

**CONSIDERACIONES GEOLOGICAS ACERCA DE LA PLANTA ELECTRICA
PROYECTADA EN EL LUGAR 'CHORRERA DEL GUAYABO'
EN EL RIO LEMPA.**

Por el Dr. Helmut Meyer-Abich.

No cabe duda ninguna, que el proyectado desarrollo hidroeléctrico del Río Lempa significa una etapa esencial en el progreso económico de la República de El Salvador. Por ser así cada comentario referente a este asunto debe originarse de un punto de vista positivo. Una crítica negativa e impertinente, no contribuye al fomento de dicho proyecto, solamente lo perjudica. En cambio se debería prestar oídos a cada crítica imparcial, por un lado en consideración al tamaño del proyecto, y porque estas críticas solamente pueden ser favorables para el proyecto mismo y la prosperidad de la República.

La Harza Engineering Company trabajó en el país durante el año 1947 haciendo estudios topográficos, hidrológicos, geológicos, hidroeléctricos y económicos en relación con los proyectos de aprovechamiento del Río Lempa para fines de electrificación; presentó a la CEL (Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa) con fecha 17 de noviembre de 1947 un informe extenso y detallado sobre dicho proyecto. A este informe se refiere lo siguiente:

APTITUD DE LA ROCA.

La roca del lugar de la presa es un aglomerado piroclástico, su aptitud para la construcción de la presa es satisfactoria, aún no de suprema calidad, debido a la existencia de varias pequeñas fallas ('shear zones'). Pero no cabe duda que todas las pequeñas dificultades, presentadas por la naturaleza de la roca, podrán ser vencidas por respectivas medidas técnicas.

EL PELIGRO DE LOS TERREMOTOS.

Según mi opinión en toda la República no existe un lugar que no sea amenazado por efectos sísmicos. Por lo general estoy conforme con el respectivo informe, dado por el geólogo Mr. Thompson, en el estudio de la Harza. A pesar de esto me pareció necesario juntar informaciones sobre los efectos de los mayores terremotos, especialmente, sobre los del terremoto de San Vicente el 19 de diciembre de 1936.

Existe un mapa de las líneas isoseistas de este terremoto, elaborado por el Señor Benedito Levin, y publicado por el ingeniero señor Julio E. Mejía ('Elementos de Sismología' p. 50, San Salvador, 1940). Este mapa comprueba que el epicentro de dicho terremoto ha sido la zona fallada en la pendiente noreste del Volcán de San Vicente (San Vicente, Apastepeque, San Esteban Catarina). Por ser limitado hacia el norte por el paralelo de 13° 45', el mapa no alcanza a mostrar la intensidad del terremoto en el lugar de la Chorrera, pero como se sintió la intensidad con grado V (Mercalli) hasta unos 40 - 50 km. de distancia del epicentro se puede suponer que en la Chorrera (a 40 km. de distancia del epicentro) se debe haber sentido el

terremoto con esta intensidad. Para aclarar esta suposición, pregunté a algunas personas que en esta fecha estaban presentes en el lugar de la presa proyectada.

El Señor Julián de Paz, habitante de Maraña (un pueblito que queda inmediatamente a la orilla de la presa) de unos cincuenta años de edad, se recordó muy bien de los efectos de dicho terremoto en el Guayabo. A este señor tengo que agradecer los siguientes datos, que fueron comprobados por otros dos testigos de la Hacienda San Nicolás. Don Julián de Paz observó lo siguiente:

- 1) Todas personas despertaron por el choque (a las 5 horas de la mañana), se asustaron bastante y salieron de la casa, en los casos posibles.
- 2) En la casa de don Julián de Paz no se podían abrir las puertas por estar encajadas en las paredes, debido al choque sísmico.
- 3) Objetos colgantes (hamacas, etc.) empezaron a hacer movimiento pendular.
- 4) Objetos arrimados a la pared (escobas, etc.) se cayeron al suelo.
- 5) Grandes rocas sueltas (tamaño de unos 50 cm. de diámetro) cayeron de la falda escarpada hacia el lecho del Río Lempa.
- 6) Daños en las paredes de las casas (de adobe) o en los techos, no fueron observados.

Según el importante libro de Keilhack, 'Lehrbuch der praktischen Geologie' tomo II, p. 6, estos datos son terminantes para una intensidad sísmica del grado V (26- 50 mm/ seg² de velocidad acelerada) de la escala de intensidad de Mercalli-Cancani. Es decir, construyendo la presa hay que tomar en cuenta una probable intensidad sísmica hasta el grado V. No me parece probable que ocurrirán en el futuro mayores grados de intensidad, debido a la naturaleza sólida de las rocas en esta región.

La sedimentación en el embalse de la presa.

De suprema importancia es la pregunta: ¿cuando será rellenado con sedimentos el proyectado embalse de la presa del Guayabo? La contestación a esta pregunta es de gran significación para la valorización económica del proyecto. La Harza Eng. Co., ha tratado de contestarnos en las siguientes formas:

- A) Por la conclusión final de la analogía de la sedimentación en el lago de Güija.
- B) Por medio de la observación de las cantidades de sedimento, que son arrastradas por la corriente del Río Lempa.

A. Cálculo a base de la sedimentación en el lago de Güija.

La Harza Eng. Co., dice, con mucha razón, en la pág. 7 del tercer capítulo de su informe, que sí el área de drenaje de la laguna de Güija y el del Río Lempa, hasta la presa del Guayabo, son semejantes, la hechura en el embalse del Guayabo se puede deducir de la sedimentación en la laguna de Güija. En este caso, y en relación al tamaño de las áreas de drenaje correspondientes, tomando en cuenta los volúmenes de ambos lagos, se podrá hacer los respectivos cálculos, para cuando la presa del Guayabo esté rellenada. De los datos siguientes:

Lago de Güija

Area de drenaje	2562	km ²
Volumen actual del lago	0,9	km ³
Edad mínima	430	años

El delta existente en la actualidad ha reducido el volumen del lago, durante este lapso de tiempo, en un 30%

Embalse del Guayabo

Area de drenaje	9785	km ²
Volumen del embalse	0,3	km ³

según los cálculos efectuados por la Harza, la vida útil del embalse del Guayabo será de unos 95 años.

Ahora bien, esta condición antes citada (que las áreas de drenaje sean comparables), no existe de ninguna manera. La diferencia esencial de ambas áreas es su altura sobre el nivel del mar, o sea la diferencia en relación con las bases de erosión, es decir: con el nivel del lago de Güija y el del embalse del Guayabo. El lago de Güija está a unos 450 m. sobre el nivel del mar, y el área de drenaje no pasa generalmente de unos 1000 m. sobre el nivel del mar. El embalse del Guayabo quedará a una altura de 180 m. sobre el nivel del mar, y una parte de su área de drenaje queda a 2000 m. y más. La diferencia morfológica de altura en el área de Güija es de unos 500 metros, mientras que en el área del Guayabo llega a unos 1800 metros. Los ríos afluentes del norte del Lempa, tienen un mayor desnivel y en consecuencia una mayor velocidad, y también una fuerza erosiva bastante mayor para el transporte de sedimentos. Adjunto un mapa de la cuenca del Río Lempa, que se origina principalmente de la CEL, y que fué completado por mí para mostrar, acercadamente, las alturas del relieve.

Fuera de esto pasa desde Asunción Mita el Río Ostúa por una cuenca plana de unos 13 km. de largo hacia el Este, antes de desembocar en la laguna de Güija, que queda a 18 km. al este de dicha ciudad. Los desniveles de los ríos afluentes del norte del Lempa (Sumpul, Río Grande etc.), son por el contrario continuos y no son interrumpidos por planicies.

Además hay otra diferencia en las formas morfológicas de las montañas. El área de Güija carece de profundas quebradas y valles escarpados que tengan forma de V, pero en la zona norte del Río Lempa, si existen por todos lados, exactamente por la razón de que este terreno queda muy alto, a lo que se debe que la erosión sea mucho más intensa.

Fuera de lo ya dicho, hay que constatar que toda esta zona se encuentra prácticamente despojada de árboles, y que sufre frecuentemente de grandes derrumbamientos. Afirma la Harza, en la pág. 7 del tercer capítulo y en la pág. 6 del apéndice D de su informe, que el agua de los ríos del norte, que desembocan en el Lempa, comparada con el de los ríos que vienen del sur, es relativamente más limpia, o más clara, pero de ninguna manera se permite la deducción, de tal hecho, que arrastren menos sedimentos. Lo único que pasa es que la manera de transportarlos es otra. Los afluentes del Río Lempa, del sur, llevan azolve o sea lodo en suspensión, y los del norte traen arena y cantos rodados en el fondo de su lecho.

Una breve inspección de las clases de rocas, existentes en la Chorrera del Guayabo como cantos rodados, dió el estimado resultado que unos 70% y probablemente más de estas rocas, se originan de las regiones del norte del Río Lempa; es decir son actualmente transportados y atraídos por los ríos afluentes del norte. Yo encontré cantos rodados de una roca muy característica (pudinga), que sin duda se originan de la región noreste de Metapán; además son muy frecuentes un diorita y rocas piroclásticas duras. Este diorita y las rocas piroclásticas son arrastrados en el lecho del Río Sumpul. (El diorita no existe en las regiones sur del Lempa). Estos resultados comprueban que, los afluentes del norte, son los más peligrosos con respecto a la sedimentación en el embalse de la presa del Guayabo.

De aquí resulta la conclusión de que una comparación de las condiciones de sedimentación en la zona de Güija, con las del embalse del Guayabo, científicamente no se puede justificar.

B. Cálculo a base de la observación de las cantidades de sedimentos arrastrados por el Río Lempa

Durante el año de 1947 fueron observados, entre otros lugares también en el Guayabo, los niveles del Río Lempa, dos veces por día, desde el 27 de mayo hasta el 28 de octubre (en total 155 días). Durante este tiempo, 13 veces se midió la descarga del río, y 37 veces se tomaron muestras del agua para determinar la cantidad de azolve. A fines de mayo el nivel del río llegaba a más o menos 126,5 m. sobre el nivel del mar.

En 11 días durante dicha temporada de observación, el nivel del río creció bastante, hasta más de 129 metros sobre el nivel del mar, en dos días de estos, alcanzó más de 130 metros. Ninguna de las medidas de la descarga, y solamente una de las muestras para la determinación del azolve, fueron efectuadas en los once días de crecimiento. Esta última dió un resultado de 18g/litro de sedimentos en suspensión, mientras que el promedio en niveles medios del río era solamente 1g/litro.

De estos datos la Harza calcula la cantidad anual de azolve, suponiendo que durante 363,8 días del año el río se lleva 1g/litro y una descarga correspondiente en el Guayabo de 172 metros cúbicos/seg; y solamente 1,25 días o sean 30 horas por año, transporta 18g/litro con una descarga de 725 metros cúbicos/seg. Solo aquellas personas que conozcan el Río Lempa, pueden estimar si esta suposición es justificada o no, y si acaso no debería calcularse con mayor cantidad de días, a razón de $18g/l \times 725 m^3/seg$.

La Harza misma constató durante la temporada lluviosa de 1947, 11 días con niveles bastante crecidos. Como aquel año fué un año relativamente seco, y con poca cantidad de lluvias, parece justificado suponer que, calculando solamente con 30 horas de crecidas como promedio anual, no será suficiente.

Para obtener un resumen sinóptico dándonos la relación entre la variable cantidad de tiempo con $18g/l \times 725 m^3/seg$. de sedimentos en suspensión, por un lado, y la correspondiente vida útil del embalse del Guayabo por otro, se agrega el adjunto diagrama. (Los datos básicos para el cálculo de las curvas se originan de la Harza).

En este diagrama la curva I tiene como base la suposición de que la cantidad de sedimentos transportados en el lecho del río, no será influida por los tiempos de crecida (por ejemplo suponiendo 15 días x 24 horas de crecidas resultan 20 años de vida útil). La cantidad de sedimentos, transportados en el lecho del Lempa, fué calculada por la Harza a 6,5 millones de metros cúbicos, de los cuales 4,55 millones de metros cúbicos llegan a sedimentarse en el embalse. La curva II nos muestra las condiciones en el caso de que esta cantidad aumente proporcionalmente con la cantidad del material suspendido (en el cálculo de la Harza con 1,25 días, la proporción de la cantidad transportada en el lecho a la del azolve es 1,38). En este caso, (por ejemplo 15 días o sean 360 horas anuales con la mencionada alta cantidad de azolve), la vida útil se calcula a solamente 12 años. Además ambas curvas tienen como base las siguientes suposiciones de la Harza:

- 1) Un 30% del material suspendido pasará por encima de la presa;
- 2) Un 33% del material transportado en el suelo del río será depositado antes de llegar al embalse.

Las curvas III y IV fueron calculadas para reconocer cuando el embalse se habrá llenado, si acaso por razones cualesquiera la suposición primera no fuese realizada, es decir, si no pasa ninguna cantidad de azolve por encima de la presa. La curva III corresponde a la curva I (cantidad de materiales del lecho del río constante), y la curva IV corresponde a la curva II

(aumento del material transportado en el suelo proporcional al aumento del azolve).

¿Cual de estas curvas corresponderá lo mejor posible a la realidad? No cabe ninguna duda, que los materiales transportados en el lecho del río aumentan con las aguas crecidas, por ser:

- 1) La velocidad del río durante la crecida es mayor.
- 2) Las grandes cantidades de agua tienen mayor fuerza erosiva.
- 3) La densidad, o sea el peso específico, del agua del río, aumenta con la cantidad del material suspendido que lleva.

Por estas razones la curva I debe considerarse demasiado favorable. No se sabe exactamente si las cantidades transportadas en el lecho del río aumentan con la misma proporción como los materiales suspendidos; talvez no alcancen esto del todo pero yo opino que la curva correspondiente a la realidad se encuentra más aproximada a la curva II que a la curva I. La curva IV seguramente que se encuentra en el extremo peor, porque parece justificado el suponer que cierta cantidad de azolve pase por encima de la presa, aunque yo opino que esta cantidad será menor del 30%, por el largo (unos 23 km.) del lago de embalse. (Por la misma causa las proyectadas compuertas de evacuación no van a ser construidas).

Según mi opinión los siguientes datos podrán considerarse como correspondientes a la realidad (la curva gruesa en el diagrama), suponiendo que los datos básicos de la Harza para las crecidas son justificados:

días anuales de crecidas del río con 18g/l x 725 m ³ /seg.	1,25	5	10	15	20	25	30	35	días
Vida útil del embalse del Guayabo en años	35	27	20	15	12	10	9	8	años

Estas consideraciones comprueban claramente:

- 1) que en el Río Lempa pocos días de crecidas son suficientes para transportar mucho mayor cantidad de sedimentos que aquella que corresponde al promedio de un nivel normal del río durante muchos meses.
- 2) Que es de importancia básica y esencial, medir frecuentemente la cantidad de azolve durante los días de crecidas, además de medir la descarga y especialmente la duración anual de estas crecidas.

Esta es la única manera posible para calcular - aún aproximadamente - la cantidad anual de los sedimentos transportados. Hasta la fecha (agosto de 1950) estos datos no existen de manera satisfactoria. El diagrama arriba en pág. 2 del apéndice G del estudio de la Harza muestra, por ejemplo, que la descarga correspondiente a un nivel del río de 129- 130 m. sobre el nivel del mar (en el lugar 150 m. arriba de la Chorrera) alcanza unos 1500 hasta 2000 m³ por segundo. El hecho de que la Harza aplica un valor de 725 m³ por segundo en su cálculo de sedimentación, prueba claramente la incertidumbre y el carácter dudoso de estos datos.

Consecuencias de las crecidas máximas.

Suponiendo que la crecida de junio de 1934 transportaba durante 48 horas la cantidad de 20 g./litro de azolve, y calculando la descarga a 18000 m³/seg. (véa pág. 13 del tercer capítulo del informe de la Harza), esta correntada hubiera atraído al embalse del Guayabo la cantidad de 43 millones de metros cúbicos de sedimentos en suspensión. Tomando en cuenta la cantidad además transportada en el lecho del río y las cantidades que hubieran pasado por encima de la presa, se podrá estimar que, durante estos dos días, a lo menos unos 20 millones de metros cúbicos de sedimentos hubieran sido depositados en el embalse. Es decir, 15 catástrofes de este tamaño serían suficientes para llenar el embalse por completo.

Indudablemente esta crecida enorme es un caso muy excepcional. Pero—según la experiencia—estas crecidas altas ocurren entre cada 11 hasta 15 años, así que durante la vida útil del embalse hay que tomar en cuenta a lo menos una correntada bastante fuerte.

Medidas necesarias para hacer frente a la sedimentación.

Estas consideraciones no las he hecho para recomendar la abstención de no construir la presa del Guayabo, pero si para manifestar los peligros que amenazan el proyecto. Las dificultades son para vencerlas, y el conocimiento de ellas debe iniciar las medidas necesarias para estos fines. Para prolongar la vida útil del embalse proyectado en el Guayabo, será necesario:

- 1) Poner presas adicionales ('debris dams') en los afluentes más peligrosos e importantes del Río Lempa, para forzar a dichos ríos a depositar en ellos la mayor parte de los sedimentos que llevan, evitando con esto que estas cantidades lleguen a depositarse en el embalse del Guayabo.

Esto se puede efectuar con pocos gastos y en poco tiempo, volando con dinamita las paredes de los ríos en lugares apropiados como quebradas angostas, cañones etc. Las rocas que caen tapan el río, forman dicha presa y producen el efecto deseado.

- 2) Hay que luchar sistemáticamente contra la erosión progresiva en la región alta al norte del Lempa.

Esta medida si requiere bastantes gastos y largo tiempo. La tarea será la reforestación de dicha zona según un plano metódico; empezando al mismo tiempo a terrazar las partes bajas de las pendientes, cerca de la orilla de los ríos. Una reforestación sistemática no solo protegerá al embalse del Guayabo, sino que al mismo tiempo favorecerá el aumento de las aguas subterráneas, forzando cierta parte de los 80% de la cantidad de lluvias, que hoy, inmediatamente después de la caída, laven los terrenos y se pierden en los ríos, a entrar en el suelo del terreno.



