

MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS
INSTITUTO GEOLOGICO MINERO Y METALURGICO
INGEMMET

PRESAS DE RELAVES
EN EL
PERU



DIRECCION GENERAL DE GEOLOGIA
DIRECCION DE GEOTECNIA

1982

PROLOGO

En nuestro país, la Ingeniería Aplicada a la Minería muestra una gama de actividades, determinantemente orientadas a resolver los problemas de explotación de estos recursos naturales, buscando una optimización en la extracción, y dar condiciones de seguridad al personal que trabaja dentro de una labor minera.

Un aspecto poco atendido, derrepente por que significa la última etapa de esta actividad minera y en la mayoría de los casos ya no rentable, es la eliminación de los desechos (relaves), provenientes de la flotación de los minerales.

El emplazamiento de la mayoría de las minas en la Cordillera de los Andes, caracterizada por una topografía sumamente accidentada, que en muchos de los casos no ofrece alternativa para buscar el lugar más apropiado, hace que tengan que utilizarse lugares poco favorables para el emplazamiento de depósitos de relaves.

Este factor, aunado a otros, como el criterio poco técnico que hasta hace poco se ha tenido para construir depósitos de relaves, aunados a la alta actividad sísmica del territorio, hacen que en nuestra historia contemporánea se conozcan casos de fallamientos de presas de relaves, cuyas consecuencias, en unos casos, inciden directamente sobre la infraestructura minera (campamentos, instalaciones), y/o en otros, en el área de influencia de los cauces inferiores.

En los últimos años se ha visto con alguna preocupación este problema, dándose, atinadamente, dispositivos legales (Ley de Minería) que normen la construcción de presas de relaves; sin embargo, consideramos que todavía no se han dictado normas técnicas, lo suficientemente precisas, que dicten las reglas de juego para este tipo de construcciones.

El INGEMMET, cuyo hacer está íntimamente relacionado a la actividad minera, ha querido tocar este problema, con el único propósito de iniciar un camino de investigaciones mayores, que con propiedad lleven a formular un "Código sobre construcción de Presas de Relaves en el Perú".

Un primer trabajo, ya concluido, "Investigaciones Geológicas-Geotécnicas sobre Presas de Relaves en el Perú", ha sido un preámbulo a este trabajo específico, que con el título genérico de "PRESAS DE RELAVES EN EL PERU", se presenta para su análisis y posterior enriquecimiento.

DIRECCION DE GEOTECNIA
INGEMMET.

CONTENIDO

Nº Pág.

INTRODUCCION	1
--------------------	---

CAPITULO I

GENERALIDADES SOBRE EL ESTUDIO

1.1 CARACTERISTICAS FISICAS SOBRE LOS MATERIALES DE RESIDUO.....	2
1.2 IMPORTANCIA DEL ESTUDIO	3
1.3 OBJETIVOS Y ALCANCES	6

CAPITULO II

DEPOSITOS DE RELAVE EN EL PERU

2.1 FINALIDAD DE LOS DEPOSITOS DE RELAVES	7
2.2 RESEÑA HISTORICA	7
2.3 COMENTARIOS DE ALGUNOS DEPOSITOS FALLADOS	8
2.4 TIPOS DE DEPOSITOS	9
2.4.1 Según su ubicación	9
a.- Depósitos construidos en superficies llanas	9
b.- Depósitos construidos en cubetas glaciares	11
c.- Depósitos construidos en valles y quebradas estrechas.	11
2.4.2 Según su comportamiento	12
a.- Depósitos Estables por su propio peso	12
b.- Depósitos Sismo-resistentes	12
2.4.3 Según el Método Constructivo	13
a.- Método Aguas arriba	13
b.- Método Aguas abajo	13
c.- Método de la Línea Central	15
2.5 RASGOS CARACTERISTICOS DE LOS DEPOSITOS	15

CAPITULO III

ASPECTOS GENERALES PARA EL DISEÑO DE DEPOSITOS DE RELAVES

3.1 COMPOSICION DEL RELAVE	22
3.2 UBICACION DEL AREA	22
3.3 ASPECTOS GEOLOGICOS	22

3.4 ASPECTOS GEOTECNICOS	23
3.5 ELECCION DEL METODO CONSTRUCTIVO	24
3.6 FACTORES DE LA OCURRENCIA DE LA LICUEFACCION	24
3.7 SUCEPTIBILIDAD A LA LICUEFACCION EN LOS DEPOSITOS DE ARENA SATURADA	25
3.7.1 Criterio de Kishida	26
3.7.2 Criterio de Oshaki	26
3.7.3 Código del Diseño de Presas de Residuo del Japón	27
3.8 FALLAMIENTO POR TUBIFICACION	28
3.9 PARAMETROS DINAMICOS DEL SUELO DE FUNDACION.- SISMO DE DISEÑO...	31

CAPITULO IV

ANALISIS Y COMPORTAMIENTO DE UN DEPOSITO DE RELAVES (APLICACION PRACTICA)

4.1 UBICACION Y ACCESO	35
4.2 CONSIDERACIONES SOBRE LA GEOLOGIA DEL AREA	35
4.2.1 Zona de la Estructura de contención (presa)	36
4.2.2 Zona del Depósito	36
4.3 NEOTECTONICA Y SISMICIDAD	37
4.4 ALGUNOS ASPECTOS DE GEOTECNIA	38
4.4.1 Descripción del Sistema de Almacenamiento	38
4.4.2 Características del Suelo de Fundación	39
4.4.3 Características del material del Depósito	40
4.5 ANALISIS DE ESTABILIDAD	42
4.5.1 Condiciones Estáticas	42
4.5.2 Condiciones Sísmicas	43
4.6 SUCEPTIBILIDAD A LA LICUEFACCION	45
4.7 EVALUACION POTENCIAL DEL MATERIAL DE RELAVE FRENTE A LA LICUEFACCION	46
CONCLUSIONES	56
REFERENCIAS	58
PARTICIPACION	59

INTRODUCCION

El Perú, país eminentemente minero, tienen gran parte de sus depósitos de relave ubicados en quebradas profundas con laderas escarpadas. La complejidad geomorfológica de estos relieves expone al material depositado a continuas sollicitaciones sísmicas, cuya sucesión de ondas incidentes sufren reflexiones, refracciones y desdobles en otros tipos de ondas que originan concentraciones de esfuerzos o ampliificaciones de intensidades.

Subsecuentes estudios, hechos en Japón, demuestran el riesgo que significan los depósitos de relave construidos en zonas altamente sísmicas, por la tendencia a su compactación por vibración, dando como resultado apreciables asentamientos totales o peligrosos asentamientos diferenciales, con la manifestación de excesivas presiones hidrostáticas que pueden llegar a tener tal magnitud y causar la licuefacción del depósito originando el hundimiento de la presa. Igualmente, la combinación de esfuerzos dinámicos y presiones intersticiales del agua provocarían el deslizamiento de los taludes del depósito, con graves daños en las obras de ingeniería y centros poblados que se encuentran aguas abajo de las quebradas.

El presente trabajo denominado "Presas de Relaves en el Perú", constituye un análisis resumido de estos depósitos, forzosamente incompleto, inspirado en la serie de fallas, por sísmos, ocurridos en el Perú, orientados a la contribución de un documento básico que sirva en la formulación de un código sobre "Proyectos de Presas de Relave", a fin de obtener métodos de diseño, construcción y supervisión, cada vez mejores.

El trabajo se divide en cuatro capítulos. En el primero, se procede a la descripción física del relave como material constituyente único, del cuerpo de la Presa. En la segunda parte, se hace un análisis de algunos depósitos del Perú; en la tercera, se da la metodología sobre estudios de depósitos de relave, indicando los aspectos fundamentales que se deben conocer antes del diseño de la estructura de retención; y finalmente en el último capítulo, como aplicación práctica, se hace un análisis de comportamiento de un depósito en actual construcción.

Esperamos que este pequeño aporte contribuya en algo al avance del conocimiento y en la inquietud que se tiene sobre los Depósitos de Relave en el Perú.

CAPITULO I

GENERALIDADES SOBRE EL ESTUDIO

En la Industria Minera, el mineral y las rocas que se extraen en la explotación, son tratados en las plantas concentradoras, de donde salen residuos en forma de desechos denominados "relaves", que son almacenados en canchas acondicionadas previamente, en laderas, valles ó cubetas. Para evitar problemas de deslizamientos y derrumbes del material depositado, se construyen muros de contención, diques de tierra, ó en todo caso se usa el mismo material estabilizado, con pilotes de madera, sacos rellenos con arena y hierbas del lugar.

La cantidad de relaves almacenados durante la vida útil de las minas alcanzan muchas veces varias decenas de millones de toneladas, lo cual constituye un riesgo potencial, sobre todo en zonas altamente sísmicas, que en caso de producirse un terremoto de magnitud moderada, podría originar una explosión de consecuencias imprevisibles, si no se han hecho los estudios requeridos para la ejecución del proyecto.

Es por consiguiente preocupación de los empresarios mineros y del Estado realizar estudios severos sobre Ingeniería Geotécnica, a fin de construir los diques de residuo con el debido criterio técnico, siendo mayor cuando los lugares escogidos para el almacenamiento, se encuentran en profundas y escarpadas quebradas; agravándose el problema, si existen centros poblados, obras de ingeniería y zonas agrícolas, aguas abajo de la quebrada.

1.1 CARACTERISTICAS FISICAS DE LOS MATERIALES DE RESIDUO .-

Los relaves son restos que quedan como residuo en las concentradoras, son desde polvo de roca, hasta arena gruesa. Consecuentemente el hecho que el polvo de roca en condiciones de saturación de agua posee una cohesión aparente y cierta resistencia efectiva al corte, son clasificados muchas veces como una arcilla ó limo de baja compresibilidad. Por otro lado, en términos de granulometría sus características de resistencia y deformación se asemeja a la arena con cierta plasticidad.

Casagrande (1933) demostró que el polvo de roca es un limo no plástico, para tal efecto graficó las curvas granulométricas con sus índices de tres muestras de polvo de roca, cuarzo, feldespato y mica, con

