. Y una cola del embalse a 0.8 km aguas arriba.

Las aguas son contenidas por una presa de hormigón tipo gravedad, que permite crear las condiciones necesarias para captar el caudal de diseño por una toma ubicada en el margen derecho. Se consideró la instalación de una tubería de 0.90 m de diámetro para el paso del caudal ecológico, estimado como el 10% del caudal medio natural. En el cuadro N° 2 se presentan las características principales del embalse y la presa de la Central. En el Anexo F se presentan los planos de la presa.

Cuadro N° 2 - Características principales de la Central hidroeléctrica Los Planetas II

Descripción	Característica
Volumen del embalse	0.83 X10 ⁶ m ³
Nivel de coronación de la presa	131.50 msnm

Nivel Normal de Operación del Embalse	125.00 msnm
Nivel de cimiento	108.00 msnm
Longitud de la presa	104.48 m
Altura total de la presa	23.50 m
Altura del vertedero	17 m
Longitud de la cresta vertedero	50.00 m
Caudal de diseño	17 m ³ /s.
Caudal ecológico	1.195 m ³ /s.

Sobre la presa se construirá un puente vehicular que estará apoyado por columnas el cual permitirá tener acceso a las fincas propiedad de FEISA ubicadas al otro lado del río.

La conducción forzada a partir de la toma en la presa, tendrá una longitud aproximada de 2,321.98 m, hasta la casa de máquinas, donde se alojaran las unidades generadoras (dos turbinas Francis de eje horizontal) así como los equipos de control, protección entre otros.

La restitución de las aguas al río David, se hará por medio de un canal de hormigón de 788.40 m de longitud que descarga en la cota 72 msnm sobre la quebrada Lajas, brazo del río David.

La Central Hidroeléctrica Los Planetas II está formada por las siguientes estructuras:

2.3.1.1. Presa de almacenamiento

Para el desarrollo del aprovechamiento de la Central Hidroeléctrica Los Planetas II, se ha escogido la modalidad de pasada con regulación. Aunque el vertedero es de descarga libre y permite el paso expedito del agua, se ha maximizado el uso del embalse para dar una potencia firme de por lo menos el 50% de la potencia instalada durante la mayor parte del año. El aprovechamiento Hidro-energético Los Planetas II consta de 2 cuencas de captación, una sobre el río David y otra sobre el río Cochea. La Central Hidroeléctrica Los Planetas II utiliza las aguas turbinadas de la CH Dolega y los aportes del río David.

2.3.1.2. Obra de toma

Es una estructura de concreto cuyo objetivo principal es derivar el agua del río. Consiste en una apertura rectangular en el cuerpo del estribo derecha de la presa, la cual quedará completamente sumergida dentro de las aguas del estanque permitiendo que el agua sea conducida por la tubería de presión hacia la casa de máquinas.

2.3.1.3. Conducción

Será forzada a través de una tubería de fibra de vidrio con tres diámetros que van de 3.00, 2.90 y 2.80 m y una pendiente de 0.10%. La longitud aproximada de la conducción es de 2,320 m.

2.3.1.4. Chimenea de equilibrio

Para aliviar las presiones causadas por el cierre de las válvulas o el rechazo de las turbinas en un momento determinado.

2.3.1.5. Casa de máquinas

Dentro de esta casa se alojarán el equipo electromecánico de generación y el equipo de control. Las dimensiones de la terraza donde se ubicará la casa de máquinas deben ser suficientes para permitir maniobras durante la instalación del equipo referido.

2.3.1.6. Sub-estación de transformación

Consiste en una pequeña área, situada adjunta a la casa de máquinas, donde será colocado 2 transformadores para elevar el voltaje generado por la planta al voltaje de la red de ETESA.

2.3.1.7. Línea de transmisión

Consiste en una línea de tendido trifásico, de 9 km a 34.5 kV desde la casa de máquinas de la Central Los Planetas II hasta la subestación Mata de Nance.

2.4. Equipos hidromecánicos de la presa

Los equipos hidromecánicos instalados en el cuerpo de la presa serán:

- Rejillas de basura
- Compuertas planas (2) en la toma para el control de entrada a la tubería de conducción, una de ellas permitirá realizar el mantenimiento a la otra.
- Se instalarán dos válvulas de control en la tubería del caudal ecológico.
- Para el cierre del desvío del río se emplearán tableros de cierre y un tapón de concreto.

Cuadro N° 3 - Características de los equipos hidromecánicos colocados en el cuerpo de presa

Descripción	Característica
Compuertas planas de acero	3.15 m x 3.30 m
Válvulas de mariposa de la tubería del caudal ecológico	0.90 m
Rejilla de basura en la toma	5.70 m X 6.55 m

2.4.1. Características de la válvula de caudal ecológico

Para la descarga ecológica se ha suministrado una válvula de mariposa de asiento elástico marca Bray de 90 cm de diámetro.



Figura N° 3 – Válvula de caudal ecológico

Cuadro N° 4 - Valve Sizing Coefficient (Cv)

Valve Size mm	Disc Position (Degrees)								
	10°	20°	30°	40°	510°	60°	70°	80°	90°
900	640.1	2,400.3	5,134.6	8,468.3	13,469.7	60,723.0	34,674.3	51,611.9	66,681.9
	00	75	40	50	80	00	90	55	85

3. CRITERIOS Y PARÁMETROS DE DISEÑO

3.1 Hidrológicos

Las estructuras de la CH Los Planetas I, fueron diseñadas en base a los cálculos presentados en el Estudio Hidrológico realizado por la empresa SOCOIN. Estos cálculos fueron verificados pocos meses después por la ingeniera Daly Espinoza a raíz del diseño conceptual de la CH Los Planetas II. Estos cálculos fueron verificados después de realizada la construcción de la CH Los Planetas II. A continuación, se presentan los caudales máximos estimados para diferentes periodos de recurrencia, en el sitio de presa de la Central Hidroeléctrica Los Planetas II y en el sitio de casa de máquina, mediante el método Regional de crecidas máximas.

**Cuadro N° 5 - Crecidas Máximas para Diferentes Periodos de Recurrencia
Método Regional**

Período de Retorno (Años)	Caudal Máximo Río David Sitio de Presa (m ³ /s)
2	368
10	642
50	1010
100	1402
500	1822

3.2 Hidráulicos

En el Cuadro N° 6 se presenta un resumen de los parámetros utilizados en el diseño de las distintas estructuras de la presa Los Planetas II.

Cuadro N° 6 - Niveles de Diseño para las Estructuras

Estructura	Caudal de Diseño (m ³ /s)	Nivel de Agua
Presa (NMON)	---	125.00
Presa (TR 50 años)	1010	128.12
Presa (TR 100 años)	1402	128.36
Presa (CMP)	3060	131.72

3.3 Sísmico

En base a estudios realizados en proyectos hidroeléctricos cercanos a la Central Hidroeléctrica Los Planetas II, podemos definir, según las probabilidades de excedencia y los períodos de retorno, las aceleraciones sísmicas que regirán el diseño y construcción de la Presa. Estas aceleraciones están definidas según las Normas de Seguridad de Presas de la ASEP y se muestran en la siguiente tabla:

Tabla N° 7 - Probabilidades de excedencia y Periodos de retorno

Sismo	Período de Retorno (años)	Característica	*Aceleración en Roca (g)
Sismo de Operación Normal (SON)	144	Asociado a una probabilidad de ocurrencia del 50 % durante el período de vida útil de la estructura (100 años).	0.32g
Sismo Máximo de Verificación (SMV)	475	Evento máximo aceptado que la presa debe resistir. Para Presas Categoría C, el SMV comprende un período de recurrencia de 100 a 200 años. Se asociará a una probabilidad de excedencia del 10 % en 50 años.	0.48g
Sismo durante Construcción	50	Asociado a una probabilidad de excedencia del 10 % en 5 años.	0.23g

4. RESPONSABILIDADES GENERALES BAJO EL PADE

4.1. Responsabilidades del dueño

Fuerza Eléctrica del Istmo, S.A., tiene la responsabilidad legal de desarrollar el Plan de Acción durante Emergencias (PADE). Serán asimismo parte de sus obligaciones la implantación, mantenimiento y actualización del Plan.

Fuerza Eléctrica del Istmo, S.A., como Responsable Primario de la presa, debe actualizar permanentemente el PADE, particularmente en lo relacionado 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. Asimismo se debe actualizar cualquier cambio significativo ocurrido aguas abajo o aguas arriba de la presa que pudiera alterar el área de riesgo o la localización de personas que deben ser alertadas. Tal actualización debe ser anual, como mínimo, debiendo remitirse a la ASEP quien por medio de la UTESEP gestionará su aprobación.

4.2. Responsabilidades de notificación

Fuerza Eléctrica del Istmo, S.A., es el responsable de notificar cualquier alerta. Se ha preparado el cuadro N° 12, donde se indican los modelos de notificación sugeridos por alerta para cada emergencia.

4.3. Responsabilidades de evacuación.

SINAPROC, es el encargado de realizar la evacuación aguas abajo de la presa Los Planetas II.

4.4. Responsabilidades de terminación y seguimiento

Fuerza Eléctrica del Istmo, S.A., es responsable por dar seguimiento, terminar y reportar los detalles relacionados a la emergencia.

4.5. Responsabilidad de coordinador del PADE

Fuerza Eléctrica del Istmo, S.A., ha establecido como responsable para coordinar el Plan de Acción Durante Emergencia (PADE), al Sr. Edgardo Quiel; quien también tendrá como parte de sus obligaciones la implantación, mantenimiento y actualización de dicho plan.

5. DETECCION DE LA EMERGENCIA, EVALUACION Y CLASIFICACION

De acuerdo a los parámetros de diseño de las estructuras de la Central Hidroeléctrica Los Planetas II y a los requerimientos de las Normas de Seguridad de Presa de ASEP, a continuación, se establecen los criterios que deben advertir al Responsable de la Seguridad de la Presa de Los Planetas II sobre la aparición de situaciones que puedan considerarse emergencias y pongan en peligro la estructura y la vida de Personas aguas abajo. Las acciones a seguir serán de gran importancia para cumplir con el objetivo del PADE.

5.1. Definición de los tipos de alertas

La presa Los Planetas II, ha sido diseñada y construida siguiendo normas internacionales que establecen factores de seguridad adecuados para el manejo de situaciones operacionales normales, inusuales y extremas. Las distintas condiciones de operación han sido combinadas para encontrar los esfuerzos críticos en la estructura y asegurar que serán resistidos con un adecuado margen de seguridad. En el ANEXO D se encuentran las referencias sobre planos y memorias de cálculo de la presa.

Las Normas de Seguridad de Presas aprobadas por ASEP requieren evaluar los efectos de una posible falla de la presa. Para que se dé el fallo de la presa Los Planetas II, primero deben darse situaciones, poco comunes, que pueden ser detectadas por el personal que labora en su operación, mediante la inspección y auscultación de la presa.

Una vez identificadas estas situaciones se debe determinar si la presa se encuentra en una emergencia. Dependiendo de la gravedad, se establecerán los procedimientos a seguir. En la mayoría de los casos se refuerza la vigilancia e implementan medidas para mitigar y controlar la situación. De no ser eficientes estas acciones y empeorar la situación, aumentará la amenaza de falla, ya que, no se contará con el tiempo suficiente para actuar.

Según el grado de la emergencia, se fijaran alertas, las cuales pueden ser de tipo blanca, verde, amarilla o roja. A medida que la situación va aumentando su riesgo de falla y las medidas implementadas no funcionen, se irá cambiando el tipo de alerta. Fijado el estado de alerta en la presa, existe una amenaza de falla. Entendiéndose como amenaza de falla todas las situaciones que de no ser controladas a tiempo, den indicios de una inminente rotura.

Los operadores de la presa deben estar preparados para identificar señales que indiquen el mal funcionamiento de la presa y poder determinar la gravedad de la situación de dar las alarmas respectivas. (Ver sección 5.4.).

5.1.1. Alerta Blanca

Causas:

El nivel del embalse ha alcanzado la elevación 127.00 msnm y el sistema de alerta hidrológico indica que continúan las lluvias aguas arriba. Se está desarrollando una situación potencialmente peligrosa que implica la necesidad de un manejo controlado del embalse con vertimientos que no afecten la seguridad de las obras ni que puedan afectar la seguridad pública.

Se ha registrado en los instrumentos de la presa un sismo que ha ocasionado una aceleración horizontal del terreno de 0.23g ó menor.

Se ha detectado la presencia de filtraciones, aumento de filtraciones, aparición de grietas o evidencias de desplazamientos en las estructuras de concreto o rellenos de materiales.

5.1.2. Alerta Verde

Causas:

El embalse se ha elevado por encima del nivel 128.50 msnm. El sistema de alerta hidrológico indica que está lloviendo en la cuenca del embalse y se pronostica el aumento de nivel del embalse.

Se ha registrado en los instrumentos de la presa un sismo que ha ocasionado una aceleración horizontal del terreno entre 0.23g y 0.36g. Se han observado daños no estructurales en la presa.

Están en aumento o han aparecido nuevas filtraciones o han aparecido nuevas grietas o han aumentado los desplazamientos.

5.1.3. Alerta Amarilla

Causas:

El embalse ha alcanzado el nivel 130.00 msnm. El sistema de alerta temprana indica que está lloviendo en la cuenca del embalse y se pronostica el aumento de nivel del embalse. Se ha iniciado una brecha en los diques de encauzamiento y se ha iniciado filtración por las mismas.

Se ha registrado en los instrumentos de la presa un sismo, que ha ocasionado una aceleración horizontal del terreno entre 0.36g y 0.48g. La inspección visual inmediata de la presa aprecia daños estructurales en la presa o filtraciones o desplazamientos. Potencial deslizamiento de laderas en el embalse.

Están en aumento o han aparecido nuevas filtraciones o han aparecido nuevas grietas o han aumentado los desplazamientos. Hay evidencias de principio de desarrollo de fallas.

Han ocurrido actos significativos de vandalismo o sabotaje.

Se debe dar aviso a las instituciones públicas responsables para la evacuación de la población en las zonas inundables mostradas en los mapas de inundación del ANEXO B.

5.1.4. Alerta Roja

Causas:

El embalse se ha elevado por encima del nivel de la cresta y está vertiendo por arriba del nivel 131.50 msnm. El sistema de alerta temprana indica que está lloviendo en la cuenca del embalse y se pronostica el aumento de nivel del embalse. La brecha ha aumentado y es inminente la falla de la presa.

Se ha sentido en la presa ó en sus proximidades un terremoto, que ha ocasionado una aceleración sísmica igual o mayor a 0.48g. La inspección visual inmediata de la presa aprecia daños estructurales o grietas y filtraciones a presión.

Se aprecian filtraciones incontrolables y en aumento o se producen nuevas grietas o aumento de las existentes, hay rompimiento y arrastre de porciones de la presa.

La falla, el colapso parcial o total es inminente o ha ocurrido, con pérdida incontrolable de agua del embalse. Es un hecho incontrolable que conduce a la falla. No hay tiempo para evaluar ni controlar la situación.

Se debe dar aviso a las instituciones públicas responsables que ha ocurrido la falla y se debe proceder con las operaciones de protección, control y rescate de la población que no pudo ser evacuada de las zonas inundadas.

5.2. Descripción de la amenaza de falla de la presa

La presa de la CH Los Planetas II, es una presa de pasada, lo que quiere decir que utiliza el caudal de las aguas del río.

Los eventos que pueden ocurrir durante una condición de falla del estribo derecho de la presa serían:

- El nivel del embalse alcanza la cota 131.50 msnm.
- Se produce socavación de la fundación de la presa en el vertedero.
- Falla estructural de los muros de encauzamiento lateral del vertedero.
- El tiempo de desarrollo de la falla hasta el arrastre de la mayor parte de la presa puede tomar de 30 minutos a una hora.

Para este análisis se ha considerado la condición más crítica, que sería la condición original: sin acumulación de sedimentos o después de una limpieza total de los sedimentos aguas arriba de la presa.

De existir acumulación de sedimentos representaría un menor volumen de agua y una amenaza menor al público aguas abajo.

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

Se ha tomado un valor conservador de tiempo promedio de 0.5 horas (1800 segundos), para una presa de concreto que falla en múltiples bloques.

5.3. Desarrollo de la amenaza de crecida

La categorización de la presa de Los Planetas II de acuerdo a sus características y de su riesgo hacia el público aguas abajo se considera “**Categoría C**” de “**Bajo Riesgo Potencial**”. El criterio de verificación hidrológico escogido en la Norma de Seguridad de Presas de ASEP es la crecida de periodo de retorno 1: 100 años.

Para los escenarios de análisis de emergencia se considera como crecida ordinaria y extraordinaria: 1:50 y 1:100 años. También, se realizó el análisis de colapso con operación normal, con crecida extraordinaria y por Crecida Máxima Probable (CMP), tal como se indica en las Normas de Seguridad de Presas.

5.4. Causas de declaración de la emergencia

Los operadores y el oficial de seguridad de la presa Los Planetas II, deben conocer, cuáles son las causas o factores determinantes para declarar una emergencia. Las causas de emergencia pueden darse en conjunto ó individualmente. Un deterioro progresivo o rápido de estas situaciones pueden provocar hasta la rotura o fallo grave del funcionamiento de la presa.

Existen dos tipos de causas:

- Exógenas, o causas que tienen su origen fuera de la presa.
- Endógenas, o causas que tienen su origen en el comportamiento de la presa o el embalse y afectan a determinados elementos de los mismos.

Las causas que deben considerarse en este Plan de Acción durante Emergencia son las indicadas en el Cuadro N° 8 a continuación.

Cuadro Nº 8 - Causas de Emergencia

EXOGENAS	
ATENCIÓN PREFERENTE	ATENCIÓN NORMAL
Avenida	Sismo
Precipitación local extrema	Fuego/ vandalismo/ sabotaje/ guerra
ENDOGENAS	
ATENCIÓN PREFERENTE	ATENCIÓN NORMAL
ESPALDONES DE MATERIALES SUELTOS	
Deslizamientos	Asentamientos
Arrastre de materiales por filtraciones	
Erosión del paramento aguas abajo	
TERRENO DE CIMENTACIÓN	
	Movimientos o deterioro del terreno
ALIVIADERO	
	Problemas de evacuación
EQUIPOS Y ACCESOS	
Problemas de auscultación	Problemas de suministro eléctrico
	Problemas de iluminación
	Problemas de telecomunicaciones
	Problemas de acceso
EXPLOTACIÓN	
	Incumplimiento de normas de vigilancia o mantenimiento

5.5. Determinación del nivel de emergencia

Para determinar el nivel de la emergencia ó el nivel de la alerta, se han establecido umbrales, que ayudaran al operador de la presa a clasificar una emergencia. A continuación se presentan los umbrales para las distintas situaciones en las que se puede presentar una emergencia, con estos datos el operador de la presa podrá determinar el nivel de una emergencia sin ningún problema.

5.5.1. Umbrales para los distintos sucesos

En este punto se incluyen, para cada suceso desencadenante, los umbrales correspondientes a las alertas sucesivas que se van desarrollando. Así, es más cómodo para seguir la evolución de un suceso dado una vez que se haya declarado una alerta concreta asociada a la misma.

Los sucesos desencadenantes se agrupan en las siguientes categorías:

- Avenidas
- Sismos
- Consecuencia de las inspecciones y pruebas

5.5.2. Umbrales asociados a avenidas

- **Alerta Blanca:**
Esta alerta se declara cuando está entrando en el embalse una avenida tal que se prevé alcanzar la cota 127.00 msnm.
- **Alerta Verde:**
Cuando se prevea alcanzar en el embalse la cota 128.50 msnm.
- **Alerta Amarilla:**
Cuando se prevea alcanzar en el embalse la cota 130.00 msnm.
- **Alerta Roja:**
Cuando se prevea alcanzar en el embalse cotas por arriba de 131.50 msnm.

Cuadro Nº 9 - Resumen de umbrales asociados a las avenidas

Tipo de alerta	Indicador	Umbral
Blanca	Nivel del Embalse	127.00 msnm
Verde	Nivel del Embalse	128.50 msnm
Amarilla	Nivel del Embalse	130.00 msnm
Roja	Nivel del Embalse	131.50 msnm

5.5.3. Umbrales asociados a sismos

- **Alerta Blanca:**

Se ha registrado en los instrumentos de la presa un sismo que ha ocasionado una aceleración horizontal del terreno de 0.23 g o menor.

- **Alerta Verde:**

Se ha registrado en los instrumentos de la presa un sismo que ha ocasionado una aceleración horizontal del terreno entre 0.23g y 0.36g. Se han observado daños no estructurales en la presa.

- **Alerta Amarilla:**

Se ha registrado en los instrumentos de la presa un sismo, que ha ocasionado una aceleración horizontal del terreno entre 0.36g y 0.48g. La inspección visual inmediata de la presa aprecia daños estructurales en la presa o filtraciones o desplazamientos. Potencial deslizamiento de laderas en el embalse.

- **Alerta Roja:**

Se ha sentido en la presa ó en sus proximidades un terremoto, que ha ocasionado una aceleración sísmica igual o mayor a 0.48g. La inspección visual inmediata de la presa aprecia daños estructurales o grietas y filtraciones a presión.

Cuadro N° 10 - Resumen de Umbrales Asociados a Sismos

Tipo de alerta	Indicador	Umbral
Blanca	Aceleración	$a < 0,23 \text{ g}$
Verde	Aceleración	$0,23 \text{ g} < a < 0,36\text{g}$
Amarilla	Aceleración	$0,36\text{g} < a < 0,48\text{g}$
Roja	Aceleración	$a > 0,48\text{g}$

5.5.4. Umbrales asociados a la inspección y pruebas.

El establecimiento de los umbrales asociados a las diferentes causas endógenas, será resultado de las inspecciones y pruebas llevadas a cabo, y tendrán, lógicamente, un marcado carácter cualitativo.

Cuadro N° 11 - Indicadores pertenecientes a cada grupo de umbrales en función de las causas de emergencia

INDICADOR
Designación
INDICADORES DE UMBRALES PARA AVENIDA
Nivel de embalse
INDICADORES DE UMBRALES PARA PRECIPITACIÓN LOCAL EXTREMA
Precipitación registrada en el entorno de la presa de Los Planetas I, central aguas arriba
INDICADORES DE UMBRALES PARA SISMO
Nivel o magnitud del sismo registrado
Signos de ocurrencia de movimiento sísmico
INDICADORES DE UMBRALES PARA CAUSAS ENDÓGENAS ASOCIADOS A LA AUSCULTACIÓN
Caudal de filtraciones aforadas en pie de presa
Asientos en bases de nivelación en coronación
Medición anormal de descenso del nivel de embalse
INDICADORES DE UMBRALES PARA CAUSAS ENDÓGENAS ASOCIADOS A LA INSPECCIÓN Y PRUEBA
Vórtices en embalse
Descenso anormal del nivel de embalse
Hundimientos en coronación
Hundimientos o abombamientos en paramento aguas abajo
Grietas en coronación o paramento aguas abajo
Pérdida de alineaciones en coronación
Signos de erosión en paramento aguas abajo
Dolinas en cauce
Filtraciones concentradas aguas abajo
Turbidez de filtraciones aguas abajo
Terreno aguas abajo inusualmente blando
Rotura de losas o cajeros del aliviadero
Movimiento de losas o cajeros del aliviadero

5.6. Evaluación de las emergencias

La evaluación de la emergencia debe ser realizada en cuando se tenga conocimiento de la ocurrencia de algún evento en la presa o cercanías, se deberán realizar las siguientes acciones:

5.6.1. Indicadores de nivel del embalse

- Comprobar los niveles del embalse con lecturas de instrumentos de respaldo o redundantes.
- Verificar el evento mediante vigilancia directa (cámaras de video).
- Verificar los niveles mediante lectura directa en la presa.

5.6.2. Indicadores de actividad sísmica

- Verificación del evento mediante sistemas de respaldo.

5.6.3. Inspección a las estructuras

- Verificación de la existencia de anomalías estructurales (grieta, movimiento, filtración, etc.) o mal funcionamiento de equipos (filtraciones, inoperativos, fallas) no detectado por los instrumentos y no reportado previamente por otros operadores.
- Verificación mediante contacto con los especialistas sobre la gravedad de la anomalía.
- Verificación de asentamientos en el relleno de la presa, línea de conducción o cámara de carga.

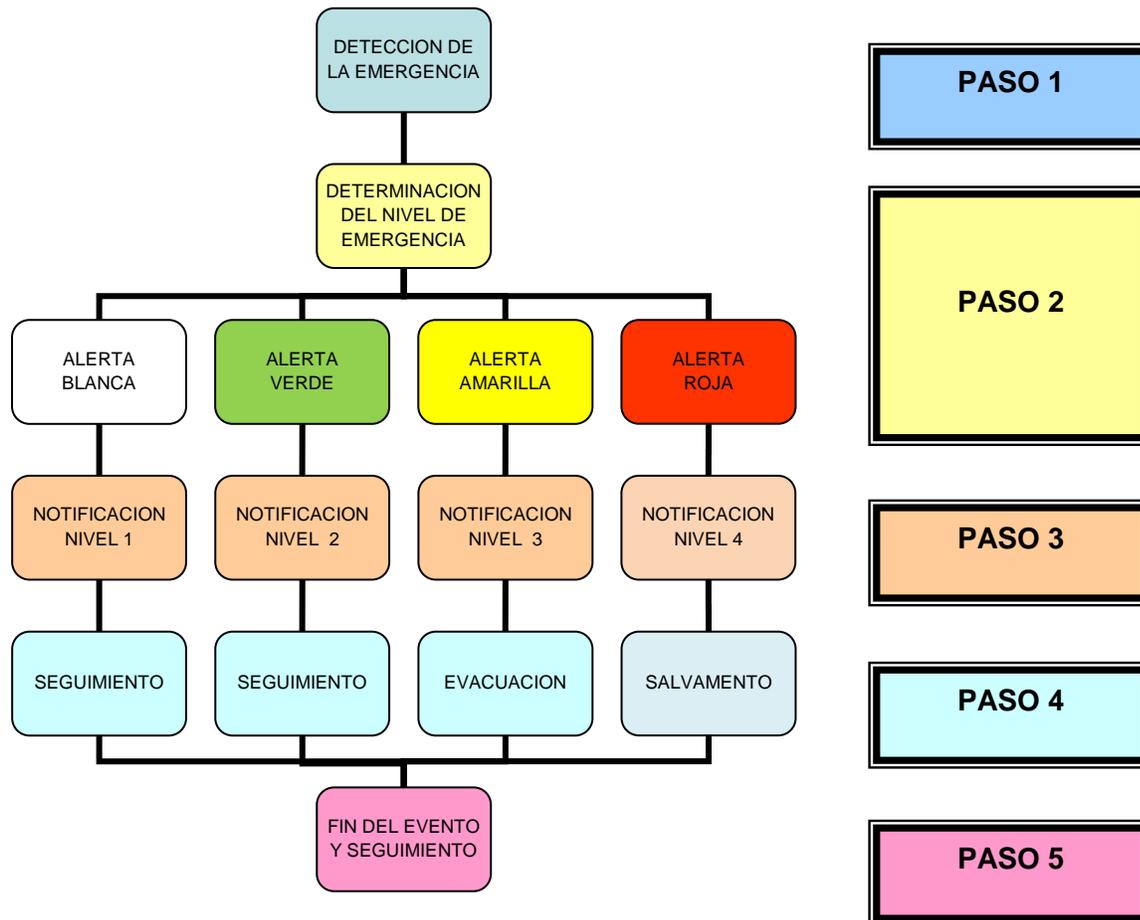
5.7. Conclusión de la amenaza de falla

Una vez verificado, con razonable seguridad, que los indicadores que declararon la emergencia han desaparecido se podrá dar por terminada la amenaza de falla.

Cada emergencia será finalizada mediante un reporte elaborado por los responsables de la seguridad de la presa de Los Planetas II.

6. ACCIONES DURANTE EMERGENCIA

Durante el desarrollo de una emergencia en la presa de la CH Los Planetas II se tendrán en cuenta los siguientes pasos a seguir:



6.1. Paso 1: Detección del evento

La vigilancia de los eventos estará en primera instancia bajo la responsabilidad del operador de la presa de la Central Hidroeléctrica Los Planetas II. Tan pronto como un evento es observado o reportado, inmediatamente se debe determinar el nivel del evento:

6.2. Paso 2: Determinación del nivel de emergencia

El nivel de la emergencia será fijado según lo establecido en la sección 5.1 de este documento.

6.3. Paso 3: Niveles de comunicación y notificación

El nivel de la emergencia será fijado según lo establecido en la sección 5.1 de este documento. Una vez clasificada la alarma, Fuerza Eléctrica del Istmo, S.A., procederá a notificar y a alertar a la población, a las entidades responsables de manejo del agua y a los organismos de protección pública.

Fuerza Eléctrica del Istmo, S.A., notificará el nivel de alerta de acuerdo a la siguiente lista:

Cuadro Nº 12 - Modelo de Notificaciones

Alerta	Nivel	Modelo de Notificación
Blanca	1	<p>Soy el (Operador o El Coordinador del PADE) de “la Central Hidroeléctrica Los Planetas II localizada sobre el río David, Provincia de Chiriquí, la cual tiene una situación de emergencia y se activa el nivel de Alerta Blanca. El motivo de la emergencia es el siguiente: (* Especificar la causa)</p> <p>Se están tomando las medidas necesarias de vigilancia y control. Manténgase en contacto e informado sobre las siguientes notificaciones y terminación de la emergencia. El coordinador del plan de emergencias puede ser contactado a los teléfonos: 394-5880/6619-2930.</p>
Verde	2	<p>Soy el (Operador o El Coordinador del PADE) de “la Central Hidroeléctrica Los Planetas II localizada sobre el río David, Provincia de Chiriquí, la cual tiene una situación de emergencia y se activa el nivel de Alerta Verde. El motivo de la emergencia es el siguiente: (* Especificar la causa)</p> <p>Se están tomando las medidas necesarias de vigilancia y control. Manténgase en contacto e informado sobre las siguientes notificaciones y terminación de la emergencia. El coordinador del plan de emergencias puede ser contactado a los teléfonos: 394-5880/6619-2930.</p>
Amarilla	3	<p>Soy el (Operador o El Coordinador del PADE) de “la Central Hidroeléctrica Los Planetas II localizada sobre el río David, Provincia de Chiriquí, la cual tiene una situación de emergencia y se activa el nivel de Alerta Amarilla.</p> <p>Los eventos ocurridos recomiendan la evacuación de los poblados aguas abajo de la presa Los Planetas II, del acuerdo al Mapa de Inundación.</p> <p>Manténgase en contacto e informado sobre la siguiente notificación y/o terminación de la emergencia. El coordinador del plan de emergencias puede ser contactado a los teléfonos: 394-5880/6619-2930.</p>

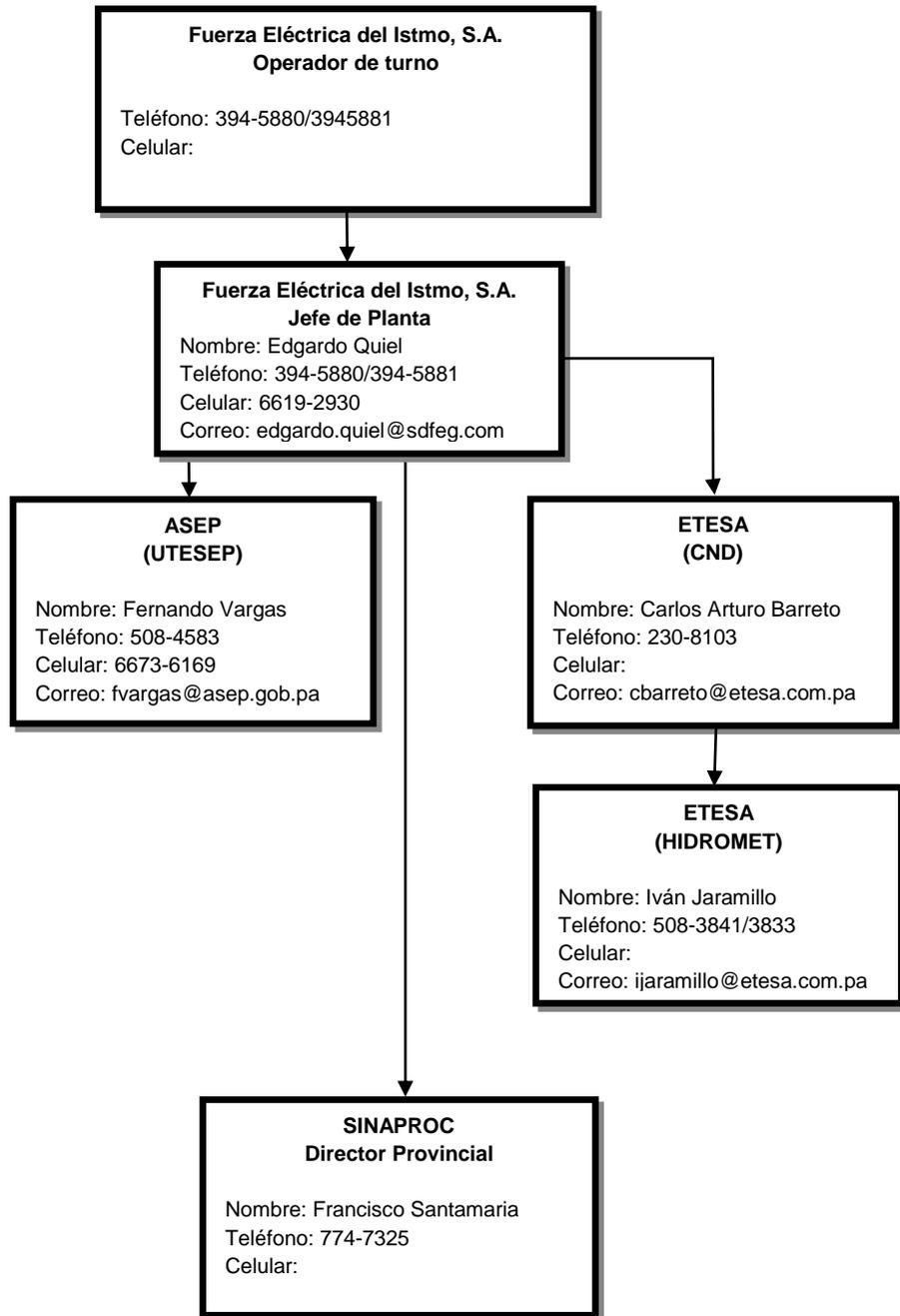
Roja	4	<p>Soy el (Operador o El Coordinador del PADE) de “la Central Hidroeléctrica Los Planetas II localizada sobre el río David, Provincia de Chiriquí, la cual tiene una situación de emergencia y se activa el nivel de Alerta Roja.</p> <p>La falla de la presa es inminente o a iniciado o la crecida por motivos hidrológicos se estima será como lo indica el Mapa de Inundación. Se recomienda a las instituciones públicas responsables iniciar las tareas de protección, control y rescate o salvamento del público que no haya sido evacuado.</p> <p>Manténgase en contacto e informado sobre la terminación de la emergencia. El coordinador del plan de emergencias puede ser contactado a los teléfonos: 394-5880/6619-2930.</p>
------	---	--

(* Se indicará la causa específica que dio motivo a la alerta

6.3.2. Flujo de notificaciones.

ALERTA BLANCA

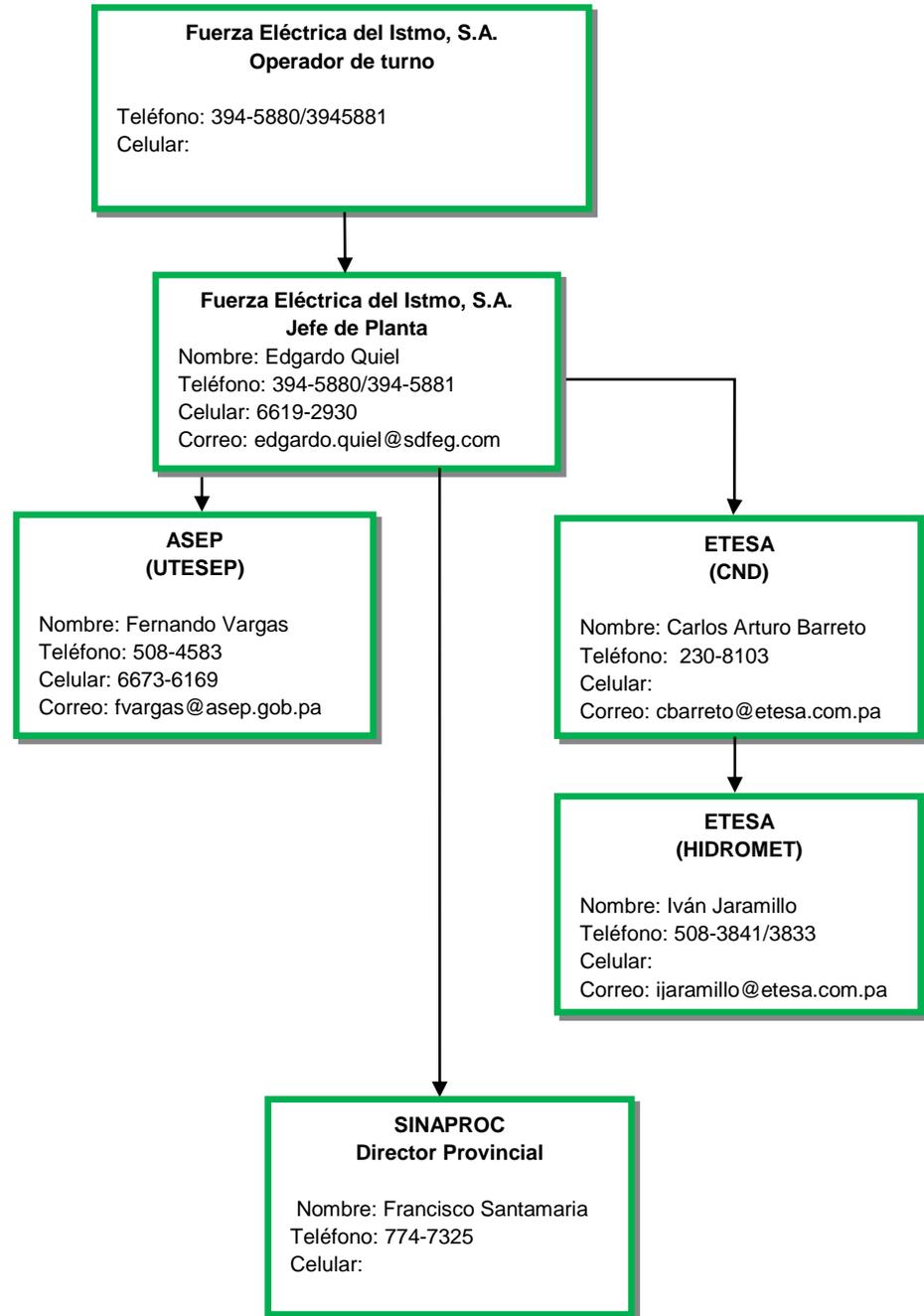
Directorio de Notificaciones para el Nivel 1



NOTA: EN EL ANEXO E SE PRESENTA UN DIRECTORIO DE CONTACTOS ALTERNATIVO

ALERTA VERDE

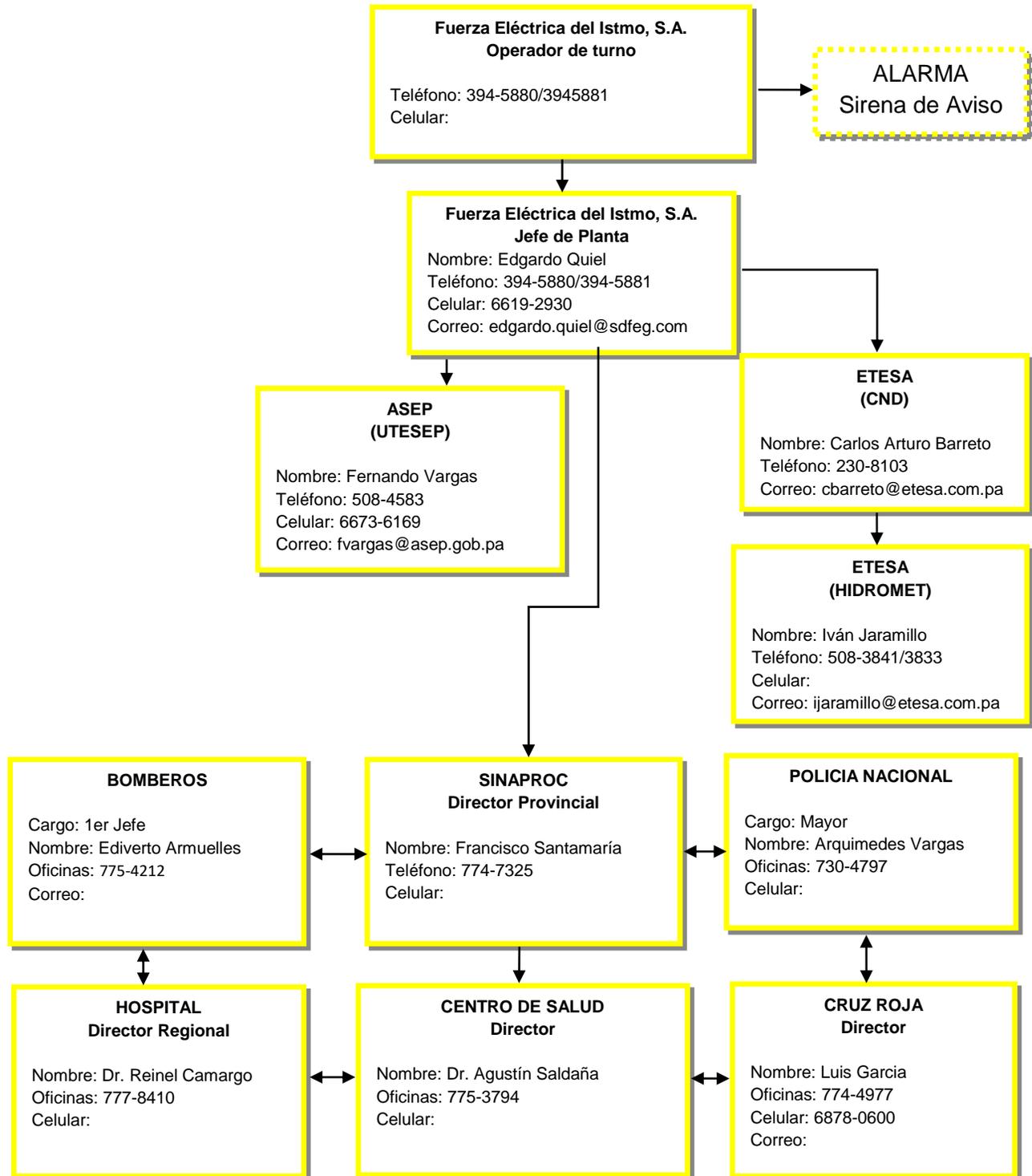
Directorio de Notificaciones para el Nivel 2



NOTA: EN EL ANEXO E SE PRESENTA UN DIRECTORIO DE CONTACTOS ALTERNATIVO

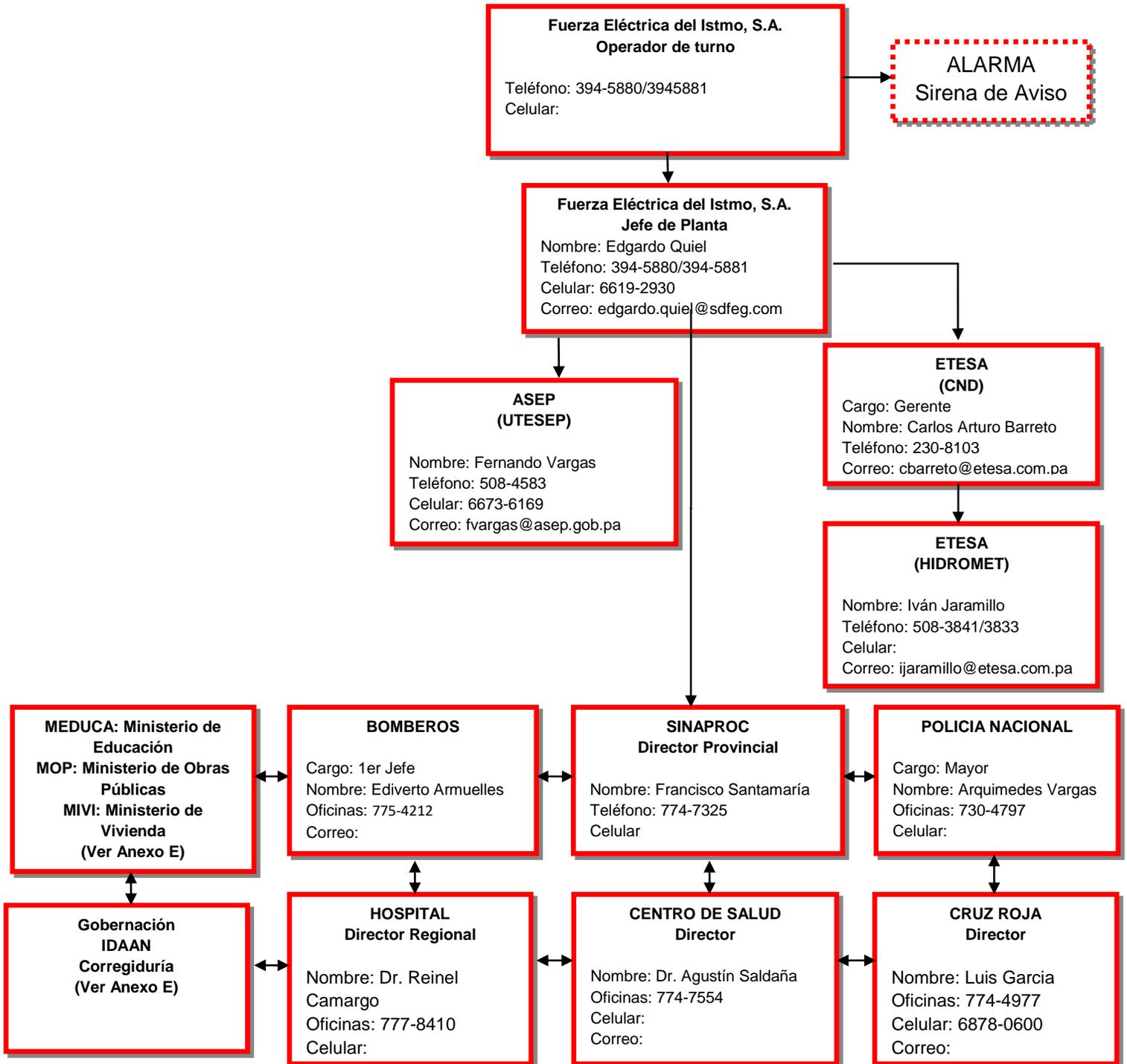
ALERTA AMARILLA

Directorio de Notificaciones para el Nivel 3



NOTA: EN EL ANEXO E SE PRESENTA UN DIRECTORIO DE CONTACTOS ALTERNATIVO

ALERTA ROJA Directorio de Notificaciones para el Nivel 4



NOTA: EN EL ANEXO E SE PRESENTA UN DIRECTORIO DE CONTACTOS ALTERNATIVO

6.4. Paso 4: Acciones durante la emergencia

Durante el tiempo que tome la emergencia se realizarán las siguientes acciones de vigilancia y control hasta finalizar el evento descritas en el siguiente cuadro:

Cuadro N°13 - Acciones de Emergencia

ALERTA	VIGILANCIA Y CONTROL
BLANCA	Nivel del Embalse. Inspección General de la Presa.
VERDE	Nivel del Embalse. Inspección General de la Presa.
AMARILLA	Nivel del Embalse. Inspección General de la Presa.
ROJA	Aviso de sirena aguas abajo de casa de máquinas para operaciones de protección, control y rescate.

6.4.1. Definición de las acciones de emergencia

- **Nivel del embalse:** seguimiento y control de la variación del nivel del embalse y, considerando los aportes del río, pronosticar los niveles según las condiciones hidrológicas.
- **Inspección general de la presa:** revisión de la presa para confirmar anomalías en la estructura de presa: grietas, fisuras, filtraciones, desplazamientos deslizamientos, etc. Y evaluar el nivel de anomalía.
- **Aviso de sirena aguas abajo de casa de máquinas de Los Planetas II:** avisar a los pobladores aguas abajo en el río David el vertimiento de una crecida extraordinaria que obliga a la evacuación inmediata de las orillas del río y la búsqueda de refugio en lugares altos.

6.4.2. Formulario de registro de evento

Cada vez que sea declarada una alarma serán registrados los datos durante el evento en un formulario que permita conocer la efectividad y las deficiencias del procedimiento y hacer las correcciones correspondientes. En el ANEXO A se presenta un modelo de formulario.

6.5. Paso 5: Terminación

Una vez que la emergencia fue activada, los procedimientos realizados y la emergencia ha finalizado, las operaciones del PADE serán finalizadas.

6.5.1. Responsabilidades de la terminación

El operador comunicará al Gerente de Operaciones y este a las autoridades y a las oficinas de manejo de emergencias la finalización de la condición de emergencia.

El oficial de seguridad de presa inspeccionará la presa y realizará un reporte de daños y acciones correctivas inmediatas.

El operador de la presa elaborará un reporte sobre la terminación del evento y sobre las consecuencias o experiencias del mismo. En el ANEXO A se presenta un modelo de este formulario.

7. MAPA DE INUNDACION

La confección de los mapas de inundación para el evento de rotura de presa o crecida extraordinaria de la CH Los Planetas II, se realizaron tomando en cuenta los escenarios recomendados por las Normas de Seguridad Operacional:

El análisis hidráulico del río determinará las áreas de inundación, la velocidad del agua, los niveles y el tiempo en que transita la crecida aguas abajo y aguas arriba de la presa Los Planetas II.

Cuadro N° 14 - Escenario de Análisis para Emergencias Aguas Abajo

Nº de Caso ASEP	Escenario ASEP	Escenario Análogo	Caudal Max.
1	Crecida Ordinaria con Periodo de Retorno de 1:50 años	Escenario 0	891m ³ /s
2	Crecida Extraordinaria con Periodo de Retorno de 1:100 años	Escenario 1	1010 m ³ /s
3	Por Rompimiento de Presa en Condición de Operación Normal	Escenario 2	Q _{promedio}
4	Por Rompimiento de Presa en crecida Extraordinaria	Escenario 3	1010 m ³ /s
5	Crecida Máxima Probable (CMP)	Escenario 4	3060 m ³ /s
6	Por Apertura Súbita de Compuerta	No Aplica	---
7	Por Falla de Operación de la Estructura Hidráulica de Descarga	No Aplica	---
8	Por Vaciado Controlado o Rápido a causa de problemas en la presa	No Aplica	---

7.1. Análisis Hidráulico

El método usado para realizar el análisis hidráulico del río ha sido el HEC-RAS, desarrollado por el Hydrologic Engineering Center (HEC) del United States Army Corps of Engineers, es un modelo unidimensional que modela el comportamiento del río a partir de la topografía, las características hidráulicas del lecho del río y los caudales de estudio.

En este caso la central posee un vertedero libre, sin compuertas para regular el embalse.

7.2. Resultados

El resultado de los cálculos hidráulicos con el programa HEC-RAS, así como los datos de entrada, se presentan en el Anexo Digital D.

7.3. Mapas de Inundación

El Mapa de inundación de Los Planetas II ha sido preparado, utilizando la siguiente información:

- Cartografía del mapa 1:50,000 de la Provincia de Chiriquí (mosaico de David) del Instituto Geográfico Nacional Tommy Guardia (IGNTG).
- Planos como construidos de las estructuras de la CH Los Planetas II.
- Mapas demográficos del Departamento de Cartografía de la Contraloría General de la República.
- Archivos ACAD utilizado por la Contraloría Nacional de la República, para la realización del censo del año 2010, donde se encuentra la ubicación de las casitas, calles y ríos del área en estudio.
- Plano planta perfil del puente sobre el Río David.
- Uso del Google Earth, para obtener información de Fotografías Aéreas.

El Mapa de inundación Los Planetas II es utilizado como información base para la presentación de los mapas donde se muestran los escenarios de análisis de los cuadros a continuación.

7.3.1 Descripción de la zona potencialmente inundable

Los mapas de inundación generado con las corridas del programa HEC-RAS para las crecidas de 1:50 años y 1:100 años no presentan afectación en zonas residenciales, ni estructuras viales o zonas de explotación comercial o agrícola hasta la confluencia con el río Chiriquí.

En las zonas aguas abajo del puente del río David sobre la Interamericana se observan áreas de inundación afectando viviendas. No obstante la información topográfica en esa área es escasa e imprecisa por encontrarse en el área de meandro del río David y río Chiriquí. Para establecer esta zona de inundación en este sector se requiere ampliar el estudio topográfico en la zona.

No se requiere un sistema de alarma aguas debajo de la presa producto de una falla de la presa.

7.3.2. Descripción de las afectaciones aguas abajo

7.3.2.1 Crecida extraordinaria 1:50 años

Las características y efectos que se pueden observar en las áreas inundadas en este escenario son los siguientes:

Cuadro N°15 – Efectos de inundación 1:50 años

Descripción	Unidad	Cantidad
Área de inundación	Has	1042.54
Cantidad de viviendas afectadas	Unidad	321
Cantidad de población afectada	Unidad	1400
Estructuras afectadas	Kms	10.94
Áreas de producción agrícola afectada	Has	148.65

7.3.2.2 Crecida extraordinaria 1:100 años

Las características y efectos que se pueden observar en las áreas inundadas en este escenario son los siguientes:

Cuadro Nº 16 – Efectos de inundación 1:100 años

Descripción	Unidad	Cantidad
Área de inundación	Has	1047.20
Cantidad de viviendas afectadas	Unidad	354
Cantidad de población afectada	Unidad	1460
Estructuras afectadas	Kms	12.02
Áreas de producción agrícola afectada	Has	148.65

7.3.2.3 Crecida por rompimiento de presa en operación normal

Las características y efectos que se pueden observar en las áreas inundadas en este escenario son los siguientes:

Cuadro Nº 17 – Efectos de inundación por rotura en operación normal

Descripción	Unidad	Cantidad
Área de inundación	Has	1083.04
Cantidad de viviendas afectadas	Unidad	386
Cantidad de población afectada	Unidad	1544
Estructuras afectadas	Kms	11.45
Áreas de producción agrícola afectada	Has	148.65

7.3.2.4 Crecida por rompimiento de presa en crecida extraordinaria 1:100

Las características y efectos que se pueden observar en las áreas inundadas en este escenario son los siguientes:

Cuadro Nº 18 – Efectos de inundación por rotura en crecida máxima

Descripción	Unidad	Cantidad
Área de inundación	Has	1114.03
Cantidad de viviendas afectadas	Unidad	395
Cantidad de población afectada	Unidad	1580
Estructuras afectadas	Kms	12.35
Áreas de producción agrícola afectada	Has	148.65

7.3.2.5 Crecida Máxima Probable

Las características y efectos que se pueden observar en las áreas inundadas en este escenario son los siguientes:

Cuadro N° 19 – Efectos de inundación por Crecida Máxima Probable

Descripción	Unidad	Cantidad
Área de inundación	Has	1220.20
Cantidad de viviendas afectadas	Unidad	452
Cantidad de población afectada	Unidad	1756
Estructuras afectadas	Kms	12.35
Áreas de producción agrícola afectada	Has	148.65

7.3.3. Descripción de las afectaciones aguas arriba

Las características y efectos que se pueden observar en las áreas inundadas en este escenario son los siguientes:

Cuadro N° 20 – Efectos de inundación aguas arriba

Escenario ASEP	Escenario análogo	Área de Inundación (Has)	Cantidad de viviendas afectadas	Cantidad de población afectada	Estructuras afectadas	Áreas de producción agrícola afectadas (Has)
Crecida Ordinaria con Periodo de Retorno de 1:50 años	Escenario 0	43.25	0	0	0	0
Crecida Extraordinaria con Periodo de Retorno de 1:100 años	Escenario 1	44.08	0	0	0	0
Por Rompimiento de Presa en Condición de Operación Normal	Escenario 2	46.24	0	0	0	0
Por Rompimiento de Presa en crecida Extraordinaria	Escenario 3	53.54	0	0	0	0
Crecida Máxima Probable (CMP)	Escenario 4	56.89	0	0	0	0

7.4. Recomendaciones para el plan de emergencia.

Se recomienda actualizar el Flujo de Comunicación de acuerdo a los cambios que se den en la organización del dueño en la operación o en las instituciones mencionadas.

8. ANEXOS

ANEXO A - Formulario para registro de eventos

ANEXO B - Mapas de inundación Los Planetas II

ANEXO C - Planos como construido de la presa

ANEXO D - Análisis hidráulico del río David

ANEXO E - Directorio de contactos alternativos

ANEXO F - Plan de simulacro para operadores de la presa