



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ARAGÓN

“FUNDAMENTOS PARA EL DISEÑO DE POLVORINES”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A:
EDSON ALBERTO MATIAS GONZÁLEZ



DIRECTOR DE TESIS:
ING. KARLA IVONNE GUTIÉRREZ VÁZQUEZ

SAN JUAN DE ARAGÓN, MÉXICO D.F. 2005

0349800



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central

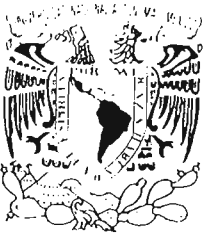


UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

Facultad de Estudios Superiores Aragón

DIRECCIÓN

EDSON ALBERTO MATIAS GONZALEZ

Presente

Con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobado su tema de tesis y asesor.

TÍTULO:

"FUNDAMENTOS PARA EL DISEÑO DE POLVORINES"

ASESOR: Ing. KARLA IVONNE GUTIÉRREZ VÁZQUEZ

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

Atentamente

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

San Juan de Aragón, México, 2 de septiembre de 2005.

LA DIRECTORA

ARQ. LILIA TURCOTT GONZÁLEZ



C p Secretaria Académica
C p Jefatura de Carrera de Ingeniería Civil
C p Asesor de Tesis

LTG/AIR/vr

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: Edson Alberto
Matias González
FECHA: 09/Nov/05
FIRMA: [Firma]

AGRADECIMIENTOS

Les dedico este trabajo a las dos personas que me dieron la vida, que me cuidaron en los días de enfermedad y que siempre me han apoyado en todo momento. Gracias Papá, por enseñarme a ser un hombre de trabajo, que a pesar de todas las adversidades y dificultades nunca me dejaste de apoyar. A ti Mamá, te doy las gracias por haberme educado y guiado por el buen camino de la vida y que a pesar de todo siempre me toleraste y apoyaste.

Asimismo, le agradezco a mi hermano José Luis por apoyarme en los momentos difíciles que se me presentaron durante el transcurso de la carrera.

Al mismo tiempo, le agradezco a esta gran Universidad por haberme abierto las puertas del conocimiento y cobijarme en sus aulas durante este tiempo; a todos los profesores que me transmitieron sus experiencias, conocimientos y consejos, los cuales me han sido de gran utilidad.

Por último, pero no por eso menos importante, le dedico un agradecimiento especial a la ingeniera Karla Ivonne y a todo el personal que labora en la Jefatura de Carrera, que sin su apoyo no hubiera sido posible la realización de este trabajo.

Gracias a todos, espero nunca decepcionarlos.

ÍNDICE

ANTECEDENTES	3
INTRODUCCIÓN	9
CAPÍTULO I.- CLASIFICACIÓN DE LAS SUSTANCIAS PELIGROSAS	18
CAPÍTULO II.- EFECTOS DE LAS EXPLOSIONES	47
CAPÍTULO III.- CANTIDAD-DISTANCIA	51
CAPÍTULO IV.- DISEÑO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES	73
CAPÍTULO V.- RECOMENDACIONES	85
CONCLUSIONES	89
BIBLIOGRAFÍA	90

ANTECEDENTES

Los explosivos son sustancias que tienen poca estabilidad química y que son capaces de transformarse violentamente en gases. Esta transformación puede realizarse a causa de una combustión como es el caso de la pólvora, o por causa de un golpe, impacto, fricción, etc., en cuyo caso recibe el nombre de detonación y los explosivos que estallan así reciben el nombre de explosivos detonantes, como es el caso de las dinamitas y los nitratos de amonio.

La más antigua de las sustancias explosivas es la pólvora negra, que consistía en una mezcla formada por salitre, carbón y azufre. Se cree que los descubridores de la pólvora fueron los chinos, pero su uso se limitó exclusivamente a exhibiciones pirotécnicas con las que iluminaban sus celebraciones. Más tarde, en Europa parece que fue Bacon el que publicó una fórmula de la pólvora con instrucciones detalladas para su fabricación, poco después, y hasta la fecha, se usó en armas de fuego. El mismo Hernán Cortes, se surtía de pólvora fabricándola con carbón vegetal, azufre recogido en cráteres de nuestros volcanes y con salitre de las orillas de los lagos. Posteriormente, se substituyó el salitre por clorato de potasio, lo que la hizo más potente y más tarde con nitrato de sodio, conocido como nitro de Chile, pues abunda mucho en ese país.

La pólvora en realidad, podía estar constituida solamente por carbón y azufre, pero como es un explosivo combustible, necesita oxígeno, por lo que para estallar en un barreno por ejemplo, necesita la tercera sustancia (clorato de potasio o nitrato de sodio) que con el calor se descomponen desprendiendo oxígeno. De hecho, la pólvora de los cohetes, sólo está compuesta de carbón y azufre para que se quemara lentamente la parte del combustible expuesta al aire mientras sube el cohete.

Posteriormente apareció Alfredo Nobel, quien inventó la dinamita nitroglicerina, que no es otra cosa que nitroglicerina mezclada con una sustancia inerte como puede ser una tierra diatomácea (para tener una idea, puede ser un polvo de ladrillo). De la proporción de nitroglicerina y material inerte depende su poder explosivo, el porcentaje de nitroglicerina representa la fuerza relativa del explosivo. Cabe hacer mención, que también inventó las primeras dinamitas gelatinas al disolver algodón colodión en nitroglicerina.

Durante los últimos 50 años, el nitrato de amonio ha desempeñado un papel cada vez más importante en los explosivos. Se usó primeramente como ingrediente de la dinamita y, hace aproximadamente un cuarto de siglo, comenzó a emplearse en una sencilla y económica mezcla con el diesel que ha constituido una revolución en la industria de los explosivos y que, hoy día, cubre aproximadamente el 80% de las necesidades de los explosivos. También se han desarrollado, en el último cuarto de siglo, los explosivos de geles de agua, a base de nitrato de

amonio. Los explosivos de geles de agua contienen sensibilizadores, tales como los nitratos de amina, el TNT y el aluminio, así como agentes de gelificación y otros materiales para alcanzar su grado de sensibilidad.

A diferencia de la mezcla de nitrato de amonio y diesel, los geles de agua son resistentes al agua y pueden prepararse según fórmulas de elevadas velocidades de detonación, ya que no contienen nitroglicerina, los geles de agua son inherentemente menos peligrosos que la dinamita en su fabricación, transporte, manipulación y empleo, y debido a su flexibilidad y reducido peligro, han declinado el empleo de la dinamita.

Pero como se mencionó al inicio, los explosivos son sustancias que son capaces de transformarse violentamente en gases, y de ahí, su debido cuidado que se debe tener para su almacenamiento, debido a que cuando ocurre esta violenta transformación en gases en un lugar cerrado (como puede ser un almacén), se producen presiones muy elevadas que pueden llevar al colapso de la misma, y no solamente al colapso de la edificación, sino a la pérdida de vidas humanas debido a los efectos que produce la explosión, y que no fue capaz la edificación de resistir.

Y es que un almacén para explosivos, no solamente puede servir en la medio militar, sino también, en el campo de trabajo de la ingeniería civil es de gran utilidad, debido a que existen obras que necesariamente requieren del uso de explosivos, como puede ser la construcción de una presa, la construcción de una carrera, la explotación de yacimientos de roca para obtener material de construcción, en la construcción de un túnel, inclusive, para la construcción de una cimentación también en ocasiones es necesario el empleo de explosivos, y no menos importante, está la industria de la pirotecnia, que en nuestro país es una fuente de empleos, pero debido a que los depósitos de pólvora de los productores no son diseñados con una metodología mínima, se suscitan diversos accidentes, presentándose con ello, en la mayoría de las ocasiones, las pérdidas humanas.

Es así, que los lugares destinados al almacenamiento de explosivos, también llamados "polvorines" deben cumplir con ciertos requisitos, desafortunadamente, por el tipo de información que es muy escasa, en ocasiones resulta difícil el diseñar una edificación como ésta, es por eso, que en el siguiente trabajo, se hace un esfuerzo para que el lector tenga nociones sobre las consideraciones más importantes que se deberán tener en cuenta en el momento de que se este diseñando un polvorín, para que éste cumpla con un cierto margen de seguridad y resistencia, y de esta forma se minimicen las posibilidades de una explosión accidental y en su caso se reduzca en lo posible las consecuencias de la misma.

Propiedades de los explosivos

Cada explosivo tiene características específicas definidas por sus propiedades, el conocimiento de estas propiedades permiten elegir el más adecuado de ellos para algún caso específico. A continuación se mencionarán las propiedades más importantes de los explosivos.

- **Fuerza.**

La fuerza suele considerarse como la capacidad de trabajo útil de un explosivo. También suele llamarse potencia y se originó de los primeros métodos para clasificar los grados de las dinamitas. Las dinamitas puras o nitroglicerininas, fueron medidas por el porcentaje de nitroglicerina en peso que contenía cada cartucho, por ejemplo, la dinamita nitroglicerina de 40% de fuerza, contiene 40% de nitroglicerina, una 60% de fuerza, contiene 60% de nitroglicerina, etc. La fuerza de acción de este tipo de explosivo se toma como base para la comparación de todas las demás dinamitas. Así pues, la fuerza de cualquier otra dinamita, expresada en tanto por ciento, indica que estalla con tanta potencia como otra equivalente de dinamita nitroglicerina en igualdad de peso.

Pocas son las personas (entre las que usan dinamitas) que entienden bien la energía relativa de las dinamitas de diferentes porcentajes de fuerza. Suele creerse que la energía verdadera desarrollada por estas distintas fuerzas guarda proporción directa con los porcentajes marcados. Se cree por ejemplo, que la dinamita de 40% es dos veces más fuerte que la de 20% y que la de 60% es tres veces más fuerte que la de 20%. Estas relaciones simples son incorrectas debido principalmente a que una nitroglicerina de mayor fuerza ocupa casi el mismo espacio en el barreno pero produce más gases, por lo tanto, las presiones son mayores y el explosivo resulta más eficiente. Esto ha sido mostrado por cuidadosas pruebas de laboratorio cuyos resultados se indican en la siguiente tabla.

Un cartucho	60%	50%	45%	40%	35%	30%	25%	20%	15%
60%	1.00	1.12	1.20	1.28	1.38	1.50	1.63	1.80	2.08
50%	0.89	1.00	1.07	1.14	1.23	1.34	1.45	1.60	1.85
45%	0.83	0.93	1.00	1.07	1.15	1.25	1.36	1.50	1.73
40%	0.78	0.87	0.94	1.00	1.08	1.17	1.27	1.40	1.53
35%	0.72	0.81	0.87	0.93	1.00	1.09	1.18	1.30	1.50
30%	0.67	0.75	0.80	0.85	0.92	1.00	1.09	1.20	1.38
25%	0.61	0.69	0.74	0.78	0.85	0.92	1.00	1.10	1.27
20%	0.55	0.62	0.67	0.71	0.77	0.83	0.90	1.00	1.15
15%	0.48	0.54	0.58	0.61	0.76	0.72	0.78	0.86	1.00

Número de cartuchos de determinada fuerza necesarios para igualar uno de diferente fuerza.

- **Densidad de empaque.**

La densidad de empaque de los explosivos se expresa como el número de cartuchos por caja de 25 kilogramos.

Clases de dinamita	2.22cm x 20.32cm	2.54cm x 20.32cm	2.85cm x 20.32cm	3.17cm x 20.32cm	5.71cm x 40.64cm	6.35cm x 40.64cm	7.62cm x 40.64cm
Dinamita Extra 40%	242	184	151	121	20	14	10
Dinamita Extra 60%	242	184	151	121	20	14	10
Gelatina Extra 30%	193	151	123	98	15	12	8
Gelatina Extra 40%	196	153	126	99	16	12	8
Gelatina Extra 60%	207	164	135	108	16	12	9
Gelatina Extra 75%	216	171	143	112	17	12	9
Gelamex # 1	236	180	150	121	21	16	11
Gelamex # 2	261	198	165	134	20	16	11
Mexobel 2	-----	248	201	165	25	20	14
Duramex G	309	248	204	-----	25	20	14

Número de cartuchos por caja de 25 kg para las dinamitas comerciales en sus diferentes medidas. Este dato es valioso, pues permite dosificar los explosivos simplemente contando los cartuchos.

- **Velocidad de detonación.**

Es la velocidad expresada en metros por segundo, con la cual la onda de detonación recorre una columna de explosivo. La velocidad puede ser afectada por el tipo de producto, su diámetro, el confinamiento, la temperatura y el cebado. Las velocidades de detonación de los explosivos comerciales fluctúan cerca de 1,525 m/seg (5,000 pies/seg) hasta más de 6,705 m/seg (22,000 pies/seg). Pero la mayor parte de los explosivos usados tienen velocidades que varían de 3,050 a 5,040 m/seg (de 10,000 a 18,000 pies/seg). Mientras mayor sea la rapidez de la explosión, mayor suele ser el efecto de fragmentación.

- **Sensibilidad.**

Es la medida de la facilidad de iniciación de los explosivos, es decir, el mínimo de energía, presión o potencia que es necesaria para que ocurra la iniciación. Lo ideal de un explosivo es que sea sensible a la iniciación mediante cebos para asegurar la detonación de toda la columna de explosivos, e insensible a la iniciación accidental durante su transporte, manejo y uso. En la industria de los explosivos, la prueba más usada es la de la sensibilidad al fulminante, los cuales varían desde el número 4 hasta el 12. El uso del fulminante No.6 es la prueba estándar, su contenido es de 2 gramos de una mezcla de 80% de fulminante de mercurio y 20% de clorato de

potasio, o alguna sustancia equivalente. Con el uso de este fulminante se clasifican los productos explosivos, si estallan se les denomina explosivos, si sucede lo contrario se les llama agentes explosivos. Para comparar las sensibilidades entre diferentes productos se utilizan fulminantes de diferentes potencias, cuanto más alto sea el número de la cápsula mayor será la sensibilidad del explosivo.

- **Resistencia al agua.**

En forma general, se define como la capacidad del explosivo para soportar la penetración del agua. Más precisamente, la resistencia al agua es el número de horas que el explosivo puede hallarse cargado en agua y aún ser detonado. Obviamente, en trabajos en seco esta propiedad no tiene importancia, pero si el explosivo va a estar expuesto al agua, puede ser afectado en su eficiencia o desensibilizarse al grado de no detonar, provocando una falla en la propagación de la detonación.

La resistencia del producto no solo depende del empaque y de la capacidad inherente del explosivo para resistir el agua. La profundidad del agua (presión) y el estado de reposo o movimiento de la misma, afectan el tiempo de resistencia al agua del explosivo. Por consiguiente, deben de considerarse las características particulares de trabajo y tener en cuenta que la resistencia al agua de los explosivos proporcionada por el fabricante para las diferentes condiciones de humedad en que se encontrará el explosivo.

- **Emanaciones.**

En este medio se le denominan emanaciones a los gases tóxicos. Los gases que se originan de la detonación de explosivos son principalmente bióxido de carbono, nitrógeno y vapor de agua, los cuales no son tóxicos en el sentido clásico de la palabra, pero también se forman en cualquier detonación gases venenosos, como el monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno.

En trabajos a cielo abierto, las emanaciones se pueden dispersar rápidamente por el aire, por lo que provocan poca preocupación, pero en trabajos subterráneos deben considerarse detenidamente, ya que las emanaciones no se disipan fácilmente y en este caso la ventilación es de fundamental importancia. También hay que considerar que las emanaciones provocan, mientras se disipan, tiempos de espera para poder reanudar los trabajos.

Tanto la naturaleza, como la cantidad de gases venenosos varían en los diferentes tipos de clases de explosivos. Algunos de los factores que pueden incrementar los gases tóxicos son:

fórmula pobre del producto, cebado inadecuado, falta de resistencia al agua, falta de confinamiento, reactividad del producto con la roca y reacción incompleta del producto.

- **Inflamabilidad.**

Se define como la facilidad con la cual un explosivo, puede iniciarse por medio de llama o calor. En el caso de las dinamitas, la mayoría se incendian con facilidad y se consumen violentamente. Pero hay varios explosivos que requieren que se les aplique una flama exterior en forma directa y continua para que logren incendiarse.

- **Selección del explosivo.**

Para seleccionar el explosivo a usarse en una situación determinada, es indispensable tener en cuenta su costo y sus propiedades. Deberá escogerse aquel que proporcione la mayor economía y los resultados deseados. Como una orientación se presenta a continuación la siguiente tabla con las propiedades de los explosivos, y el uso sugerido.

Tipo	Agente explosivo	Fuerza	Velocidad	Resistencia al agua	Emanaciones	Uso
Dinamita Nitroglicerina	Nitroglicerina	---	Alta	Buena	Exceso de gases	Trabajos a cielo abierto
Extra	Nitroglicerina y amoniaco	20 a 60%	Alta	Regular	Exceso de gases	Trabajos a cielo abierto
Granulada	Amoniaco	25 a 65%	Baja	Muy alta	Exceso de gases	Trabajos a cielo abierto (canteras)
Gelatina	Amoniaco	30 a 75%	Muy alta	De buena a excelente	Muy pocos gases a nulos	Sismología, trabajos subterráneos y submarinos
ANPO	Amoniaco	---	Alta	Ninguna	Muy pocos gases	Trabajos a cielo abierto y subterráneos
Hidrogeles	Amoniaco	40 a 75%	Muy alta	Excelente	Muy pocos gases	Trabajos a cielo abierto y subterráneos

Propiedades y uso de los explosivos.

INTRODUCCIÓN

Un polvorín es una edificación destinada principalmente para el almacenamiento de sustancias peligrosas, específicamente "explosivos". El principal objetivo de este tipo de edificaciones es el de proporcionar la máxima protección posible al personal que se encuentra, tanto en el interior como en el exterior de dicha edificación.

Es decir, un polvorín debe estar diseñado para resistir y/o disipar la energía producida durante una explosión, de tal forma que la misma, cause el menor daño posible a las edificaciones circundantes, y de este modo, minimizar el daño físico que puedan sufrir las personas.

Como se puede ver a continuación, para que la energía de una explosión cause el menor daño posible, ésta se tiene que disipar de una manera segura, por lo tanto, para que el polvorín cumpla con su objetivo, los muros del mismo deberán resistir la explosión, mientras que la losa deberá ser el elemento estructural por el cual escape la energía de la explosión.

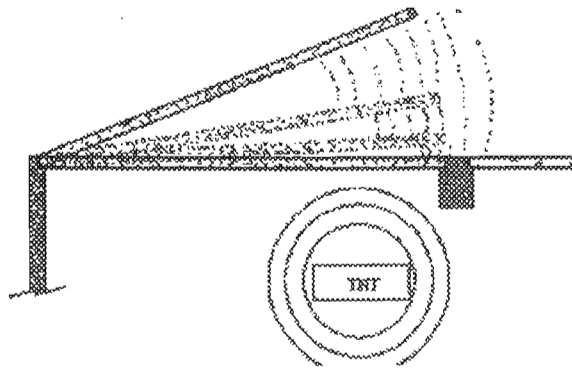


Fig. 1.-Forma de desprendimiento de la losa durante una explosión en el interior del polvorín.

Así pues, el principal elemento que se deberá tomar en cuenta para el diseño de un polvorín, es la estructura del mismo, la cual deberá ser aceptable tanto desde el punto de vista estructural, como desde el punto de vista económico.

Tipos de polvorines

A continuación se mencionan los tipos de polvorines más comunes que existen y son los siguientes:

-
- **Polvorines móviles.-** Este tipo de polvorines como su propio nombre lo indica, pueden ser trasladados de un lugar a otro, desafortunadamente su capacidad de almacenamiento es muy reducida comparados con los fijos, este tipo de polvorines es el que se utiliza normalmente cuando se esta construyendo alguna carretera y se tiene que hacer uso de explosivos para poder hacer un corte en algún cerro, y conforme va avanzando el frente se tiene que mover el polvorín para dinamitar otro cerro. Normalmente este tipo de polvorines están hechos a base de elementos prefabricados, y solamente se debe tener cuidado en la temperatura y humedad interior del polvorín.
 - **Polvorines fijos.-** Este tipo de polvorines como su propio nombre lo indica, no pueden ser trasladados de un lugar a otro; son los que se utilizan para el almacenamiento de grandes cantidades de explosivos. Normalmente este tipo de polvorines están hechos a base de concreto armado y de acero estructural, y al igual que en los polvorines móviles, se deberá tener cuidado con la temperatura y la humedad interior del mismo, para evitar modificar las características de los explosivos a almacenar. Entre este tipo de polvorines se encuentran los siguientes:
 - Enterrados.
 - Semienterrados.
 - A nivel de terreno.

Características de la estructura

El rasgo más importante de la construcción de un polvorín es su capacidad para absorber y disipar la energía de una explosión sin causar una falla catastrófica en la estructura, por lo tanto los materiales con que se construya dicha estructura deben tener ductilidad así como resistencia para proteger a la estructura durante una explosión. Además, durante una explosión, este tipo de estructuras se expondrán a una fuerza lateral como resultado de la carga de detonación y es que para que una estructura muestre cualquier medida de resistencia a la explosión, su superestructura y cimentación deben ser capaces de absorber esta carga lateral. Estos requisitos son similares a aquellos que se utilizan para el diseño resistente a sismos, y es que, en general, las estructuras resistentes a sismos también lo son, hasta cierto grado, resistentes a una explosión. Así pues, las partes componentes de la estructura deben poseer adecuada capacidad de deformación para formar el mecanismo de fluencia.

Aunque son diversos los materiales utilizados para la construcción, el concreto reforzado generalmente es considerado el material de construcción más conveniente y barato para la construcción de polvorines, debido a que este tipo de edificaciones están expuestas a un grado potencialmente alto de sufrir sobrepresiones altas y efectos térmicos en el caso de una explosión. Y es que, un material quebradizo no es conveniente para utilizar en la construcción de un polvorín, es decir, el concreto y la mampostería sin refuerzo, inclusive la madera, son ejemplos de este tipo de materiales de construcción. Además, siendo vulnerables a la falla catastrófica súbita, estos materiales proporcionan una fuente potencial de escombros que pueden causar daño a instalaciones que se encuentren cercanas y lesiones serias a las personas cuando estos escombros fuesen lanzados por la explosión.

Así pues, las edificaciones ordinarias pueden proporcionar algún nivel de resistencia a una explosión, sin embargo, ciertas características de construcción de este tipo de edificaciones las hacen vulnerables, incluso a bajos niveles de efectos de explosión, debido a que este tipo de edificaciones fueron diseñadas solamente para resistir los efectos de cargas:

- Muertas (Causadas por el mismo peso de los materiales)
- Vivas (Causadas por el tránsito de personas, vehículos)
- Accidentales (Causadas por el efecto del viento, sismo)

Por lo tanto, cuando se este diseñando la estructura de un polvorín, se deberá tomar en cuenta no solamente la acción de la presión a la que estará sujeto en una explosión dada, sino que además también se deberán tomar en cuenta los efectos a los cuales estará sujeto cuando no se presente ninguna explosión. (Cargas muertas, cargas vivas, cargas accidentales)

Sistemas estructurales más comunes

A continuación se mencionan algunos de los sistemas estructurales más comunes que se utilizan para el diseño de polvorines, tanto fijos como móviles, y se da una pequeña explicación de los mismos.

- **Polvorines móviles.**

- 1.- Estructura revestida de metal.
- 2.- Estructura de muros de concreto precolados.

- **Polvorines fijos.**

- 1.- Estructura de muros de mampostería.
- 2.- Estructura de muros colados en el sitio.
- 3.- Estructura de terraplén de tierra.
- 4.- Estructura de muros colados en sitio con protección tipo merlón o barricada.

- **Estructura revestida de metal.-** Los polvorines revestidos de metal utilizan un diseño convencional de “construir-sujetar” y usan formas estructurales laminadas en caliente para el marco, largueros y viguetas. Para los muros exteriores se utilizan tableros de metal adherido o tableros aislados intercalados con metal de calibre más grueso y más conectores. Como en las edificaciones metálicas prediseñadas, el marco de acero resiste todas las cargas verticales y laterales, las conexiones se refuerzan para desarrollar la fuerza plástica completa (capacidad última de momento y/o cortante) de los miembros estructurales.

- **Estructura de muros de concreto precolados.-** Los polvorines hechos a base de este sistema estructural emplean muros de concreto precolados con marcos de acero o de concreto. El marco resiste todas las cargas verticales y los muros de cortante precolados resisten las cargas laterales; cabe hacer mención que las conexiones dúctiles para tableros precolados son una consideración importante. Se hacen tableros precolados con dispositivos de conexión de acero para sujetarlo al marco del polvorín con tornillos o soldadura. El techo normalmente es una losa de concreto sobre una plataforma de metal. La plataforma de metal esta unida al marco estructural por espigos o soldadura de arco protegido.

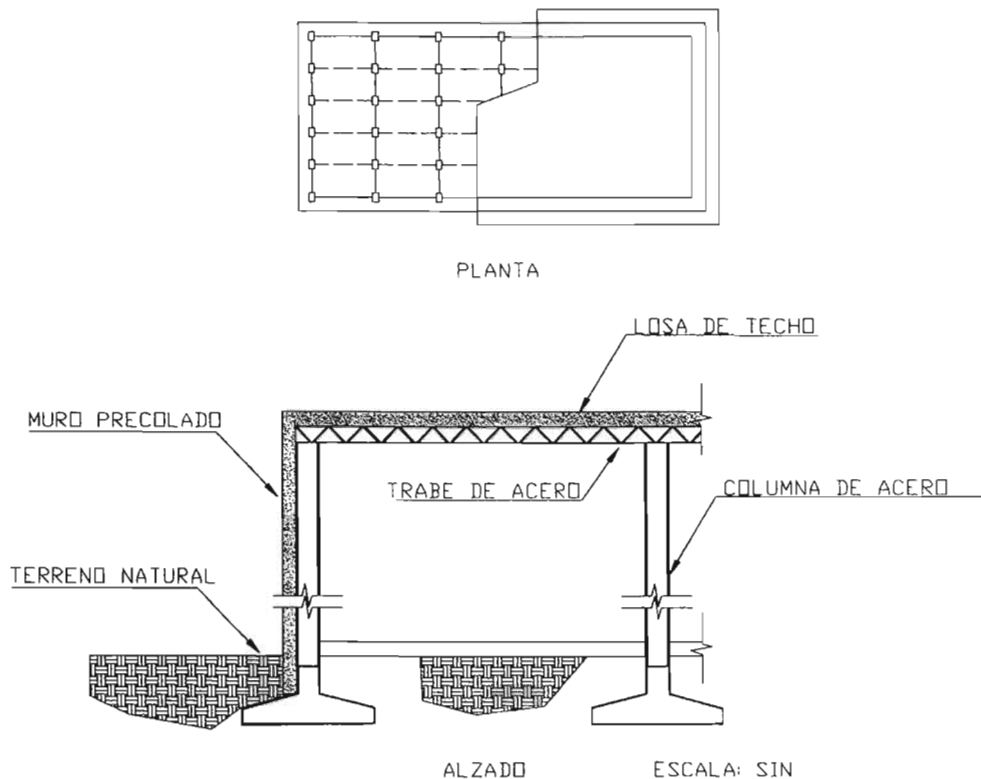


Fig. 2.- Estructura de muros de concreto precolados.

- **Estructura de muros de mampostería.**- Los polvorines revestidos de mampostería reforzada son muy similares a las edificaciones construidas para resistir carga convencional. Un marco de acero estructural o de concreto se usa para soportar las cargas verticales y en algunos casos para resistir fuerzas laterales. La mampostería reforzada se usa para los muros exteriores y se diseña para abarcar cualquier espacio vertical u horizontal. El muro de mampostería reforzada se une al marco del polvorín para ligar todos los componentes a la vez y proporcionar resistencia a las fuerzas de rebote.
- **Estructura de muros de concreto colados en el sitio.**- Los polvorines hechos a base de muros de concreto colados en el sitio se construyen para resistir sobrepresiones altas, donde el concreto precolado no sería económico y/o práctico. Las cargas horizontales son resistidas por muros de cortante. La estructura depende de un marco de acero estructural o de concreto reforzado para soportar las cargas verticales. El espesor de los muros de concreto, tamaño y colocación del acero de refuerzo, puede escogerse para proporcionar una mayor resistencia.

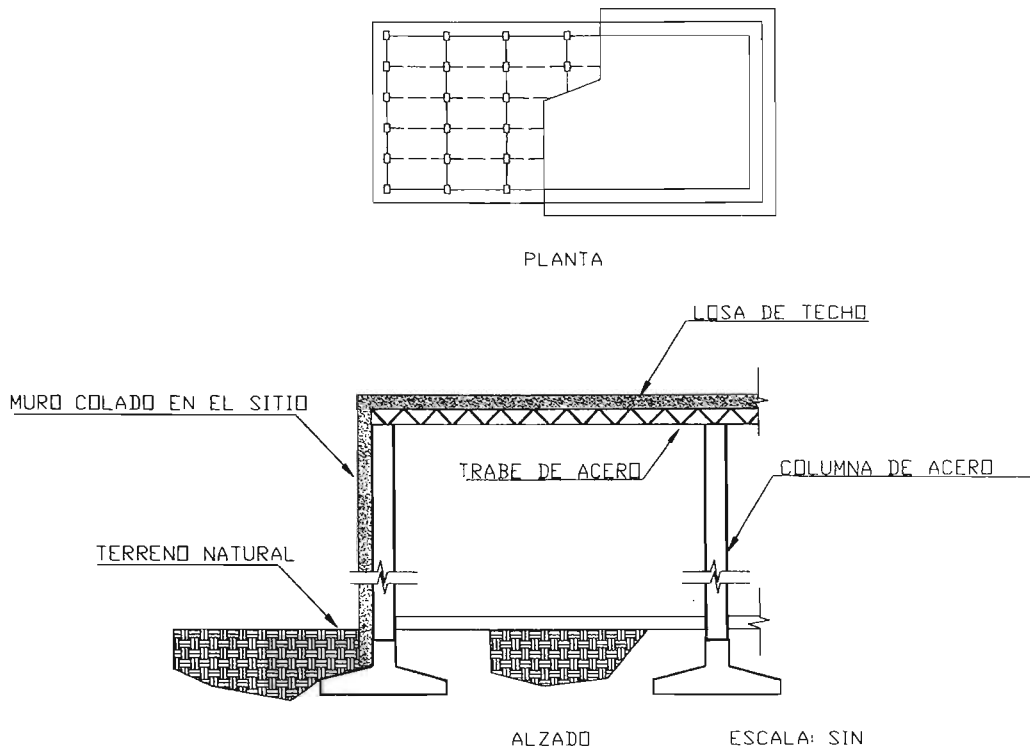


Fig. 3.- Estructura de muros de concreto colados en el sitio.

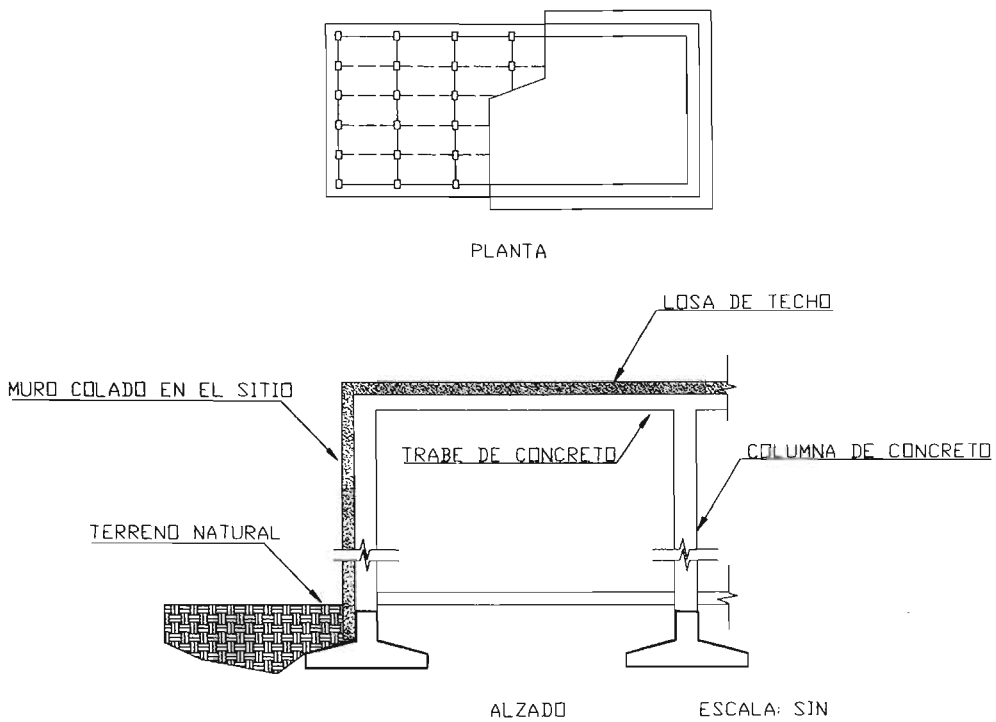


Fig. 4.- Estructura de muros de concreto colados en el sitio.

- **Estructuras de terraplén de tierra.-** Los polvorines que utilizan este sistema estructural tienen la característica de que deben tener el espacio disponible para el correcto talud del terraplén. Cuando es posible, puede aprovecharse la alta resistencia a la explosión de la estructura tierra-tapa sobre o debajo del suelo, puesto que esta forma de construcción es sumamente resistente a las altas sobrepresiones de la explosión.

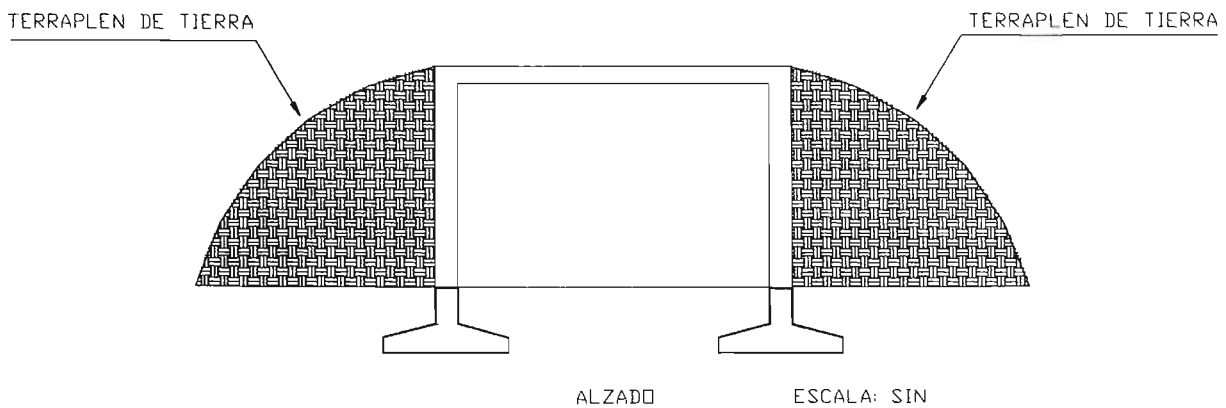


Fig. 5.- Estructura de terraplén de tierra.

- **Estructuras de muros colados en sitio con protección tipo merlón o barricada.-** Al igual que los polvorines con muros de concreto colados en el sitio, los muros de este tipo de polvorines se construyen para resistir las sobrepresiones generadas durante una explosión, es decir, las cargas horizontales son resistidas por muros de cortante, pero en este tipo de polvorines se utiliza una protección adicional llamada “merlón o barricada”, la cual tiene por propósito el brindar protección a las personas que se encuentran en el exterior contra la salida de las sobrepresiones y los fragmentos de una explosión. Este tipo de polvorines son muy utilizados donde se requiere una gran almacenaje de explosivos, debido a que con una barricada se puede dar protección a dos polvorines, tal como se puede observar en el siguiente esquema.

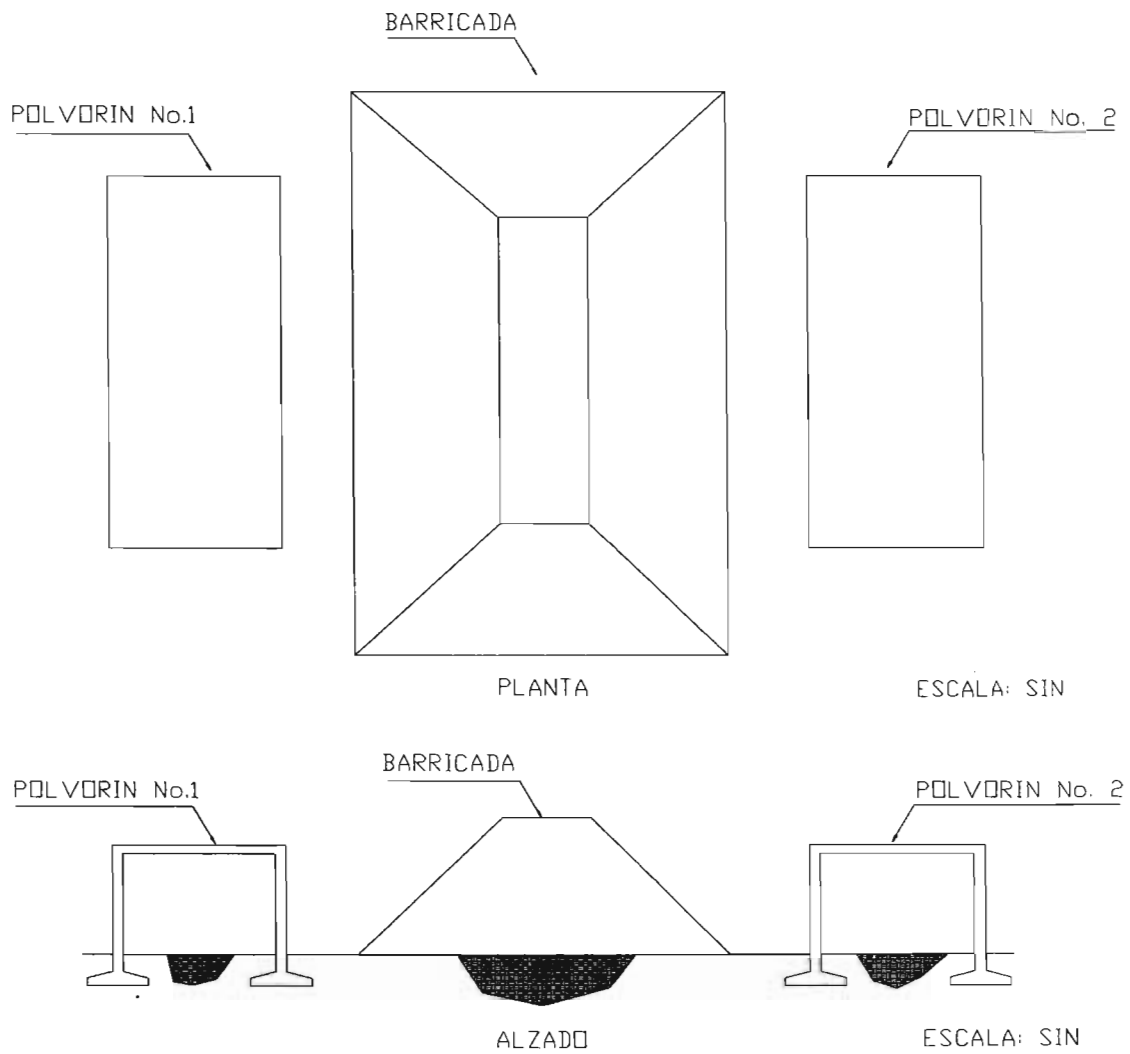


Fig. 6.- Estructura de muros colados en el sitio con protección tipo merlón o barricada.

Principios del almacenaje de explosivos

El grado más alto de seguridad en el almacenaje de explosivos y municiones se podría alcanzar si cada tipo de explosivo y munición fuese almacenado por separado, desafortunadamente, este tipo de almacenaje "ideal" no es factible desde el punto de vista económico, por lo tanto, se debe buscar un equilibrio apropiado al mezclar los diversos tipos de municiones y explosivos en un mismo lugar, para que de ésta forma, el almacenaje se realice con seguridad; es decir, los explosivos y municiones no se pueden almacenar junto con materiales disímiles o distintos que presenten peligros a los mismos, es decir, no se pueden almacenar conjuntamente explosivos con materiales inflamables o combustibles, con ácidos, o sustancias corrosivas.

Por lo tanto, los explosivos se deben almacenar junto con otros sí y solamente si estos son "compatibles", es decir, se deben almacenar junto con otros explosivos que no aumenten perceptiblemente la probabilidad de un accidente o, para una cantidad dada, la magnitud de los efectos de tal accidente, pero además, se debe tener en cuenta que los explosivos serán almacenados conjuntamente cuando dicho almacenaje facilite la seguridad durante las operaciones y promueva la eficacia del almacenaje total, para tal efecto, la Organización de las Naciones Unidas, menciona en su publicación ST/SG/AC.10/1/Rev. 10 denominada "Recomendaciones para el transporte de mercancías peligrosas", novena Edición, la clasificación de las sustancias peligrosas, que es lo que se expondrá en el siguiente capítulo. Se debe tener en cuenta que del siguiente capítulo se desglosan los grupos de compatibilidad de explosivos, los cuales, están en función de las siguientes consideraciones:

- Características físicas y químicas.
- Características del diseño.
- Configuraciones internas y externas del embalaje o envoltura.
- Peso neto del explosivo.
- Índice de deterioridad.
- Sensibilidad a la iniciación.
- Efectos de la detonación.

I.- CLASIFICACIÓN DE LAS SUSTANCIAS PELIGROSAS

Como se mencionó en el capítulo anterior, para poder realizar la clasificación de las sustancias peligrosas, se utilizará como base la publicación que realizó la Organización de las Naciones Unidas denominada ST/SG/AC.10/1/Rev. 10 "Recomendaciones para el transporte de mercancías peligrosas", novena Edición, cabe hacer mención, que aunque dicha publicación se enfoca al transporte de mercancías peligrosas, el Departamento de Defensa de Estados Unidos la toma como base para facilitar la identificación segura de las características del peligro, formar los grupos de compatibilidad de explosivos y promover así el almacenaje mezclado de explosivos, es por ello, que se optó por utilizar esta publicación como fundamento para el desarrollo del presente capítulo.

Así pues, las sustancias (comprendidas las mezclas y soluciones) y los objetos sometidos al presente capítulo se adscriben a una de las nueve clases siguientes según el riesgo o el más importante de los riesgos que representen, cabe hacer mención que algunas de esas clases se subdividen en divisiones. Esas clases y divisiones son las siguientes:

- **Clase 1.- Explosivos.**

- División 1.1

- División 1.2

- División 1.3

- División 1.4

- División 1.5

- División 1.6

- **Clase 2.- Gases.**

- División 2.1

- División 2.2

- División 2.3

- **Clase 3.- Líquidos inflamables.**

- **Clase 4.- Sólidos inflamables.**

- División 4.1

- División 4.2

- División 4.3

-
- **Clase 5.- Sustancias comburentes y peróxidos orgánicos.**

División 5.1

División 5.2

- **Clase 6.- Sustancias tóxicas y sustancias infecciosas.**

División 6.1

División 6.2

- **Clase 7.- Material radiactivo.**

- **Clase 8.- Sustancias corrosivas.**

- **Clase 9.- Sustancias y objetos peligrosos varios.**

Cabe hacer mención, que aunque para este trabajo solamente interesan las sustancias peligrosas comprendidas en la clase 1, se mencionarán las demás clases de sustancias, con el único fin de que el lector tenga un mejor conocimiento del tema. Además, el orden numérico de las clases y divisiones no corresponde a su grado de peligro y que muchas de las sustancias pertenecientes a las clases 1 a 9 se consideran peligrosas para el medio ambiente, tal cual se podrá observar más adelante.

Al final de este capítulo se mostrará la lista de mercancías explosivas de mayor importancia comercial ideada por la Organización de las Naciones Unidas aplicada solamente a explosivos, además, se mostrará la lista de sustancias explosivas que menciona la Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos, publicada por la Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA), esto es con el fin de que el lector pueda clasificar una sustancia peligrosa (explosivos) regularizada por la SEDENA en relación a la lista de la Organización de las Naciones Unidas, para que de esta forma pueda saber las características de dicha sustancia, y con ello continuar en el diseño de un polvorín.

Clase 1.- Explosivos

1.- Esta clase de sustancias peligrosas comprende:

a).- Las sustancias explosivas (no se incluyen en la clase 1 las sustancias que no son explosivas en sí mismas, pero que pueden formar mezclas explosivas de gases, vapores o polvo), excepto las que son demasiado peligrosas para ser transportadas y aquellas cuyo principal riesgo corresponde a otra clase.

b).- Los objetos explosivos, excepto los artefactos que contengan sustancias explosivas en cantidad o de naturaleza tales que su inflamación o cebado por inadvertencia o por accidente durante el transporte no implique ninguna manifestación exterior en el artefacto que pudiera traducirse en una proyección, en un incendio, en un desprendimiento de humo o de calor o en ruido fuerte.

c).- Las sustancias y objetos no mencionados en los apartados a) y b) fabricados con el fin de producir un efecto práctico, explosivo o pirotécnico. Para tal efecto se deben tener en cuenta las siguientes definiciones:

Sustancia explosiva.- Es una sustancia sólida o líquida (o mezcla de sustancias) que de manera espontánea, por reacción química, puede desprender gases a una temperatura, presión y velocidad tales que puedan ocasionar daños a su entorno. En esta definición quedan comprendidas las sustancias pirotécnicas aún cuando no desprendan gases.

Sustancia pirotécnica.- Es una sustancia (o mezcla de sustancias) destinada a producir un efecto calorífico, luminoso, sonoro, gaseoso o fumígeno, o una combinación de tales efectos, como consecuencia de reacciones químicas exotérmicas autosostenidas no detonantes.

Objeto explosivo.- Es un objeto que contiene una o varias sustancias explosivas.

2.- En esta clase de sustancias peligrosas se distinguen las siguientes subdivisiones:

a).- División 1.1: Sustancias y objetos que presentan un riesgo de explosión en masa (se entiende por explosión en masa la que afecta de manera prácticamente instantánea a casi toda la carga).

b).- División 1.2: Sustancias y objetos que presentan un riesgo de proyección sin riesgo de explosión en masa.

c).- División 1.3: Sustancias y objetos que presentan un riesgo de incendio con ligero riesgo de que se produzcan pequeños efectos de onda expansiva o de proyección, o ambos efectos, pero sin riesgo de explosión en masa. Se incluyen en esta división las sustancias y objetos siguientes:

- i).- Aquellos cuya combustión da lugar a una radiación térmica considerable.
- ii).- Los que arden sucesivamente, con efectos mínimos de onda expansiva o de proyección, o ambos efectos.

d).- División 1.4: Sustancias y objetos que no presentan ningún riesgo considerable. Se incluyen en esta división las sustancias y objetos que sólo presentan un pequeño riesgo en caso de ignición o de cebado durante el transporte. Los efectos se limitan en su mayor parte al bulto, y normalmente no se proyectan a distancia fragmentos de tamaño apreciable. Los incendios exteriores no habrán de causar la explosión prácticamente instantánea de casi todo el contenido del bulto.

e).- División 1.5: Sustancias muy insensibles que presentan un riesgo de explosión en masa. Se incluyen en esta división las sustancias que presentan un riesgo de explosión en masa, pero que son tan insensibles que, en condiciones normales de transporte, presentan una probabilidad muy reducida de cebado o de que su combustión se transforme en detonación.

f).- División 1.6: Objetos extremadamente insensibles que no presentan riesgo de explosión en masa. Se incluyen en esta división los objetos que contienen solamente sustancias detonantes sumamente insensibles y que presentan una probabilidad ínfima de cebado o de propagación accidental. Cabe hacer mención, que el riesgo de estos objetos se limita a la explosión de sólo uno de ellos.

3.- Grupos de compatibilidad de las sustancias comprendidas en esta clase.

Como se pudo observar, las sustancias peligrosas de la clase 1 se asignan a una de las seis divisiones según el tipo de riesgo que presentan, pero a continuación se muestran como se clasifican de acuerdo a uno de los trece grupos de compatibilidad, mismos que figuran también en la publicación realizada por el Departamento de Defensa de Estados Unidos denominado D.O.D. 6055.9-STD "Estándares de seguridad de la munición y de los explosivos". Los cuadros que figuran a continuación muestran el sistema de claves de clasificación correspondientes, y las posibles divisiones de riesgo de cada grupo.

Claves de clasificación

Descripción de la sustancia u objeto	Grupo de compatibilidad	Código de clasificación
Sustancia explosiva primaria. Explosivos que presentan un riesgo de explosión a granel o en masa y que tienen gran sensibilidad al calentamiento, a la fricción o a la percusión. Entre ellos figuran la azide de plomo humidificada, el estífnato de plomo, el fulminato de mercurio humidificado y el tetraceno humidificado.	A	1 1A
Objeto que contenga una sustancia explosiva primaria y que tenga menos de dos dispositivos de seguridad eficaces. Explosivos que no presentan un riesgo de explosión a granel o en masa. Ciertos objetos tales como los detonadores para voladuras, los conjuntos de detonadores para voladura y los cebos del tipo de cápsula quedan incluidos, aún cuando no contienen explosivos primarios. Entre ellos figuran los detonadores eléctricos, los detonadores no eléctricos, y los detonadores para municiones.	B	1.1B 1.2B 1.4B
Sustancia explosiva propulsora u otra sustancia explosiva dellagrante, u objeto que contenga dicha sustancia explosiva. Entre ellos figuran los cohetes con cabeza inerte, los motores de cohete y las cargas propulsoras de artillería	C	1.1C 1.2C 1.3C 1.4C
Sustancia explosiva secundaria detonante, o pólvora negra, u objeto que contenga una sustancia explosiva secundaria detonante, en cualquier caso sin medio de cebado propio ni carga propulsora, u objeto que contenga una sustancia explosiva primaria y tenga al menos dos dispositivos de seguridad eficaces. Entre ellos figuran las bombas con carga explosiva, los petardos multiplicadores, cargas de demolición, los explosivos para voladuras tipo A, B, C, D y el trinitrotolueno (TNT).	D	1.1D 1.2D 1.4D 1.5D
Objeto que contenga una sustancia explosiva secundaria detonante, sin medio de cebado propio, con carga propulsora (excepto las cargas que contengan un líquido o un gel inflamables o líquidos hipergólicos). Entre ellos figuran los cartuchos para armas con carga explosiva, los cohetes con carga explosiva y los torpedos con carga explosiva.	E	1.1E 1.2E 1.4E
Objeto que contenga una sustancia explosiva secundaria detonante, con medio de cebado propio, con carga propulsora (excepto las cargas que contengan un líquido o un gel inflamables o líquidos hipergólicos) o sin carga propulsora. Entre ellos figuran los cartuchos para armas con carga explosiva, las bombas de iluminación para fotografía y las bombas con carga explosiva.	F	1.1F 1.2F 1.3F 1.4F
Sustancia pirotécnica, u objeto que contenga una sustancia pirotécnica, u objeto que contenga una sustancia explosiva y además una sustancia iluminante, incendiaria, lacrimógena o fumígena (excepto los objetos activados por el agua o los objetos que contengan fósforo blanco, fosfuros, una sustancia pirofórica, un líquido o un gel inflamables, o líquidos hipergólicos).	G	1.1G 1.2G 1.3G 1.4G

Objeto que contenga una sustancia explosiva y además fósforo blanco. Entre ellos figuran las municiones incendiarias y fumígenas de fósforo blanco.	H	1.2H 1.3H
Objeto que contenga una sustancia explosiva y además un líquido o un gel inflamable. Entre ellos figuran las municiones incendiarias en forma de gel o líquido y los cohetes de combustible líquido.	J	1.1J 1.2J 1.3J
Objeto que contenga una sustancia explosiva y además un agente químico tóxico, el cual está diseñado para causar un daño más severo que el gas lacrimógeno, al grado de causar graves daños a la salud del ser humano. Entre ellos figuran las municiones tóxicas con carga dispersora (granadas, cohetes y bombas).	K	1.2K 1.3K
Sustancia explosiva, u objeto que contenga una sustancia explosiva y que presente un riesgo particular (por ejemplo, en razón de su hidroactividad o de la presencia de líquidos hipergólicos, fosfuros o sustancias pirofóricas) y que exija el aislamiento de cada tipo. Entre ellos figuran los dispositivos activados por el agua y los motores de cohete con líquidos hipergólicos.	L	1.1L 1.2L 1.3L
Objetos que contengan únicamente sustancias detonantes extremadamente insensibles. Entre ellos las bombas y cabezas nucleares.	N	1.6N
Sustancia u objeto embalados/envasados o concebidos de manera tal que todo efecto peligroso provocado por un funcionamiento accidental quede circunscrito al interior del bulbo, a menos que éste haya sido deteriorado por el fuego, en cuyo caso todo efecto de onda expansiva o de proyección quede lo bastante limitado como para no entorpecer apreciablemente ni impedir las operaciones de lucha contra incendios ni la adopción de otras medidas de emergencia en las inmediaciones del bulbo. Entre ellos figuran los cartuchos vacíos con fulminante, los cebos del tipo de cápsula, las granadas de ejercicios de mano o de fusil y los encendedores para mechas de seguridad.	S	1.4S

Sinopsis de la clasificación de las sustancias y objetos explosivos en función de la división del riesgo y de la compatibilidad

División de riesgo	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	N	S	Σ(A-S)
1.1	1.1A	1.1B	1.1C	1.1D	1.1E	1.1F	1.1G		1.1J		1.1L			9
1.2		1.2B	1.2C	1.2D	1.2E	1.2F	1.2G	1.2H	1.2J	1.2K	1.2L			10
1.3			1.3C			1.3F	1.3G	1.3H	1.3J	1.3K	1.3L			7
1.4		1.4B	1.4C	1.4D	1.4E	1.4F	1.4G						1.4S	7
1.5				1.5D										1
1.6												1.6N		1
Σ (1.1-1.6)	1	3	4	4	3	4	4	2	3	2	3	1	1	35

Compatibilidad de sustancias y objetos explosivos para su almacenamiento mezclado

A continuación se muestra la carta de compatibilidad de sustancias y objetos explosivos para su almacenamiento mezclado, ideada por el Departamento de Defensa de Estados Unidos, y publicada en el documento denominado D.O.D. 6055.9-STD "Estándares de seguridad de la munición y de los explosivos". Cabe hacer mención, que dicha carta, esta basada en la publicación realizada por la Organización de las Naciones Unidas, denominada ST/SG/AC.10/1/Rev. 10 "Recomendaciones para el transporte de mercancías peligrosas", novena Edición, misma que se mencionó anteriormente.

Para poder entender el contenido de esta carta, se deben tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

I).- La marca "X" en una intersección de la carta indica que estos grupos pueden ser combinados para su almacenaje, de lo contrario, el mezclarse se prohíbe o se restringe según lo siguiente.

II).- La marca "Z" en una intersección de la carta indica que estos grupos solamente se almacenaran por indisponibilidad o consideraciones operacionales del polvorín, y cuando la seguridad no se sacrifique.

Grupos	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	N	S
A	X	Z											
B	Z	X	Z	Z	Z	Z	Z					X	X
C		Z	X	X	X	Z	Z					X	X
D		Z	X	X	X	Z	Z					X	X
E		Z	X	X	X	Z	Z					X	X
F		Z	Z	Z	Z	X	Z					Z	X
G		Z	Z	Z	Z	Z	X					Z	X
H								X					X
J									X				X
K										Z			
L													
N		X	X	X	X	Z	Z					X	X
S		X	X	X	X	X	X	X				X	X

Así pues, tenemos los siguientes ejemplos como combinaciones aceptables de acuerdo a la carta mostrada arriba:

I).- La división 1.1, Grupo A (Sustancia explosiva primaria, explosivos que presentan un riesgo de explosión a granel o en masa y que tienen gran sensibilidad al calentamiento, a la fricción o a la percusión) y la división 1.1 B (Objeto que contenga una sustancia explosiva primaria y que tenga menos de dos dispositivos de seguridad eficaces, explosivos que no presentan un riesgo de explosión a granel o en masa), pueden ser almacenados, porque presentan una marca "Z".

II).- La división 1.3, Grupo C (Sustancia explosiva propulsora u otra sustancia explosiva deflagrante, u objeto que contenga dicha sustancia explosiva) y la división 1.3 G (Sustancia pirotécnica, u objeto que contenga una sustancia pirotécnica, u objeto que contenga una sustancia explosiva y además una sustancia iluminante, incendiaria, lacrimógena o fumígena), pueden ser almacenados, porque presentan una marca "Z".

III).- El grupo K (Objeto que contenga una sustancia explosiva y además un agente químico tóxico), necesita un almacenamiento por separado, pero además, puede ser que requiera un almacenamiento separado dentro del mismo grupo.

NOTA: Se debe tener presente, que para el propósito de almacenaje mezclado, todos los artículos (explosivos) se deben empaquetar en envases aprobados para su compra/venta. Los artículos no serán abiertos con el propósito de mostrar las municiones que se están almacenando. Los envases abiertos se pueden colocar en las áreas del polvorín con el propósito de llevar un mejor inventario.

Clase 2.- Gases

1.- Esta clase de sustancias peligrosas comprende:

- a).- A toda sustancia que a 50°C tenga una tensión de vapor superior a 300 kPa.
- b).- A toda sustancia que sea totalmente gaseosa a 20°C, a una presión de referencia de 101,3 kPa.

2.- Esta clase de sustancias peligrosas se clasifica del modo siguiente de acuerdo a su estado físico:

a).- Gas comprimido: Es un gas que, envasado a presión para el transporte, es completamente gaseoso a -50°C; en esta categoría se incluyen todos los gases con una temperatura crítica inferior o igual a -50°C.

b).- Gas licuado: Es un gas que, envasado a presión para su transporte, es parcialmente líquido a temperaturas superiores a -50°C. Se hace una distinción entre:

b.1).- Gas licuado a alta presión: Es un gas con una temperatura crítica superior a -50°C y menor o igual a +65°C.

b.2).- Gas licuado a baja presión: Es un gas con una temperatura crítica superior a +65°C.

c).- Gas licuado refrigerado: Es un gas que, envasado para su transporte, se encuentra parcialmente en estado líquido a causa de su baja temperatura.

d).- Gas disuelto: Es un gas que, envasado a presión para su transporte, está disuelto en un disolvente en fase líquida.

NOTA: En esta clasificación se incluyen los gases comprimidos, licuados, disueltos, y licuados refrigerados, las mezclas de uno o más gases con uno o más vapores de sustancias pertenecientes a otras clases, los objetos que contienen un gas y los aerosoles.

3.- En esta clase de sustancias peligrosas se distinguen las siguientes subdivisiones:

a).- División 2.1: Gases inflamables que, a 20 °C y a una presión de referencia de 101.3 kPa:

- I).- Son inflamables en mezcla de proporción igual o inferior al 13%, en volumen, con el aire.
- II).- Tienen una gama de inflamabilidad con el aire de al menos el 12 %, independientemente del límite inferior de inflamabilidad. Ésta se determinará por vía de ensayo o de cálculo, de conformidad con los métodos adoptados por la Organización Internacional de Normalización (véase la norma ISO 10156:1996). Cuando no se disponga de datos suficientes para aplicar dichos métodos, podrá emplearse un método de ensayo equiparable reconocido por alguna autoridad nacional competente.

b).- División 2.2: Gases no inflamables y no tóxicos que se transportan a una presión no inferior a 280 kPa a 20 °C, o como líquidos refrigerados, y que:

- I).- Son asfixiantes: gases que diluyen o sustituyen el oxígeno presente normalmente en la atmósfera.
- II).- Son comburentes: gases que, generalmente liberando oxígeno, pueden provocar o facilitar la combustión de otras sustancias en mayor medida que el aire.
- III).- No pueden incluirse en ninguna otra división.

c).- División 2.3: Gases tóxicos respecto de los cuales:

- I).- Existe constancia de que son tóxicos o corrosivos para los seres humanos, hasta el punto que entrañan un riesgo para la salud.

NOTA: Los gases que respondan a estos criterios en razón de su corrosividad han de clasificarse como tóxicos, con riesgo secundario de corrosividad. Para los gases y las mezclas de gases que presenten riesgos relacionados con más de una división, el orden de preponderancia es el siguiente:

- a).- La división 2.3 prevalece sobre todas las demás.
- b).- La división 2.1 prevalece sobre la división 2.2.

Clase 3.- Líquidos inflamables

1.- Esta clase de sustancias peligrosas comprende:

a).- Líquidos inflamables: Son mezclas de líquidos o líquidos que contienen sustancias sólidas en solución o suspensión (por ejemplo, pinturas, barnices, lacas, etc., siempre que no se trate de sustancias incluidas en otras clases por sus características peligrosas) que desprenden vapores inflamables a una temperatura no superior a 60.5°C en ensayos en vaso cerrado o no superior a 65.6 °C en ensayos en vaso abierto, comúnmente conocida como su punto de inflamación. En esta clase también figuran:

I).- Los líquidos que se presenten para el transporte a temperaturas iguales o superiores a las de su punto de inflamación.

II).- Las sustancias que se transportan o se presentan para el transporte a temperaturas elevadas en estado líquido, y que desprenden vapores inflamables a una temperatura igual o superior a la temperatura máxima de transporte.

NOTA: Los líquidos que satisfacen la definición anterior y tienen un punto de inflamación superior a 35 °C pero no experimentan la combustión sostenida no necesitan considerarse inflamables a los efectos del presente trabajo. A los efectos de éste se considera que los líquidos no pueden sostener la combustión (esto es, no experimentan combustión sostenida en determinadas condiciones de prueba) cuando:

III).- Su punto de inflamación según la norma ISO 2592:2000 es superior a 100°C.

IV).- Se trata de soluciones miscibles en agua con un contenido de agua superior al 90%, en masa.

b).- Explosivos líquidos insensibilizados: Sustancias explosivas que se han disuelto en agua o en otros líquidos con los que forma una mezcla líquida homogénea, con el fin de suprimir sus propiedades explosivas.

Clase 4.- Sólidos inflamables, sustancias que presentan riesgo de combustión espontánea y sustancias que, en contacto con el agua, desprenden gases inflamables

1.- Esta clase de sustancias peligrosas consta de las divisiones siguientes:

a).- División 4.1: Sustancias sólidas que, en las condiciones que se dan durante el transporte, se inflaman con facilidad o pueden provocar o activar incendios por rozamiento; sustancias que reaccionan espontáneamente que pueden experimentar una reacción exotérmica intensa; explosivos sólidos insensibilizados que pueden explotar si no están suficientemente diluidos.

b).- División 4.2: Sustancias que pueden calentarse espontáneamente en las condiciones normales de transporte o al entrar en contacto con el aire y que entonces pueden inflamarse.

c).- División 4.3: Sustancias que, al reaccionar con el agua, son susceptibles de inflamarse espontáneamente o desprender gases inflamables en cantidades peligrosas, ciertas sustancias, en contacto con el agua, tienden a desprender gases inflamables que pueden formar mezclas explosivas con el aire. Tales mezclas son fácilmente inflamadas por cualquier fuente ordinaria de ignición, como las llamas desnudas, las chispas producidas por las herramientas de mano o las bombillas sin protección. La onda expansiva y las llamas resultantes suponen un peligro para las personas y para el medio ambiente.

2.- En esta clase de sustancias peligrosas se distinguen las siguientes subdivisiones:

La división 4.1 comprende los siguientes tipos de sustancias:

a).- Sólidos inflamables: Son sólidos inflamables los que entran fácilmente en combustión y los que pueden producir incendios por rozamiento, son sólidos que entran fácilmente en combustión son sustancias pulverulentas, granuladas o pastosas que son peligrosas en situaciones en las que sea fácil que se inflamen por breve contacto con una fuente de ignición, como puede ser una cerilla encendida, y si la llama se propaga rápidamente. El peligro no sólo puede proceder del fuego, sino también de los productos tóxicos resultantes de la combustión. Los polvos metálicos son particularmente peligrosos por lo difícil que es sofocar el fuego producido por ellos, ya que los agentes de extinción normales, como el dióxido de carbono o el agua, pueden aumentar el peligro.

b).- Sustancias que reaccionan espontáneamente: Las sustancias que reaccionan espontáneamente (sustancias autorreactivas) son sustancias térmicamente inestables que pueden experimentar una descomposición exotérmica intensa incluso en ausencia de oxígeno (aire). La descomposición de las sustancias que reaccionan espontáneamente puede iniciarse por efecto del calor, el contacto con impurezas catalíticas (por ejemplo, ácidos, compuestos de metales pesados, bases, etc.), por fricción o por impacto. La velocidad de descomposición aumenta con la temperatura y varía según la sustancia, la descomposición de ésta, sobre todo si no se produce ignición, puede dar lugar a un desprendimiento de gases o vapores tóxicos. En el caso de ciertas sustancias que reaccionan espontáneamente, se regulará la temperatura. Algunas de ellas pueden descomponerse produciendo una explosión, sobre todo si van encerradas en un espacio limitado. Es posible modificar tal característica agregándoles diluyentes o empleando embalajes/envases apropiados. Algunas sustancias que reaccionan espontáneamente arden con gran intensidad.

c).- Explosivos sólidos insensibilizados: Los explosivos sólidos insensibilizados son sustancias que se humidifican con agua o alcoholes o se diluyen con otras sustancias formando una mezcla sólida homogénea con lo que se neutralizan sus propiedades explosivas.

La división 4.2 comprende los siguientes tipos de sustancias:

a).- Sustancias pirofóricas: Son sustancias, incluidas las mezclas y soluciones (líquidas o sólidas), que aún en pequeñas cantidades se inflaman al cabo de cinco minutos de entrar en contacto con el aire. Son las sustancias de la división 4.2 que presentan mayor tendencia a la combustión espontánea.

b).- Sustancias que experimentan calentamiento espontáneo: Son sustancias, distintas de las pirofóricas, que pueden calentarse espontáneamente en contacto con el aire, sin aporte de energía. Estas sustancias sólo se inflaman cuando están presentes en grandes cantidades (kilogramos) y después de un largo período de tiempo (horas o días).

Clase 5.- Sustancias comburentes y peróxidos orgánicos

1.- Esta clase de sustancias peligrosas consta de las divisiones siguientes:

a).- División 5.1: Sustancias comburentes que, sin ser necesariamente combustibles por sí mismas, pueden, por lo general al desprender oxígeno, provocar o favorecer la combustión de otras materias. Esas sustancias pueden estar contenidas en un objeto; además de que pueden ser sólidas o líquidas.

b).- División 5.2: Sustancias orgánicas (peróxidos orgánicos) que contienen la estructura bivalente -O-O- y pueden considerarse derivados del peróxido de hidrógeno, en el que uno o ambos átomos de hidrógeno han sido sustituidos por radicales orgánicos. Los peróxidos orgánicos son sustancias térmicamente inestables que pueden sufrir una descomposición exotérmica autoacelerada. Además, pueden tener una o varias de las propiedades siguientes:

- I).- Ser susceptibles de experimentar una descomposición explosiva.
- II).- Arder rápidamente.
- III).- Ser sensibles a los choques o a la fricción.
- IV).- Reaccionar peligrosamente con otras sustancias.
- V).- Producir lesiones en los ojos.

Clase 6.- Sustancias tóxicas y sustancias infecciosas

1.- Esta clase de sustancias peligrosas consta de las divisiones siguientes:

a).- División 6.1: Sustancias tóxicas que pueden causar la muerte o lesiones graves o pueden producir efectos perjudiciales para la salud del ser humano si se ingieren o inhalan o si entran en contacto con la piel. Para tal efecto se deben tener en cuenta las siguientes definiciones:

Dosis letal media (DL₅₀) para la toxicidad aguda por ingestión.- Es la dosis única, obtenida estadísticamente, de una sustancia de la que cabe esperar que, administrada por vía oral, cause la muerte de la mitad de un grupo de ratas albinas adultas jóvenes en el plazo de 14 días. El valor de DL₅₀ se expresa en términos de masa de la sustancia suministrada por peso del animal sometido al ensayo (mg/kg).

Dosis letal 50 (DL₅₀) para la toxicidad aguda por absorción cutánea.- Es la dosis de la sustancia que, administrada durante 24 horas por contacto continuo con la piel desnuda de un grupo de conejos albinos causa, con la máxima probabilidad, la muerte de la mitad de los animales del grupo en el plazo de 14 días. El número de animales sometidos al ensayo será suficiente para que los resultados sean estadísticamente significativos y conformes con la buena práctica farmacológica. Los resultados se expresan en miligramos por kilogramo de masa corporal.

Concentración letal 50 (CL50) para la toxicidad aguda por inhalación.- Es la concentración de vapor, niebla o polvo que, administrada por inhalación continua durante una hora a un grupo de ratas albinas adultas jóvenes, machos y hembras, causa, con la máxima probabilidad, la muerte de la mitad de los animales del grupo en el plazo de 14 días.

b).- División 6.2: Sustancias infecciosas respecto de las cuales se saben o se cree que contienen agentes patógenos. Los agentes patógenos se definen como microorganismos (tales como las bacterias, virus, parásitos y hongos) y otros agentes tales como priones, que pueden causar enfermedades infecciosas en los animales o en los seres humanos. Para tal efecto se deben tener en cuenta las siguientes definiciones:

Concentración letal 50 (CL50) para la toxicidad aguda por inhalación.- Es la concentración de vapor, niebla o polvo que, administrada por inhalación continua durante una hora a un grupo de ratas albinas adultas jóvenes, machos y hembras, causa, con la máxima probabilidad, la muerte de la mitad de los animales del grupo en el plazo de 14 días.

Productos biológicos.- Son los productos derivados de organismos vivos, fabricados y distribuidos de conformidad con lo dispuesto por las autoridades nacionales competentes, las cuales pueden imponer condiciones especiales para su autorización, destinados a la prevención, el tratamiento o el diagnóstico de enfermedades del ser humano o de los animales o con fines conexos de elaboración, experimentación o investigación. Pueden incluir, sin estar necesariamente limitados a ellos, productos acabados o no acabados, como vacunas.

Cultivos (material de laboratorio).- Son el resultado de un proceso por el que los agentes patógenos se amplifican o propagan con el fin de generar concentraciones elevadas, aumentando así el riesgo de infección cuando se está expuesto a ellos. Esta definición se refiere a los cultivos preparados para generar deliberadamente agentes patógenos y no comprende los cultivos que se destinan a diagnóstico y fines clínicos.

Microorganismos y organismos modificados genéticamente.- Son los microorganismos y organismos en los que mediante la ingeniería genética se ha alterado deliberadamente el material genético de un modo que no se produce de forma natural.

Desechos médicos o clínicos.- Son los desechos derivados del tratamiento médico de animales o de seres humanos, o bien de la investigación biológica.

Clase 7.- Materiales radioactivos

Para esta clase de sustancias peligrosas se entenderá por material radioactivo como todo material que contenga radionucleidos en los cuales tanto la concentración de actividad como la actividad total de la remesa excedan los valores especificados por las normas de la Organización de las Naciones Unidas.

Clase 8.- Sustancias corrosivas

Para esta clase de sustancias peligrosas se entenderá como sustancia corrosiva a aquella que, por su acción química, causan lesiones graves a los tejidos vivos con que entran en contacto o que, si se produce un escape, pueden causar daños de consideración a otras mercancías o a los medios de transporte, o incluso destruirlos.

Clase 9.- Sustancias y objetos peligrosos varios

Para esta clase de sustancias peligrosas se entenderá como sustancias y objetos peligrosos varios a aquellos que presentan un riesgo distinto de los correspondientes a las demás clases. Los microorganismos genéticamente modificados (MOGM) y los organismos genéticamente modificados (OGM) son microorganismos y organismos en los que el material genético se ha alterado deliberadamente mediante ingeniería genética de un modo que no se produce de forma natural, esta clase de sustancias peligrosas comprende, entre otras cosas:

- a).- Las sustancias peligrosas para el medio ambiente.
- b).- Sustancias que se transportan a temperatura elevada (es decir, sustancias que se transportan o se ofrecen para el transporte a temperaturas iguales o superiores a 100 °C, en estado líquido o a temperaturas iguales o superiores a 240 °C, en estado sólido).
- c).- Los MOGM o los OGM que no responden a la definición de sustancias infecciosas pero que pueden provocar en los animales, plantas o sustancias microbiológicas modificaciones que normalmente no se producirían como resultado de la reproducción natural.

Lista de mercancías explosivas ideada por la Organización de las Naciones Unidas

Para comprender el contenido de la siguiente lista se deberán tener en cuenta las siguientes notas, aunque cabe hacer mención que solamente se muestran las sustancias correspondientes a la clase 1 (explosivos), debido a que el presente trabajo se enfoca al almacenamiento de estas sustancias.

NOTA: La columna No. 1 corresponde al número de serie asignado al objeto o sustancia en el sistema de las Naciones Unidas.

NOTA: La columna No. 2 corresponde al nombre y descripción, en esta columna se da la designación oficial.

NOTA: La columna No. 3 corresponde a la "Clase o división": indica la clase o división, y por consiguiente será el grupo de compatibilidad asignado al objeto o sustancia.

Lista de mercancías explosivas

Número ONU.	Nombre y descripción	Clase o división
0004	PICRATO AMONICO SECO O HUMIDIFICADO CON MENOS DEL 10%, EN MASA, DE AGUA.	1.1D
0005	CARTUCHOS PARA ARMAS, CON CARGA EXPLOSIVA	1.1F
0006	CARTUCHOS PARA ARMAS, CON CARGA EXPLOSIVA.	1.1E
0007	CARTUCHOS PARA ARMAS, CON CARGA EXPLOSIVA.	1.2F
0009	MUNICIONES INCENDIARIAS CON O SIN CARGA DISPERSORA, CARGA EXPULSORA O CARGA PROPULSORA.	1.2G
0010	MUNICIONES INCENDIARIAS CON O SIN CARGA DISPERSORA, CARGA EXPULSORA O CARGA PROPULSORA.	1.3G
0012	CARTUCHOS PARA ARMAS, CON PROYECTIL INERTE, O CARTUCHOS PARA ARMAS DE PEQUEÑO CALIBRE.	1.4S
0014	CARTUCHOS PARA ARMAS, SIN BALA, O CARTUCHOS PARA ARMAS DE PEQUEÑO CALIBRE, SIN BALA	1.4S
0015	MUNICIONES FUMIGENAS CON O SIN CARGA DISPERSORA, CARGA EXPULSORA O CARGA PROPULSORA	1.2G
0016	MUNICIONES FUMIGENAS CON O SIN CARGA DISPERSORA, CARGA EXPULSORA O CARGA PROPULSORA.	1.3G
0018	MUNICIONES LACRIMOGÉNAS CON CARGA DISPERSORA, CARGA EXPULSORA O CARGA PROPULSORA.	1.2G
0019	MUNICIONES LACRIMOGENAS CON CARGA DISPERSORA, CARGA EXPULSORA O CARGA PROPULSORA.	1.3G
0020	MUNICIONES TOXICAS CON CARGA DISPERSORA, CARGA EXPULSORA O CARGA PROPULSORA.	1.2K
0021	MUNICIONES TOXICAS CON CARGA DISPERSORA, CARGA EXPULSORA O CARGA PROPULSORA.	1.3K

0027	PÓLVORA NEGRA (PÓLVORA DE CAÑÓN) EN FORMA DE GRANOS O POLVO.	1.1D
0028	PÓLVORA NEGRA (PÓLVORA DE CAÑÓN) COMPRIMIDA O PÓLVORA NEGRA (PÓLVORA DE CAÑÓN) EN COMPRIMIDOS.	1.1D
0029	DETONADORES NO ELÉCTRICOS PARA VOLADURAS.	1.1B
0030	DETONADORES ELÉCTRICOS PARA VOLADURAS.	1.1B
0033	BOMBAS CON CARGA EXPLOSIVA.	1.1F
0034	BOMBAS CON CARGA EXPLOSIVA.	1.1D
0035	BOMBAS CON CARGA EXPLOSIVA.	1.2D
0037	BOMBAS DE ILUMINACIÓN PARA FOTOGRAFÍA.	1.1F
0038	BOMBAS DE ILUMINACIÓN PARA FOTOGRAFÍA.	1.1D
0039	BOMBAS DE ILUMINACIÓN PARA FOTOGRAFÍA.	1.2G
0042	PETARDOS MULTIPLICADORES (CARTUCHOS MULTIPLICADORES) SIN DETONADOR.	1.1D
0043	CARGAS DISPERSORAS.	1.1D
0044	CEBOS DEL TIPO DE CÁPSULA.	1.4S
0048	CARGAS DE DEMOLICIÓN.	1.1D
0049	CARTUCHOS FULGURANTES.	1.1G
0050	CARTUCHOS FULGURANTES.	1.3G
0054	CARTUCHOS DE SEÑALES.	1.3G
0055	CARTUCHOS VACÍOS CON FULMINANTE.	1.4S
0056	CARGAS DE PROFUNDIDAD.	1.1D
0059	CARGAS HUECAS SIN DETONADOR.	1.1D
0060	CARGAS EXPLOSIVAS PARA PETARDOS MULTIPLICADORES.	1.1D
0065	MECHA DETONANTE FLEXIBLE.	1.1D
0066	MECHA DE COMBUSTIÓN RÁPIDA.	1.4G
0070	CIZALLAS CORTACABLES CON CARGA EXPLOSIVA.	1.4S
0072	CICLOTRIMETILENTRINITRAMINA (CICLONITA; RDX, HEXÓGENO) HUMIDIFICADA CON UN MÍNIMO DEL 15%, EN MASA, DE AGUA.	1.1D
0073	DETONADORES PARA MUNICIONES.	1.1B
0074	DIÁZODINITROFENOL HUMIDIFICADO CON UN MÍNIMO DEL 40%, EN MASA, DE AGUA O DE UNA MEZCLA DE ALCOHOL Y AGUA.	1.1A
0075	DINITRATO DE DIETILENGLICOL DESENSIBILIZADO CON UN MÍNIMO DEL 25%, EN MASA, DE FLEMADOR NO VOLÁTIL INSOLUBLE EN AGUA.	1.1D
0076	DINITROFENOL SECO O HUMIDIFICADO CON MENOS DEL 15%, EN MASA, DE AGUA.	1.1D
0077	DINITROFENOLATOS DE METALES ALCALINOS, SECOS O HUMIDIFICADOS CON MENOS DEL 15%, EN MASA, DE AGUA.	1.3C
0078	DINITRORRESORCINOL SECO O HUMIDIFICADO CON MENOS DEL 15%, EN MASA, DE AGUA.	1.1D
0079	HEXANITRODIFENILAMINA (DIPICRILAMINA; HEXILO).	1.1D
0081	EXPLOSIVOS PARA VOLADURAS, TIPO A.	1.1D
0082	EXPLOSIVOS PARA VOLADURAS, TIPO B.	1.1D
0083	EXPLOSIVOS PARA VOLADURAS, TIPO C.	1.1D
0084	EXPLOSIVOS PARA VOLADURAS, TIPO D.	1.1D
0092	BENGALAS DE SUPERFICIE.	1.3G
0093	BENGALAS AEREAAS.	1.3G
0094	PÓLVORA DE DESTELLOS.	1.1G
0099	EXPLOSIVOS SIN DETONADOR, PARA POZOS DE PETRÓLEO.	1.1D

0101	MECHA NO DETONANTE	1.3G
0102	MECHA DETONANTE CON ENVOLTURA METALICA.	1.2D
0103	MECHA DE INFLAMACIÓN, TUBULAR, CON ENVOLTURA METÁLICA.	1.4G
0104	MECHA DETONANTE DE EFECTO REDUCIDO, CON ENVOLTURA METÁLICA.	1.4D
0105	MECHA DE SEGURIDAD (MECHA LENTA O MECHA BICKFORD).	1.4S
0106	ESPOLETAS DETONANTES.	1.1B
0107	ESPOLETAS DETONANTES.	1.2B
0110	GRANADAS DE EJERCICIOS, DE MANO O DE FUSIL.	1.4S
0113	GUANILNITROSAMINO GUANILIDEN- HIDRACINA HUMIDIFICADA CON UN MÍNIMO DEL 30%, EN MASA, DE AGUA.	1.1A
0114	GUANILNITROSAMINO GUANILTETRACENO (TETRACENO) HUMIDIFICADO CON UN MÍNIMO DEL 30%. EN MASA, DE AGUA O DE UNA MEZCLA DE ALCOHOL Y AGUA.	1.1A
0118	HEXOLITA (HEXOTOL) SECA O HUMIDIFICADA CON MENOS DEL 15%, EN MASA, DE AGUA.	1.1D
0121	INFLAMADORES.	1.1G
0124	DISPOSITIVOS PORTADORES DE CARGAS HUECAS, CARGADOS, PARA PERFORACIÓN DE POZOS DE PETRÓLEO, SIN DETONADOR.	1.1D
0129	AZIDA DE PLOMO HUMIDIFICADA CON UN MÍNIMO DEL 20%, EN MASA, DE AGUA O DE UNA MEZCLA DE ALCOHOL Y AGUA.	1.1A
0130	ESTIFNATO DE PLOMO (TRINITORRESORCINATO DE PLOMO) HUMIDIFICADO CON UN MÍNIMO DEL 20%, EN MASA, DE AGUA O DE UNA MEZCLA DE ALCOHOL Y AGUA.	1.1A
0131	ENCENDEDORES PARA MECHAS DE SEGURIDAD.	1.4S
0132	SALES METÁLICAS DEFLAGRANTES DE DERIVADOS NITRADOS AROMÁTICOS.	1.3C
0133	HEXANITRATO DE MANITOL (NITROMANITA) HUMIDIFICADO CON UN MÍNIMO DEL 40%. EN MASA, DE AGUA O DE UNA MEZCLA DE ALCOHOL Y AGUA.	1.1D
0135	FULMINATO DE MERCURIO HUMIDIFICADO CON UN MÍNIMO DEL 20%, EN MASA, DE AGUA O DE UNA MEZCLA DE ALCOHOL Y AGUA.	1.1A
0136	MINAS CON CARGA EXPLOSIVA.	1.1F
0137	MINAS CON CARGA EXPLOSIVA.	1.1D
0138	MINAS CON CARGA EXPLOSIVA.	1.2D
0143	NITROGLICERINA DESENSIBILIZADA CON UN MÍNIMO DEL 40%, EN MASA, DE FLEMADOR NO VOLÁTIL INSOLUBLE EN AGUA.	1.1D
0144	NITROGLICERINA EN SOLUCIÓN ALCOHOLICA CON MAS DEL 1% PERO NO MÁS DEL 10% DE NITROGLICERINA.	1.1D
0146	NITROALMIDÓN SECO O HUMIDIFICADO CON MENOS DEL 20%, EN MASA, DE AGUA.	1.1D
0147	NITROUREA.	1.1D
0150	TETRANITRATO DE PENTAERITRITA (TETRANITRATO DE PENTAERITRITOL; PENTRITA; TNPE) HUMIDIFICADO CON UN MÍNIMO DEL 25%, EN MASA, DE AGUA, O TETRANITRATO DE PENTAERITRITA (TETRANITRATO DE PENTAERITRITOL; PENTRITA; TNPE) DESENSIBILIZADO CON UN MÍNIMO DEL 15%, EN MASA, DE FLEMADOR.	1.1D
0151	PENTOLITA SECA O HUMIDIFICADA CON MENOS DEL 15%, EN MASA, DE AGUA.	1.1D
0153	TRINITROANILINA (PICRAMIDA).	1.1D
0154	TRINITROFENOL CON MENOS DEL 30%, EN MASA, DE AGUA.	1.1D

0155	TRINITROCLOROBENCENO (CLORURO DE PICRILLO).	1.1D
0159	GALLETAS DE POLVORA HUMIDIFICADA CON UN MÍNIMO DEL 25%, EN MASA, DE AGUA.	1.3C
0160	POLVORA SIN HUMO.	1.1C
0161	PÓLVORA SIN HUMO.	1.3C
0167	PROYECTILES CON CARGA EXPLOSIVA.	1.1F
0168	PROYECTILES CON CARGA EXPLOSIVA.	1.1D
0169	PROYECTILES CON CARGA EXPLOSIVA	1.2D
0171	MUNICIONES ILUMINANTES CON O SIN CARGA DISPERSORA, CARGA EXPULSORA O CARGA PROPULSORA.	1.2G
0173	CARGAS EXPLOSIVAS DE SEPARACION.	1.4S
0174	REMACHES EXPLOSIVOS.	1.4S
0180	COHETES CON CARGA EXPLOSIVA.	1.1F
0181	COHETES CON CARGA EXPLOSIVA.	1.1E
0182	COHETES CON CARGA EXPLOSIVA.	1.2E
0183	COHETES CON CABEZA INERTE	1.3C
0186	MOTORES DE COHETE.	1.3C
0190	MUESTRAS DE EXPLOSIVOS, EXCEPTO LOS EXPLOSIVOS INICIADORES.	
0191	ARTIFICIOS MANUALES DE PIROTECNIA PARA SEÑALES.	1.4G
0192	PETARDOS DE SEÑALES PARA FERROCARRILES, EXPLOSIVOS.	1.1G
0193	PETARDOS DE SEÑALES PARA FERROCARRILES, EXPLOSIVOS.	1.4S
0194	SEÑALES DE SOCORRO PARA BARCOS.	1.1G
0195	SEÑALES DE SOCORRO PARA BARCOS.	1.3G
0196	SEÑALES FUMIGENAS.	1.1G
0197	SEÑALES FUMÍGENAS.	1.4G
0204	CARGAS EXPLOSIVAS PARA SONDEOS.	1.2F
0207	TETRANITROANILINA	1.1D
0208	TRINITROFENILMETILNITRAMINA (TETRILO).	1.1D
0209	TRINITROTOLUENO (TNT) SECO O HUMIDIFICADO CON MENOS DEL 30%, EN MASA, DE AGUA.	1.1D
0212	TRAZADORES PARA MUNICIONES.	1.3G
0213	TRINITROANISOL.	1.1D
0214	TRINITROBENCENO SECO O HUMIDIFICADO CON MENOS DEL 30%, EN MASA, DE AGUA.	1.1D
0215	ÁCIDO TRINITROBENZOICO SECO O HUMIDIFICADO CON MENOS DEL 30%, EN MASA, DE AGUA.	1.1D
0216	TRINITRO-M-CRESOL.	1.1D
0217	TRINITRONAFTALEN.	1.1D
0218	TRINITROFENETOL	1.1D
0219	TRINITRORRESORCINOL (TRINITRORRESORCINA; ÁCIDO ESTÉRNICO) SECO O HUMIDIFICADO CON MENOS DEL 20%, EN MASA, DE AGUA O DE UNA MEZCLA DE ALCOHOL Y AGUA	1.1D
0220	NITRATO DE UREA SECO O HUMIDIFICADO CON MENOS DEL 20%, EN MASA, DE AGUA.	1.1D
0221	CABEZAS DE COMBATE PARA TORPEDOS, CON CARGA EXPLOSIVA.	1.1D
0222	NITRATO AMÓNICO CON MÁS DEL 0,2% DE MATERIAS COMBUSTIBLES, INCLUYENDO CUALQUIER SUSTANCIA ORGÁNICA EXPRESADA EN EQUIVALENTE DE CARBONO, CON EXCLUSIÓN DE CUALQUIER OTRA SUSTANCIA AÑADIDA.	1.1D

0224	AZIDA DE BARIO SECA O HUMIDIFICADA CON MENOS DEL 50%, EN MASA, DE AGUA.	1.1A
0225	PETARDOS MULTIPLICADORES (CARTUCHOS MULTIPLICADORES) CON DETONADOR.	1.1B
0226	CICLOTETRAMETILENTETRANITRAMINA (OCTOGENO; HMX) HUMIDIFICADA CON UN MÍNIMO DEL 15%, EN MASA, DE AGUA.	1.1D
0234	DINITRO-O-CRESOLATO SÓDICO SECO O HUMIDIFICADO CON MENOS DEL 15%, EN MASA, DE AGUA.	1.3C
0235	PICRAMATO SÓDICO SECO O HUMIDIFICADO CON MENOS DEL 20%, EN MASA, DE AGUA.	1.3C
0236	PICRAMATO DE CIRCONIO SECO O HUMIDIFICADO CON MENOS DEL 20%, EN MASA, DE AGUA.	1.3C
0237	MECHA DETONANTE PERFILADA FLEXIBLE.	1.4D
0238	COHETES LANZACABOS.	1.2G
0240	COHETES LANZACABOS.	1.3G
0241	EXPLOSIVOS PARA VOLADURAS, TIPO E.	1.1D
0242	CARGAS PROPULSORAS DE ARTILLERÍA.	1.3C
0243	MUNICIONES INCENDIARIAS DE FÓSFORO BLANCO, CON CARGA DISPERSORA, CARGA EXPULSORA O CARGA PROPULSORA.	1.2H
0244	MUNICIONES INCENDIARIAS DE FOSFORO BLANCO, CON CARGA DISPERSORA, CARGA EXPULSORA O CARGA PROPULSORA.	1.3H
0245	MUNICIONES FUMIGENAS DE FÓSFORO BLANCO, CON CARGA DISPERSORA, CARGA EXPULSORA O CARGA PROPULSORA.	1.2H
0246	MUNICIONES FUMIGENAS DE FÓSFORO BLANCO, CON CARGA DISPERSORA, CARGA EXPULSORA O CARGA PROPULSORA.	1.3H
0247	MUNICIONES INCENDIARIAS EN FORMA DE LÍQUIDO O DE GEL, CON CARGA DISPERSORA, CARGA EXPULSORA O CARGA PROPULSORA.	1.3J
0248	DISPOSITIVOS ACTIVADOS POR EL AGUA, CON CARGA DISPERSORA, CARGA EXPULSORA O CARGA PROPULSORA.	1.2L
0249	DISPOSITIVOS ACTIVADOS POR EL AGUA, CON CARGA DISPERSORA, CARGA EXPULSORA O CARGA PROPULSORA.	1.3L
0250	MOTORES DE COHETE CON LÍQUIDOS HIPERGÓLICOS, CON O SIN CARGA EXPULSORA.	1.3L
0254	MUNICIONES ILUMINANTES CON O SIN CARGA DISPERSORA, CARGA EXPULSORA O CARGA PROPULSORA.	1.3G
0255	DETONADORES ELÉCTRICOS PARA VOLADURAS.	1.4B
0257	ESPOLETAS DETONANTES.	1.4B
0266	OCTOLITA (OCTOL) SECA O HUMIDIFICADA CON MENOS DEL 15%, EN MASA, DE AGUA.	1.1D
0267	DETONADORES NO ELÉCTRICOS PARA VOLADURAS.	1.4B
0268	PETARDOS MULTIPLICADORES (CARTUCHOS MULTIPLICADORES) CON DETONADOR.	1.2B
0271	CARGAS PROPULSORAS.	1.1C
0272	CARGAS PROPULSORAS.	1.3C
0275	CARTUCHOS DE ACCIONAMIENTO.	1.3C
0276	CARTUCHOS DE ACCIONAMIENTO.	1.4C
0277	CARTUCHOS DE PERFORACIÓN DE POZOS PETROLÍFEROS.	1.3C
0278	CARTUCHOS DE PERFORACIÓN DE POZOS PETROLÍFEROS.	1.4C
0279	CARGAS PROPULSORAS DE ARTILLERÍA.	1.1C
0280	MOTORES DE COHETE.	1.1C
0281	MOTORES DE COHETE.	1.2C

0282	NITROGUANIDINA (PICRITA) SECA O HUMIDIFICADA CON MENOS DEL 20%. EN MASA, DE AGUA.	1.1D
0283	PETARDOS MULTIPLICADORES (CARTUCHOS MULTIPLICADORES) SIN DETONADOR.	1.2D
0284	GRANADAS DE MANO O DE FUSIL, CON CARGA EXPLOSIVA.	1.1D
0285	GRANADAS DE MANO O DE FUSIL, CON CARGA EXPLOSIVA.	1.2D
0286	CABEZAS DE COMBATE PARA COHETES, CON CARGA EXPLOSIVA.	1.1D
0287	CABEZAS DE COMBATE PARA COHETES, CON CARGA EXPLOSIVA.	1.2D
0288	MECHA DETONANTE PERFILADA FLEXIBLE.	1.1D
0289	MECHA DETONANTE FLEXIBLE.	1.4D
0290	MECHA DETONANTE CON ENVOLTURA METALICA.	1.1D
0291	BOMBAS CON CARGA EXPLOSIVA.	1.2F
0292	GRANADAS DE MANO O DE FUSIL, CON CARGA EXPLOSIVA.	1.1F
0293	GRANADAS DE MANO O DE FUSIL, CON CARGA EXPLOSIVA.	1.2F
0294	MINAS CON CARGA EXPLOSIVA.	1.2F
0295	COHETES CON CARGA EXPLOSIVA.	1.2F
0296	CARGAS EXPLOSIVAS PARA SONDEOS.	1.1F
0297	MUNICIONES ILUMINANTES CON O SIN CARGA DISPERSORA, CARGA EXPULSORA O CARGA PROPULSORA.	1.4G
0299	BOMBAS DE ILUMINACIÓN PARA FOTOGRAFÍA.	1.3G
0300	MUNICIONES INCENDIARIAS CON O SIN CARGA DISPERSORA, CARGA EXPULSORA O CARGA PROPULSORA.	1.4G
0301	MUNICIONES LACRIMOGENAS CON CARGA DISPERSORA.	1.4G
0303	MUNICIONES FUMÍGENAS CON O SIN CARGA DISPERSORA, CARGA EXPULSORA O CARGA PROPULSORA.	1.4G
0305	PÓLVORA DE DESTELLOS (FOTOPÓLVORA).	1.3G
0306	TRAZADORES PARA MUNICIONES.	1.4G
0312	CARTUCHOS DE SEÑALES.	1.4G
0313	SEÑALES FUMÍGENAS.	1.2G
0314	INFLAMADORES.	1.2G
0315	INFLAMADORES.	1.3G
0316	ESPOLETAS DE IGNICIÓN.	1.3G
0317	ESPOLETAS DE IGNICIÓN.	1.4G
0318	GRANADAS DE EJERCICIOS, DE MANO O DE FUSIL.	1.3G
0319	CEBOS TUBULARES.	1.3G
0320	CEBOS TUBULARES.	1.4G
0321	CARTUCHOS PARA ARMAS, CON CARGA EXPLOSIVA.	1.2E
0322	MOTORES DE COHETE CON LÍQUIDOS HIPERGOLICOS, CON O SIN CARGA EXPULSORA.	1.2L
0323	CARTUCHOS DE ACCIONAMIENTO.	1.4S
0324	PROYECTILES CON CARGA EXPLOSIVA.	1.2F
0325	INFLAMADORES.	1.4G
0326	CARTUCHOS PARA ARMAS, SIN BALA.	1.1C
0327	CARTUCHOS PARA ARMAS, SIN BALA, O CARTUCHOS PARA ARMAS DE PEQUEÑO CALIBRE, SIN BALA.	1.3C
0328	CARTUCHOS PARA ARMAS, CON PROYECTIL INERTE.	1.2C
0329	TORPEDOS CON CARGA EXPLOSIVA.	1.1E
0330	TORPEDOS CON CARGA EXPLOSIVA.	1.1F

0331	EXPLOSIVO PARA VOLADURAS, TIPO B (AGENTE PARA VOLADURAS, TIPO B).	1.5D
0332	EXPLOSIVO PARA VOLADURAS, TIPO E (AGENTE PARA VOLADURAS, TIPO E).	1.5D
0333	ARTIFICIOS DE PIROTECNIA.	1.1G
0334	ARTIFICIOS DE PIROTECNIA.	1.2G
0335	ARTIFICIOS DE PIROTECNIA.	1.3G
0336	ARTIFICIOS DE PIROTECNIA.	1.4G
0337	ARTIFICIOS DE PIROTECNIA.	1.4S
0338	CARTUCHOS PARA ARMAS, SIN BALA O CARTUCHOS PARA ARMAS DE PEQUEÑO CALIBRE, SIN BALA.	1.4C
0339	CARTUCHOS PARA ARMAS, CON PROYECTIL INERTE, O CARTUCHOS PARA ARMAS DE PEQUEÑO CALIBRE.	1.4C
0340	NITROCELULOSA SECA O HUMIDIFICADA CON MENOS DEL 25%, EN MASA, DE AGUA (O DE ALCOHOL).	1.1D
0341	NITROCELULOSA NO MODIFICADA O PLASTIFICADA CON MENOS DEL 18%, EN MASA, DE PLASTIFICANTE.	1.1D
0342	NITROCELULOSA HUMIDIFICADA CON UN MÍNIMO DEL 25%, EN MASA, DE ALCOHOL.	1.3C
0343	NITROCELULOSA PLASTIFICADA CON UN MÍNIMO DEL 18%, EN MASA, DE PLASTIFICANTE.	1.3C
0344	PROYECTILES CON CARGA EXPLOSIVA.	1.4D
0345	PROYECTILES INERTES CON TRAZADOR.	1.4S
0346	PROYECTILES CON CARGA DISPERSORA O CARGA EXPULSORA.	1.2D
0347	PROYECTILES CON CARGA DISPERSORA O CARGA EXPULSORA.	1.4D
0348	CARTUCHOS PARA ARMAS, CON CARGA EXPLOSIVA.	1.4F
0349	OBJETOS EXPLOSIVOS.	1.4S
0350	OBJETOS EXPLOSIVOS.	1.4B
0351	OBJETOS EXPLOSIVOS.	1.4C
0352	OBJETOS EXPLOSIVOS.	1.4D
0353	OBJETOS EXPLOSIVOS.	1.4G
0354	OBJETOS EXPLOSIVOS.	1.1L
0355	OBJETOS EXPLOSIVOS.	1.2L
0356	OBJETOS EXPLOSIVOS.	1.3L
0357	SUSTANCIAS EXPLOSIVAS.	1.1L
0358	SUSTANCIAS EXPLOSIVAS.	1.2L
0359	SUSTANCIAS EXPLOSIVAS.	1.3L
0360	CONJUNTOS DE DETONADORES NO ELECTRICOS PARA VOLADURAS.	1.1B
0361	CONJUNTOS DE DETONADORES NO ELÉCTRICOS PARA VOLADURAS.	1.4B
0362	MUNICIONES DE EJERCICIOS.	1.4G
0363	MUNICIONES DE PRUEBA.	1.4G
0364	DETONADORES PARA MUNICIONES.	1.2B
0365	DETONADORES PARA MUNICIONES.	1.4B
0366	DETONADORES PARA MUNICIONES.	1.4S
0367	ESPOLETAS DETONANTES.	1.4S
0368	ESPOLETAS DE IGNICIÓN.	1.4S
0369	CABEZAS DE COMBATE PARA COHETES, CON CARGA EXPLOSIVA.	1.1F

0370	CABEZAS DE COMBATE PARA COHETES, CON CARGA DISPERSORA O CARGA EXPULSORA.	1.4D
0371	CABEZAS DE COMBATE PARA COHETES, CON CARGA DISPERSORA O CARGA EXPULSORA.	1.4F
0372	GRANADAS DE EJERCICIOS, DE MANO O DE FUSIL.	1.2G
0373	ARTIFICIOS MANUALES DE PIROTECNIA PARA SEÑALES.	1.4S
0374	CARGAS EXPLOSIVAS PARA SONDEOS	1.1D
0375	CARGAS EXPLOSIVAS PARA SONDEOS.	1.2D
0376	CEBOS TUBULARES.	1.4S
0377	CEBOS DEL TIPO DE CÁPSULA.	1.1B
0378	CEBOS DEL TIPO DE CÁPSULA.	1.4B
0379	CARTUCHOS VACÍOS CON FULMINANTE.	1.4C
0380	OBJETOS PIROFÓRICOS	1.2L
0381	CARTUCHOS DE ACCIONAMIENTO	1.2C
0382	COMPONENTES DE CADENAS DE EXPLOSIVOS.	1.2B
0383	COMPONENTES DE CADENAS DE EXPLOSIVOS.	1.4B
0384	COMPONENTES DE CADENAS DE EXPLOSIVOS.	1.4S
0385	5-NITROBENZOTRIAZOL	1.1D
0386	ÁCIDO TRINITROBENCENOSULFÓNICO.	1.1D
0388	MEZCLAS DE TRINITROTOLUENO (TNT) Y TRINITROBENCENO O MEZCLAS DE TRINITROTOLUENO (TNT) Y HEXANITROESTILBENO.	1.1D
0389	MEZCLAS DE TRINITROTOLUENO (TNT) CON TRINITROBENCENO Y HEXANITROESTILBENO.	1.1D
0390	TRITONAL	1.1D
0391	MEZCLAS DE CICLOTRIMETILEN- TRINITRAMINA (CICLONITA; HEXÓGENO; RDX) Y CICLOTETRAMETILENTETRANITRAMINA (OCTÓGENO; HMX) HUMIDIFICADAS CON UN MÍNIMO DEL 15%, EN MASA, DE AGUA, O MEZCLAS DE CICLOTRIMETILENTRINITRAMINA (CICLONITA; HEXÓGENO; RDX) Y CICLOTETRAMETILENTETRA- NITRAMINA (OCTÓGENO; HMX) DESENSIBILIZADAS CON UN MÍNIMO DEL 10%, EN MASA, DE FLEMADOR.	1.1D
0392	HEXANITROESTILBENO.	1.1D
0393	HEXOTONAL	1.1D
0394	TRINITRORRESORCINOL (TRINITRORRESORCINA; ÁCIDO ESTÍFNICO) HUMIDIFICADO CON UN MÍNIMO DEL 20%, EN MASA, DE AGUA O DE UNA MEZCLA DE ALCOHOL Y AGUA.	1.1D
0395	MOTORES DE COHETE, DE COMBUSTIBLE LÍQUIDO.	1.2J
0396	MOTORES DE COHETE, DE COMBUSTIBLE LÍQUIDO.	1.3J
0397	COHETES DE COMBUSTIBLE LÍQUIDO, CON CARGA EXPLOSIVA.	1.1J
0398	COHETES DE COMBUSTIBLE LÍQUIDO, CON CARGA EXPLOSIVA.	1.2J
0399	BOMBAS QUE CONTIENEN UN LÍQUIDO INFLAMABLE, CON CARGA EXPLOSIVA.	1.1J
0400	BOMBAS QUE CONTIENEN UN LÍQUIDO INFLAMABLE, CON CARGA EXPLOSIVA.	1.2J
0401	SULFURO DE DIPCIRILO SECO O HUMIDIFICADO CON MENOS DEL 10%, EN MASA, DE AGUA	1.1D
0402	PERCLORATO AMÓNICO.	1.1D
0403	BENGALAS AÉREAS.	1.4G
0404	BENGALAS AÉREA.	1.4S

0405	CARTUCHOS DE SEÑALES.	1.4S
0406	DINITROSOBENCENO.	1.3C
0407	ÁCIDO TETRAZOL-1-ACÉTICO	1.4C
0408	ESPOLETAS DETONANTES CON DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN.	1.1D
0409	ESPOLETAS DETONANTES CON DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN.	1.2D
0410	ESPOLETAS DETONANTES CON DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN.	1.4D
0411	TETRANITRATO DE PENTAERITRITA (TETRANITRATO DE PENTAERITRITOL; TNPE) CON UN MÍNIMO DEL 7%. EN MASA. DE CERA.	1.1D
0412	CARTUCHOS PARA ARMAS, CON CARGA EXPLOSIVA.	1.4E
0413	CARTUCHOS PARA ARMAS, SIN BALA.	1.2C
0414	CARGAS PROPULSORAS DE ARTILLERÍA.	1.2C
0415	CARGAS PROPULSORAS.	1.2C
0417	CARTUCHOS PARA ARMAS, CON PROYECTIL INERTE, O CARTUCHOS PARA ARMAS DE PEQUEÑO CALIBRE.	1.3C
0418	BENGALAS DE SUPERFICIE.	1.1G
0419	BENGALAS DE SUPERFICIE.	1.2G
0420	BENGALAS AÉREAS.	1.1G
0421	BENGALAS AÉREAS.	1.2G
0424	PROYECTILES INERTES CON TRAZADOR.	1.3G
0425	PROYECTILES INERTES CON TRAZADOR.	1.4G
0426	PROYECTILES CON CARGA DISPERSORA O CARGA EXPULSORA.	1.2F
0427	PROYECTILES CON CARGA DISPERSORA O CARGA EXPULSORA.	1.4F
0428	OBJETOS PIROTÉCNICOS PARA USOS TÉCNICOS.	1.1G
0429	OBJETOS PIROTÉCNICOS PARA USOS TÉCNICOS.	1.2G
0430	OBJETOS PIROTÉCNICOS PARA USOS TÉCNICOS.	1.3G
0431	OBJETOS PIROTECNICOS PARA USOS TECNICOS.	1.4G
0432	OBJETOS PIROTECNICOS PARA USOS TECNICOS.	1.4S
0433	GALLETAS DE PÓLVORA HUMIDIFICADA CON UN MÍNIMO DEL 17%, EN MASA, DE ALCOHOL.	1.1C
0434	PROYECTILES CON CARGA DISPERSORA O CARGA EXPULSORA.	1.2G
0435	PROYECTILES CON CARGA DISPERSORA O CARGA EXPULSORA.	1.4G
0436	COHETES CON CARGA EXPULSORA.	1.2C
0437	COHETES CON CARGA EXPULSORA.	1.3C
0438	COHETES CON CARGA EXPULSORA.	1.4C
0439	CARGAS HUECAS SIN DETONADOR.	1.2D
0440	CARGAS HUECAS SIN DETONADOR.	1.4D
0441	CARGAS HUECAS SIN DETONADOR.	1.4S
0442	CARGAS EXPLOSIVAS PARA USOS CIVILES SIN DETONADOR.	1.1D
0443	CARGAS EXPLOSIVAS PARA USOS CIVILES SIN DETONADOR.	1.2D
0444	CARGAS EXPLOSIVAS PARA USOS CIVILES SIN DETONADOR.	1.4D
0445	CARGAS EXPLOSIVAS PARA USOS CIVILES, SIN DETONADOR.	1.4S
0446	VAINAS COMBUSTIBLES VACÍAS, SIN CEBO.	1.4C
0447	VAINAS COMBUSTIBLES VACÍAS, SIN CEBO.	1.3C

0448	ACIDO S-MERCAPTOTETRAZOL-1-ACETICO.	1.4C
0449	TORPEDOS CON COMBUSTIBLE LIQUIDO, CON O SIN CARGA EXPLOSIVA.	1.1J
0450	TORPEDOS CON COMBUSTIBLE LIQUIDO, CON CABEZA INERTE.	1.3J
0451	TORPEDOS CON CARGA EXPLOSIVA.	1.1D
0452	GRANADAS DE EJERCICIOS, DE MANO O DE FUSIL.	1.4G
0453	COHETES LANZACABOS.	1.4G
0454	INFLAMADORES.	1.4S
0455	DETONADORES NO ELÉCTRICOS PARA VOLADURAS.	1.4S
0456	DETONADORES ELÉCTRICOS PARA VOLADURAS.	1.4S
0457	CARGAS EXPLOSIVAS CON AGLUTINANTE PLÁSTICO.	1.1D
0458	CARGAS EXPLOSIVAS CON AGLUTINANTE PLÁSTICO.	1.2D
0459	CARGAS EXPLOSIVAS CON AGLUTINANTE PLÁSTICO.	1.4D
0460	CARGAS EXPLOSIVAS CON AGLUTINANTE PLÁSTICO.	1.4S
0461	COMPONENTES DE CADENAS DE EXPLOSIVOS.	1.1B
0462	OBJETOS EXPLOSIVOS.	1.1C
0463	OBJETOS EXPLOSIVOS.	1.1D
0464	OBJETOS EXPLOSIVOS.	1.1E
0465	OBJETOS EXPLOSIVOS.	1.1F
0466	OBJETOS EXPLOSIVOS.	1.2C
0467	OBJETOS EXPLOSIVOS.	1.2D
0468	OBJETOS EXPLOSIVOS.	1.2E
0469	OBJETOS EXPLOSIVOS.	1.2F
0470	OBJETOS EXPLOSIVOS.	1.3C
0471	OBJETOS EXPLOSIVOS.	1.4E
0472	OBJETOS EXPLOSIVOS.	1.4F
0473	SUSTANCIAS EXPLOSIVAS.	1.1A
0474	SUSTANCIAS EXPLOSIVAS.	1.1C
0475	SUSTANCIAS EXPLOSIVAS.	1.1D
0476	SUSTANCIAS EXPLOSIVAS.	1.1G
0477	SUSTANCIAS EXPLOSIVAS.	1.3C
0478	SUSTANCIAS EXPLOSIVAS.	1.3G
0479	SUSTANCIAS EXPLOSIVAS.	1.4C
0480	SUSTANCIAS EXPLOSIVAS.	1.4D
0481	SUSTANCIAS EXPLOSIVAS.	1.4S
0482	SUSTANCIAS EXPLOSIVAS MUY INSENSIBLES (SUSTANCIAS EMI).	1.5D
0483	CICLOTETRAMETILTRINITRAMINA (CICLONITA; HEXÓGENO; RDX) DESENSIBILIZADA.	1.1D
0484	CICLOTETRAMETILTETRANITRAMINA (OCTÓGENO; HMX) DESENSIBILIZADA.	1.1D
0485	SUSTANCIAS EXPLOSIVAS.	1.4G
0486	OBJETOS EXPLOSIVOS EXTREMADAMENTE INSENSIBLES (OBJETOS EEI).	1.6N
0487	SEÑALES FUMIGENAS.	1.3G
0488	MUNICIONES DE EJERCICIOS.	1.3G
0489	DINITROGLICOLURILO (DINGU).	1.1D
0490	NITROTRIAZOLONA (NTO).	1.1D
0491	CARGAS PROPULSORAS.	1.4C

0492	PETARDOS DE SEÑALES PARA FERROCARRILES, EXPLOSIVOS.	1.3G
0493	PETARDOS DE SEÑALES PARA FERROCARRILES, EXPLOSIVOS.	1.4G
0494	DISPOSITIVOS PORTADORES DE CARGAS HUECAS, CARGADOS, PARA PERFORACIÓN DE POZOS DE PETRÓLEO, SIN DETONADOR.	1.4D
0495	PROPULSANTE LÍQUIDO.	1.3C
0496	OCTONAL.	1.1D
0497	PROPULSANTE LÍQUIDO.	1.1C
0498	PROPULSANTE SÓLIDO.	1.1C
0499	PROPULSANTE SÓLIDO.	1.3C
0500	GRUPOS DE DETONADORES, NO ELECTRICOS PARA VOLADURAS.	1.4S
0501	PROPULSANTE SÓLIDO.	1.4C
0502	COHETES CON CABEZA INERTE	1.2C
0503	INFLADORES DE BOLSAS NEUMÁTICAS O MODULOS DE BOLSAS NEUMÁTICAS O PRETENSORES DE CINTURONES DE SEGURIDAD.	1.4G
0504	1H-TETRAZOL	1.1D

Lista de mercancías explosivas mencionadas en la Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos de la Secretaría de la Defensa Nacional

A continuación, se muestra la lista de sustancias explosivas que regula la Secretaría de la Defensa Nacional, por medio de la Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos, Título Tercero, artículo 41, apartado I, II, III, IV, y V, los cuales dicen lo siguiente:

Artículo 41.- Las disposiciones de este título son aplicables a todas las actividades relacionadas con las armas, objetos y materiales que a continuación se mencionan:

I.- Armas.-

- a).- Todas las armas de fuego permitidas, que figuran en los artículos 9 y 10 de esta Ley.
- b).- Armas de gas.
- c).- Cañones industriales.
- d).- Las partes constitutivas de las armas anteriores.

II.- Municiones.-

- a).- Municiones y sus partes constitutivas destinadas a las armas señaladas en la fracción anterior.
- b).- Los cartuchos empleados en las herramientas de fijación de anclas en la industria de la construcción y que para su funcionamiento usan pólvora.

III.- Pólvoras y explosivos.-

- a).- Pólvoras en todas sus composiciones.
- b).- Ácido picrico.
- c).- Dinitrotolueno.
- d).- Nitroalmidones.
- e).- Nitroglicerina.

-
- f).- Nitrocelulosa: Tipo fibrosa, humectada en alcohol, con una concentración de 12.2% de nitrógeno como máximo y con 30% de solvente como mínimo. Tipo cúbica (densa-pastosa), con una concentración del 12.2% de nitrógeno como máximo y hasta el 25% de solvente como mínimo;
 - g).- Nitroguanidina.
 - h).- Tetril.
 - i).- Pentrita (P.E.T.N.) o Penta Eritrita Tetranitrada.
 - j).- Trinitrotolueno.
 - k).- Fulminato de mercurio.
 - l).- Nitruros de plomo, plata y cobre.
 - m).- Dinamitas y amatoles.
 - n).- Estifanato de plomo.
 - o).- Nitrocarbonitratos (explosivos al nitrato de amonio).
 - p).- Ciclonita (R.D.X.).
 - q).- En general, toda sustancia, mezcla o compuesto con propiedades explosivas.

IV.- Artificios.-

- a).- Iniciadores.
- b).- Detonadores.
- c).- Mechas de seguridad.
- d).- Cordones detonantes.
- e).- Pirotécnicos.
- f).- Cualquier instrumento, máquina o ingenio con aplicación al uso de explosivos.

V.- Sustancias químicas relacionadas con explosivos.-

- a).- Cloratos.
- b).- Percloratos.
- c).- Sodio metálico.
- d).- Magnesio en polvo.
- e).- Fósforo.
- f).- Todas aquellas que por sí solas o combinadas sean susceptibles de emplearse como explosivos.

Como puede darse cuenta el lector, la Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos ofrece una información limitada en cuanto a sustancias explosivas se refiere. Por lo tanto, se recomienda que al momento de estar clasificando una sustancia explosiva se consulte tanto la Ley antes mencionada como la lista de mercancías explosivas ideada por la Organización de las Naciones Unidas.

II.- EFECTOS DE LAS EXPLOSIONES

En el siguiente capítulo, se mencionarán los efectos producidos por una explosión, mismos que se deberán considerar para el diseño de un polvorín, debiendo tener en cuenta, que dichos efectos están en función de la materia explosiva, es por eso, que en el capítulo anterior se clasificaron las sustancias explosivas de acuerdo a sus diversas características; además, cabe hacer mención que en este capítulo solamente se mencionan de una manera somera dichos efectos, debido a que el objetivo de este trabajo no es la investigación de la naturaleza de los mismos, también, cabe hacer mención que se tomó como base para la elaboración del presente capítulo la publicación del Departamento de la Defensa de los Estados Unidos de América, denominada DOD 6055.9-STD "Estándares de seguridad para las municiones y explosivos".

Es así, cuando se presenta una explosión dentro de un lugar cerrado, se producen diversos efectos que se deben tomar en cuenta tanto para el diseño de la estructura, como para la seguridad de las personas, debido a que éstos efectos afectan gravemente a la estabilidad de la misma y a la seguridad de las personas que se encuentran en el exterior. Así pues, los efectos más importantes a considerar para el diseño de un polvorín son los siguientes:

- **Salida de presión u onda de explosión.**
 - Onda de choque.
 - Onda de presión.

- **Fragmentos generados.**
 - Fragmentos primarios.
 - Fragmentos secundarios.

- **Peligros termales.**

- **Choque de tierra.**

- **Salida de presión u onda de explosión.-**

Cuando una explosión ocurre dentro de una estructura, se produce un lanzamiento violento de la energía de la detonación, produciendo un aumento repentino de la presión en este medio. El disturbio de la presión, es llamado "Onda de explosión", y es caracterizado por un incremento casi instantáneo de la presión del ambiente a una presión máxima del incidente (P_{so}), este aumento de presión viaja radialmente del punto de la explosión a una velocidad sónica o inclusive supersónica, misma que va disminuyendo conforme se va alejando del punto de detonación.

Así pues, la magnitud y forma de la onda de explosión dependen de la naturaleza de la energía liberada y de la distancia al epicentro de la explosión, es así, que las dos formas características de la onda de explosión son:

- a).- Onda de choque.
- b).- Onda de presión.

a).- Onda de choque: Este tipo de onda se caracteriza por un levantamiento súbito, casi instantáneo de la presión sobre las condiciones atmosféricas ambientales a un máximo de sobrepresión en una zona libre que puede ser lateral o incidental. La máxima sobrepresión lateral, gradualmente regresa al ambiente con algún amortiguamiento favorable de las oscilaciones de la presión, produciéndose así, una onda de presión negativa siguiendo a la fase positiva de la onda de explosión.

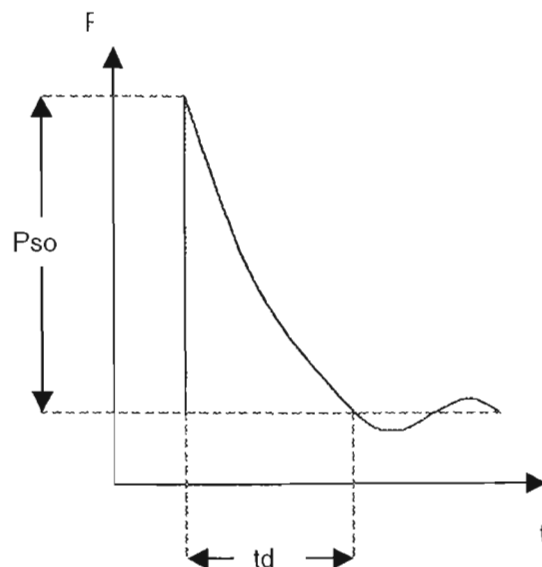


Fig. 7.- Onda de choque

b).- Onda de presión: Este tipo de onda tiene un levantamiento de presión gradual a la máxima sobrepresión lateral, seguida por una caída de presión gradual y una fase negativa similar a la onda de choque. Es decir, cuando ocurre una explosión dentro de una estructura, la presión máxima asociada al frente inicial del choque será extremadamente alta, y alternadamente será amplificada por las reflexiones dentro de la estructura. Además, la acumulación de gases de la explosión ejercerá presiones adicionales y aumentará la duración de la carga dentro de la estructura. Los efectos combinados de ambas presiones pueden destruir eventualmente la estructura si no se consolida suficientemente, o la ecuación no es adecuada para el gas y la presión del choque, o ambas no se proporcionan.

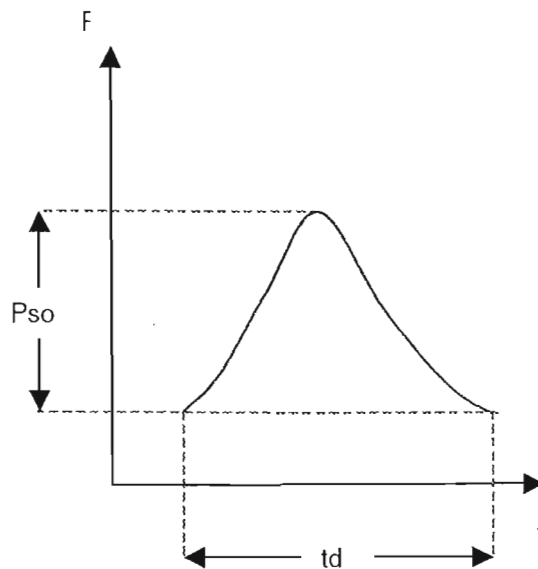


Fig. 8.- Onda de presión

Así pues para las estructuras que tienen una o más paredes consolidadas, las presiones excesivas de los gases pueden ser disipadas fuera de la estructura por medio de aberturas o mediante la construcción frangible de las paredes restantes, de la losa, o ambas, para que de esta manera, las presiones sean lanzadas y se amplíen radialmente y actúan en las estructuras, en las personas, o en ambas en una manera menos desfavorable.

- **Fragmentos generados.-**

Una consideración importante en el análisis del peligro asociado a una explosión accidental es el efecto de los fragmentos generados por la misma explosión. Estos fragmentos se conocen como:

- a).- Fragmentos primarios.
- b).- Fragmentos secundarios.

a).- Fragmentos primarios: Este tipo de fragmentos se forma como resultado del rompimiento del envase del explosivo. El envase puede ser la cubierta de las municiones convencionales, de las calderas, de las tolvas y de otros envases de metal utilizados en la fabricación de explosivos. Estos fragmentos son generalmente pequeños de tamaño y son proyectados a velocidades que están en el orden de millares de pies por segundo.

b).- Fragmentos secundarios: Este tipo de fragmentos se forma como resultado de las altas presiones de la onda de choque que impactan a los diversos componentes estructurales cercanos a la explosión. Estos fragmentos son algo más grandes de tamaño que los fragmentos primarios, además, son proyectados a velocidades que están en el orden de centenares de pies por segundo.

- **Peligros termales.-**

Cuando se presenta una detonación de algún explosivo, se libera una cierta cantidad de energía calorífica; dicha energía calorífica se debe tener en cuenta, debido a que en ocasiones puede ser tan grande que puede ser un peligro tanto como para las personas, como para los diversos elementos estructurales que se expongan a la misma. Así pues, el Departamento de Defensa de Estados Unidos indica que la ropa protectora que utilizara el personal deberá soportar una exposición a dicha energía calorífica equivalente a $0.3 \text{ caloría/cm}^2/\text{segundo}$, y es que ésta cantidad de energía calorífica es la que recibe aproximadamente una persona cuando realiza la acción de dar la vuelta para evadir una explosión.

- **Choque de tierra.-**

El choque de tierra producido por explosiones en instalaciones subterráneas puede poner en peligro los compartimientos cercanos y con ello producir daños a los edificios cercanos ubicados en la superficie. Se puede alcanzar la protección de los compartimientos cercanos mediante la ubicación de los mismos a una distancia apropiada, pero se debe tener en cuenta que dicha distancia esta en función de las condiciones geológicas específicas del sitio.

Así pues, en el capítulo denominado Cantidad-Distancia, se fijan las distancias necesarias entre cada edificación, las cuales están en función de la cantidad del tipo de explosivos a almacenar, para que de esta forma, se pueda plantear un diseño urbanístico (planta de conjunto de las edificaciones) correcto cuando se pretende construir todo un complejo industrial ó militar, o en su caso, determinar el lugar mas idóneo para ubicar un polvorín en un terreno con construcciones ya realizadas.

III.- CANTIDAD-DISTANCIA

En el siguiente capítulo, se mencionarán las distancias constructivas que se deben tener en cuenta para el diseño de un polvorín, es decir, el potencial de daños o de lesión que producen las explosiones esta determinado normalmente por la distancia que prevalece entre el polvorín ó Sitio Potencial de Explosión (SPE) y la edificación a proteger ó Sitio Expuesto (SE); así pues, la distancia constructiva que prevalece esta en función de la cantidad y de la clasificación de las sustancias peligrosas a almacenar (explosivos).

Establecimiento de las distancias en función del peso ó cantidad de explosivos

A continuación se fijarán las bases que se deben tener en cuenta para determinar el peso total de explosivos en un polvorín, para que de ésta forma se puedan calcular las distancias constructivas a utilizar. Se debe tener en cuenta, que dicha cálculo de peso total, está en función de las divisiones de sustancias peligrosas (explosivos) a almacenar en un polvorín.

- Cuando se almacenen explosivos clasificados en la división 1.1 y 1.2 en un mismo sitio, se determinará la distancia que se requiere para cada clasificación de explosivos, es decir, primero se calculará la distancia requerida para la cantidad de explosivos de la clasificación 1.1 y después se calculará la distancia requerida para la cantidad de explosivos de la clasificación 1.2, y la distancia mayor será la que prevalecerá. Sin embargo, existe la posibilidad de que el peso de los explosivos de la clasificación 1.2 sean agregados al peso de los explosivos de la clasificación 1.1 (debido a que existen ciertas equivalencias entre diversos explosivos de una y otra clasificación, además, la clasificación 1.1 es la que prevalece de entre estas dos) para tener el peso total de explosivos.
- Cuando se almacenen explosivos clasificados en la división 1.1 y 1.3 en un mismo sitio, se determinará la distancia requerida para la cantidad de explosivos de la clasificación 1.1. Sin embargo, existe la posibilidad de que el peso de los explosivos de la clasificación 1.3 sean agregados al peso de los explosivos de la clasificación 1.1 (debido a que existen ciertas equivalencias entre diversos explosivos de una y otra clasificación, además, la clasificación 1.1 es la que prevalece de entre estas dos) para tener el peso total de explosivos.

-
- Cuando se almacenen explosivos clasificados en la división 1.2 y 1.3 en un mismo sitio, se determinará la distancia que se requiere para cada clasificación de explosivos, es decir, primero se calculará la distancia requerida para la cantidad de explosivos de la clasificación 1.2 y después se calculará la distancia requerida para la cantidad de explosivos de la clasificación 1.3, y la distancia mayor será la que prevalecerá. En este caso, no se requiere que se combinen las cantidades de uno y otro explosivo.
 - Cuando se almacenen explosivos clasificados en la división 1.1, 1.2 y 1.3 en un mismo sitio, se determinará la distancia que se requiere para cada clasificación de explosivos, es decir, primero se calculará la distancia requerida para la cantidad de explosivos de la clasificación 1.1, después se calculará la distancia requerida para la cantidad de explosivos de la clasificación 1.2, y posteriormente se calculará la distancia requerida para la cantidad de explosivos de la clasificación 1.3, la distancia mayor será la que prevalecerá. Sin embargo, existe la posibilidad de que el peso de los explosivos de la clasificación 1.2 y 1.3 sean agregados al peso de los explosivos de la clasificación 1.1 (debido a que existen ciertas equivalencias entre diversos explosivos de una y otra clasificación, además, la clasificación 1.1 es la que prevalece de entre éstas tres) para tener el peso total de explosivos; o inclusive, existe la posibilidad de que el peso de los explosivos de la clasificación 1.2 y 1.3 sean sumados entre sí para tener el peso total de explosivos.
 - Cuando se almacenen explosivos clasificados en la división 1.5 se considerarán para este efecto, como si fueran de la clasificación 1.1.
 - Cuando se almacenan sustancias peligrosas (explosivos) clasificadas en la división 1.6 y 1.1 o 1.5 en un mismo sitio, se considerará a la división 1.6 equivalente a la división 1.1. Así pues, cuando se almacenen explosivos clasificados en la división 1.6 y 1.2 en un mismo sitio, se considerará a la división 1.6 equivalente a la división 1.2.
 - Cuando se almacenen explosivos clasificados en la división 1.6 y 1.3 en un mismo sitio, se determinará la distancia que se requiere para el peso de la suma de la división 1.6 con la división 1.3, y se considerará a tal cantidad de explosivos como si fueran de la división 1.3 solamente, y posteriormente, se considerará a tal cantidad de explosivos como si fueran de la división 1.6 solamente.
 - Cuando se almacenan sustancias peligrosas (explosivos) clasificadas en la división 1.1, 1.2, 1.3, 1.5 o 1.6, de una manera individual o en combinación, dicho peso no es afectado por la presencia de sustancias peligrosas de la división 1.4.

-
- Para determinar las distancias constructivas a manejar, se tomará como base la siguiente fórmula; aunque cabe hacer mención que dicha fórmula es el resultado de diversas investigaciones y observaciones que ha realizado el Departamento de defensa de los Estados Unidos, y es que para cada caso en particular dicha fórmula va a variar, como se podrá observar a continuación.

$$D = (K)(W)^{1/3}$$

donde:

D = Distancia en pies o en metros, dependiendo del sistema de medición.

K = Factor, en pies/libra^{1/3} o m/kg^{1/3}, dependiendo del sistema de medición.

W = Peso del explosivo, en libras o en kilogramos, dependiendo del sistema de medición.

Se debe tener en cuenta, que el valor de K está en función del riesgo permitido o asumido, además, el valor del factor K es aproximadamente 2.5 veces mayor cuando se está utilizando el sistema inglés, es decir, si $D (m) = (6)(W)^{1/3}$, entonces, $D (ft) = (15)(W)^{1/3}$, además, los requisitos de distancias por la fórmula con las unidades inglesas son expresados a veces por el valor K, usando la terminología K9, K11, K18, que significa que $K = 9$, $K = 11$ y $K = 18$.

- Se debe tener en cuenta, que para determinar las distancias de acuerdo a la cantidad máxima permitida de explosivos, se tomará como referencia la pared más cercana de la estructura que almacena a los explosivos.

Cantidad-Distancia para la división 1.1 de sustancias peligrosas

A continuación se muestran las distancias constructivas que se deben tener en cuenta en el diseño de un **polvorín con protección tipo terraplén de tierra**, con respecto a edificios habitados (EH), rutas de tránsito público (RTP), y edificios de producción (EP), para lo cual, es necesario consultar las notas que se muestran al final de la tabla, mismas que indican las bases del peligro presente, cabe hacer mención, que dichas distancias son también aplicables a otros tipos de polvorines (por ejemplo: con protección del tipo merlon)

Tabla Cantidad-Distancia para la división 1.1 de sustancias peligrosas con respecto a edificios habitados y rutas de tránsito público.

Peso Neto de Explosivo	Distancia en pies al edificio habitado (EH) más próximo				Distancia en pies a la ruta de tránsito público (RTP) más próxima			
	Compartimiento con protección tipo Merlón.			Otro	Compartimiento con Protección tipo Merlón.			Otro
	lbs	Frente	Lado	Parte posterior	SPE	Frente	Lado	Parte posterior
Col 1	Col 2 ^{1,8}	Col 3 ^{1,8}	Col 4 ^{2,8}	Col 5 ³	Col 6 ^{4,8}	Col 7 ^{5,8}	Col 8 ^{6,8}	Col 9 ⁷
1	500	250	250	1,250	300	150	150	750
2	500	250	250	1,250	300	150	150	750
5	500	250	250	1,250	300	150	150	750
10	500	250	250	1,250	300	150	150	750
20	500	250	250	1,250	300	150	150	750
30	500	250	250	1,250	300	150	150	750
40	500	250	250	1,250	300	150	150	750
50	500	250	250	1,250	300	150	150	750
100	500	250	250	1,250	300	150	150	750
150	500	250	250	1,250	300	150	150	750
200	700	250	250	1,250	420	150	150	750
250	700	250	250	1,250	420	150	150	750
300	700	250	250	1,250	420	150	150	750
350	700	250	250	1,250	420	150	150	750
400	700	250	250	1,250	420	150	150	750
450	700	250	250	1,250	420	150	150	750
500	1,250	1,250	1,250	1,250	750	750	750	750
600	1,250	1,250	1,250	1,250	750	750	750	750
700	1,250	1,250	1,250	1,250	750	750	750	750
800	1,250	1,250	1,250	1,250	750	750	750	750
900	1,250	1,250	1,250	1,250	750	750	750	750

1,000	1,250	1,250	1,250	1,250	750	750	750	750
1,500	1,250	1,250	1,250	1,250	750	750	750	750
2,000	1,250	1,250	1,250	1,250	750	750	750	750
3,000	1,250	1,250	1,250	1,250	750	750	750	750
4,000	1,250	1,250	1,250	1,250	750	750	750	750
5,000	1,250	1,250	1,250	1,250	750	750	750	750
6,000	1,250	1,250	1,250	1,250	750	750	750	750
7,000	1,250	1,250	1,250	1,250	750	750	750	750
8,000	1,250	1,250	1,250	1,250	750	750	750	750
9,000	1,250	1,250	1,250	1,250	750	750	750	750
10,000	1,250	1,250	1,250	1,250	750	750	750	750
15,000	1,250	1,250	1,250	1,250	750	750	750	750
20,000	1,250	1,250	1,250	1,250	750	750	750	750
25,000	1,250	1,250	1,250	1,250	750	750	750	750
30,000	1,250	1,250	1,250	1,250	750	750	750	750
35,000	1,250	1,250	1,250	1,310	750	750	750	785
40,000	1,250	1,250	1,250	1,370	750	750	750	820
45,000	1,250	1,250	1,250	1,425	750	750	750	855
50,000	1,290	1,290	1,250	1,475	775	775	750	885
55,000	1,330	1,330	1,250	1,520	800	800	750	910
60,000	1,370	1,370	1,250	1,565	820	820	750	940
65,000	1,405	1,405	1,250	1,610	845	845	750	965
70,000	1,440	1,440	1,250	1,650	865	865	750	990
75,000	1,475	1,475	1,250	1,685	885	885	750	1,010
80,000	1,510	1,510	1,250	1,725	905	905	750	1,035
85,000	1,540	1,540	1,250	1,760	925	925	750	1,055
90,000	1,570	1,570	1,250	1,795	940	940	750	1,075
95,000	1,595	1,595	1,250	1,825	960	960	750	1,095
100,000	1,625	1,625	1,250	1,855	975	975	750	1,115
110,000	1,740	1,740	1,290	1,960	1,045	1,045	770	1,175
120,000	1,855	1,855	1,415	2,065	1,110	1,110	850	1,240
125,000	1,910	1,910	1,480	2,115	1,165	1,165	890	1,270
130,000	1,965	1,965	1,545	2,165	1,180	1,180	925	1,300
140,000	2,070	2,070	1,675	2,255	1,245	1,245	1,005	1,355
150,000	2,175	2,175	1,805	2,350	1,305	1,305	1,085	1,410
160,000	2,280	2,280	1,935	2,435	1,370	1,370	1,160	1,460
170,000	2,385	2,385	2,070	2,520	1,430	1,430	1,240	1,515
175,000	2,435	2,435	2,135	2,565	1,460	1,460	1,280	1,540
180,000	2,485	2,485	2,200	2,605	1,490	1,490	1,320	1,565
190,000	2,585	2,585	2,335	2,690	1,550	1,550	1,400	1,615
200,000	2,680	2,680	2,470	2,770	1,610	1,610	1,480	1,660

225,000	2,920	2,920	2,810	2,965	1,750	1,750	1,685	1,780
250,000	3,150	3,150	3,150	3,150	1,890	1,890	1,890	1,890
275,000	3,250	3,250	3,250	3,250	1,950	1,950	1,950	1,950
300,000	3,345	3,345	3,345	3,345	2,005	2,005	2,005	2,005
325,000	3,440	3,440	3,440	3,440	2,065	2,065	2,065	2,065
350,000	3,525	3,525	3,525	3,525	2,115	2,115	2,115	2,115
375,000	3,605	3,605	3,605	3,605	2,165	2,165	2,165	2,165
400,000	3,685	3,685	3,685	3,685	2,210	2,210	2,210	2,210
425,000	3,760	3,760	3,760	3,760	2,250	2,250	2,250	2,250
450,000	3,830	3,830	3,830	3,830	2,300	2,300	2,300	2,300
475,000	3,900	3,900	3,900	3,900	2,340	2,340	2,340	2,340
500,000	3,970	3,970	3,970	3,970	2,380	2,380	2,380	2,380

NOTA 1.- Distancias indicadas en la columna 2 y 3.

Para 1-45,000 libras.- Se tiene presente la ruina, se puede utilizar la formula $D = (35)(W)^{1/3}$ si los fragmentos están ausentes, pero se recomienda utilizar las distancias ántes indicadas.

Para 45,000-100,000 libras.- Se tiene peligro por la onda de explosión. Se utilizó para tabular la siguiente fórmula: $D = (35)(W)^{1/3}$.

Para 100,000-250,000 libras.- Se tiene peligro por la onda de explosión. Se utilizó para tabular la siguiente fórmula: $D = (0.3955)(W)^{0.7227}$.

Para 250,000 libras o más.- Se tiene peligro por la onda de explosión. Se utilizó para tabular la siguiente fórmula: $D = (50)(W)^{0.7227}$.

NOTA 2.- Distancias indicadas en la columna 4.

Para 1-100,000 libras.- Se tiene presente la ruina, se puede utilizar la formula $D = (25)(W)^{1/3}$ si los fragmentos están ausentes, pero se recomienda utilizar las distancias ántes indicadas.

Para 100,000-250,000 libras.- Se tiene peligro por la onda de explosión. Se utilizó para tabular la siguiente fórmula: $D = (0.004125)(W)^{1.0898}$.

Para 250,000 libras o más.- Se tiene peligro por la onda de explosión. Se utilizó para tabular la siguiente fórmula: $D = (50)(W)^{\frac{1}{3}}$.

NOTA 3.- Distancias indicadas en la columna 5.

Para 1-30,000 libras.- Se tiene presente la ruina y los fragmentos. Se utilizó para tabular la siguiente fórmula: $D = (40)(W)^{\frac{1}{3}}$.

Para 30,000-100,000 libras.- Se tiene peligro por la onda de explosión. Se utilizó para tabular la siguiente fórmula: $D = (40)(W)^{\frac{1}{3}}$.

Para 100,000-250,000 libras.- Se tiene peligro por la onda de explosión. Se utilizó para tabular la siguiente fórmula: $D = (2.42)(W)^{0.577}$.

Para 250,000 libras o más.- Se tiene peligro por la onda de explosión. Se utilizó para tabular la siguiente fórmula: $D = (50)(W)^{\frac{1}{3}}$.

NOTA 4.- Distancias indicadas en la columna 6.

Tienen las mismas bases del peligro y son iguales al 60% de distancias de las columna 2.

NOTA 5.- Distancias indicadas en la columna 7.

Tienen las mismas bases del peligro y son iguales al 60% de distancias de las columna 3.

NOTA 6.- Distancias indicadas en la columna 8.

Tienen las mismas bases del peligro y son iguales al 60% de distancias de las columna 4.

NOTA 7.- Distancias indicadas en la columna 9.

Tienen las mismas bases del peligro y son iguales al 60% de distancias de las columna 5.

Tabla Cantidad-Distancia para la división 1.1 de sustancias peligrosas con respecto a edificios de producción (EP).

Peso Neto del Explosivo	Distancia en pies			Peso Neto del Explosivo	Distancia en pies		
	Factor del peligro				Factor del peligro		
	Con Barricada	Sin barricada	Notas		Con Barricada	Sin barricada	Notas
lbs	k=9	k=18		lbs	k=9	k=18	
50	33	66	1	70,000	371	742	
100	42	84		75,000	380	759	
200	53	105		80,000	388	776	
300	60	120		85,000	396	791	
400	66	133		90,000	403	807	
500	71	143		95,000	411	821	
600	76	152		100,000	418	835	
700	80	160		125,000	450	900	
800	84	167		150,000	478	956	
900	87	174		175,000	503	1,007	
1,000	90	180		200,000	526	1,053	
1,500	103	206		225,000	547	1,095	
2,000	113	227		250,000	567	1,134	
3,000	130	260		275,000	585	1,171	
4,000	143	286		300,000	602	1,205	
5,000	154	308		325,000	619	1,238	
6,000	164	327		350,000	634	1,269	
7,000	172	344		375,000	649	1,298	
8,000	180	360		400,000	663	1,326	
9,000	187	374		500,000	714	1,429	2
10,000	194	388		600,000	759	1,518	
15,000	222	444		700,000	799	1,598	
20,000	244	489		800,000	835	1,671	
25,000	263	526		900,000	869	1,738	
30,000	280	559		1,000,000	900	1,800	
35,000	294	589		1,500,000	1030	2,060	
40,000	308	616		2,000,000	1134	2,268	
45,000	320	640		2,500,000	1221	2,443	
50,000	332	663		3,000,000	1298	2,596	
55,000	342	685		3,500,000	1366	2,733	
60,000	352	705		4,000,000	1429	2,857	
65,000	362	724		5,000,000	1539	3,078	

NOTA 1.-

Para cantidades menores a 50 libras, la distancia puede ser menor, siempre y cuando la estructura puede contener totalmente los fragmentos y la ruina.

NOTA 2.-

Para cantidades mayores a 500,000 libras, solamente se autorizaran para propulsores del tipo IV.

Criterios para la localización de acuerdo a la Cantidad-Distancia para la división 1.1 de sustancias peligrosas con respecto a otros polvorines del mismo tipo.

Los polvorines que almacenen sustancias peligrosas correspondientes a la división 1.1, serán separados entre si de acuerdo a los siguientes criterios:

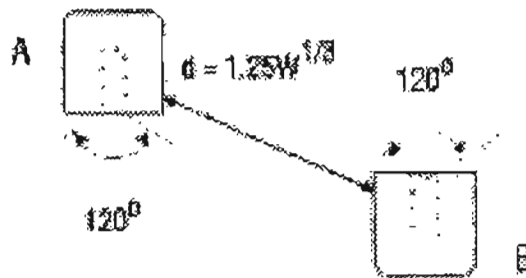


Fig. 9

Considerar al polvorín A como un sitio expuesto lado-lado.

Considerar al polvorín B como un sitio expuesto lado-lado.

Las orientaciones están ideadas considerando que la explosión fuese de un Sitio Potencial de Explosión (SPE) a un Sitio Expuesto (SE).

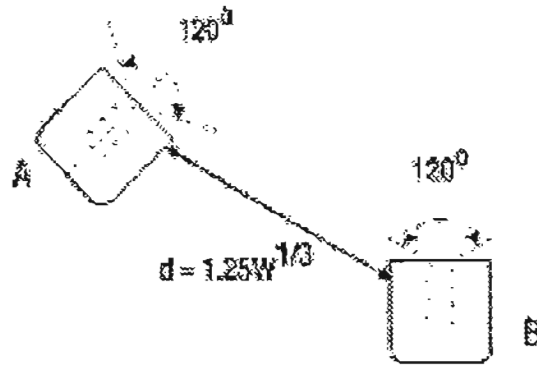


Fig. 10

Considerar la ubicación del polvorín A como un sitio expuesto lado-lado.

Considerar la ubicación del polvorín B como un sitio expuesto lado-lado.

Las orientaciones están ideadas considerando que la explosión fuese de un Sitio Potencial de Explosión (SPE) a un Sitio Expuesto (SE).

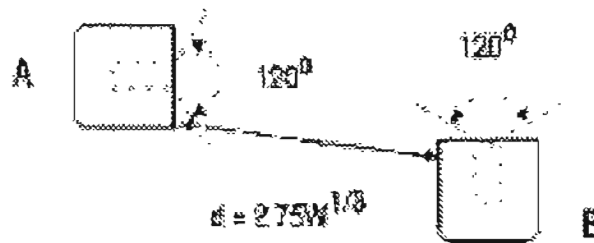


Fig. 11

Considerar la ubicación del polvorín A como un sitio expuesto lado-frente.

Considerar la ubicación del polvorín B como un sitio expuesto frente-lado.

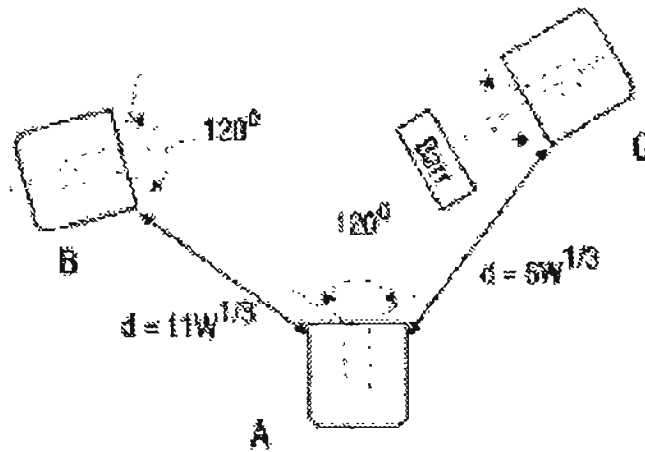


Fig. 12

Considerar la ubicación de cada polvorín como un sitio expuesto frente-frente.
 Considerar la ubicación del polvorín C como un sitio expuesto con una barricada.
 Considerar la ubicación de los polvorines A y B sin barricadas.

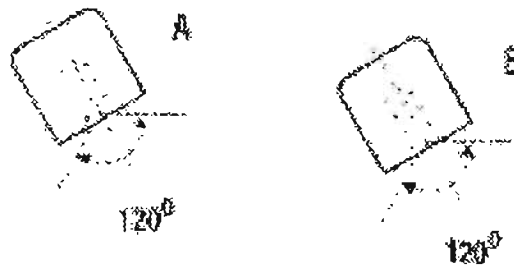


Fig. 13

Considerar la ubicación del polvorín A como un sitio expuesto lado-frente.
 Considerar la ubicación del polvorín B como un sitio expuesto frente-lado.

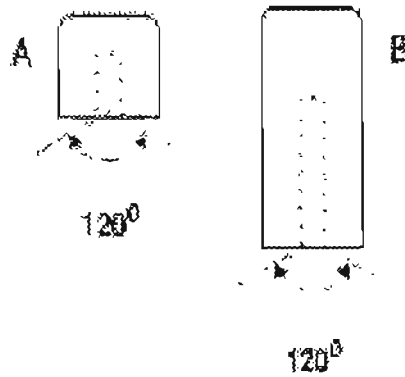


Fig. 14

Considerar la ubicación del polvorín A como un sitio expuesto lado-frente.

Considerar la ubicación del polvorín B como un sitio expuesto frente-lado.

Cantidad-Distancia para la división 1.2 de sustancias peligrosas

A continuación se muestran las distancias constructivas que se deben tener en cuenta cuando se almacenan sustancias peligrosas de la división 1.2, cabe hacer mención, que este tipo de sustancias dan lugar a explosiones que estallan progresivamente y los efectos de la ráfaga se limitan a los lugares limítrofes. La mayoría de los fragmentos producidos caerán a una distancia de 400, 800, 1,200 o 1,800 pies, que son las distancias que a continuación se indican. Cabe hacer mención, que las distancias indicadas para la ruta de tráfico público equivalen al 60% de las distancias constructivas habitadas, y que las distancias para los edificios de producción considerarán la naturaleza progresiva de las explosiones de este tipo de sustancias y de la capacidad de evacuar al personal de las áreas expuestas antes de que el peligro progrese, así mismo, las estructuras expuestas se pueden dañar por las proyecciones y la propagación retrasada de la explosión, debido a la ignición de combustibles producidas por las proyecciones, así pues, esta distancia se establece como el equivalente al 50% de la distancia constructiva habitada. Por otro lado, las distancias entre polvorines proporcionan un alto grado de protección contra cualquier propagación de la explosión, sin embargo, hay un cierto grado de propagación retrasada cuando el Sitio Expuesto (SE) contiene materiales combustibles que se pueden encender debido a los fragmentos; así pues, esta distancia se establece como el 50% de la distancia constructiva habitada cuando dicha distancia es menor a 400 pies, cuando es de 400 a 700 pies, la distancias se considerará igual a 200 pies, y para una distancia constructiva habitada de 800 pies o mayor, la distancia será igual a 300 pies.

Tabla Cantidad-Distancia para la división 1.2 de sustancias peligrosas con respecto a edificios habitados (EH) y rutas de tránsito público (RTP) (Distancia equivalente a 400 pies).

Ver nota 1.

Peso Neto del Explosivo	Distancia constructiva habitada	Distancia a la ruta de tráfico público	Distancia a edificios de producción	Distancia entre polvorines (pies)	
				A nivel de terreno	Con protección tipo terraplén
lbs	pies	pies	pies		
No hay límite específico requerido por razones de seguridad.	400	240	200	200 (Nota 2)	(Nota 3)

NOTA 1.-

Se pueden almacenar este tipo de sustancias en instalaciones tales como hangares, edificios para alojamiento, y edificios de producción, sin importar la cantidad.

NOTA 2.-

Ver los criterios del almacenaje tipo módulo, mismos que se exponen en el siguiente capítulo.

NOTA 3.-

Este tipo de polvorín presenta una gran resistencia a este tipo de explosiones.

Tabla Cantidad-Distancia para la división 1.2 de sustancias peligrosas con respecto a edificios habitados (EH) y rutas de tránsito público (RTP) (Distancia equivalente a 800 pies).

Peso Neto del Explosivo	Distancia constructiva habitada	Distancia a la ruta de tráfico público	Distancia a edificios de producción	Distancia entre polvorines (pies)	
				A nivel de terreno	Con protección tipo terraplén
lbs	pies	pies	pies		
No hay límite específico requerido por razones de seguridad.	800	480	400 (Nota 1)	300 (Nota 2)	(Nota 3)

NOTA 1.-

Si se limita la cantidad a 5,000 libras, entonces la distancia a edificios de producción se puede reducir a 200 pies.

NOTA 2.-

Ver los criterios del almacenaje tipo módulo, mismos que se exponen en el siguiente capítulo.

NOTA 3.-

Este tipo de polvorín presenta una gran resistencia a este tipo de explosiones.

**Tabla Cantidad-Distancia para la división 1.2 de sustancias peligrosas con respecto a edificios habitados (EH) y rutas de tránsito público (RTP)
(Distancia equivalente a 1,200 pies). Ver nota 1.**

Peso Neto del Explosivo	Distancia constructiva habitada	Distancia a la ruta de tráfico público	Distancia a edificios de producción	Distancia entre polvorines (pies)	
				A nivel de terreno	Con protección tipo terraplén
lbs	pies	pies	pies		
500,000	1,200	720	600 (Nota 2)	300 (Nota 3)	(Nota 4)

NOTA 1.-

Si este tipo de sustancias presenta un riesgo de propagación de los efectos de la explosión, particularmente cuando dichas sustancias están embaladas en envases combustibles, entonces se recomienda utilizar un polvorín con protección tipo terraplén.

NOTA 2.-

Si se limita la cantidad a 5,000 libras, entonces la distancia a edificios de producción se puede reducir a 200 pies.

NOTA 3.-

Ver los criterios del almacenaje tipo módulo, mismos que se exponen en el siguiente capítulo.

NOTA 4.-

Este tipo de polvorín presenta una gran resistencia a este tipo de explosiones.

Tabla Cantidad-Distancia para la división 1.2 de sustancias peligrosas con respecto a edificios habitados (EH) y rutas de tránsito público (RTP)

(Distancia equivalente a 1,800 pies). Ver nota 1.

Peso Neto del Explosivo	Distancia constructiva habitada	Distancia a la ruta de tráfico público	Distancia a edificios de producción	Distancia entre polvorines (pies)	
				A nivel de terreno	Con protección tipo terraplén
lbs	pies	pies	pies		
500,000	1,800	1,080	900	300	(Nota 2)

NOTA 1.-

Si este tipo de sustancias presenta un riesgo de propagación de los efectos de la explosión, particularmente cuando dichas sustancias están embaladas en envases combustibles, entonces se recomienda utilizar un polvorín con protección tipo terraplén.

NOTA 2.-

Ver los criterios del almacenaje tipo módulo, mismos que se exponen en el siguiente capítulo.

Cantidad-Distancia para la división 1.3 de sustancias peligrosas

A continuación se muestran las distancias constructivas que se deben tener en cuenta cuando se almacenan sustancias peligrosas de la división 1.3, cabe hacer mención, que éste tipo de sustancias dan lugar a incendios de poca o nula posibilidad de extinción.

Tabla Cantidad-Distancia para la división 1.3 de sustancias peligrosas.

Ver nota 1 y 2.

Peso Neto del Explosivo (lbs)	Distancia constructiva a edificios habitada y de producción y distancia entre polvorines (pies)	Peso Neto del Explosivo (lbs)	Distancia constructiva a edificios habitada y de producción y distancia entre polvorines (pies)	Peso Neto del Explosivo (lbs)	Distancia constructiva a edificios habitada y de producción y distancia entre polvorines (pies)	Peso Neto del Explosivo (lbs)	Distancia constructiva a edificios habitada y de producción y distancia entre polvorines (pies)	Peso Neto del Explosivo (lbs)	Distancia constructiva a edificios habitada y de producción y distancia entre polvorines (pies)
1,000	75	50	92,000	296	196	560,000	627	413	
2,000	86	57	94,000	297	197	570,000	632	415	
3,000	96	63	96,000	298	198	580,000	636	418	
4,000	106	69	98,000	299	199	590,000	641	420	
5,000	115	75	100,000	300	200	600,000	645	422	
6,000	123	81	110,000	307	205	610,000	649	424	
7,000	130	86	120,000	315	210	620,000	654	426	
8,000	137	91	130,000	322	215	630,000	658	428	
9,000	144	96	140,000	330	220	640,000	662	430	
10,000	150	100	150,000	337	225	650,000	667	432	
12,000	159	105	160,000	345	230	660,000	671	435	
14,000	168	111	170,000	352	235	670,000	675	437	
16,000	176	116	180,000	360	240	680,000	679	439	
18,000	183	120	190,000	367	245	690,000	684	441	
20,000	190	125	200,000	375	250	700,000	688	443	
22,000	195	130	210,000	383	255	710,000	692	445	
24,000	201	134	220,000	390	260	720,000	696	447	
26,000	206	138	230,000	398	265	730,000	700	449	
28,000	210	142	240,000	405	270	740,000	704	451	
30,000	215	145	250,000	413	275	750,000	708	453	

32,000	219	147	260,000	420	280	760,000	712	455
34,000	224	149	270,000	428	285	770,000	716	457
36,000	228	151	280,000	435	290	780,000	720	459
38,000	231	153	290,000	443	295	790,000	724	461
40,000	235	155	300,000	450	300	800,000	728	463
42,000	238	157	310,000	458	305	810,000	732	465
44,000	242	159	320,000	465	310	820,000	735	467
46,000	245	161	330,000	473	315	830,000	739	469
48,000	247	163	340,000	480	320	840,000	743	471
50,000	250	165	350,000	488	325	850,000	747	472
52,000	252	167	360,000	495	330	860,000	750	474
54,000	254	169	370,000	503	335	870,000	754	476
56,000	256	171	380,000	510	340	880,000	758	478
58,000	258	173	390,000	518	345	890,000	761	480
60,000	260	175	400,000	525	350	900,000	765	482
62,000	262	177	410,000	533	355	910,000	769	484
64,000	264	180	420,000	541	361	920,000	772	486
66,000	266	182	430,000	549	366	930,000	776	487
68,000	268	183	440,000	556	371	940,000	779	489
70,000	270	185	450,000	564	376	950,000	783	491
72,000	272	186	460,000	571	381	960,000	786	493
74,000	274	187	470,000	579	386	970,000	790	495
76,000	276	188	480,000	586	391	980,000	793	496
78,000	278	189	490,000	593	395	990,000	797	498
80,000	280	190	500,000	600	400	1,000,000	800	500
82,000	284	191	510,000	605	402			
84,000	287	192	520,000	609	404			
86,000	290	193	530,000	614	407			
88,000	293	194	540,000	618	409			
90,000	295	195	550,000	623	411			

NOTA 1.-

Para cantidades menores a 1,000 libras, la distancia requerida será la equivalente para 1,000 libras. La interpolación lineal para cantidades menores a 1,000 libras es válida.

NOTA 2.-

Para cantidades mayores a 1,000,000 libras, los valores serán extrapolados por medio de las siguientes fórmulas:

- Para determinar la distancia constructiva habitada y distancia a la ruta de tráfico público:

$$D = (8)(W)^{1/3}$$

donde:

D = Distancia, en pies.

8 = Factor del peligro.

W = Peso del explosivo, en libras.

- Para determinar la distancia a edificios de producción y distancia entre polvorines:

$$D = (5)(W)^{1/3}$$

donde:

D = Distancia, en pies.

5 = Factor del peligro.

W = Peso del explosivo, en libras

Cantidad-Distancia para la división 1.4 de sustancias peligrosas

A continuación se muestran las distancias constructivas que se deben tener en cuenta cuando se almacenan sustancias peligrosas de la división 1.4, cabe hacer mención, que este tipo de sustancias presentan un riesgo de producir incendios sin peligro de la onda de explosión, y virtualmente, no se producen fragmentos o peligros tóxicos. Los polvorines que almacenen este tipo de sustancias peligrosas estarán distanciados a 100 pies como mínimo, excepto cuando los dos garanticen la resistencia al fuego, entonces estarán distanciados a 50 pies.

Tabla Cantidad-Distancia para la división 1.4 de sustancias peligrosas.

Ver nota 1.

Peso Neto del Explosivo	Distancia constructiva habitada	Distancia a la ruta de tráfico público	Distancia a edificios de producción	Distancia entre polvorines (pies)	
				A nivel de terreno	Con protección tipo terraplén
lbs	pies	pies	pies		
Cantidades limitadas
No hay límite específico requerido por razones de seguridad para cantidades más grandes	100	100	50 (100 si la construcción no resiste el fuego)	50 (100 si la construcción no resiste el fuego)	Ningún requisito especificado

Nota 1.-

Cabe hacer mención que este tipo de sustancias peligrosas pueden ser almacenadas en cualquier lugar que resista las condiciones climatológicas adversas.

Cantidad-Distancia para la división 1.6 de sustancias peligrosas

A continuación se muestran las distancias constructivas que se deben tener en cuenta cuando se almacenan sustancias peligrosas de la división 1.6, cabe hacer mención, que se deben tener en cuenta las notas indicadas.

Peso Neto del Explosivo (lbs)	Distancia constructiva habitada y distancia a la ruta de tráfico público (pies)	Distancia a edificios de producción y distancia entre polvorines (pies)	Peso Neto del Explosivo (lbs)	Distancia constructiva habitada y distancia a la ruta de tráfico público (pies)	Distancia a edificios de producción y distancia entre polvorines (pies)
100	37	23	75,000	337	211
200	47	29	80,000	345	215
300	54	33	85,000	352	220
400	59	37	90,000	359	224
500	64	40	95,000	365	228
600	67	42	100,000	371	232
700	71	44	110,000	383	240
800	74	46	120,000	395	247
900	77	48	125,000	400	250
1,000	80	50	130,000	405	253
2,000	101	63	140,000	415	260
3,000	115	72	150,000	425	266
4,000	127	79	160,000	434	271
5,000	137	86	170,000	443	277
6,000	145	91	175,000	447	280
7,000	153	96	180,000	452	282
8,000	160	100	190,000	460	287
9,000	166	104	200,000	468	292
10,000	172	108	225,000	487	304
15,000	197	123	250,000	504	315
20,000	217	136	275,000	520	325
25,000	234	146	300,000	536	334

30,000	249	155	325,000	550	344
35,000	262	164	350,000	564	352
40,000	274	171	375,000	577	361
45,000	285	178	400,000	589	368
50,000	295	184	425,000	601	376
55,000	304	190	450,000	613	383
60,000	313	196	475,000	624	390
65,000	322	201	500,000	635	397
70,000	330	206			

NOTA 1.-

La distancia constructiva habitada y la distancia a la ruta de tráfico público son la misma, así como la distancia a edificios de producción y entre polvorines.

NOTA 2.-

Para cantidades menores a 100 libras, la distancia requerida será la equivalente para 100 libras. La interpolación lineal para cantidades menores a 1,000 libras es válida.

NOTA 3.-

Se permite la interpolación lineal bajo las siguientes condiciones.

- Para determinar la distancia constructiva habitada y distancia a la ruta de tráfico público:

$$D = (8)(W)^{1/3}$$

donde: D = Distancia, en pies.

8 = Factor del peligro.

W = Peso del explosivo, en libras.

- Para determinar la distancia a edificios de producción y distancia entre polvorines:

$$D = (5)(W)^{1/3}$$

donde: D = Distancia, en pies.

5 = Factor del peligro.

W = Peso del explosivo, en libras.

IV.- DISEÑO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

En el siguiente capítulo, se mencionarán las consideraciones más importantes que se deben tener en cuenta para el diseño de los elementos estructurales que conforman un polvorín; debido a que las características de diseño son consideraciones muy importantes para la construcción de un polvorín ó Sitio Potencial de Explosión (SPE), ya que los efectos perjudiciales de posibles explosiones (Onda de explosión, fragmentos generados, efectos termales, etc.), pueden ser atenuados significativamente debido a las características con que es diseñada la estructura del polvorín. Cabe hacer mención, que como se observó en la introducción, el diseño de una estructura resistente a explosiones es similar al diseño de una resistente a sismos, por consiguiente, para el desarrollo del siguiente capítulo se va a utilizar el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, pero se advierte, que solamente se mencionarán las consideraciones más importantes que se deben tener en cuenta para el diseño de la estructura, debido a que el análisis estructural y la serie de cálculos que se requieren para el dimensionamiento de los diversos elementos estructurales no es el objetivo de este trabajo, por consiguiente, se deberán consultar también las diversas Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal para cuando se tenga que analizar y diseñar una estructura de un polvorín. Cabe hacer mención, que se recomienda el uso de marcos dúctiles formados por columnas, trabes y losas, además del uso de muros para resistir los efectos de las explosiones; dichos elementos estructurales deberán estar hechos a base de concreto armado debido a que es el material más recomendable para este tipo de estructuras debido a su gran resistencia a los esfuerzos mecánicos producidos durante una explosión, además de las ventajas constructivas que presenta en relación a otros tipos de materiales.

Clasificación de la estructura

De acuerdo al artículo 139 del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal la estructura que conforma a un polvorín se clasifica como perteneciente al **Grupo A**, debido a que:

Art. 139.- Para los efectos de este Título las construcciones se clasifican en los siguientes grupos:

I. Grupo A. Edificaciones cuya falla estructural podría constituir un peligro significativo por contener sustancias tóxicas o explosivas, así como edificaciones cuyo funcionamiento es esencial a raíz de una emergencia urbana, como: hospitales, escuelas, terminales de transporte, estaciones de bomberos, centrales eléctricas y de telecomunicaciones, estadios, depósitos de sustancias flamables o tóxicas, museos y edificios que alojen archivos y registros públicos de particular importancia.

Geometría de la estructura

La estructura deberá tener una geometría tal, que favorezca la resistencia de la misma ante las diversas acciones a la cual estará sujeta, tal cual lo indica el artículo 140.

Art. 140.- El proyecto de las edificaciones debe considerar una estructuración eficiente para resistir las acciones que puedan afectar la estructura, con especial atención a los efectos sísmicos. El proyecto, de preferencia, considerará una estructuración regular que cumpla con los requisitos que establecen las Normas. Las edificaciones que no cumplan con los requisitos de regularidad se diseñarán para condiciones sísmicas más severas, en la forma que se especifique en las Normas.

Así pues, las **Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo, en su sección 6ta. denominada “Condiciones de regularidad”** mencionan que para que una estructura se considere regular deberá cumplir con lo siguiente:

I. Su planta es sensiblemente simétrica con respecto a dos ejes ortogonales por lo que toca a masas, así como a muros y otros elementos resistentes. Estos son, además, sensiblemente paralelos a los ejes ortogonales principales del edificio.

II. La relación de su altura a la dimensión menor de su base no pasa de 2.5.

III. La relación de largo a ancho de la base no excede 2.5.

IV. En planta no tiene entrantes ni salientes cuya dimensión exceda de 20% de la dimensión de la planta medida paralelamente a la dirección que se considera del entrante o saliente.

V. En cada nivel tiene un sistema de techo o piso rígido y resistente.

VI. No tiene aberturas en sus sistemas de techo o piso cuya dimensión exceda de 20% de la dimensión en planta medida paralelamente a la abertura; las áreas huecas no ocasionan asimetrías significativas ni difieren en posición de un piso a otro, y el área total de aberturas no excede en ningún nivel de 20% del área de la planta.

VII. El peso en cada nivel, incluyendo la carga viva que debe considerarse para diseño sísmico, no es mayor que 110% del correspondiente al piso inmediato inferior ni, excepción hecha del último nivel de la construcción, es menor que 70% de dicho peso.

VIII. Ningún piso tiene un área, delimitada por los paños exteriores de sus elementos resistentes verticales, mayor que 110% de la del piso inmediato inferior ni menor que 70% de ésta. Se exime de este último requisito únicamente al último piso de la construcción. Además, el área de ningún entrepiso excede en más de 50% a la menor de los pisos inferiores.

IX. Todas las columnas están restringidas en todos los pisos en dos direcciones sensiblemente ortogonales por diafragmas horizontales y por trabes o losas planas.

X. Ni la rigidez ni la resistencia al corte de ningún entrepiso difieren en más de 50% de la del entrepiso inmediatamente inferior. El último entrepiso queda excluido de este requisito.

XI. En ningún entrepiso la excentricidad torsional calculada estáticamente, e_s , excede del 10% de la dimensión en planta de ese entrepiso medida paralelamente a la excentricidad mencionada.

Criterios de diseño estructural

La estructura deberá diseñarse para cumplir con los criterios del **Estado Limite de Falla y el Estado Limite de Servicio**, tal cual lo menciona los artículos 146, 147, 148 y 149, mismos que a continuación se muestran.

Art. 146.- Toda edificación debe contar con un sistema estructural que permita el flujo adecuado de las fuerzas que generan distintas acciones de diseño, para que dichas fuerzas puedan ser transmitidas de manera continua y eficiente hasta la cimentación. Debe contar además con una cimentación que garantice la correcta transmisión de dichas fuerzas al subsuelo.

Art. 147.- Toda estructura y cada una de sus partes deberán diseñarse para cumplir con los requisitos básicos siguientes:

I. Tener seguridad adecuada contra la aparición de todo estado límite de falla posible ante las combinaciones de acciones más desfavorables que pueden presentarse durante su vida esperada.

II. No rebasar ningún estado límite de servicio ante combinaciones de acciones que corresponden a condiciones normales de operación.

Art. 148.- Se considerará como estado límite de falla cualquier situación que corresponda al agotamiento de la capacidad de carga de la estructura o de cualquiera de sus componentes, incluyendo la cimentación, o al hecho de que ocurran daños irreversibles que afecten significativamente la resistencia ante nuevas aplicaciones de carga. Las Normas Técnicas

Complementarias establecerán los estados límite de falla más importantes para cada material y tipo de estructura.

Art. 149.- Se considerará como estado límite de servicio la ocurrencia de desplazamientos, agrietamientos, vibraciones o daños que afecten el correcto funcionamiento de la edificación, pero que no perjudiquen su capacidad para soportar cargas. Los valores específicos de estos estados límite se definen en las Normas.

Acciones a considerar

Para el diseño de la estructura deberán tenerse en cuenta las diferentes acciones o cargas que obran en ella, las cuales son las **Cargas Permanentes, las Cargas Variables y las cargas Accidentales**, tal cual lo menciona el artículo 150, mismo que a continuación se muestra.

Art. 150.- En el diseño de toda estructura deben tomarse en cuenta los efectos de las cargas muertas, de las cargas vivas, del sismo y del viento, cuando este último sea significativo. Las intensidades de estas acciones que deberán considerarse en el diseño y la forma en que deben calcularse sus efectos se especifican en las Normas correspondientes.

Así pues, las **Normas Técnicas Complementarias sobre Criterios y Acciones para el Diseño Estructural de las Edificaciones, en su sección 2da. denominada "Acciones de diseño"** mencionan los diversos tipos de acciones según su duración, mismas que a continuación se mencionan:

a) Las acciones permanentes son las que obran en forma continua sobre la estructura y cuya intensidad varía poco con el tiempo. Las principales acciones que pertenecen a esta categoría son: la carga muerta; el empuje estático de tierras y de líquidos y las deformaciones y desplazamientos impuestos a la estructura que varían poco con el tiempo, como los debidos a preesfuerzos o a movimientos diferenciales permanentes de los apoyos.

b) Las acciones variables son las que obran sobre la estructura con una intensidad que varía significativamente con el tiempo. Las principales acciones que entran en esta categoría son: la carga viva; los efectos de temperatura; las deformaciones impuestas y los hundimientos diferenciales que tengan una intensidad variable con el tiempo, y las acciones debidas al funcionamiento de maquinaria y equipo, incluyendo los efectos dinámicos que pueden presentarse debido a vibraciones, impacto o frenaje.

c) Las acciones accidentales son las que no se deben al funcionamiento normal de la edificación y que pueden alcanzar intensidades significativas sólo durante lapsos breves. Pertenecen a esta categoría: las acciones sísmicas; los efectos del viento; los efectos de explosiones, incendios y otros fenómenos que pueden presentarse en casos extraordinarios. Será necesario tomar precauciones en las estructuras, en su cimentación y en los detalles constructivos, para evitar un comportamiento catastrófico de la estructura para el caso de que ocurran estas acciones.

Combinación de acciones

Para el diseño de la estructura deberán tenerse en cuenta las diferentes combinaciones de acciones o cargas que obran en ella, las cuales son de acuerdo al artículo 153 las siguientes.

Art. 153.- La seguridad de una estructura deberá verificarse para el efecto combinado de todas las acciones que tengan probabilidad despreciable de ocurrir simultáneamente, considerándose dos categorías de combinaciones que se describen en las Normas.

Así pues, las **Normas Técnicas Complementarias sobre Criterios y Acciones para el Diseño Estructural de las Edificaciones, en su sección 2da. denominada “Acciones de diseño”** mencionan los diversos tipos de combinaciones de acciones, mismas que a continuación se mencionan:

a) Para las **combinaciones que incluyan acciones permanentes y acciones variables**, se consideraran todas las acciones permanentes que actúen sobre la estructura y las distintas acciones variables, de las cuales la más desfavorable se tomará con su intensidad máxima y el resto con su intensidad instantánea, o bien todas ellas con su intensidad media cuando se trata de evaluar efectos a largo plazo, es decir:

$$W = (\text{Carga muerta} + \text{Carga viva})$$

Para la combinación de carga muerta más carga viva, se empleará la intensidad máxima de la carga viva de la **sección 6.1 de las Normas Técnicas Complementarias sobre Criterios y Acciones para el Diseño Estructural de las Edificaciones**, considerándola uniformemente repartida sobre toda el área. Cuando se tomen en cuenta distribuciones de la carga viva más desfavorables que uniformemente repartida, deberán tomarse los valores de la intensidad instantánea especificada en la mencionada sección.

b) Para las **combinaciones que incluyan acciones permanentes, variables y accidentales**, se considerarán todas las acciones permanentes, las acciones variables con sus valores instantáneos y únicamente una acción accidental en caso de combinación, es decir:

$$W = (\text{Carga muerta} + \text{Carga viva} + \text{Carga accidental})$$

En ambos tipos de combinación los efectos de todas las acciones deberán multiplicarse por los efectos de carga apropiados de acuerdo con la **sección 3.4 de las Normas Técnicas Complementarias sobre Criterios y Acciones para el Diseño Estructural de las Edificaciones**, es decir:

$$W = (\text{Factor de carga})(\text{Carga muerta} + \text{Carga viva})$$

$$W = (\text{Factor de carga})(\text{Carga muerta} + \text{Carga viva} + \text{Carga accidental})$$

Factores de carga

Como se mencionó en el apartado anterior, para efectos de combinaciones de carga se necesitan multiplicar las mismas por el factor de carga correspondiente, mismos que se mencionan en la **sección 3.4 de las Normas Técnicas Complementarias sobre Criterios y Acciones para el Diseño Estructural de las Edificaciones**, misma que a continuación se muestra.

El factor de carga se determinará de acuerdo con las reglas siguientes:

a) Para combinaciones de acciones clasificadas en el inciso "a" antes mencionado, se aplicará un **factor de carga de 1.4. Cuando se trate de Edificaciones del Grupo A, el factor de carga para este tipo de combinación se tomará igual a 1.5**, es decir:

$$W = (1.4)(\text{Carga muerta} + \text{Carga viva})$$

Pero para Edificaciones del Grupo A será la siguiente expresión:

$$W = (1.5)(\text{Carga muerta} + \text{Carga viva})$$

Por lo tanto, la expresión anterior es la que se utiliza para el diseño de polvorines, para este tipo de combinaciones. (Condición estática)

b) Para combinaciones de acciones clasificadas en el inciso "b" ántes mencionado se tomará un **factor de carga de 1.1** aplicado a los efectos de todas las acciones que intervengan en la combinación, es decir:

$$W = (1.1)(\text{Carga muerta} + \text{Carga viva} + \text{Carga accidental})$$

Por lo tanto, la expresión anterior es la que se utiliza para el diseño de polvorines, para este tipo de combinaciones. (Condición dinámica, ya sea por sismo, viento o una explosión)

c) Para acciones o fuerzas internas cuyo efecto sea favorable a la resistencia o estabilidad de la estructura, el factor de carga se tomará igual a 0.9; además, se tomará como intensidad de la acción el valor mínimo probable de acuerdo con la **sección 2.2 de las Normas Técnicas Complementarias sobre Criterios y Acciones para el Diseño Estructural de las Edificaciones**.

d) Para revisión de estados límite de servicio se tomará en todos los casos un factor de carga unitario.

Valores de cargas

Como se mencionó anteriormente, se considerarán tres tipos de cargas o acciones, las cuales son: las cargas permanentes, cargas variables y cargas accidentales; para efectos de este apartado se deberán consultar las **Normas Técnicas Complementarias sobre Criterios y Acciones para el Diseño Estructural de las Edificaciones en su sección 5ta. y 6ta.** para determinar los diferentes valores para las cargas muertas y vivas.

Pero para determinar el valor de la carga accidental por una explosión **se consultó la publicación del Departamento de Defensa de Estados Unidos, denominada D.O.D. 6055.9-STD "Estándares de seguridad de la munición y de los explosivos"**, la cual realiza las siguientes observaciones:

I. El valor de la carga por la onda de explosión en los muros y puertas posteriores, (mismas que se diseñarán para resistir dicha presión) es equivalente a 3 bar ≈ 45 psi ≈ 3.16 kg/cm².

II. El valor de la carga por la onda de explosión en los muros y puertas principales, (mismas que se diseñarán para resistir dicha presión) es equivalente a 7 bar ≈ 100 psi ≈ 7.00 kg/cm².

**ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA**

Dimensiones de los terraplenes, barricadas o merlones

Como se mencionó en la introducción de este trabajo, existen diversos tipos de polvorines, entre ellos están los polvorines con protección de terraplén o barricadas, los cuales, en conjunto, forman un módulo, el cual es una serie de células separadas por los terraplenes o barricadas, tal cual se puede observar a continuación; pero cabe hacer mención, que la cantidad máxima permitida para ser almacenada en una célula es de 250,000 libras de sustancias explosivas correspondientes a la división 1.1 o 1.2.

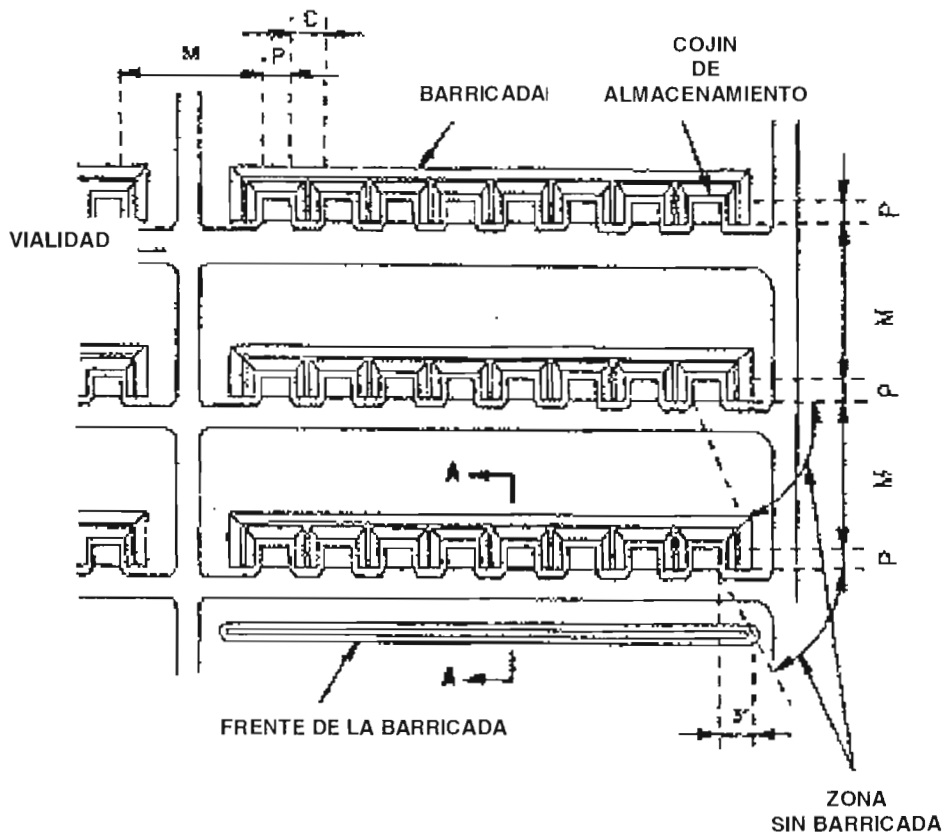


Fig. 15.- Detalle tipo del arreglo de módulos y células, números de células por módulo, tamaño del cojín (P), ancho de la barricada (C), distancia entre módulos (M).

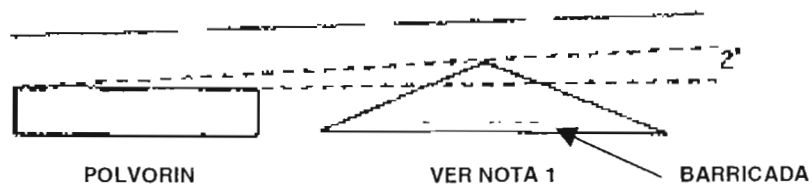


Fig. 16

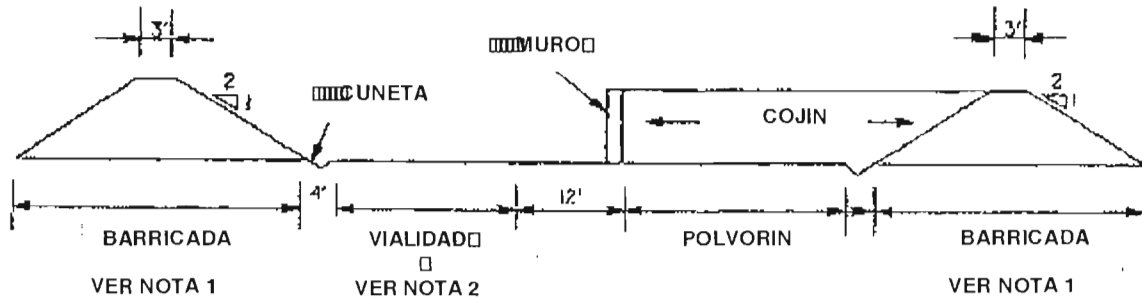


Fig. 17.- Corte A-A.

Requisitos de los terraplenes, barricadas o merlones

Todas las barricadas usadas en la formación del módulo y de sus células estarán diseñadas para almacenar una cantidad máxima de 250,000 libras de sustancias explosivas correspondientes a la división 1.1 o 1.2. Además, la altura mínima requerida de la barricada sobre la tapa del apilado está dada por la anchura o la longitud del apilado (tamaño del cojín de almacenamiento) y de la distancia entre el apilado y la tapa de la barricada. En la siguiente tabla de muestran los requisitos mínimos para las dimensiones de la barricada, basadas en los tamaños y separaciones del cojín del almacenaje.

NOTA 1.-

Todas las barricadas usadas en la formación del módulo y de sus células estarán diseñados para almacenar una cantidad máxima de 250,000 libras de sustancias explosivas correspondientes a la división 1.1 o 1.2. Además, la altura mínima requerida de la barricada sobre la tapa del apilado esta dada por la anchura o la longitud del apilado (tamaño del cojín de almacenamiento) y de la distancia entre el apilado y la tapa de la barricada. En la siguiente tabla se muestran los requisitos mínimos para las separaciones de la barricada, basada en los tamaños y separaciones del cojín del almacenaje, cabe hacer mención, que cuando sea factible, las alturas de las barricadas serán aumentadas usando 5° con respecto a la horizontal, en lugar de los 2° ántes mostrados.

NOTA 2.-

Para poder determinar la distancia entre bordes más cercanos entre células y módulos adyacentes, se empleará la tabla siguiente, cabe haber mención, que dicha separación puede ser utilizada para el tránsito de vehículos, pero se advierte que no se debe confundir esta distancia con las indicadas en el capítulo 3, ya que la distancia indicada en la siguiente tabla es para el tránsito de vehículos

propios para el traslado de personal entre módulos. Las barricadas de la parte posterior y del extremo serán situadas a una distancia igual que los cojines que están entre esas células.

NOTA 3.-

Cuando sea posible, se aprovecharán al máximo las barreras naturales que existen de acuerdo a la topografía para la ubicación de los módulos, así pues, cuando las barreras naturales se utilizan para sustituir una porción de una barricada, esta deberá proporcionar una protección equivalente a la de la barricada.

Tabla Separación de la barricada de acuerdo con los tamaños y separaciones del cojín de almacenaje.

Peso neto de explosivos	Distancia entre bordes más cercanos entre células y módulos adyacentes, dada en pies.	Altura de la barricada basada en el tamaño del cojín de almacenamiento	
Lbs	Células y Módulos $D = 1.1W^{1/3}$	Tamaño del cojín de almacenamiento de la célula (Anchura o profundidad), dada en pies. Ver nota 1	Altura mínima sobre la parte superior de la pila, dada en pies.
Col 1	Col 2	Col 3	Col 4
50,000	40	30	2
100,000	50	30	2
125,000	55	30	2
150,000	60	30	2
175,000	60	30	2
200,000	65	30	2
200,000	65	40	2 1/2
225,000	65	40	2 1/2
250,000	70	40	2 1/2
250,000	70	50	3

NOTA 1.- Distancias indicadas en la columna 3.

La altura de la barricada sobre el apilado de los explosivos mostrada en la columna 4 será aumentada 6 pulgadas por cada 10 pies que aumente la anchura o profundidad del tamaño del cojín mostrado en la columna 3.

Altura y longitud de los terraplenes, barricadas o merlones

Para poder determinar la altura de la barricada se deberá también tener en cuenta lo siguiente. La altura de la barricada se establecerá de acuerdo a un punto de referencia, el cual estará ubicado en la tapa del borde más lejano. Es decir, para la ubicación de este punto de referencia se empleará la siguiente figura:

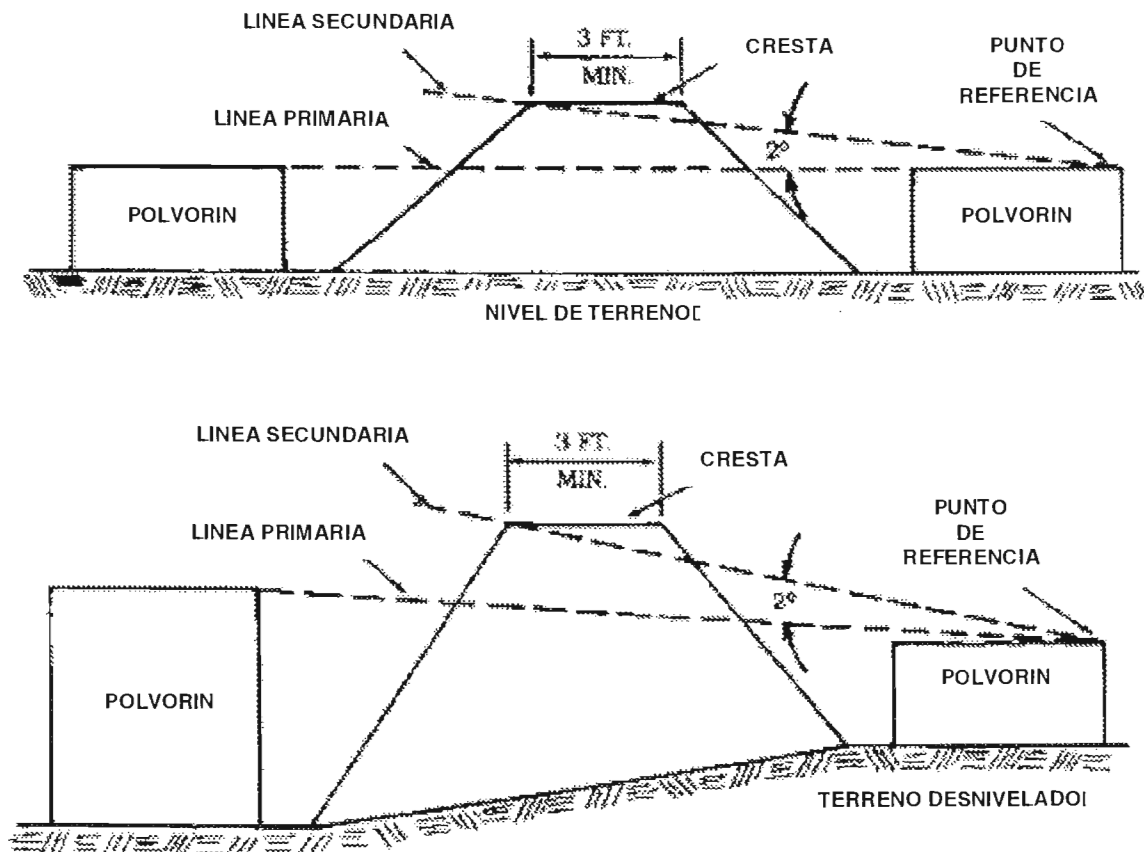


Fig. 18.- Determinación de la altura de la barricada de acuerdo a la topografía del terreno.

Cabe hacer mención, que para evitar la construcción de barricadas excesivamente altas, se recomienda localizar la barricada tan cerca como sea posible al polvorín en el cual se estableció el punto de referencia, debido a que cuanto más pequeña es la distancia, menor será la altura y longitud de la barricada, además, de que de esta forma, los efectos de una explosión tienen menos probabilidad de hacer daños, debido a que las barricadas los atenúan más rápido.

Para poder determinar la longitud de la barricada se empleará la siguiente figura:

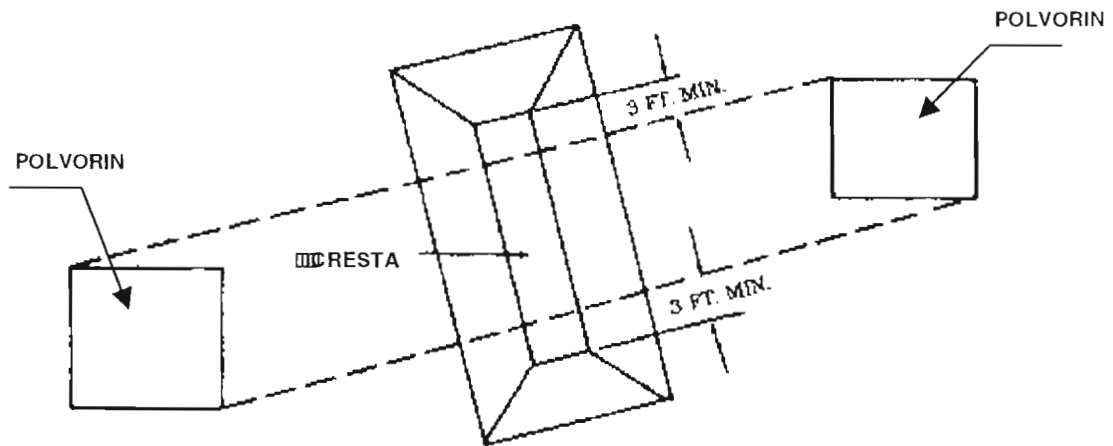


Fig. 19.- Determinación de la longitud de la barricada.

Materiales de construcción para los terraplenes, barricadas o merlones

Las barricadas deberán estar construidas a base de un material cohesivo (arcilla), libre de materia orgánica, basura, desperdicios o rocas excesivamente grandes, las cuales, se recomienda se utilicen en el corazón de la barricada. Tanto la compactación y la preparación superficial deberán ser proporcionales para mantener la integridad estructural y evitar así la erosión de la misma.

V.- RECOMENDACIONES

En el siguiente capítulo, se mencionarán algunas recomendaciones que se deben tener en cuenta para la protección del personal, contra la carga estática, contra tormentas eléctricas y de la identificación del peligro por fuego, para que de esta forma, las actividades que tenga cabida en el polvorín, sean en una manera un tanto más seguras, debido a que no se puede garantizar al cien por ciento que nunca existirá una explosión, pero si se toman en cuenta la siguientes recomendaciones la probabilidad de que exista una explosión se reduce drásticamente, además el daño por lesiones que puede sufrir alguna persona también se ve significativamente reducido.

Protección del personal

Como se mencionó en el capítulo denominado "Efectos de las explosiones", cuando ocurre una detonación de algún explosivo, se libera una cierta cantidad de energía calorífica, la cual se debe tener en cuenta, ya que si el personal que labora en el polvorín no tiene la protección adecuada, sufrirán heridas de consideración, así pues, la **Norma Oficial Mexicana denominada NOM-005-STPS-1998 "Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas"**, menciona las siguientes medidas de protección en cuanto a ropa, que deberá adoptar el personal cuando este realizando trabajos en el polvorín.

- I. Usará ropa de algodón 100% con acabado antiestático.
- II. Usará ropa interior de algodón 100%.
- III. Usará calzado de protección con suela conductiva y sin partes metálicas.

Pero además, el **Departamento de Defensa de Estados Unidos de América en su publicación denominada DOD 6055.9-STD "Estándares de seguridad para las municiones y explosivos"** recomienda que el personal utilice ropa protectora resistente a la exposición de una energía calorífica equivalente a $0.3 \text{ caloría/cm}^2/\text{segundo}$, y es que esta cantidad de energía calorífica es la que recibe aproximadamente una persona cuando realiza la acción de dar la vuelta para evadir una explosión, además, la ropa protectora seleccionada debe ser capaz de proporcionar la protección respiratoria contra la inhalación de vapores calientes y los efectos toxicológicos.

Protección contra carga estática

Para evitar una posible detonación de los explosivos almacenados en el polvorín, por causa de la acumulación de carga estática, se recomienda aterrizar el equipo eléctrico a utilizar, además, el personal deberá usar calzado especial, tal cual se mencionó en el apartado anterior. Por tal motivo, se recomienda consultar la **Norma Oficial Mexicana denominada NOM-022-STPS-1999 “Electricidad estática en los centros de trabajo-Condiciónes de seguridad e higiene”**, así mismo, se recomienda dar mantenimiento periódico a la red eléctrica, para lo cual se recomienda consultar la **Norma Oficial Mexicana denominada NOM-029-STPS-2004 “Mantenimiento de las instalaciones eléctricas en los centros de trabajo - Condiciónes de seguridad”**.

Protección contra tormentas eléctricas

Al igual que en el apartado anterior, para evitar una posible detonación de los explosivos por causa de la presencia de electricidad, se recomienda que el polvorín tenga un sistema de pararrayos, con el fin de drenar a tierra la descarga eléctrica atmosférica generada durante una tormenta, para tal motivo, se recomienda consultar la **Norma Oficial Mexicana denominada NOM-022-STPS-1999 “Electricidad estática en los centros de trabajo-Condiciónes de seguridad e higiene”**.

Identificación del peligro por fuego

En el siguiente apartado, se mencionarán algunas medidas de la lucha contra incendio y estándares para la identificación del peligro producido por fuego, para que de esta forma, el riesgo presente sea lo menos posible, cabe hacer mención, que estas medidas están basadas en la división del fuego, que a continuación se muestra. Así también, al igual que para la clasificación de las sustancias peligrosas, existe una división del fuego, enumerada del 1 al 6, así pues, la división 1 indica el peligro más grande, el cual va disminuyendo conforme aumenta el número de su clasificación hasta llegar a la división 4, tal como se puede ver a continuación.

División del fuego	Peligro implicado
1	Explosión total
2	Explosión con peligro debido a fragmentos
3	Fuego total
4	Fuego moderado
5	Explosión total de sustancias de detonación extremadamente sensibles
6	Explosión de sustancias de detonación extremadamente insensibles

Además, se debe tener en cuenta que para poder identificar la división de fuego por parte del personal destinado para el combate a incendios cuando se está acercando al área de siniestro, se deberán poner señales correspondientes a cada una de las divisiones del fuego, así pues, cada señal deberá contener un número, el cual corresponde a la división del fuego, pero se debe tener en cuenta para este caso y debido a la similitud, la clasificación 1 puede ser utilizada para la clasificación 5, y la clasificación 2 puede ser utilizada para la clasificación 6. Así pues, para poder diferenciar cada símbolo se muestra la siguiente tabla.

Forma de la señal	Símbolo de la división del fuego
Octágono	1
Cruz	2
Triángulo invertido	3
Diamante	4

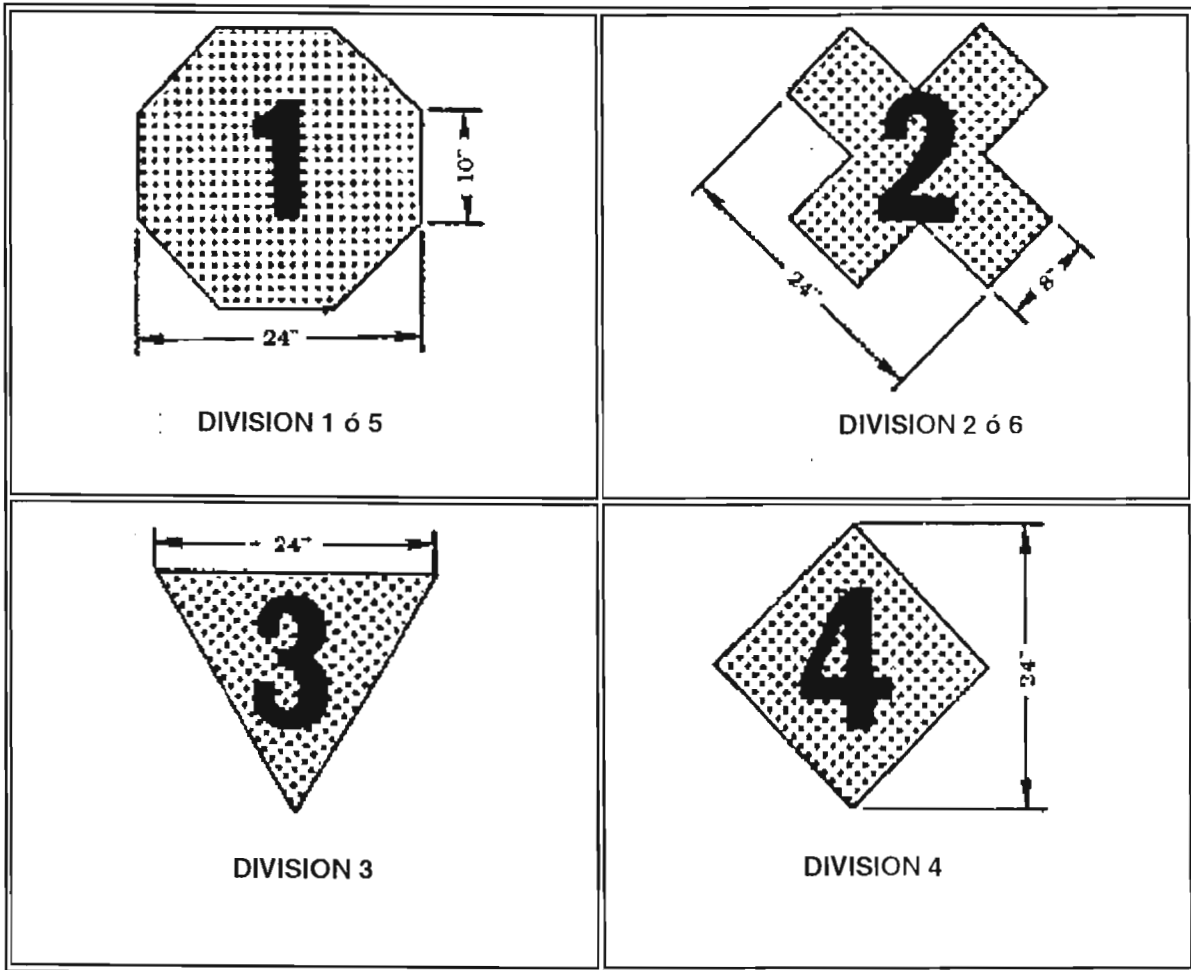


Fig. 20.- Símbolos para la identificación del peligro por fuego.

El color de los cuatro símbolos deberá ser anaranjado y el color de cada número que identifica a la división aplicable del fuego deberá ser negro, cabe hacer mención, que este es un requisito de la **Organización del Tratado del Atlántico Norte (O.T.A.N.), de la Organización de las Naciones Unidas (O.N.U.)**. Con esto, se da por terminado este capítulo, pero se debe hacer hincapié en que no se deben escatimar recursos en cuanto a medidas de seguridad se refiere, ya que de esta forma, se minimizan los riesgos de una detonación accidental, y en el caso de que suceda, se podrán controlar más rápidamente los efectos causados por el fuego.

CONCLUSIONES

En el presente trabajo, se han expuesto los aspectos más importantes que se deben tener en cuenta para poder realizar el diseño de un polvorín, y es que, como se pudo dar cuenta el lector, el diseño de un polvorín implica el conocimiento de ciertos aspectos que no se pueden pasar por alto, ya que si éstos no se toman en cuenta, el diseño del polvorín se estaría haciendo bajo una mayor probabilidad de una posible explosión, lo cual implica un aumento de pérdidas humanas y económicas. Es por ello, que en este trabajo se mencionaron los diversos tipos de polvorines que existen, la forma en que debe reaccionar o disipar la energía al momento de una explosión, así también, se mencionó la clasificación de los explosivos, que es de trascendental importancia para el diseño de este tipo de edificaciones, ya que todos los demás aspectos, están en función de la clasificación del explosivo a almacenar, debido a que cada explosivo genera una serie de efectos únicos al detonar, así también, se mencionaron los diversos efectos producidos durante una explosión, la relación existente entre la cantidad de explosivos a almacenar y la distancia que debe de existir con respecto a otras edificaciones, la cual nunca se deberá pasar por inadvertida. Asimismo, se mencionaron los aspectos más importantes que se deben tener en cuenta para poder realizar propiamente el diseño de la estructura de acuerdo al Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, y por último se mencionan algunas recomendaciones que se sugieren tener en cuenta, ya que la aplicación de las mismas implican una mayor seguridad para el personal que labora en un polvorín, además de que se estaría cumpliendo con la normatividad oficial vigente en nuestro país.

Así pues, con esto se da por concluido este trabajo de tesis, recordando al lector, que si quisiese profundizar en algún tema en particular, no dude en ponerse en contacto con un servidor al siguiente correo electrónico ingcivilmatias@yahoo.com.mx.

BIBLIOGRAFÍA

- Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos de los Estados Unidos Mexicanos.
Diario Oficial de la Federación publicado el 11 de enero de 1972.
Última reforma aplicada al 23 de enero de 2004.

- Norma Oficial Mexicana NOM-005-STPS-1998 “Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas”.
Diario Oficial de la Federación publicado el 22 de octubre de 1998 en la Ciudad de México, Distrito Federal.

- Norma Oficial Mexicana NOM-029-STPS-2005 “Mantenimiento de las instalaciones eléctricas en los centros de trabajo – Condiciones de seguridad”.
Diario Oficial de la Federación publicado el 28 de abril de 2005 en la Ciudad de México, Distrito Federal.

- Norma Oficial Mexicana NOM-026-STPS-1998 “Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías”.
Diario Oficial de la Federación publicado el 11 de septiembre de 1998 en la Ciudad de México, Distrito Federal.

- Norma Oficial Mexicana NOM-022-STPS-1999 “Electricidad estática en los centros de trabajo – Condiciones de seguridad e higiene”.
Diario Oficial de la Federación publicado el 06 de mayo de 1999 en la Ciudad de México, Distrito Federal.

- Norma Oficial Mexicana NOM-017-STPS-2001 “Equipo de protección personal – Selección, uso y manejo en los centros de trabajo”.
Diario Oficial de la Federación publicado el 16 de octubre de 2001 en la Ciudad de México, Distrito Federal.

- Norma Oficial Mexicana NOM-004-STPS-1999 “Sistemas de protección y dispositivos de seguridad en la maquinaria y equipo que se utilice en los centros de trabajo”.
Diario Oficial de la Federación publicado el 06 de octubre de 1999 en la Ciudad de México, Distrito Federal.

-
- Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal.
Gaceta Oficial del Distrito Federal, tomo I, número 103 bis publicada el 29 de enero de 2004 en la Ciudad de México, Distrito Federal.
 - Normas Técnicas Complementarias para el Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto.
Gaceta Oficial del Distrito Federal, tomo I, número 103 bis publicada el 29 de enero de 2004 en la Ciudad de México, Distrito Federal.
 - Normas Técnicas Complementarias sobre Criterios y Acciones para el Diseño Estructural de las edificaciones.
Gaceta Oficial del Distrito Federal, tomo I, número 103 bis publicada el 29 de enero de 2004 en la Ciudad de México, Distrito Federal.
 - Normas Técnicas Complementarias para Previsiones Contra Incendio.
Gaceta Oficial del Distrito Federal, tomo I, número 103 bis publicada el 29 de enero de 2004 en la Ciudad de México, Distrito Federal.
 - Los explosivos en la construcción.
Fundación para la enseñanza de la construcción A.C. México, 1990.
Ing. Federico Alcaraz Lozano.
 - Uso de los explosivos en México.
Atlas de México, S.A. de C.V., México 1988.
Ing. Dennis Abelard Tremblay, Ernesto Ramírez González.
 - Tesis: Diseño resistente a explosión.
U.N.A.M. México, 2001.
Sergio Alejandro Villegas Muñoz.
 - Estándares de seguridad de la munición y de los explosivos. DOD 6055.9-STD
Departamento de Defensa de los Estados Unidos de América.
Washington, D.C. Agosto de 1997.
 - Recomendaciones relativas al transporte de mercancías peligrosas. Reglamentación modelo. Volumen I, décimo tercera edición revisada. ST/SG/AC.10/1/Rev.13 (Vol. I)
Organización de las Naciones Unidas.
Nueva York y Ginebra, 2003.

-
- <http://www.acapomovil.cl/investigación/boletines/boletin-2001/memo-arma/memo-09.htm>
 - <http://www.mityc.es/energia/mineria/doc/Explos/ReglamentoExplosivosITC.doc>
 - http://www.concretonline.com/jsp/explosivos/e_legislaciones3.jsp
 - http://www.concretonline.com/jsp/explosivos/e_legislaciones3.jsp
 - <http://www.imcyc.com/laboratorio2004/asesorias.htm>