FOTOINTERPRETACION GEOLOGICA HORIZONTAL EN ESTUDIOS DE ESTABILIDAD DE DIFICIL ACCESO EN LA MARGEN IZQUIERDA DE LA PRESA SANTA ROSA, JAL.

Jorge I. Maycotte*

RESUMEN

La implementación de impresiones fotográficas fue necesaria para llevar a cabo el levantamiento geológico-estructural de la margen izquierda de la Central Hidroeléctrica Santa Rosa, Jalisco. El cartografiado de las fracturas en detalle requirió de la mayor precisión posible, para poder evaluar la estabilidad de esta ladera con pendientes semiverticales.

El método de fotointerpretación geológico horizontal descrito en este estudio, se realizó con fotomosaicos en color, fotografías aéreas oblicuas, panorámicas terrestres, fotografías infrarrojo y fotomosaicos de las paredes de los túneles de la presa. Además se incluyen las interpretaciones y el trabajo de campo.

Los procesos deductivos e inductivos de la fotointerpretación contribuyeron considerablemente a la integración del modelo geológico de la margen izquierda de Santa Rosa.

ABSTRACT

A set of photographs was required in order to carry out a geological survey of the left bank of Santa Rosa Dam, Jalisco. The detailed mapping of the fractures had to be precise in order to perform the stability assesment of the vertical slopes.

This article describes the geological horizontal photointerpretation method that was applied. Photocolormosaics, oblique airphotos, panoramic slides and blow-ups, infrared photos and photo sets of the dam gallery walls, were used. In addition, the field work and interpretation are discussed.

Photointerpretation deductive and inductive processes were found very helpfull for the integration of the Santa Rosa left bank geological model.

INTRODUCCION

Para cumplir con los propósitos de una investigación geotécnica, es necesario conocer las características estructurales de la masa de roca que afecta cualitativa y cuantitativamente los estudios de este tipo. La caracterización geotécnica define a la calidad de la roca con un valor de jerarquía de triple orden, que clasifica al macizo rocoso como de buena, regular o mala calidad.

La influencia en el comportamiento elastoplástico de la roca, depende de la intensidad de las discontinuidades o características estructurales que pueden ser:

- Estratificación
- Pseudoestratificación
- Diaclasamiento
- Fracturamiento
- Fallamiento
- Diques
- Intrusiones

*Departamento de Geología y Minería de la Comisión Federal de Electricidad.

Cuando el acceso directo a un afloramiento se ve limitado por dificultades topográficas, es necesario usar un método aplicable a los estudios geológicos. En estas circunstancias, el levantamiento de la margen izquierda de la Presa Santa Rosa, requirió del auxilio del método de fotointerpretación geológica horizontal.

La interpretación geológica-estructural de un afloramiento riolítico de difícil acceso y de pendientes elevadas —como fue el caso de la margen izquierda de Santa Rosa— requirió de impresiones fotográficas. Estas fueron analizadas mediante procedimientos deductivos e inductivos que se basaron en el principio común del marco geológico local. Las características como tipo litológico, petrológico, estructural y geomorfológico determinan el sitio y limitan los procesos inductivos debido al amplio conocimiento de la roca volcánica. En el caso del fracturamiento en los cantiles fue necesario realizar observaciones directas y seguir las lineaciones de las trazas.

Basados en criterios técnicos y científicos de orden geológico apoyados en la importancia de los elementos morfológicos y las anomalías estructurales de la margen izquierda, se aprovechó la perspectiva aérea.

Este enunciado consiste en aplicar el principio de que se pueden reconocer las estructuras geológicas en la superficie, debido a la influencia que ejercen los procesos erosivos que las dejan al descubierto, intensificando sus rasgos físicos.

Para obtener los mejores resultados en la fotointerpretación, se observaron los siguientes aspectos:

- Tono fotográfico
- Textura de la fotografía
- Forma y tamaño de los rasgos
- Relación sombra-rasgos
- Relieve
- Discordancias
- Alineaciones
- Erosión
- Drenaje
- Correlación planta-roca

METODO FOTOGRAFICO

El estudio de la margen izquierda requirió de fotografías panorámicas de toda la ladera, para ello se realizaron los siguientes trabajos:

- Fotomosaicos en color
- Panorámica aérea en color
- Panorámica terrestre en color
- Panorámica terrestre infrarrojo
- Fotomosaicos de paredes de túneles

Fotomosaicos en Color

Estos consistieron en series de fotografías en negativos, de formato 24 x 36 mm, tomadas desde seis puntos a diferentes elevaciones y a distintas horas del día; se utilizaron telefotos de $f=200$ mm, 1:3.8 y $f=400$ mm, 1:6.3. Los diferentes puntos de toma (Figuras 1 y 2) en la margen derecha, fueron: 1) Portal de la galería S-21 a la elevación 724; 2) Portal de la galería S-23 a la elevación 671; 3) Canal de desfogue del vertedor; 4) Balcón de la mira fija MF-4; 5) Playón aguas abajo del vertedor; 6) Corona de la cortina sobre el pulvino derecho.

Se tomaron fotografías con diferentes tipos de iluminación solar: por la mañana sin sombras, a medio día con sombras y en la tarde sin sombras.

El uso de telefotos evitó la distorsión y aberración esférica en las fotografías que integran los fotomosaicos, con lo que se obtuvo la calidad y el detalle necesarios para reconocer las discontinuidades geológicas, que son los datos indispensables en la elaboración, diseño y apoyo de un modelo geológico.

La formación de los fotomosaicos consistió en la toma de series de fotografías procurando tener un traslape de 5 o 10 % entre cada exposición. Es recomendable que las series de tomas horizontales en el tripié no excedan un ángulo mayor de 110° .

La integración final se realizó uniendo primeramente las series de fotografías horizontales y luego las verticales.

Las fotografías se tomaron con la mayor velocidad posible, para evitar que los cambios de iluminación afectaran la exposición o tono de las mismas.

Estos fotomosaicos fueron enmarcados e iden-

Figura 1. Planta de la Presa Santa Rosa con la localización de las obras de la central y los puntos de toma para la formación de los fotomosaicos.

Figura 2. Ilustración de los puntos de toma fotográficos para fotomosaicos y ampliaciones de la margen izquierda de Santa Rosa.

tificados con un croquis de localización, puntos de referencia y rótulos correspondientes.

Panorámicas Aéreas en Color

Estas fotografías aéreas oblicuas se tomaron con negativos de formato 4.5 x 6 cm para poder ampliar a 28 x 35 cm y obtener así desde un punto de vista aéreo, la mayor cantidad de detalle para la fotointerpretación (Figuras 3, 4 y 5).

Panorámicas Terrestres en Color

Estas fotografías se tomaron en formato de 24 x 36 mm con lentes angulares $f=24$ mm, 1:2.4 para

tener apoyo y localización fácil durante la integración de los fotomosaicos. Las panorámicas son parte de la memoria fotográfica del P. H. Santa Rosa utilizada en la interpretación (Figuras 6, 7, 8 y 9).

Panorámicas Terrestres Infrarrojo

Estas fotografías se tomaron con lentes angulares $f=24$ y $f=28$ mm de 1:2.8 utilizando película *ESTAR-AH Base (Technical pan film 2415)* de formato 24 x 36 mm. A partir de estas impresiones, se estudió y verificó el comportamiento de las fracturas del sistema E-W y de la pseudoestratificación enmascarado por la vegetación y las sombras de la ladera (Figuras 10 y 11).

Figura 3. Panorámica aérea oblicua de la Central Hidroeléctrica Santa Rosa, Jalisco.

Figura 4. Fotografía aérea oblicua de la margen izquierda de la Central Hidroeléctrica Santa Rosa, Jalisco

Figura 5. Panorámica aérea oblicua de la margen izquierda de la C. H. Santa Rosa, tomada con gran angular.

Figura 6. Panorámica terrestre gran angular de la margen derecha de la C. H. Santa Rosa.

Figura 7. Panorámica terrestre de la cortina de la C. H. Santa Rosa, vista del paño aguas abajo.

Figura 8. Fotografía horizontal del empotramiento de la cortina Santa Rosa, en la margen izquierda.

Figura 9. Fotografía horizontal de la margen izquierda aguas abajo de la C. H. Santa Rosa.

Figura 10. Panorámica infrarojo de la margen izquierda vista desde aguas abajo.

Figura 11. Fotografía infrarojo del empotramiento de la Presa Santa Rosa, en la margen izquierda.

Fotomosaicos de Paredes en Túneles

Las paredes en los túneles y galerías de la central hidroeléctrica, se fotografiaron utilizando lentes $f=24$ mm, 1:2.8 y $f=50$ mm 1:1.8, con película de color y negativos de formato 24 x 35 mm, previo lavado y marcado del cadenamiento a cada metro para, posteriormente, ejecutar la correlación de los datos de superficie con los de subsuelo.

METODO FOTOGEOLÓGICO

El objetivo principal del estudio fue cartografiar las fracturas de la ladera para delimitar bloques y subbloques de roca y determinar su estabilidad, dado que el fallamiento de cualquiera de estos pone en peligro la operación de la central hidroeléctrica.

Independientemente de la inspección de detalle en el terreno, sobre las fotografías se procedió a definir las fracturas principales, utilizando un color distintivo para cada uno de los cuatro sistemas de fracturas del macizo rocoso. Con esta selección se comenzó a establecer el modelo geológico-estructural de la ladera, correlacionando los resultados con las observaciones de campo. Así se logró un registro total de las discontinuidades y su linealidad, y una mejor definición del modelo.

Después de identificar las fracturas en los fotomosaicos (Figuras 12 y 13), se procedió a tomar datos estructurales de las discontinuidades en el campo, en dos o más puntos según su longitud, para aplicar en el modelo real el modelo interpretado y estudiar su congruencia. Además, se registraron otras propiedades importantes como:

Figura 12. Fotografía de fotomosaico de la margen izquierda de Santa Rosa.

Figura 13. Fotografía del fotomosaico de la margen izquierda de Santa Rosa.

Forma del plano
Tipo de relleno
Dimensión del relleno
Grado de intemperismo
Tipo de alteraciones
Continuidad en metros
Espariamiento y frecuencia
Rumbo e inclinación

TRABAJO DE CAMPO

Debido a lo escarpado y estrecho del cañón, fue necesario que trabajaran dos geólogos: el primero encargado de tomar los datos estructurales del cantil de la margen izquierda, dirigido por el segundo geólogo quien, desde la margen derecha, indicaba la continuidad y comportamiento de las discontinuidades, al mismo tiempo que registraba los rumbos, inclinaciones y otras características de las fracturas.

La comunicación entre ambos se estableció con radios FM tipo *walkie talkie* y el contacto visual mediante binoculares de 50 x 35.

El levantamiento de las fracturas se ejecutó previa clasificación fotográfica, asignando números romanos a los cuatro sistemas identificados, para posteriormente respetar la numeración arábica progresiva en cada sistema.

El cartografiado de las fracturas sobre la superficie se realizó con apoyo topográfico utilizando tránsito de precisión *WILD T2* con aproximación directa de 10 segundos y *DISTOMAT DI-4* con aproximación de 0.001 en 1,000 metros. Desde la margen derecha un ingeniero topógrafo dirigió con radios FM tipo *walkie talkie* los estadaleros encargados de escalar los cantiles de la margen izquierda para señalar los puntos de control marcados por los geólogos.

CONCLUSIONES

Los fotomosaicos fueron de gran utilidad en la interpretación de los sistemas de fracturas y en la elaboración del modelo geológico de la margen izquierda de la Central Hidroeléctrica Santa Rosa.

Las fotografías aéreas oblicuas y panorámicas amplificadas, así como las de infrarrojo, contribuyeron considerablemente en los procesos deductivos e inductivos de la fotointerpretación.

Los fotomosaicos, diapositivas y memoria fotográfica preparados han sido de gran utilidad en las juntas y reuniones realizadas con los asesores y consultores en otras oficinas alejadas al sitio de Santa Rosa.

La información topográfica y estructural, se integró en un mapa escala 1:500. Para la realización del trabajo topográfico se utilizó el equipo *DISTOMAT DI-4*.

La ventaja que proporciona el uso de fotografía con telefoto sobre las ampliaciones, es obtener impresiones fotográficas de grano fino con mayor definición de rasgos.

BIBLIOGRAFIA

- Garay-Romo, Nestor y Palacios-Nieto, Miguel, 1976, *Visita Técnica a la Planta Hidroeléctrica de Santa Rosa, Jal., México*: Informe interno de C.F.E., inédito.
- González-Salazar, Arturo, 1963, *Informe geotécnico del fracturamiento y anclaje de la obra de toma y el vertedor Santa Rosa, Ja., México*: Informe interno Comisión Federal de Electricidad, inédito.
- Judd, William, 1964, *Santa Rosa Dam, Special Geotechnical Report* Informe inédito para C.F.E.
- Mooser, Federico, 1963, *Geology of Santa Rosa Dam, Mexico*: Informe para C.F.E., inédito.
- Palacios-Nieto, Miguel, 1963, *Informe relativo a las zonas de anclaje de la margen izquierda de la Presa Santa Rosa, Ja., México*: Informe interno de C.F.E., inédito.
- Pug, Juan B., 1970, *Geología Aplicada a la Ingeniería Civil y Foto interpretación, México*: Lito Juventud, p. 200-253.
- Samperio-Peniche, Arturo, 1960, *Reconocimiento geológico de la boquilla de Santa Rosa sobre el Río Santiago en el Estado de Jalisco, México*: Informe de Comisión Federal de Electricidad.
- Schuster, Robert L. y Krizek, Raymond J., Eds., 1978, *Landslides, analysis and control*. Washington, D. C., Special report 176, Transportation Research Board National Academy of Sciences, 223 pp.