

Impacto de Proyectos del Instituto

Estudio del comportamiento del sedimento en el embalse del proyecto hidroeléctrico El Cajón, Nayarit

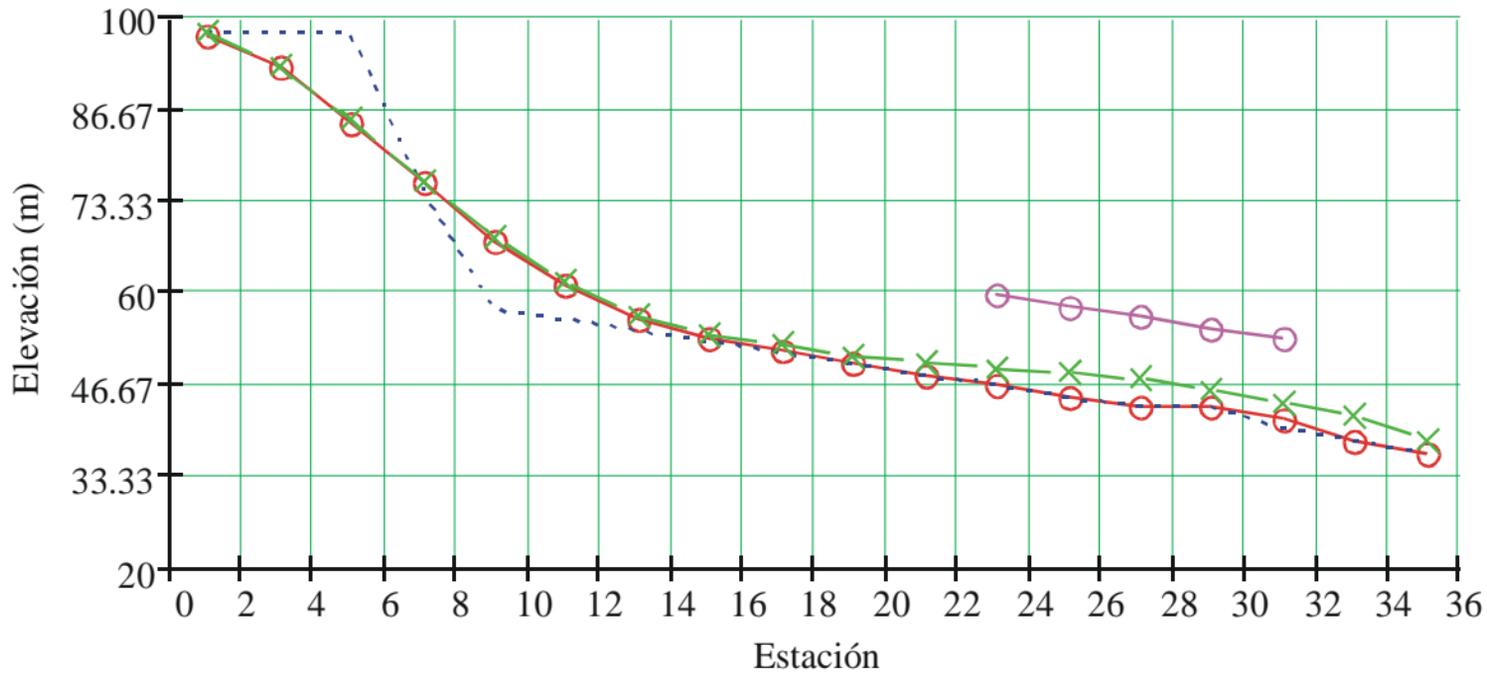
Jesús Gracia Sánchez

Se presentan los resultados de un estudio del comportamiento del sedimento en el embalse del proyecto hidroeléctrico El Cajón. En el estudio se analizó el comportamiento de material sólido fino y grueso, y se encontró que el material grueso se deposita

principalmente en la cola del embalse. Tomando como referencia el NAMO, en un horizonte de 50 años, el depósito ocurrirá hacia aguas arriba, en una longitud de 5 000 m sobre el río Santiago, y se estima que la tasa de sedimentación será de 1.4×10^6 m³/año. Hacia aguas abajo del nivel del NAMO el sedimento penetra en el embalse 6 000 m. Desde el punto de vista de la pérdida de capacidad del embalse, en 50 años se depositarán 70×10^6 m³. Este volumen no es significativo, pues la capacidad total al NAMO es de $2\,250 \times 10^6$ m³, lo cual significa que se perdería del orden del 3 % de la capacidad total.

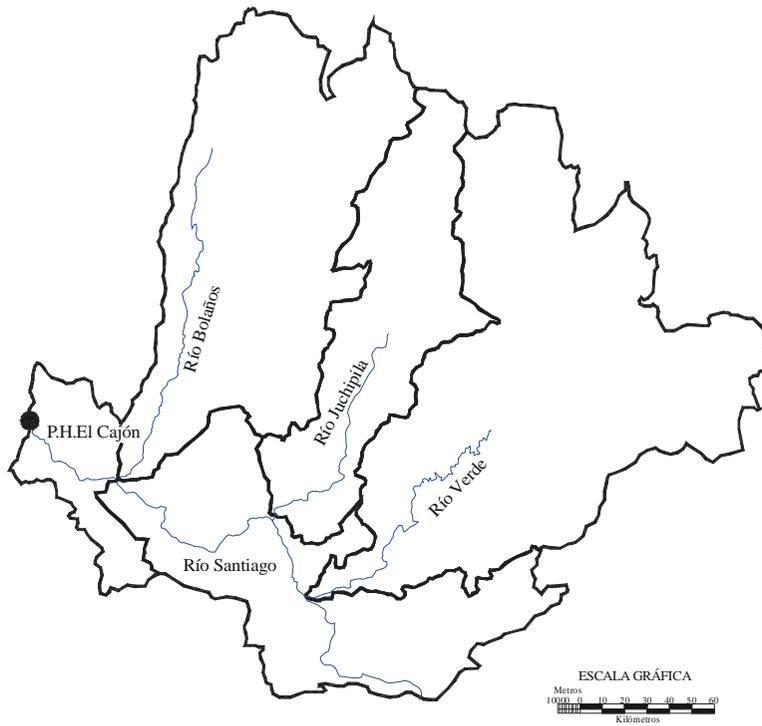
Respecto al material fino (turbidez), el volumen total de material fino transportado es de 4.02×10^6 m³/año, por lo cual, desde el punto de vista de la turbidez, en la condición más desfavorable, ésta será la cantidad de sedimento anual que se depositará en el embalse. Considerando que la capacidad del embalse es de $2\,250.0 \times 10^6$ m³ (NAMO), el volumen ocupado por el sedimento fino en 50 años (201.0×10^6 m³) sería del orden del 9 % del volumen total. De ello se concluye que el material fino no representa un problema grave desde el punto de vista de la pérdida de capacidad del embalse.

El material fino de mayor tamaño se deposita principalmente en una zona que va desde la cortina hasta aproximadamente 15 km aguas arriba.

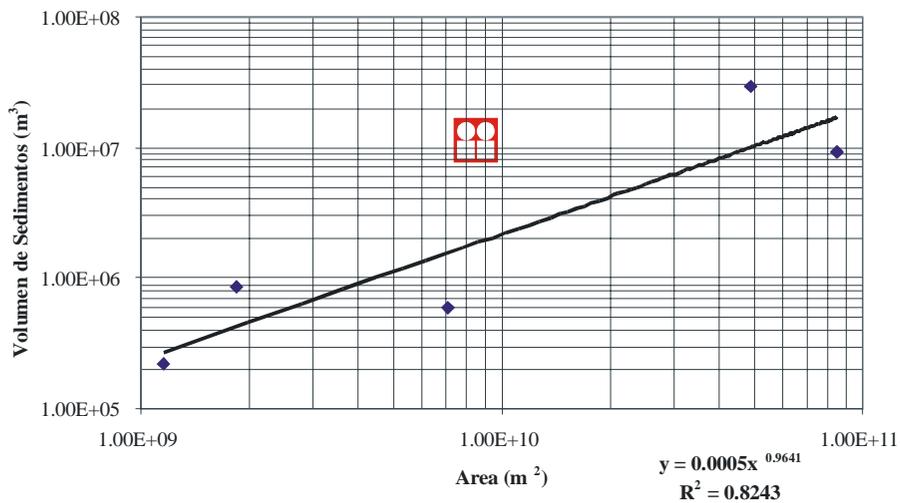


- ⊙⊙⊙ Fondo Final
- - - Fondo inicial
- ××× Perfil de agua final
- ⊙⊙⊙ Clave del túnel

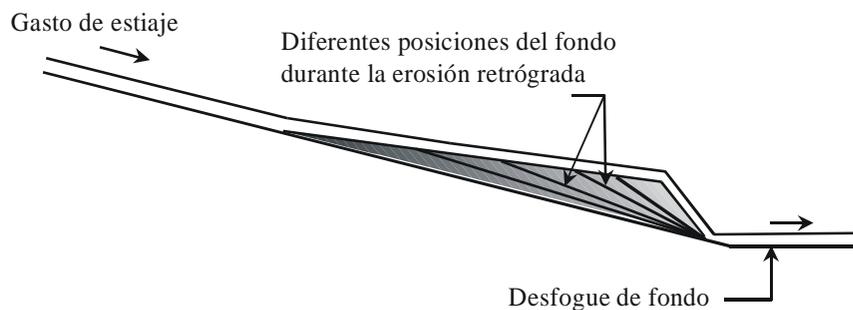
Perfil del fondo para la condición de prototipo (P1, $D_x = 200$ m)



Esquema general de las corrientes de aporte



Volúmenes anuales de sedimentación asociados con el área de cuenca. Ajuste realizado sin considerar la presa de El Caracol



Mecanismo de la erosión retrograda

Para el material de turbidez más fino, $\omega_0 = 1.0 \times 10^{-12}$, el embalse reduce la concentración máxima de entrada en 17.53 % (entrada: 1.835 kg/m³, salida: 1.5133 kg/m³). Una partícula de este material tarda en promedio siete meses en salir del embalse.

Sumando el aporte de sedimento fino y grueso se obtiene un total de 271×10^6 m³, para 50 años, cifra que representa una pérdida del 12.0 % del total al NAMO. Sin embargo, esto corresponde a condiciones extremas.

De acuerdo con la información histórica obtenida de varios embalses de la CFE, es muy probable que el aporte total de sedimento en 50 años sea entre 273×10^6 y 560×10^6 m³. Nótese que el límite inferior concuerda bien con el resultado del párrafo anterior (271×10^6 m³).

El cálculo del funcionamiento de la descarga de fondo indica que no será posible extraer cantidades significativas de sedimento (300 000 m³), ya que si bien el depósito de sedimento podrá llegar hasta la cortina, el fenómeno de remoción ocurre en un cauce de ancho muy estrecho, y aunque el transporte es muy alto, éste sólo ocurre en pocas horas, por lo cual la remoción es escasa. Es conveniente señalar que el hecho de que la descarga profunda no extraiga cantidades de sedimento, no implica que no deba habilitarse tal estructura. Hay que recordar que como herramienta de seguridad, sobre todo durante la fase de llenado del embalse, es recomendable disponer de un mecanismo de seguridad (como es la descarga profunda) que permita, en un momento dado, realizar un desfogue de emergencia; ésta es razón suficiente para implementar la descarga profunda.

Del estudio de erosión de la cuenca de aporte, se obtiene que la cuenca del río Bolaños aporta el 39.1 % de material en suspensión. Por ello, para iniciar las obras de control de suelos se recomienda empezar por esta cuenca. Sería importante realizar un estudio del control de la erosión en la cuenca, para definir aquellos sitios que deben tener preponderancia tanto por el aporte de sedimento como por su valor social. En términos generales, además del proceso típico de reforestación, será necesario definir la implementación de otras obras para el control del sedimento fino, tales como: la construcción de terrazas, vías y fajas vegetadas,

cultivos en contorno, etc. Con la determinación de las zonas con mayor aporte de sedimento (grueso y fino), será posible diseñar las obras por efectuar: En el caso del sedimento grueso será necesario realizar la construcción de represas de sedimentación *check dam*, la rectificación y protección de cauces, el control de cárcavas, etc. Después de una evaluación técnico-económica, será necesaria una programación de las obras y actividades para atender aquellos casos que, por el gran aporte de sedimentos, requieran una atención prioritaria.

Respecto a la erosión aguas abajo de la cortina, los cálculos indican que en diez años se producirá una socavación de 10.14 m, inmediatamente aguas abajo de la cortina. Ante la preocupación de que al operar la descarga profunda pudiera reducirse la eficiencia de las turbinas por la acumulación del material removido "repentinamente", según las simulaciones realizadas, la profundidad del depósito al pie de la cortina sería de 1.053 m. Esto significa que no hay problema, ya que tal depósito sería menor que la profundidad de socavación esperada por el efecto de la erosión aguas abajo.