

**PROYECTO NOM-090-ECOL-1994**

**PROYECTO DE NORMA OFICIAL MEXICANA, QUE ESTABLECE LOS REQUISITOS PARA EL PROYECTO, CONSTRUCCION Y OPERACION DE PRESAS DE JALES**

**1.- OBJETO**

Esta norma oficial mexicana establece los requisitos para el proyecto, construcción y operación de presas de jales.

**2.- CAMPO DE APLICACION**

La presente norma oficial mexicana es de observancia obligatoria para el generador de jales provenientes del beneficio de minerales metálicos y no metálicos, exceptuando a los minerales radiactivos.

**3.- REFERENCIAS**

NOM-CRP-001-ECOL 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.

NOM-CRP-002-ECOL Que 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.

**4.- DEFINICIONES**

4.1 Bordo libre

La altura medida del nivel de agua a la corona de un dique. El bordo libre mínimo debe ser medido del nivel máximo de agua proyectado en la corona del dique.

4.2 Cortina contenedora

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

4.3 Discordancia

Interrupción en el orden lógico de un depósito, representada por una superficie de erosión sepultada, que separa dos estratos o formaciones, la más antigua de las cuales estuvo expuesta a la erosión por un largo intervalo de tiempo antes del depósito de la más joven.

4.4 Discordancia angular

Superficie de separación formada durante el proceso de acomodo, cuando las rocas más antiguas se deforman perdiendo la horizontalidad al momento del siguiente depósito.

4.5 Falla geológica

Ruptura de una roca por presiones o distorsiones laterales, existiendo movimientos entre los bloques.

4.6 Jales

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

4.7 Licuación de la base de cimentación

Pérdida total de la resistencia al corte o consecuencia del dislocamiento brusco de la estructura granular suelta, bajo la acción de los esfuerzos dinámicos cortantes impuestos cuando el material está saturado.

4.8 Lixiviado

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

4.9 Nivel de aguas máximas ordinarias (NAMO)

Nivel de agua en el vaso de almacenamiento de la presa de jales, resultante de la operación de la planta a su capacidad de diseño.

4.10 Nivel de aguas máximas extraordinarias (NAME)

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.

4.11 Obras de desvío

Estructuras que sirven para conducir las aguas pluviales hacía otra subcuenta de drenaje, con el objeto de evitar que entren al vaso de almacenamiento de la presa de jales.

#### 4.12 Plegamiento

Deformación y combamiento de los estratos sin llegar a romperse como consecuencia de las fuerzas tectónicas.

#### 4.13 Presa de jales

Obra de ingeniería para el almacenamiento o disposición final de los jales, cuyo proyecto, construcción y operación se traslapan.

#### 4.14 Región sísmica

Aquella en que se presentan sismos frecuentes (aproximadamente el 90% del total registrado), según se define en la Carta Sísmica de la República Mexicana (Anexo 1 de esta norma oficial mexicana).

#### 4.15 Región penesísmica

Aquella en que se presentan sismos poco frecuentes (aproximadamente el 10% del total registrado), según se define en la Carta Sísmica de la República Mexicana (Anexo 1 de esta norma oficial mexicana).

#### 4.16 Región asísmica

Aquella en que los sismos son raros o desconocidos, según se define en la Carta Sísmica de la República Mexicana (Anexo 1 de esta norma oficial mexicana).

#### 4.17 Terreno lomerío

Aquel cuyo relieve presenta taludes comprendidos entre 3:1 (horizontal : vertical) y 10:1 (horizontal : vertical), según se ilustra en el Anexo 2 de esta norma oficial mexicana.

#### 4.18 Terreno montañoso

Aquel cuyo relieve presenta taludes mayores de 3:1 (horizontal : vertical), según se ilustra en el Anexo 2 de esta norma oficial mexicana.

#### 4.19 Terreno plano

Aquel cuyo relieve presenta taludes menores de 10:1 (horizontal : vertical), según se ilustra en el Anexo 2 de esta norma oficial mexicana.

#### 4.20 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.

#### 4.21 Tubería decantadora 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. También puede funcionar como vertedor de excedencias para desalojar el agua de la tormenta máxima probable.

#### 4.22 Tubificación

Movimiento de partículas de suelo como resultado de fuerzas no equilibradas de infiltración, producida por la infiltración de agua que da por resultado canales de erosión.

#### 4.23 Vaso de almacenamiento

Espacio disponible para almacenar los jales, el agua que se utiliza para el transporte de los mismos y el agua procedente de los eventos de precipitación pluvial.

#### 4.24 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.

#### 4.25 Región ciclónica

Aquella que pertenece a una cuenca hidrológica afectada directamente por los ciclones, según se ilustra en el Anexo 3 de esta norma oficial mexicana.

#### 4.26 Región húmeda

Aquella con precipitaciones pluviales producidas por lluvias orográficas y/o convectivas, según se ilustra en el Anexo 3 de esta norma oficial mexicana.

#### 4.27 Región seca

Aquella con precipitaciones pluviales escasas o nulas, según se ilustra en el Anexo 3 de esta norma oficial mexicana.

### 5.- ESPECIFICACIONES

5.1 Una vez definido el sitio de ubicación de la presa de jales, de acuerdo a la norma correspondiente y con base en los estudios hidrológico, geohidrológico y geotécnico, se deberá realizar el proyecto y la construcción de la obra, tomando en cuenta lo siguiente:

5.1.1 Cimentación. Con relación a las rocas y los suelos que se encuentran bajo la zona donde se desplantará la cortina contenedora, deberá disponerse de la información siguiente:

5.1.1.1 Estructura geológica general (en orden de ocurrencia se identificarán discordancias, incluyendo las angulares, plegamientos y fallas); estructuras geológicas a detalle: propiedades mecánicas de las formaciones rocosas, especialmente las relativas a su permeabilidad y resistencia; condiciones de fracturamiento y orientación, amplitud, separación y profundidad de las fisuras; grado y tipo de alteración por los agentes de intemperismo y erosión, así como las posibilidades de alteración futura.

5.1.1.2 Propiedades mecánicas de los depósitos de suelo, en lo que se refiere a su estratigrafía, haciendo resaltar la homogeneidad o heterogeneidad de los depósitos, permeabilidad, compresibilidad y resistencia al corte. 5.1.2 Bancos de préstamo. La información respecto a las zonas de donde se obtendrían los materiales para construir la cortina contenedora de la presa, será la siguiente:

5.1.2.1 Muestreo y zonificación de los bancos de material, delimitando las áreas de los diferentes tipos de suelo y roca, así como sus volúmenes disponibles.

5.1.2.2 Pruebas de laboratorio consistentes en determinaciones de granulometría, plasticidad, compactación, permeabilidad, compresibilidad y resistencia al esfuerzo cortante.

5.2 Los estudios topográficos del sitio donde se ubicará la presa de jales para la disposición final de los residuos provenientes de las plantas de beneficio de minerales, deben contemplar lo siguiente:

5.2.1 Límites. El área de la presa de jales se delimitará por medio de una poligonal cerrada trazada a partir de un punto definido por las coordenadas correspondientes a las establecidas con base en el denuncia minero.

5.2.2 Altitud. Se establecerá un banco de nivel indicando la altitud en metros sobre el nivel medio del mar y corriendo una nivelación desde el banco de nivel más próximo a la mina.

5.2.3 Trazos. Todos los trazos de caminos, tuberías, bordos libres, estructuras, etc., requeridos para la construcción y operación de la presa de jales, deberán estar referidos a las coordenadas mencionadas en el numeral 5.2.1.

5.2.4 Secciones. Desde el punto más bajo sobre el lindero del área de la presa de jales se trazará un eje central que divida dicha área en dos partes aproximadamente iguales y a partir de tal punto se levantarán secciones transversales perpendicularmente al eje central a cada 20 m, extendiéndolas a cada lado hasta los límites del área de la presa de jales.

5.2.5 Configuración. En general, las curvas de nivel se trazarán con equidistancia de 5 m para el área de la presa de jales cuando la escala usada en los planos sea de 1:5,000. Cuando la escala sea de 1:2,000, la equidistancia será de 2 m.

5.3 La cortina iniciadora de la presa de jales deberá ser desplantada sobre una formación geológica estructuralmente competente.

5.4 Para captar al máximo las filtraciones superficiales y subsuperficiales provenientes de la presa de jales, éstas deberán controlarse por medio de drenes, delantales filtrantes o por cualquier otro medio expedito y conducirlos, por medio de canales o tuberías, a una pileta o estanque para su recuperación o ulterior uso en el proceso de la planta de beneficio. Los métodos de cálculo deberán basarse en las fórmulas contenidas en el Manual de Diseño de Obras Civiles de la Comisión Federal de Electricidad.

5.5 Cuando el jal se considere tóxico de acuerdo a lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-CRP-001-ECOL/93, porque exista un acuífero abierto subyacente al sitio seleccionado para ubicar la presa de jales, la Secretaría deberá autorizar la realización de las medidas y obras que garanticen una infiltración inicial de lixiviados no mayor a 0.010 m/m/día, de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$R = k / e$$

donde:

R = Infiltración unitaria, expresada en m/m/día

k = Coeficiente de permeabilidad, expresado en m/día

e = Espesor del sustrato, expresado en m

Si la capacidad media de intercambio catiónico del suelo subyacente a los jales es menor de 15 meq/100 g de suelo, la Secretaría podrá exigir una infiltración unitaria inicial no mayor de 0.005 m/m/día.

5.6 En el proyecto de una Presa de Jales deberán considerarse los siguientes factores:

5.6.1 Diseño de la cortina contenedora. La sección propuesta deberá cumplir con los análisis de estabilidad indicados en el Anexo 4 de esta norma oficial mexicana.

5.6.2 Estimación del volumen de almacenamiento, utilizando el método de las áreas medias, y de la vida útil de la presa.

5.6.3 Diseño del sistema para el manejo de los escurrimientos superficiales, cumpliendo con los métodos establecidos en el Manual de Diseño de Obras Civiles de la Comisión Federal de Electricidad.

5.6.4 Diseño de los sistemas de recuperación de agua:

5.6.4.1 Diseño de la pileta de recuperación o el estanque de captación de las aguas clarificadas y de las filtraciones de la presa de jales, para su reutilización en el proceso de beneficio.

5.6.4.2 Diseño del sistema para la conducción de las aguas recuperadas, desde la pileta o el estanque hasta los lugares de utilización.

5.7 La cortina contenedora de la presa de jales deberá estar formada por suelos, definidos según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y/o fragmentos de roca. El procedimiento constructivo será el indicado en el Anexo 4 de esta norma oficial mexicana. La aplicabilidad de cada método constructivo se basará en los siguientes criterios:

**TABLA 1**

Opción	Interpretación
1	El más aplicable
2	Alternativo, si se justifica con un análisis de estabilidad
3	De posible aplicación para presas ubicadas en zonas de transición
4	Sólo justificable con estudios adicionales a los recomendados
-	Inaceptable

5.8 El proceso de construcción de una presa de jales comprenderá las siguientes etapas:

5.8.1 Excavación de limpia para eliminar toda la materia vegetal, suelos y/o fragmentos de roca sueltos en el área de cimentación de la cortina contenedora y con ello obtener un buen contacto entre la base de ésta y la superficie del terreno natural, lo que en el caso de las presas ubicadas en regiones sísmicas, ayuda también a evitar la licuación de la base de cimentación.

5.8.2 Mejoramiento de la resistencia de la superficie del suelo natural en el área de desplante de la cortina contenedora mediante escarificación y/o compactación, para que sea capaz de soportar las cargas.

5.8.3 Tratamiento de la superficie del manto de roca natural en el área de cimentación de la cortina contenedora, para evitar tubificaciones a través del contacto con el suelo compactado.

5.8.4 Conformación del cuerpo de la cortina de la presa, verificando que la distribución y colocación de los materiales en el mismo se efectúen de acuerdo con las condiciones especificadas en el proyecto. Para la colocación de los materiales deberá alcanzarse la compacidad y la humedad que se estipulen en cada proyecto en particular.

5.8.5 Construcción de los elementos y las obras complementarias de la presa, considerando las pendientes superficiales para asegurar un buen drenado de la precipitación pluvial.

5.9 El envío de jales podrá realizarse por bombeo o por gravedad en conductos cerrados o abiertos.

5.10 Con excepción de los casos en que la presa haya sido diseñada para almacenar agua, en todos los métodos constructivos señalados en el Anexo 4 de esta norma oficial mexicana, la distribución de los jales sobre la cortina contenedora deberá 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, mientras que los más finos, hasta los coloides, se depositen lo más alejado posible de la misma. Con este procedimiento se garantizará la formación del estanque de agua alejado de la cortina, para evitar la saturación en el talud exterior de la misma, favorecer el sellado del vaso de la presa con los finos de los jales y reducir el riesgo por infiltración.

5.11 Los primeros jales depositados deberán retenerse por el tiempo necesario para que el agua contenida en ellos se clarifique y pueda ser extraída por su posterior reutilización mediante alguno de los métodos establecidos en el Anexo 4 de esta norma oficial mexicana.

5.12 Cuando la cantidad de las arenas (fracciones retenidas sobre la malla No. 200) contenidas en los jales, permitan usarlas para construir la cortina contenedora, éstas se separarán por medio de ciclones o sedimentación (por descarga libre o a través de espigas).

5.13 De acuerdo con el método seleccionado para su construcción y en apego a lo establecido en el punto 5.6.1 de esta norma oficial mexicana, la cortina contenedora se formará paulatinamente y como resultado del depósito de jales en la presa.

5.14 El vaso de almacenamiento de la presa deberá tener área suficiente para permitir la clarificación del agua contenida en los jales, facilitando así la extracción de la misma ya clarificada, a través de las tomas de la tubería decantadora drenante o de las torres decantadoras. Con una capacidad suficiente en el vaso de almacenamiento (dejando un bordo libre de cuando menos 3 m sobre el nivel de aguas máximas extraordinarias) controlada por un vertedor de excedencias, se proporcionará mayor seguridad a la operación de la presa, sobre todo en época de lluvias, cuando pueda presentarse una tormenta máxima probable en la zona ciclónica del país (Anexo 3).

5.15 El agua clarificada que se recupere será conducida hasta las piletas o los tanques de asentamiento, donde se retendrán los sólidos que hayan sido arrastrados y se enviará el agua recuperada al cárcamo de bombeo que la retornará nuevamente al proceso.

5.16 La entrada de escurrimientos superficiales dentro de la cuenca de captación y hacia el vaso de almacenamiento de la presa de jales, habrá de controlarse mediante la construcción de obras de desvío (bordos o canales perimetrales) que desalojen el agua hacia otras áreas, con objeto de reducir el riesgo de falla por derrame del agua sobre la cortina contenedora.

5.17 Cuando la altura de la cortina contenedora de la presa sea mayor a 50 m e implique un alto riesgo a poblaciones, acuíferos o ecosistemas de importancia ecológica relevante, deberán instalarse los instrumentos de monitoreo establecidos en la tabla del Anexo 4 de esta norma oficial mexicana, que permitan maximizar el control sobre la presa y minimizar los riesgos.

5.18 Durante la etapa de operación se deberá llevar una bitácora de la presa de jales, donde se registren al menos los siguientes parámetros: lugar de descarga del jal, tonelajes depositados en la presa, porcentaje de sólidos en los jales, volumen de agua recuperada y recirculada al proceso, además de reportar el estado de la cortina contenedora, los medios de conducción y el equipo de bombeo. Se deberá enviar un reporte a la Secretaría de Desarrollo Social, cuando menos cada 6 meses.

5.19 En la operación y al término de la vida útil de la presa se deberá tener un programa de mantenimiento preventivo que incluya las obras y actividades necesarias que garanticen el buen funcionamiento y la seguridad de la presa de jales.

5.20 Dentro de las actividades normales de operación y conservación, deberá incluirse la protección de taludes de la cortina contenedora de una presa de jales, mediante la vegetación local, utilizando materiales de préstamo, el tratamiento orgánico con semilla lanzada o cualquier otro método, a fin de evitar el transporte eólico de las partículas finas y el arrastre por lluvia de los jales.

5.21 Cuando ocurra un evento imprevisto que ocasione deterioros en la presa de jales, deberá procederse a la reconstrucción de las partes dañadas, independientemente de la conservación y el mantenimiento normales estipulados para la presa de jales.

5.22 En caso de presentarse algún accidente o hecho significativo en la operación de la presa, deberá elaborarse un reporte especial que detallará lo sucedido y las acciones emprendidas para su atención, incluyendo los costos generados y en su caso, la documentación oficial cuando intervengan autoridades, ya sea federales, estatales o municipales.

## **6.- VIGILANCIA**

La Secretaría de Desarrollo Social por conducto de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, es la autoridad competente para vigilar el cumplimiento de la presente norma oficial mexicana.

## **7.- SANCIONES**

El incumplimiento de esta norma oficial mexicana será sancionado conforme a lo establecido en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, su Reglamento en Materia de Residuos Peligrosos y demás disposiciones jurídicas aplicables.

**8.- BIBLIOGRAFIA**

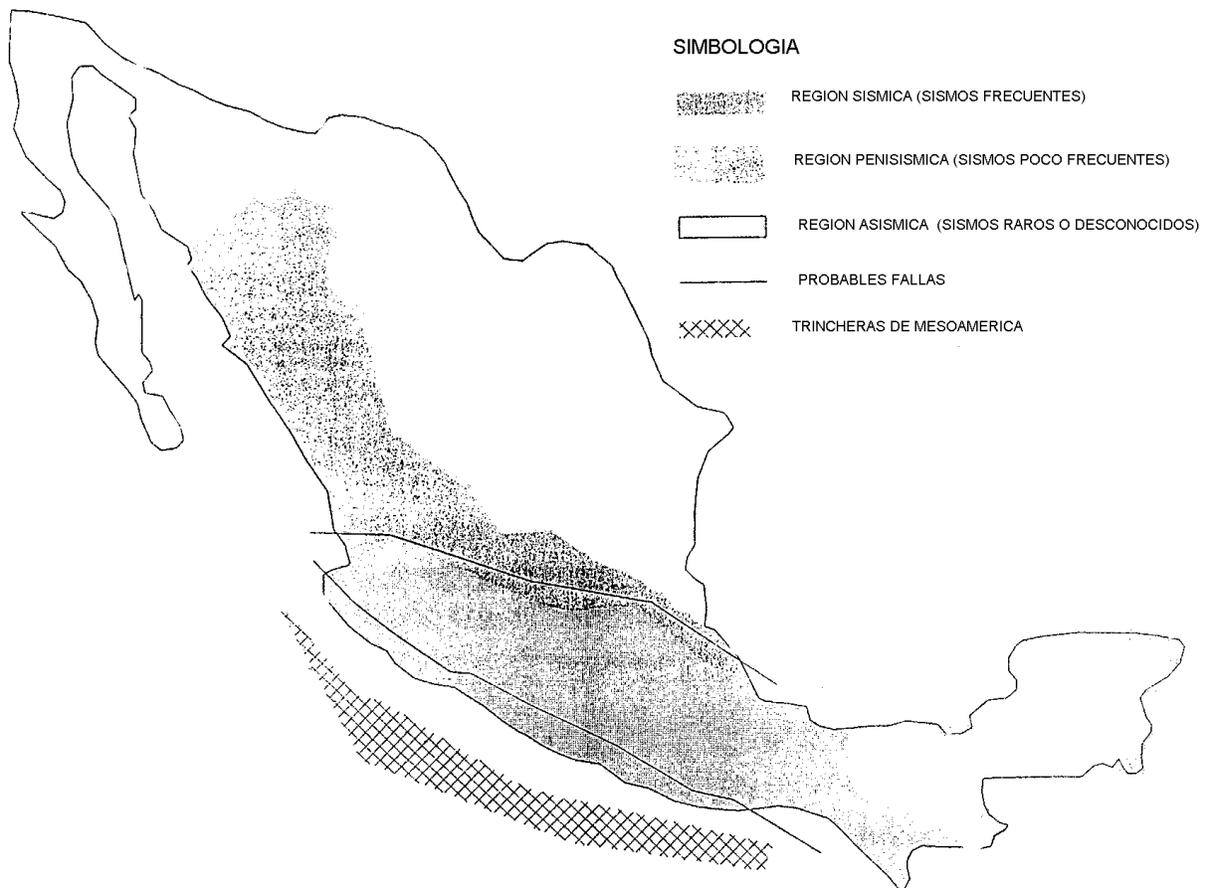
- 8.1 Comisión Federal de Electricidad. 1969. Manual de Diseño de Obras Civiles (Tomo II, sección "E". Hidráulica).
- 8.2 Instituto de Ingeniería. 1970. Jesús Figueroa A. Catálogo de sismos ocurridos en la República Mexicana.
- 8.3 Raúl J. Marsal y Daniel Reséndiz Núñez. 1975. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). Página 58. Presas de tierra y enrocamiento. Editorial Limusa.
- 8.4 Cámara Minera de México. Raúl Vicente Orozco y Cía., S.A. de C.V. 1991. Criterios Básicos para el Proyecto, la Construcción y la Operación de Presas de Jales.
- 8.5 Secretaría de Recursos Hidráulicos. 1974. Boletín de Tormentas Máximas Observadas y Probables en la República Mexicana en 24 horas.
- 8.6 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).
- 8.7 Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1976. Atlas del Agua de la República Mexicana.

**9.- CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES**

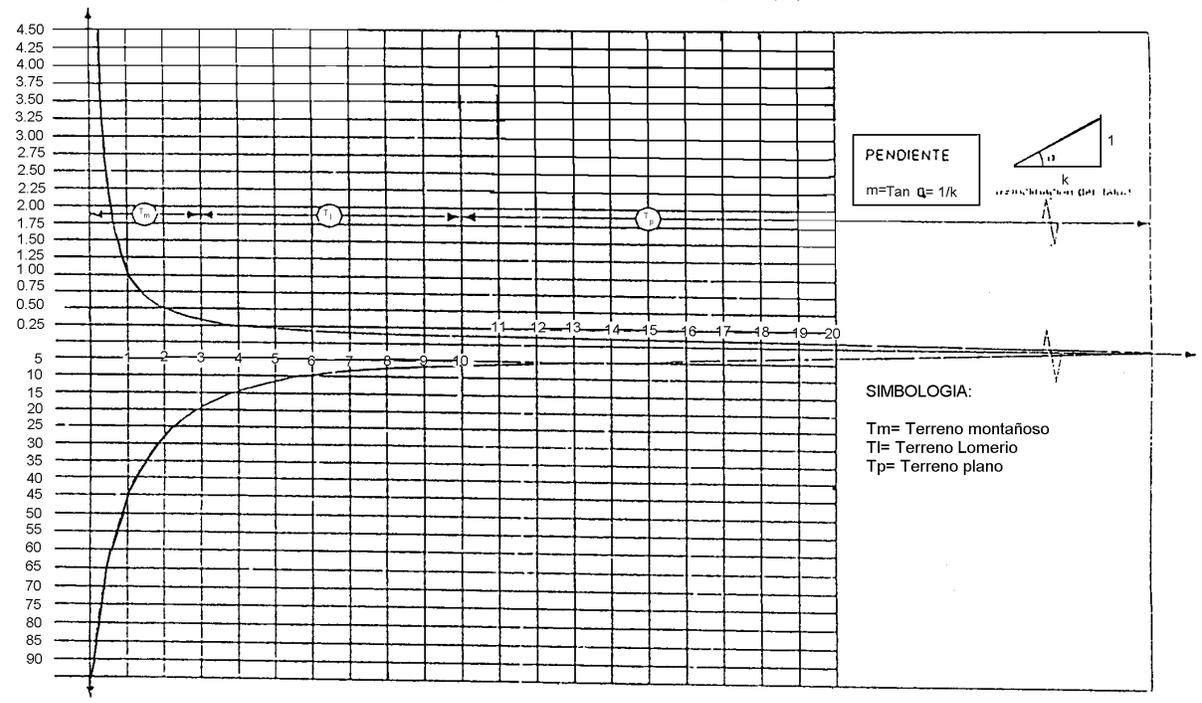
Esta norma oficial mexicana no coincide con ninguna norma internacional.

**10.- VIGENCIA**

La presente norma oficial mexicana entrará en vigor al día siguiente a su publicación en el Diario Oficial de la Federación.



ANEXO No.2 TOPOGRAFIA



0.00	100.0
0.05	87.1
0.10	84.3
0.15	81.5
0.20	78.7
0.25	76.0
0.30	73.3
0.35	70.7
0.40	68.2
0.45	65.8
0.50	63.4
0.55	61.2
0.60	59.0
0.65	57.0
0.70	55.0
0.75	53.1
0.80	51.3
0.85	49.6
0.90	48.0
0.95	46.5
1.00	45.0
1.20	39.8
1.40	35.5
1.60	32.0
1.80	29.1
2.00	26.6
2.20	24.4
2.40	22.6
2.60	21.0
2.80	19.7
3.00	18.4
3.20	17.4
3.40	16.4
3.60	15.5
3.80	14.7
4.00	14.0
4.20	13.4
4.40	12.8
4.60	12.3
4.80	11.8
5.00	11.3
5.20	10.9
5.40	10.5
5.60	10.1
5.80	9.8
6.00	9.5
6.20	9.2
6.40	8.9
6.60	8.6
6.80	8.4
7.00	8.1
7.20	7.9
7.40	7.7
7.60	7.5
7.80	7.3
8.00	7.1
8.20	7.0
8.40	6.8
8.60	6.6
8.80	6.5
9.00	6.3
9.20	6.2
9.40	6.1
9.60	5.9
9.80	5.8
10.00	5.7
20.00	2.9
100.00	0.6

