

# CALDERA ENERGY CORP, S.A.

## CENTRAL HIDROELECTRICA MENDRE I

### PLAN DE ACCION DURANTE EMERGENCIAS (PADE)

#### REVISIÓN N°1

Preparado por:  
Ambrosio Ramos  
Tomasu Muñoz

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

OCTUBRE, 2012  
Notificaciones y Diagramas de Aviso actualizados en 2024

# CALDERA ENERGY CORP, S.A.

## CENTRAL HIDROELECTRICA MENDRE 1

### PLAN DE ACCION DURANTE EMERGENCIAS (PADE) REVISIÓN N°1

Preparado por:  
Ambrosio Ramos  
Tomasa Muñoz

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

OCTUBRE, 2012  
Notificaciones y Diagramas de Aviso actualizados en 2024

## Contenido

|  |    |
|--|----|
| 1. PROPOSITO DEL PADE.....                                     | 5  |
| 2. DESCRIPCION DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA MENDRE I.....      | 6  |
| 2.1 Ubicación Regional.....                                    | 6  |
| 2.2 Características de la Central Hidroeléctrica Mendre I..... | 8  |
| 2.2.1 Presa.....   | 12 |
| 2.2.2 Toma.....  | 12 |
| 2.2.3 Desarenador.....   | 12 |
| 2.2.4 Canal de Conducción.....                                 | 12 |
| 2.2.5 Cámara de Carga.....                                     | 13 |
| 2.2.6 Tubería Forzada.....                                     | 13 |
| 2.2.7 Casa de Máquinas.....                                    | 13 |
| 2.2.8 Canal de Descarga.....                                   | 13 |
| 2.2.9 Subestación.....   | 13 |
| 2.2.10 Línea de Transmisión.....                               | 13 |
| 2.2.11 Caminos de Accesos Permanentes.....                     | 13 |
| 2.3 Equipos Hidromecánicos.....                                | 14 |
| 2.4 Equipos Electromecánicos Principales.....                  | 14 |
| 3. CRITERIOS Y PARAMETROS DE DISEÑO.....                       | 15 |
| 3.1 Datos Geológicos y Geotécnicos.....                        | 15 |
| 3.2 Hidrológicos e Hidráulicos.....                            | 15 |
| 3.3 Sísmicos.....  | 16 |
| 4. RESPONSABILIDADES GENERALES BAJO EL PADE.....               | 18 |
| 4.1. Responsabilidades del Dueño.....                          | 18 |
| 4.2. Responsabilidades de Notificación.....                    | 18 |
| 4.3. Responsabilidades de Evacuación.....                      | 18 |
| 4.4. Responsabilidades de Terminación y Seguimiento.....       | 18 |
| 4.5. Responsabilidad de Coordinador del PADE.....              | 18 |
| 5. DETECCION DE LA EMERGENCIA, EVALUACION Y CLASIFICACION..... | 19 |
| 5.1. Definición de los Tipos de Alertas.....                   | 19 |
| 5.1.1. Alerta Blanca.....                                      | 19 |
| 5.1.2. Alerta Verde.....                                       | 20 |
| 5.1.3. Alerta Amarilla.....                                    | 20 |
| 5.1.4. Alerta Roja.....  | 20 |
| 5.2. Descripción de la Amenaza de Falla de la Presa.....       | 21 |
| 5.3 Descripción de la Amenaza de Crecida.....                  | 22 |
| 5.4. Causas de Declaración de la Emergencia.....               | 22 |
| 5.5. Determinación del Nivel de Emergencia.....                | 23 |

|  |    |
|--|----|
| 5.5.1. Umbrales para los Distintos Sucesos.....                  | 24 |
| 5.5.2. Umbrales Asociados a Avenidas.....                        | 24 |
| 5.5.3. Umbrales Asociados a Sismos. ....                         | 24 |
| 5.5.4. Umbrales Asociados a la Inspección y Pruebas.....         | 25 |
| 5.5.5. Umbrales Asociados a la Auscultación.....                 | 26 |
| 5.6. Evaluación de las Emergencias.....                          | 27 |
| 5.6.1. Indicadores de Nivel del Embalse: .....                   | 27 |
| 5.6.2. Indicadores de Actividad Sísmica: .....                   | 27 |
| 5.6.3. Inspección a las Estructuras: .....                       | 27 |
| 5.7. Conclusión de la Emergencia .....                           | 27 |
| 6. ACCIONES DURANTE EMERGENCIA.....                              | 28 |
| 6.1. Paso 1: Detección del Evento. ....                          | 28 |
| 6.2. Paso 2: Determinación del Nivel de Emergencia. ....         | 28 |
| 6.3. Paso 3: Niveles de Comunicación y Notificación.....         | 28 |
| 6.3.1. Modelos de Notificación. ....                             | 29 |
| 6.3.2. Flujo de Notificaciones. ....                             | 30 |
| 6.4. Paso 4: Acciones Durante la Emergencia. ....                | 35 |
| 6.4.1. Definición de las Acciones de Emergencia: .....           | 35 |
| 6.4.2. Formulario de Registro de Evento.....                     | 35 |
| 6.5. Paso 5: Terminación.....                                    | 36 |
| 7. MAPA DE INUNDACION.....                                       | 37 |
| 7.1. Estudio de Situaciones de Emergencia.....                   | 37 |
| 7.2. Estudio de Afectación de la Ribera de Embalse y Valle ..... | 38 |
| 7.3. Análisis Hidráulico. ....                                   | 38 |
| 7.3.1. Crecidas Extraordinarias.....                             | 38 |
| 7.4. Resultados. ....  | 39 |
| 7.5. Mapas de Inundación.....                                    | 39 |
| 7.6. Descripción de la Zona Potencialmente Inundable.....        | 39 |
| 7.7. Recomendaciones para el Plan de Emergencia. ....            | 40 |
| 8. ANEXOS. ....  | 41 |

## ABREVIATURAS

|          |  |
|----------|--|
| ASEP     | Autoridad de los Servicios Públicos                  |
| B        | ancho  |
| CH       | Central Hidroeléctrica                               |
| CORP.    | Corporación  |
| E        | Este   |
| El.      | Elevación  |
| HEC-RAS  | Hydrologic Engineering Centers River Analysis System |
| N        | Norte  |
| PADE     | Plan de Acción Durante Emergencias                   |
| PGA      | Aceleración pico de nivel de roca                    |
| Qfalla   | Caudal de falla                                      |
| REP      | Reglamento Estructural Panameño                      |
| S.A.     | Sociedad Anónima                                     |
| SIN      | Sistema Interconectado Nacional                      |
| SINAPROC | Sistema Nacional de Protección Civil                 |
| TR       | Periodo de Retorno                                   |
| UTESEP   | Unidad Técnica de Seguridad de Presas                |
| UTM      | Universal Transverse de Mercator                     |

## UNIDADES

|                   |  |
|-------------------|--|
| g                 | aceleración de la gravedad de la tierra (9.81 m <sup>3</sup> /s) |
| Ha                | Hectárea   |
| Km                | Kilómetro  |
| Km <sup>2</sup>   | Kilómetro cuadrado   |
| Kv                | Kilo voltio  |
| m                 | metro  |
| m <sup>3</sup>    | metro cúbico   |
| m <sup>3</sup> /s | metro cúbico por segundo   |
| mm                | milímetro  |
| msnm              | metros sobre nivel del mar                                       |
| MW                | Mega Watt  |
| MVA               | Megavoltioamperio  |
| Rpm               | Revoluciones por minuto  |

## **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 Mendre I, 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 la las estructuras que conforman una Central Hidroeléctrica o un Complejo.

## 2. DESCRIPCION DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA MENDRE I.

### 2.1 Ubicación Regional.

La CH Mendre I, está localizada en el río Chiriquí en la Provincia de Chiriquí, aproximadamente 40 km al norte de la ciudad de David. El acceso a las estructuras principales de la Central Hidroeléctrica se describe por la vía hacia Boquete se desvía hacia la población de Caldera, sobre la calle principal de Caldera, justo antes de la desviación hacia la Central Estí, se desvía hacia la derecha aproximadamente 2.5 km al sureste.

En el ANEXO B y Figura N° 1 se presenta el plano de localización de la Central Hidroeléctrica Mendre I.

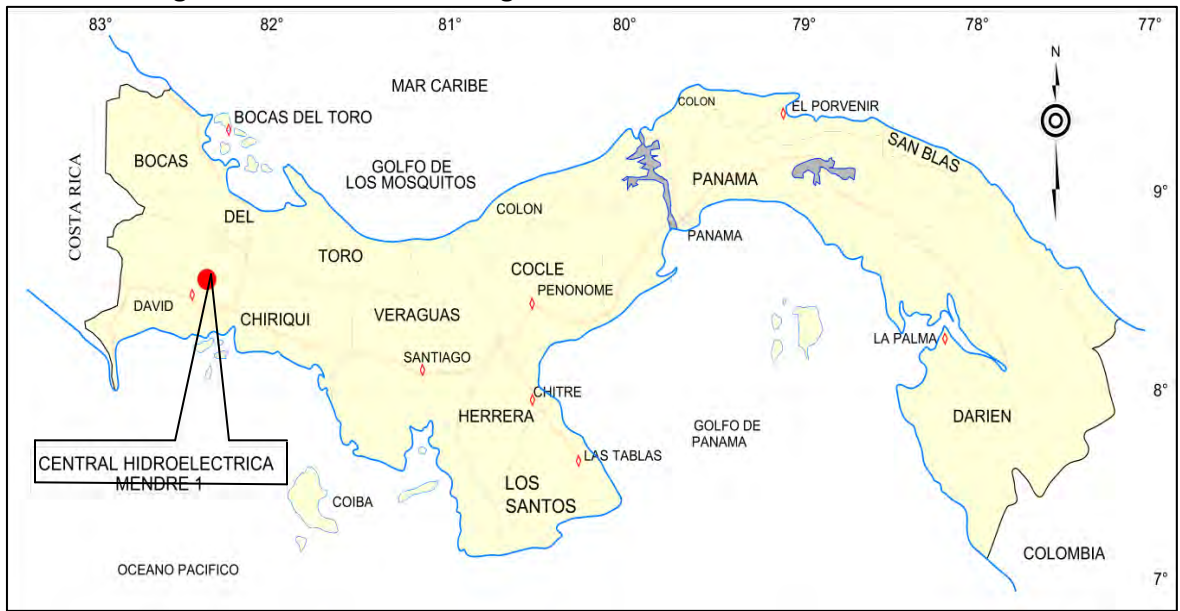
Las estructuras de la Central Mendre I, desde la presa hasta el Canal de Descarga, se localizan entre las siguientes coordenadas UTM:

**Cuadro N°1 – Coordenadas de ubicación regional de las estructuras de la CH Mendre I**

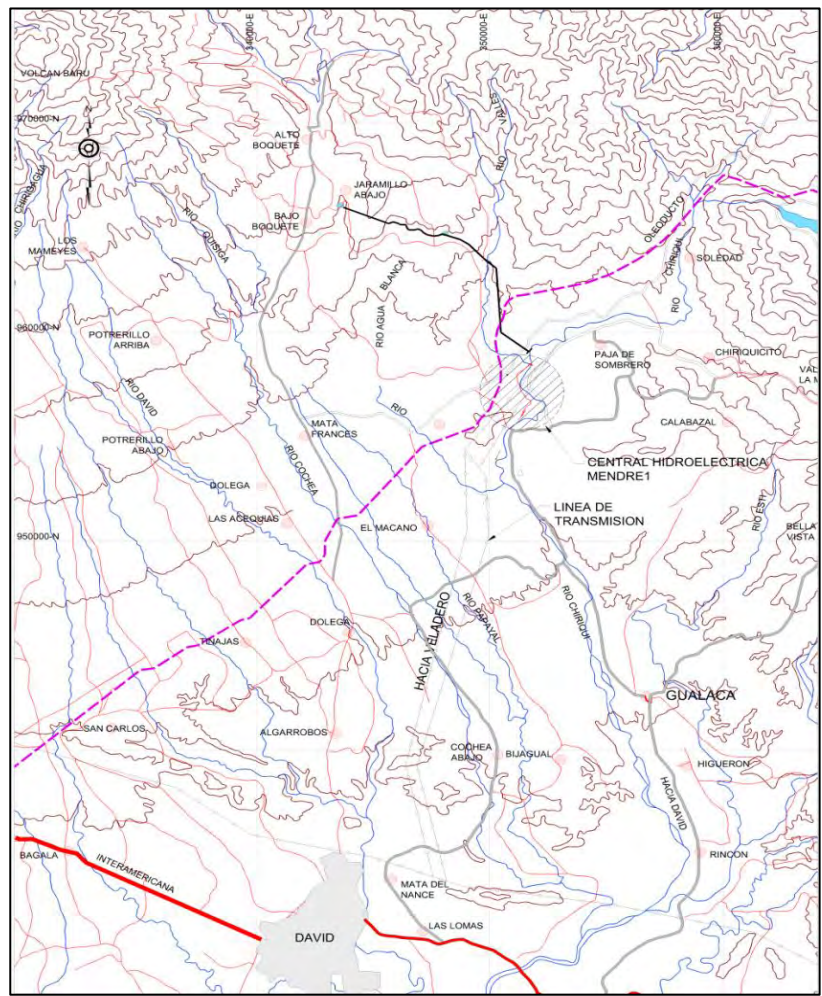
| Descripción de las Estructuras |        | Coordenadas NAD 27 |           | Coordenadas WGS 84 |           |
|--------------------------------|--------|--------------------|-----------|--------------------|-----------|
|                                |        | NORTE              | ESTE      | NORTE              | ESTE      |
| Presa                          |        | 958445.91          | 351769.36 | 958652.52          | 351787.53 |
| Obras de Toma                  |        | 958468.70          | 351746.60 | 958675.31          | 351764.77 |
| Canal de Conducción            | INICIO | 958379.54          | 351626.29 | 958586.15          | 351644.46 |
|                                | FINAL  | 956257.37          | 351497.71 | 956463.98          | 351497.71 |
| Cámara de Carga                |        | 956198.33          | 35145686  | 956404.94          | 351475.03 |
| Tubería Forzada 1              | INICIO | 956166.72          | 351400.61 | 956373.33          | 351464.64 |
|                                | FINAL  | 956049.39          | 351400.61 | 956256.00          | 351418.78 |
| Tubería Forzada 2              | INICIO | 956165.30          | 351451.03 | 956371.91          | 351469.20 |
|                                | FINAL  | 956045.28          | 351413.91 | 956251.89          | 351432.08 |
| Casa de Máquinas               |        | 956039.50          | 351407.24 | 956246.11          | 351425.41 |
| Canal de Descarga              |        | 955774.72          | 351195.63 | 955981.33          | 351213.80 |
| Subestación                    |        | 956047.39          | 351429.79 | 956254.00          | 351447.96 |

En la Figura N°2 la ubicación provincial de la central Hidroeléctrica Mendre I y en la Figura N°3 la localización provincial del general de la Central.

**Figura Nº 1 – Localización Regional de la Central Hidroeléctrica Mendre I**



**Figura Nº 2 – Localización Regional de la Central Hidroeléctrica Mendre I**





## 2.2 Características de la Central Hidroeléctrica Mendre I.

La empresa Caldera Energy Corp. S.A., ha construido la Central Hidroeléctrica de Mendre I, sobre el río Chiriquí, en su margen derecho, contemplando el aprovechamiento de los recursos hídricos de dicho río. Su captación se encuentra a la altura del lugar denominado El Barrero en la El. 309.437 msnm, aguas abajo del Complejo Hidroeléctrico La Estrella - Los Valles y entrega las aguas turbinadas aguas arriba de la captación para la Central Estí, en la El. 250.00 msnm, por lo que no afecta a este último dado que su nivel de captación está en la El. 225.00 msnm.

El río Chiriquí es derivado en su cuenca alta por la Central Hidroeléctrica Fortuna, la cual retorna los recursos turbinados en la quebrada Barrigón. La Central Estí aprovecha dichos recursos de las aguas turbinadas de Fortuna, se suman los caudales naturales de la quebrada Barrigón, los recursos del río Chiriquí, aguas abajo de la Central Mendre I y las turbinas en la Central de Canjilones, sobre el margen izquierdo del río Estí.

La Central Hidroeléctrica Mendre I, incluye una presa vertedora y toma adyacente sobre la margen derecho del río Chiriquí, un desarenador, un Canal de Conducción, una Cámara de Carga, 2 líneas de Tubería Forzada, una Casa de Máquinas, un Canal de Descarga, subestación, y sistema de transmisión asociado.

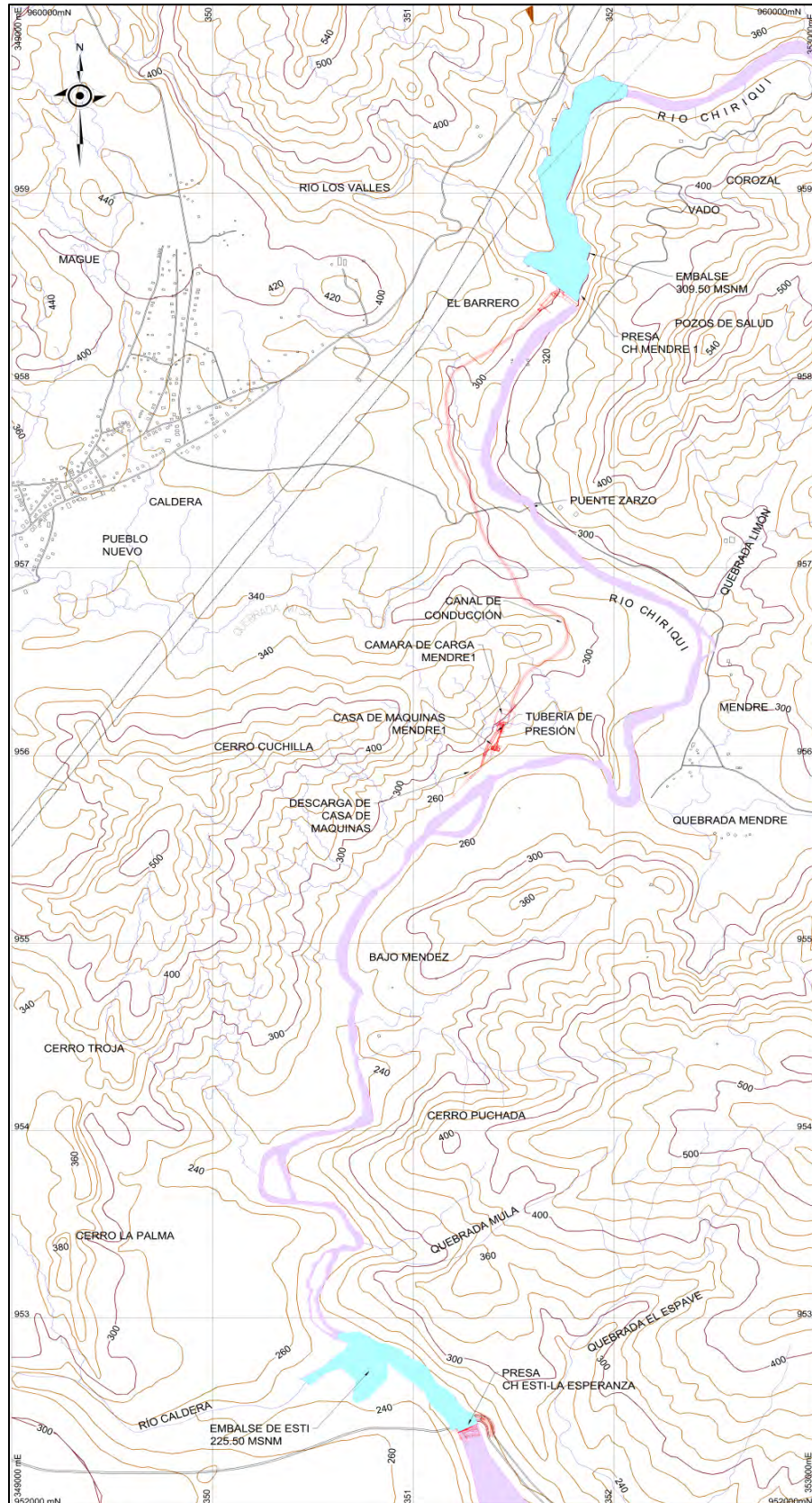
En el Cuadro Nº 2 se presentan las características principales del proyecto.

**Cuadro Nº 2- Características Principales de la Central Hidroeléctrica Mendre 1**

| Descripción                                       | Datos  |
|---|--|
| Provincia   | Chiriquí   |
| Distrito  | Boquete (Presa y Casa de Máquinas)   |
| Ciudades Cercanas                                 | Caldera, Boquete   |
| Recurso de Agua                                   | Río Chiriquí (menos derivación Fortuna) + caudales turbinados de Estrella Los Valles + caudales naturales excedentes de Los Valles |
| Área de Drenaje                                   | 346 km <sup>2</sup>  |
| Caudal anual Promedio                             | 30.3 m <sup>3</sup> /s   |
| Caudal de diseño del vertedero 1:1,000 años       | 1397 m <sup>3</sup> /s   |
| Caudal de diseño de protección de la Central      | 1800 m <sup>3</sup> /s   |
| Caudal de diseño de la Central                    | 38 m <sup>3</sup> /s   |
| Tipo de Presa                                     | Concreto de Gravedad   |
| Elevación de la Cresta de la Presa                | El. 309.43 msnm  |
| Nivel de operación normal                         | El. 309.50 msnm  |
| Elevación del lecho/la fundación de la presa      | El. 302.0 msnm / El. 300msnm   |
| Presa, altura, longitud de la cresta              | 8.50m, 90m   |
| Tipo de vertedero                                 | Cimacio libre, de perfil de lámina vertiente   |
| Canal de Conducción, longitud, ancho, profundidad | 3,047m, B=5m, variable   |

| <b>Descripción</b>  | <b>Datos</b>              |
|---|---------------------------|
| Cámara de Carga, nivel normal de agua, profundidad                    | El. 308.30 msnm, 6.6m     |
| Tubería Forzada, número, longitud, diámetro                           | 2, 128m, 2.7m             |
| Tipo de Casa de Máquinas  | Superficial               |
| Canal de Descarga, longitud, ancho, profundidad (sección rectangular) | 60m, 8.0m, 3.0m           |
| Canal de Descarga, longitud, ancho, profundidad (sección trapecial)   | 208m, 5, 3.0m             |
| Tipo de turbina, número   | Eje Horizontal, Francis 2 |
| Capacidad de diseño de la turbina                                     | 10 MW                     |
| Capacidad Entregada en Interconexión                                  | 20 MW                     |
| Línea de Transmisión, voltaje, circuitos, longitud                    | 34.5 kv, 1, 3,000m        |
| Interconexión al SIN en   | Subestación Caldera       |

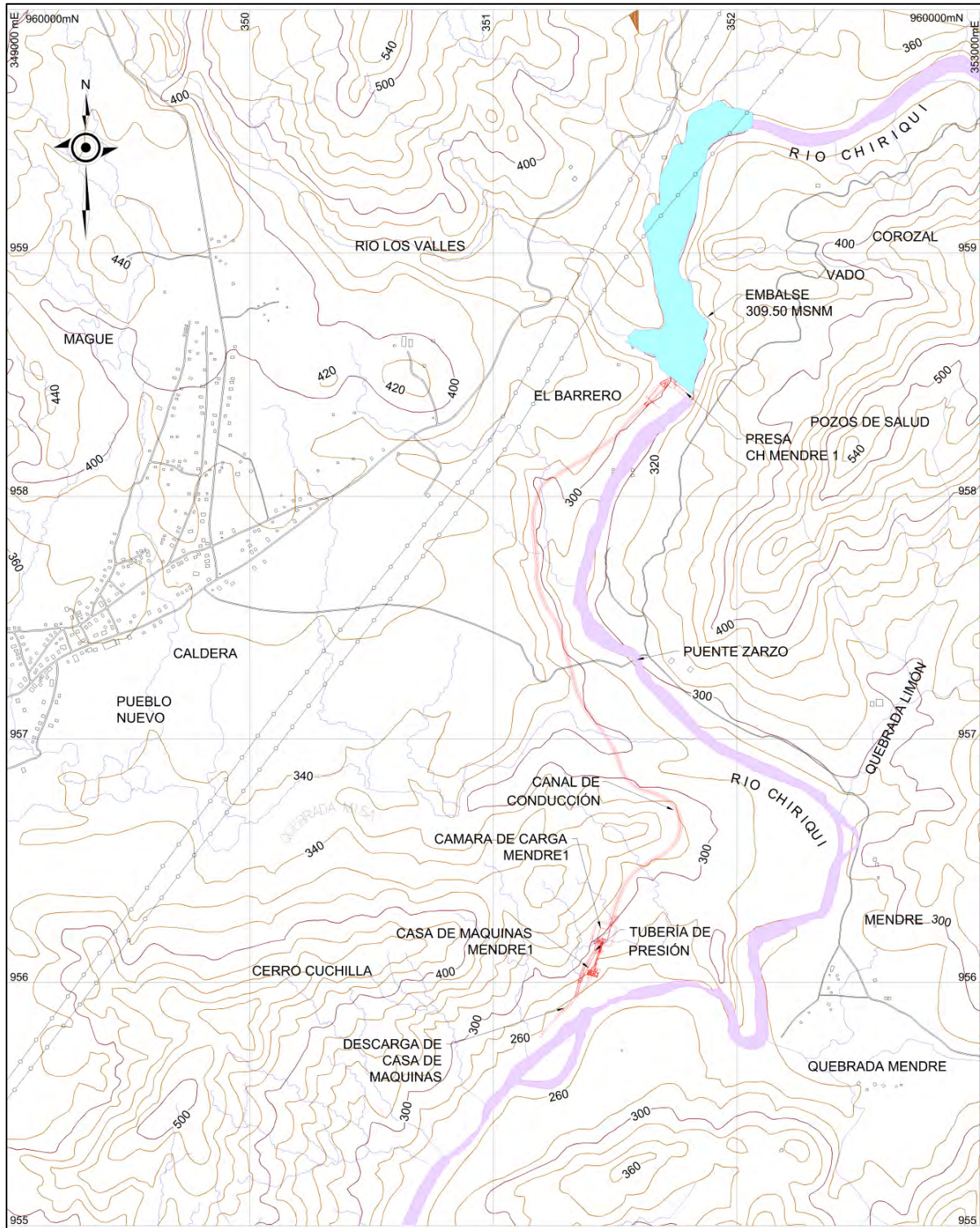
Figura N° 3 – Localización de la Central Hidroeléctrica Mendre I





En la Figura N° 4 se presenta un esquema general de la Central Hidroeléctrica Mendre I, en donde se muestran todas las estructuras que la componen.

**Figura N° 4 – Localización de las Estructuras de la Central Hidroeléctrica Mendre I**



A continuación se describen las estructuras que conforman la CH Mendre I, de forma general:

### **2.2.1 Presa.**

Presa derivadora y vertedora de concreto de gravedad en el río Chiriquí, siendo el nivel máximo de operación normal del agua El. 309.50 msnm. La cresta de la presa se encuentra en la El. 309.437 msnm, la altura máxima de la presa es 8.5 m desde el nivel del lecho hasta el nivel de la cresta de la presa y la longitud de la cresta es 90 m. La capacidad de descarga de diseño del vertedero libre es 1,397 m<sup>3</sup>/s, correspondiente a la crecida milenaria, alcanzando el nivel máximo de agua la El. 313.50 msnm. El canal de limpieza de sedimentos gruesos se ubica adyacente a la toma de captación y tiene dos compuertas planas deslizantes de 4 m de ancho por 2 m de alto, y que trabajarán ocasionalmente cuando se deseen eliminar los sólidos acumulados frente a la toma de captación. Estas compuertas tienen ataguías previas que solo se usan en caso de reparación de las compuertas.

Un embalse con un área superficial de 20 Ha aproximadamente en el valle del río Chiriquí formado por la presa.

### **2.2.2 Toma.**

Tiene dos ventanas de 7 m de ancho cada una por 3 m de altura y con sistema de rejillas gruesa y fina y sus respectivos limpia rejas y con un canal de limpieza de material sólido entre ellas. Este canal posee una compuerta plana deslizante de 2 m de ancho por 2 m de alto para limpiar ocasionalmente el material acumulado en dicho canal y para dejar pasar el caudal ecológico, además posee una ataguía previa para mantenimiento de la compuerta. El piso de la toma está en la El. 306.50 msnm. La toma se conecta al desarenador mediante una transición curva, cuyo piso va de la El. 306.50 msnm a la El. 302.50 msnm y una bifurcación, siendo canales rectangulares de 7 m de ancho cada uno.

### **2.2.3 Desarenador.**

El desarenador cuenta con dos naves con dos ingresos. En los ingresos se ubican las compuertas y ataguías de 6 m de ancho y 4 m de altura cada una. Se han proyectado las transiciones hacia las naves de 30 m de longitud, y cuyo piso va desde la elevación 305.50 msnm a la El. 300.00 msnm y cuyo ancho cambia de 6 m a 19 m. Las naves de desarenación de 19 m de ancho por 45 m de longitud, de sección superior rectangular y sección inferior trapecial, con un canal de recolección de arenas en el fondo. Por último se ha proyectado el vertedero y canal de recolección de salida y conexión con el Canal de Conducción. Debajo del vertedero y conectando los canales de recolección de arenas de ambas naves se tiene el canal de purga que desemboca en el río.

### **2.2.4 Canal de Conducción.**

Canal de Conducción trapecial de 3,047 m de largo entre el desarenador y la Cámara de Carga, de sección trapecial, de ancho en la base de 5 m y taludes 1.5:1 revestido en concreto de 0.10 m de espesor y cuya nivel de plataforma está en la El. 308.00 msnm en todo su recorrido. El canal trapecial

tiene una pendiente de fondo de 0.00025 y en algunos tramos estratégicos sección rectangular. El canal tiene en su recorrido algunos puentes de cruce.

### **2.2.5 Cámara de Carga.**

Tienen una capacidad de 24,900 m<sup>3</sup>, de área cuadrada en la base de 39.40 m de lado, con paredes perimetrales de diques de material terreo de talud interno 2:1 y de 10 m de altura. El piso de la cámara se ubica en la El. 300.60 m y tiene uno de sus lados normal al eje del Canal de Conducción, en el otro lado de la cámara se ubica la estructura de salida con dos ventanas, ambos con sistema de rejillas compuertas y ataguías que conectan con cada una de las dos tuberías forzadas. En el tercer lado de la cámara paralelo al de ingreso del canal de conducción se ha previsto un vertedero a la cota 308.30 msnm y canal de recolección de los excesos o demasías, este canal actuará para evacuar excesos y como conducción alterna durante períodos de mantenimiento. El canal de demasías es una rápida que corre por la ladera, del cerro paralela a las tuberías forzadas y tiene un colchón disipador de energía y luego una entrega en una cámara de repartición en el Canal de Descarga de la Central.

### **2.2.6 Tubería Forzada.**

Dos tuberías de acero de 2.7 m de diámetro cada una y 128 m de largo, con dos cambios de dirección y apoyos en todo su recorrido, expuestas y que llegan a la válvula mariposa.

### **2.2.7 Casa de Máquinas.**

La casa de máquinas es superficial con dos turbinas Francis de eje horizontal y generador.

### **2.2.8 Canal de Descarga.**

Canal de descarga de sección mixta, rectangular al inicio los primeros 60 m y trapecial los siguientes 208 m.

### **2.2.9 Subestación.**

La sub-estación se encuentra ubicada adyacente a la casa de máquinas con un transformador de potencia y panel de conmutación.

### **2.2.10 Línea de Transmisión.**

Línea de Transmisión de circuito sencillo de 34.5 kV y 3,000 m de longitud de la subestación de Mendre I a la subestación de Caldera.

### **2.2.11 Caminos de Accesos Permanentes.**

Caminos nuevos a la presa y toma, y hasta la cámara de carga, a través de los 3,047 m de longitud del canal.

### 2.3 Equipos Hidromecánicos.

En el siguiente Cuadro se presenta una breve descripción de las compuertas que componen la Central:

**Cuadro Nº 3 - Condición Normal de las Compuertas**

| Descripción                          | Condiciones          | Ubicación  |
|--------------------------------------|----------------------|--|
| Compuerta del Desarenador            | Normalmente abierta  | Toma Principal a la entrada del desarenador  |
| Compuerta de las Tuberías de Presión | Normalmente abierta  | Después de la cámara de carga  |
| Compuerta de Descarga de Fondo       | Normalmente cerrada  | Descarga de fondo.<br>Al lado de la rejilla principal al lado izquierdo mirando aguas abajo. |
| Compuertas de Purga del Desarenador  | Normalmente cerradas | Al final de cada desarenador por medio de un conducto que descarga al cauce del río.         |

### 2.4 Equipos Electromecánicos Principales.

El siguiente cuadro muestra una breve descripción de los equipos que componen la Central:

**Cuadro Nº 4 - Partes Principales de los Equipos Electromecánicos**

| Equipos Electromecánicos            |                        |
|-------------------------------------|------------------------|
| Descripción                         | Datos                  |
| Diámetro                            | m                      |
| Turbina                             | (Turbina tipo Francis) |
| Caída neta nominal                  | 54.5 m                 |
| Caída neta máxima                   | 56.96 m                |
| Descarga máxima por unidad          | 19 m <sup>3</sup> /s   |
| Capacidad máxima                    | 9.43 MW                |
| Velocidad                           | 450 rpm                |
| Número de unidades                  | 2                      |
| Regulador de Velocidad o Gobernador | (Control PID)          |
| Sistema                             | Hidráulico             |
| Generador                           | (Generador Sincrónico) |
| Capacidad nominal                   | 10.75 MVA              |
| Factor de Potencia                  | 0.9                    |
| Voltaje nominal                     | 13.8 kv                |
| Corriente nominal                   | A                      |
| Frecuencia                          | 60 Hz                  |

### 3. CRITERIOS Y PARAMETROS DE DISEÑO.

#### 3.1 Datos Geológicos y Geotécnicos.

A continuación se presenta un resumen de las características geológicas y geotécnicas en los sitios de emplazamiento de las obras del proyecto.

✓ **Presa, Toma y Desarenador:**

El cauce del Río Chiriquí se encuentra relleno de un depósito aluvial grueso, en el cual el componente de arena-grava, forma una minoría volumétrica que, a menudo, no sobrepasa el 10 % en volumen. Litológicamente se trata de fragmentos y bloques métricos y clastos de centímetros, mal clasificados. Los fragmentos se encuentran frescos, predominando las variedades de lavas ácidas y medias (dacitas, riolitas) intrusivos ácidos (granodioritas, granitos); rocas intermedias y básicas (basaltos, andesitas).

✓ **Canal de Conducción:**

En el alineamiento de este canal se puede encontrar bolas de roca de tamaño decímetro a métrico en una matriz de gravas y arenas.

✓ **Cámara de Carga y Tubería Forzada:**

En esta zona se encuentran tobos de composición basáltica, integradas tanto por vidrio como por litoclastos de fracción arena a lapilli.

✓ **Casa de Máquinas y Canal de Descarga:**

En esta zona se puede encontrar materiales aluvionales de granulometría muy heterogénea, donde el componente fino forma un bajo porcentaje de la fracción.

#### 3.2 Hidrológicos e Hidráulicos.

Los criterios hidrológicos e hidráulicos de diseño para la presa y las estructuras de la CH Mendre I se resumen en los Cuadros N° 5 y N° 6.

Según el estudio hidrológico el caudal promedio en el punto de derivación es de 30.3 m<sup>3</sup>/s. El aporte de recursos hídricos en dicho punto está compuesto por:

- ✓ Los caudales naturales del río Chiriquí entre la presa de Fortuna y el sitio de derivación.
- ✓ Los aportes del río Caldera que son derivados para la Central Estrella y luego turbinados por la Central Los Valles y entregados en el río Chiriquí.

La precipitación anual en el área oscila entre 3,600 y 4,000 mm.

El Proyecto aprovecha un caudal de diseño de 38 m<sup>3</sup>/s, equivalente a un porcentaje de duración de 24 % (sin descontar el caudal ecológico). Descontando el caudal ecológico el 20 % del tiempo se captará el



caudal de diseño, el 50 % del tiempo el caudal captado será superior a 24.2 m<sup>3</sup>/s, el 75 % del tiempo superior a 17 m<sup>3</sup>/s y el 95 % del tiempo superior a 10 m<sup>3</sup>/s.

**Cuadro Nº 5 – Datos Hidrológicos de la Central Mendre 1**

| Descripción                               | Unidades          | Especificación                |
|---|-------------------|-------------------------------|
| Nombre de la Central                      | -                 | Mendre I                      |
| Río                                       | -                 | Chiriquí                      |
| Tipo de Central                           | -                 | Filo de Agua                  |
| Área de Drenaje                           | km <sup>2</sup>   | 346                           |
| Caudal Promedio                           | m <sup>3</sup> /s | 30.3                          |
| Caudal Promedio Utilizado por el Proyecto | m <sup>3</sup> /s | 23.5                          |
| Caudal de Diseño                          | m <sup>3</sup> /s | 38                            |
| Caudal Ecológico Previsto                 | m <sup>3</sup> /s | 10 % del caudal medio mensual |
| Caudal de Diseño del Vertedero            | m <sup>3</sup> /s | 1,397                         |

**Cuadro Nº 6– Caudales Máximos Estimados Mediante el Método Estadístico**

| Periodo de Retorno (Años) | Caudal (m <sup>3</sup> /s) |
|---------------------------|----------------------------|
| 2                         | 249                        |
| 5                         | 375                        |
| 10                        | 485                        |
| 25                        | 645                        |
| 100                       | 908                        |
| 1000                      | 1397                       |
| 10000                     | 2003                       |

### 3.3 Sísmicos

El Proyecto Mendre I, adopta los valores para aceleración Pico a Nivel de Roca (PGA) que se presentan en el Cuadro Nº 7. Siendo que la presa es una estructura de baja altura y cuya falla no comprometería pérdidas de vidas y tampoco generaría pérdidas económicas aguas abajo del sitio de presa, para su análisis bajo un sismo, se acepta utilizar un período de retorno de dos mil años; para el diseño del canal, terraplenes y excavaciones se adopta un periodo de retorno de mil años. Para la Casa de Máquinas, Cámara de Carga y Tubería Forzada se selecciona un periodo de retorno de 2,000 años. Para el análisis de estabilidad de la presa y otras estructuras, el coeficiente pseudoestático a aplicar tendrá un valor de 2/3 de la máxima aceleración pico en roca (PGA).

**Cuadro Nº 7 – Aceleración Sísmica en Mendre 1**

| Periodo de retorno (Años) | Aceleración Sísmica (g) |
|---------------------------|-------------------------|
| 1,000                     | 0.29 g                  |
| 2,000                     | 0.35 g                  |

En general todos los diseños cumplen con el requerimiento mínimo de aceleración de terreno establecido en el Reglamento Estructural Panameño REP.

## **4. RESPONSABILIDADES GENERALES BAJO EL PADE.**

### **4.1. Responsabilidades del Dueño.**

CALDERA ENERGY CORP.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.

CALDERA ENERGY CORP. 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.**

CALDERA ENERGY CORP. S.A., es el responsable de notificar cualquier alerta. Se ha preparado un cuadro resumen, donde se indican los organismos responsables de declarar la notificación en base a la alerta temprana de cada emergencia.

### **4.3. Responsabilidades de Evacuación.**

SINAPROC, es el encargado de realizar la evacuación aguas abajo de la presa de la Central Hidroeléctrica Mendre I.

### **4.4. Responsabilidades de Terminación y Seguimiento.**

CALDERA ENERGY CORP. S.A., es responsable por dar seguimiento, terminar y reportar los detalles relacionados a la emergencia.

### **4.5. Responsabilidad de Coordinador del PADE.**

CALDERA ENERGY CORP. S.A., ha establecido como responsable para coordinar el Plan de Acción Durante Emergencias (PADE), a Elvis Sands; 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 Mendre I y a los requerimientos de las Normas de Seguridad de Presa de ASEP se establecen los criterios que deben advertir al Responsable de la Seguridad de la Presa de Mendre I 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 Mendre I, 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 C se encuentran las referencias sobre planos y memorias de cálculo de la presa.

Las Normas de Seguridad de Presa aprobadas por ASEP requieren evaluar los efectos de una posible falla de la presa. Para que se dé el fallo de la presa Mendre I, 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 para dar las alarmas respectivas (ver sección 5.4.).

#### **5.1.1. Alerta Blanca.**

##### **Causas:**

Inicio de vertimiento, el nivel del embalse ha alcanzado la elevación 310.50 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 0.1g 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 312.20 msnm (avenida TR: 1:50). 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 0.1g y 0.18g. 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 313.50 msnm. El sistema de alerta temprana indica que está lloviendo en la cuenca del embalse y se pronostica el aumento de nivel del embalse. 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 0.18g y 0.29g. 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 314.50 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 0.29g. 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.

El pequeño embalse que produce la presa de desvío de la Central hidroeléctrica Mendre I, de aproximadamente 87,000 m<sup>3</sup>, no representa una gran amenaza a la población aguas abajo de la presa. La Foto N° 1 muestra el sitio de la presa y el embalse a la cota 309.50 msnm.



Foto N° 1- Presa y Embalse CH Mendre I (Nivel 309.50 msnm)

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 0.25 horas (900 segundos), para una presa de concreto que falla en múltiples bloques, obteniendo el caudal generado por esta falla el cual sería de:

$$Q_{falla} = (87,000 \text{ m}^3)/900 \text{ segs}$$
$$Q_{falla} = 97 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Este caudal representa una probabilidad de ocurrencia de menos de dos años según el estudio hidrológico realizado para el diseño de las estructuras.

Con esto se concluye que la rotura de la presa por cualquier motivo no ocasionaría una emergencia debido a que no aumentaría los niveles del río de manera notable con respecto a las crecidas ordinarias.

Para los requerimientos de ASEP sobre escenarios de emergencia se descarta la rotura de presa por no presentar una emergencia adicional.

### **5.3 Descripción de la Amenaza de Crecida**

La categorización de la presa de Mendre I de acuerdo a sus características y a su riesgo hacia el público aguas abajo se considera "categoría C" de "Bajo Riesgo". El criterio de verificación hidrológico establecido en la Norma de Seguridad de Presa de ASEP para esta categoría es la crecida de periodo de retorno 1 en 100 años.

Aunque el criterio de diseño de la Central Hidroeléctrica ha sido para una crecida de 1:1,000 años, la verificación de acuerdo a los criterios de ASEP se hará para las crecidas ordinaria y extraordinaria: 1: 50 y 1:100 años. Además, se hace verificación para la crecida de 1:1,000 años.

### **5.4. Causas de Declaración de la Emergencia.**

Los operadores y el Oficial de Seguridad de la presa Mendre I, 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 Nº 8 a continuación.

**Cuadro Nº 8- Causas de la Emergencia**

| <b>EXÓGENAS</b>                            |   |
|--|---|
| <b>ATENCIÓN PREFERENTE</b>                 | <b>ATENCIÓN NORMAL</b>                      |
| Avenida                                    | Sismo                                       |
|  | Precipitación local extrema                 |
|  | Deslizamiento de laderas                    |
|  | Fuego, Vandalismo, Sabotaje, Guerra         |
| <b>ENDÓGENAS</b>                           |   |
| <b>ATENCIÓN PREFERENTE</b>                 | <b>ATENCIÓN NORMAL</b>                      |
| <b>CUERPO DE PRESA</b>                     |   |
| Movimientos anómalos y sobretensiones      | Permeabilidad de juntas                     |
| <b>ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL HORMIGÓN</b> |   |
|  | Deterioro y envejecimiento del hormigón     |
| <b>CIMENTACIÓN Y ESTRIBOS</b>              |   |
| Fallos de permeabilidad o drenaje          |   |
| <b>TOMA HIDROELÉCTRICA</b>                 |   |
| Toma hidroeléctrica no operativa           | Otros problemas de operación                |
| <b>INSTALACIONES Y ACCESOS</b>             |   |
| Fallos en la auscultación                  | Fallos en el suministro eléctrico           |
|  | Fallos en la iluminación                    |
|  | Fallos en las telecomunicaciones            |
|  | Fallos en los accesos                       |
| <b>EXPLOTACIÓN</b>                         |   |
|  | Incumplimiento de las normas de explotación |

### 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 310.50 msnm.
- **Alerta Verde:**  
Cuando se prevea alcanzar en el embalse la cota 312.20 msnm. (Crecida TR: 1:50 años).
- **Alerta Amarilla:**  
Cuando se prevea alcanzar en el embalse la cota 313.50 msnm.
- **Alerta Roja:**  
Cuando se prevea alcanzar en el embalse cotas por arriba de 314.50 msnm

En el Cuadro Nº 9 se presenta el resumen de estos sucesos.

**Cuadro Nº 9 – Resumen de Umbrales Asociados a las Avenidas**

| Tipo de alerta | Indicador         | Umbral      |
|----------------|-------------------|-------------|
| Blanca         | Nivel del Embalse | 310.50 msnm |
| Verde          | Nivel del Embalse | 312.20 msnm |
| Amarilla       | Nivel del Embalse | 313.50 msnm |
| Roja           | Nivel del Embalse | 314.50 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 0.1 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 0.1g y 0.18g. 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 0.18g y 0.29g. 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 0.29 g. La inspección visual inmediata de la presa aprecia daños estructurales o grietas y filtraciones a presión.

En el Cuadro Nº 10 se presenta el resumen de estos sucesos.

**Cuadro Nº 10- Resumen de Umbrales Asociados a Sismos.**

| Tipo de alerta | Indicador          | Umbral                                |
|----------------|--------------------|---------------------------------------|
| Blanca         | <b>Aceleración</b> | $a < 0,1 \text{ g}$                   |
| Verde          | <b>Aceleración</b> | $0,1 \text{ g} < a < 0,18 \text{ g}$  |
| Amarilla       | <b>Aceleración</b> | $0,18 \text{ g} < a < 0,29 \text{ g}$ |
| Roja           | <b>Aceleración</b> | $a > 0,29 \text{ g}$                  |

#### 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. Esto se representa en el siguiente cuadro:

**Cuadro Nº 11 - Indicadores Asociados a Tareas de Inspección y Prueba**

| <b>INSPECCIÓN DEL EMBALSE</b>                                    |
|--|
| Descenso anómalo del nivel de embalse                            |
| <b>INSPECCIÓN DE PRESA VERTEDORA</b>                             |
| Movimientos o roturas del aliviadero o en el cuenco amortiguador |
| Pérdida de alineaciones en coronación                            |
| Agrietamiento profundo del hormigón                              |
| Fisuración o irregularidades superficiales del hormigón          |
| <b>INSPECCIÓN DE PARAMENTOS</b>                                  |
| Humedades superficiales en el hormigón                           |
| Turbidez de las filtraciones                                     |
| Agrietamiento profundo del hormigón                              |
| Fisuración o irregularidades superficiales del hormigón          |
| <b>INSPECCIÓN DEL PIE DE PRESA</b>                               |
| Humedades superficiales en el hormigón                           |
| Concentración de filtraciones al pie de la presa                 |
| Burbujeo en el contacto del pie de presa con el terreno          |

|  |
|--|
| Turbidez de las filtraciones   |
| Dolinas al pie de la presa o aguas abajo   |
| Agrietamiento profundo del hormigón  |
| Fisuración o irregularidades superficiales del hormigón  |
| Levantamiento relativo del terreno al pie de la presa  |
| <b>INSPECCIÓN AGUAS ABAJO DE LA PRESA</b>  |
| Filtraciones aguas abajo de la presa   |
| Turbidez de las filtraciones   |
| Movimientos o roturas en el cuenco amortiguador  |
| <b>INSPECCIÓN Y PRUEBA DE LA TOMA HIDROELÉCTRICA</b>   |
| Mal estado de conservación de la toma hidroeléctrica sin afección inicial a la capacidad de evacuación |
| Mal funcionamiento de indicadores de la toma hidroeléctrica  |
| <b>INSPECCIÓN Y PRUEBAS DE ÁMBITO GENERAL EN INSTALACIONES Y ACCESOS</b>                               |
| Fallos en la línea eléctrica de suministro   |
| Fallos en la distribución eléctrica  |
| Fallos en la iluminación   |
| Fallos en las telecomunicaciones   |
| Deterioro de los accesos a la presa  |
| Interrupción de los accesos a la presa por inundación u obras  |

- **Alerta Blanca:**

Se procederá la declaración de esta alerta cuando se observen los indicadores mencionados en el Cuadro N° 10, y se aprecie una evolución rápida de los mismos. Igualmente, procederá la declaración de esta alerta cuando el Coordinador del Plan de Emergencia, lo estime oportuno por el resultado de la inspección que debe llevarse a cabo como consecuencia de la presencia de alguno de los indicadores presentados en el Cuadro N° 10, y el análisis específico de la situación.

- **Alerta Verde:**

Se declarará esta alerta cuando los indicadores detectados en la alerta blanca continúan en aumento.

- **Alerta Amarilla:**

Esta alerta se declarará a juicio del Coordinador del Plan de Emergencia, por el resultado de la inspección que debe llevarse a cabo como consecuencia de la declaración de las alertas blanca y verde, y el análisis específico de la situación.

- **Alerta Roja:**

Esta alerta se declarará a juicio del Coordinador del Plan de Emergencia, por el resultado de la inspección que debe llevarse a cabo como consecuencia de la declaración de las alertas blanca y verde, y el análisis específico de la situación.

### 5.5.5. Umbrales Asociados a la Auscultación.

Esta presa no cuenta con equipos de auscultación por lo tanto, no se pueden asociar umbrales. Se recomienda contar con piezómetros para llevar control de la sub-presión, de caudalímetros, para llevar control de las filtraciones, péndulos para llevar control de los desplazamientos y la instalación de un

acelerógrafo para llevar registro y control de los sismos. También se recomienda llevar un control topográfico anual, con la finalidad de observar movimientos en la presa.

## **5.6. Evaluación de las Emergencias.**

La evaluación de la emergencia debe ser realizada en cuanto 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, Canal de Conducción o Cámara de Carga.

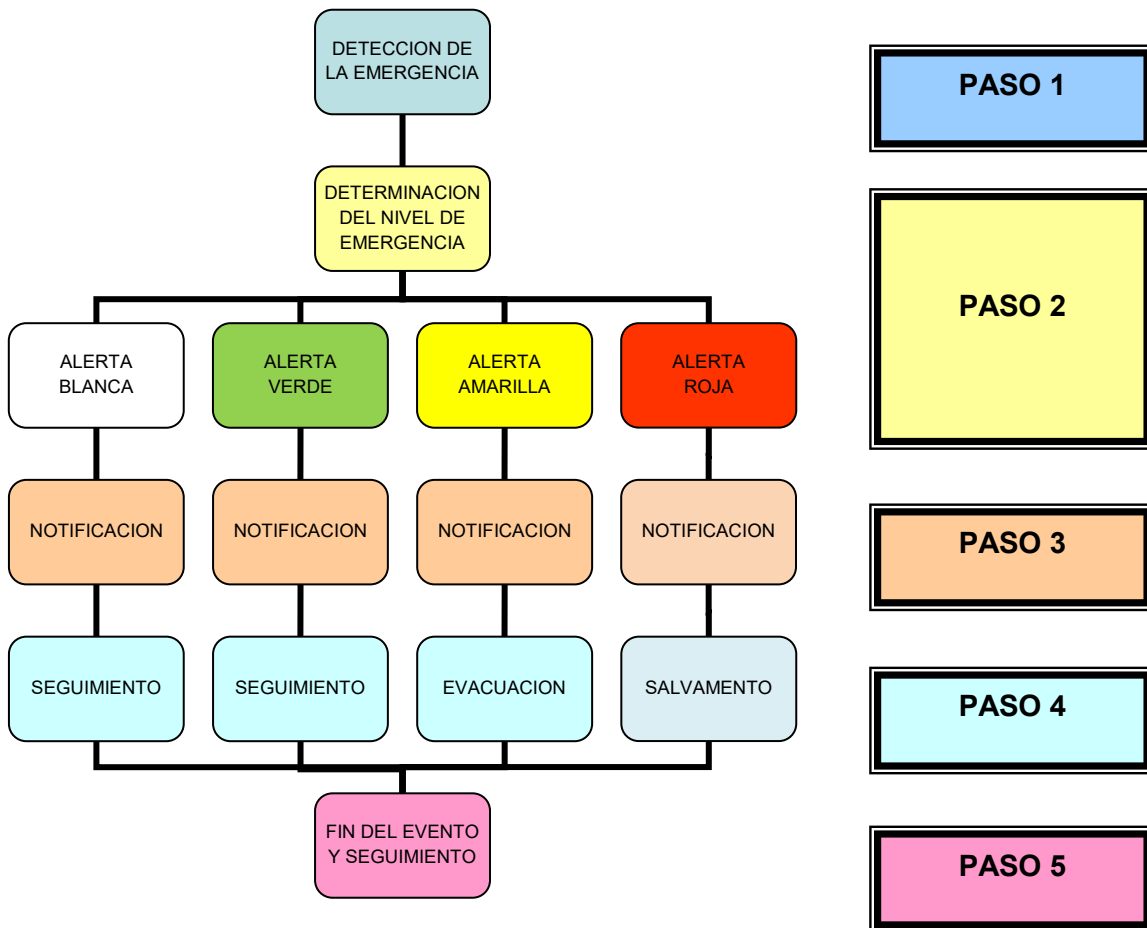
## **5.7. Conclusión de la Emergencia**

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 Mendre I.

## 6. ACCIONES DURANTE EMERGENCIA.

Durante el desarrollo de una emergencia en la presa de la CH Mendre I 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 y oficial de seguridad de las estructuras de la Central Hidroeléctrica Mendre I. 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.

### 6.3.1. Modelos de Notificación.

Una vez clasificada la alarma, CALDERA ENERGY CORP. S.A., procederá a notificar y alertar a la población, a las entidades responsables de manejo del agua y a los organismos de protección pública

CALDERA ENERGY CORP. S.A., notificará el nivel de alerta de acuerdo a la lista presentada en el siguiente cuadro.

**Cuadro N° 12 - Modelos de Notificación**

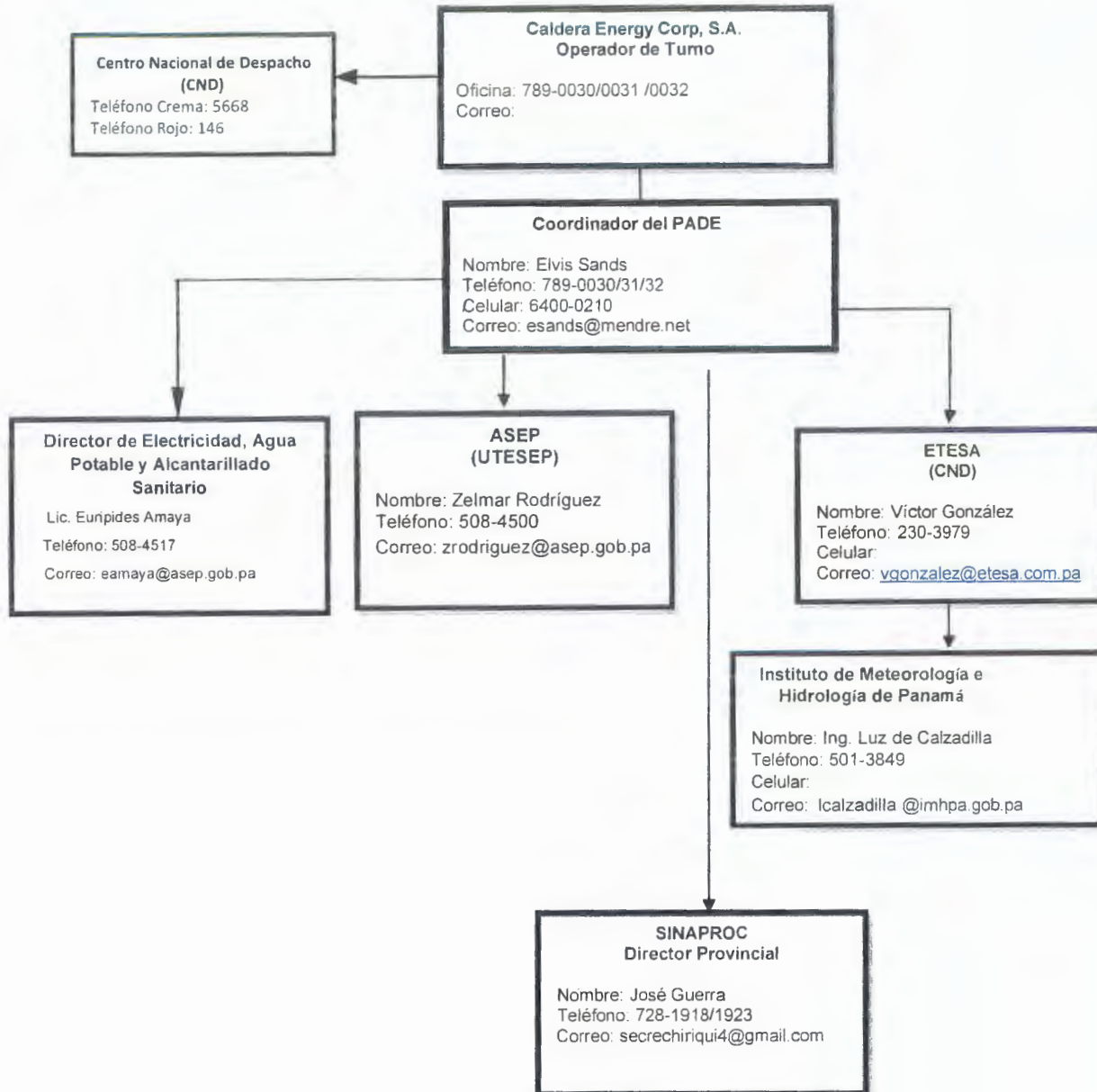
| ALERTA          | MODELO DE NOTIFICACIÓN   |
|-----------------|--|
| <b>Blanca</b>   | <p>Soy el (Operador o El Coordinador del PADE) de "la Central Hidroeléctrica Mendre I, localizada sobre el río Chiriquí, Provincia de Chiriquí, la cual tiene una situación de emergencia y se activa el nivel de Alerta Blanca. El motivo de la emergencia es el siguiente:</p> <p>(* 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: 789-0030/789-0031/789-0032.</p> |
| <b>Verde</b>    | <p>Soy el (Operador o El Coordinador del PADE) de "la Central Hidroeléctrica Mendre I, localizada sobre el río Chiriquí, 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:</p> <p>(* 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: 789-0030/789-0031/789-0032.</p>  |
| <b>Amarilla</b> | <p>Soy el (Operador o El Coordinador del PADE) de "la Central Hidroeléctrica Mendre I, localizada sobre el río Chiriquí, 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 Mendre I, 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: 789-0030/789-0031/789-0032.</p>  |
| <b>Roja</b>     | <p>Soy el (Operador o El Coordinador del PADE) de "la Central Hidroeléctrica Mendre I, localizada sobre el río Chiriquí, 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</p>  |

instituciones públicas responsables iniciar las tareas de protección, control y rescate o salvamento del público que no haya sido evacuado.  
Manténgase en contacto e informado sobre la terminación de la emergencia. El coordinador del plan de emergencias puede ser contactado a los teléfonos: 789-0030/789-0031/6250-6248/ 789-0032.

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

### 6.3.2. Flujo de Notificaciones.

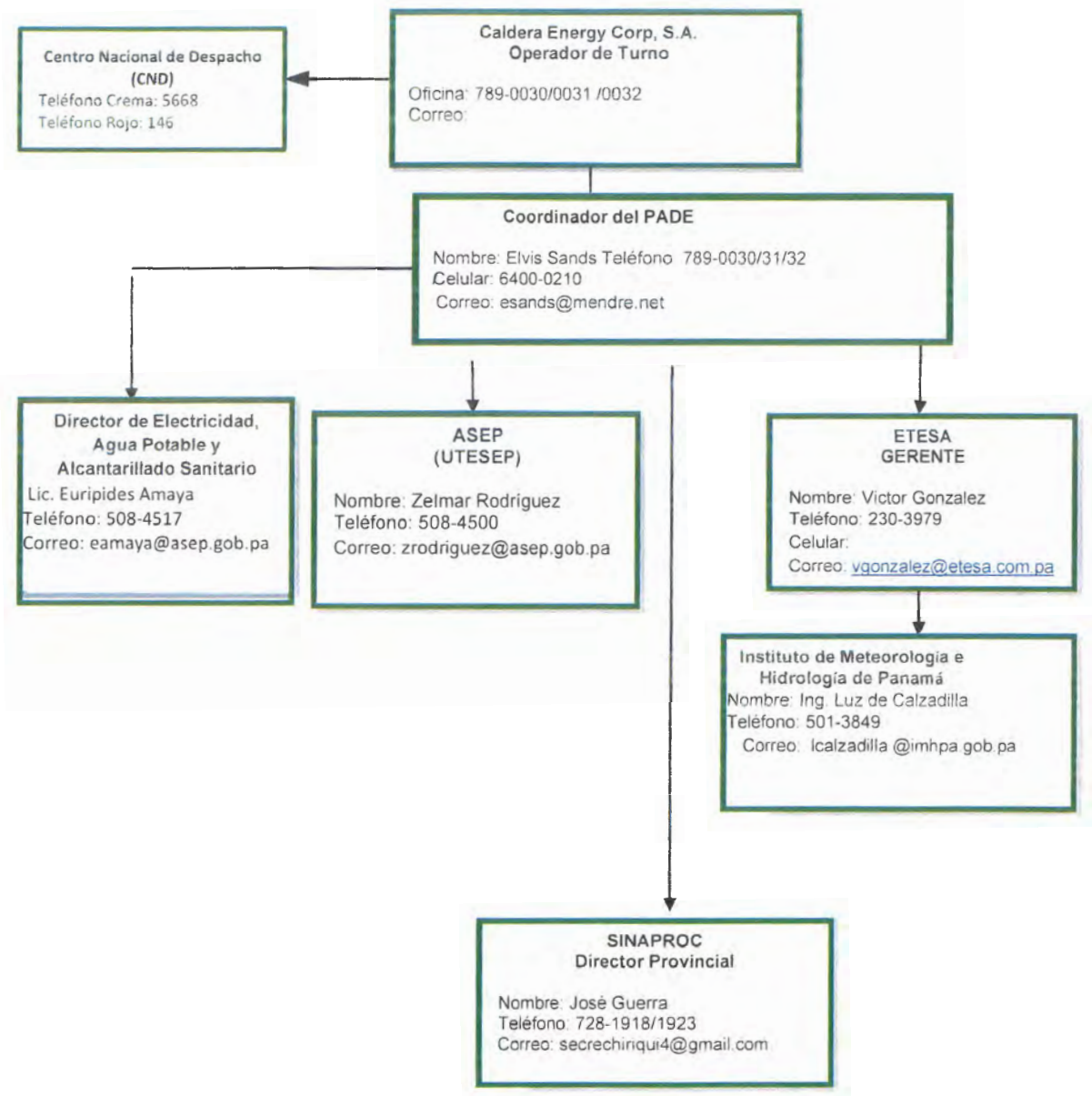
### ALERTA BLANCA Directorio de Notificaciones



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

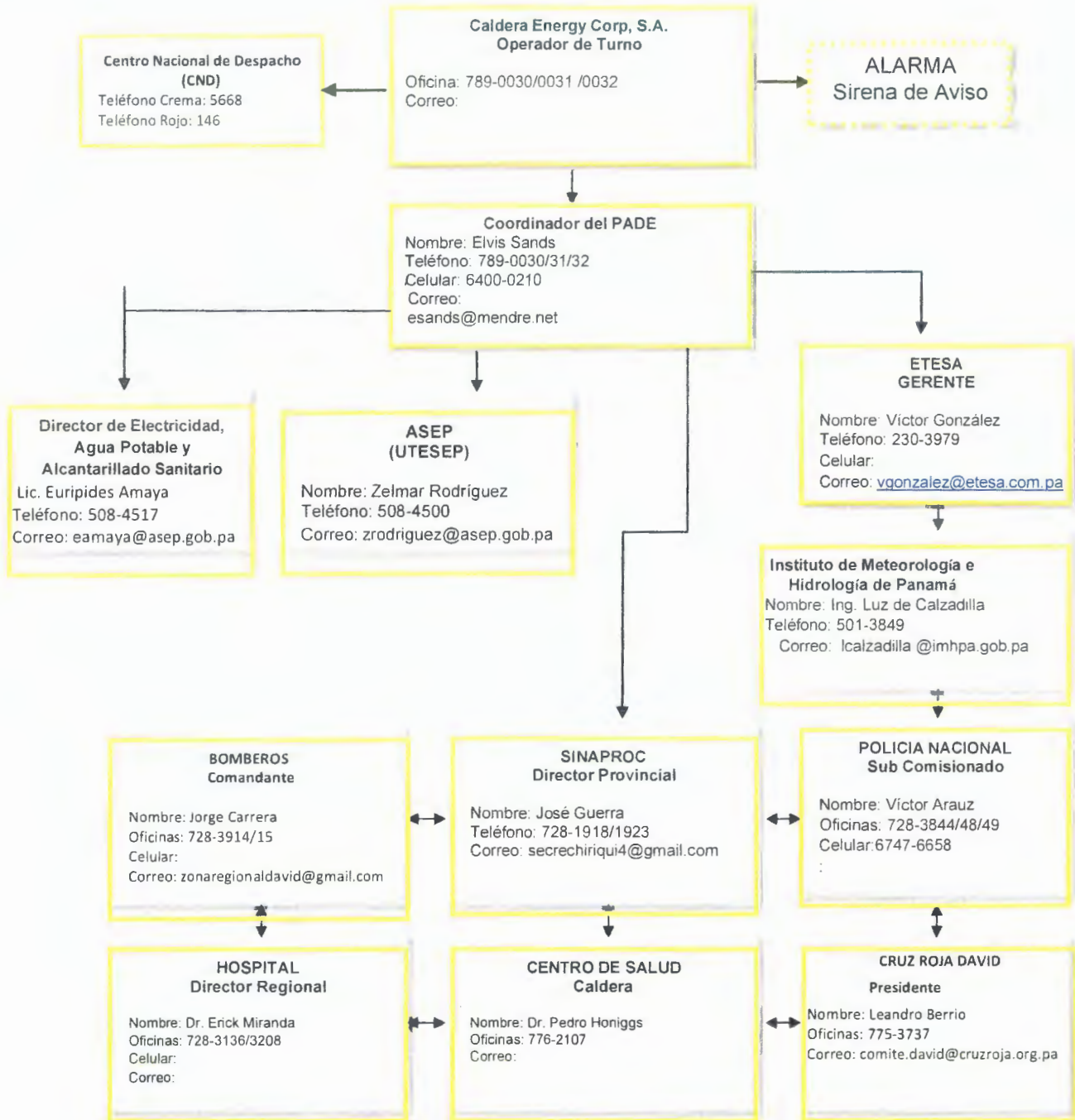


### ALERTA VERDE Directorio de Notificaciones



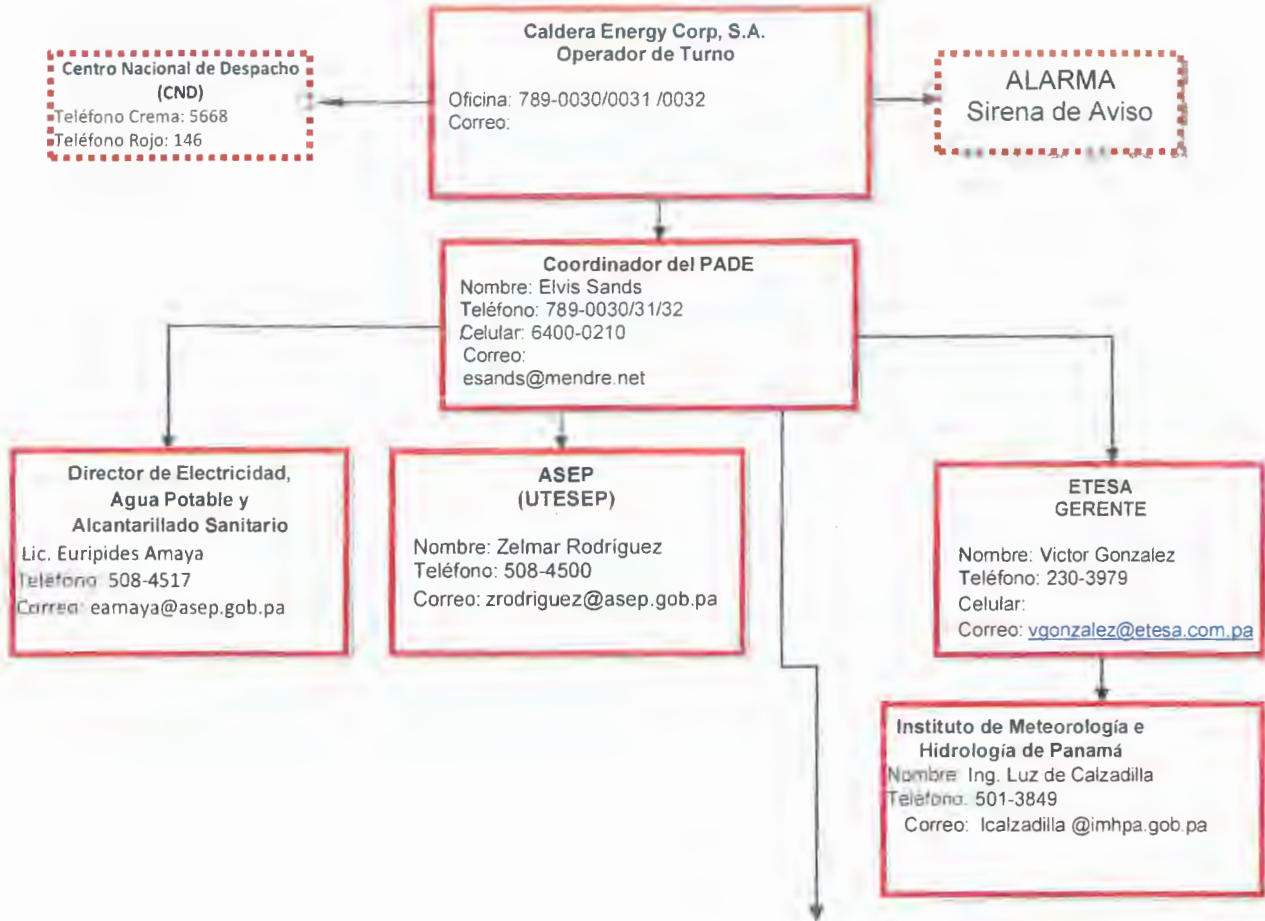
**NOTA: EN EL ANEXO E SE PRESENTA UN DIRECTORIO DE CONTACTOS ALTERNATIVO.**

### ALERTA AMARILLA Directorio de Notificaciones



**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 según el siguiente cuadro:

**Cuadro Nº 13 - Acciones de Emergencia**

| <b>ALERTA</b>   | <b>VIGILANCIA Y CONTROL</b>   | <b>RESPONSABLE</b>   |
|-----------------|---|----------------------|
| <b>BLANCA</b>   | Nivel del Embalse.<br>Inspección General de la presa de la Central Hidroeléctrica Mendre I.   | Coordinador del PADE |
| <b>VERDE</b>    | Nivel del Embalse.<br>Inspección General de la presa de la Central Hidroeléctrica Mendre I.   | Coordinador del PADE |
| <b>AMARILLA</b> | Nivel del Embalse.<br>Inspección General de la presa de la Central Hidroeléctrica Mendre I<br>Aviso de Sirenas para operaciones de protección, control y rescate. | Coordinador del PADE |
| <b>ROJA</b>     | Aviso de Sirenas para operaciones de protección, control y rescate. Aguas Abajo de la Presa.  | Coordinador del PADE |

### 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 de Mendre I:** 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 Mendre I:** avisar a los pobladores aguas abajo en el río Chiriquí 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 este 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.

### **✓ 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 de la Central Hidroeléctrica Mendre I para el evento de rotura de presa o crecida extraordinaria, se realizaron tomando en cuenta los escenarios recomendados por las Normas de Seguridad de Presas de la ASEP. (Ver Cuadro N° 13)

### 7.1. Estudio de Situaciones de Emergencia

En el siguiente cuadro se presentan las situaciones de emergencias analizadas.

**Cuadro N° 14 - Escenario de Análisis para Emergencias**

| Caso  | Descripción                                       | Caudal     |
|---|---|------------|
| <b>Análisis en la Presa de la Central Hidroeléctrica Mendre I</b> |   |            |
| 1   | Crecida Ordinaria 1:50 años                       | Norma ASEP |
| 2   | Crecida Extraordinaria 1:100 años                 | Norma ASEP |
| 3   | Colapso en Condición Operación Normal             | Norma ASEP |
| 4   | Colapso durante Crecida Extraordinaria            | Norma ASEP |
| 5   | Apertura Súbita de Compuertas                     | Norma ASEP |
| 6   | Falla de Operación de las Estructuras de Descarga | Norma ASEP |
| 7   | Vaciado Controlado o Vaciado Rápido de la presa   | Norma ASEP |

- ✓ **Bajo condiciones de crecida ordinaria y extraordinaria:** En este caso se analiza los efectos del paso de las crecidas de periodo de retorno 1:50 y 1:100. Los resultados se presentan en los mapas de inundación.
- ✓ **Por colapso estructural en condición de operación normal:** este escenario no aplica, ya que, el volumen del embalse no es considerable. Los efectos de la rotura de la presa no causarían variación en el área afectada.
- ✓ **Por colapso estructural durante crecida ordinaria o extraordinaria:** este escenario no aplica, ya que, el volumen del embalse es poco considerable. El área inundada no variará por el incremento del volumen represado. El área inundada será similar a la obtenida por el paso de una crecida extraordinaria sin la rotura de la presa.
- ✓ **Por apertura súbita de compuertas:** No aplica, ya que, esta presa no tiene compuertas.
- ✓ **Por falla de operación de las estructuras hidráulicas de descarga:** No aplica porque no tiene estructuras hidráulicas de descarga.
- ✓ **Por vaciado controlado ó vaciado rápido a causa de un problema en la presa:** No aplica, ya que, no existen estructuras como desagües de fondo para realizar un vaciado rápido o controlado de la presa.

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

## 7.2. Estudio de Afectación de la Ribera de Embalse y Valle

Este estudio se realiza para determinar las zonas inundables aguas abajo de la presa, debido al fallo o colapso de la misma. De acuerdo a las Normas de Seguridad de Presas se analizan los siguientes escenarios:

- ✓ **Por la ocurrencia de diferentes ondas de Crecidas:** este escenario corresponde con los tres primeros casos o escenarios de emergencias analizados. En este escenario se debe obtener la mancha de inundación en caso de darse crecidas ordinarias y extraordinarias (Crecida de 1:50 ó de 1:100 años de recurrencia), ó en el caso de darse la rotura de la presa con buen tiempo o rotura de la presa con crecida extraordinaria.
- ✓ **Por probables usos de la estructura de evacuación:** Este escenario no aplica, ya que, la presa Mendre I, no cuenta con desagües de fondo, y su única estructura de evacuación es su vertedero libre. El uso del vertedero libre está condicionado a las crecidas que se den en el río Chiriquí, por lo tanto su uso no podrá ser más frecuente de lo originalmente previsto.
- ✓ **Por cambios en las funciones de la presa:** Este escenario no aplica, ya que, la presa Mendre I, han sido diseñadas para el uso de la generación hidroeléctrica. No se tiene previsto utilizar estas estructuras para otro tipo de uso. De darse cambios o restricciones en el uso del agua, esto afectaría la operación de la Central y su producción, pero no habría consecuencias perjudiciales a la comunidad ubicada aguas abajo de la presa.
- ✓ **Por transporte de sedimentos:** Este escenario no aplica, ya que, la presa Mendre I se encuentra en constante mantenimiento, no existe riesgo de que esta estructura provoque la erosión general.
- ✓ **Por inundación súbita:** esta situación sería similar al paso de la crecida extraordinaria sobre la presa y sus estructuras.

## 7.3 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.

### 7.3.1 Crecidas Extraordinarias.



Se ha incluido como datos hidráulicos en el HEC- RAS, los caudales de crecidas ordinarias TR: 1:50 y extraordinarias TR: 1:100 años, que se presentan en el siguiente cuadro.

**Cuadro Nº 15 - Descarga para Crecidas de Diseño**

| <b>Período de retorno<br/>(Años)</b> | <b>Caudal<br/>(m<sup>3</sup>/s)</b> |
|--------------------------------------|-------------------------------------|
| 50                                   | 773                                 |
| 100                                  | 908                                 |
| 1,000                                | 1,397                               |
| 10,000                               | 2003                                |

## **7.4 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.

## **7.5 Mapas de Inundación.**

Los Mapa de inundación de Mendre 1 han sido preparados, utilizando la siguiente información base:

- Cartografía de los mapas 1:50,000 de la Provincia de Chiriquí (mosaicos de Boquete - Gualaca) del Instituto Geográfico Nacional Tommy Guardia (IGNTG).
- Planos como construido de las estructuras de la CH Mendre 1
- Mapas demográficos del Departamento de Cartografía de la Contraloría General de la República, del año 2000.
- Archivos ACAD utilizado por la Contraloría Nacional de la República, para la realización del censo del año 2000, donde se encuentra la ubicación de las casitas, calles y ríos del área en estudio.
- Punto de Control UTM en NAD 27 CANAL ZONE del puente Zarzo.
- Uso del Google Earth, para obtener información de Fotografías Aéreas.
- Planos como construido de la presa La Esperanza CH Estí.

El Mapa de Localización General fue utilizado para la presentación de los mapas de inundación donde se muestran los escenarios del análisis hidráulico del cuadro Nº 14.

## **7.6 Descripción de la Zona Potencialmente Inundable.**

Como se ha mencionado anteriormente, sólo se aplicó el análisis de dos escenarios de situaciones de emergencia, según las Normas de Seguridad de Presas. Los análisis fueron realizados desde el embalse de la Presa Mendre 1, hasta la presa La Esperanza, que forma parte de la Central Hidroeléctrica Estí. La mancha de inundación resultante de estos análisis, indica que no se afectan residencias, ni estructuras en las riberas del río Chiriquí. Se observan algunas viviendas cercanas a la mancha de inundación, pero



no son afectadas. Las zonas afectadas son áreas rurales, en las que actualmente, no se da el desarrollo ganadero ni agrícola.

Con relación a la presa La Esperanza, no se produce ningún daño sobre ella, ya que la crecida milenaria pasa por el vertedero sin necesidad de usar la compuerta radial.

### **7.7 Recomendaciones para el Plan de Emergencia.**

Se recomienda actualizar el Plan de Emergencias con respecto a los datos del Flujo de Comunicación y la demografía aguas debajo de la Presa de la Central Hidroeléctrica Mendre I, cada vez que ocurran cambios importantes.

Caldera Energy Corp. S.A., deberá tener un plan de contingencia interno para los escenarios analizados en este PADE y de otras situaciones menores que pudieran darse en la Central Hidroeléctrica de Mendre I para salvaguardar la vida de las personas que se encuentren en las zonas potencialmente inundables.

## **8. ANEXOS.**

**ANEXO A** - Formulario para Registro de Eventos

**ANEXO B** - Mapas de Inundación Mendre I

**ANEXO C** - Planos Como Construidos de la Presa Mendre I

**ANEXO D** - Análisis Hidráulico del Río Chiriquí

**ANEXO E** - Directorio de Contactos Alternativos

**ANEXO F** - Plan de Simulacro para Operadores de Centrales Hidroeléctricas

## **ANEXO A – FORMULARIO PARA REGISTROS DE EVENTOS**

## A. FORMULARIO PARA REGISTRO DE EVENTOS

### Preliminares

Fecha: \_\_\_\_\_

Registro de causas y efectos inmediatamente después de la emergencia. La persona del contacto inicial debe recoger todos los datos para poder enfrentar otra posible situación de emergencia.

#### Notificación: Alerta Blanca

| Contacto               | Contactado (si/no) | Tiempo de Contacto (min) | Contactado por |
|------------------------|--------------------|--------------------------|----------------|
| Gerente                |                    |                          |                |
| Gerente de Operaciones |                    |                          |                |
| UTESEP                 |                    |                          |                |
| ETESA (CND)            |                    |                          |                |
| ETESA (HIDROMET)       |                    |                          |                |
| SINAPROC               |                    |                          |                |

#### Notificación: Alerta Verde

| Contacto               | Contactado (si/no) | Tiempo de Contacto (min) | Contactado por |
|------------------------|--------------------|--------------------------|----------------|
| Gerente                |                    |                          |                |
| Gerente de Operaciones |                    |                          |                |
| UTESEP                 |                    |                          |                |
| ETESA (CND)            |                    |                          |                |
| ETESA (HIDROMET)       |                    |                          |                |
| SINAPROC               |                    |                          |                |

#### Notificación: Alerta Amarilla

| Contacto               | Contactado (si/no) | Tiempo de Contacto (min) | Contactado por |
|------------------------|--------------------|--------------------------|----------------|
| Gerente General        |                    |                          |                |
| Gerente de Operaciones |                    |                          |                |
| UTESEP                 |                    |                          |                |
| ETESA (CND)            |                    |                          |                |
| ETESA (HIDROMET)       |                    |                          |                |
| Bomberos               |                    |                          |                |
| SINAPROC               |                    |                          |                |
| Policía Nacional       |                    |                          |                |
| Hospitales             |                    |                          |                |
| Centro de Salud        |                    |                          |                |
| Cruz Roja              |                    |                          |                |

**Notificación: Alerta Roja**

| <b>Contacto</b>        | <b>Contactado (si/no)</b> | <b>Tiempo de Contacto (min)</b> | <b>Contactado por</b> |
|------------------------|---------------------------|---------------------------------|-----------------------|
| Gerente General        |                           |                                 |                       |
| Gerente de Operaciones |                           |                                 |                       |
| UTESEP                 |                           |                                 |                       |
| ETESA (CND)            |                           |                                 |                       |
| ETESA (HIDROMET)       |                           |                                 |                       |
| Bomberos               |                           |                                 |                       |
| SINAPROC               |                           |                                 |                       |
| Policía Nacional       |                           |                                 |                       |
| Hospitales             |                           |                                 |                       |
| Centro de Salud        |                           |                                 |                       |
| Cruz Roja              |                           |                                 |                       |

NOTA: En el ANEXO E se presentan los contactos alternativos que participan en el nivel de emergencia de la alerta roja.

### Reporte durante el evento

¿Cómo y dónde se detectó el evento? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Condiciones del clima: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Descripción General de Situación de Emergencia: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Nivel de Emergencia: \_\_\_\_\_

### Medidas y Progresión del Evento

| Fecha | Hora | Medidas / progresión del evento | Anotado por |
|-------|------|---------------------------------|-------------|
|       |      |                                 |             |
|       |      |                                 |             |
|       |      |                                 |             |
|       |      |                                 |             |
|       |      |                                 |             |
|       |      |                                 |             |
|       |      |                                 |             |
|       |      |                                 |             |
|       |      |                                 |             |
|       |      |                                 |             |
|       |      |                                 |             |

Reporte preparado por: \_\_\_\_\_ fecha: \_\_\_\_\_

## Reporte después del evento

Fecha: \_\_\_\_\_ Hora: \_\_\_\_\_

Condiciones del Clima: \_\_\_\_\_

Descripción General de la Situación de Emergencia: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Áreas afectadas: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Daño en la Presa de la Central Hidroeléctrica Mendre I: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Posibles Causas: \_\_\_\_\_

Efectos en la Operación de la Central Hidroeléctrica Presa: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

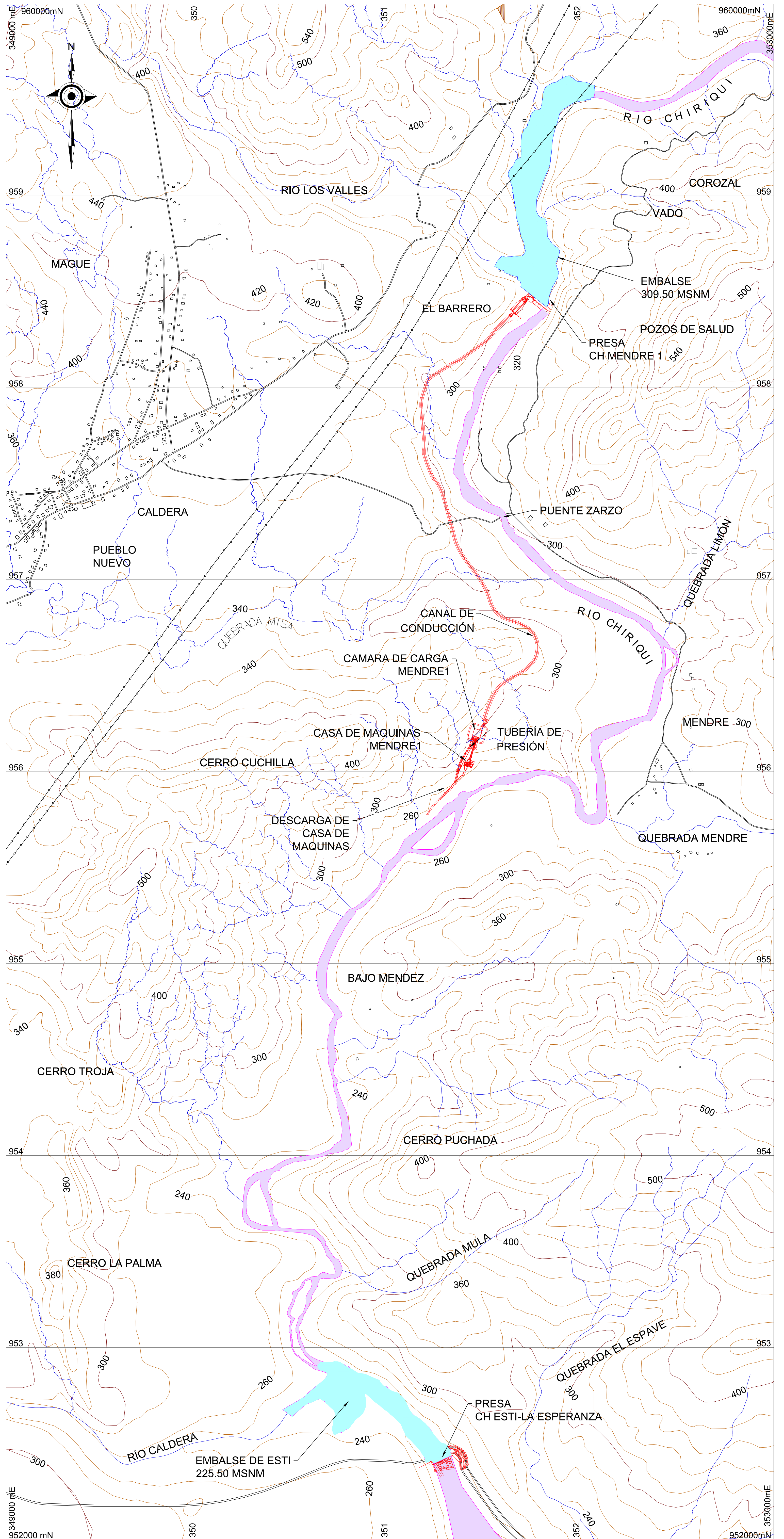
Elevación inicial del Embalse: \_\_\_\_\_ Hora: \_\_\_\_\_

Máxima Elevación del Embalse: \_\_\_\_\_ Hora: \_\_\_\_\_

Elevación final del Embalse: \_\_\_\_\_ Hora: \_\_\_\_\_

## **ANEXO B – MAPAS DE INUNDACION MENDRE I**





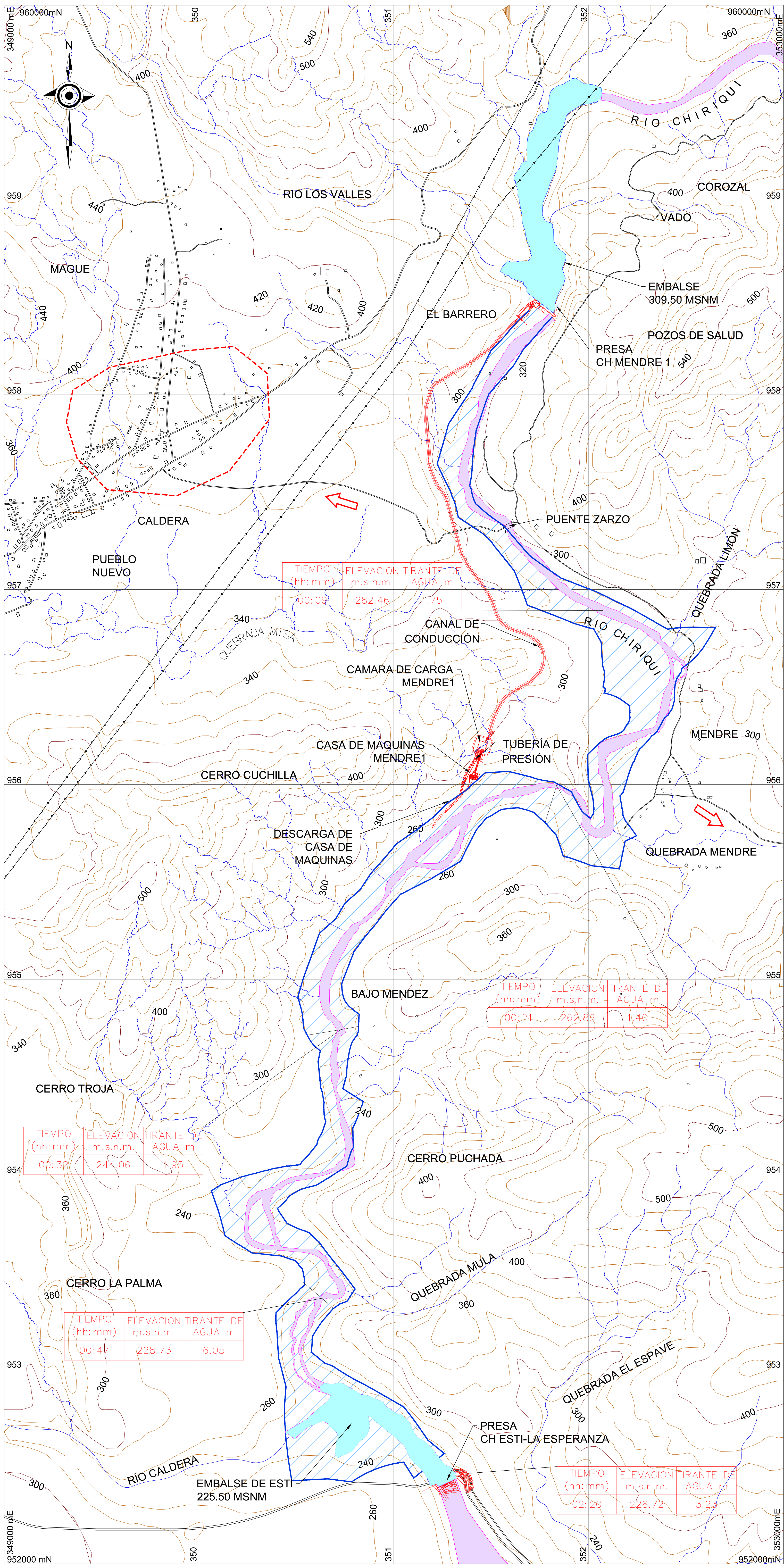
LEYENDA:

|  |                                |
|--|--------------------------------|
|  | RÍO CHIRIQUI                   |
|  | CALLES                         |
|  | LÍNEA DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICA |
|  | EMBALSE                        |

|  |                     |
|--|---------------------|
| <b>REPUBLICA DE PANAMA</b>               |                     |
| CENTRAL HIDROELECTRICA MENDRE1           |                     |
| <b>PLAN DE ACCION DURANTE EMERGENCIA</b> |                     |
| MAPA DE LOCALIZACIÓN GENERAL             |                     |
| CALDERA ENERGY CORP. S.A.                | FECHA: DIC-2011     |
|  | DATUM: NAD 27       |
|  | ESCALA: 1:10000     |
|  | PLANO N°: ANEXO B.1 |







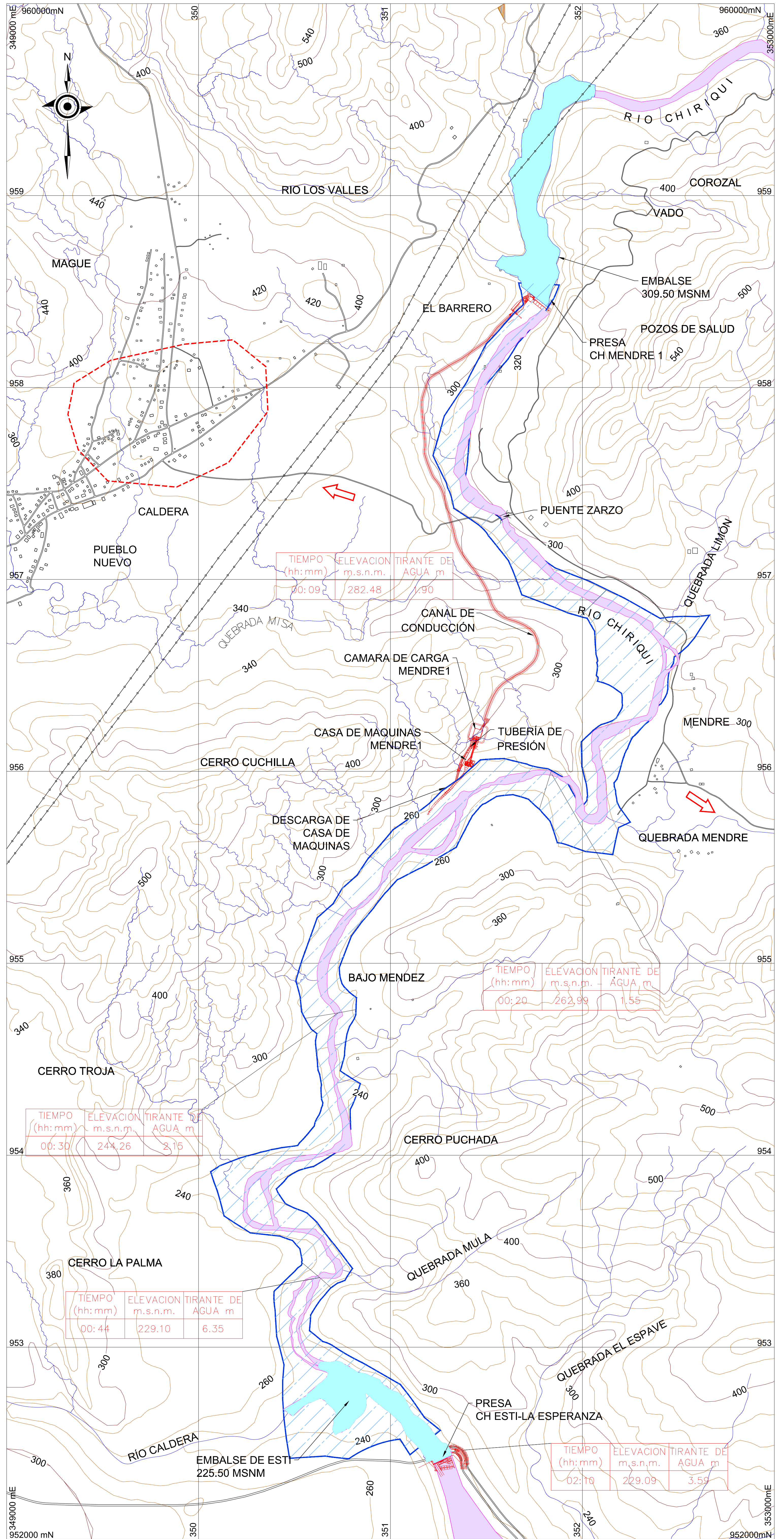
**LEYENDA:**

- RIO CHIRIQUI
- CALLES
- LINEA DE TRANSMISION
- EMBALSE
- AREA DE INUNDACION
- RUTA DE EVACUACION
- AREA SEGURA

**REPUBLICA DE PANAMA**  
**CENTRAL HIDROELECTRICA MENDRE1**  
**PLAN DE ACCION DURANTE EMERGENCIA**  
 MAPA DE INUNDACION CRECIDA 1:50 AÑOS

|                           |                     |
|---------------------------|---------------------|
| CALDERA ENERGY CORP. S.A. | FECHA: DIC-2011     |
|                           | DATUM: NAD 27       |
|                           | ESCALA: 1:10000     |
|                           | PLANO N°: ANEXO B.2 |





| TIEMPO (hh:mm) | ELEVACION m.s.n.m. | TIRANTE DE AGUA m |
|----------------|--------------------|-------------------|
| 00:09          | 282.48             | 1.90              |

| TIEMPO (hh:mm) | ELEVACION m.s.n.m. | TIRANTE DE AGUA m |
|----------------|--------------------|-------------------|
| 00:20          | 262.99             | 1.55              |

| TIEMPO (hh:mm) | ELEVACION m.s.n.m. | TIRANTE DE AGUA m |
|----------------|--------------------|-------------------|
| 00:30          | 244.26             | 2.15              |

| TIEMPO (hh:mm) | ELEVACION m.s.n.m. | TIRANTE DE AGUA m |
|----------------|--------------------|-------------------|
| 00:44          | 229.10             | 6.35              |

| TIEMPO (hh:mm) | ELEVACION m.s.n.m. | TIRANTE DE AGUA m |
|----------------|--------------------|-------------------|
| 02:10          | 229.09             | 3.59              |

LEYENDA:

- RÍO CHIRIQUI
- CALLES
- LINEA DE TRANSMISIÓN
- EMBALSE
- AREA DE INUNDACION
- RUTA DE EVACUACION
- AREA SEGURA

**REPUBLICA DE PANAMA**  
**CENTRAL HIDROELECTRICA MENDRE1**  
**PLAN DE ACCION DURANTE EMERGENCIA**  
**MAPA DE INUNDACION DE CRECIDA DE 1:100 AÑOS**

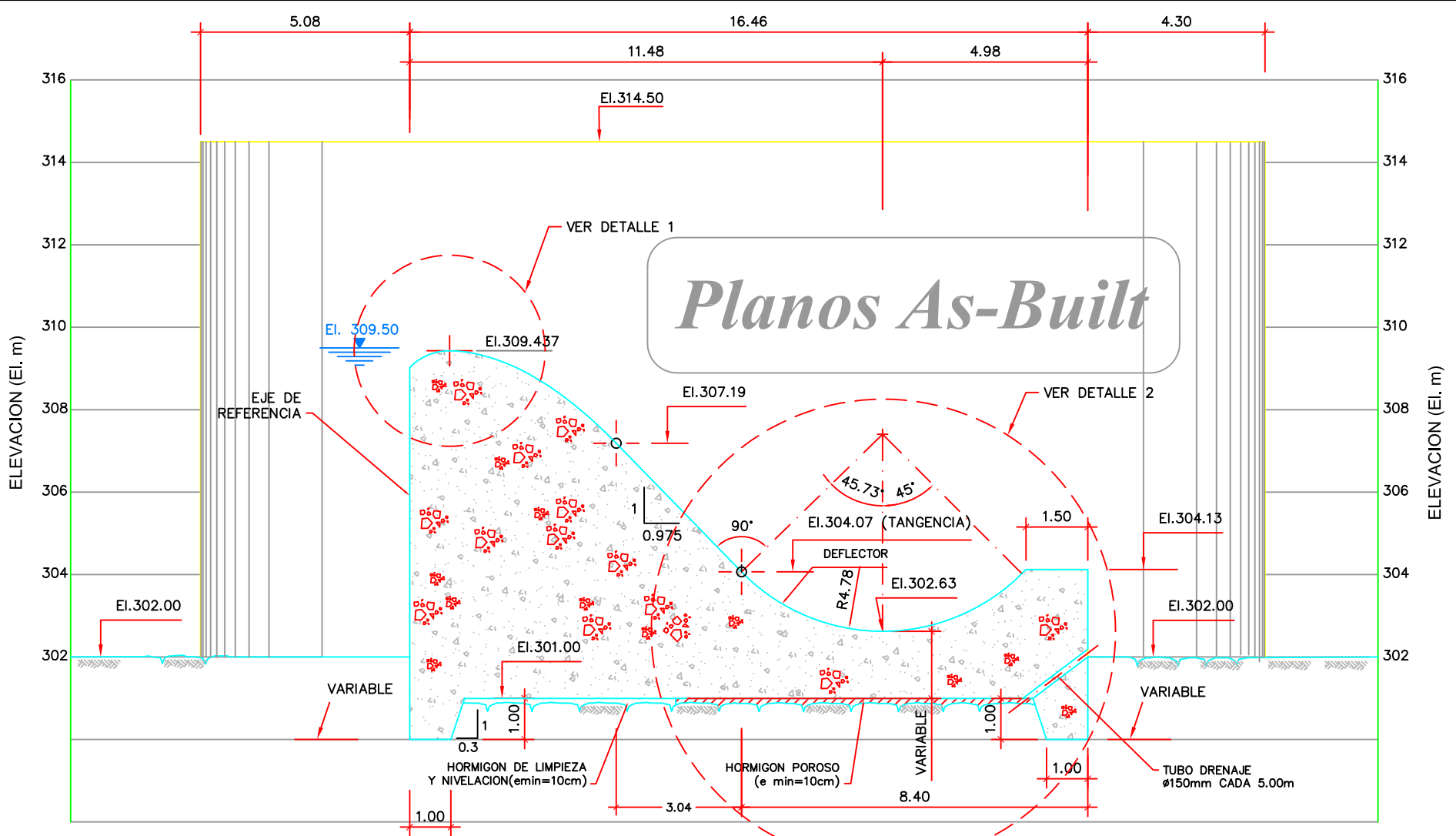
|           |           |
|-----------|-----------|
| FECHA:    | DIC-2011  |
| DATUM:    | NAD 27    |
| ESCALA:   | 1:10000   |
| PLANO N°: | ANEXO B.3 |

CALDERA ENERGY CORP. S.A.



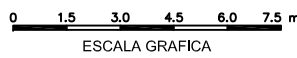
## **ANEXO C – PLANOS COMO CONSTRUIDO DE LA PRESA MENDRE I**

Anexo 6.1.1.c.



SECCION TIPO

ESCALA 1 : 100



NOTAS:

- 1.- LA PRESA SE CIMENTARA EN LA ROCA SANA, CON DOS DIENTES BAJO EL TECHO DE LA MISMA
- 2.- SE ASUME QUE LA ROCA SANA ALCANZA LA COTA 301.00m.s.n.m.

NOTAS:

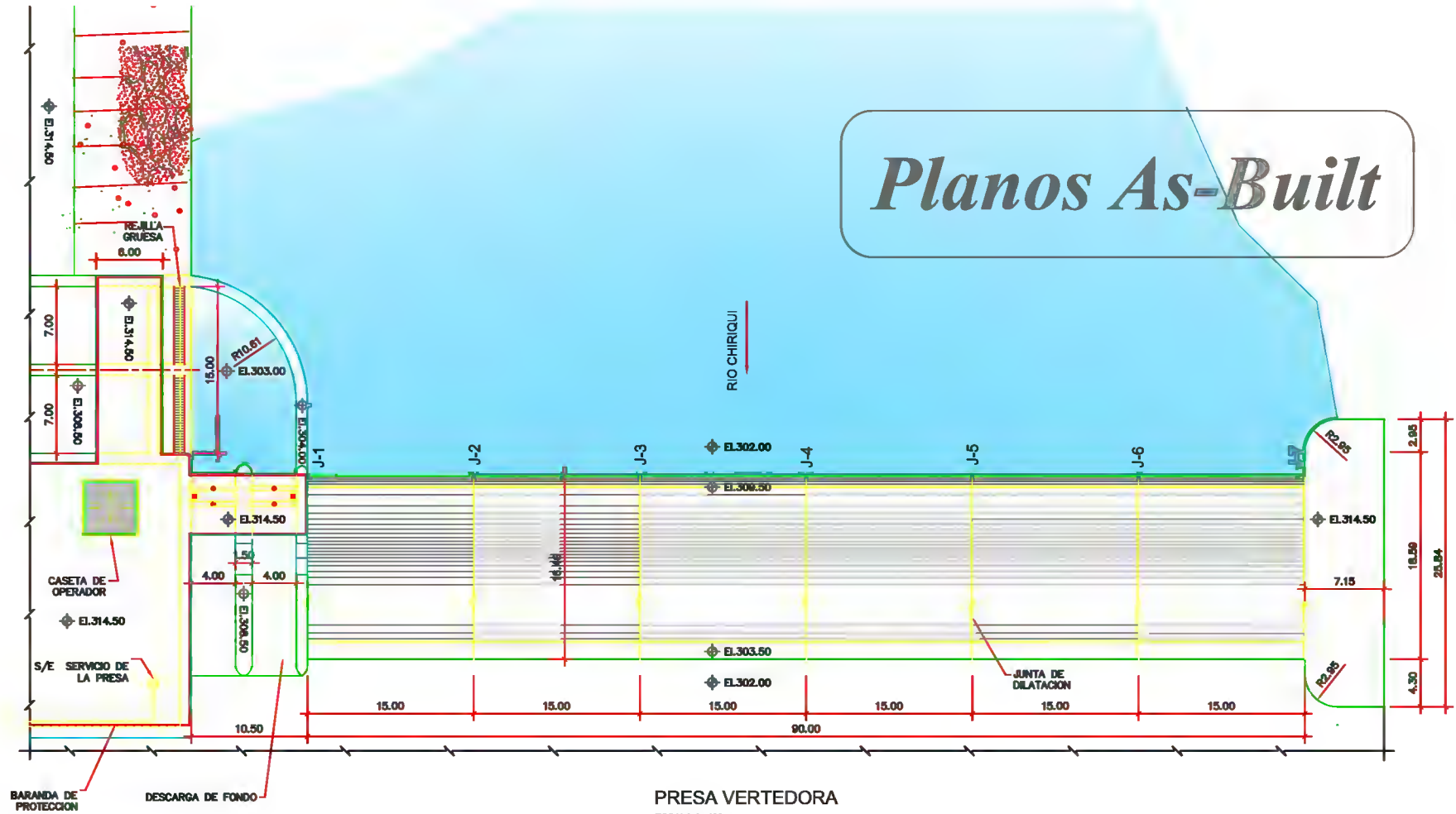
1. LOS HORMIGONES DE LA PRESA SERAN DE TIPO B 17 Mpa ( $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ ).
2. LOS HORMIGONES DE LIMPIEZA SERAN DE TIPO B 15 Mpa ( $f'c=150 \text{ kg/cm}^2$ ).

| NO. | FECHA    | REVISOR | REVISADO        |
|-----|----------|---------|-----------------|
| 1   | 18.03.09 | SAJO    | REVISOR IP4     |
| 2   | 15.03.09 | SAJO    | REVISOR IP3     |
| 3   | 20.12.07 | JAM     | REVISOR IP2     |
| 4   | 25.11.07 | JAM     | REVISOR IP1     |
| 5   | 21.10.07 | JAM     | DISEÑO ORIGINAL |

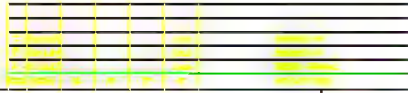
|  |  |                                   |  |                          |  |  |  |
|--|--|-----------------------------------|--|--------------------------|--|--|--|
| PROPIEDAD:<br><b>CALDERA ENERGY CORP, S.A.</b> | EMPRESA CONSTRUCTORA:<br><b>HIDRAULICA DE MENDRE, S.A.</b> | EMPRESA CONSULTORA:<br><b>HDM</b> | TITULO DEL PROYECTO:<br><b>CENTRAL HIDROELECTRICA MENDRE</b> | FECHA:<br>diciembre 2009 | ESCALA:<br>1 : 100<br>ORIGINALES LINE A3 | NOMBRE DEL PLANO:<br><b>PRESA VERTEDORA SECCION TIPO GEOMETRIA</b> | N° PLANO:<br><b>ME-PR-004</b><br>ME-PR-004-NC.DWG<br>HOJA 1 DE 3 |
|--|--|-----------------------------------|--|--------------------------|--|--|--|

*Planos As-Built*

ANEXO 6.1.1.a



**PRESA VERTEDORA**  
ESCALA 1 : 400



|  |  |  |  |                                 |                           |  |   |
|--|--|--|--|---------------------------------|---------------------------|--|---|
| PROPIEDAD:<br><b>CALDERA ENERGY CORP, S.A.</b> | EMPRESA CONSTRUCTORA:<br><b>HIDRAULICA DE MENDRE, S.A.</b> | EMPRESA CONSULTORA:<br><b>MARIN INGENIERIA, S.L.</b> | TITULO DEL PROYECTO:<br><b>CENTRAL HIDROELECTRICA MENDRE</b> | FECHA:<br><b>DICIEMBRE 2009</b> | ESCALA:<br><b>1 : 400</b> | NOMBRE DEL PLANO:<br><b>PRESA VERTEDORA PLANTA</b> | Nº PLANO:<br><b>ME-PR-002</b><br>ME-PR-002-INC.DWG<br>HOJA 1 DE 1 |
|--|--|--|--|---------------------------------|---------------------------|--|---|

## **ANEXO D – ANALISIS HIDRAULICO DEL RIO CHIRIQUI**

## D. Análisis Hidráulico Del Río Chiriquí

### CONTENIDO

|   |    |
|---|----|
| D.1 DESCRIPCIÓN DEL ANÁLISIS HIDRÁULICO.....                  | 2  |
| D.1.1 Modelación de las Crecidas del Río (HEC-RAS).....       | 2  |
| D.1.2 Método de Cálculo. ....                                 | 2  |
| D.1.3 Sección Hidráulica.....                                 | 4  |
| D.1.4 Coeficiente de Rugosidad Manning.....                   | 4  |
| D.2 ANÁLISIS HIDRÁULICO DE CRECIDAS. ....                     | 7  |
| D.3 ANÁLISIS HIDRÁULICO DE LA PRESA.....                      | 8  |
| D.3.1 Escenario 0.....  | 8  |
| D.3.2 Escenario 1.....  | 8  |
| D.3.3 Datos de Partida. ....                                  | 8  |
| D.4 RESULTADOS DEL ANÁLISIS HIDRÁULICO. ....                  | 9  |
| D.4.1 Resultados Crecida Extraordinaria 1:50 años. ....       | 9  |
| D.4.2. Resultados Crecida Extraordinaria 1:100 años.....      | 9  |
| D.4.3. Resultados de la Mancha de Inundación.....             | 10 |
| D.4.4 Cuadros con Resultados de la Onda de las Crecidas. .... | 11 |
| D.5 MAPAS DE INUNDACION. ....                                 | 13 |
| D.6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. ....                      | 14 |
| D.7 REFERENCIAS. ....   | 15 |
| D.8. ANEXO DIGITAL D. ....                                    | 16 |



## **D.1 DESCRIPCIÓN DEL ANÁLISIS HIDRÁULICO.**

El análisis estará basado en la modelación de las crecidas en el río Chiriquí para los diferentes escenarios de una inundación aguas abajo de la presa de Mendre 1, de acuerdo a los requerimientos de las Normas de Seguridad de Presa de la ASEP. Se ha analizado dos escenarios para las siguientes crecidas:

- ✓ Escenario 0: Crecida extraordinaria con período de retorno de 1:50 años
- ✓ Escenario 1: Crecida extraordinaria con período de retorno de 1:100 años

El Análisis Hidráulico del río determinará los niveles de la crecida en el río Chiriquí y las áreas de inundación aguas abajo de la presa Mendre 1. Con los resultados de este análisis se logra la confección de los mapas de inundación que permitirán establecer los procedimientos de evacuación ante la eventualidad de alguno de los eventos anteriormente establecidos.

### **D.1.1 Modelación de las Crecidas del Río (HEC-RAS).**

Para el análisis de la hidráulica del río, se usará el modelo HEC-RAS, el cual fue desarrollado por el Hydrologic Engineering Center (HEC), River Analysis System (RAS), del United States Army Corps of Engineers (USACE).

Con HEC-RAS se resuelve el régimen permanente unidimensional gradualmente variado (caudal constante en cada sección, y variación gradual de velocidades entre secciones), obteniéndose la curva de remanso correspondiente.

El procedimiento del cálculo se basa en la resolución de la ecuación de la energía unidimensional y permanente (Ecuación de Bernoulli), evaluando las pérdidas por fricción mediante la fórmula de Manning, y las pérdidas de contracción-expansión mediante coeficientes que multiplican la variación del término de velocidad. En las secciones en que se produce un régimen rápidamente variado (resalto hidráulico, confluencias, etc.) emplea para su resolución, la ecuación de la conservación de la cantidad de movimiento.

El modelo HEC-RAS también nos permitirá conocer los tiempos en que demora en llegar el agua de un lugar a otro.

### **D.1.2 Método de Cálculo.**

Los datos topográficos que se utilizaron para definir un modelo de simulación hidráulica del cauce fueron:

- ✓ Cartografía de los mapas 1:50,000 de la Provincia de Chiriquí (mosaicos de Boquete - Gualaca) del Instituto Geográfico Nacional Tommy Guardia (IGNTG).
- ✓ Los planos para la construcción de la Central Hidroeléctrica Mendre 1

- ✓ Mapas demográficos del Departamento de Cartografía de la Contraloría General de la República, del 2000.
- ✓ Archivos ACAD utilizado por la Contraloría Nacional de la República, para la realización del censo del año 2000, donde se encuentra la ubicación de las casitas, calles y ríos del área en estudio.
- ✓ Punto de Control UTM en NAD 27 CANAL ZONE del puente Zarzo.
- ✓ Uso del Google Earth, para obtener información de Fotografías Aéreas.
- ✓ Los Planos de Construcción de la Presa La Esperanza de la Central Hidroeléctrica Estí.

Para calcular el caudal que pasa por una sección transversal de un río se asume que el flujo es uniforme y que por lo tanto se puede utilizar la ecuación del flujo uniforme (lo asumido por el HEC-RAS). Para el caso de un río, a este se le considera como un canal natural cuyo coeficiente de rugosidad de Manning (n) se ve afectado por varios factores los cuales son: la rugosidad superficial, la vegetación, la irregularidad del canal, el alineamiento del canal, la sedimentación y socavación, las obstrucciones, el nivel y el caudal, los cambios estacionales, y el material en suspensión y la carga de lecho. Para el caso de planicies de inundación también se puede evaluar de manera similar.

Se han tenido en cuenta en el modelo las características hidráulicas de los puentes que pudieran presentar alguna influencia sobre el régimen hidráulico aguas arriba. Una vez obtenidos los valores de la cota de agua correspondientes a los distintos caudales máximos, esta información se ha representado cartográficamente, deduciendo, en consecuencia, a la extensión de las zonas inundables en cada tramo.

Los datos necesarios para la caracterización hidráulica de cada tramo de estudio se han agrupado en los siguientes tipos:

**Geométricos:** secciones transversales sobre el Modelo Digital de Terreno de trabajo, a cada 200 m.

**Coefficiente de pérdidas:** se han obtenido de la cobertura, visita al área para caracterizar los tramos del río, fotos y documentación especializada.

**Condiciones del contorno:** El programa requiere de la caracterización del cauce modelado a través de los perfiles transversales y del coeficiente de rugosidad de Manning. HEC-RAS permite la modelación del caudal en el cauce deseado entregando resultados tales como velocidades y alturas de escurrimiento.

En el Cuadro N° D1, se indican las siguientes condiciones para la modelación:

**Cuadro N° D1 - Características Hidráulicas de Análisis**

| Condición                            | Descripción  |
|--------------------------------------|--|
| Geometría                            | Levantamiento Topográfico                          |
| Coefficiente de Rugosidad de Manning | Ver Cuadro N° D3 y D4                              |
| Tipo de Modelación                   | Flujo Permanente en Escorrimento Mixto             |
| Condición de Borde                   | Canal: Altura Normal S: pendiente promedio 0.0094% |

**Caudales Regulados:** Los caudales que se introducen en el programa corresponden a los caudales vertidos por la presa ver Cuadro N° D2.

**Cuadro N° D2 - Crecidas de Diseño**

| Intervalo de Recurrencia (años) | Caudal Descarga del Vertedero (m <sup>3</sup> /s) | Máximo Nivel de Agua (msmn) |
|---------------------------------|---|-----------------------------|
| 50                              | 773   | 312.20                      |
| 100                             | 908   | 312.51                      |
| 1000                            | 1397  | 313.52                      |
| 10,000                          | 2003  | 314.62                      |

### D.1.3 Sección Hidráulica.

Para obtener los máximos niveles de agua para cada sección, se siguieron los siguientes procedimientos:

Datos de partida:

- ✓ Caudal máximo de las crecidas.
- ✓ Pendiente por cada tramo del río.
- ✓ Topografía (Secciones a cada 200 m)

La metodología de análisis y cálculo hidrológico en que se basa el programa HEC-RAS se puede encontrar en el Manual de Referencia Hidráulica de USACE.

Se obtuvieron secciones transversales a cada 200m y otras adicionales en los meandros, a cada una de las secciones se le determinó la pendiente por cada tramo ver en Anexo Digital D.

### D.1.4 Coeficiente de Rugosidad Manning.

Para calcular el caudal que pasa por una sección transversal de un río se asume que el flujo es uniforme y que por lo tanto se puede utilizar la ecuación del flujo uniforme (lo asumido por el HEC-RAS). Para el caso de un río, a este se le considera como un canal natural cuyo coeficiente de rugosidad de Manning (n) se ve afectado por varios factores los cuales son: la rugosidad superficial, la vegetación, la

irregularidad del canal, el alineamiento del canal, la sedimentación y socavación, las obstrucciones, el nivel y el caudal, los cambios estacionales, y el material en suspensión y la carga de lecho. Para el caso de planicies de inundación también se puede evaluar de manera similar.

Al haber tantos parámetros que influyen en el valor final del coeficiente de rugosidad ( $n$ ) del cauce del río, se desarrolló la siguiente ecuación para estimar su valor:

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)m_5 \quad \text{ecuación (1)}$$

En el Cuadro N° D3 se indican los valores que pueden tomar cada parámetro, según las condiciones. Sin embargo el valor escogido para el diseño dependerá de las condiciones que se observen en campo y de acuerdo al criterio del diseñador.

**Cuadro N° D3 - Coeficientes Para la Fórmula de Manning**

| Condiciones del Canal                 |                         | Valores |             |
|---------------------------------------|-------------------------|---------|-------------|
| Material involucrado                  | Tierra                  | $n_0$   | 0.020       |
|                                       | Corte en Roca           |         | 0.025       |
|                                       | Grava Fina              |         | 0.024       |
|                                       | Grava Gruesa            |         | 0.028       |
| Grado de irregularidad                | Suave                   | $n_1$   | 0.000       |
|                                       | Menor                   |         | 0.005       |
|                                       | Moderado                |         | 0.010       |
|                                       | Severo                  |         | 0.020       |
| Variaciones de la sección transversal | Gradual                 | $n_2$   | 0.000       |
|                                       | Ocasionalmente Alterada |         | 0.005       |
|                                       | Frecuentemente Alterada |         | 0.010-0.015 |
| Efecto relativo de las obstrucciones  | Insignificantes         | $n_3$   | 0.000       |
|                                       | Menor                   |         | 0.010-0.015 |
|                                       | Apreciable              |         | 0.020-0.030 |
|                                       | Severo                  |         | 0.040-0.060 |
| Vegetación                            | Baja                    | $n_4$   | 0.005-0.010 |
|                                       | Media                   |         | 0.010-0.025 |
|                                       | Alta                    |         | 0.025-0.050 |
|                                       | Muy alta                |         | 0.050-.100  |
| Grado de los efectos por meandros     | Menor                   | $m_5$   | 1.000       |
|                                       | Apreciable              |         | 1.150       |
|                                       | Severo                  |         | 1.300       |

De acuerdo a la configuración del río, se han establecido los coeficientes de rugosidad para la zonas de los márgenes izquierdo y derecho una  $n = 0.095$  y para la zonas del cauce una  $n = 0.0285$ , ver cuadro N° 4).

**Cuadro N° D 4 - Coeficientes de Rugosidad Corresponde al Lecho y a las Planicies**

| Descripción      | n0    | n1    | n2    | n3 | n4    | m | n      |
|------------------|-------|-------|-------|----|-------|---|--------|
| En el Lecho      | 0.028 | 0.000 | 0.000 | 0  | 0.005 | 1 | 0.0285 |
| En las planicies | 0.020 | 0.010 | 0.020 | 0  | 0.025 | 1 | 0.095  |

## **D.2 ANÁLISIS HIDRÁULICO DE CRECIDAS.**

Los resultados de los cálculos hidráulicos con el programa HEC-RAS para los escenarios analizados se presentan en los cuadros de resultados incluidos en el Anexo Digital D.

El análisis hidráulico de las crecidas se ha realizado para 1:50 años y 1:100 años, comienza con el paso de dichas crecidas por la presa vertedora. No existe tránsito de caudales debido a que no hay ninguna regulación. Por lo tanto la crecida se recibe tal cual en las estructuras de evacuación.

En el Escenario 1 la crecida de inundación, tiene particular interés: la reducción del caudal pico mientras se dirige aguas abajo (atenuación), el tiempo máximo en el que el flujo de agua llega hacia los puntos de importancia, y la altura máxima de agua que se puede acumular en puntos de importancia y de qué manera cambia la hidrografía del lugar mientras se mueve aguas abajo.

Estos efectos están regidos por factores como: la geometría del canal principal y áreas aledañas; la rugosidad del canal y zonas continuas, la existencia de áreas en las que se pueda acumular agua fuera del canal principal, y la forma del hidrograma de creciente cuando llega al cauce.

### **D.3 ANÁLISIS HIDRÁULICO DE LA PRESA.**

Los escenarios analizados de acuerdo a las Normas de Seguridad de Presas de ASEP son las siguientes:

#### **D.3.1 Escenario 0**

- ✓ Crecida 1: 50 años sin rotura de presa.

En esta condición la crecida 1:50 años debe pasar por el vertedor

#### **D.3.2 Escenario 1**

- ✓ Crecida 1:100 años sin rotura de presa.

En esta condición la crecida 1:100 años debe pasar por el vertedor.

#### **D.3.3 Datos de Partida.**

Las secciones de topografía y la rugosidad serán las mismas utilizadas en el análisis hidráulico del río para las crecidas extraordinarias.

- ✓ Datos de las estructuras de contención, las cuales son introducidas al programa HEC-RAS.
- ✓ Al ser una estructura de poca altura, su rotura no aporta un volumen de riesgo, ya que el volumen que acompaña a la crecida es muy superior (el almacenamiento es muy pequeño comparado con la crecida).

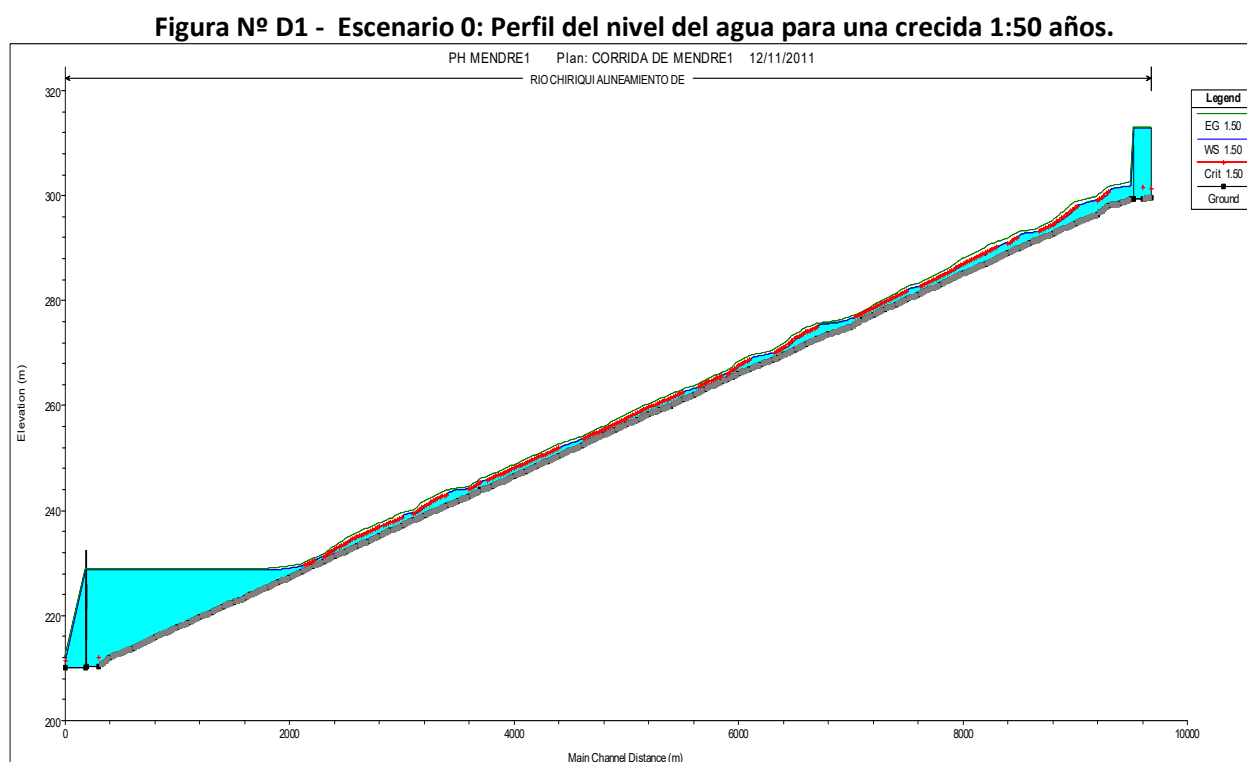
## D.4 RESULTADOS DEL ANÁLISIS HIDRÁULICO.

Los archivos de datos y los archivos de resultados del análisis hidráulico completo para los dos escenarios analizados se presentan en el Anexo Digital D. Se realizaron las corridas de HEC-RAS para los escenarios analizados.

Las secciones se han obtenido del plano generado con toda la data cartográfica en Civil 3D, estas secciones se introducen en el programa HEC-RAS para realizar los análisis hidráulicos de las crecidas.

### D.4.1 Resultados Crecida Extraordinaria 1:50 años .

HEC RAS genera los resultados en diferentes formatos, en forma gráfica y en tablas. En la Figura N° D1 se presenta el perfil generado gráficamente para la crecida extraordinaria de 1:50 años. (Escenario 0).

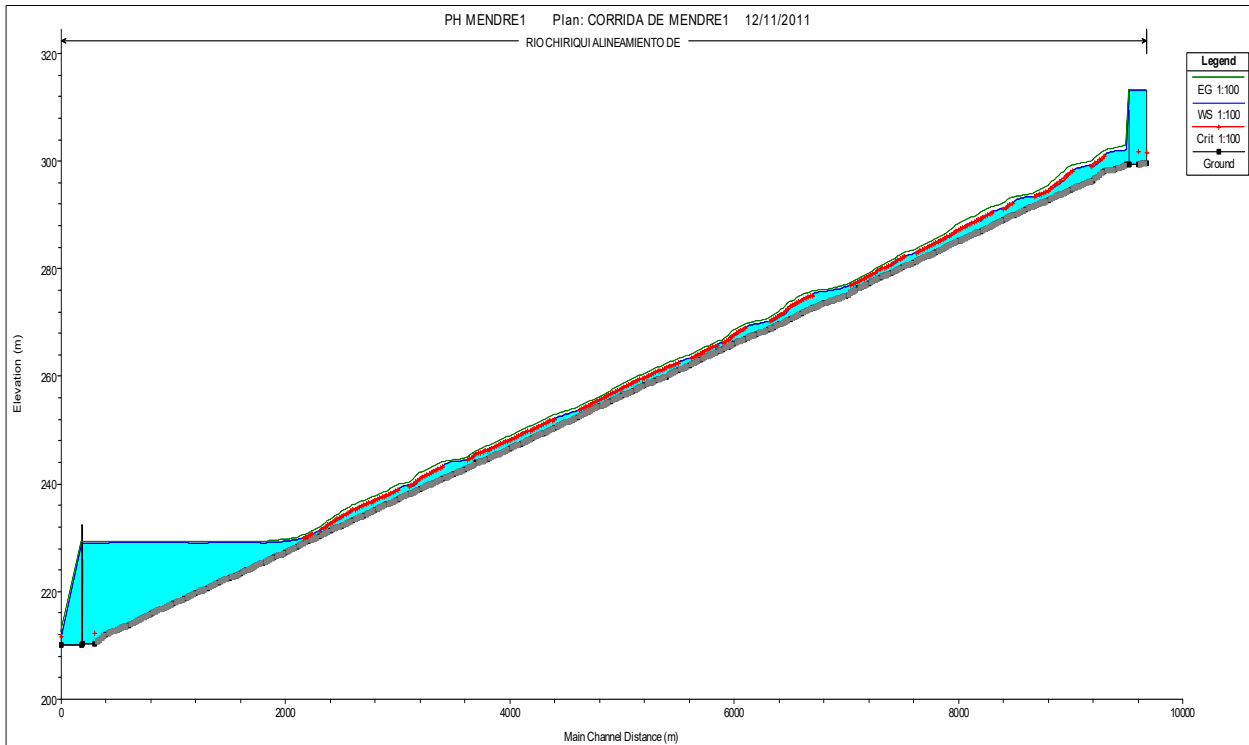


### D.4.2. Resultados Crecida Extraordinaria 1:100 años.

En la Figura N° D2 se presenta el perfil generado gráficamente para la crecida extraordinaria de 1:100 años. (Escenario 1). Se observa que ocurren cambios en el nivel del río y la llegada de la onda.



**Figura N° D2 - Escenario 1: Perfil del nivel del agua para una crecida 1:00 años.**

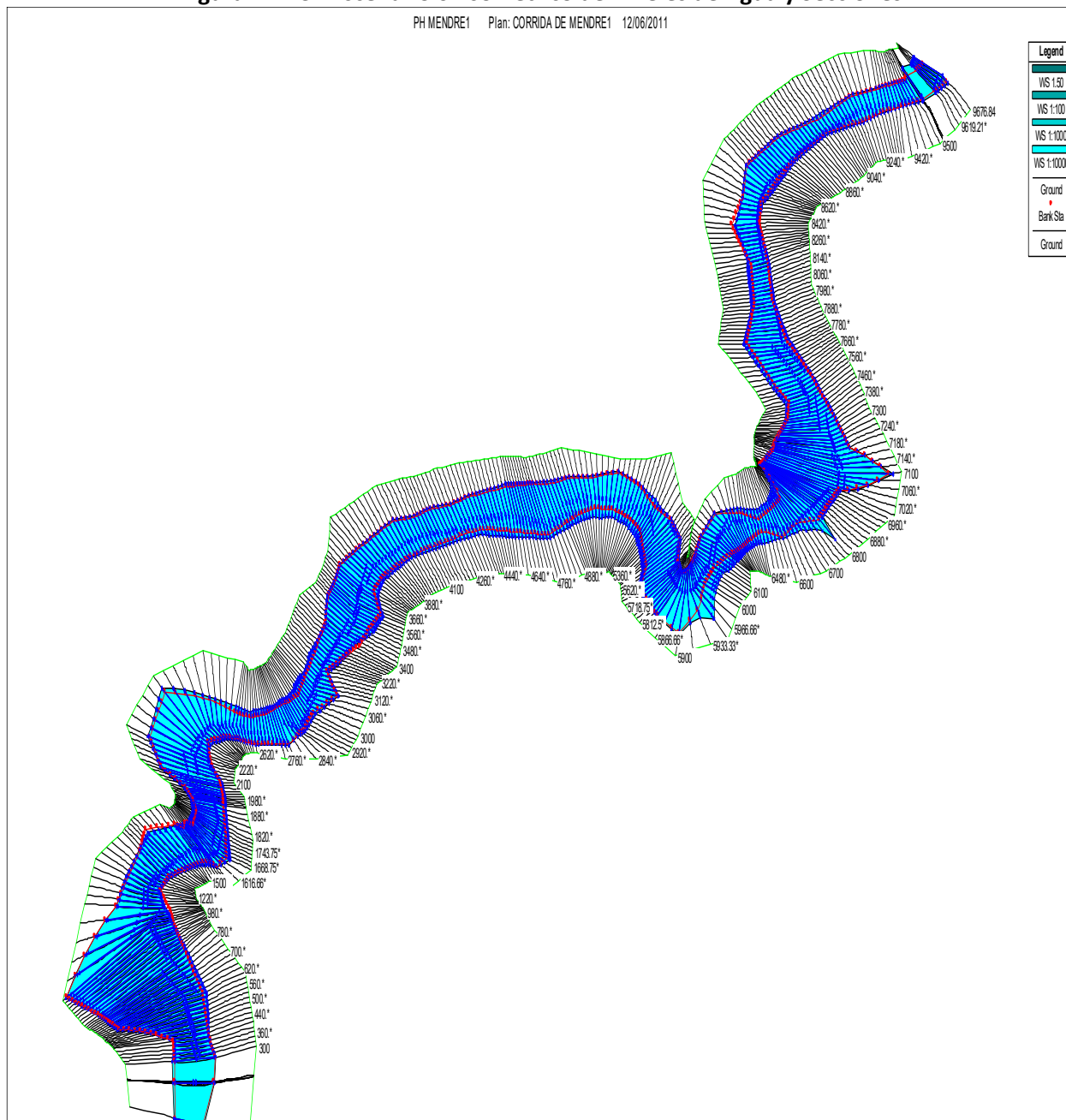


#### **D.4.3. Resultados de la Mancha de Inundación.**

En la Figura N° D3 se presenta la salida del programa donde se muestra en el isométrico los niveles del agua y secciones. El programa permite exportar la información de la crecida referenciado a coordenadas y cotas reales.

Las aguas de las crecidas llegan a desbordarse, saliéndose del cause para ocupar e inundar planicies adyacentes, formadas por lo general, por sedimentos acarreados por el propio cause en su lento proceso geomorfológico. A la vez que el agua socava el fondo y las riberas definiendo así las secciones profundas y triangulares del río.

**Figura Nº D3- Escenario 0: Isométrico de Niveles de Agua y Secciones**



En el Anexo Digital D, se presentan los resultados del programa HEC-RAS y un cuadro resumen en Excel que permite analizar todos los resultados obtenidos.

#### **D.4.4 Cuadros con Resultados de la Onda de las Crecidas.**

Con los datos obtenidos de HEC-RAS procedemos a calcular en los cuadros siguientes la onda de crecida hasta la presa La Esperanza Central Hidroeléctrica Estí a manera de comparación.

**Cuadro N° D5 - Tiempo de llegada y Tirante de la Onda para Crecida 1:50**

| TIEMPO DE VIAJE DE LA ONDA |        |        |         |           |
|----------------------------|--------|--------|---------|-----------|
| Estación                   | Tiempo |        | Tirante | Elevación |
| km                         | hora   | minuto | metros  | msnm      |
| 0                          | 0      | 0      | 3.35    | 312.85    |
| 1                          | 0      | 5      | 2.40    | 292.79    |
| 2                          | 0      | 9      | 1.75    | 282.46    |
| 3                          | 0      | 16     | 2.05    | 273.07    |
| 4                          | 0      | 21     | 1.40    | 262.86    |
| 5                          | 0      | 26     | 1.30    | 253.12    |
| 6                          | 0      | 32     | 1.95    | 244.06    |
| 7                          | 0      | 37     | 1.50    | 234.15    |
| 8                          | 0      | 47     | 6.05    | 228.73    |
| 9                          | 2      | 0      | 15.55   | 228.73    |
| 9.33                       | 2      | 20     | 3.23    | 228.72    |

**Cuadro N° D6 - Tiempo de llegada y Tirante de la Onda para Crecida 1:100**

| TIEMPO DE VIAJE DE LA ONDA |        |        |         |           |
|----------------------------|--------|--------|---------|-----------|
| Estación                   | Tiempo |        | Tirante | Elevación |
| km                         | hora   | minuto | metros  | msnm      |
| 0                          | 0      | 0      | 3.73    | 313.23    |
| 1                          | 0      | 4.5    | 2.60    | 293.05    |
| 2                          | 0      | 9      | 1.90    | 282.48    |
| 3                          | 0      | 15     | 2.20    | 273.18    |
| 4                          | 0      | 20     | 1.55    | 262.99    |
| 5                          | 0      | 25     | 1.45    | 253.25    |
| 6                          | 0      | 30     | 2.15    | 244.26    |
| 7                          | 0      | 35     | 1.60    | 234.3     |
| 8                          | 0      | 44     | 6.35    | 229.1     |
| 9                          | 1      | 49     | 15.85   | 229.09    |
| 9.33                       | 2      | 1      | 3.59    | 229.09    |

**Cuadro N° D7 – Verificación de Niveles en Presas y Estructuras**

| Descripción                 | Crecida (msnm) |        |        | Borde Libre (m) |       |        |
|-----------------------------|----------------|--------|--------|-----------------|-------|--------|
|                             | 1:50           | 1:100  | 1:1000 | 1:50            | 1:100 | 1:1000 |
| Presa Mendre I              | 312.85         | 313.23 | 314.47 | 1.65            | 1.27  | 0.03   |
| Central Hidroeléctrica Estí | 228.73         | 229.09 | 230.29 | 2.57            | 2.21  | 1.01   |

## **D.5 MAPAS DE INUNDACION.**

Para la confección y presentación de los mapas de inundación para los diferentes escenarios se seguirán los siguientes procedimientos:

- Sobre la base cartográfica preparada con la documentación recolectada, según se indica en la sección D.1.2, se ha representado las cotas de las crecidas para los distintos escenarios analizados.
- Se han preparado mapas de inundación correspondientes a los dos escenarios analizados.
- Se han colocado de manera espaciada el tiempo y la altura de la crecida a lo largo del río Chiriquí.
- Sobre los mapas de inundación se han indicado las rutas de evacuación y las zonas seguras en caso de emergencia de crecidas.

En el Anexo B se presentan copias impresas de los mapas de inundación para su manejo y en el Anexo Digital D se cuenta con copias digitales en formato PDF y ACAD los cuales podrán ser impresos a una escala apropiada.

## **D.6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

El análisis de los resultados nos permite concluir lo siguiente:

- ✓ Los escenarios analizados transitan adecuadamente sin ocasionar inundaciones en áreas pobladas, estructuras o áreas de producción agrícola.
- ✓ La falla de la presa de la Central Hidroeléctrica Mendre I no provocan ningún impacto sobre sus estructuras ni a la presa La Esperanza de la Central Hidroeléctrica Estí.
- ✓ La crecida de 1:1000 años no provocan ningún impacto sobre las estructuras de la Central Hidroeléctrica Mendre I ni la presa La Esperanza de la Central Hidroeléctrica Estí.

Como recomendaciones se sugiere:

- ✓ Se requiere actualización, solo de los datos de las personas de contacto en el Flujo de Comunicación y la demográfica actualizada que utiliza la Contraloría Nacional de la República de Panamá.
- ✓ Realizar estudios especiales para determinar las características del suelo en el sitio de cámara de carga y conducción, de forma que se puedan colocar mecanismos de protección.

## D.7 REFERENCIAS.

### Textos y manuales

1. USA Geological Survey Guide for Selecting Manning's Roughness Coefficients.
2. Clasificación de presas y evaluación del riesgo con el modelo HEC-RAS, España.
3. Hidráulica de Canales, Ven Te Chow.
4. USA Geological Survey Guide for Selecting Manning's Roughness Coefficients
5. Norma Para la Seguridad de Presas. Autoridad de los Servicios Públicos de la República de Panamá (ASEP) septiembre 2010.
6. Victor M. Ponce, M.ASCE<sup>1</sup>; Ahmad Taher-shamsi<sup>2</sup>; and Ampar V. Shetty<sup>3</sup>
7. Dam-Breach Flood Wave Propagation Using Dimensionless Parameters
8. Bruce W. Harrington, P.E. MD Dept. of The Environment Dam Safety Division
9. HAZARD CLASSIFICATIONS & DANGER REACH STUDIES FOR DAMS By
10. Utah State University and RAC Engineers & Economists.
11. Sanjay S. Chauhan<sup>1</sup>, David S. Bowles<sup>2</sup> and Loren R. Anderson<sup>3</sup>
12. REASONABLE ESTIMATES FOR USE IN BREACH MODELING
13. DO CURRENT BREACH PARAMETER ESTIMATION TECHNIQUES PROVIDE
14. ManualBasico\_HEC-RAS313\_HEC-GeoRAS311\_Español
15. CLASIFICACIÓN DE PRESAS Y EVALUCIÓN DEL RIESGO  
CON EL PROGRAMA HEC-RAS.
16. HEC-GeoRAS42\_UsersManual
17. Programa HEC\_RAS. Hidrologic Engineering Center River analysis system 4.1.0 Jan 2010 HEC-RAS. Devoleped by the U.S. Army Corps Engineers
18. Programa HEC\_RAS. Hidrologic Engineering Center River analysis system 4.1.0 Jan 2010 HEC-RAS. Devoleped by the U.S. Army Corps Engineers
19. Dam Break Flood Analysisi Bulletin 111
20. Open Channel Hydraulics, Vente Chow.
21. Guía Técnica de Seguridad de Presas No. 4 – Avenida de proyecto. Comité Nacional Español del Grandes Presas.
22. HEC-RAS, River Analysis System. User's Manual. US Army Corps of Engineers.
23. Manual de Requisitos para Revisión de Planos. Ministerio de Obras Públicas.
24. Manual de Hidráulica. Horace William King.

## D.8. ANEXO DIGITAL D.

### ANEXO DIGITAL (en CD)

| Nombre del Archivo   | Descripción  | Tipo de Archivo           |
|--|--|---------------------------|
| Directorio: Mapa de Inundación<br>- Mapa General Mendre 1<br>- Mapa de Inundación 1:50 años<br>- Mapa de Inundación 1:100 años<br>- Mapas Mendre 1 | Mapas de Inundación<br>- ANEXO B.1: Mapa de Localización General.<br>- ANEXO B.2: Mapa de Inundación de 1:50 años.<br>- ANEXO B.3: Mapa de Inundación de 1:100 años.<br>- Mapa General y de Inundación | PDF<br>PDF<br>PDF<br>ACAD |
| Directorio: Registro Fotográfico   | - Panorámicas<br>- Presa<br>- Puente Zarzo   | JPG<br>JPG<br>JPG         |
| Directorio: Memoria de Cálculo HEC-RAS<br>- Secciones Mendre 1, 2011<br>- Resultado HEC-RAS Mendre 1, 2011   | - Perfiles y secciones 1-100<br>- Resultados HEC-RAS   | PDF<br>EXCEL              |

## **ANEXO E – DIRECTORIO DE CONTACTOS ALTERNATIVOS**



## E. DIRECTORIO DE CONTACTOS ALTERNATIVO

En caso de no poderse contactar a la persona responsable en el flujo de comunicación para la respectiva alerta se debe proceder a comunicar con el superior jerárquico.

| INSTITUCION O EMPRESA     | NOMBRE            | CARGO                        | CONTACTO  |
|---------------------------|-------------------|------------------------------|---|
| CALDERA ENERGY CORP. S.A. | Juan Ramón Brenes | Gerente General              | Oficina: 834-0171/0172<br>Celular: 6612-1868<br>Correo: jrbrenes@grbmanagement.com      |
| CALDERA ENERGY CORP. S.A. | Mario Herrera     | Gerente de Operaciones       | Oficina: 834-0171/0172<br>Celular: 6450-7303<br>Correo: mherrera@panamapower.net        |
| CALDERA ENERGY CORP. S.A. | Edgardo Berrío    | Jefe de Operaciones          | Oficina: 834-0171/0172<br>Celular: 6613-1707<br>Correo: eberrio@mendre.net              |
| CALDERA ENERGY CORP. S.A. | Luis Córdoba      | Operador                     | Oficina: 834-0171/0172<br>Celular: 6248-7655<br>Correo: lcordova@mendre.net             |
| CALDERA ENERGY CORP. S.A. | Oriel Ortega      | Operador                     | Oficina: 834-0171/0172<br>Celular: 6925-8996<br>Correo: oortega@mendre.net              |
| CALDERA ENERGY CORP. S.A. | Manuel Ureña      | Operador                     | Oficina: 834-0171/0172<br>Celular: 6525-8888<br>Correo: murena@mendre.net               |
| CALDERA ENERGY CORP. S.A. | Eduardo Vargas    | Operador                     | Oficina: 834-0171/0172<br>Celular: 6724-0050<br>Correo: evargas@mendre.net              |
| CALDERA ENERGY CORP. S.A. | Jimmy Guevara     | Operador                     | Oficina: 834-0171/0172<br>Celular: 6535-4171<br>Correo: jguevara@mendre.net             |
| <b>ETESA</b>              |                   |                              |   |
| ETESA – CND PANAMA        | Carlos A. Barreto | Gerente                      | Oficina: 230-8100/8103<br>Celular:<br>Correo: cbarreti@etesa.com.pa<br>cnd@etesa.com.pa |
| ETESA – HIDROMET PANAMA   | Iván Jaramillo    | Gerente de Hidrometeorología | Oficina: 501-3849/66436394<br>Celular:<br>Correo: ijaramillo@etesa.com.pa               |
| <b>SINAPROC</b>           |                   |                              |   |
| SINAPROC CHIRIQUI         | Abelardo Serrano  | Director Provincial          | Oficina: 774-7325/775-9071/774-3944<br>Celular:<br>Correo:                              |
| SINAPROC PANAMA           | Arturo Alvarado   | Director Nacional            | Oficina: 316-3200<br>Celular:<br>Correo: lcampillo_02@hotmail.com                       |

| INSTITUCION O EMPRESA                                  | NOMBRE                 | CARGO                | CONTACTO  |
|--|------------------------|----------------------|---|
| <b>POLICIA NACIONAL</b>                                |                        |                      |   |
| POLICIA NACIONAL DE DAVID                              | Rodrigo Jiménez        | Mayor                | Oficina: 722-4036/722-7027<br>Celular:<br>Correo:   |
| <b>CUARTEL DE BOMBEROS</b>                             |                        |                      |   |
| BOMBERO DE DAVID                                       | Dr. Manuel De La Cruz  | Comandante           | Oficina: 775-4211<br>Celular:<br>Correo:  |
| BOMBEROS DE BOQUETE                                    | Jorge E. González      | Mayor                | Oficina: 720-1277<br>Celular:<br>Correo:  |
| BOMBEROS PANAMA  | Edgar Salazar          | Capitán              | Oficina: 512-6160<br>Celular:<br>Correo:  |
| <b>HOSPITALES Y CENTROS MEDICOS</b>                    |                        |                      |   |
| HOSPITAL REGIONAL CSS Dr. RAFAEL HERNANDEZ DE CHIRIQUÍ | Erick Miranda          | Director Regional    | Oficina: 774-6067<br>Celular:<br>Correo:  |
| POLICLINICA ESPECIALIZADA Dr. PABLO ESPINOZA           | Elián Calvo            | Director Regional    | Oficina: 770-6217<br>Celular:<br>Correo:  |
| HOSPITAL DE CHIRIQUÍ                                   | Rigoberto Martínez     | Director Regional    | Oficina: 774-0128<br>Celular:<br>Correo:  |
| HOSPITAL CSS PANAMA                                    | Guillermo Sáez Llorens | Director             | Oficina: 503-60-32/2532<br>Celular:<br>Correo: <a href="http://www.css.gob.pa">www.css.gob.pa</a> |
| HOSPITAL SANTO TOMAS PANAMA                            | José Terán             | Director             | Oficina: 507-4122/5600<br>Celular:<br>Correo: <a href="http://www.hst.gob.pa">www.hst.gob.pa</a>  |
| CENTRO DE SALUD DAVID                                  | Dr. Agustín Saldaña    | Director Regional    | Oficina: 775-3794<br>Celular:<br>Correo: <a href="http://www.minsa.gob.pa">www.minsa.gob.pa</a>   |
| CENTRO DE SALUD DE BOQUETE                             | Dr. Pedro Honnings     | Director Regional    | Oficina: 776-2107<br>Celular:<br>Correo: <a href="http://www.minsa.gob.pa">www.minsa.gob.pa</a>   |
| <b>CRUZ ROJA</b>                                       |                        |                      |   |
| CRUZ ROJA DE DAVID CHIRIQUÍ                            | Erick Pittí            | Directora Regional   | Oficina: 775-3737<br>Celular:<br>Correo:  |
| CRUZ ROJA DE BOQUETE                                   | Prof. Darmando Ríos    | Presidente de Comité | Oficina: 775-8456<br>Celular:<br>Correo:  |

| INSTITUCION O EMPRESA   | NOMBRE                   | CARGO  | CONTACTO   |
|---|--------------------------|--|--|
| CRUZ ROJA PANAMA  | Jaime Fernández          | Director   | Oficina: 315-1429/1401<br>Celular:<br>Correo: cruzroja@pa.gbnet.cc   |
| <b>INSTITUCIONES DE VIGILANCIA</b>  |                          |  |  |
| INSTITUTO DE GEOCIENCIAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL.                            | Arquin Tapia             | Jefe de la Red Sismológica del Instituto de Geociencias                      | Oficina: 523-5571/5560 (8am-9pm)<br>Celular: 6911-3023<br>Correo: aalaint@hotmail.com<br><a href="http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eqarchives/epic/">http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eqarchives/epic/</a> |
| CENTRO EXPERIMENTAL DE INGENIERÍA (CEI) DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PANAMÁ | Ing. Milagros Pinto M.Sc | Jefe Laboratorio de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas (LIICA) | Oficina: 290-8423 /290-8443<br>Celular:<br>Correo: milagros.pinto@utp.ac.pa  |
| SERVICIO AEREO NACIONAL   | Belsio Giolis            | Director General   | Oficina: 211-6000/238-1000<br>Celular:<br>Correo:  |
| SERVICIO MARITIMO NACIONAL  | Alfonso Castillero       | Director General de Marina Mercante  | Oficina: 501-5033<br>Celular:<br>Correo:   |
| <b>OTRAS INSTITUCIONES</b>  |                          |  |  |
| MOP CHIRIQUÍ  | Roberto Lezcano          | Directora Regional   | Oficina: 775-4101<br>Celular:<br>Correo: www.mop.gob.pa  |
| MOP PANAMÁ  | Federico Suarez          | Director   | Oficina: 507-9400/9481<br>Celular:<br>Correo: www.mop.gob.pa   |
| IDAAN CHIRIQUÍ  | Zenón González           | Director Regional  | Oficina: 7775-5280<br>Celular:<br>Correo: www.idaan.gob.pa   |
| IDAAN PANAMÁ  | Manuel González Ruiz     | Director   | Oficina: 523-8570/8567<br>Celular:<br>Correo: www.idaan.gob.pa   |
| CORREGIDOR DE BOQUETE   | Walkiria Castillo        | Corregidora  | Oficina: 720-1182<br>Celular:<br>Correo:   |
| MUNICIPIO DAVID   | Licdo. Francisco Vigil   | Alcalde  | Oficina: 775-1013<br>Celular:<br>Correo:   |
| MUNICIPIO BOQUETE   | Licdo. Manolo Ruíz       | Alcaldesa  | Oficina: 772-7001<br>Celular:<br>Correo:   |
| HONORABLE   | Miguel                   | Representante  | Oficina: 772-0647  |

| <b>INSTITUCION O EMPRESA</b>          | <b>NOMBRE</b>          | <b>CARGO</b>                | <b>CONTACTO</b>  |
|---------------------------------------|------------------------|-----------------------------|--|
| REPRESENTANTE<br>DAVID CENTRO         | Medina                 |                             | Celular:<br>Correo:  |
| HONORABLE<br>REPRESENTANTE<br>BOQUETE | Marcial Suarez         | Representante               | Oficina: 720-1221<br>Celular:<br>Correo:                               |
| CORREGIDURÍA DE<br>DAVID CENTRO       | Porfirio<br>Miranda    | Corregidor                  | Oficina: 775-1012<br>Celular:<br>Correo:                               |
| MIVI CHIRIQUI                         | Jorge O.<br>Montenegro | Director Regional           | Oficina: 775-3651/775-1372<br>Celular:<br>Correo: www.mivi.gob.pa      |
| MIVI<br>PANAMA                        | Carlos Duboy           | Director                    | Oficina: 579-9230/9202/0000<br>Celular:<br>Correo: www.mivi.gob.pa     |
| MEDUCA<br>CHIRIQUÍ                    | Gertrudis<br>Rodríguez | Director<br>Regional        | Oficina: 775-4102/775-7517<br>Celular:<br>Correo: meduca@meduca.gob.pa |
| MEDUCA<br>PANAMÁ                      | Lucynda<br>Molinar     | Ministra<br>de<br>Educación | Oficina: 511-4400/515-7300<br>Celular:<br>Correo: meduca@meduca.gob.pa |

## **ANEXO F – PLAN DE SIMULACRO PARA OPERADORES DE CENTRALES HIDROELECTRICAS**

## **F. Plan de Simulacro para Operadores de Centrales Hidroeléctricas**

### **CONTENIDO**

|  |   |
|--|---|
| F.1 Objetivo .....                             | 2 |
| F.2 Frecuencia y duración del simulacro.....   | 2 |
| F.3 Personal Implicado en el Simulacro .....   | 2 |
| F.4 Fases del simulacro .....                  | 3 |
| F.5 Limitaciones y alcances del simulacro..... | 3 |
| F.6 Informe Final del Simulacro .....          | 4 |
| F.7. Sistema de Aviso para Simulacros.....     | 4 |
| F.7.1 Sirena Acústica .....                    | 4 |
| F.7.2 Comunicación.....                        | 5 |

## **F.1 Objetivo**

El objetivo que se quiere con la capacitación del operador de la presa de la Central Hidroeléctrica Mendre I, es adquirir los conocimientos y la experiencia necesaria bajo una acción inmediata, ante situaciones que ponga en peligro la seguridad de la presa de la central, de manera que puedan actuar en el momento necesario, activar y dar seguimiento cuando ocurra la emergencia.

Para alcanzar los objetivos de este plan se deberá seguir los siguientes pasos:

- ✓ Asegurar que todo el personal forme parte del plan, lo haya estudiado y tenga conocimiento del mismo desde el momento de su incorporación a la organización de la operación de la Central Hidroeléctrica Mendre I.
- ✓ Realizar actividades de simulacro de las emergencias establecidas en el PADE de la Central Hidroeléctrica Mendre I.

En el capítulo 6 de este PADE, se definen los procedimientos de actuación, estableciendo las circunstancias que permiten detectar el incidente que causa la situación y su clasificación en los cuatro posibles niveles de emergencia según la importancia del suceso.

El simulacro se llevará a cabo mediante un ejercicio donde se ensayaran las medidas a seguir ante una situación hipotética de emergencia. Donde se deberá abarcar todos los pasos contemplados para una situación de emergencia real.

## **F.2 Frecuencia y duración del simulacro**

Para habituar y disciplinar el comportamiento del equipo involucrado, se realizará el simulacro de algunas de las situaciones contempladas en el capítulo 6, del presente plan de emergencia al menos una vez cada tres años.

Los ejercicios de simulacro se realizan cuando la central hidroeléctrica este en situación normal y en una época del año en que las circunstancias permitan prever, con cierta garantía que no va acontecer un incidente que genere una situación extraordinaria o de emergencia real.

La duración del ejercicio del simulacro será como mínimo de 24 horas.

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

## **F.3 Personal Implicado en el Simulacro**

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

El ejercicio participará todo el personal necesario, para llevar a cabo las tareas de acuerdo a la situación de emergencia del simulacro.

Se excluirá a participar del ejercicio de forma total y parcial, al personal que sea necesario para mantener la central en operación normal durante el simulacro.

Se implicará en el ejercicio a las personas y organismos externos que el PADE establezca.

#### **F.4 Fases del simulacro**

El simulacro de las situaciones de emergencia se realizará en cinco pasos, paralelas a las establecidas en una situación normal, llevando una bitácora de todas las acciones ejecutadas:

- ✓ Paso 1: Detección del Evento
- ✓ Paso 2: Determinación del Nivel de Emergencia
- ✓ Paso 3: Niveles de Comunicación y Notificación
- ✓ Paso 4: Acciones Durante la Emergencia
- ✓ Paso 5: Terminación

Durante el desarrollo del ejercicio del simulacro durante la emergencia, el equipo controlará y registrará en la 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.

#### **F.5 Limitaciones y alcances del simulacro**

No se permitirá el tráfico de personas o vehículos salvo que sean imprescindibles dentro del ejercicio del simulacro.

Las comunicaciones deberán estar disponibles para el ejercicio.

En particular el Coordinador del PADE deberá:



- ✓ Elaborar la ficha descriptiva estableciendo el tipo de alerta a simular y las instrucciones generales sobre el simulacro.
- ✓ Plantear con el operador de la presa de Central Hidroeléctrica Mendre I hipotéticas circunstancias especiales que pudieran surgir durante el desarrollo del ejercicio.
- ✓ Programar una reunión informativa con el personal de la presa de Central Hidroeléctrica Mendre I donde se revisen los métodos de actuación frente a situaciones de emergencia.
- ✓ Redactar un informe final del ejercicio.

## **F.6 Informe Final del Simulacro**

Caldera Energy Corp., S.A. realizará un informe sobre el desarrollo del ejercicio del simulacro, que será remitido a la ASEP. En el mismo se reportarán todas las incidencias, observaciones, conclusiones y recomendaciones que permitan introducir mejoras en los procedimientos de actuación.

El contenido mínimo el informe será el siguiente:

1. Descripción
2. Comentarios
3. Fecha y hora de comienzo y final del ejercicio
4. Emergencia Simulada (La que corresponda)
5. Tipos de Alertas a establecer (Blanca, Verde, Amarilla Roja)
6. Personal Implicado
7. Acciones Realizadas
8. Comunicaciones,
9. Comprobaciones y tiempos de respuesta
10. Anomalías e incidencias
11. Descripción de las dificultades y carencias que se hayan podido presentar
12. Valoración del Ejercicio
13. Evaluación General

## **F.7 Sistema de Aviso para Simulacros**

### **F.7.1 Sirena Acústica**

Las sirenas acústicas instaladas permitirán dar la alerta a los poblados que se encuentren ubicados aguas abajo de la presa y en las zonas inundables.

La sirena de aviso será utilizada exclusivamente para notificar señales de alerta amarilla y roja. Los sonidos en decibeles que se dispongan para cada caso serán establecidos por el Cuerpo de Bomberos Local, de forma tal que cubra un nivel sonoro en zonas urbanas y en zonas rurales ubicadas aguas abajo de la presa.

La sirena durante simulacros será avisada con anticipación a las entidades públicas y de protección civil que esté relacionada con los niveles de emergencia alertados.

### **F.7.2 Comunicación**

Durante el simulacro, el sistema de comunicación que se utilizara para notificar la alerta deberá mantener comunicación redundante con la sala de emergencia de la presa de la Central Hidroeléctrica Mendre I y los puntos donde están ubicadas las sirenas de aviso.

Durante el simulacro se verificará la eficacia de los medios primarios de comunicación, con los organismos que en cada caso corresponda. También se verificará el funcionamiento de otros medios de comunicación disponibles en la actualidad que presenten una garantía y fiabilidad en dicha comunicación.

En caso de falla de cualquiera de los sistemas de comunicación, se deberá implementar los sistemas alternos de comunicación.