

FUNCIONAMIENTO Y MECANISMOS DE ROTURA EN PRESAS DE RELAVES MINEROS: ESTUDIO DE CASO LA PRESA DE COLAS DE LA EMPRESA COMANDANTE PEDRO SOTTO ALBA DE MOA.

Teresa Hernández Columbie¹ y Rafael Guardado Lacaba²

¹ Moa Nickel SA. Moa. Holguín. Cuba. Email: thdez@moanickel.com.cu

² Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa. Moa. Holguín. Cuba. Email: rguardado@ismm.edu.cu

Las presas de relaves mineros, son estructuras geotécnicas complejas. Por sus características constructivas y de funcionamiento poseen elementos similares y significativas diferencias a las presas de agua. La mayoría de estas obras en la actualidad, y este es el caso de nuestro objeto de estudio, se han construido mediante el sistema de relleno hidráulico. Deben crecer gradualmente en altura, con los mismos residuos o con otro material de préstamo, al ritmo de producción de residuos de la planta. Los residuos del proceso de extracción, están mezclados con agua, con la consistencia de un lodo, y son bombeados a través de tuberías hacia el depósito.

El problema de la presa de cola de la empresa Cde. Pedro Sotto Alba de Moa, está centrado en el funcionamiento geotécnico; condicionado por un conjunto acciones que van desde su construcción, el propio vertido del relave, el clima: las lluvias, la evaporación, la extracción de agua excedente, su infiltración de agua subterránea, el drenaje hacia la fundación, escurrimiento superficial y ascenso capilar, o a través de la presa; y también por una serie de fenómenos singulares asociados a la fina granulometría de estos materiales, que se manifiesta en su consolidación compactación y comportamiento mecánico. Es por ello que la problemática se centra en la estabilización y los mecanismos de rotura de la misma. La rotura de una presa de colas de este tipo, puede tener consecuencias económicas y medioambientales devastadoras en el caso de las llamadas “fallas de flujo”.

El funcionamiento y estabilización del depósito, tanto durante su etapa de construcción, cierre y abandono, es determinante en las condiciones de estabilidad de la presa. En el presente trabajo se analiza la problemática de la estabilidad física de este tipo de depósitos, la evolución e incidencia de la humedad de las colas en el tiempo como parámetro clave en el diseño y la vigilancia de seguridad. Los autores brindan un análisis de la estabilización las presas de relave en la Empresa Moa Nickel SA expresando las condiciones ingeniero geológicas e hidrogeológicas, y los métodos geotécnicos empleados en la construcción y estabilización de estas obras minero metalúrgicas.

Los autores pretendemos con nuestro trabajo el análisis, funcionamiento, estabilidad y mecanismos de rotura de la presa de relave minero, se estudian los materiales a almacenar y se determinan sus propiedades geotécnicas; posteriormente, se establece un sistema constructivo, incluyendo las variaciones de comportamiento de los estériles, se pretende obtener una información fiable de la evolución del factor de seguridad en los diques a medida que progresa la construcción, a fin de poder emitir recomendaciones sobre: - velocidades de recrecimiento.- técnicas de vertido de lodos. - alturas máximas posibles para los diques, control y auscultación de las obras.

Palabras clave: Relaves, minería, estabilización de taludes, mecanismos de falla, presas de relaves

INTRODUCCIÓN.

A partir de de los años sesenta comenzó a explotarse la mina de níquel Comandante Pedro Sotto Alba con una tecnología novedosa única en el mundo. Para ello, fue necesaria la creación de presas de relaves mineros (presas de colas) con determinados volúmenes de residuos obtenidos por vía húmeda la que permitiera su almacenamiento y desarrollo a lo largo de los años de forma segura y económica.

El desarrollo de nuevas técnicas y tecnologías en la industria minera del níquel en Cuba han hecho posible la explotación eficiente y con mayores volúmenes de minerales lateríticos de níquel y cobalto generando un

aumento de residuos mineros cuya disposición final debe hacerse empleando métodos seguros y económicos de las presas de relaves mineros.

Los autores pretendemos con nuestro trabajo el análisis, funcionamiento, y mecanismos de rotura, su comportamiento desde su construcción, la puesta en funcionamiento de la obra, hasta el cierre de la misma para ello, se estudia los materiales a almacenar y se determina sus propiedades geotécnicas; posteriormente, se establece un sistema constructivo, el cual se estudiará, incluyendo las variaciones de comportamiento de los estériles al consolidar; de tal forma, que se pretende obtener una información fiable de la evolución de la seguridad en los diques a medida que progrese la construcción, a fin de poder emitir recomendaciones sobre los siguientes puntos: - velocidades de recrecimiento.- técnicas de vertido de lodos. - alturas máximas posibles para los diques. - control y auscultación de las obras.

UBICACIÓN DEL OBJETO DE ESTUDIO.

La presa de relave minero de la EPSA se encuentra ubicada en el municipio de Moa en uno de los extremos más nororiental de Cuba, constituye el municipio minero metalúrgico más importante del país. Moa forma parte del macizo montañoso Moa – Baracoa (figura 1).

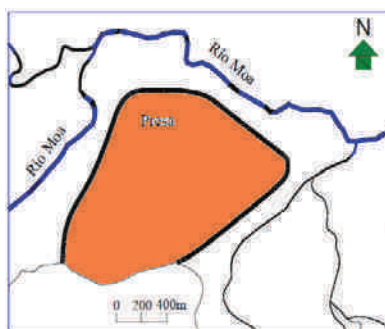


Figura 1. Presa de relave de la Empresa Pedro Soto Alba de Moa.

La minería de la industria cubana del níquel se inició en 1946 en Nicaro en el Municipio de Mayarí y en 1962 en Moa donde se genera aproximadamente un volumen de residuos mineros sólidos aproximados a 10 000 toneladas diarias. El cuerpo de estos depósitos de residuos mineros requiere de un trabajo científico técnico que le permita aplicar técnicas de tratamiento y estabilización para un manejo seguro y eficiente. El proceso de minado genera dos tipos de material el escombros; lo que se deposita en forma de escombreras y el mineral útil que es transportado a la industria para ser procesado y que luego se convierte en residuos o colas.

La región se caracteriza por una actividad sísmica asociada a la complejidad geológica-tectónica de la región (figura 2), se desarrollan dos sistemas de fallas NE-SW y NW – SE. Precisamente esta situación nos permite tomar en cuenta estos elementos para lograr una mejor estabilización de la obra.

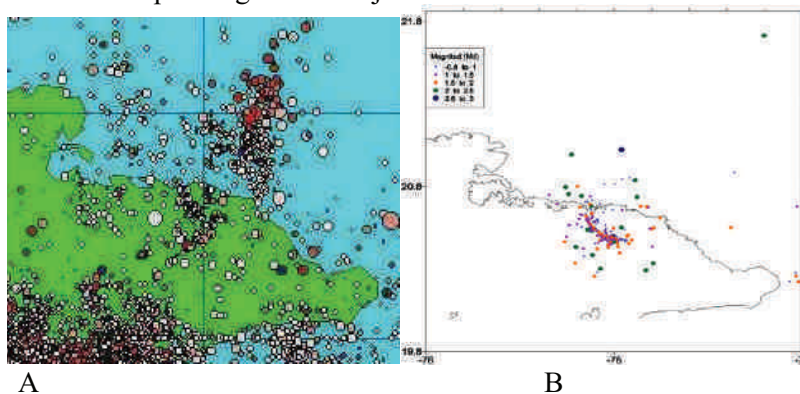
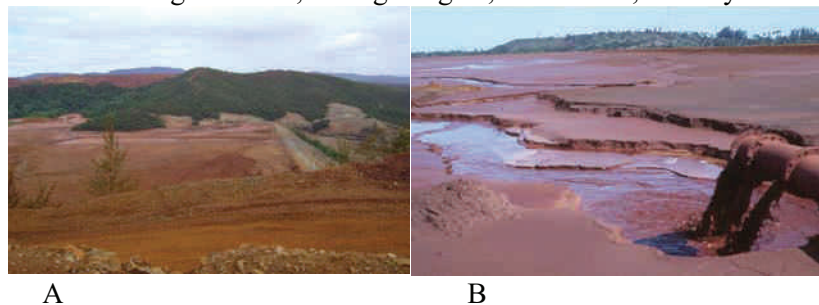


Figura 2. Epicentros registrados en la región de Moa a.-De diciembre/98 a diciembre del 2000 se registraron un total de 1 877 sismos, de ellos 37 perceptibles en Moa y b.- registrado en el 2007.. (Enrique Arango 2009, Congreso Cubano de Geología 2009)

En la actualidad esta problemática generadora de riesgos geodinámicos se ha convertido en un tema de investigación de marcado interés geotécnico, hidrogeológico, económico, social y ambiental.



A
B
*Figura 3. A. Presa de residuos mineros rechazos de la industria.
B. Presa de relave minero productos de salida de la industria. Empresa Moa Nickel S.A.*

Las presas de estéril deben garantizar unas condiciones de estabilidad e impermeabilidad, tales que no se produzca la rotura del cuerpo de la presa, ni se contamine el ambiente próximo a la obra. Como resultado se generan grandes volúmenes de residuos diluidos en agua y transportado por tuberías hacia los embalses de relaves. El vertido de la cola se derrama en el la presa donde el material se precipita y sedimenta en el embalse. El agua presenta un conjunto de sales disueltas con un alto contenido de sulfatos y nitrato y un elevado PH.

CAUSAS Y CONSECUENCIAS DE LOS DESASTRES PRODUCIDOS POR LOS FALLOS DE LAS PRESAS DE RELAVES EN LA ACTIVIDAD MINERO-METALÚRGICA.

Analizar los casos históricos de fallo de las presas de relaves mineros es la manera más elemental de aprender y conocer los procesos y fenómenos geotécnicos de obras este tipo. Identificar el mecanismo y dinámica de rotura, comprender los factores y fenómenos que determinaron la falla, son procesos siempre convenientes saber. Claramente, las fallas de presas de relaves se han manifestado como una inestabilidad o deslizamiento del talud.

A continuación se listan las causas de los incidentes más frecuente ocurridas en estas presas:

- 1) Deslizamiento de taludes por cargas hidrostáticas e hidrodinámicas,
- 2) fallas por terremotos, cargas sísmicas,
- 3) fallas por sobrepaso,
- 4) falla de la fundación y
- 5) falla de estructuras auxiliares



Figura 4 A: Deslizamientos en taludes



B: Falla de estructuras auxiliares

A modo de discusión, se puede plantear que el mecanismo de deslizamientos o fallo de estos materiales en estos tipos de presas está relacionado con la acción de las fuerzas gravitacionales, hidrostáticas e hidrodinámicas sobre un suelo hidrófilo cuyas fuerzas interiores de interacción entre las partículas quedan debilitadas, es decir, sobre el suelo con una pequeña resistencia a la disolución. La causa del fallo y su fluencia reside en las particularidades de la composición, de estado, y propiedades del suelo bajo los efectos de estas fuerzas cuya importancia predominante puede variar en función de la construcción de la obra y las condiciones ingeniero geológicas del medio.

CONCLUSIONES

Uno de los aspectos más complicados y de mayor preocupación para las autoridades al evaluar un proyecto minero, es asegurarse de que la explotación interfiera lo menos posible en el ecosistema y en la seguridad de

las poblaciones cercanas y que se cumplan las normativas existentes para todos los aspectos de la operación. En este contexto, la disposición de los residuos mineros es un aspecto clave para la aprobación del proyecto y es preciso recurrir a las evaluaciones más precisas acerca de su comportamiento para garantizar una operación segura.

Las exigencias técnicas y geomecánicas que implica realizar una obra de infraestructura como es la presa de cola la Empresa Comandante Pedro Sotto Alba, Moa Níquel S.A. se suma otra característica de esta región: su alta sismicidad. Un aspecto no menor y que necesita del esfuerzo de los ingenieros y especialistas para extremar las precauciones y asegurar el correcto funcionamiento de la construcción.

Así de manera consecuentemente la mina de esta empresa trabaja en el análisis de estabilidad para taludes mineros, la caracterización geomecánica de macizos rocosos; diseño y análisis de protecciones, diseño y evaluación geomecánica de métodos de explotación minera, desarrollo de monitoreos geomecánicos y sistemas de instrumentación, análisis dinámico de la presa de colas y, aplicado no solo a su desarrollo propio sino al del territorio y el país.

REFERENCIAS

- Alonso, E. (2005). Las catástrofes y el progreso de la geotecnia. Real academia de Ingeniería,
- Arango E., Vega Garriga N., Ríos Martínez Y., Escobar Pérez E., Rivera Álvarez Z. (2009). Nuevos criterios acerca de las características sismo geodinámicas del extremo nororiental de Cuba. Centro Nacional de Investigaciones Sismológicas de Cuba, Congreso Cubano de Geología, 2009.
- Casagrande, A. (1936). Characteristics of Cohesionless Soils Affecting the Stability of Slopes and Earth Fills. Journal of the Boston Society of Civil Engineers, January; reprinted in 238. Contributions to Soil Mechanics (1925–1940), the Boston Society of Civil Engineers, 1948, pp. 257–276.
- García, C. (2004). Impacto y riesgo ambiental de los residuos minero-metalúrgicos de la Sierra de Cartagena-La Unión (Murcia-España). Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Cartagena.
- Heredía Veranes ND, Palacio, A.M., Garofalo R, Miranda L (1993). Consideraciones en la sustitución de las pulpas coralinas en la empresa Comandante Pedro Sotto Alba. Primer Taller internacional de protección y aprovechamiento racional de los recursos naturales, Moa Cuba, libro de resumen 47,
- Heredía Veranes ND (1978) Propiedades físico mecánica de las colas de níquel. Una Comparación. Ingeniería Civil, 4.(4): 265-269.
- Hernandez Columbie T, Guardado Lacaba R (2009). Presas de Relaves Mineros en la empresa Comandante Pedro Sotto Alba De Moa. V Conferencia Internacional de Aprovechamiento de los Recursos Minerales y el Desarrollo Sostenible, CINAREM 2009, Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa Holguín Cuba. Libro de resúmenes.
- ICOLD. (2001). Bulletin 121: Tailing dams. Risk of dangerous occurrences. Lessons learnt from practical experiences. Paris.
- Moya, J. (2001). Determinación de la geometría de la superficie de rotura en deslizamientos instantáneos: el caso de la balsa minera de Aznalcollar. V Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables. Madrid, 27-30 Noviembre de 2001, vol. III, 1341-1352.
- Olalla, C. y Cuellar, V. (2001). Failure mechanism of the Aznalcollar Dam, Seville, Spain. Geotechnique, 51, 5, 399-406.
- Ramírez Morandé N. A. (2007). Reglamento para la aprobación de Proyectos de diseño, construcción, operación y cierre de los depósitos de relaves Dpto. Seguridad Minera, Copiapo – SERNAGEOMIN, Gobierno de Chile Junio 2007.
- Rodríguez Pacheco Roberto (2002) Estudio experimental del flujo de cromo, níquel, y manganeso en residuos de zonas mineras de Moa (Cuba): Influencia del comportamiento hidromecánico, Tesis Doctoral Universidad Politécnica de Cataluña, Departamento de Ingeniería de Terrenos y Caminos, Barcelona España.
- VICK, S.G. (1983). "Planning, Design and Analysis of Tailings Dams". Ed. Wiley, New York. 369 p.
- WISE. 2005. <http://www.antena.nl/wise/uranium/mdap.htm/>
- Wels, C., Barnekow, U., Haase, M., Exner, M. y Jakubick, A. T. (2000). A Case Study on selfweight Consolidation of Uranium Tailings, Paper presented at Uranium (2000); Conference held September 9-15, 2000, Saskatoon, Saskatchewan.