SEGUNDA SECCION

SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

PROYECTO de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-141-SEMARNAT-2003, Que establece los requisitos para la caracterización del sitio, proyecto, construcción, operación y postoperación de presas de jales.

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

CASSIO LUISELLI FERNANDEZ, Subsecretario de Fomento y Normatividad Ambiental de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, y Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Medio Ambiente y Recursos Naturales, con fundamento en lo dispuesto en los artículos 32 Bis fracciones I, II, III, IV y V de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 1, 4 y 8 fracción V del Reglamento Interior de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales; 5 fracciones I, II, V, VI, XIV, 6, 28 fracción III, 31 fracción I, 36, 37, 37 Bis, 150, 151, 152 BIS,160 y 171 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; 4o. fracciones II, III, IV, 5, 6, 8 fracción X, 20 y 36 de su Reglamento en Materia de Residuos Peligrosos; 38 fracción II, 40 fracción X, 45, 46 y 47 fracción I de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, y 30, 33 y 34 de su Reglamento, tengo a bien presentar:

El Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-141-SEMARNAT-2003, el cual fue aprobado por el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Medio Ambiente y Recursos Naturales, en sesión celebrada el 31 de enero de 2003, el que se expide para consulta pública, de conformidad con lo establecido en el artículo 47 fracción I de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, a efecto de que los interesados, dentro de los 60 días naturales siguientes a la fecha de su publicación en el **Diario Oficial de la Federación**, presenten sus comentarios ante el citado Comité ubicado en bulevar Adolfo Ruiz Cortines 4209, cuarto piso, Fraccionamiento Jardines en la Montaña, Delegación Tlalpan, código postal 14210, en México, Distrito Federal, o al correo electrónico: rctorres@semarnat.gob.mx.

Durante el mencionado plazo, los estudios que sirvieron de base para la elaboración del citado proyecto de Norma, así como la Manifestación de Impacto Regulatorio a que se refieren los artículos 45 y 47 fracción I de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, estarán a disposición del público para su consulta en el domicilio del Comité antes citado.

CONSIDERANDO

Que tanto el crecimiento industrial como de la población han contribuido a la generación de residuos, algunos de ellos peligrosos para el equilibrio ecológico y el ambiente.

Que la regulación de los residuos peligrosos está considerada en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, como asunto de alcance general de la Nación y de interés de la Federación.

Que debido a los impactos significativos que los residuos provenientes de plantas de beneficio de minerales producen sobre el medio ambiente, se hace necesario su control.

Que las presas de jales son uno de los sistemas para la disposición de los residuos sólidos generados por el beneficio de minerales contemplados en el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos, y deben reunir condiciones de máxima seguridad, a fin de garantizar la protección de la población, las actividades económicas y sociales y, en general, el equilibrio ecológico.

Que los jales provenientes del beneficio de antimonio, de óxidos de cobre, de pirita de cobre, de plomo y de zinc, están listados como peligrosos en la NOM-052-SEMARNAT-1993.

Que la NOM-053-SEMARNAT-1993, establece el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.

Que el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente, establecido en la NOM-053-SEMARNAT-1993, no es aplicable a los residuos mineros de acuerdo a los resultados de estudios avalados por la comunidad científica nacional e internacional.

Que el método de prueba que establece el procedimiento para determinar la peligrosidad de los jales, propuesto en esta Norma Oficial Mexicana fue desarrollado y estandarizado para determinar las

características que hacen peligrosos por su toxicidad a matrices sólidas, como son los residuos mineros y está aceptado por la comunidad científica nacional e internacional.

Por lo expuesto y fundado, he tenido a bien expedir el siguiente:

PROYECTO DE NORMA OFICIAL MEXICANA PROY-NOM-141-SEMARNAT-2003, QUE ESTABLECE LOS REQUISITOS PARA LA CARACTERIZACION DEL SITIO, PROYECTO, CONSTRUCCION, OPERACION Y POSTOPERACION DE PRESAS DE JALES

INDICE

0. Introducción

1. Objetivo

2. Campo de aplicación

3. Referencias

4. Definiciones

5. Especificaciones

6. Evaluación de la conformidad

7. Grado de concordancia con normas y lineamientos internacionales y con las normas mexicanas tomadas como base para su elaboración

8. Bibliografía

9. Observancia de esta Norma

TABLAS:

Tabla 1: Periodo de retorno de la tormenta máxima probable

Tabla 2: Clasificación topográfica de la República Mexicana

Tabla 3: Criterios de aplicación para cada método constructivo

FIGURAS:

Figura 1: Regiones sísmicas en la República Mexicana

Figura 2: Carta hidrológica de la República Mexicana

Figura 3: Monitoreo del agua subterránea

ANEXOS:

Anexo Normativo 1: Procedimiento para definir la peligrosidad de los residuos mineros

Anexo Normativo 2: Metodología para evaluar la vulnerabilidad de un acuífero a la contaminación

Anexo Normativo 3: Clasificación de presas de jales en la República Mexicana

Anexo No Normativo: Métodos constructivos

0. Introducción

Que los jales mineros, por sus características tóxicas, determinadas por su composición u oxidación y por su forma de manejo, pueden representar un riesgo para el equilibrio ecológico, el ambiente y la salud de la población en general, por lo que es necesario establecer los criterios y procedimientos para su correcta disposición.

Que conforme a los avances científicos y tecnológicos se puede lograr la máxima seguridad ambiental de las actividades mineras, a partir del almacenamiento y la disposición de los jales en presas.

1. Objetivo

Esta Norma Oficial Mexicana establece las especificaciones y criterios de protección ambiental para la caracterización del sitio, proyecto, construcción, operación y postoperación de presas de jales.

2. Campo de aplicación

Esta norma es de orden público y de interés social, así como de observancia obligatoria para el generador de jales provenientes del beneficio de minerales metálicos y no metálicos, exceptuando a los minerales radiactivos, para las presas que se construyan a partir de la fecha de entrada en vigor de esta Norma Oficial Mexicana.

3. Referencias

Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-1993, Que establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente, publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 22 de octubre de 1993.

Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo, publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 6 de marzo de 2002.

Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996, Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas residuales en aguas y bienes nacionales, publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 6 de enero de 1997.

Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000, Conservación del recurso agua-Que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales, publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 17 de abril de 2002.

4. Definiciones

Para los efectos de esta Norma Oficial Mexicana se consideran las definiciones contenidas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y las siguientes:

4.1 Acuífero

Cualquier formación geológica por la que circulan o se almacenan aguas subterráneas que puedan ser extraídas para su explotación, uso o aprovechamiento.

4.2 Bordo libre

Diferencia de elevaciones entre la corona de la cortina contenedora y el nivel de aguas máximas extraordinarias (NAME).

4.3 Caracterización

Determinación cualitativa o cuantitativa de la distribución de un parámetro.

4.4 Cauce de una corriente

El canal natural o artificial que tiene la capacidad necesaria para que las aguas de la creciente máxima ordinaria escurran sin derramarse. Cuando las corrientes estén sujetas a desbordamiento, se considera como cauce al canal natural, mientras no se construyan obras de encauzamiento.

4.5 Cortina contenedora

Estructura resistente que delimita y soporta el empuje de los jales y del agua almacenada.

4.6 Cuencas homogéneas

Son las cuencas hidrológicas en que, por tener características geomorfológicas, climatológicas, geológicas e hidrológicas similares, es válido transferir información hidrológica de una a otra.

4.7 Ecosistemas frágiles o únicos

Ecosistemas que, por sus características y recursos naturales, su vulnerabilidad, o por la importancia de la diversidad y abundancia de especies, son sujetos de protección.

4.8 Generador

Persona física o moral que como resultado de sus actividades produzca residuos peligrosos.

4.9 Jales

Residuos sólidos generados en las operaciones primarias de separación y concentración de minerales.

4.10 Lixiviado

Líquido proveniente de los residuos, el cual se forma por reacción química, arrastre o percolación y que contiene, disueltos o en suspensión, componentes que se encuentran en los mismos residuos.

4.11 Nivel de aguas máximas extraordinarias

Nivel máximo que alcanza el agua dentro del vaso de almacenamiento de la presa de jales al desfogar por el vertedor de excedencias la tormenta máxima probable.

4.12 Planta de beneficio

Lugar donde se realizan los trabajos para preparación, tratamiento, fundición de primera mano y refinación de productos minerales, en cualquiera de sus fases, con el propósito de recuperar u obtener minerales o sustancias, al igual que de elevar la concentración y pureza de sus contenidos.

4.13 Pozo

Obra de ingeniería, en la que se utilizan maquinarias y herramientas mecánicas para su construcción, para permitir extraer agua del subsuelo.

4.14 Preparación

Actividades y obras dirigidas a disminuir las condiciones de vulnerabilidad a la contaminación.

4.15 Presa de jales

Obra de ingeniería para el almacenamiento o disposición final de los jales, cuya construcción y operación ocurren simultáneamente.

4.16 Radio máximo de influencia

La distancia horizontal entre el centro del pozo y el punto en donde el abatimiento provocado por el bombeo de éste es la mínima.

4.17 Región asísmica

Es una región donde no se tienen registros históricos de sismos, no se han reportado sismos en los últimos 80 años ni se esperan aceleraciones del suelo mayores a 10% de la aceleración de la gravedad. Corresponde a la Región A de la Figura 1 de esta norma: Regiones sísmicas en la República Mexicana.

4.18 Región penesísmica

Aquélla donde se presentan sismos poco frecuentes. Corresponde a la Región B de la Figura 1 de esta norma.

4.19 Región sísmica

Aquélla integrada por las regiones C y D de la Figura 1 de esta norma. Corresponde a la región donde se presentan sismos frecuentes (entre ellos los grandes sismos históricos) y con grandes aceleraciones del suelo que pueden sobrepasar el 70% de la aceleración de la gravedad.

4.20 Secretaría

La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

4.21 Sistema decantador drenante

Obra de ingeniería que tiene como función el captar el agua de los jales y enviarla a la pileta de recuperación para su utilización en el proceso de la planta de beneficio. También puede funcionar como vertedor de excedencias para desalojar el agua de la tormenta máxima probable.

4.22 Sitio

Espacio o lugar referido a la presa de jales o su área de influencia.

4.23 Sitio de muestreo

Area de una superficie determinada previamente, en la cual se realizan una serie de mediciones y observaciones directas, o se toman muestras para realizar los análisis en laboratorios.

4.24 Subcuenca

Fracción de una cuenca hidrológica, que corresponde a la superficie tributaria de un afluente o de un sitio seleccionado.

4.25 Terreno de lomerío

Aquél cuyo relieve presenta taludes comprendidos entre 3:1 (horizontal: vertical) y 10:1 (horizontal: vertical), según se ilustra en la Tabla 2: Clasificación topográfica de la República Mexicana.

4.26 Terreno montañoso

Aquél cuyo relieve presenta taludes mayores de 3:1 (horizontal: vertical), según se ilustra en la Tabla 2 de esta norma.

4.27 Terreno plano

Aquél cuyo relieve presenta taludes menores de 10:1 (horizontal: vertical), según se ilustra en la Tabla 2 de esta norma.

4.28 Tormenta máxima probable

Evento de precipitación pluvial que genera caudales por escurrimiento que puedan esperarse de la combinación más severa de condiciones meteorológicas críticas que son posibles en una región, con un periodo de recurrencia de 25 años.

4.29 Tubificación

Proceso de erosión regresiva interna en suelos finos compactados de una cortina contenedora o en el suelo natural de su cimentación, ocasionado por fuerzas de filtración mayores a las resistentes, con arrastre de partículas que forman conductos de corriente, capaces de provocar la falla de la obra.

4.30 Vaso de almacenamiento

Elemento de la presa de jales que tiene volumen disponible para almacenar los sólidos de los jales y una porción del agua empleada en su transporte, así como del espacio útil para manejar las aguas pluviales que caen dentro del perímetro de la presa de jales.

4.31 Vertedor de excedencias

Obra de ingeniería que tiene como finalidad controlar las descargas de volúmenes de agua extraordinarias que no se puedan contener dentro del vaso de almacenamiento de una presa de jales, por falta de capacidad.

4.32 Zona ciclónica

Aquella que pertenece a una cuenca hidrológica afectada directamente por los ciclones, según se ilustra en la Figura 2 Carta hidrológica de la República Mexicana.

4.33 Zona húmeda

Aquélla con precipitaciones pluviales producidas por lluvias orográficas y/o convectivas, según se ilustra en la Figura 2 de esta norma.

4.34 Zona seca

Aquélla con precipitaciones pluviales escasas o nulas, según se ilustra en la Figura 2 de esta norma.

5. Especificaciones

El almacenamiento de los jales puede efectuarse en el lugar donde se generen, conforme a la información obtenida de la caracterización del sitio, aplicando los criterios de protección ambiental especificados en esta Norma Oficial Mexicana para cada etapa. En el caso que se requiera ubicar una presa de jales en áreas naturales protegidas, la autorización estará sujeta a la evaluación en materia de impacto ambiental, así como a lo dispuesto en el Decreto del Area Natural Protegida y el Programa de Manejo Respectivo. Si existen zonas y obras que por sus características se consideran patrimonio histórico o cultural, se debe cumplir con lo establecido en las leyes aplicables.

5.1 Cambio de uso del suelo

5.1.1 El cambio de uso de suelo de predios en áreas forestales, selvas y zonas áridas, se debe llevar a cabo conforme a lo establecido en el Informe Preventivo.

5.1.2 Asimismo, el generador debe obtener la autorización por el cambio de uso de suelo en terrenos forestales de conformidad con la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y su Reglamento y, de ser el caso, la concesión de Uso de Bienes Nacionales, de acuerdo con lo dispuesto en la Ley de Aguas Nacionales.

5.2 Caracterización del jal

Con el fin de determinar la peligrosidad de los jales, el generador debe proceder de la siguiente manera:

5.2.1 Aplicar la prueba de extracción de los constituyentes tóxicos, de acuerdo con el método de prueba "Método modificado de extracción por agitación de desechos sólidos con agua"[1] (véase Anexo Normativo 1). Si la concentración en el extracto de uno o varios de los elementos listados en la Tabla, referente a los constituyentes tóxicos en el extracto PECT de la NOM-052-SEMARNAT-1993 o la que la sustituya, es superior a los límites permisibles señalados en la misma, los jales son peligrosos por su toxicidad.

[1] Nombre en inglés: Modified Shake Extraction of Solid Waste with Water (Modified ASTM D3987-85).

5.2.2 Para determinar si los jales son generadores potenciales de ácido, se debe aplicar la prueba modificada de balance ácido base (véase Anexo Normativo 1). En caso de que la relación Potencial de Neutralización (PN)/Potencial Acido (PA) sea menor a 1.2, se consideran generadores potenciales de ácido.

5.2.3 Un generador podrá solicitar que su residuo específico identificado como peligroso, de acuerdo con el método de prueba establecido en esta Norma Oficial Mexicana, pueda ser exceptuado de considerarlo como peligroso, mediante la presentación de una solicitud en los términos y formalidades legales, y la correspondiente autorización de las autoridades competentes.

5.3 Caracterización del sitio

Con el propósito de caracterizar el sitio donde se proponga ubicar la presa de jales, una vez definida la peligrosidad del jal que genere el proceso de beneficio de minerales, el generador debe llevar a cabo estudios que le permitan identificar a los elementos del ambiente y biota que sean susceptibles de daño por el depósito de jales. El generador previo a la selección del sitio debe realizar los siguientes estudios e indicar la(s) fuente(s) de referencia.

5.3.1 Aspectos climáticos

Para prevenir daños a la presa de jales por factores climatológicos y evitar que se genere carga hidráulica sobre la cortina contenedora o se produzca algún derrame de excedencias hacia la cuenca de aguas abajo, se deben investigar y documentar los siguientes aspectos climáticos:

a) Zona hidrológica de ubicación del sitio (Figura 2: Carta hidrológica de la República Mexicana).

b) Precipitación media mensual y anual, así como sus valores máximos y mínimos.

c) Tormenta máxima observada y probable en 24 horas.

d) Tormenta máxima probable en un periodo de retorno establecido de acuerdo con la clasificación del jal, la zona hidrológica y la topografía del sitio.

e) Velocidad, dirección y frecuencia de los vientos.

La tabla 1 señala el número de años a que debe de hacer referencia la información anterior, de acuerdo con la zona hidrológica y la topografía del terreno donde se pretenda construir una presa de jales.

TABLA 1
Periodo de retorno de la tormenta máxima probable
(Años)

	Zona Hidrológica					
	Seca		**Húmeda**		**Ciclónica**	
Topografía	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
Montañoso	5	25	25	50	50	50
Lomerío	25	100	25	100	50	100
Plano	25	100	50	100	100	100

(1) Jal no peligroso.

(2) Jal peligroso.

5.3.1.1 El sitio seleccionado debe describirse de acuerdo a la Clasificación Topográfica de la República Mexicana, incluida como Tabla 2 de la presente norma.

5.3.1.2 Cuando para la cuenca en estudio no exista información hidrométrica y pluviométrica suficiente, los datos podrán determinarse indirectamente, transfiriendo la información de cuencas vecinas a la región, cuando éstas puedan ser consideradas homogéneas y se disponga de suficiente información.

5.3.2 Aspectos edafológicos

Se deben determinar en el sitio de ubicación de la presa de jales los siguientes parámetros del suelo: textura, conductividad eléctrica, pH, porcentaje de carbono orgánico y capacidad de intercambio catiónico. Estos parámetros físicos y químicos permiten describir el tipo de suelo para la caracterización del sitio y seleccionar, de acuerdo a la modalidad propia de cada proyecto, uno de los dos usos permitidos para el suelo:

a) Material de protección del subsuelo por su capacidad de retención de contaminantes, o

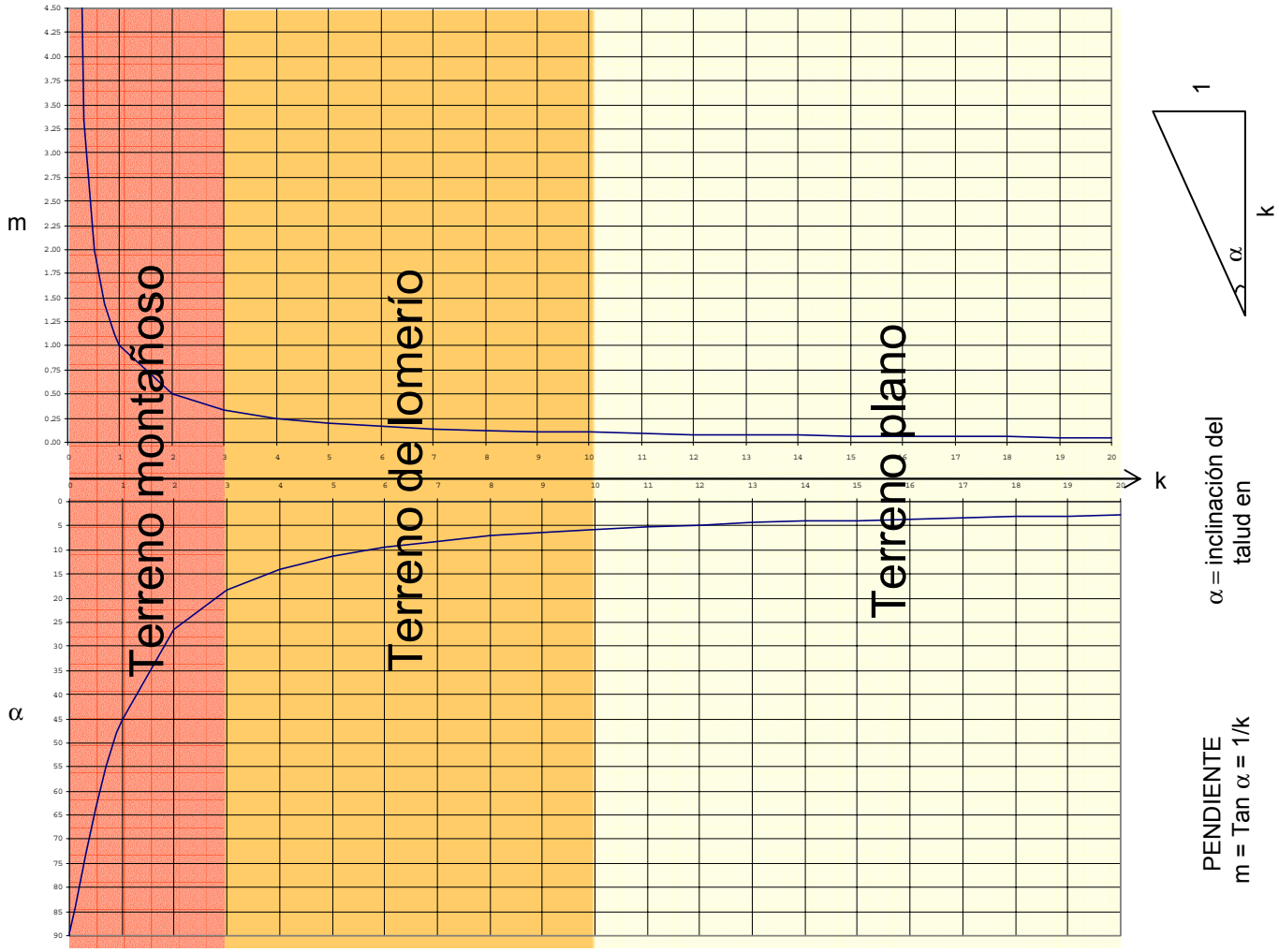
b) Banco de material para la forestación en la etapa de postoperación.

5.3.3 Aspectos geotécnicos

Los factores geotécnicos a considerar son:

5.3.3.1 Describir la estructura geológica general y al detalle; las propiedades mecánicas de las formaciones rocosas, especialmente las relativas a su permeabilidad y resistencia; las condiciones de fisuramiento y orientación, amplitud, separación y profundidad de las fisuras; el grado y profundidad actual y posibilidades de alteración futura, por los agentes del intemperismo.

Tabla 2 Clasificación topográfica en la República Mexicana



k		Tan
0.00	90.0	
0.05	87.1	20.00
0.10	84.3	10.00
0.15	81.5	6.67
0.20	78.7	5.00
0.25	76.0	4.00
0.30	73.3	3.33
0.35	70.7	2.86
0.40	68.2	2.50
0.45	65.8	2.22
0.50	63.4	2.00
0.55	61.2	1.82
0.60	59.0	1.67
0.65	57.0	1.54
0.70	55.0	1.43
0.75	53.1	1.33
0.80	51.3	1.25
0.85	49.6	1.18
0.90	48.0	1.11
0.95	46.5	1.05
1.00	45.0	1.00
1.20	39.8	0.83
1.40	35.5	0.71
1.60	32.0	0.63
1.80	29.1	0.56
2.00	26.6	0.50
2.20	24.4	0.45
2.40	22.6	0.42
2.60	21.0	0.38
2.80	19.7	0.36
3.00	18.4	0.33
3.20	17.4	0.31
3.40	16.4	0.29
3.60	15.5	0.28
3.80	14.7	0.26
4.00	14.0	0.25
4.20	13.4	0.24
4.40	12.8	0.23
4.60	12.3	0.22
4.80	11.8	0.21
5.00	11.3	0.20
5.20	10.9	0.19
5.40	10.5	0.19
5.60	10.1	0.18
5.80	9.8	0.17
6.00	9.5	0.17
6.20	9.2	0.16
6.40	8.9	0.16
6.60	8.6	0.15
6.80	8.4	0.15
7.00	8.1	0.14
7.20	7.9	0.14
7.40	7.7	0.14
7.60	7.5	0.13
7.80	7.3	0.13
8.00	7.1	0.13
8.20	7.0	0.12
8.40	6.8	0.12
8.60	6.6	0.12
8.80	6.5	0.11
9.00	6.3	0.11
9.20	6.2	0.11
9.40	6.1	0.11
9.60	5.9	0.10
9.80	5.8	0.10
10.00	5.7	0.10
20.00	2.9	0.05
100.00	0.6	0.01

5.3.3.2 Determinar las propiedades mecánicas de los depósitos de suelo, en lo que se refiere a su estratigrafía, haciendo resaltar la homogeneidad o heterogeneidad de los mismos, el tipo de suelo de acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), así como su permeabilidad, porosidad, compresibilidad y resistencia al corte.

5.3.3.3 Determinar la región sísmica donde se ubica el sitio con base en la información de la Figura 1: Regiones sísmicas en la República Mexicana.

La información geotécnica debe ser utilizada en el proyecto para asegurar la estabilidad que requiere la obra.

5.3.4 Aspectos hidrológicos

Para comprobar que la presa de jales no representa un riesgo para los cuerpos de agua superficiales y subterráneos, en cuanto a su uso, aprovechamiento y explotación, se deben presentar los siguientes estudios:

5.3.4.1 Superficial

a) Delimitar la subcuenca hidrológica donde se localiza el sitio del depósito de jales.

b) Determinar el volumen medio anual del escurrimiento de la cuenca aguas arriba del sitio de interés, conforme a la NOM-011-CNA-2000.

c) Cuando tenga que utilizarse algún cauce de cualquier tipo de corriente para ubicar el depósito, determinar el gasto correspondiente en el sitio de interés.

d) Determinar el área de inundación de la cuenca, en su caso, representándola en cartas INEGI a escala 1:50,000.

e) Determinar la calidad del agua de los cuerpos superficiales, tanto aguas arriba como aguas abajo, con base en las concentraciones de parámetros físicos y químicos: pH, conductividad, sólidos suspendidos totales, demanda química de oxígeno**,** grasas y aceites, sólidos disueltos totales, cianuro total, coliformes fecales y metales como plomo, cadmio, cobre, zinc o cualquier otro que pueda en un momento dado derivarse del depósito de jales.

5.3.4.2 Subterránea

5.3.4.2.1 Cuando en el sitio seleccionado para establecer una presa de jales exista un acuífero, se debe evaluar la vulnerabilidad de éste de acuerdo con el Anexo Normativo 2 o los métodos Drastic o GOD.

5.3.4.2.2 Cuando en el sitio seleccionado para la construcción de la presa de jales exista un acuífero se debe:

a) Verificar la existencia de aprovechamientos hidráulicos subterráneos en un radio de 500 metros, tomando como centro el sitio propuesto para la construcción de la presa de jales.

b) Efectuar la caracterización física y química del agua subterránea nativa, seleccionando aquellos parámetros directamente asociados a la generación de lixiviados derivados de la presa de jales. La caracterización se debe realizar directamente en el sitio de interés o a través del muestreo en aprovechamientos hidráulicos subterráneos aledaños a la presa de jales.

5.3.5 Biodiversidad

Se refiere a caracterizar el sitio, identificando la presencia de especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2001, así como la ubicación de ecosistemas frágiles o únicos.

5.3.5.1 El manejo de las especies o poblaciones de flora y fauna silvestres en riesgo se debe llevar a cabo de acuerdo a lo establecido en la Ley General de Vida Silvestre.

5.3.5.2 El sitio seleccionado debe comprender un área que represente el mínimo riesgo a las especies, bajo cualquier categoría de riesgo definidas en la norma de referencia, o un área que produzca el mínimo impacto ambiental sobre los recursos naturales.

5.3.5.3 En caso de que durante la caracterización del sitio, proyecto o construcción de las presas de jales, se cuente con indicios suficientes sobre la existencia de especies en riesgo listadas en peligro de extinción, de conformidad con lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001, se deberá llevar a cabo una evaluación en materia de impacto ambiental.

5.3.6 Potencial de daño

5.3.6.1 Identificar los cuerpos de agua superficiales, ecosistemas frágiles, especies en riesgo o áreas de suelos agropecuarios que puedan ser afectados en caso de derrame o fuga por falla parcial o total de la cortina contenedora y proceder de la siguiente manera:

5.3.6.1.1 Si existe posibilidad de dañar un cuerpo de agua superficial, se deben aplicar las medidas de proyecto, construcción, operación y monitoreo clasificadas con el número 1 en el Anexo Normativo 3: Clasificación de presas de jales en la República Mexicana. También se aplicarán las medidas señaladas en el punto 5.7 relativas a la etapa de postoperación.

5.3.6.1.2 Cuando la posibilidad de daño no implique cuerpos de agua superficiales, pero se pueden afectar ecosistemas frágiles, especies en riesgo o áreas de suelos agropecuarios vulnerables, se deben aplicar las medidas recomendadas como 1 o 2 en el Anexo Normativo 3 de la presente NOM.

5.3.6.2 Cuando no exista potencial de daño, se pueden aplicar libremente las disposiciones del Anexo Normativo 3 de la presente norma.

5.3.6.3 Analizar si los polvos fugitivos del depósito pueden llegar a algún centro de población y alterar la calidad del aire; en este caso, se tienen que implementar las medidas descritas en los criterios de construcción-operación y de la etapa de postoperación, enfocados a mitigar estas emisiones.

5.4 Criterios de preparación del sitio

Si de acuerdo a los estudios de caracterización del sitio se encuentran elementos ambientales vulnerables o susceptibles de daño por el depósito de jales, se debe preparar el sitio para evitar o mitigar el daño sobre los elementos identificados; para lo anterior, se debe proceder de la siguiente manera:

5.4.1 La preparación del sitio no considera elementos de control de la contaminación de acuíferos cuando el jal resulte no peligroso, y

a) El acuífero no sea vulnerable, o

b) Las fuentes de abastecimiento de agua subterránea se localicen aguas arriba del sitio del depósito, en función del gradiente hidráulico o a más de 500 m aguas abajo, o

c) El jal no altere negativamente la calidad del agua subterránea en cuanto a las especificaciones para su uso.

5.4.2 La preparación del sitio de la presa de jales debe incluir medidas de prevención o control a la contaminación, a través de obras de ingeniería complementarias que acrediten técnicamente que no se afectará a los acuíferos o a los aprovechamientos hidráulicos subterráneos cuando:

a) Exista un acuífero vulnerable de acuerdo con la evaluación del Anexo Normativo 2;

b) El jal sea peligroso, o

c) Existan aprovechamientos hidráulicos subterráneos dentro de un radio de 500 m, tomando como punto de referencia el bordo iniciador para la ubicación del sitio propuesto para la presa de jales. Esta condición no se aplicará en los casos de aprovechamientos ubicados aguas arriba y cuyo radio máximo de influencia se localice a una distancia mínima de 100 m en dirección del sitio de depósito.

5.4.3 Cuando el agua de la presa de jales se recircule al proceso de beneficio, debe evitarse que entre en contacto con los cuerpos naturales de agua superficiales.

5.4.4 Las especies en riesgo que se localicen en el área del proyecto deben ser protegidas mediante programas o acciones encaminadas a su reubicación, salvamento o enriquecimiento mediante viveros y criaderos, apegándose a la normatividad de referencia.

5.4.5 La capa de suelo, cuando permita preservar el germoplasma, puede ser retirada y almacenada para forestar o restituir la cubierta vegetal, salvo que ésta pueda servir como medio inhibidor de la migración de contaminantes.

5.4.6 Debe asegurarse que el sitio seleccionado sea capaz de soportar y almacenar el volumen de jales proyectado.

5.4.7 Los estudios, proyectos de ingeniería y demás información técnica o científica utilizada para definir las actividades de preparación, así como la evidencia de su cumplimiento, debe mantenerse clasificada y disponible para que la autoridad verifique su existencia y contenido en el momento que lo considere necesario.

5.5 Criterios de proyecto

En el proyecto de una presa de jales deben considerarse los siguientes factores:

5.5.1 Estimar el volumen de almacenamiento, utilizando el método de las áreas medias y la vida útil del depósito, considerando la clasificación por tamaño y peso volumétrico de los jales.

5.5.2 La sección propuesta de la cortina contenedora debe cumplir con los análisis de estabilidad indicados en el Anexo Normativo 3 de esta norma.

5.5.3 El manejo de los escurrimientos superficiales se debe proyectar de tal manera que cumpla con los métodos establecidos en el Manual de Diseño de Obras Civiles de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y/o los Manuales equivalentes de la Comisión Nacional del Agua (CNA).

5.5.4 Los sistemas de recuperación deben contemplar los escurrimientos pluviales que aportan carga hidráulica causados por la precipitación máxima probable, estimada de acuerdo al Manual de Diseño de Obras Civiles de la CFE.

5.5.5 La cortina contenedora de la presa de jales se debe formar por suelos y materiales definidos según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) o con fragmentos de roca. El procedimiento constructivo será el indicado en el Anexo Normativo 3 de esta norma. Los criterios de aplicación para cada método constructivo son:

TABLA 3
Criterios de aplicación para cada método constructivo

OPCION	INTERPRETACION
1	Permitido
2	Permitido con condicionantes (con un análisis de estabilidad)
3	Condicionado a justificación (de posible aplicación para presas ubicadas en zonas de transición)
4	La resolución depende de la elaboración de estudios adicionales dictaminados por la Secretaría
-	Prohibido

5.6 Criterios de construcción-operación

El proceso de construcción de una presa de jales debe seguir los siguientes criterios:

5.6.1 En la construcción y operación de la presa de jales se debe evitar la degradación de la calidad del agua subterránea y la afectación a las fuentes de abastecimiento subterráneas, de acuerdo a lo establecido en 5.4.2.

5.6.2 Para obtener un buen contacto entre la base de la cortina contenedora y la superficie del terreno natural, se debe realizar una excavación de limpia para eliminar toda la materia vegetal, suelos y/o fragmentos de roca sueltos en el área de cimentación de la misma.

5.6.3 Los defectos que se encuentren en el área de desplante de la cortina contenedora o del bordo iniciador, tales como arcillas agrietadas, grietas abiertas en la roca, depósitos de materiales de derrumbe incrustados y suelos permeables, deben corregirse o mejorarse, retirando los materiales sueltos y frágiles, y sellando las grietas abiertas para evitar la tubificación debajo de la cortina contenedora o del bordo iniciador.

5.6.4 Cuando la cortina contenedora o el bordo iniciador se desplante sobre una superficie rocosa inclinada, que tiende a ser lisa, se debe excavar un dentellón para anclarlos.

5.6.5 La conformación del cuerpo de la cortina contenedora se debe realizar verificando que la distribución y colocación de los materiales en el terraplén de la misma se efectúe de acuerdo a las condiciones especificadas en el proyecto. Para la colocación de los materiales debe alcanzarse la compacidad y humedad que se estipulen en cada proyecto en particular.

5.6.6 La construcción de los elementos y obras complementarias se deben realizar considerando pendientes superficiales apropiadas para asegurar un buen manejo del agua superficial.

5.6.7 Cuando el envío de los jales a la presa se realice por gravedad a través de canales o conductos abiertos, se debe asegurar que no habrá derrames e infiltraciones. En este caso se deben colocar avisos de advertencia ubicados en forma apropiada a las condiciones de topografía y visibilidad del sitio.

5.6.8 En el caso del método constructivo aguas arriba, la distribución de los jales sobre la cortina contenedora debe iniciarse por la parte interior del talud de la cortina, para permitir que los sólidos más gruesos se depositen en la parte más cercana a ésta y los más finos en la parte más alejada de la misma. De esta manera, se debe garantizar la formación del estanque alejado de la cortina, evitando la saturación en el talud exterior de la misma y favoreciendo el sellado del vaso del depósito con los finos de los jales.

5.6.9 Los primeros jales depositados deben retenerse para que el agua contenida en ellos se clarifique y se pueda extraer para su posterior reutilización mediante alguno de los métodos establecidos en el Anexo Normativo 3 de la presente Norma Oficial Mexicana.

5.6.10 Los jales se pueden utilizar en la construcción de la cortina contenedora, siempre y cuando su contenido de arenas mayores a 76 µm (malla 200) sea igual o mayor a 15% y su contenido de sólidos sea igual o mayor a 50%; en caso de ser generadores potenciales de drenaje ácido, de acuerdo a los criterios del punto 5.2.2, su uso está supeditado a la aplicación de un método de estabilización química o por cubierta de material de préstamo.

5.6.11 De acuerdo con el método seleccionado para su construcción y en apego a lo establecido en 5.5.5. de esta norma, la cortina contenedora se debe formar paulatinamente y como resultado del depósito de jales en la presa.

5.6.12 El vaso de almacenamiento debe tener el área suficiente para permitir la clarificación del agua contenida en los jales, para facilitar la extracción de la misma ya clarificada a través de las tomas del depósito o de las torres decantadoras. Se debe dejar la playa amplia con el nivel del agua alejado del talud, de tal manera que la longitud de la misma sea igual o mayor a la altura de la cortina, o se demuestre técnicamente que la cortina contenedora es estable. Debe consultarse el Anexo Normativo 3, en lo relativo al sistema decantador drenante.

5.6.13 El vaso de almacenamiento debe tener una capacidad suficiente para mantener un bordo libre de 3 metros en zonas ciclónicas, 2 metros en zonas húmedas y 1 metro en zonas secas.

5.6.14 El agua clarificada que se recupere se debe conducir hasta las piletas o tanques de asentamiento, donde se retienen los sólidos que hayan sido arrastrados, para enviar el agua recuperada al cárcamo de bombeo que la retorne nuevamente al proceso de beneficio.

5.6.15 Según el método constructivo que sea utilizado, se deben llevar a cabo las acciones necesarias para evitar que la cortina contenedora del depósito se convierta en una fuente de emisión de partículas a la atmósfera, de acuerdo a 5.7.4 y 5.7.2.1.

5.6.16 El agua de recuperación puede descargarse a cuerpos receptores y bienes nacionales, disponerse en el suelo, subsuelo o recargar acuíferos, de conformidad a la normatividad respectiva aplicable.

5.6.17 Los estudios, planos y demás información técnica o científica utilizada para definir las actividades de construcción, así como la evidencia de su cumplimiento, debe mantenerse clasificada y disponible para que la autoridad verifique su existencia y contenido, en el momento que lo considere necesario.

5.7 Criterios de Postoperación

5.7.1 Una vez que el depósito de jales llegue al final de su vida útil, se deben implementar medidas que aseguren que:

a) No se emitan partículas sólidas a la atmósfera como producto de la pérdida de humedad de la superficie de la presa de jales o del talud de la cortina contenedora, entre otras;

b) No se formen escurrimientos que afecten a cuerpos de agua superficiales y subterráneos.

5.7.2 Cuando los jales sean generadores potenciales de ácido se debe cumplir con los siguientes aspectos:

5.7.2.1 Cubrir con un material mineral o con agua, para evitar la formación de drenaje ácido del jal, cuidando de no solubilizar otros elementos tóxicos. También se podrán utilizar otros materiales que impidan la acidificación.

5.7.2.2 No se deben utilizar especies vegetales que promuevan la acidificación del sustrato.

5.7.2.3 Cuando no sea pertinente establecer medidas que eviten la formación de drenaje ácido, se deben establecer medidas de tratamiento del mismo para evitar daños en cuerpos de agua, suelos y sedimentos, ya sea por su acidez o por contaminación con elementos tóxicos.

5.7.3 El cubrir con agua los jales para evitar el drenaje ácido, sólo se permite cuando el depósito cumpla con las especificaciones de proyecto y construcción de presas para almacenamiento de agua.

5.7.4 La superficie del depósito debe ser cubierta con materiales que permitan la fijación de especies vegetales.

5.7.5 Las especies vegetales que se utilicen para cubrir el depósito deben ser originarias de la región, para garantizar la sucesión y permanencia con un mínimo de conservación.

5.7.6 Cuando sea necesario, los taludes de la cortina contenedora deben ser ajustados para dar una inclinación que garantice la estabilidad estática y dinámica de la misma.

5.8 Monitoreo

En el caso de que la presa de jales se encuentre dentro de una de las condiciones que establece la especificación 5.4.2, el generador debe entregar a la autoridad antes de iniciar la operación de la presa de jales, un programa de monitoreo que permita evaluar la eficacia de las acciones de protección aplicables. El programa debe contar con los siguientes elementos:

5.8.1 Monitoreo de aguas subterráneas

5.8.1.1 La construcción y operación de un mínimo de dos pozos de monitoreo, uno ubicado aguas arriba de la presa y otro aguas abajo. Este último debe colocarse a una distancia máxima de 1.5 veces del ancho de la cortina contenedora en dirección perpendicular al flujo subterráneo local, cuando la presa de jales esté colmada (véase Figura 3). En el caso de que la presa de jales tenga una geometría irregular, en la que la cortina contenedora sea muy angosta, se debe considerar la dimensión mayor de la presa.

5.8.1.2 Para el muestreo representativo y análisis del agua subterránea, se deben considerar los parámetros utilizados en la caracterización física y química del agua subterránea indicada en 5.3.4.2.2. b).

5.8.1.3 Los resultados del monitoreo en el pozo aguas arriba, se deberán comparar con los del pozo de monitoreo aguas abajo. Cuando los resultados de la calidad del agua monitoreada registren una elevación en el índice de contaminantes, con respecto a la calidad de agua nativa determinada en 5.3.4.2.2. b), se debe hacer del conocimiento de la autoridad competente y llevar a cabo las medidas de corrección y saneamiento pertinentes. En el caso de que la comparación indique que no hay alteración de la calidad del agua subterránea nativa, no se requerirá de pozos de monitoreo adicionales.

5.8.1.4 Se debe realizar un muestreo semestral durante la construcción y operación del depósito, y anual durante un periodo determinado por el resultado del monitoreo, a partir de la fecha del cierre definitivo de la presa de jales.

5.8.1.5 Cada pozo de monitoreo debe contar con un registro que indique el número o clave de identificación; la ubicación geográfica en coordenadas (x,y,z), ligadas a un mismo banco de referencia; el corte litológico de las formaciones atravesadas; las características constructivas; el diámetro, la profundidad total y el proyecto de terminación, así como los resultados de los análisis fisicoquímicos que se realicen en este punto.

5.8.1.6 Las distancias señaladas en 5.8.1.1 pueden modificarse en función de las condiciones topográficas, así como en la variación del gradiente hidráulico, la conductividad hidráulica y la profundidad del nivel freático, siempre y cuando no cambie el monitoreo periódico y confiable del acuífero.

5.8.2 Monitoreo de aguas superficiales.

5.8.2.1 El monitoreo de las aguas superficiales en los sitios aledaños a la presa de jales, se debe realizar de acuerdo a las consideraciones de los puntos 5.3.4.1 y 5.6.16.

5.8.2.2 Se deben especificar los puntos de muestreo aguas arriba y aguas abajo de los cuerpos de agua superficiales que puedan encontrarse en el sitio seleccionado. El sitio de muestreo aguas abajo debe estar ubicado antes de cualquier afluente.

5.8.2.3 Se debe indicar la técnica de muestreo y los parámetros a analizar, haciendo énfasis en aquellos que pudiesen variar a causa del depósito de jales, la periodicidad de muestreo y el número de muestras. Deben llevarse a cabo dos análisis de la calidad del agua superficial, el primero al finalizar la temporada de lluvias y el segundo durante el estiaje.

5.8.2.4 Se debe tomar como base la normatividad vigente sobre descargas de aguas residuales, con respecto a los parámetros, límites máximos permisibles, cuerpos receptores y usos indicados, y frecuencias de monitoreo. En su caso, se tomará como base la calidad del agua que sea monitoreada aguas arriba de la presa de jales.

5.8.2.5 Cuando los resultados de la calidad del agua monitoreada registren una elevación en el índice de contaminantes con respecto a la calidad de agua nativa determinada en 5.3.4.1. e), se debe hacer del conocimiento de la autoridad competente y llevar a cabo las medidas de corrección pertinentes.

5.8.3 Estabilidad de taludes. Cuando se deban instalar líneas de piezómetros para determinar el nivel de saturación acuosa de los jales y evitar un deslizamiento o agrietamiento -conforme a los incisos 5.3.6.1 y 5.3.6.2.-, el número de líneas de piezómetros será como mínimo de una y el proyecto del depósito deberá determinar la cantidad específica para asegurar el monitoreo correcto y oportuno.

5.8.4 Testigos de movimiento. Estos se deben instalar y registrar periódicamente las observaciones, con el fin de correlacionar si los movimientos detectados en la estructura se deben a sismos, a sobresaturación acuosa o asentamiento del terreno, ya que pueden provocar una falla de la estructura.

5.8.5 Dispersión de partículas. Periódicamente se deben realizar muestreos perimetrales de partículas, para garantizar que no se modifica la calidad del aire por este factor.

5.8.6 Sismología. Cuando la presa de jales se ubique en una región sísmica, de acuerdo a la Figura 1, se debe instalar un sismógrafo en la cortina contenedora.

6. Evaluación de la conformidad

6.1 Las muestras para determinación analítica deben ser tomadas directamente del área de almacenamiento o de las pruebas metalúrgicas de jales realizadas al inicio de la operación de la unidad minera, de conformidad con las especificaciones del Anexo Normativo 1 de la presente Norma Oficial Mexicana.

6.2 La Secretaría reconocerá las determinaciones analíticas de las pruebas "Método modificado de extracción por agitación de desechos sólidos con agua" y Balance Acido-Base Modificada ABA, correspondientes al muestreo y al análisis efectuado por un laboratorio acreditado y aprobado, conforme a las disposiciones legales aplicables.

7. Grado de concordancia con normas y lineamientos internacionales y con las normas mexicanas tomadas como base para su elaboración

Esta Norma Oficial Mexicana no concuerda con norma internacional alguna, ni norma mexicana por no existir al momento de su elaboración.

8. Bibliografía

8.1 Ley Federal sobre Metrología y Normalización, publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 1 de julio de 1992 y reformada por Decretos publicados en el mismo órgano el 24 de diciembre de 1996 y el 20 de mayo de 1997.

8.2 Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, publicado en el **Diario Oficial de la Federación** el 14 de enero de 1999.

8.3 Acuerdo por el que se dan a conocer los trámites inscritos en el Registro Federal de Trámites Empresariales que aplica la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca y sus órganos administrativos desconcentrados, y se establecen diversas medidas de mejora regulatoria, publicado en el **Diario Oficial de la Federación** el 21 de febrero de 2000.

8.4 Comisión Federal de Electricidad, 1983. Manual de Diseño de Obras Civiles (Tomo II Sección E, Hidráulica).

8.5 Servicio Sismológico Nacional, UNAM, 2003. Regiones Sísmicas en México.

8.6 Rico y Del Castillo, La Ingeniería de Suelos. Vol. I, 2000. Ed. Limusa.

8.7 Cámara Minera de México (Consultor: Raúl Vicente Orozco y Cía., S.A. de C.V.), septiembre 1991. Criterios Básicos para el Proyecto, la Construcción y la Operación de Presas de Jales.

8.8 Asociación de Ingenieros de Minas, Metalurgistas y Geólogos de México, A.C., 1993. Manual de Presas y Depósitos de Jales, traducción del inglés al español del Boletín 45 del Comité Internacional de Grandes Presas (ICOLD), por encargo del Instituto Americano de Ingenieros Mineros, Metalúrgicos y Petroleros (AIME), Sección México. Traductor: Raúl Vicente Orozco Santoyo.

8.9 Instituto de Geografía, Atlas Nacional de México, 2000.

8.10 Comisión Nacional del Agua, agosto de 2002. Manual de Presas de Jales (traducción del ICOLD).

8.11 Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, A.C. 2001. Almacenamiento de Residuos Mineros en México.

8.12 Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, A.C. 1999. Geotecnia y Manejo de Residuos Mineros.

8.13 The World Bank. 2002 Groundwater Quality Protection. A guide for water utilities, municipal authorities and environment agencies (Banco Mundial. 2002. Protección de la calidad del agua subterránea. Una guía para empresas públicas de servicios de agua, autoridades municipales y agencias ambientales).

9. Observancia de esta norma

La vigilancia del cumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana corresponde a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, por conducto de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, cuyo personal realizará los trabajos de inspección y vigilancia que sean necesarios, así como a la Comisión Nacional del Agua en el ámbito de su competencia. Las violaciones a la misma se sancionarán en los términos de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, su Reglamento en Materia de Residuos Peligrosos, Ley de Aguas Nacionales y demás ordenamientos jurídicos aplicables.

TRANSITORIOS

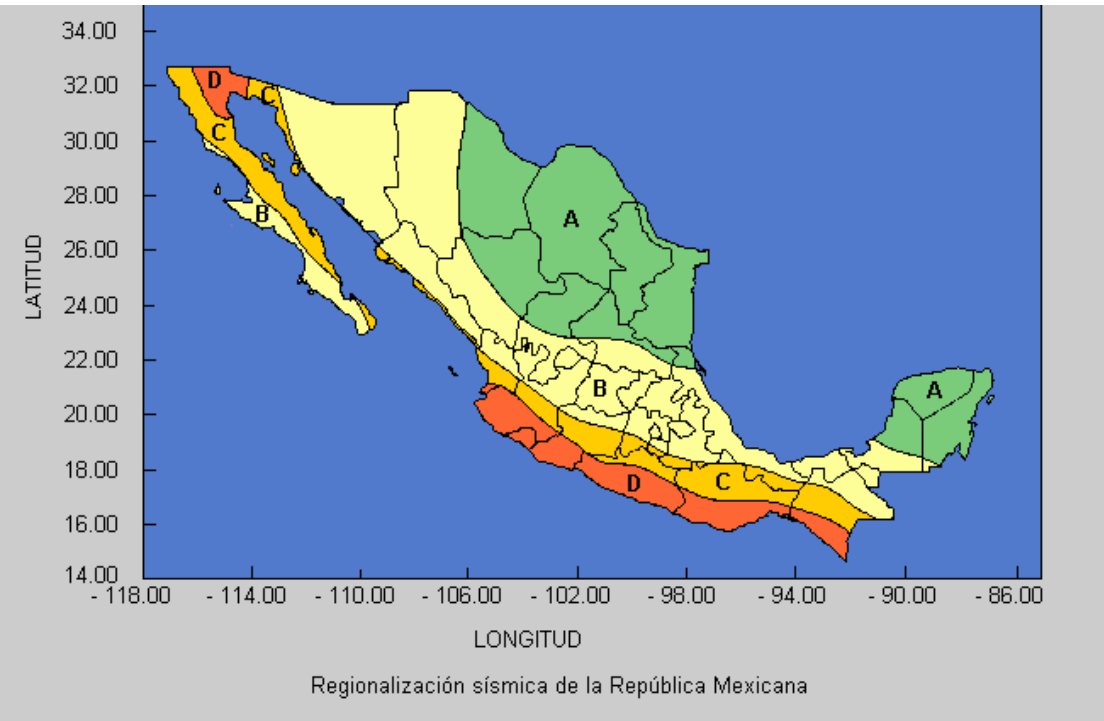
PRIMERO.- La presente Norma Oficial Mexicana entrará en vigor a los sesenta días naturales siguientes de su publicación en el **Diario Oficial de la Federación**.

SEGUNDO.- Las presas de jales en operación deben cumplir con la fase de postoperación establecida en esta NOM, una vez que se llegue a dicha fase**.**

TERCERO.- Con fecha 20 de septiembre de 1994, se publicó en el **Diario Oficial de la Federación** para consulta pública el proyecto PROY-NOM-090-ECOL-1994, Que establece los requisitos para el proyecto, construcción y operación de presas de jales, mismo que no siguió su trámite en términos de la legislación aplicable, por lo cual procede su cancelación.

Ciudad de México, Distrito Federal, a los ocho días del mes de agosto de dos mil tres.- El Subsecretario de Fomento y Normatividad Ambiental y Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Medio Ambiente y Recursos Naturales, **Cassio Luiselli Fernández**.- Rúbrica.

Figura 1. Regiones sísmicas en la República Mexicana



Fuente: Servicio Sismológico de la UNAM

A) Región asísmica
B) Región penesísmica
C) y D) Región sísmica

Figura 2. Carta hidrológica de la República Mexicana

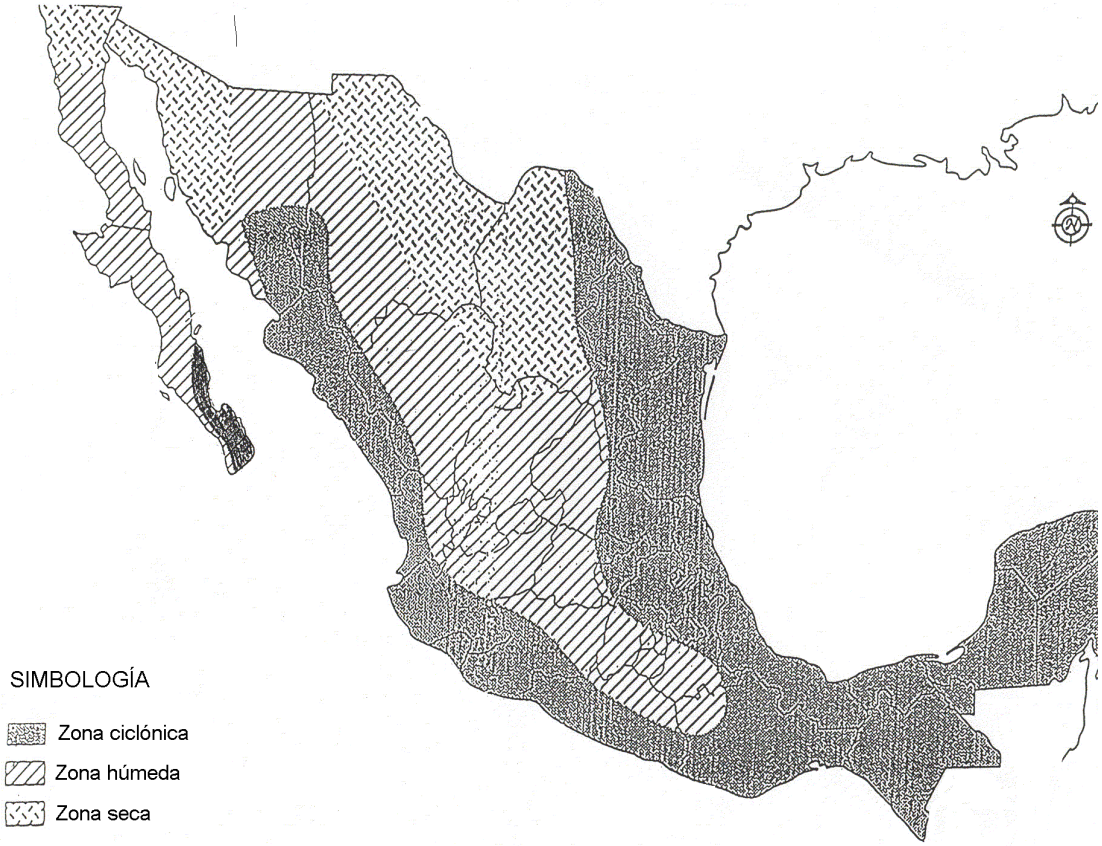
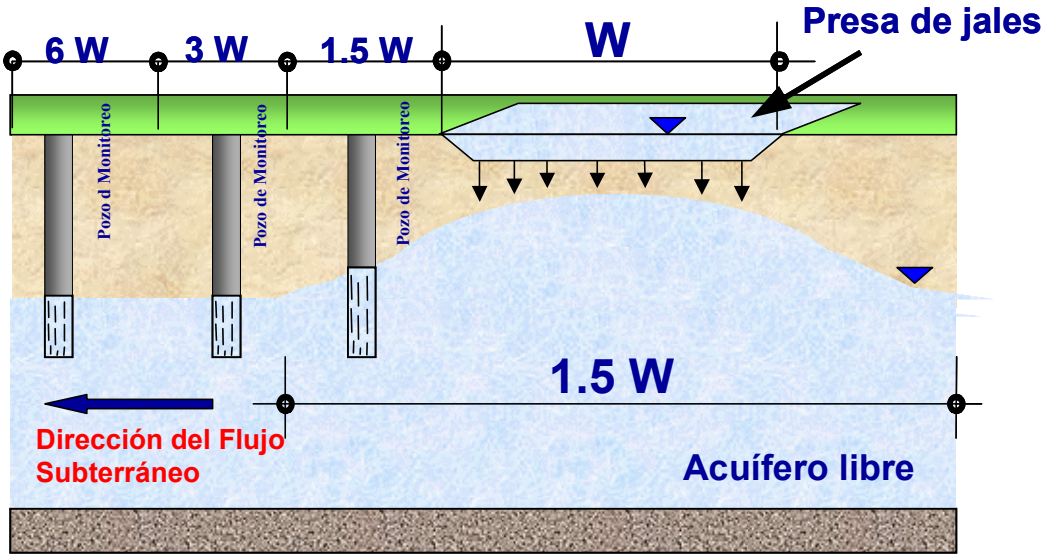


Figura 3

Monitoreo del agua subterránea



Anexo Normativo 1: Procedimiento para definir la peligrosidad de los residuos mineros

1. Objetivo

Este procedimiento establece las especificaciones para desarrollar la evaluación de la peligrosidad de los residuos procedentes de las operaciones de beneficio de minerales metálicos y no metálicos.

2. Campo de aplicación

Este procedimiento es de observancia para aquellas personas físicas y morales que deban establecer la peligrosidad de los jales mineros, derivados de las operaciones de beneficio de la industria minera.

3. Referencias

ABA Modificado	Procedimiento para el potencial de neutralización Balance Acido-Base Modificado[2]
Modified ASTM D3987-85	Método modificado de extracción por agitación de desechos sólidos con agua[3]
EPA 6010B	Espectroscopia de emisión atómica inductivamente acoplada a plasma[4]
EPA 700A	Métodos de absorción atómica[5]
NOM-052-SEMARNAT-2001	Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y el listado de los residuos peligrosos

4. Evaluación de la Peligrosidad de los Residuos Mineros

Este procedimiento consta de dos métodos; el primero determina la extracción del constituyente tóxico como se describe en ASTM D3987-85 Modificado y determina la peligrosidad en función de la movilidad de los constituyentes tóxicos; el segundo consiste en evaluar la peligrosidad en función del potencial de generación de drenaje ácido de acuerdo con la metodología ABA Modificado.

[2] Nombre en inglés: Modified Acid Base Accounting Procedure for Neutralization Potential (Lawrence, 1990).
[3] Nombre en inglés: Modified Shake Extraction of Solid Waste with Water.
[4] Nombre en inglés: Inductively coupled plasma-atomic emission spectometry.
[5] Nombre en ingles: Atomic absorption methods.

5. Muestreo

Para el desarrollo de la evaluación de la peligrosidad de los jales, se deben considerar los siguientes aspectos:

- Definición de la geología y mineralización.
- Definición del proceso de beneficio.
- Manejo del jal en la presa.

Las muestras aplicables para la evaluación pueden originarse de:

- Pruebas piloto en proyectos nuevos o de incorporación de nuevas reservas, o
- Muestras provenientes de la operación diaria de una planta de beneficio.

5.1. Muestras provenientes de la evaluación del proceso en pruebas piloto en proyectos nuevos

En proyectos de desarrollo minero y para la evaluación de la peligrosidad de un jal, se debe considerar la información obtenida de la prueba piloto, durante su ejecución con el objeto de corroborar la viabilidad del proyecto minero desde el punto de vista ambiental de acuerdo a la Figura 1.

5.2 Muestras provenientes de la operación diaria de una planta de beneficio

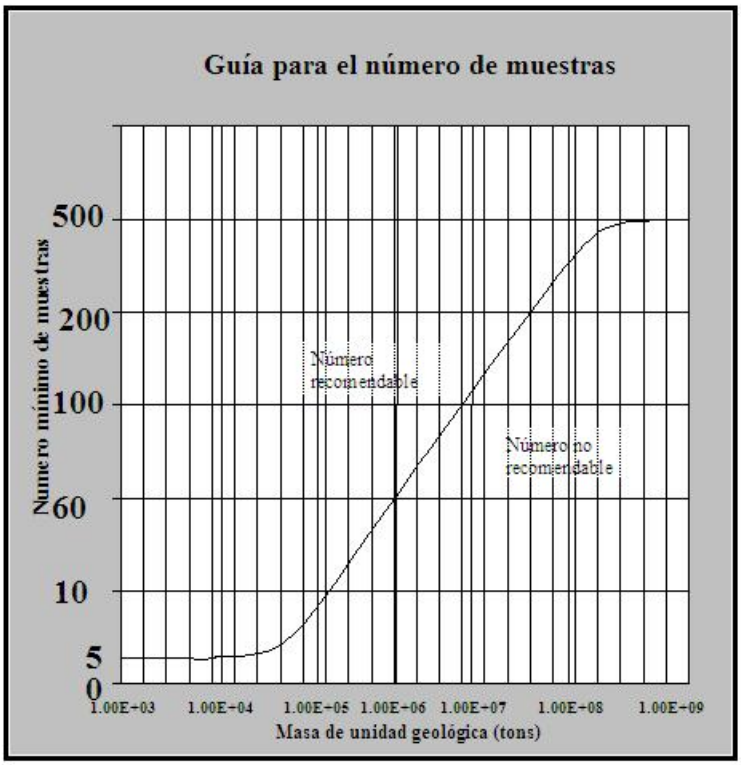
Para el proyecto de nuevas presas de jales, la información requerida será obtenida del muestreo continuo de la descarga de la planta de beneficio en la cantidad necesaria para formar un compósito que permita la evaluación de la peligrosidad a partir de cada unidad geológica procesada de acuerdo a la Figura 1.

5.3 Especificaciones de las muestras

El muestreo representativo que permita evaluar la peligrosidad de los jales depende de la masa de la unidad geológica (entendida ésta como aquella masa de origen mineral que tiene el mismo origen y una composición mineralógica uniforme), así como de la variabilidad de las características de los jales. Para seleccionar el número de muestras individuales se debe utilizar la Figura 1, a través de la estimación de cada unidad geológica expresada en toneladas.

El número de muestras individuales determinado debe formar el compósito.

Figura 1: Guía para el número de muestras



Fuente: Bruce Downing, M. Sc., P. Geo. “ARD Sampling and Sample Preparation”.

6. Método de extracción

6.1 Esta prueba de extracción tiene el propósito de caracterizar la peligrosidad de los jales por su toxicidad. La técnica propuesta es la referida en ASTM D3987-85 Modificado, procedimiento que utiliza como extractante agua en equilibrio con CO_2 (ácido carbónico, pH=5.5) preparada al momento de su uso.

En el extracto obtenido se cuantificarán los metales y metaloides regulados en la NOM-052-SEMARNAT-1993 mediante el método U.S. EPA 6010B y EPA 700 A.

6.2 Evaluación del Potencial de Generación de Acido Prueba Estática

Esta prueba tiene el propósito de caracterizar la peligrosidad de los jales por su reactividad. Consiste en definir el balance entre los minerales potencialmente generadores de ácido y aquellos potencialmente consumidores, para determinar la capacidad neutralizante neta de los constituyentes del jal, bajo la base del método ABA Modificado.

Al realizar la determinación, el generador debe registrar el valor del potencial de neutralización (PN) y determinar el potencial de acidez (PA) de la muestra, calculando el potencial de neutralización neto (PNN) como sigue:

PNN = PN/PA

Anexo Normativo 2: Método para evaluar la vulnerabilidad de un acuífero a la contaminación

1. Para la determinación del índice de vulnerabilidad del acuífero se utilizará la siguiente expresión:

$$V_{Aq} = (G)\ (O)\ (D)$$

Donde:

V_{Aq} = Indice de vulnerabilidad del acuífero

G = Confinamiento hidráulico del agua subterránea

O = Granulometría y litología sobreyacente

D = Profundidad del agua subterránea

a) Confinamiento hidráulico del agua subterránea (G). El valor del componente referido a la condición de confinamiento hidráulico del agua subterránea en el sitio, se obtiene de la siguiente tabla:

Tabla 1. Confinamiento hidráulico del agua subterránea

Ocurrencia del agua subterránea	Indice
Ausente	0.0
Surgente o artesiana	0.0
Confinada	0.2
Semi-confinada	0.4
Libre o freática	0.6
Subálvea o freática aflorante	1.0

Cuando exista duda acerca de la continuidad y las propiedades de la presumible capa confinante, se considerará la ocurrencia del agua como libre o freática.

Cuando la disponibilidad media anual del agua subterránea publicada en el **Diario Oficial de la Federación** indique que la unidad hidrogeológica se encuentra sobreexplotada, se considerará su confinamiento próximo menor al real (Ejemplo: Un acuífero artesiano se considerará confinado cuando se encuentre sobreexplotado).

b) Granulometría y litología sobreyacente (O). Para su determinación se usará la litología de mayor capacidad atenuante o predominante de los estratos sobreyacentes a la zona saturada. Los valores para cada tipo de litología se presentan en seguida:

Tabla 2. Granulometría y litología sobreyacente

Estratos sobreyacentes			**Indice**
No consolidadas	Consolidadas		
(sedimentos)	(rocas porosas)	(rocas densas)	
Arcillas lacustres/estuarinas, suelos residuales			0.4
Limos aluviales, loess, till glacial	Lutitas, pizarras		0.5
Arena eólica	Limolitas, toba volcánica	Formaciones ígneas/metamórficas y volcánicas antiguas	0.6
Arenas aluviales y fluvioglaciales	Areniscas	---	0.7
Gravas aluviales y eluviales	---	Lavas recientes	0.8
---	Caliche, calcarenitas	---	0.9
---	---	Calcretitas y calizas karstificadas	1.0

c) Profundidad del agua subterránea (D). Se utilizará el acuífero menos profundo en la evaluación de la vulnerabilidad, excepto cuando existan pequeños acuíferos colgados. Los valores en función de la profundidad son los siguientes:

Tabla 3. Profundidad del agua subterránea

Profundidad	**Indice**
Mayor a 50 m	0.60
Entre 20 y 50 m	0.70
Entre 5 y menos de 20 m	0.80
Menor a 5 m	0.90

Sólo en los casos en que la capa sobreyacente al acuífero esté constituida por caliche, calcarenitas, lavas recientes, calcretitas o por calizas karstificadas, el índice de profundidad del agua subterránea deberá considerarse como 1.0.

En casos en que no se cuente con datos directos para estimar la profundidad del agua subterránea, podrán elaborarse los estudios directos y específicos necesarios.

2. Valoración del índice de vulnerabilidad del acuífero. Se considerará un acuífero vulnerable cuando el valor de dicho índice sea mayor a 0.25.

Anexo Normativo 3: Clasificación de presas de jales en la República Mexicana

Grupo	Sub-grupo	Categoría	TOPOGRAFÍA TERRENO			HIDROLOGÍA ZONA			SISMICIDAD REGIÓN			MÉTODO CONSTRUCTIVO									ANÁLISIS ESTABILIDAD					MONITOREO				SISTEMA DECANTADOR DRENANTE			
			M	L	P	C	H	S	S	P	A	C_s	$\uparrow A_c$	$\uparrow A_e$	$\downarrow A_E$	$\downarrow A_{ch}$	$\downarrow A_C$	$\updownarrow A^c_F$	$\updownarrow A^e_F$	S_g	E_c	E_f	P_e	S_f	S_n	P	I	R	S	S_p	C_c	B_b	S
I	1	1	x			x			x			2	-	-	1	1	1	3	4	1	4	1	4	1	2	1	2	1	1	1	2	-	-
		2	x			x				x		2	4	3	1	1	1	2	3	1	3	1	3	1	2	1	3	1	2	1	2	3	-
		3	x			x					x	2	4	3	1	1	1	1	2	1	2	1	-	-	-	2	-	1	-	1	2	3	4
	2	4	x				x		x			2	4	3	1	1	1	2	3	1	4	1	4	1	2	1	2	1	1	1	2	3	-
		5	x				x			x		2	4	3	1	1	1	1	2	1	3	1	3	1	2	1	3	1	2	1	2	3	4
		6	x				x				x	2	3	2	1	1	1	1	1	1	2	1	-	-	-	2	-	1	-	1	2	2	3
	3	7	x					x	x			2	4	3	1	1	1	1	2	1	3	1	3	1	2	1	2	1	1	1	2	3	4
		8	x					x		x		2	3	2	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	2	1	3	1	2	1	2	3	4
		9	x					x			x	2	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	-	-	-	2	-	1	-	3	2	1	2
II	4	10		x		x			x			2	4	3	1	1	1	2	3	1	2	1	2	1	2	1	2	1	1	1	2	-	-
		11		x		x				x		2	4	3	1	1	1	1	2	1	2	1	2	1	2	1	3	1	2	1	2	3	-
		12		x		x					x	2	3	2	1	1	1	1	1	1	2	1	-	-	-	2	-	1	-	1	2	3	4
	5	13		x			x		x			2	4	3	1	1	1	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	1	1	2	3	-
		14		x			x			x		2	3	2	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	2	1	3	1	2	1	2	3	4
		15		x			x				x	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	-	-	-	2	-	1	-	1	2	2	3
	6	16		x				x	x			2	3	2	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	2	1	2	1	1	1	2	3	4
		17		x				x		x		2	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	3	1	2	1	2	3	4
		18		x				x			x	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	-	-	-	2	-	1	-	3	2	1	2
III	7	19			x	x			x			1	3	2	1	1	1	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	1	1	2	-	-
		20			x	x				x		1	3	2	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	2	1	3	1	2	1	2	4	-
		21			x	x					x	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	-	-	-	2	-	1	-	1	2	3	4
	8	22			x		x		x			1	3	2	1	1	1	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	1	1	2	4	-
		23			x		x			x		1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	2	1	3	1	2	1	2	3	4
		24			x		x				x	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	-	-	-	2	-	1	-	1	2	2	3
	9	25			x			x	x			1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	2	1	2	1	1	1	2	3	4
		26			x			x		x		1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	2	1	3	1	2	1	2	3	4
		27			x			x			x	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	-	-	-	2	-	1	-	3	2	1	2
			Montañoso	Lomerío	Plano	Ciclónica	Huneda (lluviosa)	Seca	Sísmica	Penesísmica	Asísmica	Concentración de sólidos	Aguas arriba: Arena "ciclonada"	Aguas arriba: Espigas	Aguas abajo: Enrocamiento	Aguas abajo: Homogénea con filtro	Aguas abajo: Arena "ciclonada" y compactada	Aguas abajo y Aguas arriba: Enrocamiento y arena "ciclonada"	Aguas abajo y Aguas arriba: Enrocamiento y espigas	Presa convencional sección graduada	Estático: Convencional	Estático: Elemento finito	Pseudoestático	Sísmico: Elemento finito	Sísmico: Red neuronal	Piezómetros	Inclinómetros	Referencias superficiales	Sismógrafos	Alcantarilla: Sección Portal	Alcantarilla: Conducto circular o cuadrado	Bombeo en balsa	Sifones
												I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX													

Nota: El # 1 corresponde a la opción más recomendable, según sea el caso.

RVOS
Oct 3, 02

Anexo Normativo 3: Clasificación de presas de jales en la República Mexicana

Guía para el manejo del Anexo Normativo 3

En esta tabla se especifican:

1. Condiciones físicas de ubicación:

Topografía, que es es el conjunto de particularidades que tiene un terreno en su relieve

Topografía	Terreno Montañoso	TABLA 2
Topografía	Terreno de Lomerío	TABLA 2
Topografía	Terreno Plano	TABLA 2

Hidrología, que es la ciencia que estudia las aguas y en este caso se refiere a las condiciones atmosféricas,

Hidrología	Zona Ciclónica	FIGURA 2
Hidrología	Zona Húmeda (lluviosa)	FIGURA 2
Hidrología	Zona Seca	FIGURA 2

Sismicidad, el tipo de región con sus caracteristicas de propensión a los terremotos.

Sismicidad	Región Sísmica	FIGURA 1
Sismicidad	Región Penesísmica	FIGURA 1
Sismicidad	Región Asísmica	FIGURA 1

2. **Método constructivo**: Se define el método de acuerdo a las condiciones físicas antes mencionadas y se describen en cada una de las láminas que acompañan a la Tabla.

Jal espesado	Concentración de sólidos	TABLA 3 LÁMINA	I
Aguas arriba	Arena "cicloneada"	TABLA 3 LÁMINA	II
Aguas arriba	Espigas	TABLA 3 LÁMINA	III
Aguas abajo	Enrocamiento	TABLA 3 LÁMINA	IV
Aguas abajo	Homogénea con filtro	TABLA 3 LÁMINA	V
Aguas abajo	Arena "cicloneada" y compactada	TABLA 3 LÁMINA	VI
Aguas abajo y Aguas arriba	Enrocamiento y arena "cicloneada"	TABLA 3 LÁMINA	VII
	Enrocamiento y espigas	TABLA 3 LÁMINA	VIII
	Presa convencional sección graduada	TABLA 3 LÁMINA	IX

3. **Análisis de estabilidad de la presa (Cortina contenedora)**

Estático	Convencional
Estático	Elemento finito
	Pseudoestático
Sísmico	Elemento finito
Sísmico	Red neuronal

4. **Monitoreo, con los instrumentos necesarios para observar el comportamiento de la presa**

Piezómetros	Instrumento que sirve para medir el grado de compresibilidad de los líquidos
Inclinómetros	Instrumento que sirve para medir el grado de inclinación.
Referencias superficiales	
Sismógrafos	Instrumento que señala durante un sismo la dirección y amplitud de las oscilaciones y sacudimientos de la tierra

5. **Sistema decantador drenante**

Alcantarilla	Sección portal
Alcantarilla	Conducto circular o cuadrado
	Bombeo en balsa
	Sifones

Ejemplos:

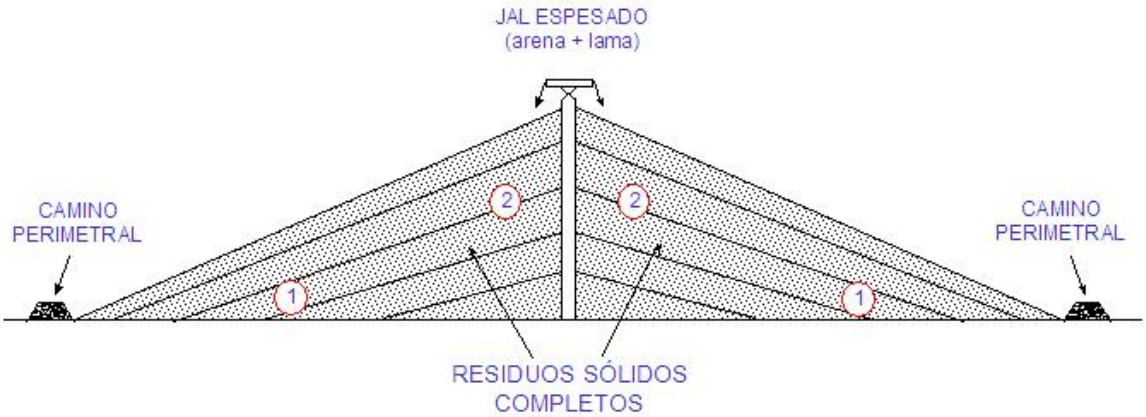
1) Se pretende construir una presa de jales en un **terreno montañoso, en zona ciclónica y en una región sísmica (Categoría 1).** Si nos vamos al Anexo, los métodos constructivos aguas abajo permitidos (1a. opción) son: Enrocamiento (lámina 4), Homogénea con filtro (lámina 5) y Arena cicloneada y compactada(lámina 6) y presa convencional sección graduada (todos los casos); los análisis de estabilidad permitidos son: Estático ó sísmico con elemento finito.
La instrumentación con: colocación de piezómetros, de sismógrafos y referencias superficiales.
El sistema decantador drenante debe ser alcantarilla con sección portal.

2) **Terreno lomerío, zona húmeda y región penesísmica (Categoría 16)**
Los métodos constructivos aguas abajo permitidos (1a opción) son: Enrocamiento (lámina 4), Homogénea con filtro (lámina 5) y Arena cicloneada y compactada(lámina 6) y aguas arriba y enrocamiento y arena cicloneada (lámina 7) y enrocamiento y espigas (lámina 8).
Los análisis de estabilidad permitidos son: Estático ó sísmico con elemento finito.
La instrumentación con: colocación de piezómetros y referencias superficiales.
El sistema decantador drenante debe ser alcantarilla con sección portal.

3) **Terreno plano en zona seca y región asísmica (Categoría 27)**
Se permiten todos los métodos constructivos (láminas 1 a 9).
El análisis de estabilidad es estático convencional o con elemento finito.
La instrumentación es sólo con referencias superficiales y el sistema decantador drenante bombeo en balsa es la mejor opción.
En los 3 ejemplos el método de "concentración de sólidos" es permitido (lámina 1).

Anexo No Normativo: Métodos Constructivos

Lámina 1. Método Constructivo : Concentración de Sólidos (TTD)*



LEY: $k_1 < k_2$

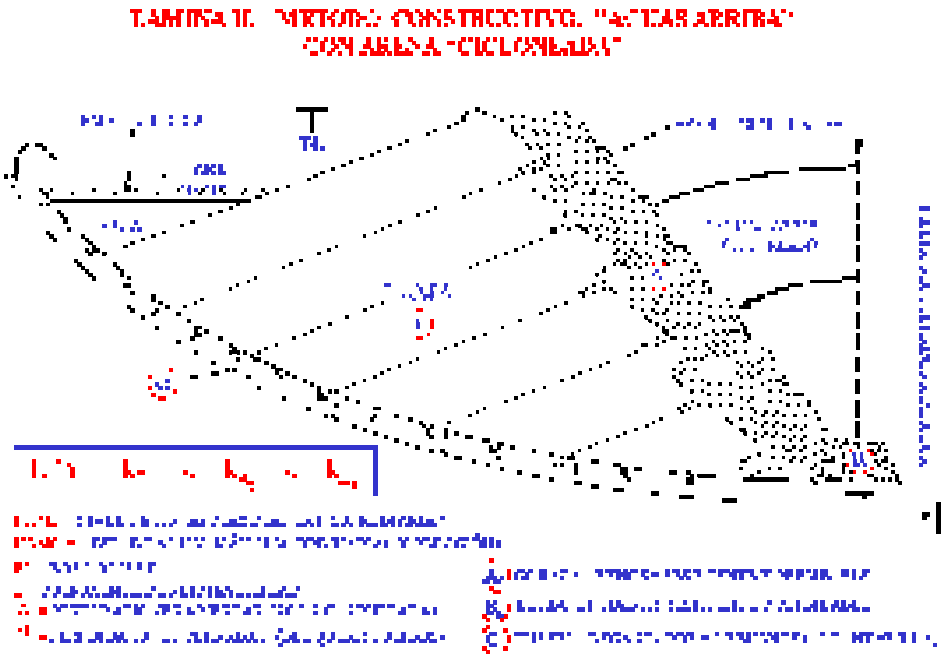
k = COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD

1 = MÁS FINO

2 = MÁS GRUESO

* Thickened Tailings Disposal

NOTA: También pueden transportarse estratégicamente los jales espesados por las laderas naturales



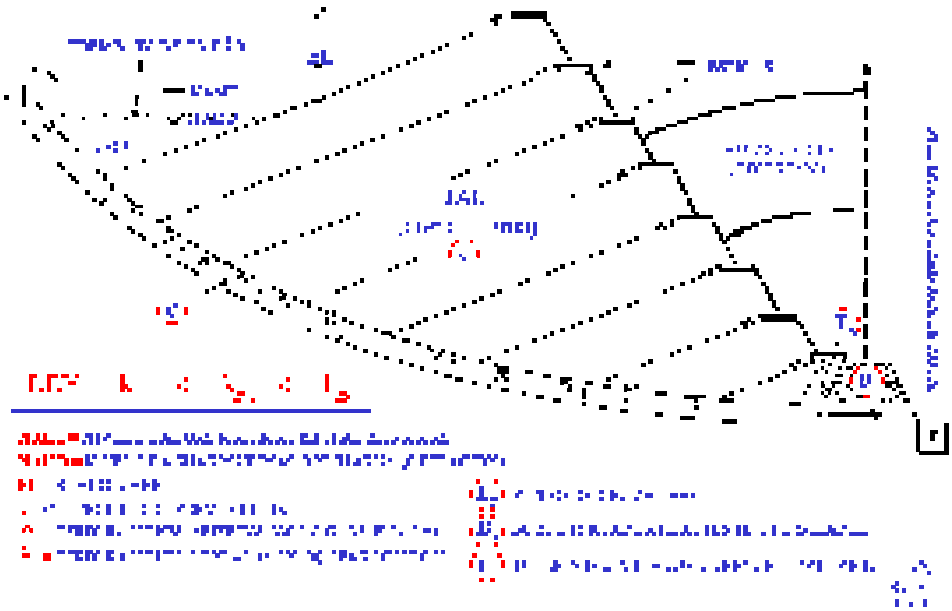


LÁMINA IV. MÉTODO CONSTRUCTIVO: "AGUAS ABAJO" CON ENROCAMIENTO

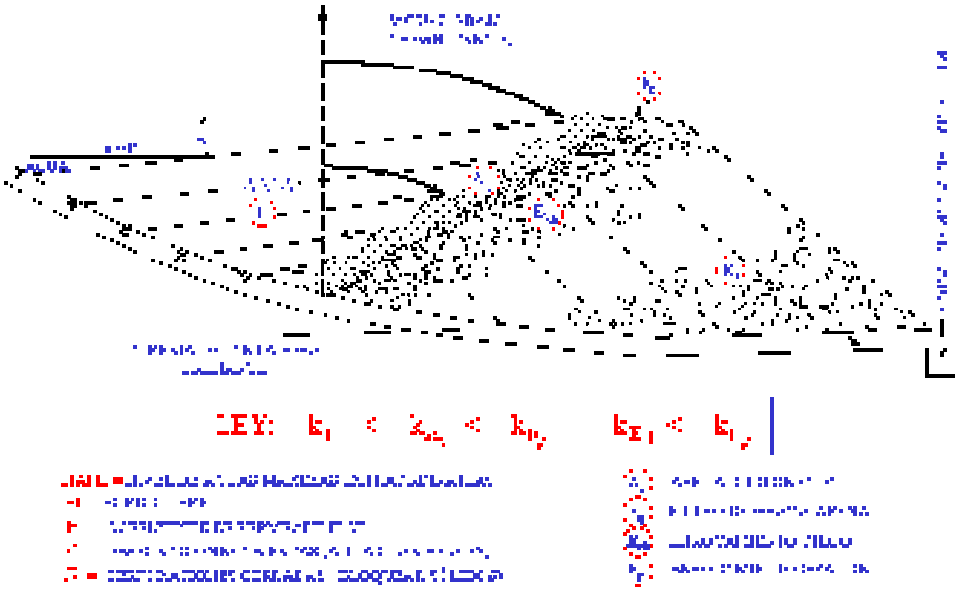
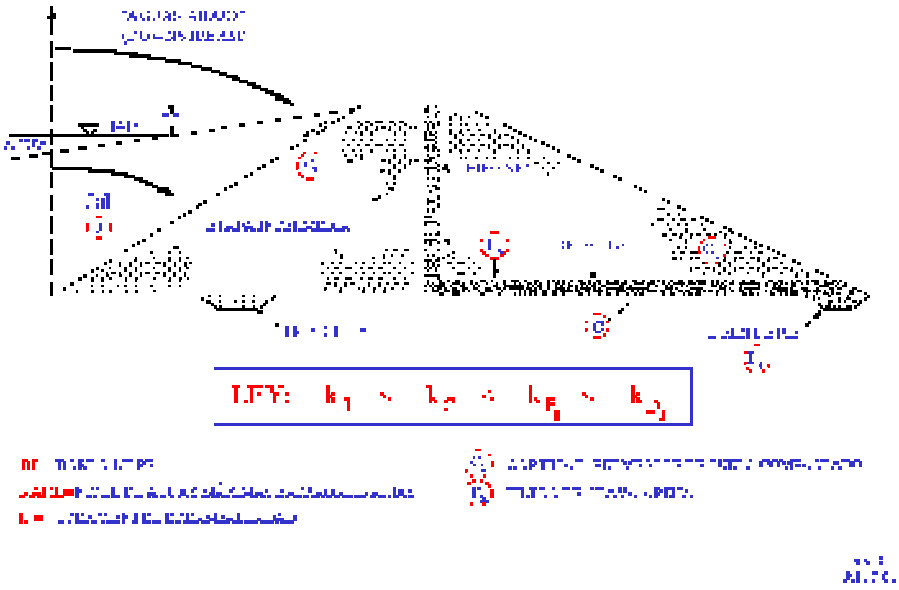
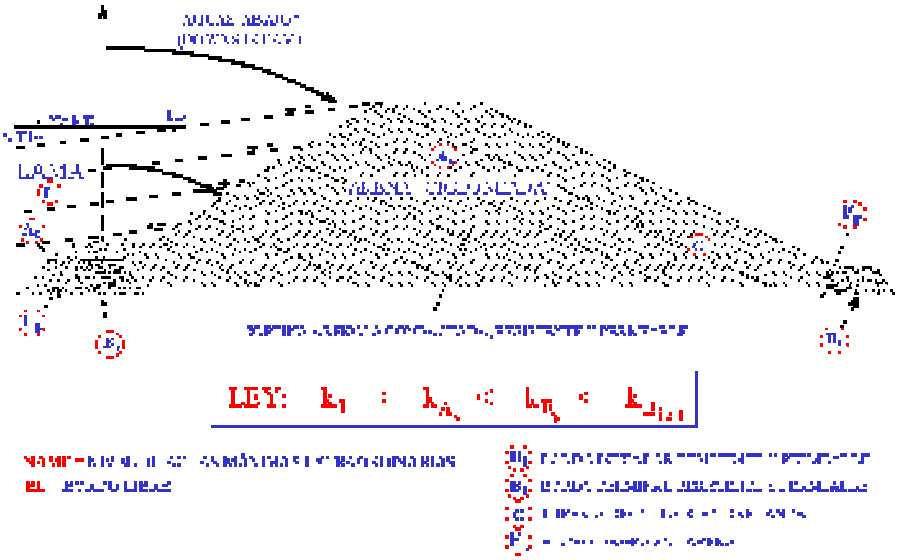


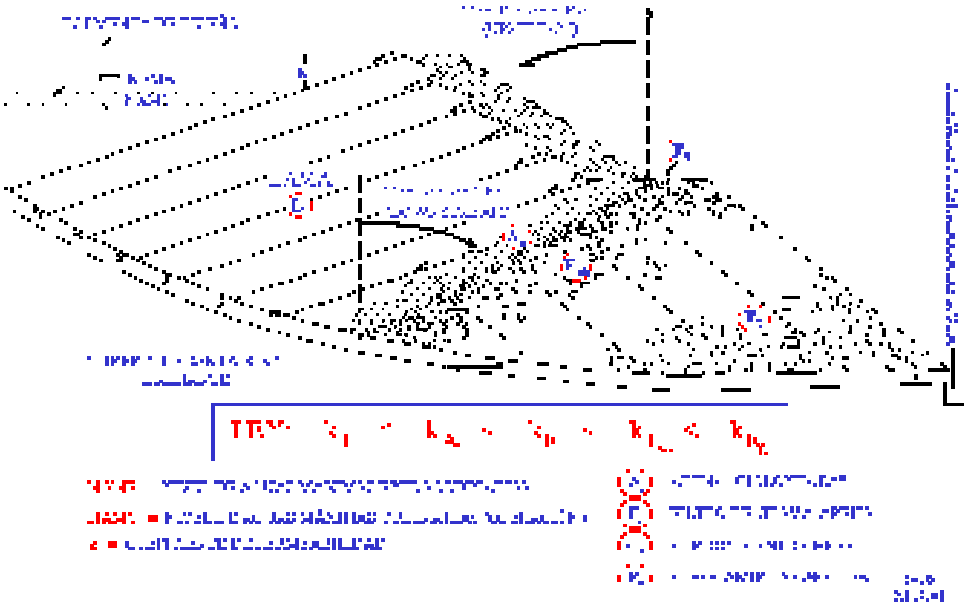
LÁMINA V. MÉTODO CONSTRUCTIVO: "AGUAS ABAJO" CON CHIMENEA Y DELANTAL



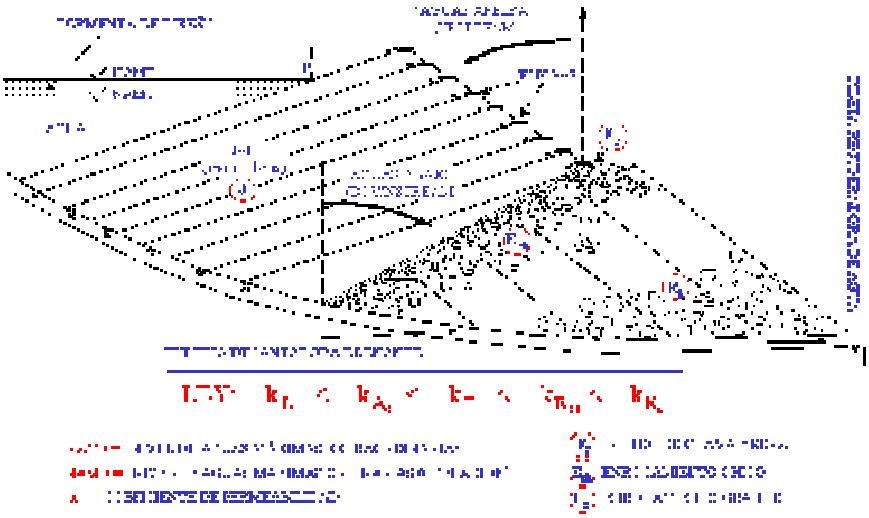
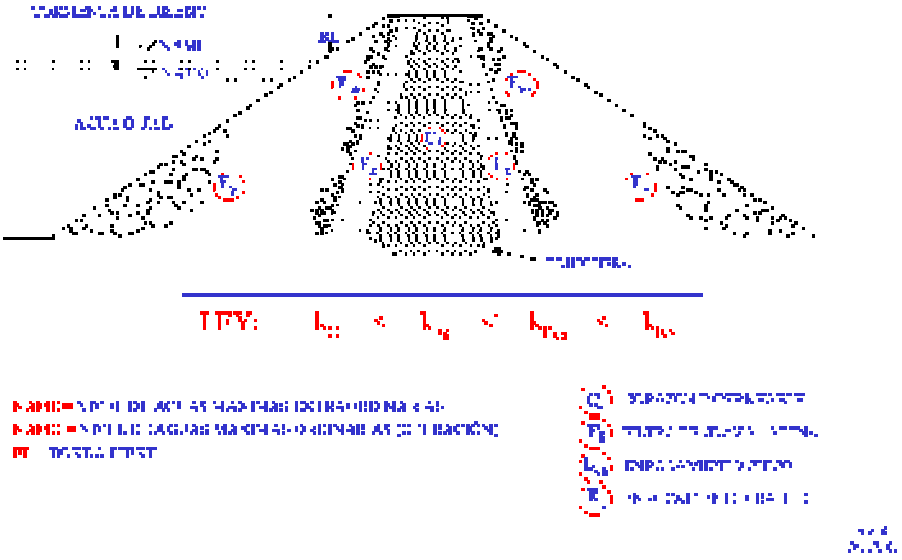
LAMINA VI. MÉTODO CONSTRUCTIVO: "AGUAS ABAJO" CON ARENA "CICLONEADA" Y COMPACTADA



LAMINA VII. MÉTODO CONSTRUCTIVO: "AGUAS ABAJO" Y "AGUAS ARRIBA", CON ENROCAMIENTO Y ARENA "CICLONEADA"



LAMINA VIII. METODO CONSTRUCTIVO: "AGUAS ABAJO" Y "AGUAS ARRIBA", CON ENROCAMIENTO Y ESPIGAS



LAMINA IX. PRESA CONVENCIONAL "SECCIÓN GRADUADA"