

## Capítulo 5

# Fuerzas y combinaciones de fuerzas que actúan sobre las estructuras hidráulicas

Las estructuras hidráulicas soportan cargas y solicitaciones diferentes por su naturaleza, carácter y duración. Algunas de ellas son permanentes (por ejemplo, el peso propio de la construcción), otras actúan únicamente durante determinados períodos (por ejemplo, la presión de oleaje) o son casuales cuando actúan por corto tiempo con una u otra intensidad y repetitividad (por ejemplo, las acciones sísmicas). Consecuentemente, en la construcción pueden actuar varias combinaciones de fuerzas.

Para los análisis de resistencia y estabilidad de las construcciones hidráulicas, se consideran la combinación básica y las combinaciones especiales de fuerzas y solicitaciones. Para estas combinaciones, tomando en cuenta el nivel de importancia de la obra, las normas y especificaciones establecen los valores mínimos de los factores de seguridad. Por ejemplo, de acuerdo con algunas normas, para las presas de *nivel de importancia I*, el factor permisible de seguridad al deslizamiento ( $FSD_{per}$ ), para la combinación básica de fuerzas es 1,25 a 1,30, en tanto que para una combinación especial 1,05 a 1,10.

Las fuerzas y solicitaciones son consideradas en las combinaciones especiales menos favorables pero posibles de surgir, tanto en el periodo de operación como en el periodo de construcción.

La combinación básica está constituida por las fuerzas y solicitaciones permanentes y temporales (de larga y corta duración), en tanto que las combinaciones especiales están constituidas por las fuerzas y

solicitaciones permanentes, temporales de larga y corta duración y una de las fuerzas o solicitaciones especiales. También se forman combinaciones especiales con las mismas fuerzas de la combinación básica, pero cuando el nivel de agua en el embalse es nivel forzado de embalse (NFE). En la combinación básica siempre se considera que el nivel de agua en el embalse es nivel normal de embalse (NNE).

Las *fuerzas permanentes* son: peso propio de la construcción y de las instalaciones permanentes ubicadas en ella (equipo hidromecánico, equipo electromecánico); empuje del suelo, tomando en cuenta las cargas sobre su superficie; presión de roca; fuerzas de presión hidrostática, presión de poros y de acción hidrodinámica del flujo de filtración; subpresión en las secciones de cálculo de la estructura, así como en las juntas de las construcciones de hormigón y hormigón armado, *para nivel normal de embalse*.

Las *fuerzas temporales de larga duración* son: empuje de sedimentos; empuje adicional del suelo (adicional al empuje de combinación básica) que originan deformaciones del macizo de cimentación y de la construcción o en solicitaciones térmicas.

Las *fuerzas temporales de corta duración* son: fuerza de presión del oleaje; fuerza de presión del hielo; fuerza de presión del viento; solicitaciones originadas en la operación de grúas y mecanismos de transporte; solicitaciones originadas por embarcaciones de transporte fluvial; solicitaciones de objetos flotantes; cargas por pulsación (oscilación) de la presión hidrodinámica en conductos con flujo a presión y de superficie libre; solicitaciones por golpe de ariete en condiciones de operación normal.

Las *fuerzas especiales* son: fuerzas adicionales de presión hidrostática, de presión de poros, de acción hidrodinámica del flujo de filtración y de subpresión, en las secciones de cálculo, así como en las juntas de construcción de las estructuras de hormigón y hormigón armado, *para nivel forzado de embalse*; fuerzas adicionales de acción hidrodinámica del flujo de filtración por la alteración de la operación normal de los elementos impermeabilizantes y de drenaje; fuerzas inerciales, incluidas las sísmicas; solicitaciones del golpe de ariete en caso de cierre brusco total por emergencia, de las compuertas de los conductos de carga.