

LA AUSCULTACIÓN GEODÉSICA DE PRESAS DE EMBALSE: ESTADO ACTUAL Y PANORAMA FUTURO

Dr. Ing. Ezequiel Pallejá*

* UM – Universidad de Morón, Prov. de Buenos Aires - Facultad de Ingeniería - carrera de Ingeniero Agrimensor - Cátedra: Microgeodesia

Resumen

Las grandes presas de embalse constituyen obras de ingeniería multipropósito, al permitir la generación de electricidad, regular los recursos hídricos, facilitar obras de regadío, abastecer de agua a la población, servir a las demandas industriales y hasta satisfacer finalidades recreativas y lúdicas.

La auscultación geodésica, también conocida como monitoreo (monitoring), mediante diferentes sistemas de medición, permite controlar el comportamiento dimensional de estas estructuras, sus deformaciones y sus movimientos, como así también los correspondientes al entorno natural que las rodea.

La auscultación en presas debe ser continua durante toda su vida útil. Los procedimientos son llevados a cabo periódicamente por equipos de especialistas, midiendo distintas redes de puntos de referencia externos e internos, y analizando las indicaciones de instrumental que se deja adosado a distintas partes de la obra en forma permanente.

Esta actividad cobra una importancia extraordinaria por razones técnicas, económicas y sociales. Técnicas, porque permite mejorar el conocimiento de las variables que se tienen en cuenta en el proyecto, la ejecución y el mantenimiento; económicas, por la necesidad de optimizar las grandes inversiones; sociales, por el riesgo que implicaría su mal funcionamiento o su rotura a la población y al medio ambiente.

En este trabajo se resumen los métodos e instrumentos más utilizados, los resultados posibles de lograr y las novedades que han surgido en materia de dispositivos y automatización, incluyendo la utilización de los sistemas globales de navegación GNSS.

Introducción

La auscultación de presas por métodos geodésicos lleva ya una larga tradición tanto internacional como doméstica. En apretada síntesis, se trata de determinar movimientos y deformaciones de las estructuras a través del cálculo, compensación y análisis de observaciones del tipo de las utilizadas por la geodesia, pero en este caso en extensiones relativamente reducidas (la presa y sus alrededores), generalmente con un muy alto grado de precisión. Por esta razón el término “microgeodesia” es el más adecuado para abarcar estas actividades, tal como ha sido utilizado en diversos trabajos nacionales e internacionales.

Referencias para las mediciones

Usualmente los movimientos y deformaciones se refieren a puntos (referencias) materializados en la estructura de la presa, tanto externa como interna, y en el terreno circundante. De esos datos puntuales se suele inferir los cambios dimensionales producidos en la totalidad de la obra auscultada.

Sin embargo existen métodos que persiguen la determinación de deformaciones no ya de puntos sino de partes completas de la obra. La fotogrametría cercana (terrestre) fue en ese sentido una solución parcial para este objetivo; en la actualidad, los barredores (scanner) laser y otros dispositivos que utilizan microondas u otro tipo de señales, se presentan como promisorias posibilidades para acelerar y ampliar la perspectiva de las deformaciones areales.

No obstante lo señalado en el párrafo anterior, las determinaciones microgeodésicas puntuales no desaparecerán de la escena, al posibilitar un marco de referencia para ajustar las observaciones de los barredores. Haciendo una comparación, aquellas observaciones cumplen una función parecida a los grandes marcos geodésicos de referencia en cuanto soporte de trabajos topográficos, cartográficos, etc.

Macro y micro geodesia

Por otra parte, es de hacer notar las similitudes y complementaciones que existen entre la auscultación de obras (y especialmente de presas) y la geodinámica, rama de la geodesia que se ocupa de determinar los movimientos y deformaciones de las placas que conforman la corteza terrestre. Gracias a los sistemas globales de posicionamiento (GPS, GNSS) es hoy posible la detección y cuantificación de movimientos (velocidades) inter – placas del orden de centímetros por año. De modo análogo, la Microgeodesia determina movimientos de la obra en sí con respecto a la corteza sobre la cual se apoya. Se trata de un cambio de escala sobre un proceso de origen geodésico.

En este sentido, la microgeodesia viene a resolver en parte el dilema de la geodesia global cuando al determinar desplazamientos corticales subyace la duda sobre su validez: ¿Son estos desplazamientos reales movimientos de la corteza o son debidos a los cambios sufridos por la estructura sobre la que se asientan las respectivas mediciones, v.g. GPS? Pregunta que adquiere especial relevancia en zonas sísmicas, luego de producidos los terremotos. Las consecuencias de este problema cuando no se lo resuelve eficazmente, se reflejan el deterioro de la exactitud de los marcos de referencia tanto globales (ITRF) como regionales (Sirgas) y nacionales (POSGAR), a la vez que distorsionan los llamados modelos de velocidades corticales.

Cálculo y compensación

Una característica esencial de la MG es que la magnitud de los desplazamientos a determinar es casi del mismo orden que el de los errores observacionales. Es decir que una parte sustancial del proceso consiste en el análisis tendiente a identificar dentro de la natural dispersión de los valores observados, los “verdaderos” cambios posicionales. Sería el equivalente de trabajar en temas de comunicación electromagnética con una pobre relación señal – ruido. Esta circunstancia condiciona

el uso de las herramientas de compensación y ajuste de las observaciones y resultados. El cálculo de compensación de redes geodésicas comunes está dirigido a obtener valores más plausibles de las coordenadas, de manera de lograr mínimas deformaciones del conjunto. En cambio, la microgeodesia debe enfatizar las deformaciones procurando que no se diluyan en aras de la homogeneidad de las redes. Por eso constituye una disciplina orientada a los detalles, lo que exige por parte de los operadores un sinnúmero de precauciones y de análisis: la característica más relevante de las operaciones microgeodésicas es por lo tanto la *minuciosidad*.

Microgeodesia y medio ambiente

Volviendo al caso específico de las presas de embalse, debemos resaltar que la auscultación geodésica reviste el carácter de imprescindible a la luz de consideraciones técnicas, económicas, sociales y, en la actualidad habría que agregar enfáticamente el valor de estas actividades en relación con la sustentabilidad y las consecuencias medio ambientales.

Rol de los sistemas globales de posicionamiento

El estado actual del sistema GPS y del conjunto de sistemas globales de navegación y servicios de aumentación, al que se denomina genéricamente GNSS, presenta un estado de avance tal que permite su utilización en diversos aspectos relacionados con la microgeodesia en general y con la auscultación de presas de embalse en particular. Teniendo en cuenta las mejoras anunciadas, es probable que su uso se generalice en la próxima década.

En resumen, se prevé: a) una renovación completa de la constelación GPS (Block 3); b) incorporación a la señal GPS de la portadora L5 y los códigos M, L2c y L1c; c) actualización de la constelación rusa GLONASS; d) puesta en servicio del sistema europeo GALILEO. Todo esto dará por resultado un considerable aumento de la cantidad de satélites disponibles y la consecuente posibilidad de lograr mejor geometría en las constelaciones visibles. Las nuevas señales serán eficaces para corregir el efecto ionosférico y otros errores sistemáticos.

Muchas de estas mejoras impactarán positivamente en la confiabilidad de los trabajos microgeodésicos, que utilizan en forma excluyente la modalidad diferencial en fase, especialmente estática aunque existen algunas aplicaciones cinemáticas de alta precisión.

Observaciones GPS estáticas –preferentemente de carácter permanente- son adecuadas para determinar movimientos tridimensionales de puntos seleccionados en el coronamiento de las presas a lo largo de los días, meses y años de vida útil. Es recomendable instalar al menos dos estaciones base, una en cada margen, sobre soporte y terreno lo más estable posible dentro de una razonable cercanía a la obra. Bajo estas premisas, se podrá reemplazar paulatinamente las tradicionales redes de triangulación externas a la estructura, que llevaban considerables lapsos de ejecución impidiendo que se puedan repetir más de una vez por mes (usualmente dos veces por año), mientras que con GNSS se puede tener un registro prácticamente continuo.

Sin embargo, la utilización GNSS en la determinación de pequeñas deformaciones debe cumplir muy exigentes condiciones que la alejan de las normales mediciones de rutina. Se requiere especiales protecciones contra las reflexiones múltiples, un horizonte despejado, un factor de dilución de precisión (DOP) suficientemente bajo, cuidadosa instalación de las antenas incluyendo la precisa e indubitable medición de su excentricidad, y muchos otros cuidados especiales.

Métodos tradicionales

Los métodos tradicionales continuarán siendo usados en gran parte de las tareas de auscultación, entre otras razones por la imposibilidad de satisfacer las condiciones requeridas por GNSS detalladas más arriba. Todas las mediciones en interiores – donde no llegan las señales satelitales- y en exteriores con obstáculos a la visibilidad parcial o total del cielo están vedadas a la tecnología espacial. Además, muchas mediciones requieren resultados con un margen de error inalcanzables por ahora con GNSS, v.g. milimétrico o submilimétrico.

En orden de precisión decreciente, algunos de los métodos más utilizados son:

Poligonación de precisión: permite evaluar movimientos y deformaciones horizontales milimétricas. Exige especiales precauciones en cuanto a la centración de instrumentos y señales. Son de lenta ejecución, no permiten una frecuencia de observaciones muy elevada

Nivelación geométrica de precisión: llega a una precisión del orden de una décima de milímetro en magnitudes verticales. De fácil ejecución, puede usarse diariamente y hasta más de una vez por día.

Plomadas físicas (mal llamadas péndulos): permiten precisión horizontal milimétrica y pueden registrarse con la frecuencia que se desee, hasta continua. Como inconveniente, es limitada la cantidad de referencias que pueden auscultarse por la necesidad de contar con chimeneas de inspección.

Colimación horizontal: método expeditivo, solo logra alta precisión en distancias cortas pero es fácil de implementar y puede repetirse con alta frecuencia.

Una premisa a tener en cuenta es que, en lo posible, los movimientos y deformaciones de las referencias deben ser determinados por más de un método de observación. Por ejemplo, los desplazamientos de puntos del coronamiento podrían ser detectados mediante poligonales, plomadas y eventualmente por GPS. La concordancia entre resultados provenientes de estas metodologías permite evaluar el grado de exactitud de los resultados.

Equipos interdisciplinarios

El análisis de las observaciones microgeodésicas debe ser efectuado por equipos integrados por expertos en mediciones, cálculo y compensación, ingenieros afectados al proyecto y a la construcción de las obras y geólogos. Otros tipos de auscultación como la geofísica y la geoquímica deberían obviamente ser también representados. El objetivo es establecer relaciones causa – efecto a través de una adecuada

interpretación de los resultados, pero ninguna de las partes está en condiciones de lograrlo por sí sola.

Panorama futuro

La creciente necesidad de controlar los impactos ambientales de las obras de ingeniería y en general de toda la actividad humana en el planeta, se hace especialmente notoria en los proyectos que involucran presas de embalse y obras relacionadas. En estos casos, se pone atención en efectos tales como la alteración de la flora y fauna, la pesca, el cambio de morfología de las cuencas hídricas, la alteración del clima, la generación de microsismos, etc. Sin embargo, el peor de los efectos ambientales es el que generaría una hipotética ruptura total o parcial de la obra, con consecuencias sociales y económicas de importantísima magnitud.

La auscultación microgeodésica se constituye en una herramienta idónea para razonablemente controlar el comportamiento dimensional real de las obras y del terreno que las soporta, permitiendo efectuar alertas tempranas que a su vez puedan tener una respuesta técnica adecuada en tiempo y forma.

La necesidad de planificar y ejecutar estos trabajos en forma racional y con la debida continuidad en el tiempo, se irá acentuando en in mundo que requerirá crecientes cantidades de agua y energía, con mayores concentraciones poblacionales en las zonas afectadas. La mayor tecnología disponible deberá ser manejada por profesionales especializados que a su vez tengan aptitudes para integrar equipos multidisciplinarios como requisito insoslayable para garantizar la correcta interpretación de los resultados.

Bibliografía

Rubén Rodríguez (2013). GEONOTAS Edición XI – 69 17 junio 2013

Berné Valero, Anquela Julián y Baselga Moreno (2002). Microgeodesia y redes locales. Universidad Politécnica de Valencia

Chueca Pazos, Herraiz Boquera, Berné Valero (1996) Redes topográficas y locales microgeodesia. Editorial Paraninfo

Instituto Panamericano de Geografía e Historia (1987). Manual de normas y especificaciones para levantamientos geodésicos de alta precisión en áreas pequeñas

Alejandro Pujol, Diego Aguiar (2006). Aplicación de controles microgeodésicos a la evaluación de la seguridad de las presas Cabra Corral, Peñas Blancas y El Tunal.