

870115

11
24

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA

INCORPORADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL



TESIS CON
FALLA LE ORIGEN

DEMOLICION DE ESTRUCTURAS METALICAS
MEDIANTE EXPLOSIVOS.

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A
RAFAEL ORTEGA ORTEGA

GUADALAJARA, JALISCO

1986



Universidad Nacional
Autónoma de México



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 está 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.

I N D I C E

I	HISTORIA DE LOS EXPLOSIVOS	1
II	CLASIFICACION DE LOS EXPLOSIVOS Y SU USO	6
III	CLASIFICACION DE LOS ARTIFICIOS Y SU USO GENERAL	18
IV	ANALISIS ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO	30
V	DETERMINACION DE LAS CANTIDADES DE EXPLOSIVOS DE ACUERDO AL ANALISIS ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO	35
VI	DETERMINACION DE LAS POSICIONES DE LOS - EXPLOSIVOS SOBRE LA ESTRUCTURA.	39
VII	COLOCACION DE LOS EXPLOSIVOS	42
VIII	USO DE RETARDADORES	47
IX	DISPOSITIVOS DE INICIACION	52
X	CONTROL DE LA VOLADURA	70
XI	REMOCION DE ESCOMBROS	81
XII	CONTROL DE RUIDOS Y VIBRACIONES	86
XIII	MEDIDAS DE SEGURIDAD	97
XIV	VENTAJA DE LA DEMOLICION DE ESTRUCTURAS METALICAS MEDIANTE EXPLOSIVOS	140
XV	CONCLUSIONES	140
	BIBLIOGRAFIA	142

I.- HISTORIA DE LOS EXPLOSIVOS.

Los explosivos que comúnmente se utilizan en operaciones comerciales de voladura son, con algunas excepciones, mezclas de sólidos y líquidos que son capaces de una descomposición rápida y violenta, dando por resultado una conversión casi instantánea a grandes volúmenes de gas.

A partir de un comienzo extremadamente difícil ha existido una evolución gradual en las características de estos explosivos y en los métodos para utilizarlos. En la actualidad existen explosivos diseñados especialmente y cuidadosamente hechos para dar servicio en alguna fase de toda la industria moderna, y estos explosivos pueden aplicarse con seguridad y habilidad para alcanzar un fin constructivo.

Probablemente nunca se conozca el o al inventor de la pólvora. Su primer uso se ha atribuido a los chinos, los hindúes y los árabes.

Sin embargo los escritos de Roger Bacon, en Inglaterra durante el siglo XIII, contienen instrucciones para la preparación de la pólvora negra.

Durante 3 siglos después de Bacon, se dejó sin explorar la capacidad de la pólvora negra para efectuar tra

bajo útil, se utilizó sólo en armas de fuego, pero fue -- hasta el siglo XVII que se utilizó en la minería. Martín Weigel, o Weigold, la propuso para su uso en la minería, en Sajonia en 1613, pero aparentemente no se tomó ninguna decisión. Existen datos claros, sin embargo, de un tiro- lés, llamado Kaspar Weindl, hizo un disparo en las reales minas de Schemnitz, localizadas en Ober-Biberstollen, en Hungría, en Febrero de 1627. Ya en 1639 se utilizaba pólvora negra en los trabajos de las minas de estaño en -- Cornwall, Inglaterra.

Los americanos de los días de la colonia dependían mucho de la fauna silvestre para su alimentación, y la manufactura de pólvora negra en el nuevo mundo se emprendió rápidamente. Se construyó un molino para pólvora en Milton, Massachusetts alrededor de 6 millas fuera de Boston, en 1675. El señor Edward Randolph escribió en 1676, que los colonizadores estaban fabricando una pólvora "tan buena y tan potente como la mejor pólvora inglesa" en Dor- - chester.

William Bickford dio en Inglaterra una notable -- contribución en 1831 con la invención de la mecha de SEGURIDAD y el establecimiento de una factoría en Cornwall, - Inglaterra, para dar servicio a las minas de estaño de la región. Antes de este descubrimiento los métodos para --

iniciar la combustión de la pólvora negra hablan sido inseguros e inciertos.

En 1802 Ireneé du Pont de Nemours comenzó la fabri-
cación comercial de pólvora negra en un molino situado en las riberas del río Brandywine cerca de Wilmington, De-
-laware.

En aquel tiempo la fórmula era igual casi a la que se había utilizado hacía 120 años. Aproximadamente 75% - de nitrato de potasio, 15% de carbón y 10% de azufre.

En 1857, Lamot du Pont introdujo una mejora de -- gran importancia técnica y económica. En lugar del muy - costoso nitrato de potasio, utilizó el nitrato de sodio - chileno que era mucho más barato. La nueva fórmula Du -- Pont rápidamente reemplazó a la pólvora negra de nitrato - de potasio en casi todos los usos con algunas excepciones. Este invento contribuyó al incremento del consumo de pólvora negra hasta llegar a 98 millones de libras en 1900 - en los Estados Unidos.

En 1900, la producción de dinamita en los Estados - Unidos había alcanzado un total superior a los 85 millo-
-nes de libras.

Aproximadamente al mismo tiempo que Lamot du Pont

mejoraba la fórmula de pólvora negra en los Estados Unidos, Alfred Nobel y su padre, Immanuel, estaban tratando en Suecia de encontrar una aplicación técnica a las propiedades explosivas de la nitroglicerina. Sobrero, quien la descubrió en 1846, la había abandonado.

En el curso de sus experimentos, Nobel diseñó el primer fulminante razonablemente seguro y eficiente, una cápsula de estaño (posteriormente de cobre) llena con fulminato de mercurio. En 1866 Alfred Nobel mezcló la nitroglicerina con un absorbente para formar una sustancia sólida sensible a la acción de un fulminante pero relativamente insensible a un golpe ordinario. El absorbente que utilizó se llamó Kieselguhr, y este explosivo sólido fue la dinamita.

En 1875, Alfred Nobel efectuó otro descubrimiento de gran importancia, cuando disolvió algodón colodión en la nitroglicerina. Esto dio como resultado una masa gelatinosa que era mucho más poderosa que la dinamita de su invención; ésta es, esencialmente nuestra actual Blasting Gelatin y la antecesora de todas las dinamitas gelatinas.

Va se ha hecho mención del fulminante de Nobel fabricado con fulminato de mercurio y éste estaba diseñado para disparar con mecha de seguridad. Se hicieron varios

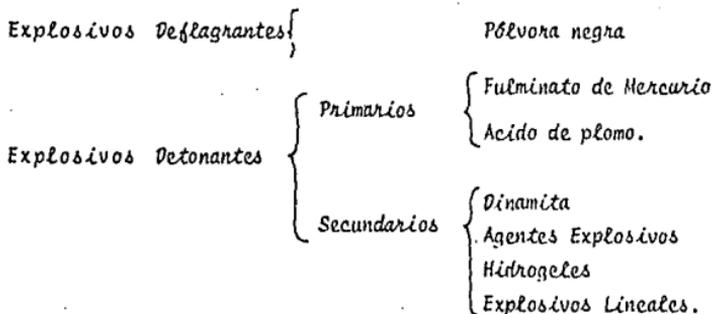
intentos durante muchos años para disparar los fulminantes mediante electricidad. Los estopines eléctricos originales se disparaban mediante una chispa que pasaba entre los extremos desnudos de 2 alambres insertados en la carga de la cápsula. Ese tipo fue sustituido por estopines con alambres de puente o de baja tensión eléctrica; el primero que tuvo éxito fue producido por H. Julius - - Smith en 1876. Smith fue un activo inventor que hizo varias mejoras en los estopines eléctricos y en las máquinas explosoras. También inventó un estopín de retardo en 1895.

El Nitrato de Amonio mezclado con un material combustible dio origen a otro tipo de explosivo denominado - ANFO (Ammonium Nitrate - Fuel Oil). El cual fue patentado en 1955 por H. B. Lee y R.L. Akre.

En el año de 1940 se desarrolla otro tipo de explosivo denominado Hidrogel, el cual es una mezcla de gelatinizador, un sensibilizador explosivo o no explosivo, nitrato de amonio, nitrato de sodio y una cantidad definida de agua.

11.- CLASIFICACION DE LOS EXPLOSIVOS Y SU USO.

La siguiente gráfica muestra la clasificación de los explosivos químicos de uso industrial:



EXPLOSIVOS DEFLAGRANTES:

Como ejemplo principal tenemos las pólvoras negras, que están compuestas de mezclas íntimas de azufre, carbón y un nitrato que puede ser de potasio, o de sodio. Las pólvoras se queman progresivamente a través de un período relativamente sostenido, en contraste con los explosivos detonantes los cuales se descomponen prácticamente en un instante. Las pólvoras negras son las más lentas de todos los explosivos. Los Explosivos Deflagrantes tienen una acción de empuje y de corte que produce un material grande y de fragmentos firmes; su acción se deriva de un relativamente lento desarrollo de presión de gas,

de tal modo que deben cargarse cuidadosamente y confinarse mucho.

Las pólvoras negras se fabrican en dos formas: En granos finos y en granos gruesos.

En el pasado, la pólvora negra fue el único agente utilizado en voladuras. Hace mucho tiempo que ha sido desplazada por las dinamitas en las voladuras generales, aunque todavía se emplea la pólvora negra para aplicaciones específicas en donde son deseables acciones lentas de empuje. La acción propelente de la pólvora negra es una característica importante en ciertos tipos de voladuras - ya que puede utilizarse para alcanzar y regular el desplazamiento, por ejemplo en el minado y extracción de piedra sólida para escolleras; espolones, pizarras, piedras para edificios y granitos para monumentos.

Las pólvoras negras tienen un amplio campo de usos y muy especiales y de posibles aplicaciones como fuentes de calor, elevadas temperaturas, presiones y volúmenes de gas para diferentes efectos de energía ya sea mecánica o térmica.

Mucha de la pólvora negra fabricada en la actualidad se utiliza en mecha de seguridad y en dispositivos militares en los que la llama de la pólvora negra se emplea

para encender sustancias tales como combustibles y otros propelantes. En muchas aplicaciones militares, las pólvoras negras no tienen sustituto.

PROPIEDADES.

Sensibilidad.- Todas las pólvoras negras son relativamente insensibles al choque, a la fricción y a la electricidad estática; sin embargo, cualquier tratamiento que produzca una chispa o calor de suficiente temperatura y cantidad encenderá la pólvora negra.

Ignición.- Las pólvoras negras se encienden instantáneamente alrededor de los 300°C. No deben de estar expuestas por largo tiempo a temperaturas superiores a 100°C. La Ignición puede efectuarse por cualquier llama, chispa, alambre eléctrico o superficie caliente, y por accesorios para voladura tales como encendedores eléctricos, estopines eléctricos y cordón detonante.

Velocidad.- Las pólvoras negras no tienen verdaderas velocidades, en tanto que los explosivos detonantes sí la tienen. Su rapidez de quemado se afecta por el confinamiento. Al aire libre los trenes de pólvora negra se queman muy lentamente, mientras que cuando están confinadas las velocidades se han valuado desde 560 pies/seg.

para granulometrías gruesas y hasta 2070 pies/seg. para granulometrías finas.

Gases.- Cuando explotan las pólvoras negras producen considerables cantidades de humo y otros gases. Entre los últimos está el altamente tóxico monóxido de carbono, el que se forma en grandes cantidades. Por lo tanto, las propiedades de los gases de la pólvora negra están clasificados como pobres y debe proporcionarse ventilación adecuada para que se pueda utilizar con seguridad bajo tierra o en otros lugares confinados.

PÓLVORAS NEGRAS PARA VOLADURAS.

La pólvora negra para voladuras es un material granular empacado a granel y en recipientes metálicos que tienen 25 lb. de pólvora o en cajas de fibra de 50 lb. -- que contienen 2 bolsas de 25 lb. cada una. Aunque se proporciona pólvora sin vidriar para algunas otras aplicaciones, la pólvora negra que se utiliza para voladuras se expende normalmente con acabado vidriado. Este acabado se obtiene en la etapa final de fabricación al poner en contacto la pólvora con pequeñas cantidades de granito en polvo. Se prefieren pólvoras vidriadas cuando se desean características de limpieza, fluidez y ausencia de tonos. En las voladuras las pólvoras sin vidriado se prefieren donde se requiere prensado, unificación, formación de pastas, molido, o mezclado con otros materiales, como en las aplicaciones para fuegos artificiales.

El vidriado no mejora la eficiencia de la pólvora negra ni le proporciona resistencia al agua.

Existen 2 tipos de pólvora negra para voladura. La pólvora negra para voladura "A" que contiene nitrato de potasio, y la pólvora negra para voladura "B" que contiene nitrato de sodio en lugar de la sal de potasio. En ambas pólvoras, los otros ingredientes son el carbón de -

azufre. Debido al tipo de nitrato utilizado, la pólvora para voladura "A" es considerada más rápida y un poco más fuerte que la pólvora para voladura "B".

El uso principal de la pólvora para voladura "A" - está en la mecha de seguridad y también en la obtención de piedra para construcción, granito y pizarra. También se usa en fuegos artificiales.

La pólvora para voladura "B" se emplea principalmente en operaciones de descapote de carbón y en minas subterráneas que no son gaseosas. Otros empleos incluyen la minería de arcilla y pizarra.

POLVORA DE GRANOS GRUESOS.

La pólvora de granos gruesos es pólvora negra prensada en granos cilíndricos de 2 pulgadas de longitud y de diámetro variable desde 1 1/4 hasta 2 pulg.; cada grano -- tiene un orificio central de 3/8 pulg. de diámetro para -- permitir que la mecha se pase a través del cartucho o para insertar el encendedor eléctrico.

Cuatro de estos granos se envuelven en papel para formar un cartucho de 8 pulg. de longitud. Los cartuchos se empaquetan en cajas de fibra, con 25 ó 50 lb. por caja.

Las pólvoras de grano grueso son productos encartuchados diseñados principalmente para voladuras en barrenos de diámetros pequeños, en tanto que las pólvoras de granos menores son explosivos que se utilizan a granel para voladuras más grandes.

Las pólvoras de grano grueso son más convenientes en su uso y más seguras para manejar que las pólvoras de grano más pequeño ya que existe menor peligro producido por los derrames. El papel de envoltura en las cajas de fibra en la que los cartuchos están empacados, constituye un recipiente no conductor que reduce un mínimo los riesgos del manejo de pólvora en operaciones donde se utiliza equipo eléctrico.

EXPLOSIVOS DETONANTES.

Los explosivos detonantes son aquéllos que tienen una velocidad de descomposición mayor de 1000 m/seg. y se dividen en primarios y secundarios.

Los primarios son aquéllos que pueden detonar por medio de una chispa, flama o impacto y son usados normalmente en la fabricación de los iniciadores; los principales explosivos primarios son el Fulminato de Mercurio y el Acido de Plomo. Estos constituyen la carga primaria en los iniciadores debido a su alta sensibilidad, asegurando así el encendido de la carga base en los iniciadores.

Los secundarios requieren de una onda de gran presión para iniciar su detonación.

A continuación se tratarán brevemente cada uno de los tipos de explosivos secundarios.

A) Dinamitas.- Es el término genérico que cubre los explosivos sensibilizados con nitroglicerina; este tipo es el más sensible de los productos comerciales usados en la actualidad (excluyendo los iniciadores), por lo que son sumamente confiables en su iniciación, pero son los más susceptibles a una detonación accidental además de -

las molestias causadas por la nitroglicerina al producir dolor de cabeza. En este caso, se recomienda que los usuarios utilicen guantes de hule para cortarla.

Existen diferentes tipos de dinamitas dependiendo el trabajo para el que sean usadas; sin embargo en la demolición de edificios cualquier tipo podría usarse a excepción de las que se utilizan en minas de carbón, ya que es un material muy suave.

A continuación se mencionan algunos tipos y sus usos específicos:

Dinamitas Regulares.- Este tipo de dinamita contiene nitroglicerina como el único material que es en sí el explosivo. El porcentaje de potencia de una dinamita regular se refiere al porcentaje real en peso de nitroglicerina que el producto contiene.

Las dinamitas regulares están caracterizadas por la elevada velocidad que imparte una acción rápida de fragmentación. Resisten el agua bastante bien. Debido a la pobre calidad de sus gases no son adecuados para usos subterráneos o en espacios confinados.

Dinamitas Amoniacales.- Comparadas con las dinami

tas regulares, son grado por grado de más baja velocidad y resistencia al agua. Son menos sensibles al choque y a la fricción, menos inflamables y considerablemente más económicas. Tienen menor acción de fragmentación, lo que es en definitiva una ventaja en algunos tipos de trabajos. Se utilizan ampliamente en canteras y en proyectos de construcción en donde el material por romperse es de dureza mediana. También encuentra aplicación general en trabajos de agricultura, como en el quebrado de boleos y de troncos. Debido a sus gases excelentes son muy adecuados para el trabajo subterráneo.

Dinamita Gelatina.- Esta dinamita es esencialmente nitroglicerina gelatinizada con suficiente algodón azúcar para producir una masa gelatinosa de consistencia de hule. En lugar de ser plástica, tiene una textura semejante a la del hule y es por completo resistente al agua. Se utiliza principalmente en disparos de barrenos profundos; también se ha usado en algunos casos, para trabajos de túnel o de perforación en materiales excepcionalmente duros. Sus gases son pobres y cuando las condiciones son tales se debe utilizar bajo tierra o en lugares confinados; hay que tener gran cuidado para asegurar una ventilación adecuada.

B) Agentes Explosivos.- Es un compuesto o mezcla

química insensible al fulminante, que no contiene ingredientes explosivos y que puede hacerse detonar cuando se inicia con un cebo explosivo de alta potencia.

La Compañía Du Pont ofrece dos grupos de compuestos insensibles a la cápsula que hacen disponible a este tipo de producto en un amplio rango de densidad con un contenido de energía variable y con diferentes resistencias al agua. Este tipo de explosivos se utilizan en operaciones a cielo abierto.

En nuestro país el más común de estos explosivos es conocido como ANFO que es una mezcla de nitrato de amonio y Diesel en proporción de 94% y 6% en peso respectivamente.

C) Hidrogeles.- Un hidrogel es una mezcla de gelatinizador, un sensibilizador explosivo o no explosivo, nitrato de amonio y sodio y una cantidad definida de agua. Existen en varios diámetros y actualmente están sustituyendo a las dinamitas en el mundo ya que realizan el mismo trabajo eliminando riesgos y molestias ocasionadas por la nitroglicerina.

En nuestro país los hidrogeles se sensibilizan con nitratos de amonio y con aluminio, presentan un buen balance de oxígeno y son resistentes al agua.

D) Explosivos Lineales.- Este tipo especial de explosivo es el que se utiliza en la demolición de edificios con estructura de acero. Consiste en una columna continua de explosivo consolidado rodeado por una cubierta metálica, configurada de tal modo que concentra la energía en un punto, formando un chorro de energía que permita cortar las placas de acero donde se aplican.

La cubierta metálica puede ser en cobre, plomo, aluminio, plata y el núcleo de explosivo consolidado puede ser RDX, (CICLONITA), PETN (TETRANITRATO DE PENTAERITRITOL) en diferentes cantidades dependiendo del grosor de la placa metálica a cortar.

La siguiente figura (figura 1) muestra un explosivo lineal.

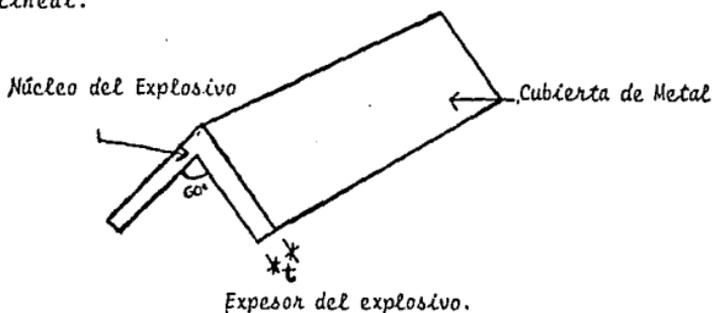
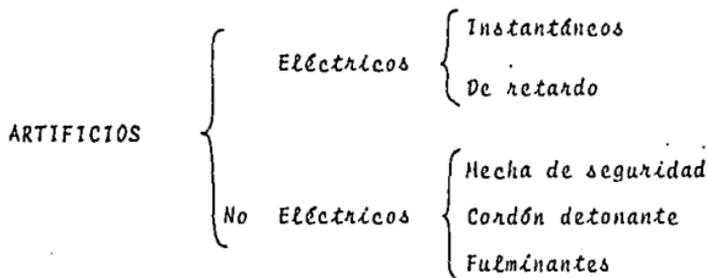


Fig. 1 (Tomada del Manual sobre Demoliciones del Mayor Oscar García Chávez).

III.- CLASIFICACION DE LOS ARTIFICIOS Y SU USO GENERAL.

Los artificios son productos utilizados en la demolición de los edificios para iniciar las cargas de los explosivos, proporcionar o transmitir la flama para iniciar una explosión o llevar una onda de detonación de un punto a otro, de una carga de explosivo a otra; pueden clasificarse de la siguiente manera:



ELECTRICOS.

La forma principal de un dispositivo eléctrico de iniciación es un estopín eléctrico. Los estopines eléctricos están equipados con sistemas eléctricos de ignición, de tal modo que puedan dispararse mediante una corriente eléctrica. Cuando se conectan adecuadamente a una buena fuente de energía es posible disparar gran número de estopines eléctricos desde un lugar convenientemente remoto y seguro.

Básicamente, todos los estopines eléctricos consisten de un casquillo metálico dentro del cual se colocan diferentes cargas de pólvora de un elemento eléctrico de ignición conectado a un par de alambres aislados. En los estopines eléctricos instantáneos, las cargas de pólvora consisten de una carga base de alto explosivo, una carga cebo y una carga de ignición, dentro de la cual se coloca el elemento eléctrico de ignición. Este elemento de ignición es un pequeño tramo de alambre de alta resistencia que se suelda a los extremos de los alambres formando un puente; de aquí que se conozca como alambre de puente. En el extremo del casquillo está firmemente sujeto a un tapón de hule que rodea a los alambres precisamente arriba del puente de alambre. Esto forma un cierre altamente resistente al agua y también da una posición firme al puente en el centro de la mezcla de ignición. Cuando se hace pasar suficiente energía eléctrica a través del sistema el puente se calienta lo necesario para encender la mezcla de ignición, lo que a su vez provoca la detonación de la carga del cebo y ésta la detonación de la carga base.

Los estopines eléctricos instantáneos se usan en minas subterráneas de carbón y en trabajos sísmográficos.

En los estopines eléctricos de retardo se interpone entre la mezcla de ignición y la carga de cebo un ele-

mento de retardo predeterminado entre la aplicación de la corriente eléctrica y la detonación del estoplín.

Para la demolición de edificios se utilizan los estopines eléctricos de retardo; en México únicamente se fabrican los Acudet Mark V por Du Pont. En el extranjero - se fabrican otros tipos como los Time Master de Atlas - - Power Co. Ambos se han usado en varios trabajos con excelentes resultados.

La principal diferencia entre estos iniciadores es la secuencia de retardos; en la siguiente figura (figura 2) y tablas 1, 2, 3 y 4 se especifican las características de cada uno de los dos tipos de iniciadores que se han -- utilizado en la demolición de edificios.

Estos datos han sido tomados de los manuales Du -- Pont y Atlas Powder, fabricantes de estos iniciadores.

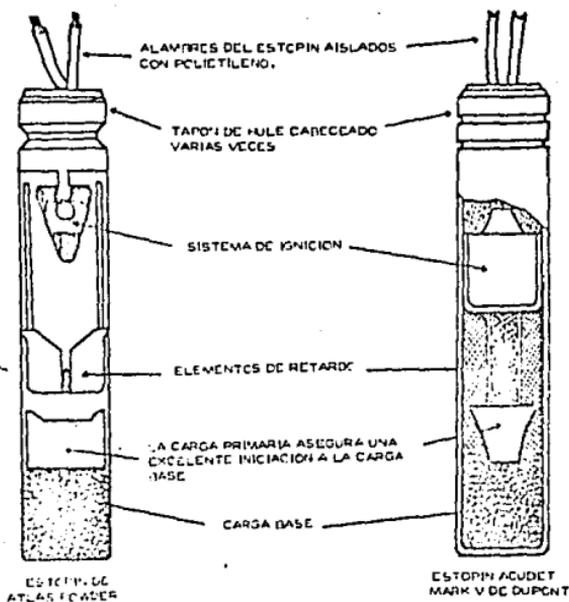


Fig. 2

Corte de los estopines eléctricos Time Master de Atlas - Powder y Acudet Mark V de Du Pont. Indicando sus componentes principales. Este dibujo detalla los dos alambres de metal aislados con plástico -llamados alambres del estopín- los cuales proporcionan energía eléctrica hacia el estopín.

RESISTENCIA NOMINAL DE LOS ESTOPINES ELECTRICOS DE DU PONT, en OHMS POR ESTOPIN	
LONG. DEL ALAMBRE DE COBRE EN PIES	RESISTENCIA EN OHMS DEL ESTOPIN DE RETARDO
6	1.24
8	1.32
10	1.40
12	1.48
16	1.65
20	1.81
24	1.97
30	2.21
40	2.06
50	2.32
60	2.59
80	2.61
100	3.01
120	3.41
150	4.01
200	5.02
250	6.02
300	7.03
400	9.03

* A 68° Fahrenheit

TABLA 2

RESISTENCIA NOMINAL DE LOS ESTOPINES ELECTRICOS DE ATLAS POWDER, EN OHMS POR ESTOPIN	
LONG. DEL ALAMBRE DE COBRE EN PIES	RESISTENCIA EN OHMS
6	1.6
8	1.7
10	1.8
12	1.8
16	1.9
20	2.1
24	2.3
30	2.2
40	2.3
50	2.6
60	2.8
80	3.3
100	3.8
120	4.4
150	5.1

Tabla de la resistencia nominal de los estopines eléctricos de Atlas Powder, en ohms por estoplin.

SERIES DE RETARDO "ACUDET" DE DU PONT		
Periodo de retardo	Tiempo nominal de retardo Milisegundos	Color de etiqueta
0	25	Blanco
1	500	Púrpura
2	1,000	Rojo
3	1,500	Azul
4	2,200	Blanco
5	3,000	Verde
6	3,800	Naranja
7	4,600	Blanco
8	5,500	Negro
9	6,400	Blanco
10	7,400	Café
11	8,500	Blanco
12	9,600	Beige
13	10,800	Verde olivo
14	12,100	Azul claro
15	13,600	Blanco
16	15,200	Blanco

La serie de estopines eléctricos de retardo "Acudet" Mark K de Du Pont, tiene tiempos de retardo nominales de 25 milisegundos para el periodo cero a aproximadamente 15,200 milisegundos para el último periodo de retardo.

TABLA 4

SERIES DE RETARDO "TIMEMASTER" DE ATLAS POWDER	
Periodo de retardo	Tiempo nominal de retardo Milisegundos
0	8
1	500
2	1,000
3	1,500
4	2,000
5	2,500
6	3,000
7	3,500
8	4,000
9	4,500
10	5,000
11	5,500
12	6,000
13	6,500
14	7,000
15	7,500

La serie de estopines eléctricos de retardo "Time Master" de Atlas Powder, tiene tiempos de retardo nominales de 8 milisegundos para el periodo cero a aproximadamente 7,500 milisegundos para el último periodo de retardo de 500 en 500 milisegundos, entre periodos de retardo.

RESISTENCIA DEL ALAMBRE DE COBRE
A 68°F

CALIBRE	OHMS POR 1,000 PIES
6	0.396
8	0.628
10	0.999
12	1.588
14	2.525
16	4.020
18	6.390
20	10.150
22	16.140

TABLA 5

Especificaciones sobre Alambre de Cobre tomadas de especificaciones del fabricante.

NO ELECTRICOS.

Mecha de Seguridad.

Dentro de los artificios no eléctricos se encuentran la mecha de seguridad que es un medio a través del cual se transporta la flama a un régimen continuo para el disparo directo de la carga explosiva, como en el caso de la ignición de pólvora de voladura o en grano, o para un disparo indirecto, como en el caso de la ignición de un fulminante ordinario para detonar la dinamita. La mecha de seguridad está formada por un tren de pólvora negra de nitrato de potasio, y se encuentra fuertemente envuelta y protegida contra la abrasión y penetración del agua por capas de textiles y materiales impermeables como el asfalto o plástico.

Otras funciones del recubrimiento son la intercomunicación del disparo entre tramos adyacentes de mecha y reducir al mínimo la posibilidad de disparar los explosivos por chispazos que salgan por los lados de la mecha antes de que el fuego haya llegado al extremo.

La mecha de seguridad se fabrica en dos diferentes rangos de velocidad que son aproximadamente de 90 a 120 yds./seg. La velocidad de quemado de 120 yds./seg. es la

que se considera estándar en los Estados Unidos. Los fabricantes aclaran que utilizan todos los cuidados y precauciones en la fabricación de la mecha de seguridad e intentan que su producto al quemarse al nivel del mar lo haga con una velocidad de quemado dentro de una variación máxima de 10% arriba o abajo del estándar.

Cordón Detonante.

El cordón detonante puede describirse como una mecha redonda y flexible, que tiene un núcleo central de alto explosivo. El núcleo explosivo está cubierto con varias combinaciones de materiales, tales como textiles, materiales impermeabilizantes, plásticos, etc.; para protegerlo contra el daño provocado por los abusos físicos o la exposición a temperaturas extremas, agua, aceite u otros elementos, y que sin embargo, proporcionan características esenciales como resistencia a la tensión, flexibilidad y otras propiedades deseables de manejo.

El objetivo del cordón detonante es iniciar cargas de altos explosivos mediante su núcleo explosivo. Estas mechas deben iniciarse mediante un fulminante regular.

El cordón detonante tiene su núcleo de alto explosivo de tetranitrato de Pentaeritritol (PETN). Posee una

elevada velocidad de detonación, de aproximadamente 21,000 pies/seg.

Puesto que el cordón detonante contiene un núcleo de altos explosivos debe almacenarse y manejarse de igual forma que todos los otros explosivos. Se recomienda almacenarlo en un polvorín para dinamita.

Para voladuras comerciales se utilizan principalmente dos tipos de cordón detonante: (1) reforzado que contiene alrededor de 50 granos de PETN por pie, y (2) económico, que tiene una concentración aproximada de 25 granos de PETN por pie. Excepto por las cargas de explosivos, ambos tipos están contruidos con una manga interna de plástico y una cubierta exterior de textiles y acabados de cera.

Estos dos tipos de cordón detonante tienen muchas aplicaciones en las voladuras. Uno de los usos principales es para disparos múltiples de barrenos con diámetro hasta de 3 a 4 pulg. para ciertos tipos especializados de voladura; sin embargo, es posible iniciarlos de igual modo en los barrenos más pequeños del orden de 1 1/2 pulg. de diámetro. El número de barrenos que pueden dispararse de este modo es virtualmente ilimitado en lo que se refiere al funcionamiento del cordón detonante.

Fulminantes.

Los fulminantes están diseñados para convertir en detonación el quemado de una mecha de seguridad. Estos fulminantes están formados por casquillos de aluminio -- llenos con dos o más cargas explosivas, de las cuales -- cuando menos una de ellas, es una carga de detonación. -- Los fulminantes de Du Pont tienen 3 cargas: una carga de base de explosivo de alta velocidad en el fondo del casquillo, otra carga de cebo en el centro y por último una carga de ignición en la parte superior. La carga de ignición se activa por el fuego de la mecha, y la del cebo -- transforma el quemado de detonación, iniciando el alto explosivo de la carga base. Esta combinación de cargas ha producido detonadores altamente eficientes y confiables. Este diseño proporciona una máxima seguridad y estabilidad en su uso. Sin embargo, puesto que los fulminantes -- regulares están fabricados para explotar, no deben golpearse o exponerse al calor, ya que este trato puede producir una detonación prematura. Debido a esto, éstos no deben dejarse sueltos sin protección en lugares donde los niños puedan cogerlos.

Los detonantes están diseñados para detonar por la flama de una mecha de seguridad. Se utilizan ampliamente para disparar una o más cargas independientes como por --

ejemplo, en trabajos agrícolas y disparos secundarios en canteras. Su uso más frecuente sin embargo, es en los disparos múltiples en minas donde es necesaria la rotación y es muy difícil utilizar estopines eléctricos por el peligro de corrientes extrañas.

IV.- ANALISIS ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO

Como primer requisito para un correcto diseño en la demolición con explosivos, se necesita contar con toda la información disponible en lo referente a plantas y cortes. Esta información deberá igualmente cubrir los siguientes aspectos:

Planos arquitectónicos.

Planos estructurales.

Cambios y modificaciones con el tiempo.

Daños.

Existen algunas estructuras que por su misma antigüedad no cuentan con algunos de los planos anteriores, o inclusive con ninguno de ellos por lo que es necesario obtener cuando menos la siguiente información:

Plantas y elevaciones.

Resistencia de los elementos que componen la estructura.

Secciones y Armados típicos para columnas.

Cambios y modificaciones.

Las edificaciones de acero son estructuras formadas fundamentalmente a base de perfiles de acero en colum

nas y trabes. Las uniones entre los elementos pueden ser a base de:

Remaches

Soldadura

Si los perfiles que forman la estructura están unidos a base de remaches, es necesario conocer la siguiente información:

Localización de las placas de unión (por lo general) en pisos alternados.

Dimensión del espesor de las placas, trabes y vigas.

Número de pernos por unión.

Diámetro de los pernos.

Si los perfiles que forman la estructura están unidos a base de soldadura, es necesario conocer:

Localización de las placas de unión.

Dimensión del espesor de la placa, trabes y vigas.

Longitud de la soldadura.

ESPESOR Y TIPO DE SOLDADURAS.

Dentro de este capítulo deben de analizarse también los siguientes puntos:

- 1) Ubicación de las fallas o daños.
- 2) Ubicación del cubo de escaleras o de elevadores.
- 3) Ubicación de muros de carga.
- 4) Tipo de columnas.

1) UBICACION DE LAS FALLAS O DANOS.

Una de las causas por las cuales una estructura debe ser demolida es cuando ha fallado y tiene zonas colapsadas o con daños estructurales importantes. Es importante al reflejar estos daños en planos indicando la forma en que es necesario proteger, si es necesario, el trabajo en dichos niveles fallados o con daños importantes.

2) UBICACION DEL CUBO DE ESCALERAS O DE ELEVADORES.

Es muy importante considerar la ubicación de esta zona, ya que constituye una porción del edificio muy rígida. Los cubos de escaleras por lo general poseen muros de concreto que de no tratarse adecuadamente pueden ocasionar que no caiga en sí misma la estructura, provocando

daños a inmuebles o colindancias. Los rieles que sostienen las guías de elevadores deben de ser tratados también para lograr una calda controlada del edificio.

Las escaleras representan una unión de piso a piso que de no tratarse harían trabajar conjuntamente a los pisos; debe considerarse el separar estructuralmente la escalera de la losa de entrepiso.

3) UBICACION DE MURÓS DE CARGA.

Debe de considerarse la ubicación de muros que estén diseñados para cargar parte de la estructura, ya que deberán de tratarse adecuadamente para que no constituyan un obstáculo en la demolición.

4) TIPO DE COLUMNAS.

Las columnas son los elementos que transmiten las cargas hasta el suelo; por consiguiente haciendo fallar éstos, se obtiene el desplome por efecto de la fuerza de la gravedad. Dentro de esta inspección han de obtenerse dimensiones de todos y cada uno de ellos.

Las columnas generalmente se constituyen con dos canales que pueden ir ligados por placas espaciadas, por

soleras en celosía o por placas corridas. Son diseñadas para soportar las diferentes cargas por cierto grado de seguridad. En la demolición de una estructura metálica se puede llegar a debilitar ésta sin que se colapse, pero permitiendo una separación de los elementos estructurales durante la demolición.

V.- DETERMINACION DE LAS CANTIDADES DE EXPLOSIVOS DE ACUERDO AL ANALISIS ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO.

La descomposición de los explosivos está basada en grandes cantidades de gases que actúan bajo una presión extrema de varios millones de libras por pulgada cuadrada. Las ondas de choque producidas por la expansión de gases se mueven tanto radial como longitudinalmente y se concentran en la dirección de corte del explosivo, amoldándose generalmente al corte de la sección transversal.

Las ondas de choque que salen de la parte más baja de la carga dirigida convergen en plano paralelo al eje del cordón y provocan la concentración de una presión extrema junto con el plano de convergencia. Estas ondas de choque dirigidas, junto con la composición de los productos explosivos y los fragmentos metálicos de material de la cubierta forman la acción de corte preliminar del explosivo lineal.

La penetración de la carga dirigida depende, desde luego, del tamaño y tipo de explosivo, el tipo y grosor del metal, de la estructura, la distancia de separación entre explosivo y la placa de metal.

Los explosivos más comunes utilizados en la fabri-

cación de las cargas dirigidas son: RDX y PETN. La tolerancia en las cargas de centro varía en $\pm 10\%$ y la velocidad mínima de detonación es de 6,000 m/seg. por lo que la fracturación del material es instantánea. En la cubierta metálica de la cavidad de la carga dirigida se utiliza cobre, plomo, plata y aluminio.

Las cargas dirigidas se utilizan más frecuentemente para cortar superficies planas; sin embargo, se puede aplicar para cortar superficies internas, externas, domos y curvillneas.

La habilidad de corte de la carga dirigida es una función inversa de la raíz cuadrada de la densidad del material que se desea cortar [acero estructural].

Es decir:

$$\frac{t}{t'} = \sqrt{\frac{P'}{P}}$$

Donde:

t = Espesor del explosivo.

t' = Espesor de la placa de la estructura.

P = Densidad del explosivo.

P' = Densidad de la placa de la estructura.

Las cargas dirigidas pueden cortar fácilmente va--

rias pulgadas de acero así como un grosor significativo de aluminio y otros metales de menor densidad. Para que trabaje mejor, se requiere que se utilice una cubierta de plomo cuando se requieran centros explosivos de menos de 100 gr. por pie, mientras que el aluminio y el cobre se recomienda para tamaños más grandes; normalmente hablando, los explosivos lineales con cubierta de cobre son más efectivos en los tamaños grandes que los de cubierta de aluminio del mismo núcleo del explosivo. Los explosivos lineales con cubierta de plata son utilizados únicamente en operaciones especiales.

Las fuerzas y la dureza del material a destruir son muy importantes, aunque su papel es secundario; en el caso de rompimiento con cargas dirigidas un material duro es menos fácil de cortar que el mismo material en un estado suave o refortalecido. Consecuentemente, para un corte óptimo, se requiere un explosivo de mayor núcleo. Esta característica se refleja en los requerimientos para cortar acero extremadamente duros pero frágiles, en comparación con el corte de aceros menos duros.

La máxima penetración en el material a romper puede conseguirse por medio de un control de espacio entre la carga lineal y el material; esto varía por cada tipo y tamaño.

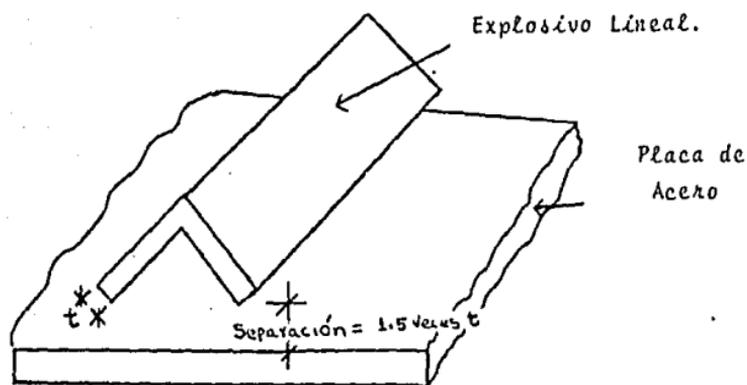


Fig. 3 Detalle de separación óptima del explosivo tomada del Manual sobre Demoliciones del Mayor Oscar García Chávez.

VI.- DETERMINACION DE LAS POSICIONES DE LOS EXPLOSIVOS SOBRE LA ESTRUCTURA.

En base a la experiencia en la demolición de edificios, se han logrado obtener recomendaciones prácticas de diseño en los siguientes aspectos:

- 1.- Número de cargas dirigidas por columna y nivel.
- 2.- Muros de cortante y de relleno.
- 3.- Cubos de escalera y elevadores.

1) NUMERO DE CARGAS DIRIGIDAS POR COLUMNA Y NIVEL.

El número de niveles a trabajar varía entre 4 y 6 en estructuras de 5 a 14 niveles, ya que para estructuras menores de 4 niveles no es económico el uso del sistema y para estructuras mayores de 14 niveles presuponen un diseño más minucioso.

De manera general se puede considerar lo siguiente:

Nivel	No. de cargas dirigidas por columnas.
Sótano	3
Planta baja	4
Primer nivel	3
Niveles superiores	2

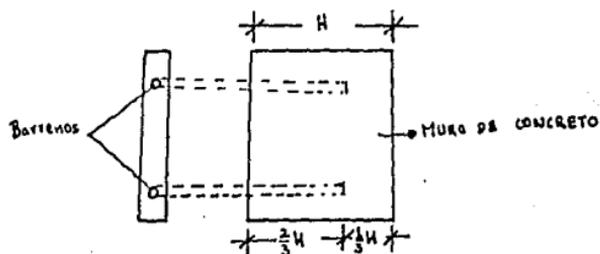
2) MUROS DE CORTANTE Y RELLENO.

El principio de remover los muros de cortante y relleno en aquellos niveles donde se coloca carga, principalmente los de cortante en cualquier dirección, así como los de relleno en la dirección de caída, radica en el hecho de tener movimiento inicial libre y que durante el colapso no haya elementos de retención para la caída continua de la estructura.

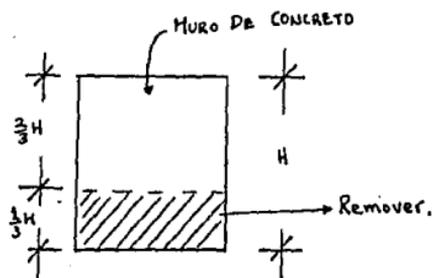
3) CUBOS DE ESCALERAS Y ELEVADORES.

En aquellos niveles en donde se coloquen cargas, los muros del cubo de elevadores se deben tratar de una de las 2 formas siguientes:

Diseñando barrenos profundos, trabajando los muros como -
columnas para su detonación.



Seleccionando previamente los muros cuando no sea posible
colocar los barrenos del punto anterior.

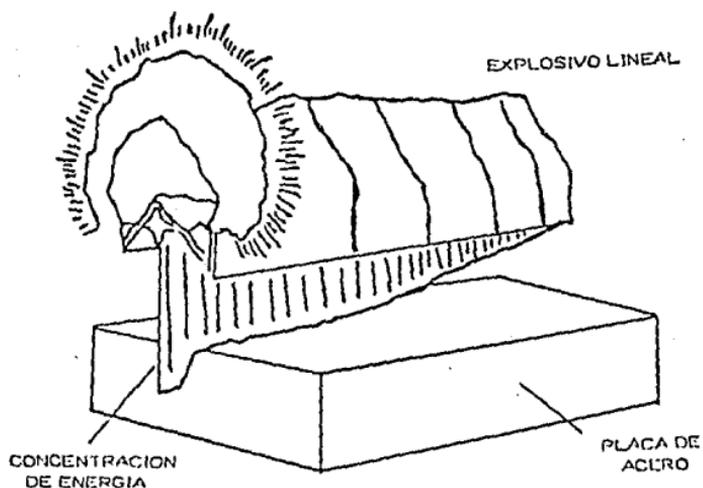


VII.- COLOCACION DE LOS EXPLOSIVOS.

En los lugares determinados para la colocación de los explosivos se procederá a colocar las cargas lineales, teniendo cuidado en colocar separadores que proporcionan la distancia óptima entre la carga y la plata a cortar, sujetando el explosivo a la estructura por medio de una cinta adhesiva resistente a la tensión o cualquier otro material con esta característica. Deberá tenerse cuidado de no golpear los iniciadores eléctricos y no eléctricos que servirán para detonar las cargas lineales. Los detalles de colocación de las cargas son mostradas en las figuras 4, 5 y 6.

Una vez que se ha colocado el explosivo se procede a protegerlo para evitar que objetos salgan disparados hacia el exterior.

La protección se hace mediante cajas de madera, las cuales tienen dimensiones variadas de acuerdo a las dimensiones de la columna. En la figura 7 se muestra este tipo de caja y la forma en que se debe de adaptar a la columna.



EFFECTO DE CORTE DE UNA CARGA LINEAL AL DETONAR

Fig. 4 (Tomada del Manual sobre Demoliciones del Mayor Oscar García Chávez).

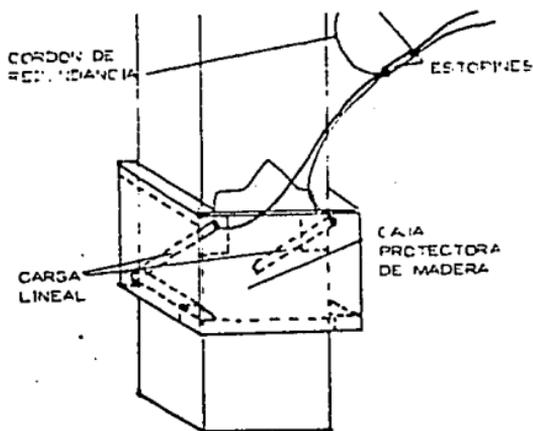
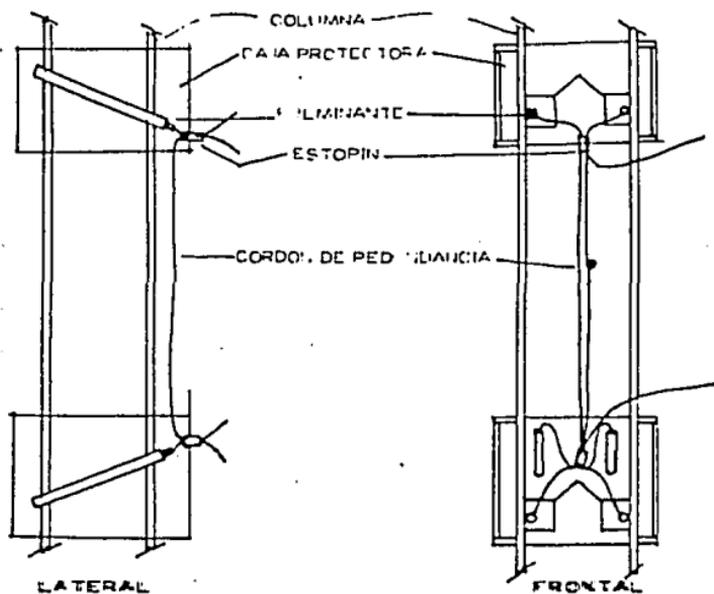


Fig. 5 (Tomada del Manual Sobre Demoliciones del Mayor Oscar García Chávez).

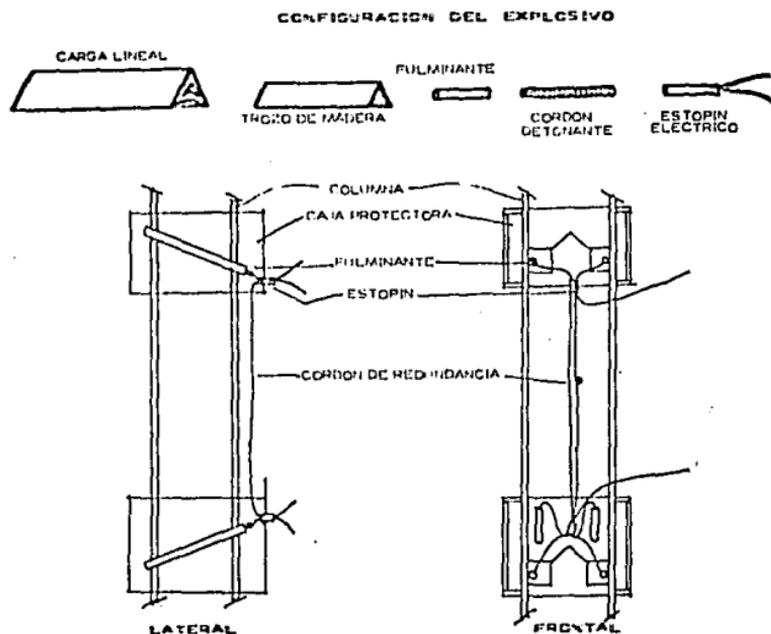


Fig. 6 (Tomada del Manual sobre Demoliciones del Mayor Oscar García Chávez).

CAJA DE MADERA PARA CUBRIR LAS COLUMNAS DE
ACERO CARGADAS CON EXPLOSIVOS

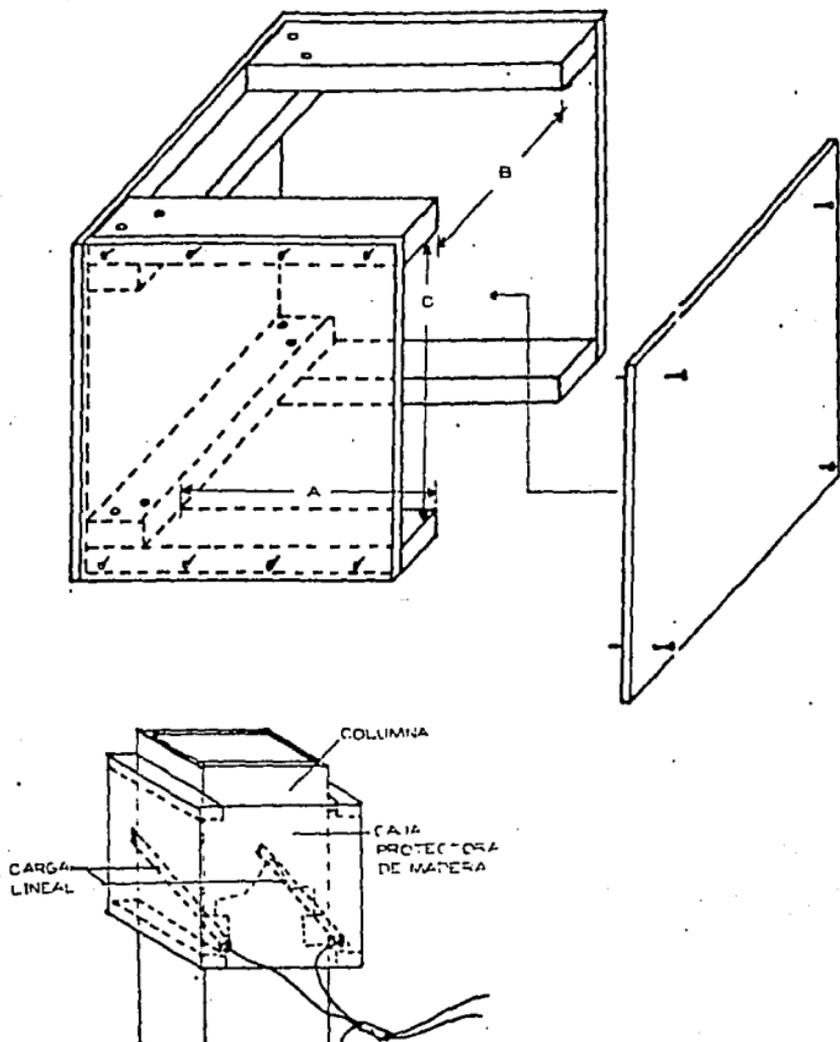


Fig. 7 (Tomada del Manual sobre Demoliciones del
Mayor Oscar García Chávez).

VIII.- USO DE RETARDADORES

Los retardadores que se utilizan en demolición de estructuras son estopines eléctricos que tienen un periodo de tiempo de retardo antes de iniciar la carga, por comodidad son conocidos por sus periodos de retardo de 0 a - 15 ó a 16 dependiendo del fabricante; el periodo de retardo para cada uno de éstos se especifica en el capítulo de clasificación de artificios y su uso general.

Una buena selección de tiempos, puede proporcionar las siguientes ventajas:

- Fragmentación adecuada.
- Seguridad en la caída.
- Dispersión de escombros controlada.

Para lograr esto, es necesario seguir los principios básicos que a continuación se mencionan:

- 1.- Utilizar tiempos de retardo de 500 milisegundos entre periodos.

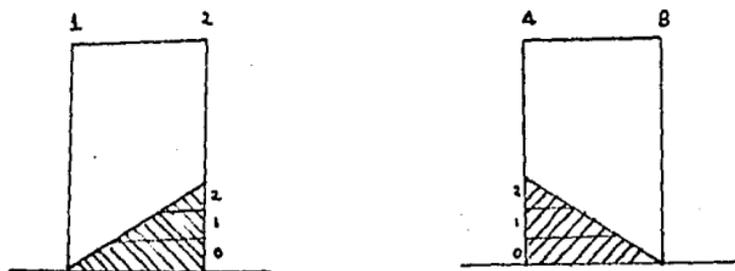
En la demolición de estructuras la separación sistemática de 500 milisegundos entre todos los tiempos tiene 2 funciones:

- Tener una secuencia de fallas, permitiendo continuidad en la caída.
 - Evitar distorsiones excesivas de la estructura y por consiguiente una caída no controlada.
- 2.- Empleo en el diseño de tiempos de periodo de retardo menores de 13.

Con el empleo en el diseño de tiempos de periodos de retardo menores a 13, se logran utilizar productos nacionales y se evita que los periodos de retardo mayores a 14 provoquen poca estabilidad estructural.

3.- Inducción general de colapso.

Si se logra remover una sección mayor en un extremo dado de la estructura, será en este extremo hacia donde se moverá la estructura en cuestión.



ELEVACION

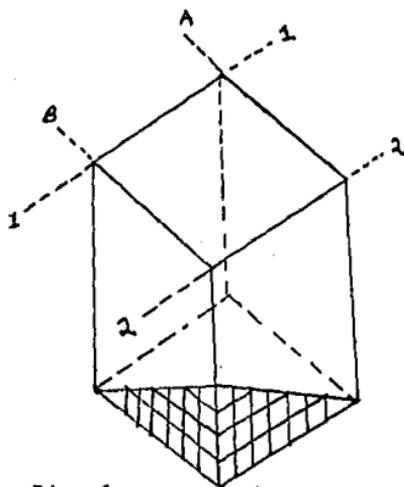


Fig. 8

4.- Tiempos inferiores a niveles inferiores.

Con el propósito de llevar un acomodo ordenado de los escombros desde abajo hacia arriba se colocan tiempos inferiores en niveles inferiores; esto hace que fallen - primero los elementos de los niveles inferiores provocando así por efecto de la gravedad que las que formaban el primer nivel se acomoden, subsecuentemente esto pasa con los pisos superiores.

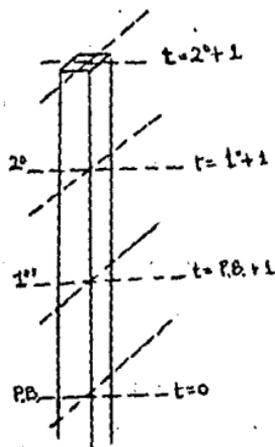
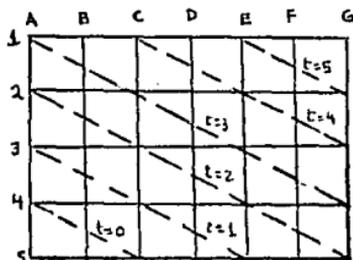


Fig. 9

5.- Discontinuidad.

Se puede obtener mayor fragmentación si se colocan líneas de tiempo en direcciones no colineales con los ejes de la estructura.



Fíg. 10

6.- Muros de elevadores.

En los muros de elevadores se colocará un tiempo - menor de un mínimo de 500 milisegundos al de las columnas adyacentes. Con el propósito de demoler primero el muro y no influyan en la calda de las columnas.

7.- Amortiguamiento.

Un desfaseamiento de un tiempo en la misma dirección de tiempos logra una menor dispersión del material en calda logrando un amortiguamiento.

IX.- DISPOSITIVO DE INICIACION.

Los dispositivos de iniciación son los medios por los cuales se provoca la detonación de los explosivos. Existen dos formas esenciales de hacerla: por medio de dispositivos no eléctricos y por medio de dispositivos eléctricos.

La primera tiene la facilidad de que no requiere cálculo para su diseño, ya que la detonación es llevada por un cordón detonante a todos los explosivos, pero tiene el inconveniente de que no se puede revisar el circuito final, pudiendo esto provocar que algún explosivo que no fue bien colocado o por algún motivo se safe el cordón detonante, no explote. Si esto sucediera en la demolición de un edificio pudiera provocar una caída no deseada.

La segunda, mediante dispositivos eléctricos, aunque su diseño requiere algo de cálculo, no es muy difícil y además el circuito final puede ser revisado pudiendo prever una mala conexión.

Por estas causas es confiable su uso en la demolición de edificios.

Un estopín se inicia cuando se ha acumulado suficiente energía calorífica en el alambre del puente para

eleva la temperatura de la mezcla de ignición al nivel crítico. A medida que se genera calor en el alambre del puente, como resultado del flujo de corriente eléctrica a través del mismo se disipa calor por los alambres del estopín. La operación es semejante a la de tratar de llenar una bañera que tenga un drenaje abierto. La corriente debe de estar arriba de un nivel mínimo para poder elevar la temperatura y debe permitirse fluir por un cierto periodo de tiempo (dependiendo de la corriente eléctrica). Por lo tanto, el tiempo requerido para calentar el alambre del puente depende de la corriente aplicada; entre más alta sea ésta, menor será el tiempo.

Si la corriente aplicada está precisamente arriba del nivel mínimo, puede requerirse un tiempo considerable antes de alcanzar la temperatura crítica y que se inicie el estopín. Con niveles de corriente muy reducidos, pequeñas diferencias de un estopín a otro pueden provocar grandes variaciones en los tiempos de iniciación, así como en la analogía de la bañera, tomará más tiempo llenar una que tenga un drenaje más grande que otra con un tubo de salida menor. En un circuito en serie, en donde la corriente es la misma para todos los estopines, se tendrán fallas como resultado, si uno de ellos dispara y corta la corriente antes de que los otros

estopines hayan sido iniciados.

Por lo tanto, la mínima corriente recomendada debe ser suficiente para asegurar que todos los estopines se hayan iniciado antes de que detone el primero. Puesto que puede haber grandes variaciones entre los fulminantes eléctricos manufacturados por las diferentes fábricas o mejor dicho compañías, nunca deben utilizarse estopines de diferentes fabricantes en la misma voladura.

Aunque la corriente o energía insuficiente puede causar fallas ya sea en estopines instantáneos o de retardo, un exceso de energía puede también ser perjudicial y provocar fallas en los estopines de retardo. El efecto del exceso de energía generalmente se describe mediante el término de "arqueo".

Pueden dispararse los estopines eléctricos sin ningún problema siguiendo cada una de las siguientes fases de trabajo:

- 1) Selección y planeamiento del circuito de voladura más adecuado.
- 2) Selección y uso de la energía eléctrica disponible.
- 3) Conexión y revisión adecuada de los circuitos

de estopines y líneas de guía.

- 4) Protección del circuito de voladura contra los riesgos de electricidad extraña.
- 1) Selección y planeamiento del circuito de voladura más adecuada.

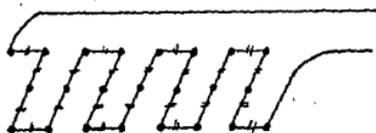
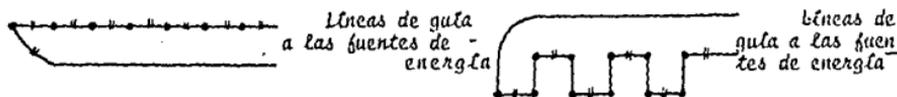
Los tres circuitos básicos comúnmente utilizados - en disparos múltiples son: en serie, en paralelo y en series en paralelo.

Circuitos en Serie.- Este tipo de circuito proporciona una sola trayectoria para la corriente a través de cada estopín del circuito. Después de efectuar todas las conexiones los dos extremos libres se unen a las líneas - de guía las que, a su vez, se conectan a la fuente de - - energía.

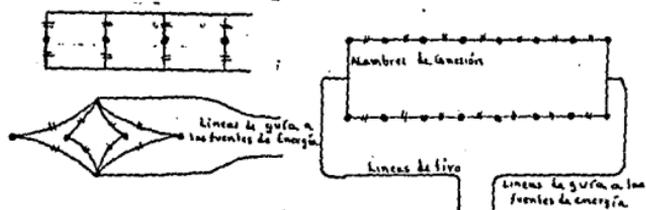
Circuitos en Paralelo.- En el circuito en paralelo se conecta un alambre de cada estopín a un lado del -- circuito de voladura, y el otro alambre del estopín al otro lado del circuito.

Circuitos de series en Paralelo.- Este método es una combinación de los circuitos descritos y consiste en unir dos o más series de estopines eléctricos conectándolos en paralelo. Este tipo de circuitos es el más usado_

en la demolición de estructuras debido a que se puede dis
 parar un gran número de estopines con una corriente mode-
 rada.



Métodos para conectar una o más hileras de
 barrenos en una sola serie.



CIRCUITOS EN PARALELO

CIRCUITO DE SERIES EN PARALELO.

Fig. 11 (Tomada del Manual de Explosivos Du Pont)

2) Selección y uso de la energía eléctrica disponible.

Los circuitos de voladura previamente descritos -- pueden dispararse ya sea utilizando máquinas explosoras o líneas de corriente; los circuitos de voladura deben estar diseñados específicamente para cada fuente de potencia particular con el fin de asegurar una iniciación correcta del disparo. A continuación se describirán los medios más utilizados en la demolición de edificios.

MAQUINAS EXPLOSORAS DE DESCARGA DE CONDENSADOR. (CD).

Las máquinas explosoras de descarga de condensador, cuando se utilizan en la forma que se describe, están consideradas como el mejor medio para disparar eléctricamente cualquier voladura.

Los circuitos en que se utilizarán máquinas explosoras CD deben diseñarse para distribuir la energía eléctrica a todos los estopines tan eficientemente como sea posible dentro de los límites de cada máquina.

A diferencia de los problemas con líneas de potencia en los cuales la corriente puede considerarse constante y es posible utilizar la ley del Ohm, los cálculos para máquinas explosoras CD son más complejos puesto que la

corriente cambia continuamente a medida que la máquina se descarga. Sin embargo, las computadoras modernas han hecho posible analizar las máquinas explosoras CD y determinar exactamente su capacidad de disparo de estopines.

Las figuras 12, 13 y 14 muestran los tamaños límites de circuito para las diferentes máquinas explosoras - Du Pont CD en donde están graficados el número de circuitos en serie contra el número total de estopines eléctricos de cobro de 20 pies. Los estopines pueden ser instantáneos o de retardo o una combinación de ambos.

Las áreas sombreadas en las gráficas representan - el rango de disparo recomendado y muestran las variantes que pueden utilizarse al diseñar un circuito de estopines eléctricos de acuerdo con el número total de estopines - del disparo. La línea punteada representa el centro del área sombreada y el tipo de circuito que permitirá entregar el máximo de energía a los estopines. Las líneas curvas gruesas representan los límites fuera de los cuales - pueden ocurrir fallas. El efecto de la resistencia de -- las líneas de guía es bastante importante y debe considerarse al diseñar todos los disparos.

El número recomendado al diseñar todos los dispa-ros o mejor dicho de estopines que debe colocarse en una

serie varía según la resistencia individual del estopín , el número de estopines en el disparo y el tipo de máquina explosora que va a utilizarse. Nunca debe de excederse el número máximo de estopines recomendados por serie en un - disparo de cualquier magnitud.

Para determinar los límites de la máquina cuando se utilizan estopines eléctricos con alambres de longitud diferente 20 pies, convierta el número equivalente de estopines de 1.81 ohms del modo siguiente:

No. de estopines en la voladura \times resistencia por estopin.

= 1.81 ohms

= Número equivalente de estopines de 1.81 ohms

Localice este número en la parte inferior de la gráfica y siga la línea vertical hasta el área sombreada para determinar el número de series que debe utilizarse. Ver ejemplo.

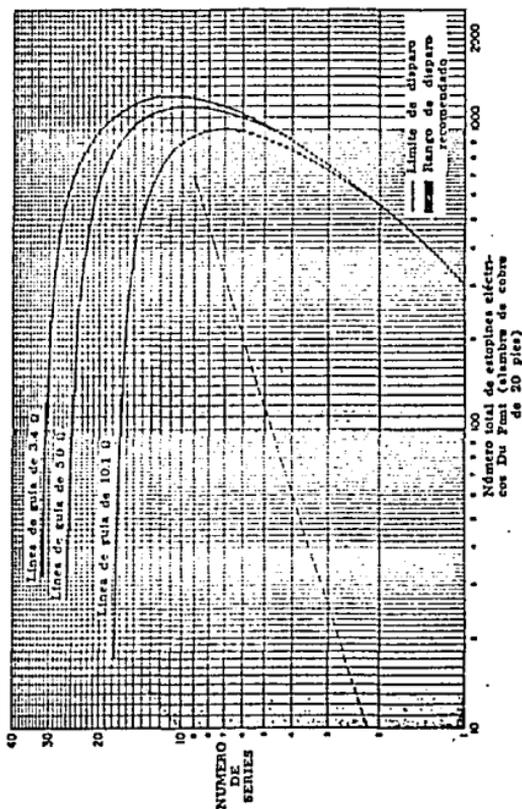


Fig. 12. Límites de disparo recomendados para la Máquina Explosora Du Pont SS-1000

Para determinar los límites de la máquina cuando se utilizan estopines eléctricos con alambres de longitud diferente a 20 pies convierta al número equivalente de estopines de 1.81 ohms del modo siguiente:

No. de estopines en la voladura X resistencia/estopín = No. equiv. de estopines de 1.81 ohms

por = 1.81 ohms

Localice este número en la parte inferior de la gráfica y siga la línea vertical hasta el área sombreada para determinar el número de series que debe utilizarse. Ver ejemplo.

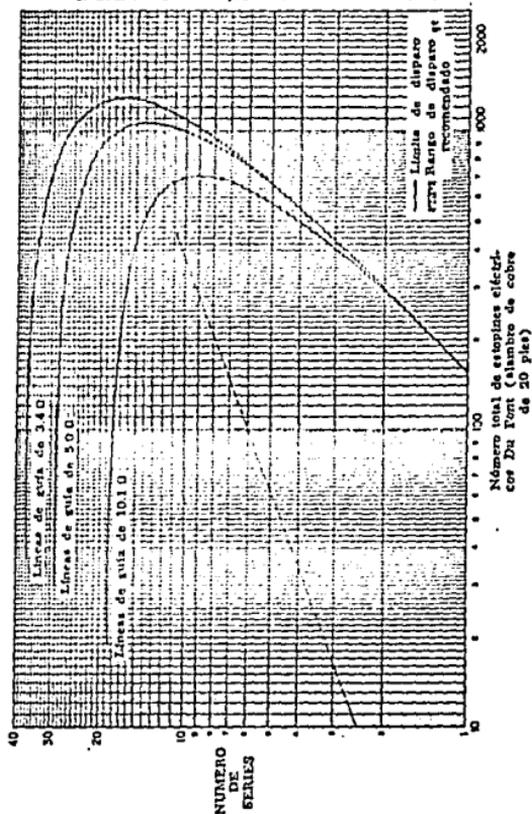


Fig. 13 Límites de disparo recomendados para la Máquina Explosora Du Pont

Para determinar los límites de la máquina cuando se utilizan estopines eléctricos con alambres de longitud diferente a 20 pies convierta al número equivalente de estopines de 1.81 ohms del modo siguiente:

No. de estopines en la voladura X resistencia por estopín = No. equiv. estopines 1.81 ohms

1.81 ohms

Localice este número en la parte inferior de la gráfica y siga la línea vertical hasta el área sombreada para determinar a 20 pies del modo siguiente: convierta al número equivalente de estopines de 1.81 ohms.

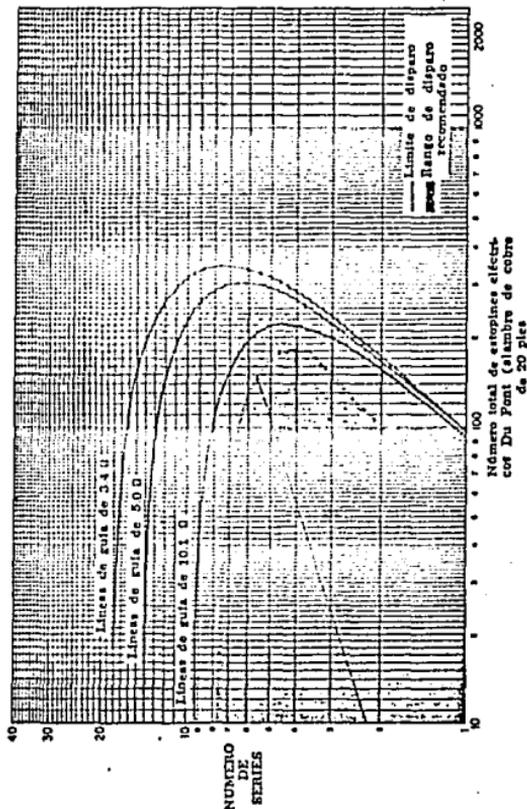


Fig. 14

Límites de disparo recomendados para la Máquina Explosora Du Pont CD-32-1

MAQUINAS EXPLOSORAS DEL TIPO DE GENERADOR.

Estas máquinas son del tipo de vuelta o de cremallera y han sido las convencionales durante muchos años. Están diseñadas de tal modo que no fluye corriente hasta que la barra de torsión o la cremallera llega al final de su viaje, en cuyo momento se descarga la corriente de disparo al máximo amperaje y voltaje.

Existen diversas máquinas de este tipo con diferentes voltajes y dependiendo del número de estopines a detonar se define el tipo de máquina a utilizar.

Lo anterior se efectuará mediante la aplicación de la Ley del OHM, realizándose los cálculos como se indica a continuación:

Cálculo de resistencia.- En circuitos en serie, la resistencia del circuito es igual a la suma de las resistencias del número total de estopines, que llamaremos R_1 .

En demolición de edificios se recomienda que en cada piso se tenga una serie y que deben de estar balanceadas las series, es decir, que la resistencia de todas las series sea la misma. Si lo anterior no es posible por el número variado de estopines en cada piso, se conectarán -

resistencias adicionales para balancearlas.

Estas series se conectarán a dos líneas comunes, con lo que se formará un circuito en serie - paralelo.

La resistencia de un circuito con series paralelas balanceadas que llamaremos R2, se calcula de la forma siguiente:

$$R2 = \frac{R1}{\text{No.de series}}$$

La resistencia total de circuito será la suma de -- R2, más la resistencia de los alambres de conexión R3, -- más la resistencia de la línea de tiro que llamaremos R4.

$$Rt = R2 + R3 + R4$$

El voltaje necesario para energizar el circuito se calcula con la ley del OHM de la siguiente manera:

$$V = Rt \cdot I \cdot Ns$$

Donde:

V = Voltaje necesario

Rt = Resistencia total del circuito

I = Intensidad de corriente necesaria

Ns = Número de series.

3) Conexión y revisión adecuada de los circuitos de estopines.

Conexión de los alambres.

El método más recomendado para conectar los alambres se muestra en la figura 15. Los alambres desnudos se colocan lado a lado y se doblan a la mitad de su longitud para formar una gaza.

Esta gaza se tuerce varias veces para formar una conexión de baja resistencia.



Fig. 15 [Tomada del Manual de Explosivos Du Pont]

Las conexiones entre dos tramos de alambre de conexión o entre alambres de los estopines y alambres de conexión, deben de hacerse con mucho cuidado. Primero si los extremos desnudos de los alambres están sucios o corroídos deben limpiarse con la hoja de una navaja. En donde se utilicen alambres de aluminio, se necesitan conexiones muy firmes para romper la capa de óxido de aluminio que siempre está presente en la superficie del alambre. De otro modo, el aislamiento producido por el óxido de alumi

no provocará una conexión de alta resistencia. Al efectuar conexiones en paralelo con las antenas deben pelarse más o menos 2 pulg. del aislamiento del alambre y los alambres del estopín deben conectarse en la forma que ilustra la fig. 16.

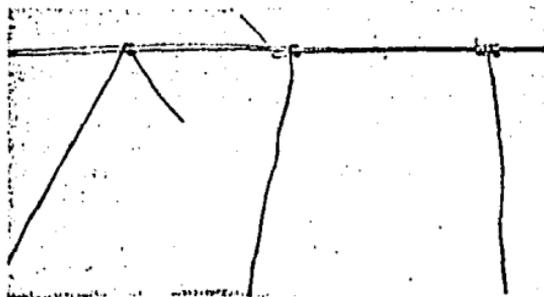


Fig. 16 (Tomada del Manual de Explosivos de Du Pont)

Al unir alambres de estopines o alambres de conexión a las antenas, los extremos de los alambres deben limpiarse y rasparse si fuese necesario. El alambre del estopín o el de conexión, debe enrollarse fuertemente a la antena. Después el extremo del alambre del estopín se dobla completamente hacia atrás y se le da una o dos vueltas más. La última vuelta es para lograr una conexión más fuerte, permitiéndole soportar cualquier jalón accidental de los alambres que pudiera romper la conexión.

Las conexiones desnudas de los alambres de un circuito de voladura nunca deben tocar tierra, quedar en charcos de agua o descansar sobre rieles, tubería o cualquier otro posible conductor eléctrico. Deben colocarse sobre piedras, bloques, palos o cajas de dinamita, de tal modo que sólo las partes aisladas de los alambres toquen la tierra y los soportes. Las conexiones deben de aislarse con cintas en aquellos lugares en donde no sea posible conservarlas separadas de la tierra, o fuera del agua o en donde las conexiones estén cubiertas por el material de taco.

Revisión de los Circuitos.

El Galvanómetro de voladuras y el voltímetro Du Pont pueden utilizarse para revisar la continuidad de un circuito en serie y también emplearse para detectar cortos circuitos. Para revisar adecuadamente un circuito de voladura es necesario, primero que todo, conocer la resistencia del circuito. Esto puede lograrse utilizando las tablas que nos dan la resistencia nominal de los estopines. La resistencia en ohms de un estopín se multiplica por el número de estopines en la serie. Cuando los extremos abiertos del circuito en serie se colocan sobre las terminales del Galvanómetro o voltímetro, debe marcar aproximadamente la resistencia teórica del circuito.

Al revisar circuitos de series en paralelo con estos instrumentos, es práctica común leer la resistencia total del circuito al conectar cada serie individual a las antenas. La resistencia del circuito debe disminuir a medida que se conecta cada serie.

Revisión de la línea de Gula.

Pueden revisarse la continuidad o cortos circuitos de las líneas de gula, ya sea utilizando el galvanómetro o el voltímetro. Las líneas de gula se prueban conectando los extremos desnudos a las terminales del instrumento; cuando los extremos opuestos están separados no debe haber deflexión de la aguja, y después cerrados la lectura del medidor debe indicar la resistencia aproximada de la línea gula.

4) Protección del circuito contra riesgos de electricidad extraña.

El término de electricidad extraña se refiere a la energía eléctrica no deseada, que puede entrar a los circuitos eléctricos de voladura, proveniente de cualquier fuente. Las fuentes de electricidad extraña caen dentro de 2 categorías: Aquella generadas por la naturaleza y las generadas por el hombre. Las generadas por la natura

leza incluyen el rayo, la estática y la acción galvánica.

Las generadas por el hombre incluyen a las corrientes inducidas por la radiofrecuencia, generadores estáticos, corrientes erráticas producidas por equipo eléctrico impropriadamente instalado o en malas condiciones de trabajo, corrientes inducidas magnéticas y electrostáticas, - descarga de corona de líneas de transmisión de alto voltaje y fuertes corrientes de tierra originadas por líneas de fuerza o rieles cercanos al sitio de la voladura.

Las fuentes de electricidad extraña producidas por el hombre se hacen cada vez más numerosas, ya que cada año se tienden millas de líneas de transmisión y nuevo equipo eléctrico es cada vez mayor. Como resultado de esta combinación de circunstancias, los riesgos de la electricidad extraña relacionados con los circuitos eléctricos de voladura son un motivo de preocupación cada vez más importante.

X. - CONTROL DE LA VOLADURA.

Uno de los factores principales que constituye el control de la voladura es el adecuado diseño de los tiempos de los estopines, pero existen otros factores que se deben de considerar para que la voladura no cause ningún daño; a continuación se mencionan éstos.

- Zona de acomodo de escombros.

Al desplomarse una estructura en sí misma, ésta -- busca un acomodo natural del volumen demolido. Así se obtiene que una estructura ocupa una altura aproximada de - 0.9 m por piso de altura demolido con un ángulo de repaso de 35 a 40°. (Tomado del Manual de Demoliciones del Mayor Oscar García Chávez).

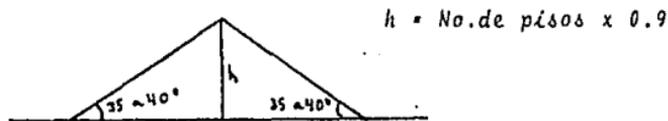


Fig. 17

Si existen sótanos es recomendable costurear la losa superior para que un mayor volumen de escombros se - aloje en ellos.

También otro punto importante es de que si se tienen rampas de estacionamiento éstas deben de ser tratadas igual que los cubos de escaleras.

- Linderos.- El ubicar en un plano las separaciones con otras estructuras aledañas, debe considerarse para conocer los grados de libertad de la estructura a demoler.

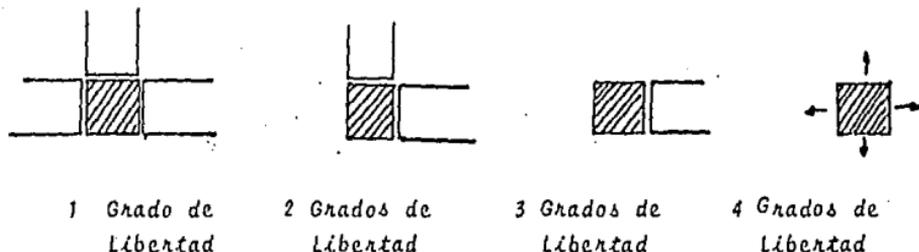


Fig. 17

Es necesario cuando menos 1 grado de libertad y de preferencia de 2 en adelante para asegurar que el desplome no ocasione daños.

- Ligas con linderos. Pueden existir ligas con otros linderos ya sea en: La superestructura o en la subestructura.

Si existe algún tipo de unión en la superestructura con alguna edificación, ésta deberá desligarse por com

pleto para evitar que al desplome ocasione el talón de la estructura unida.

Si existe unión en la subestructura no es estrictamente necesario su separación física, pero habrá de considerarse en el diseño por la transmisión de ondas por el suelo que en algún momento podría provocar deformaciones importantes en las estructuras aledañas.

- Preparación de la estructura.

Las preparaciones realizadas en las columnas metálicas, tienen como finalidad, debilitar a dichos elementos, para que al momento de la detonación de las cargas, éstas fallen provocando el colapso general de la estructura, así como para el alojamiento o colocación del explosivo lineal.

1.- Columnas de acero y concreto.- En ciertas estructuras es común la utilización de elementos de acero recubiertos por concreto. En estos casos como preparación preliminar, será necesario demoler el concreto que cubre a las columnas, para poder debilitar el acero.

2.- Debilitamiento de las columnas.- Las columnas de acero se preparan para lograr la demolición de la estructura, efectuándose cortes por medio de equipos de --

oxiacetileno.

3.- Demolición de muros.- Esta actividad se realiza en varios pisos de la estructura con el propósito de debilitarla y quitarle estabilidad. Consiste básicamente en derribar todos los muros de los niveles en que se efectuará la barrenación en la columna, o colocación de los explosivos lineales.

4.- Preparación de escaleras.- La preparación en las escaleras consiste en debilitar a éstas en los pisos que unen; se debilitan demoliendo el concreto sin cortar el acero de refuerzo.

Esta preparación se realiza con el objeto de que las escaleras en su conjunto no rigidicen la estructura y provoquen problemas durante el colapso.

Esta preparación puede hacerse con rompedoras neumáticas. El tiempo para efectuar el trabajo depende del número de ranuras y del tipo de escaleras. Esta misma preparación se debe hacer cuando se tengan rampas de esta cionamiento.

5.- Preparación del cubo de elevadores.- La rigidez que proporcionan los cubos de elevadores a las estruc

turas, puede provocar problemas durante la demolición como se mencionó anteriormente.

La preparación consiste en dividir a este cubo en varias secciones para quitarle continuidad. Esto puede hacerse demoliéndolo en algunos pisos alternadamente.

El tipo de demolición, manual o con equipo neumático, dependerá del material o materiales con que estén construidos.

Será necesario también seccionar los rieles de acero que conducen a los elevadores, ya que éstos rigidizan la estructura.

6.- Colocación de tensores.- Esta actividad es necesaria para asegurar en ciertos casos, de la dirección de caída de un edificio, sobre todo cuando se tiene colindancias sumamente cercanas a la estructura que se pretende demoler.

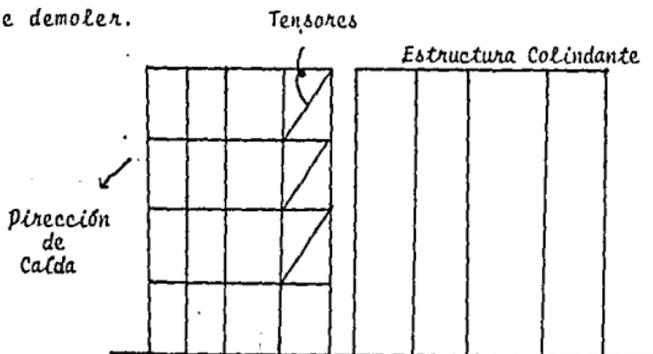
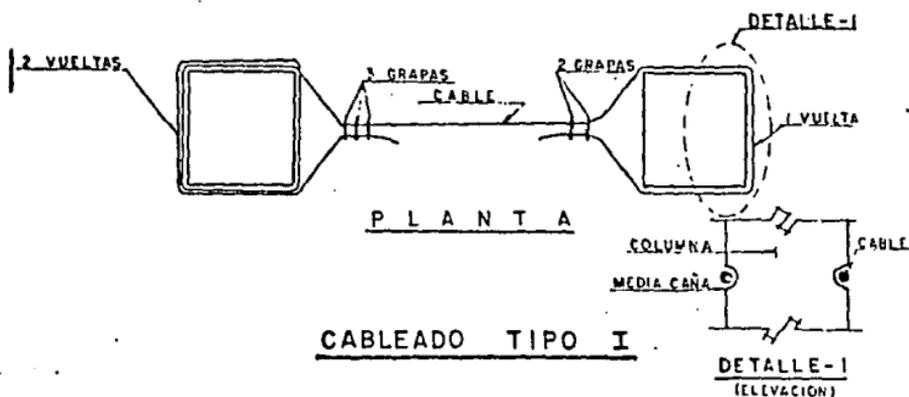
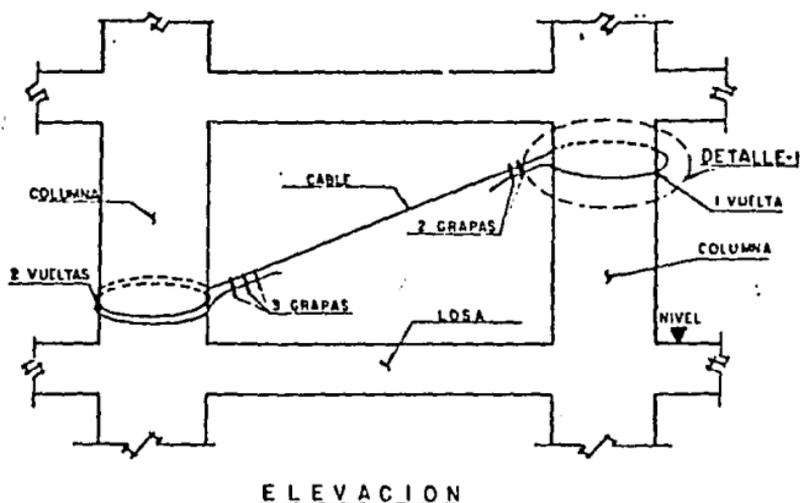


Fig. 18

Los cables de acero son usados generalmente de $3/4$ de pulgada y se colocan en las columnas, uniendo la parte alta de una con la parte baja de la otra en la dirección_ que queremos jalar a los elementos de la estructura.

Los tensores deberán colocarse inclinados de preferencia a 45° hasta donde sea posible, ya que a medida que este ángulo aumente o disminuya, el efecto de tensión es menor.

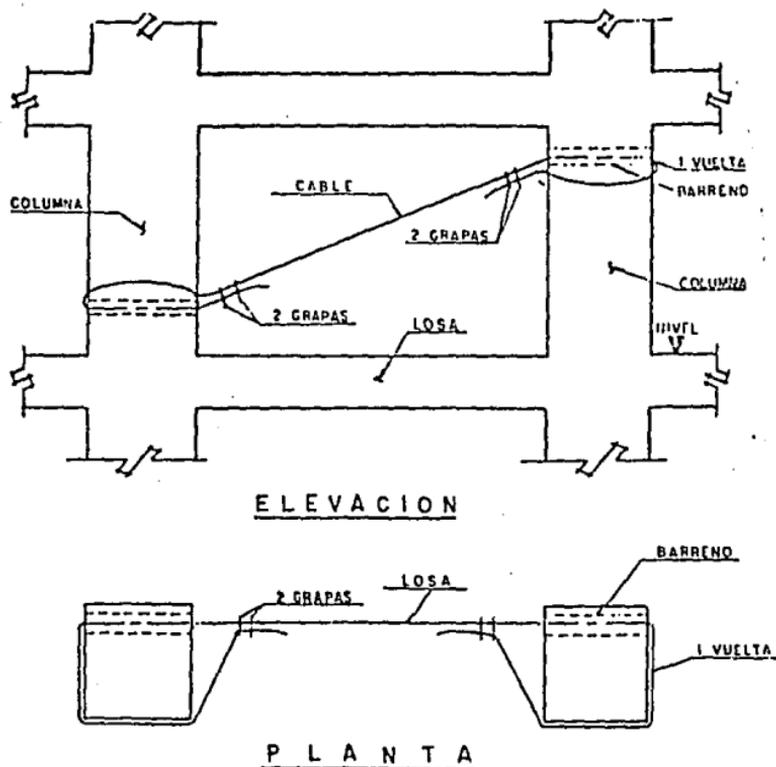


UBICACION: En los niveles y entrejes que se indiquen, se fijaran en la parte superior ó inferior entre dos columnas como se indiquen las vistas

ELEMENTOS: Cable de acero tensado con una fijación inferior de dos vueltas y tres-grapas y una superior de una vuelta y dos grapas. Ambas fijaciones llevarán media caña en la columna para atornillar los vueltas del cable.

ESPECIFICACION: Cable $\phi = 3/4''$

Fig. 19 (Tomada del Manual de Demoliciones del Mayor Oscar García Chávez).



CABLEADO TIPO II

UBICACION: En los niveles y entrejes que se indiquen, se fijaran en la parte superior ó inferior entre dos columnas como se indique en las vistas.

ELEMENTOS: Cable de acero tensado con una fijacion tipo de una vuelta atravesando la columna o trovez de un borreno y dos grapas.

ESPECIFICACION: Cable $\varnothing = 3/4''$

Fig. 20 (Tomada del Manual de Demoliciones del Mayor Oscar Garcia Chávez)

- Protección.

a) Internas.- La finalidad de las protecciones de una estructura que será demolida, es evitar hasta donde sea posible, que la detonación de las cargas expulse fragmentos de concreto, acero u otro material que causan algún daño o accidente en el área que rodea a ésta. La protección interna para estructuras metálicas la constituyen las cajas de madera de las cuales ya se habló en el capítulo de colocación de los explosivos.

b) Externas.- Dentro de las protecciones externas se considera una protección adicional en la planta baja - que consiste en una cortina perimetral a base de malla - ciclón y de madera que debe cubrir toda la altura libre - de este nivel con el objeto de evitar que salgan disparadas partículas o fragmentos de materiales ya que en esta parte se encuentra la mayor cantidad de explosivos.

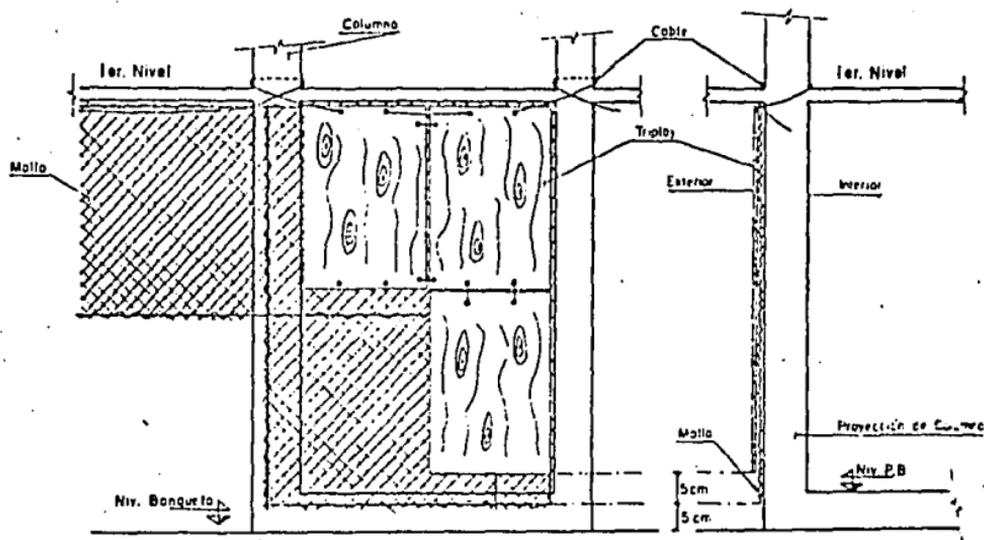
Esta cortina puede colocarse en algunos otros niveles si se requiere una seguridad adicional a cierto lugar de la estructura, para proteger algunas colindancias en especial.

También debe de considerarse la protección de los servicios públicos como:

- Cables y postes de energía eléctrica.
- Lámparas y postes de alumbrado público.
- Semáforos.
- Transformadores de energía eléctrica.
- Redes de agua potable.
- Redes de drenaje.
- Líneas telefónicas subterráneas
- Banquetas y guarniciones.
- Vialidad
- Sistema de transporte colectivo.

Para la protección de las obras subterráneas, a fin de amortiguar la caída del escombros se coloca un colchón de tepetate.

PROTECCION TIPO EN PLANTA BAJA "CORTINA"



UBICACION En planta en todo el perímetro que este descubierta, fachadas y edificaciones.
En planta en toda la altura entre el 1er nivel del edificio y el de bonquete.

ELEMENTOS Dos cortinas independientes cargadas únicamente de la parte superior, una interior de malla ciclón y una exterior de triple.

ESPECIFICACIONES Triple de 3/4" de espesor.

Fig. 21 (Tomada del Manual sobre Demoliciones
del Mayor Oscar García Chávez).

XI.- REMOCION DE ESCOMBROS.

A. GENERALIDADES.

La remoción de escombros posterior a la demolición de la estructura es tan importante como ésta misma. Una de las ventajas principales del método de demolición de estructuras con explosivos en relación con los métodos de demolición convencionales, es la rapidez del mismo; de aquí la importancia de efectuar el retiro de material producto de la voladura con la mayor rapidez posible, para evitar que el tiempo ganado al emplear explosivos se pierda durante el retiro de los escombros.

Es conveniente tener en cuenta que al atacar la estructura una vez demolida para recoger el escombros, no se está trabajando en un banco de material, sino una estructura fragmentada que en muchas ocasiones puede aparentar tener estabilidad por lo que deberán tomarse todas las precauciones.

Por otra parte, antes de comenzar los trabajos de retiro de escombros, es muy importante hacer una inspección precisa de la estructura demolida para asegurar de que no han quedado explosivos sin detonar. Lo que podría provocar un accidente.

B. MAQUINARIA Y EQUIPO PARA EL RETIRO DE ESCOMBRO.

a) Maquinaria.- La maquinaria que se usa comúnmente es la siguiente:

Retroexcavadoras.

Traxcavos

Tractores

Grúas de diferentes capacidades

Draga con pera para demoler partes que no se fragmentaron

Compresores (para utilizar las rompedoras neumáticas).

El número y tipos de estas máquinas deberán seleccionarse en función del tamaño de la estructura, las condiciones en que ha quedado y el tiempo en que se requiere despojar la zona.

b) Equipo.- El equipo que se usa comúnmente es el siguiente:

Equipos de corte de oxiacetileno

Cables de acero

Rompedoras Neumáticas y/o martillos hidráulicos.

El equipo de corte se usa para cortar los elementos de acero para facilitar la remoción de la misma y es

tan importante como la maquinaria.

El cable de acero sirve para jalar losas, traveses o cualquier otro elemento con la grúa o los tractores.

Las rompedoras neumáticas y los martillos hidráulicos son para fragmentar partes que quedan sin demoler para facilitar la propia voladura.

c) Carga de escombros.

La carga del escombros se efectúa fundamentalmente con camiones de volteo de 8 m^3 y/o camiones fuera de carretera y plataformas.

El número de camiones o plataformas también lo determinan las características de la obra; las plataformas son necesarias para transportar partes muy grandes de estructura como losas, traveses, columnas que no es posible cargar en los volteos.

Es muy importante que el número de camiones sea -- tal que la carga sea continua; esto puede determinarse -- obteniendo el ciclo del camión, que es el tiempo que un camión va al tiro y regresa, considerando el tiempo en -- que es cargado.

La carga de los camiones se efectúa con los traxca vos y el de las plataformas se efectúa comúnmente con la grúa.

El tiro debe ser un lugar cercano y accesible para los camiones y plataformas.

Para obtener el ciclo de un camión a fin de evitar que las máquinas que cargan paren por falta de camiones o bien que exista un exceso de éstos, es necesario tomar en cuenta lo siguiente:

Tiempo de carga

Tiempo de descarga

Tiempo de ida y regreso al lugar de descarga

Capacidad de la máquina de carga

Capacidad del camión

d) Personal de supervisión.

Para este tipo de trabajos es recomendable contar con el siguiente personal:

Ingeniero residente

Auxiliares técnicos

Checador de tiempos de maquinaria

Checador de salida de camiones

Checador de llegada de camiones

Sobrestante general de maquinaria
Mecánicos de maquinaria

e) Seguridad en la remoción de escombros.

Este aspecto resulta ser fundamental, ya que la incidencia de accidentes es mucho mayor en la remoción de escombros, que durante los preparativos para la misma demolición, por lo que debe trabajarse siempre con seguridad y por ningún motivo realizar maniobras que pongan en peligro la integridad física de los trabajadores.

Al mismo tiempo debe de hacerse una labor continua de concientización en los trabajadores, del peligro que existe en este tipo de trabajos y de la necesidad de que ellos mismos se cuiden entre sí.

Es recomendable efectuar las maniobras de más riesgo durante el día y dejar para la noche, si es necesario, trabajar este turno, otro tipo de maniobras.

Si por requerimientos de la obra es necesario trabajar de noche, es muy importante contar con una iluminación adecuada en la zona de trabajos.

XII.- CONTROL DE RUIDOS Y VIBRACIONES.

El control del ruido y vibraciones es de vital importancia al diseñar una voladura en una estructura ya -- que puede producir daños tanto en las personas como en -- las construcciones cercanas a ésta.

El público detecta las voladuras a través de dos - sensaciones físicas que son las vibraciones y el ruido. - Las vibraciones son a menudo tan ligeras que son despre- - ciables, y en la mayoría de los casos, únicamente se per- - cibe el ruido. La reducción de las vibraciones para lle- - var a este bajo nivel se debe principalmente al uso de - prácticas de voladura y explosivos recomendados por inge- - nieros en vibraciones, basados sobre registros sismográfi- - cos; también otro aspecto que favorece la disminución de vibraciones es el uso de estopines de retardo, ya que li- - mita la cantidad de explosivo que detona en un momento - dado.

Desgraciadamente, no ocurre una reducción semejan- te en el nivel del ruido debido a la baja velocidad del - sonido en el aire, lo que por lo regular permite que el - sonido generado por cada carga se combine en algunas o en todas las direcciones.

CONTROL DEL SONIDO.

El principal factor que determina la variación de la propagación del sonido son las condiciones climatológicas. Estas condiciones afectan la intensidad del ruido producido por una voladura al escucharlo a distancia. Las variables que influyen en la propagación del sonido son : la velocidad del viento y temperatura como una función de la altura.

Normalmente, la temperatura del aire disminuye a medida que la altura sobre la superficie de la tierra aumenta. La disminución de la temperatura puede variar, pero tiene un promedio de 3.5° por 1,000 pies. Si la temperatura es constante sobre un rango de alturas, se dice que existe un isotérmico. Si el aire se hace más caliente a medida que la altura aumenta, existe una inversión.

Un aire isotérmico y una velocidad de viento cero producen las ondas sónicas rectas y un frente de onda esférico según se ilustra en la figura 22.

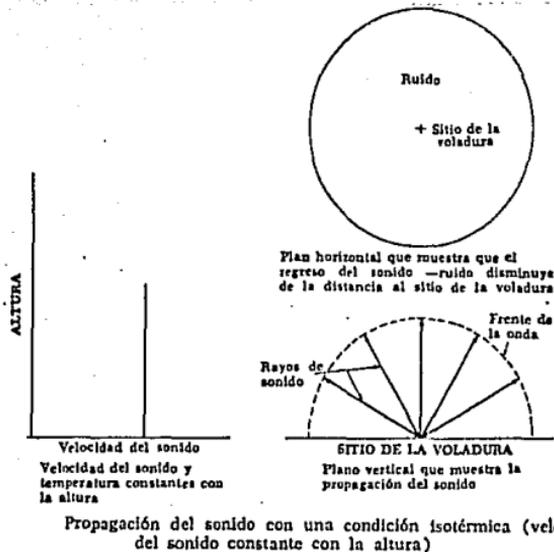


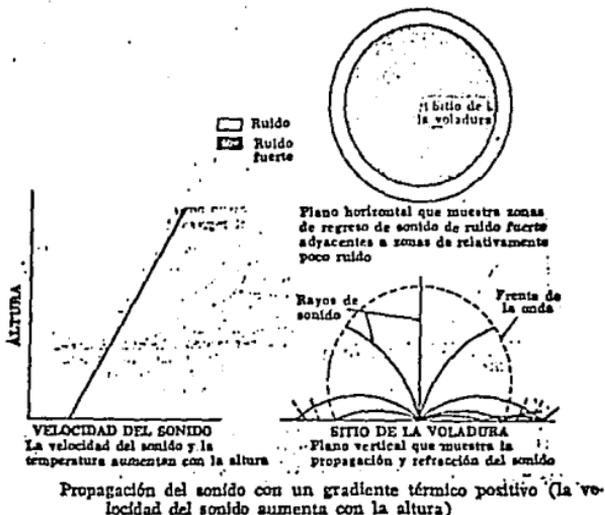
Fig. 22 (Tomada del Manual de Explosivos Du Pont)

Si las condiciones climatológicas (temperatura y - velocidad del viento) son tales que producen una mayor ve - locidad del sonido en cualquier dirección sobre la super - ficie de la tierra, entonces existe una inversión de soni - do-velocidad. En este caso, los rayos de la onda sónica - en la dirección en que la velocidad aumenta pueden regre - sar a la tierra por refracción y producir un ruido mayor - en ciertas áreas.

Cuando existen condiciones climatológicas que evi - tan que la onda de sonido progresa uniformemente en todas las direcciones, entonces el frente de la onda no puede - tener una forma semiesférica. Aunque el frente de la onda debe permanecer continuo, la forma cambia y algunas - partes se aceleran y otras se retrasan. Puesto que la di - rección de la propagación del sonido es en ángulos con -

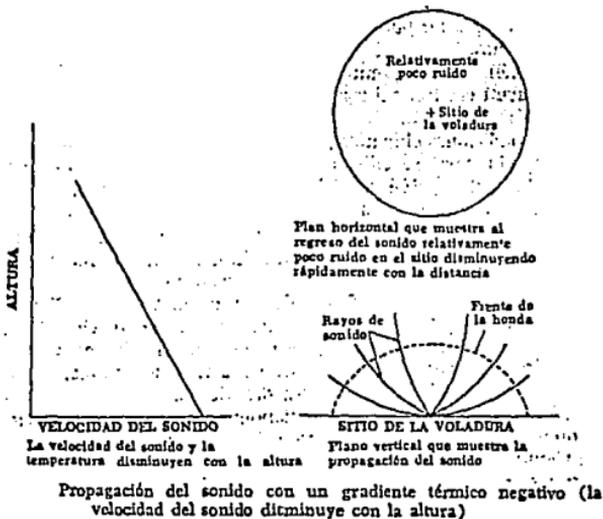
respecto al frente de la onda, provocará que el frente se refracte en esa dirección, semejante a un bote de remos - que gira en la dirección de un remo retrasado.

Cuando la temperatura aumenta con la altura (se experimenta también un aumento en la velocidad del sonido), el frente de la onda se retrasa en la dirección de la superficie de la tierra, y ondas de sonido se refractan hacia la tierra. Esto se ilustra en la fig. 23. Puede verse que los puntos con mayor ruido quedarán junto al sitio de la voladura.



Tomada del Manual de Explosivos Du Pont.

También una disminución en la velocidad del sonido con la altura reducirá el nivel del sonido cerca del sitio de la voladura, según lo indica la fig. 24.



Tomada del Manual de Explosivos Du Pont.

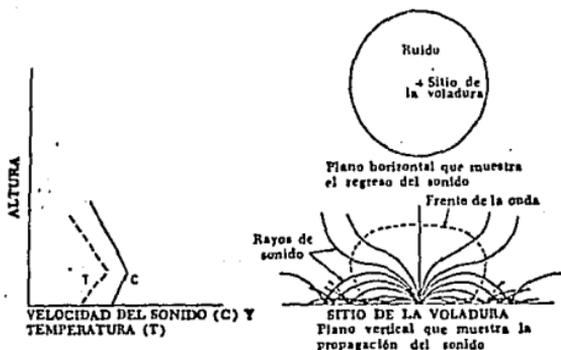


Fig 25 La velocidad del sonido aumenta en una pequeña distancia hacia arriba y después disminuye con una altura mayor. En esta condición, no existen zonas de silencio y el sonido estará caracterizado por un estruendo de relativamente larga duración. La duración del sonido se debe a que los rayos de sonido lleguen al escucha en tiempos diferentes y a través de trayectorias multidireccionales y reflejadas

Tomada del Manual de Explosivos de Du Pont.

CONCLUSIÓN:

Condiciones favorables para las voladuras.

Cielos claros o parcialmente nublado; con nubes -
 aborregadas y temperaturas relativamente tibias durante -
 el día. Las inversiones de temperatura desfavorables ocu-
 rren con mayor frecuencia durante la noche y temprano en
 la mañana. En algunas partes del país, las inversiones -
 pueden ocurrir en el 50 al 75% de las noches durante el -
 año. Esto no es demasiado importante ya que la mayoría -
 de los disparos se efectúan durante el día; pero puede -
 mostrar por qué algunas voladuras que se inician poco des-
 pués de caer la noche pueden dar como resultado serios --
 problemas de ruido.

Otra condición favorable serían días nublados con vientos rápidamente cambiantes, quizá acompañados con lluvias breves.

Condiciones desfavorables para las voladuras.

Los días más desfavorables son aquellos en los que el aire está relativamente quieto. Estos días son por lo general nebulosos, brumosos o con humo. Puede deducirse una indicación de condiciones desfavorables por el comportamiento del humo en algunas chimeneas vecinas. Si el humo se extiende horizontalmente después de su levantamiento inicial con poco movimiento vertical a medida que se extiende lejos de la chimenea, existe una condición posible y casi con seguridad una inversión en la temperatura. También días claros algo nebulosos con temperaturas casi constantes y posiblemente con vientos ligeros.

CONTROL DE VIBRACIONES

La demolición de un edificio mediante explosivos genera vibraciones del suelo que al ser registradas y estudiadas proporcionan información útil del subsuelo. Los principales estudios sísmicos que pueden hacerse aprovechando la demolición del edificio por voladura son:

- 1).- Estudios Sísmicos de Refracción.- Tienen por

objeto determinar la estructura que guardan los materiales en el subsuelo del edificio a demoler así como sus espesores y cualidades de roca. Para su operación se utilizan sismógrafos de varios canales, uno por cada geófono, colocados en línea recta o intervalos regulares y colineales con el edificio a demoler.

Este tipo de estudio es importante para fines de exploración o reconstrucción del inmueble ya que proporciona un corte del subsuelo y estimación de la dureza de las capas existentes; para metros útiles para el diseño de la futura cimentación.

2).- Estudios de velocidad de partícula.- La velocidad de la partícula está íntimamente ligada con la cantidad de carga (W) y la distancia (R) mediante la siguiente ecuación empírica:

$$v = \frac{K W}{R}$$

En donde K, y B son constantes que dependen de las propiedades estructurales y elásticas de la masa rocosa y varían de un sitio a otro.

Investigaciones hechas por el Bureau of Mines de los Estados Unidos han demostrado que la velocidad de la

partícula puede representarse como:

$$v = K \left(\frac{R}{w^{1/2}} \right)^{-n}$$

Ecuación que involucra sólo dos incógnitas K y n - las cuales dependen de las condiciones particulares de cada sitio.

En ausencia de sismógrafos un gran número de mediciones en el campo han demostrado que la ecuación de propagación expresada como:

$$v = 160 \left(\frac{R}{w^{1/2}} \right)^{-1.6}$$

En donde:

V = velocidad de partícula en pulg./seg.

R = distancia en pies entre el sitio de explosión y el de registro.

W = cantidad de explosivo en libras por período de retardo de 8 milisegundos o más.

Con base en lo anterior puede asegurarse que para reducir el nivel de vibración producido por una voladura es necesario detonar las cargas con diferentes tiempos de retardo. Este mecanismo es importante puesto que reduce el daño potencial que la voladura podría chear a otras estructuras.

La siguiente tabla da una idea de la naturaleza de los daños que se pueden ocasionar conforme se incrementa la velocidad de la partícula y el criterio de seguridad impuesto por el Bureau of Mines.

Velocidad máxima de partícula pul/seg.	Naturaleza del daño.
12	Se caen rocas en túneles sin revestimiento.
7.6	50% probabilidad de daño mayor en el enyesado.
5.4	50% probabilidad de daño menor en el enyesado.
2.8 - 3.3	Umbral de daño por voladuras cercanas.
2.0	Criterio de seguridad de voladura para estructuras residenciales recomendado por el U.S. Bureau of Mines.

3).- Estudios de aceleración del terreno.- La aceleración del terreno es fielmente correlacionable con el nivel de daños producidos por el manejo de explosivos. Sin embargo se puede aprovechar la demolición de edificios para estudiar la atenuación que sufren las ondas superficiales en su recorrido y la cantidad de energía que concentran. Por ello es necesario instalar una serie de

acelerómetros a lo largo de un perfil que sea colineal a la demolición. Esto es muy importante para el diseño sísmico de futuros edificios que planearán construirse en las cercanías o en el sitio de demolición.

XIII.- MEDIDAS DE SEGURIDAD.

En este capítulo se tratará lo referente a las medidas de seguridad que se deben de tener, incluyéndose - desde el transporte de los explosivos hasta las medidas - de seguridad que se deben tomar después de la demolición; por consiguiente consideraremos los siguientes puntos:

- a) Transporte al lugar de la demolición.
 - b) Almacenamiento.
 - c) Control de explosivos.
 - d) Seguridad antes de cargas.
 - e) Colocación de cargas lineales.
 - f) Conexión del circuito.
 - g) Iniciación.
 - h) Definición del puesto de mando.
 - i) Sistema de señales.
 - j) Seguridad después de la demolición.
 - k) Posibles accidentes con explosivos.
-
- a) Transporte al lugar de la demolición.

El proveedor enviará los explosivos al lugar de la demolición en un vehículo autorizado para este fin por la Secretaría de la Defensa Nacional y la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, el cual siempre llevará consigo la respectiva documentación para el manejo y transporte -

de materiales explosivos, como son:

1).- Remisión de embarque, la cual contendrá la si siguiente información:

- Nombre del proveedor, del comprador y destino.
- Nombre y cantidades del producto.

2).- Permisos expedidos por la Secretaría de la Defensa Nacional del comprador, transportista y los permisos de adquisición de la Zona Militar correspondiente, amparando el embarque.

3).- Permiso de transporte de explosivos, de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

4).- Talón de embarque del transportista.

Los vehículos deberán tener pisos y paredes de madera y no deben producir chispas en las partes que tengan - contacto con el explosivo (clavos, tornillos, partes metálicas, etc.).

Antes de transportar los explosivos, el proveedor - debe inspeccionar los siguientes puntos del vehículo:

Extintidor.

Carrocera.

Frenos.

Dirección.

Luces.

Claxon.

Limpiadores de parabrisas.

Llantas.

Tanque de combustible.

Dispositivos de acoplamiento.

Abanderamientos y Letreros.

b) Almacenamiento.

Debido a que en el lugar de la demolición no existe un sitio adecuado que pueda servir de polvorín, se utilizará el vehículo que transporta los explosivos para este efecto. El vehículo deberá estar estacionado en un lugar seguro y siempre vigilado por las autoridades asignadas para esto.

c) Control de explosivos.

Para el control de explosivos se designará un responsable de la compañía o compañías involucradas, que reportará y será supervisado por un elemento de la Secretaría de la Defensa Nacional; el responsable entregará un reporte del movimiento de explosivos del vehículo al lugar de la demolición y viceversa al supervisor de la S.D. N.; para ello se recomienda:

- Extraer del vehículo únicamente el explosivo necesario para la carga de estructuras.
- Llevar un control de salidas y entradas de material cada vez que se abra el vehículo que está haciendo la función de polvorín.
- Tener la seguridad de que no puede o quede explosivo en ningún lugar de las estructuras a demoler.
- Concentrar los explosivos al final del día y llevar un control de inventarios diarios.
- Al acabar de cargar se deberá hacer un recuento final del material utilizado para la demolición y reportarlo junto con el sobrante que se regresará al polvorín del proveedor.

d) Seguridad antes de cargar.

1) Preparación de cebos.- Esta operación consiste en introducir el estopín eléctrico dentro del cartucho de explosivo. En el caso de cargas lineales, el iniciador se colocará en un extremo de la barra del explosivo. Es conveniente recordar que esta preparación se debe hacer en el momento de la carga, nunca es recomendable preparar los cebos en otro lugar, ya que el transportarlos al área de cargado, se puede tener un accidente.

2) Equipo.- Todo el personal que intervenga en cualquier trabajo de voladura, deberá estar equipado cuando menos con zapatos con puntera de acero, casco, guantes de carnaza y lentes de seguridad.

3) Personal.- Los explosivos siempre deben ser manejados por personal capacitado y experimentado en su uso, nunca deberán manipularse por personas no capacitadas o inexpertas, ya que el riesgo de provocar un accidente aumenta potencialmente. Es recomendable que el personal que intervenga en el manejo de explosivos, en estos trabajos, reciba cuando menos un curso introductorio a nivel básico del uso y manejo de explosivos.

c) Colocacion de cargas lineales.

Estas cargas son puestas en el lugar donde se debe efectuar el corte de la estructura metálica, teniendo cuidado en colocar los separadores que proporcionarán una distancia óptima entre la carga y la placa a cortar, sujetando el explosivo a la estructura por medio de una cinta adhesiva resistente a la tensión o cualquier otro material con esta característica.

Deberá tenerse cuidado de no golpear los iniciadores eléctricos.

f) Conexión del circuito.

Una vez conectados todos los estopines, se debe de revisar que la resistencia medida coincida con la calculada. La medición deberá efectuarse con un aparato diseñado para voladuras (ohmetro o multímetro), ya que el utilizar otro tipo de aparatos podría iniciar alguna carga y provocar un accidente.

Si las resistencias no coinciden se debe de revisar visualmente el circuito para asegurar que todos los estopines fueron conectados o si alguna de ellos está "haciendo tierra" o si hubo alguna desconexión o falla en algún estopín.

g) Iniciación.

Antes de hacer las conexiones finales para efectuar la demolición, se debe estar seguro de que no hay personas dentro del área en un radio menor de 150 mts., para evitar lesiones por el posible lanzamiento de objetos producto de la detonación. Se debe asignar personal para que lleve a cabo esta tarea y éstos reportarán al puesto de mando, avisando que el área está completamente evacuada y que se puede efectuar la detonación de las estructuras.

h) Definición del puesto de mando.

La ubicación del puesto de mando será en un lugar - adecuado para colocar la máquina explosora, debiendo por seguridad estar ubicado mínimo a 150 mts. de distancia de la estructura a demoler.

Desde este lugar se mandará la orden por radio del encendido de los sismógrafos, sistema de señales antes de la detonación y del conteo final. Se deberá controlar - desde este lugar el cable de conexión de estopines, la máquina explosora y la estructura a demoler.

i) Sistema de señales.

Se podrá utilizar cualquier sistema de señaliza- - ción para la demolición de estructuras por explosivo, el cual deberá ser plenamente conocido por todos los partici- - pantes en la misma; sin embargo, se recomienda seguir el siguiente sistema de señalización:

Señal de 5 minutos antes del disparo en el explosor	Tipo de señal 3 sonidos de sirena: de 5 segundos cada uno .
Señal de 3 minutos antes del disparo en el explosor .	2 sonidos de sirena de 5 segundos cada uno.

Señal de 1 minuto antes del disparo en el <u>explo</u> <u>sor</u> .	1 sonido de sirena de 5 segundos.
---	--------------------------------------

j) Seguridad después de la demolición.

Es conveniente dejar pasar un tiempo razonable después de la demolición (aprox. 15 minutos) para regresar a ver los resultados de ésta. Esto nos dará tiempo suficiente para estar seguros que no tendremos problemas por gases de los explosivos que aún no se disipan, polvo o materiales sueltos que pudieran ocasionar algún accidente.

k) Posibles accidentes con explosivos.

1) Iniciación prematura de estopines.- Una iniciación prematura de los estopines, pudiera suceder si alguna corriente conducida por una línea que no hubiera sido desconnectada llegara al lugar donde se están utilizando y se pusiera en contacto con ellos.

Para evitarlo, se recomienda eliminar cualquier -- fuente generadora de energía eléctrica y hacer una medición de corrientes erráticas o extrañas en el lugar de -- trabajo, usando en ello un multímetro para voladura.

También se recomienda no trabajar con este tipo de iniciadores en presencia de tormentas eléctricas o cerca --

de emisoras de ondas de alta frecuencia.

2) Vuelo de objetos producto de la detonación.- - No obstante que las columnas sujetas al efecto de una detonación son preparadas para evitar el lanzamiento de objetos producto de la detonación, siempre existe la posibilidad de que esto suceda. Para evitarlo se recomienda, - además de la preparación de cada columna, lo siguiente:

- Desalojar a los habitantes de la zona circundante a la demolición en un radio de 200 metros.
- Las personas encargadas de iniciar la demolición nunca deberán dejar de observar el comportamiento de la misma.

3) Explosivo sin detonar en los escombros.- Si - por algún motivo se detecta explosivo sin detonar en los escombros se recomienda lo siguiente:

- Remover el material explosivo por medio de una - persona con conocimiento en el uso y manejo de explosivos.
- Tratar de definir cuál fue la causa de la falla_ para evitarla en próximas operaciones.

CALCULO DE LA DEMOLICION DEL EDIFICIO.

ANALISIS ESTRUCTURAL.

Para ejemplo de demolición de edificios mediante explosivos consideraremos el edificio localizado entre las calles Topacio y L. Boturini de la colonia Tránsito. En este caso me fue imposible obtener los planos arquitectónicos y estructurales pero después de una minuciosa inspección y varias pláticas con el dueño pude obtener la siguiente información que es suficiente como para evaluar el cálculo de su demolición mediante explosivos.

PLANTAS Y ELEVACIONES.

La distribución de las plantas y las elevaciones se muestran en los siguientes planos elaborados después de la inspección; las columnas están formadas a base de placas en cajón; las dimensiones y espesores de placa se especifican en los planos para cada nivel; las trabes están formadas a base de placas en perfil I unidas a las columnas mediante soldadura.

D A N O S

El edificio presenta deflexiones horizontales en las columnas pudiéndose ver a simple vista.

CONSIDERACIONES.

A partir del 2o. nivel se cargarán las columnas en pisos alternados; esto es con el propósito de que la masa del nivel que es cargado con el colapso provoque el colapso del nivel del piso inferior.

Pisos a tratar en este cálculo:

Sótano.

Planta baja.

Primer nivel.

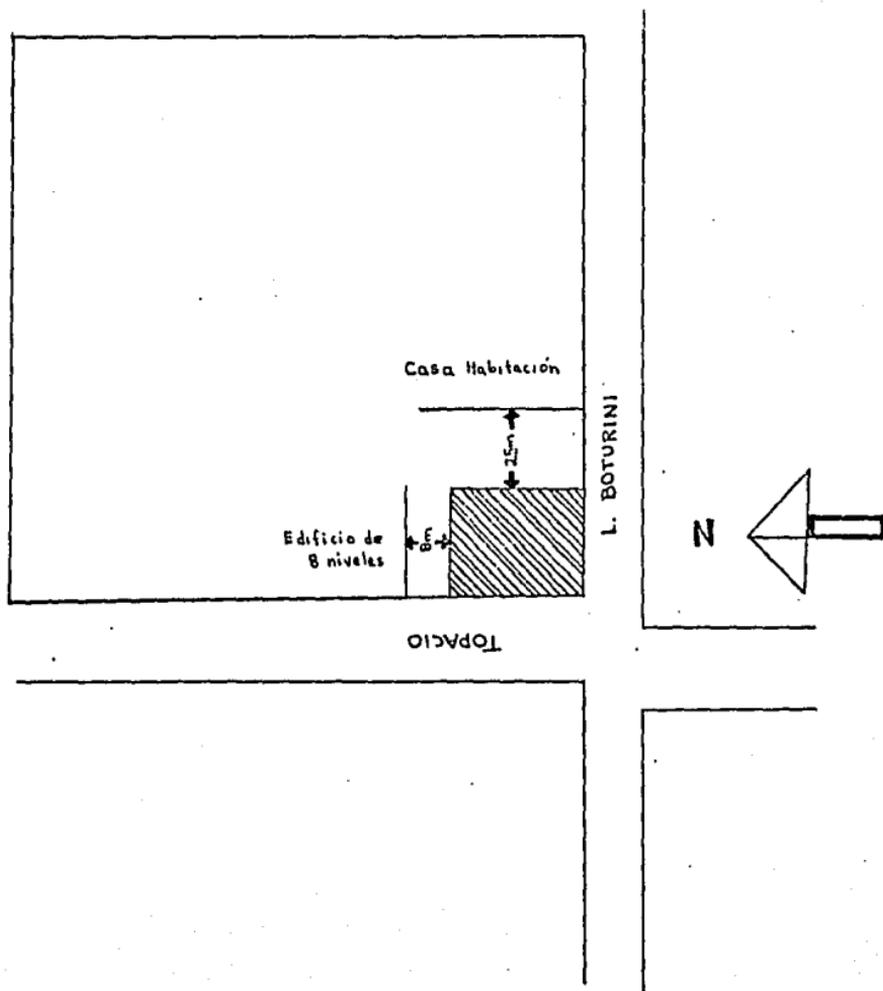
3er. nivel.

5to. nivel

7o. nivel

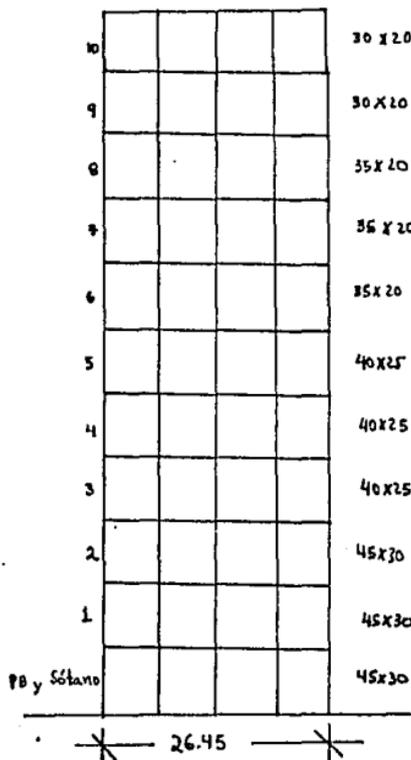
9o. nivel

CROQUIS DE UBICACION



10 NIVELES

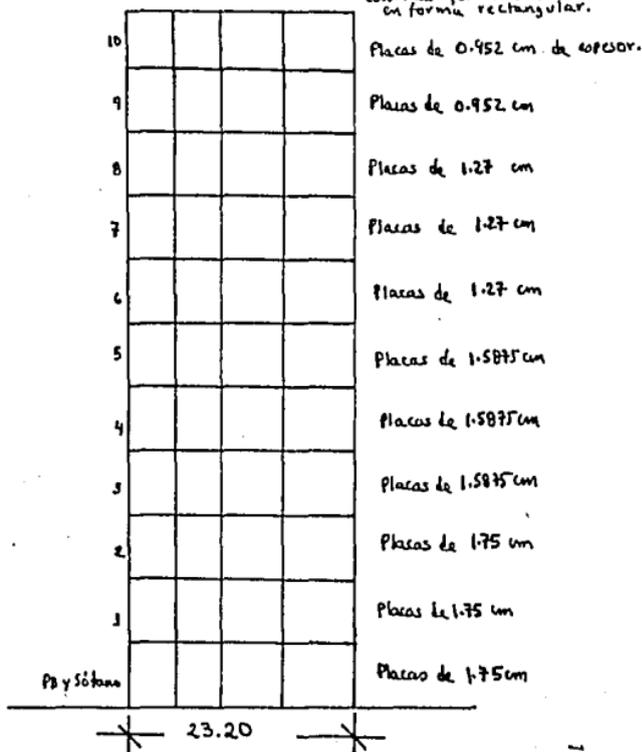
Dimensión de Columnas



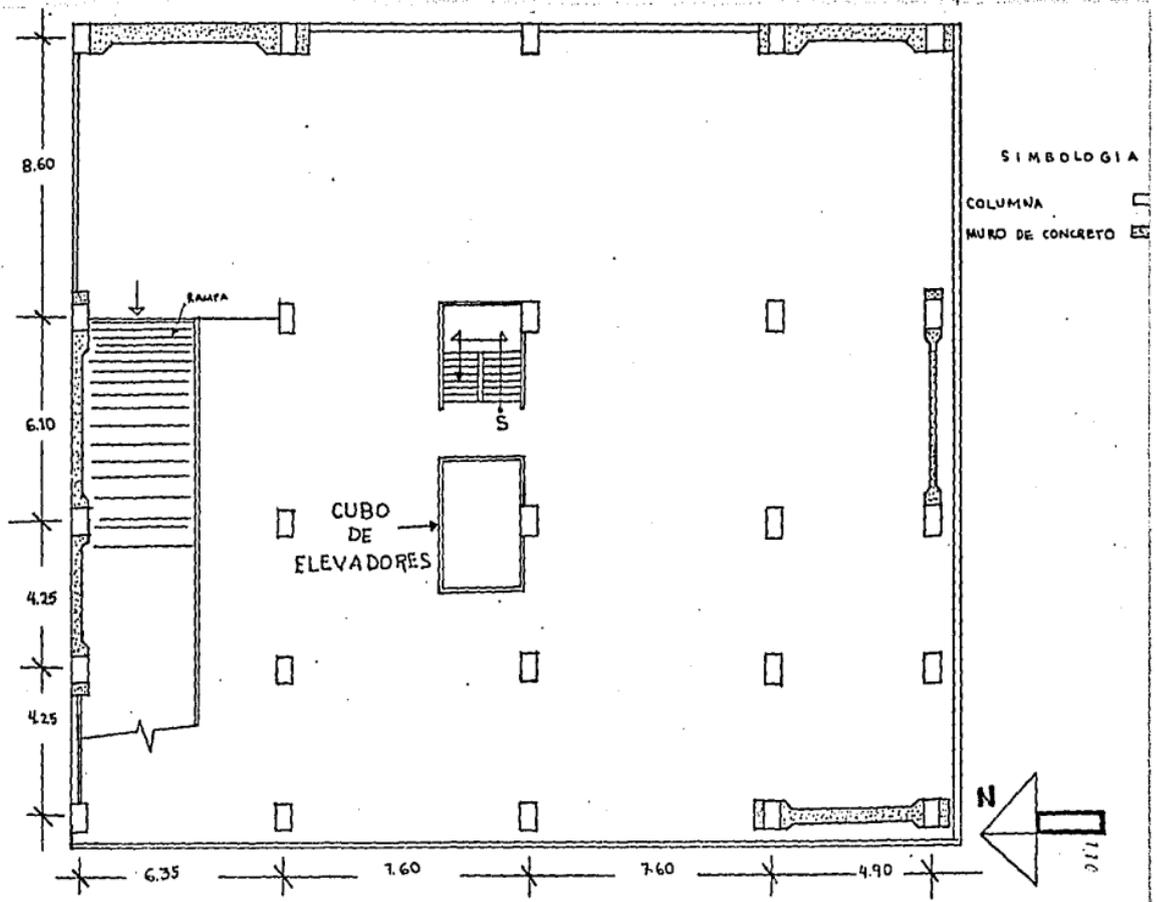
TOPACIO

CORTE

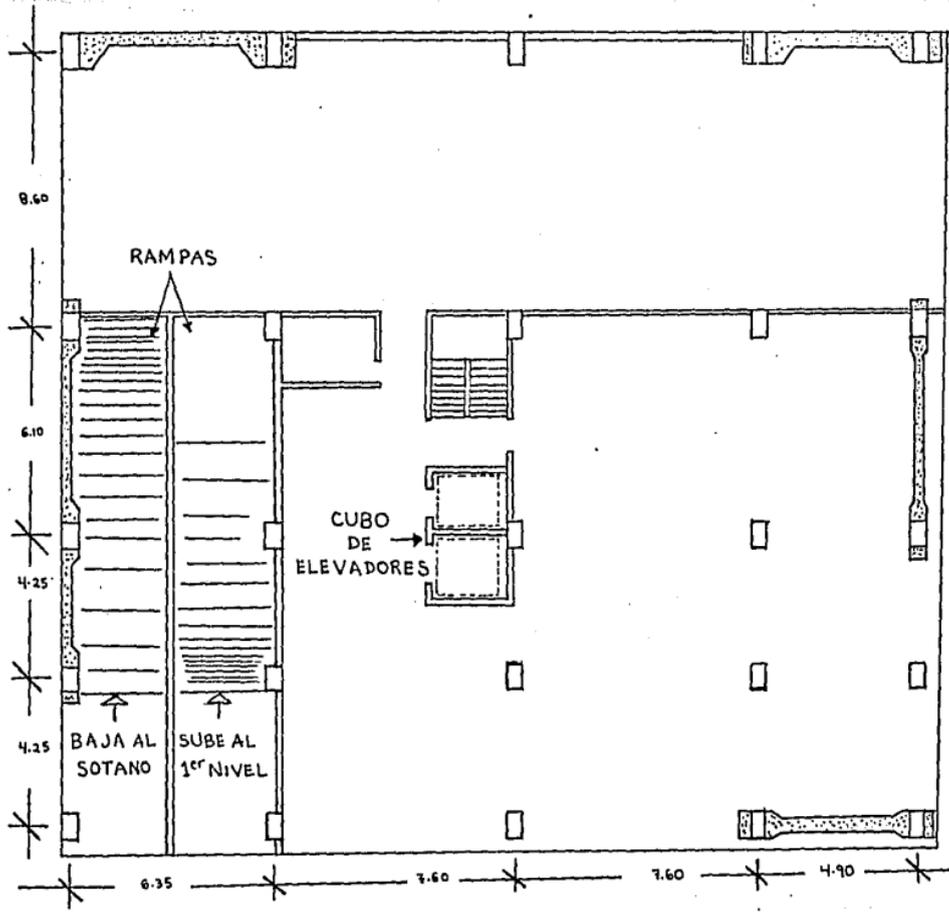
Columnas formadas por Placas en forma rectangular.



L. BOTURINI

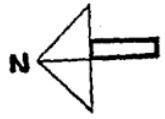


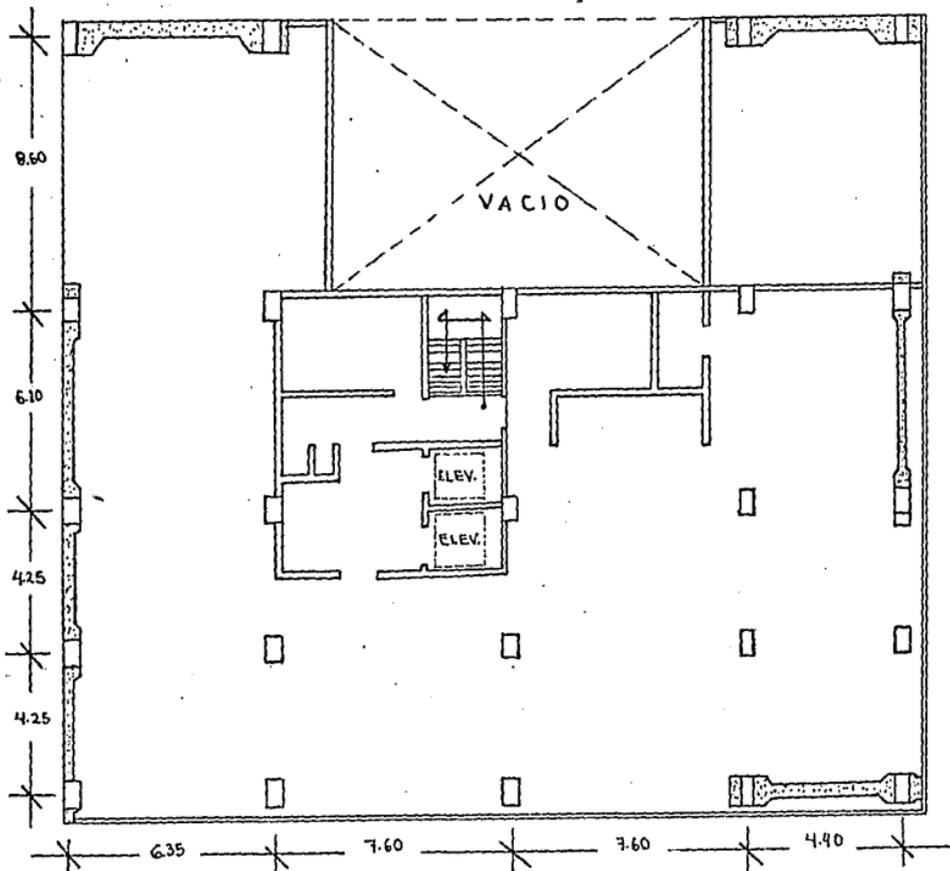
PLANTA SOTANO.



SIMBOLOGIA

- COLUMNA 
- MURO DE CONCRETO 





SIMBOLOGIA

COLUMNA,
MURO DE CONCRETO

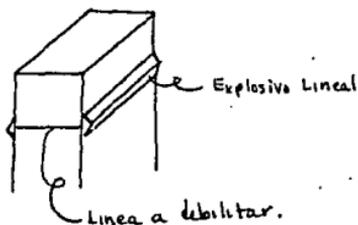


PLANTA TIPO NIVEL 1 AL 10

POSICION DE CARGAS LINEALES.

Se colocarán las cargas en los 2 lados mayores de la columna debiendo debilitarse los lados menores, mediante equipo de oxiacetileno.

NIVEL	No. DE CARGAS DIRIGIDAS POR CADA LADO DE LA COLUMNA.
Sótano	3 colocadas en la parte superior, inferior y centro.
Planta baja	4 colocadas en la parte superior, inferior $\frac{2}{3}$ y $\frac{1}{3}$ de la altura de la col.
Primer nivel	3 colocadas en la parte superior, inferior y centro.
3er. nivel	2 colocadas en la parte superior e inferior.
5o. nivel	2 colocadas en la parte superior e inferior.
7o. nivel	2 colocadas en la parte superior e inferior.
9o. nivel	2 colocadas en la parte superior e inferior.



PREPARACION DE LA ESTRUCTURA.

Noveno piso.- Demolición de muros interiores.

Demolición de muros exteriores.

Debilitar uniones y muros del cubo de escaleras.

Debilitar rieles y muros de elevadores.

Colocar tensores uniendo columnas 2a. de este nivel, 2b del nivel 8 y 4a de este nivel con 4b del nivel 8. (La unión será de la parte superior de la columna de arriba con la parte inferior de la columna de abajo).

Séptimo piso.-Demolición de muros interiores.

Demolición de muros exteriores.

Debilitar uniones y muros del cubo de escala ra.

Debilitar rieles y muros de elevadores.

Colocar tensores uniendo columnas 2a de este nivel con 2b del nivel 6 y 4a de este nivel con 4b del nivel 6.

Quinto piso.- Demolición de muros interiores.

Demolición de muros exteriores.

Debilitar uniones y muros del cubo de escala ra.

Debilitar rieles y muros de elevadores.

Colocar tensores uniendo columnas 2a de este nivel con 2b del nivel 4 y 4a de este nivel con 4 b del nivel 4.

Tercer piso.- Demolición de muros interiores.

Demolición de muros exteriores.

Debilitar uniones y muros de cubo de escaleras.

Debilitar rieles y muros de elevadores.

Primer piso. - Demolición de muros interiores.

Demolición de muros exteriores.

Debilitar uniones y muros del cubo de escaleras.

Debilitar rieles y muros de elevadores.

Planta baja. - Demolición de muros interiores.

Demolición de muros exteriores.

Debilitar uniones y muros del cubo de escaleras.

Debilitar rieles y muros de elevadores.

Protección perimetral.

Sótano. -

Eliminar el agua.

Demolición de muros interiores.

Debilitar rieles y muros de elevadores.

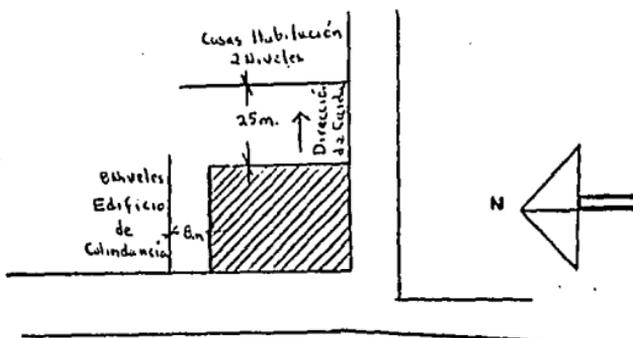
Debilitar uniones y muros de escaleras.

Protección de instalaciones subterráneas.

Costureo de la losa para acumulo de escombros en el sótano.

Una vez terminada la preparación de la estructura se procederá a preparar las instalaciones externas, mencionadas en el capítulo de control de la voladura.

CALCULO DE TIEMPOS



Una estructura la consideraremos como 1er. grado de libertad, por el baldío que se tiene de 25 m. aunque también puede aprovecharse la avenida de 12 m. que se tiene para acúmulo de escombros.

Se utilizarán estopines eléctricos "ACUDET" de Du Pont, cuyas características se especifican en el capítulo III.

El diseño de tiempos se especificará por cada nivel en los planos siguientes.

No. total de estopines.

Para reducir el número de estopines se utilizarán 2 estopines no eléctricos unidos cada uno a cada carga lineal, los cuales serán iniciados con un cordón detonante que a su vez será iniciado con un estopín eléctrico.

Determinación del No. de estopines.

Pisos 9o., 7o., 5o. y 3o.

Análisis por nivel

$$\begin{aligned} \text{No. de estopines por nivel.} &= (\text{No. de columnas}) (\text{No. de estopines por columna}) \\ &= (24)(2) = 48 \text{ estopines} \end{aligned}$$

No. total de estos 4 pisos = $48 \times 4 = 192$ estopines.

En el 1er. piso.

No. de estopines = $24 \times 3 = 72$ estopines

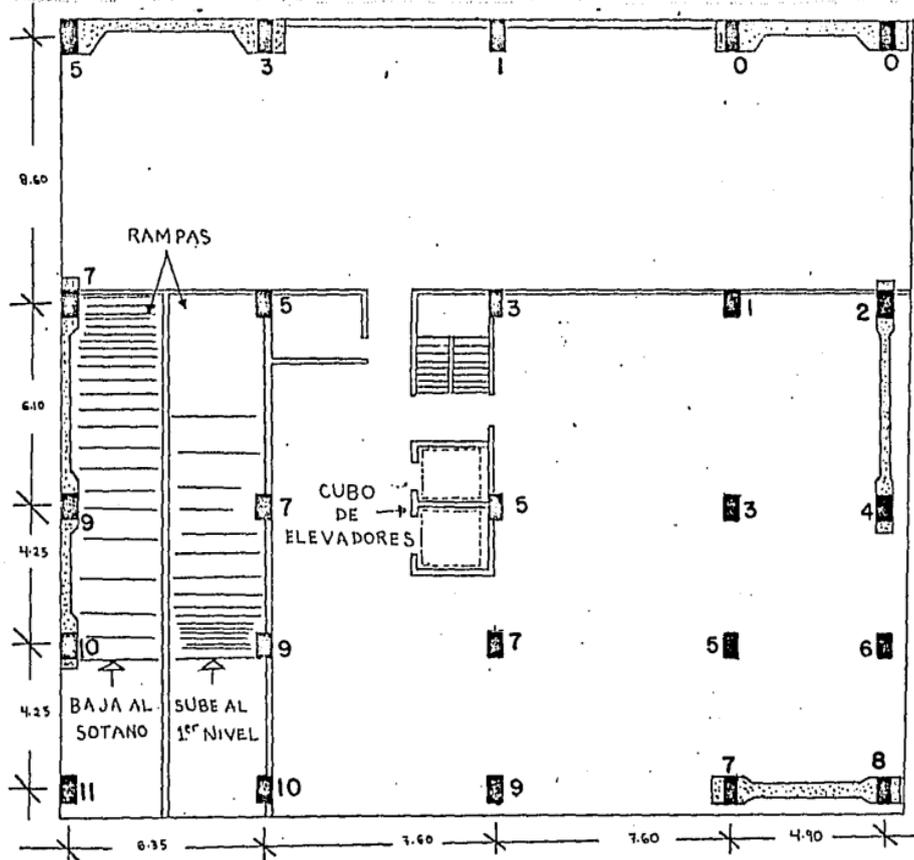
Planta baja

No. de estopines = $25 \times 4 = 100$ estopines

Sótano

No. de estopines = $9 \times 3 = 27$ estopines

Total = $192 + 72 + 100 + 27 = 391$ estopines.



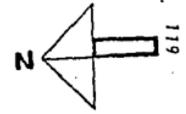
PLANTA BAJA (DISEÑO DE TIEMPOS)

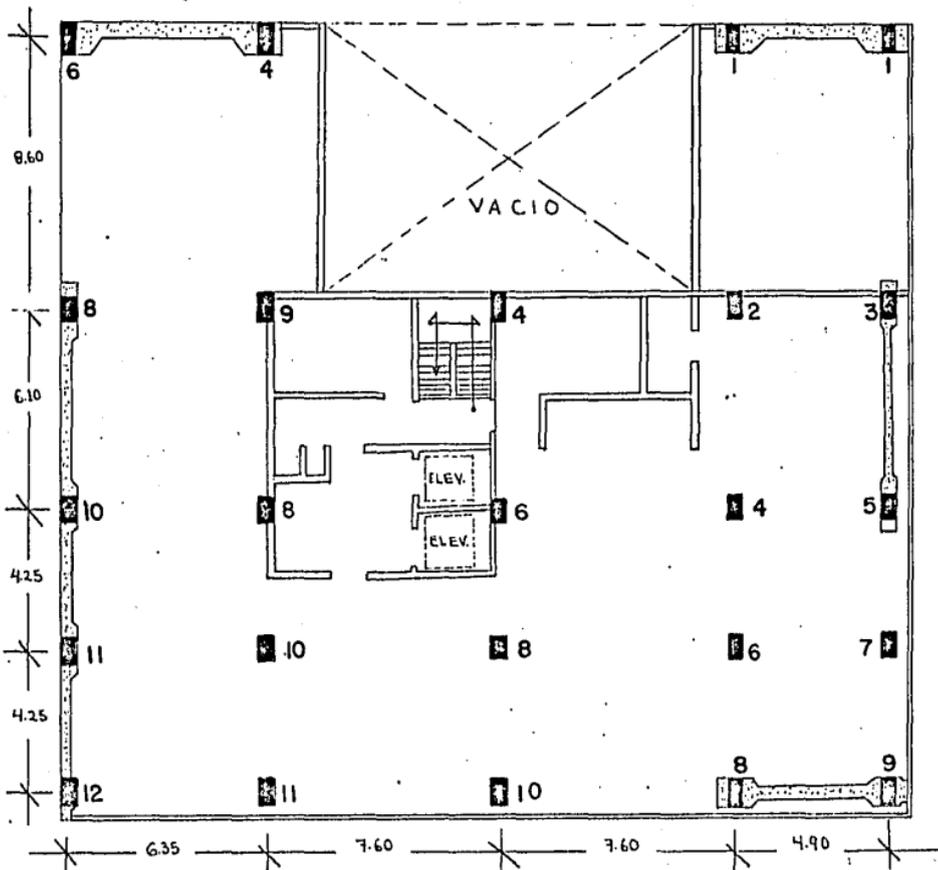
SIMBOLOGIA

COLUMNA A DEMPLAR [Symbol]

MURO DE CONCRETO [Symbol]

DIAGRAMA DE RETARDOS





SIMBOLOGIA

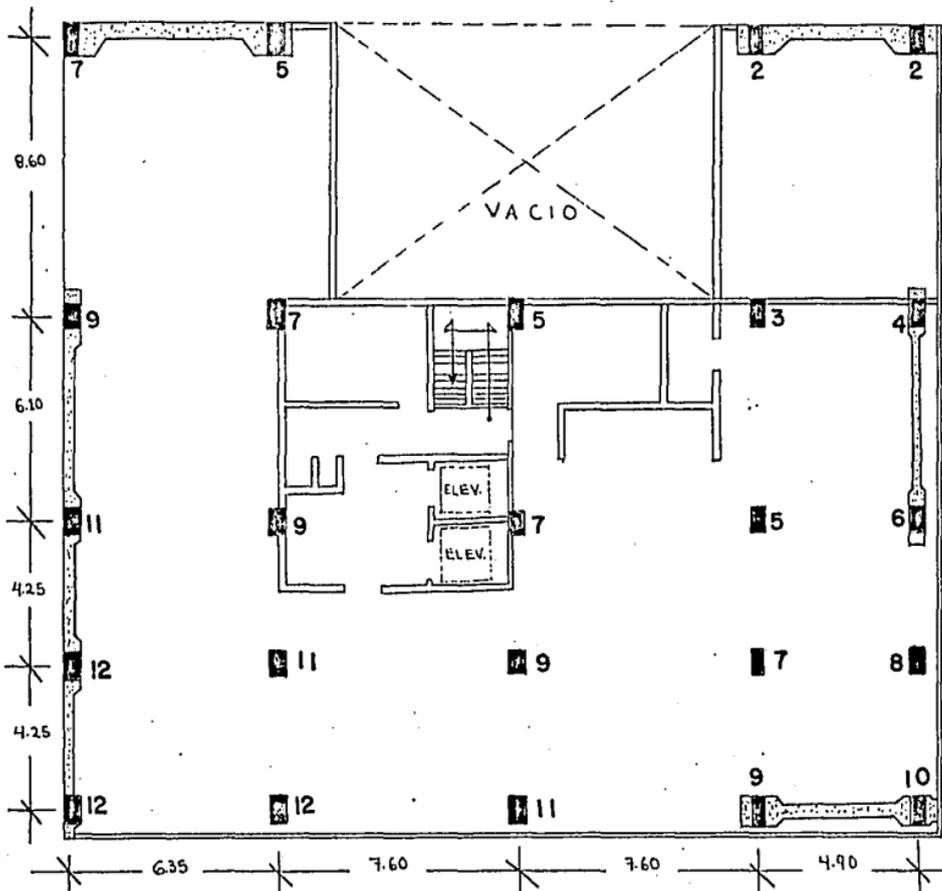
COLUMNA ADEHLER 

MURO DE CONCRETO 

DIAGRAMA DE RETARDOS



PLANTA TIPO NIVEL (DISEÑO DE TIEMPOS 1er NIVEL)



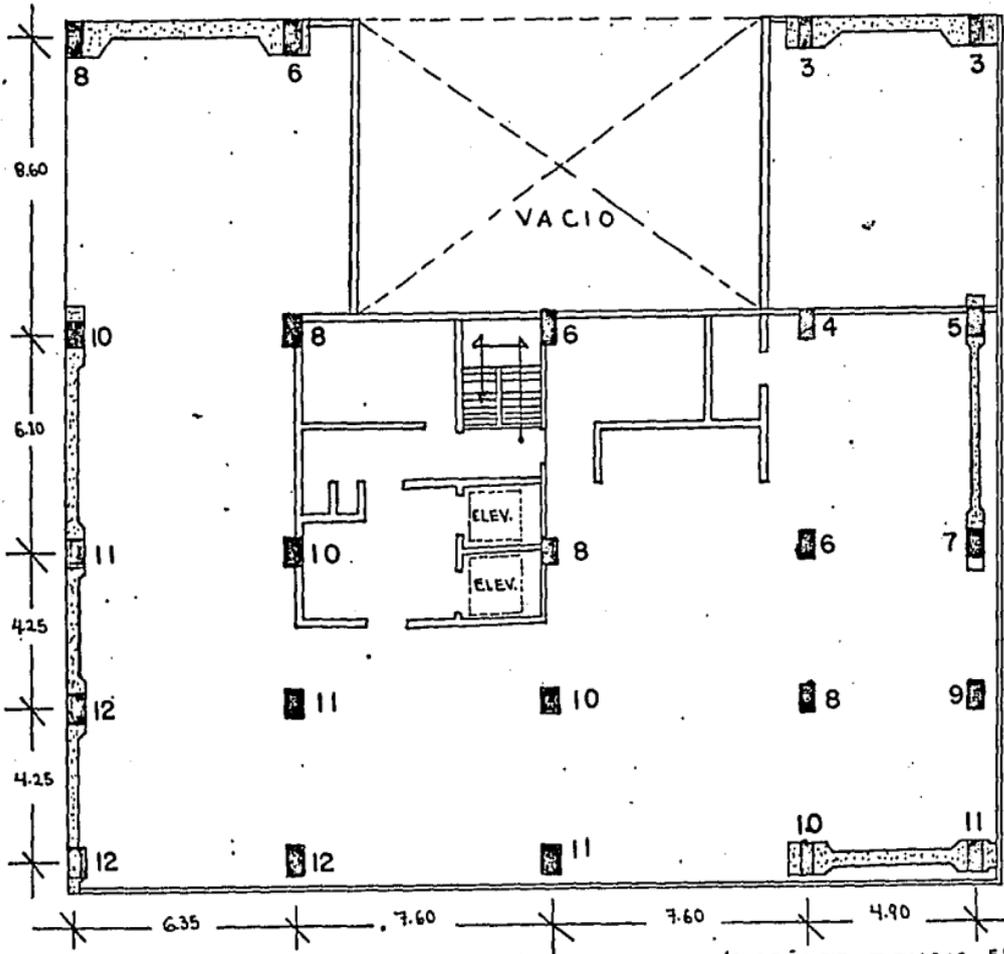
SIMBOLOGIA

COLUMNA A DEMOLER

MURO DE CONCRETO

DIAGRAMA DE RETARDOS

PLANTA TIPO NIVEL (DISEÑO DE TIEMPOS 3er NIVEL)



SIMBOLOGIA

COLUMNA A DEMOLIR

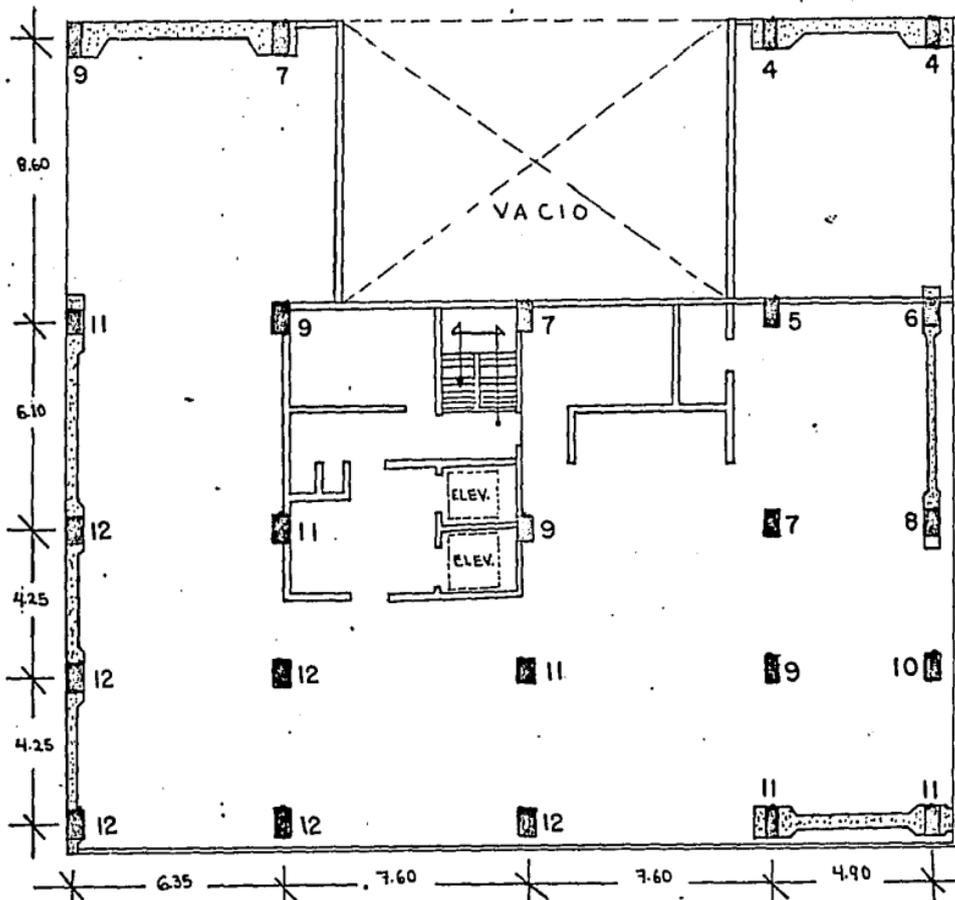
MURO DE CONCRETO

DIAGRAMA DE RETARDOS



122

PLANTA TIPO NIVEL (DISEÑO DE TIEMPOS 5° NIVEL).



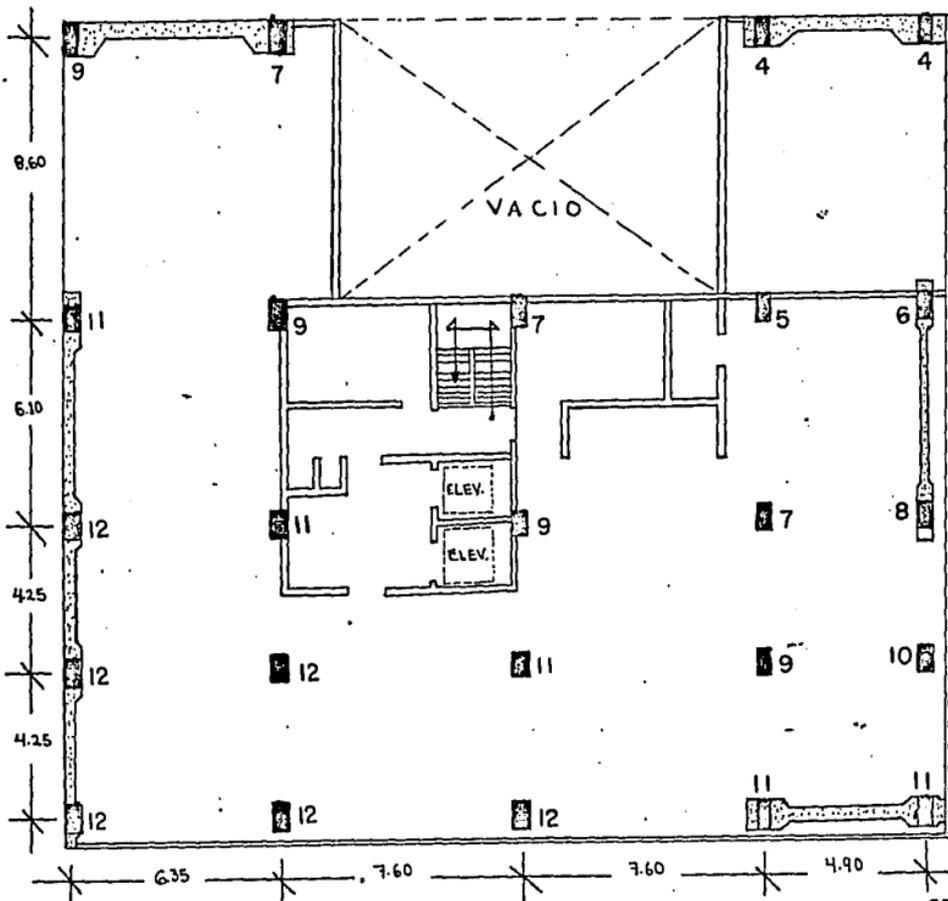
SIMBOLOGIA

COLUMNA A DEMOLER

MURO DE CONCRETO

DIAGRAMA DE RETARDOS

PLANTA TIPO NIVEL (DISEÑO DE TIEMPOS 7º NIVEL)



SIMBOLOGIA

COLUMNA A DEMOLER
 MUR DE CONCRETO

DIAGRAMA DE
 RETARDOS

PLANTA TIPO NIVEL (DISEÑO DE TIEMPOS 9º NIVEL)

DETERMINACION DE LAS CANTIDADES DE EXPLOSIVOS.

FORMULAS.

Para determinar el espesor del explosivo.

$$t^1 = t \sqrt{\frac{P}{P^1}}$$

DONDE:

t^1 = Espesor del explosivo.

t = Espesor de la placa de acero.

P^1 = Densidad del explosivo

P = Densidad del acero --
(7.6 gr/c.c.).

Características del explosivo.- Estos datos han sido tomados de las especificaciones del fabricante.

Tipo Ciclonita (RDX) $C_3 H_6 N_6 O_6$

Densidad: 1.6 gr/c.c.

Ancho: 7.5 cm.

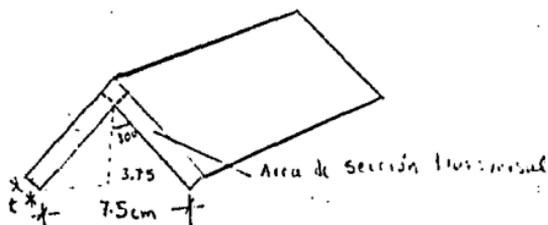
Largo: Para los diferentes niveles variará y será igual al lado mayor de la columna (L) y esta dimensión fue obtenida por inspección directa en el edificio.

Volumen del explosivo

$$V = (\text{Area de Sección transversal}) (\text{largo})$$

$$\text{Area de Sección transversal} = t^2 + 2t \frac{(3.75)}{(\text{sen } 30^\circ)}$$

$$= t^2 + 15 t$$



Cantidad de explosivo por carga lineal.

$$C = (\text{volumen del explosivo}) (\text{Densidad})$$

$$C = (x^2 + 15x) (P1)$$

Cantidad de explosivo por columna.

$$C_c = (\text{cantidad de explosivo por carga}) (\text{No. de cargas en la columna}).$$

El número de cargas en la columna está dado en la parte de posición de cargas lineales.

Cálculos:

Sótano

$$x^1 = (1.75 \text{ cm}) \sqrt{\frac{7.6}{1.6}} = 3.8 \text{ cm}$$

$$\text{Volumen del explosivo} = (3.8 \times 3.8 + 15 \times 3.8) (45) = 3,240 \text{ CC.}$$

$$\text{Cantidad de explosivo por carga} = (3240 \text{ CC}) (1.6 \text{ gr/c.c.}) = 5.2 \text{ Kg.}$$

$$\text{Cantidad de explosivo por columna} = (5.2 \text{ kg.}) (6 \text{ cargas}) = 31.2 \text{ kg.}$$

Cantidad de explosivo en el sótano = (31.2 kg) (9 columnas) = 280.8 kg.

Planta baja:

$$t_1 = (1.75 \text{ cm}) \sqrt{\frac{7.6}{1.6}} = 3.8 \text{ cm.}$$

Volumen del explosivo = (3.8x3.8+15x3.8) (45) = 3,240 cc.

Cantidad de explosivo por carga = (3240 cc)(1.6 gr/cc) = 5.2 kg.

Cantidad de explosivo por columna = (5.2 kg) (8 explosivos) = 41.6 kg.

Cantidad de explosivo en planta baja = (41.6 kg) (25 columnas) = 1040 kg.

Primer piso:

$$t^1 = (1.75 \text{ cm}) \sqrt{\frac{7.6}{1.6}} = 3.8 \text{ cm.}$$

Volumen del explosivo = (3.8x3.8+15x3.8) (45) = 3240 cc.

Cantidad de explosivo por carga = (3240 cc)(1.6 gr/c.c.) = 5.2 kg.

Cantidad de explosivo por columna = (5.2 kg.) (6 explosivos) = 33.6 kg.

Cantidad de explosivo en primer piso = (33.6 kg) (24 columnas) = 806.4 kg.

3er. y 5o. Piso.

$$t^1 = (1.5875 \text{ cm}) \left(\sqrt{\frac{7.6}{1.6}} \right) = 3.6 \text{ cm.}$$

Volumen del explosivo = $(3.6 \times 3.6 + 15 \times 3.6) (40) = 2680$ cc.

Cantidad de explosivo por carga = $(2680 \text{ cc}) (1.6 \text{ gr/cc}) =$
4.88 kg.

Cantidad de explosivo por columna = $(4.288 \text{ Kg}) (4 \text{ explosi-}$
 $\text{vos}) = 17.15$ kg.

Cantidad de explosivo en c/u de estos niveles = (17.15 kg)
 $(24 \text{ columnas}) = 411.7$ kg.

7o. nivel:

$$t^1 = (1.27 \text{ cm}) \sqrt{\frac{7.6}{1.6}} = 2.8 \text{ cm.}$$

Volumen de explosivo = $(2.8 \times 2.8 + 15 \times 2.8) (35) = 1745$ cc.

Cantidad de explosivo por carga = $(1745 \text{ cc}) (1.6 \text{ gr/cc}) = 2.79$ kg.

Cantidad de explosivo por columna = $(2.79 \text{ kg}) (4 \text{ explosi-}$
 $\text{vos}) = 11.16$ kg.

Cantidad de explosivo en 7o. piso = $(11.16 \text{ kg}) (24 \text{ colum-}$
 $\text{nas}) = 267.8$ kg.

9o. nivel:

$$t^1 = (0.952 \text{ cm.}) \sqrt{\frac{7.6}{1.6}} = 2.1 \text{ cm.}$$

Volumen del explosivo = $(2.1 \times 2.1 + 15 \times 2.1) (30) = 1077$ cc.

Cantidad de explosivo por carga $(1077 \text{ cc}) (1.6 \text{ gr/cc}) =$
1.725 kg.

Cantidad de explosivo por columna = $(1.725 \text{ kg}) (4 \text{ explosi-}$
 $\text{vos}) = 6.9$ kg.

Cantidad de explosivo en 9o. piso = $(6.9 \text{ kg}) (24 \text{ columnas})$
= 165.6 kg.

CANTIDAD TOTAL DE EXPLOSIVO:

SOTANO	280.8	kg.
PLANTA BAJA	1040.0	
1er. NIVEL	806.4	
3er. NIVEL	411.7	
5o. NIVEL	411.7	
7o. NIVEL	267.8	
9o. NIVEL	<u>165.6</u>	
	2127.2	kg.

Determinación de la fuente a usar.

Se utilizarán 391 estopines "ACUDET" de Du Pont -- con alambre de cobre de 16 pies.

Paso 1.- Utilizando la gráfica de la fig. 12 (capítulo dispositivos de iniciación).

Se determina que una máquina explosora Du Pont - 55 - 1000 es capaz de iniciar correctamente este número de estopines.

$$\frac{391 \text{ estopines} \times 1.65}{1.81} = 356 \text{ estopines equivalentes}$$

de 20 pies.

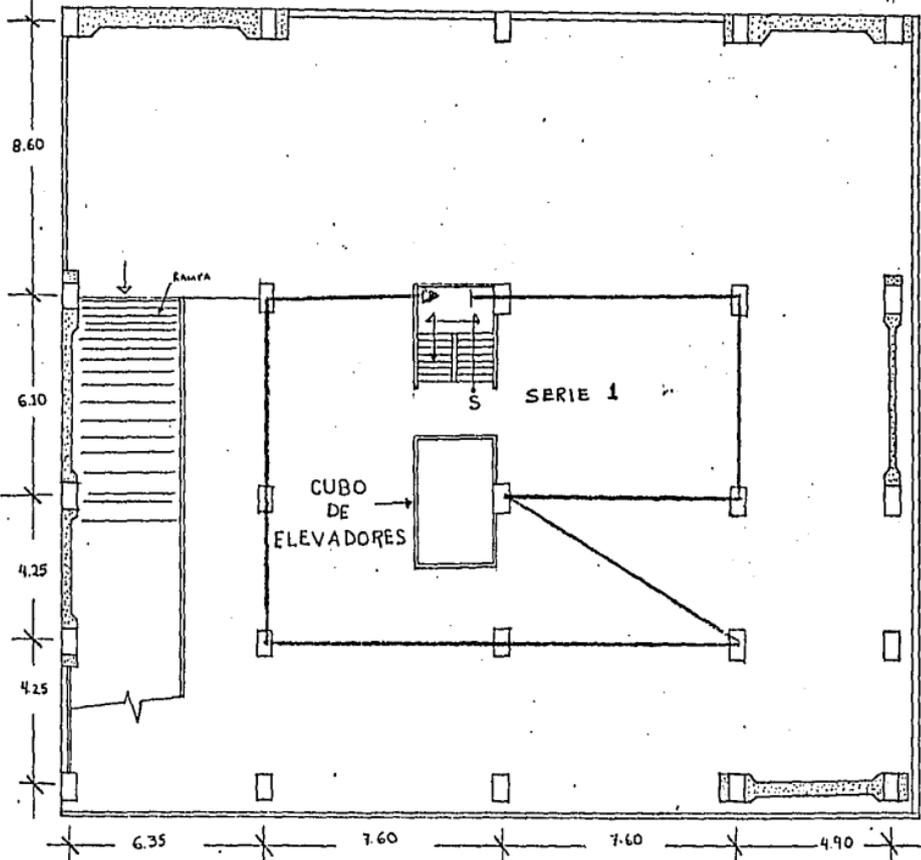
Paso 2.- Entrando en la escalera horizontal con este número y siguiendo verticalmente hasta encontrar la línea punteada nos da el número de series que este tipo de máquina puede iniciar correctamente.

Para nuestro caso tienen que ser 7 u 8 series.

Por lo tanto se tienen $\frac{391}{8} = 48$ estopines por serie.

DISTRIBUCION DE LAS SERIES POR PISOS:

SERIE	SOTANO	P.Baja	1er.Nivel	3er.Nivel	5o.Nivel	7o.Nivel	9o.Nivel	No.de Estopines por serie
1	27	24						51
2		52						52
3		24	24					48
4			48					48
5				48				48
6					48			48
7						48		48
8							48	48
	27	100	72	48	48	48	48	391



SIMBOLOGIA

- COLUMNA
- MURO DE CONCRETO

DIAGRAMA DE RETAR DOS.

8.60

6.10

4.25

4.25

6.35

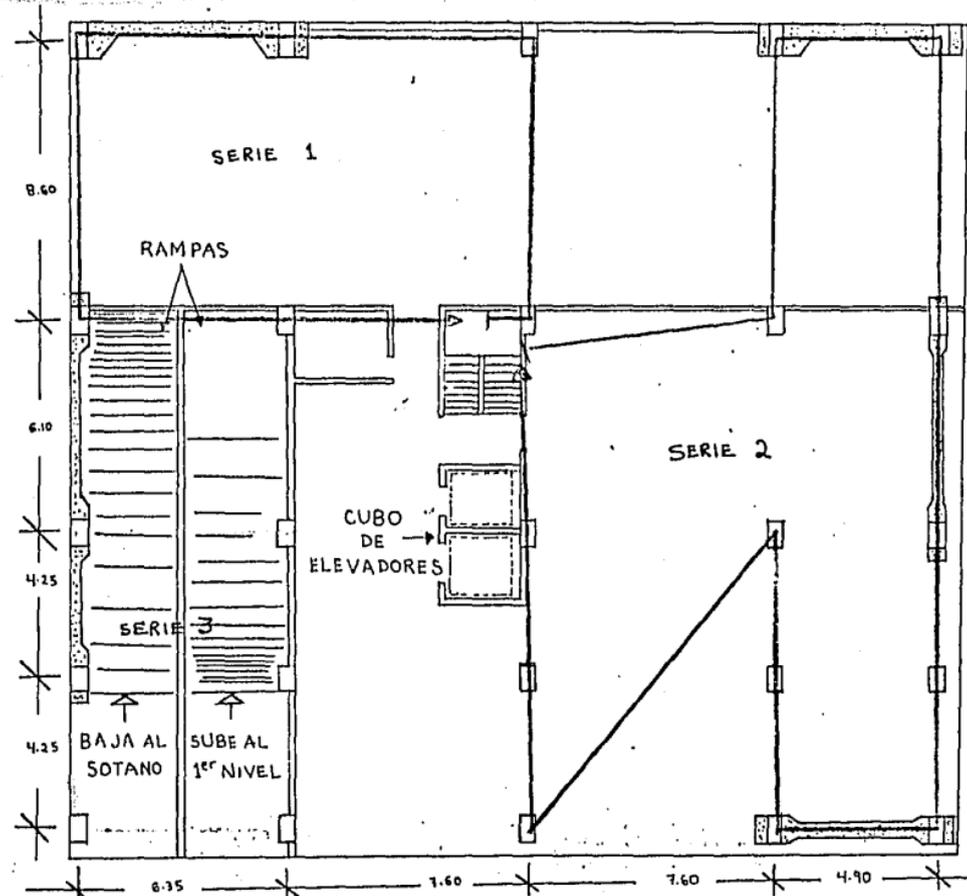
7.60

7.60

4.90

PLANTA SOTANO. (DISTRIBUCION DE SERIES)





SIMBOLOGIA

COLUMNA 

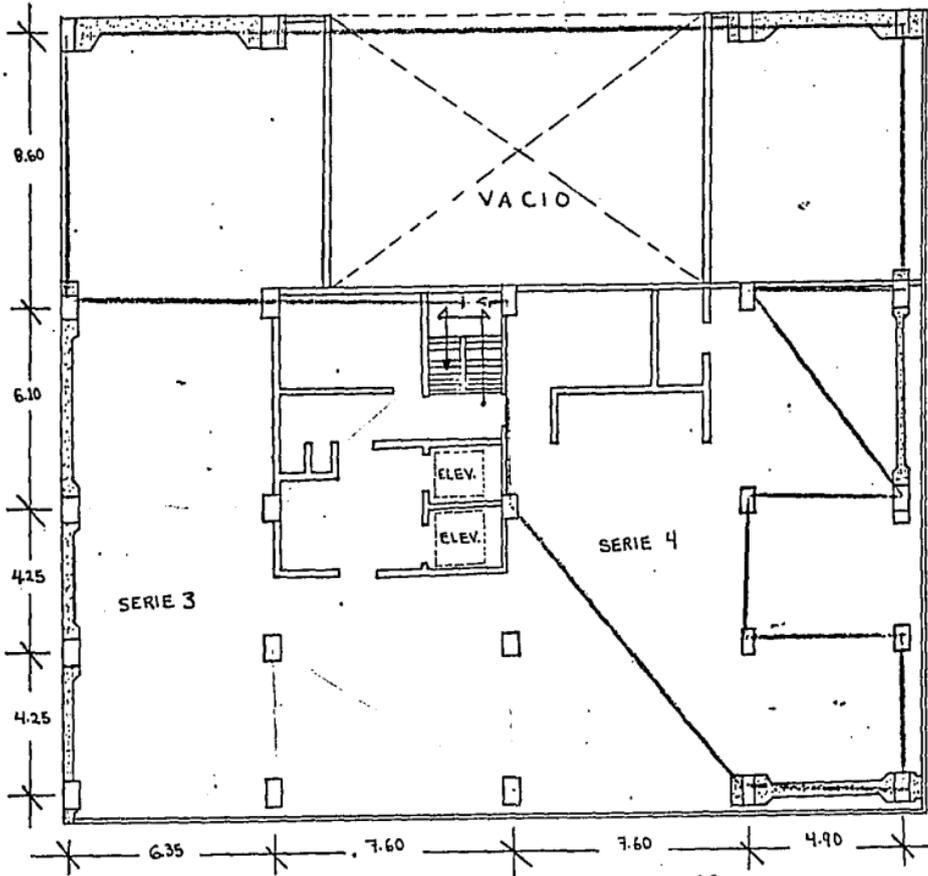
MURO DE CONCRETO 

DIAGRAMA DE RETARDOS



133

PLANTA BAJA (DISTRIBUCION DE SERIES)



SIMBOLOGIA

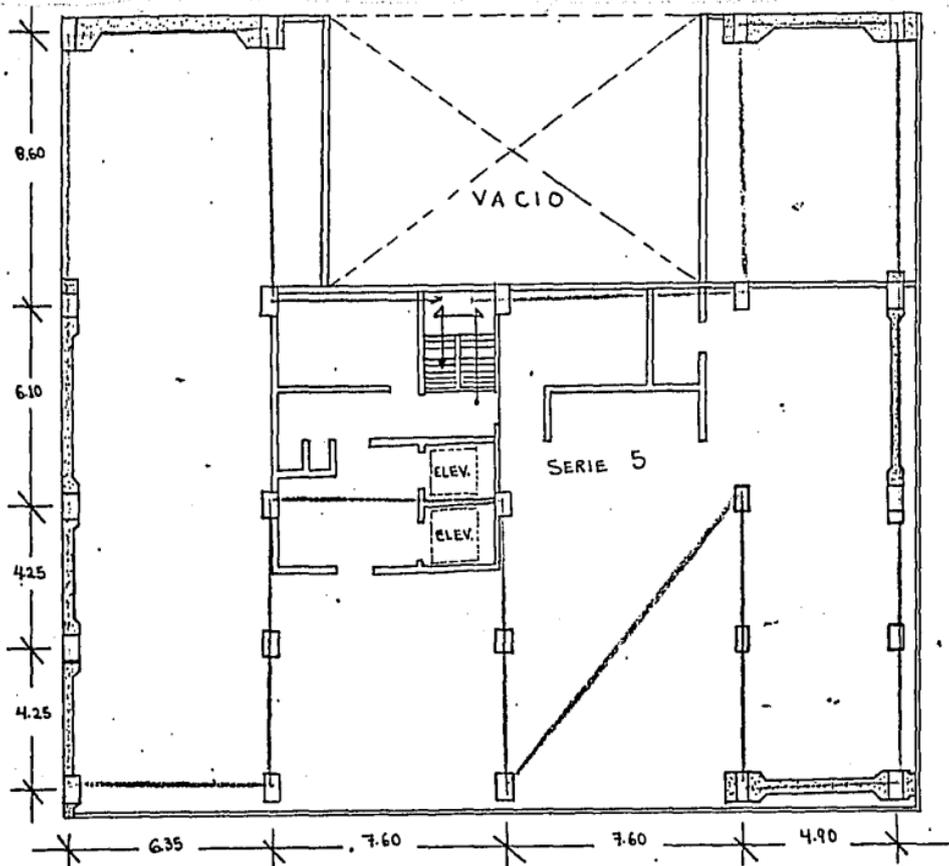
COLUMNA 

MURO DE CONCRETO 

DIAGRAMA DE
RETARDOS



PLANTA TIPO NIVEL 1°
(DISTRIBUCION DE SERIES)



SIMBOLOGIA

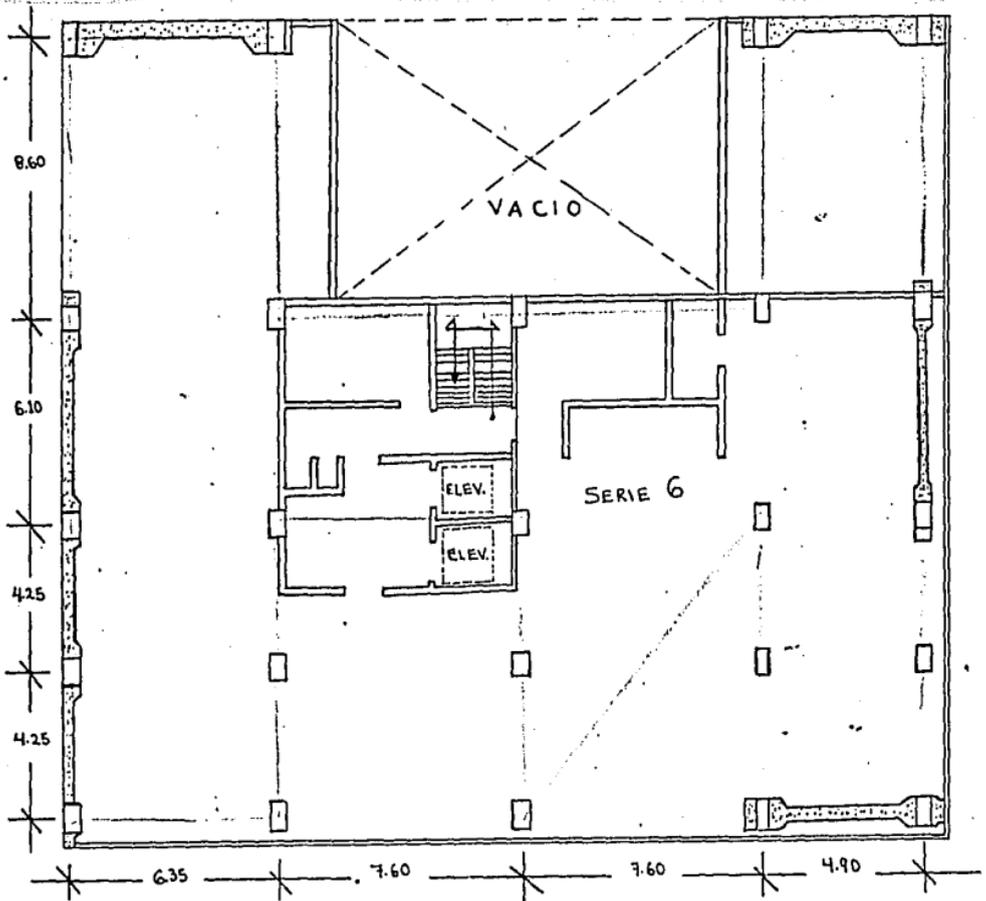
COLUMNA 

MURO DE CONCRETO 

DIAGRAMA DE RETARDOS 



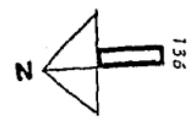
PLANTA TIPO NIVEL 3°
(DISTRIBUCION DE SERIES)



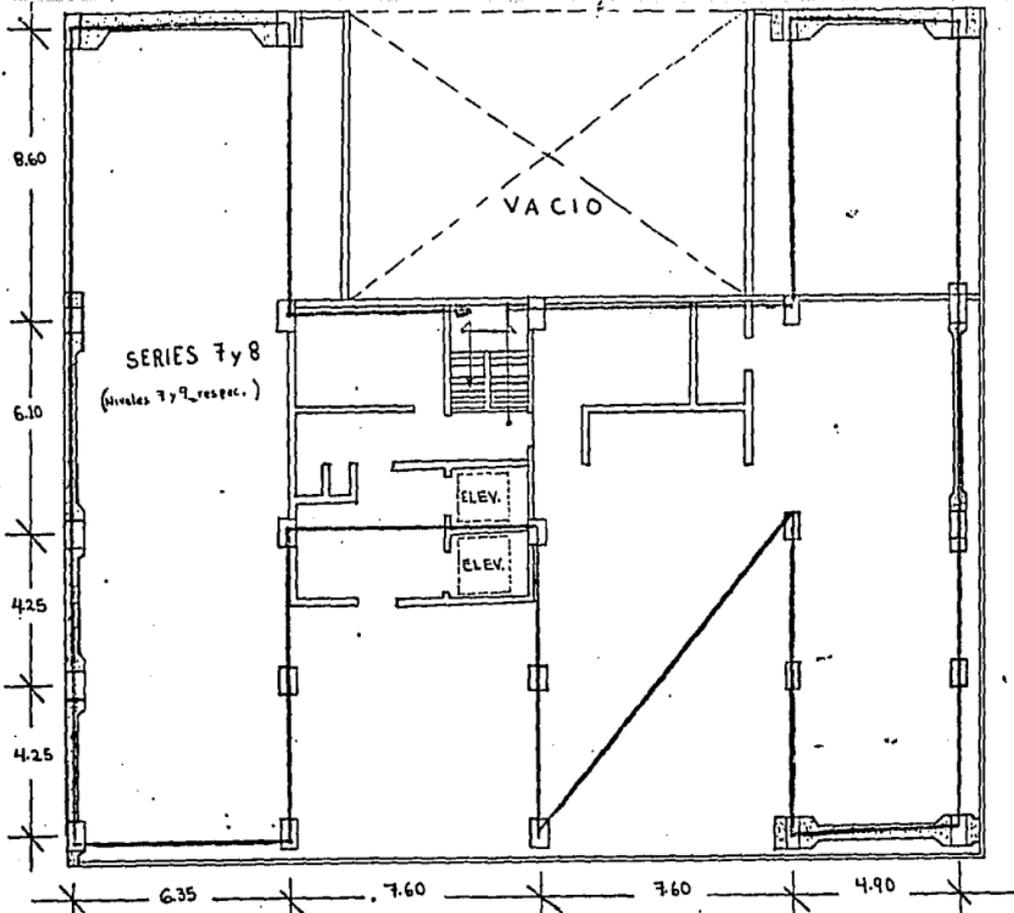
SIMBOLOGIA

COLUMNA
MURO DE CONCRETO

DIAGRAMA DE
RETARDOS



PLANTA TIPO NIVEL 5°
(DISTRIBUCION DE SERIES)



SIMBOLOGIA

- COLUMNA
- MURO DE CONCRETO

DIAGRAMA DE RETARDOS



PLANTA TIPO NIVELES (7º y 9º)
DISTRIBUCION DE SERIES.

Análisis para uso de resistencias.

<i>Serie Mayor</i>	=	52	<i>Estopines</i>
<i>Serie Menor</i>	=	48	<i>Estopines</i>
<i>Diferencia</i>	=	4	<i>Estopines</i>

$$\% \text{ de diferencia} = \frac{4}{48} = 8.3\% \quad 10\% \text{ permitido}$$

Por lo tanto se diseñarán de la forma anterior.

Una vez que se ha calculado y distribuido las series, y se tiene el edificio completamente preparado se procede a colocar los explosivos con su debida protección para después hacer las conexiones necesarias para la voladura.

Revisión de las conexiones.

Una vez conectadas todas las series se procede a revisión de las conexiones; esto se logra midiendo las resistencias por series, las cuales deben coincidir con los cálculos hechos; si no es así, existe algún falso contacto en alguna de ellas.

RESISTENCIAS DE LAS SERIES A CHECAR

<i>Serie</i>	<i>Cantidad de Estopines</i>	<i>Resistencia por Estopln</i>	<i>Resistencia de la serie.</i>
1	51	1.65	84.15
2	52	1.65	85.60
3	48	1.65	79.20
4	48	1.65	79.20
5	48	1.65	79.20
6	48	1.65	79.20
7	48	1.65	79.20
8	48	1.65	79.20

Si las resistencias medidas coinciden con las resistencias de cálculo el sistema está listo para esperar la orden de la voladura.

XIV.- VENTAJA DE LA DEMOLICION DE ESTRUCTURAS METALICAS MEDIANTE EXPLOSIVOS.

La utilización de explosivos en la demolición de estructuras metálicas proporciona una ventaja ya que al aplicarse las cualidades de éstas debidamente, reducen el costo y el tiempo en cualquier tipo de estructura, sustituyendo a los métodos convencionales que además de ser costosos, también utilizan mucho más tiempo que el que se requiere para realizar el mismo trabajo mediante explosivos.

XV.- CONCLUSIONES.

Aunque este método de demolición proporciona una brillante ventaja, debe de llevarse a cabo con personal altamente experimentado ya que un error por mínimo que sea, produciría resultados que pueden incrementar el costo de la demolición comparándolo con resultados de otro método.

El riesgo es menor cuando se demuelen estructuras fuera de áreas pobladas o donde las estructuras están separadas unas de otras, o donde las estructuras están separadas unas de otras pero aumenta notablemente si se tienen éstas en zonas urbanas, donde un mínimo error complica todos los resultados.

Es importante tomar en cuenta las condiciones climáticas para llevar a cabo la demolición en un día cuyas características ayuden a obtener resultados aceptados.

La colocación de sismógrafos en la zona de la demolición es muy importante para la medición del movimiento telúrico provocada por la explosión; este parámetro nos sirve para conocer el comportamiento del terreno ante este fenómeno, para poder diseñar la nueva estructura con capacidad de absorber estos movimientos.

Una buena preparación en la estructura es esencial para llevar a cabo una buena demolición, así como una buena protección a los servicios e instalaciones.

Un buen diseño de los retardadores a usar es el -- puesto clave para poder controlar la caída de nuestra estructura, ya que cualquier falla en esta parte puede desviar la caída y provocar daños elevándose así los costos.

Otro aspecto que es necesario también en el uso de los explosivos es la seguridad, ya que el uso de explosivos representa un alto grado de peligrosidad por su capacidad destructora de sus ondas de presión. Por esto es necesario efectuar todos estos trabajos con un alto grado de disciplina.

La cimentación de la estructura también puede ser extraída mediante este método, sólo que con las variantes que para demolición de elementos de concreto, y pueden estar colocadas al mismo sistema de iniciación o primero demoler la estructura, levantar escombros y luego tratar la cimentación mediante explosivos.

BIBLIOGRAFIA

MANUAL DE EXPLOSIVOS DU PONT.

MANUAL DE EXPLOSIVOS DE ATLAS DE MEXICO.

APUNTES SOBRE DEMOLICIONES DEL MAYOR FERNANDO
OSCAR GARCIA CHAVEZ.

SWEDISH BLASTING TECHNIQUE.

RUNE GUSTATSSON.