

Tecnología de los Explosivos

Tema 3.4. Otras Voladuras de interés



Rubén Pérez Álvarez

Departamento de Transportes y Tecnología de Proyectos y Procesos

Este tema se publica bajo Licencia:

[Creative Commons BY-NC-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

PREVOLADURAS

Se perfora con malla cuadrada ($S = B$), barrenos verticales y diámetros comprendidos entre 2 y 4 pulgadas. La sobreperforación a considerar será $J = 0,5 B$ (la mitad de la piedra), y se aconseja una altura máxima de tongada inferior a 10 m. Se aplican para “aflojar” y posteriormente ripar rocas blandas (resistencia a compresión inferior a 1000 kg/cm^2), con un consumo específico inferior a 200 gr/m^3 .

INCISO: RIPABILIDAD VS. VOLADURA



IDF CAT D9R - Rear ripper. Zahci Evenor.

<https://www.flickr.com/photos/zachievenor>.

<https://flic.kr/p/7XtqgA>.

<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.0/>.

ESCARIFICACIÓN/RIPADO

Escarificación o Ripado: rotura del terreno mediante ripper. El rendimiento se expresa en m^3/h .

Existen varias sistemáticas clásicas de estimación de la ripabilidad del terreno, como por ejemplo la de Weaver que se adjunta. Dichas estimaciones en ocasiones atribuyen condiciones de ripabilidad a terrenos en los que realmente la operación de ripado no se puede realizar en condiciones rentables de operación (el precio pagado de metro cúbico volado puede alcanzar el doble del ripado, por lo que deberá procederse a una cuidadosa caracterización del material a volar).

MAXAM realiza una serie de recomendaciones a considerar a la hora de hacer una adecuada caracterización del terreno y de la operación a realizar.

Fuente: Luengo Rodríguez, F.J. & González Solís, S.: «Definición racional de ripabilidad o volabilidad de los macizos rocosos. Factores económicos y técnicos».

PREVOLADURAS

CLASIFICACIÓN DE WEAVER (1975)

El método postula que puntuaciones superiores a 75 se consideran como no ripables sin prevoladura.

Define el grado de ripabilidad de un determinado macizo en base a siete factores, dando un peso del 56% del total a los dos principales (espaciado de juntas y velocidad sísmica).

CLASE DE ROCA	I	II	III	IV	V
DESCRIPCIÓN	Roca muy buena	Roca buena	Roca media	Roca mala	Roca muy mala
VELOCIDAD SÍSMICA (m/s)	> 2150	2150 - 1850	1850 - 1500	1500 - 1200	1200 - 450
Puntuación	26	24	20	12	5
DUREZA	Roca extremadamente dura	Roca muy dura	Roca dura	Roca blanda	Roca muy blanda
Puntuación	10	5	2	1	0
ALTERACIÓN	Sana	Ligeramente alterada	Alterada	Muy alterada	Completamente alterada
Puntuación	9	7	5	3	1
ESPACIADO DE JUNTAS (mm)	> 3000	3000 - 1000	1000 - 300	300 - 50	< 50
Puntuación	30	25	20	10	5
CONTINUIDAD DE LAS JUNTAS	Discontinuas	Poco continuas	Continuas sin relleno	Continuas con algún relleno	Continua con relleno
Puntuación	5	5	3	0	0
RELLENO EN LAS JUNTAS	Cerradas	Algo separadas	Separadas < 1mm	Con relleno < 5 mm	Con relleno > 5 mm
Puntuación	5	5	4	3	1
ORIENTACIÓN DE LA DIRECCIÓN Y BUZAMIENTO	Muy desfavorable	Desfavorable	Poco desfavorable	Favorable	Muy favorable
Puntuación	15	13	10	5	3
VALORACIÓN TOTAL	100 - 90	90 - 70*	70 - 50	50 - 25	< 25
VALORACIÓN DE LA RIPABILIDAD	Voladura	Extremadamente difícil de reparar	Muy difícil de reparar	Difícil de reparar	Fácilmente ripable
Selección de la maquinaria	-	DD9G / D9G	D9 / D8	D8 / D7	D7
Potencia (CV)	-	770 / 385	385 / 270	270 / 180	180
KW	-	575 / 290	290 / 200	200 / 135	125

PREVOLADURAS

INCISO: RIPABILIDAD VS. VOLADURA

1. TOMA DE DATOS DE CAMPO

Adecuada caracterización en base a malla idónea de muestreo, de las condiciones existentes del macizo (carga puntual, RC, Vsísmica, densidad, índice de juntas, relleno, cohesión, orientación de diaclasas...).

2. APLICACIÓN DE CRITERIOS CLÁSICOS

Weaver, etc. SI SE SUPERAN LOS UMBRALES DE ARRANQUE MECÁNICO, ADOPTAR DIRECTAMENTE VOLADURA. SI INDICA QUE ES POSIBLE, SER CRÍTICO, NO CLASIFICAR AÚN COMO RIPABLE (SEGUIR CON LOS PASOS SIGUIENTES).

3. ESTUDIAR LOS COSTES DE PERFORACIÓN Y VOLADURA

Por ejemplo, costes de personal en voladura por lo general más bajos que en excavación.

4. CONSIDERAR LOS CONDICIONANTES GEOMÉTRICOS DE LA EXCAVACIÓN

Desmontes bajos/excesivamente altos, muy amplios o estrechos...

5. ¿CUÁLES SON LAS NECESIDADES DE PRODUCCIÓN?

El volumen y el tiempo son condicionantes. ¿Conviene hacer prevoladura? ¿Cuáles son los rendimientos de los equipos de carga y transporte? ¿Se exige una granulometría?...

6. ANÁLISIS AMBIENTAL Y DE SEGURIDAD

Vibraciones, polvo, ruido, onda aérea... Los equipos hidráulicos y de carga y transporte puede resultar más molesto que la voladura.

7. ESTIMACIÓN GLOBAL DE COSTES

Hacer una estimación global permite valorar de forma más racional el coste asociado al metro cúbico.

VOLADURAS EN TRINCHERA

Las fórmulas de cálculo son:

PIEDRA: $B = K \cdot D$ (Con $39 < K < 33$, en base a la dureza de la roca). ESPACIAMIENTO: $S = 1,2 \cdot B$.

SOBREPERFORACIÓN: $J = 10 \cdot D$. PROFUNDIDAD MÁXIMA DE EXCAVACIÓN: 12 m.

Los diámetros a emplear serán de 3 a 5 pulgadas, y el consumo específico deberá quedar comprendido entre 0,3 y 0,5 kg/m³ (según la dureza de la roca). Los barrenos de destroza o arranque suelen ser verticales, perfilando la trinchera con coladuras de contorno. Un caso particular de voladuras en trinchera son las efectuadas en media ladera.

VOLADURAS EN ZANJA

Pequeñas trincheras de ancho inferior a 3 m y profundidad máxima de 5 m. Las fórmulas son $B = 25 \cdot D$, $J = 0,3 \cdot B$, y espaciamiento a determinar en base a la anchura. Los diámetros de perforación van de 1 ½ a 2 ½ pulgadas. Se perfora con inclinación hacia la salida. El número de hileras dependerá del ancho de la zanja, yendo de 2 a 4. El/los barreno/s centrales se carga/n algo más, debiendo obtenerse un consumo final comprendido entre 0,4 y 0,6 kg/m³.

VOLADURAS PARA ESCOLLERA

Destinada a la producción de piedra gruesa. A mayor sea la altura de talud, mejor (superior a 15 m). Se emplearán diámetros de entre 4 y 5 pulgadas, con perforación inclinada (8° a 10°). Los parámetros del esquema son:

PIEDRA: $B = 40 D$, ESPACIAMIENTO: $S = B / 16$, LONGITUD DE CARGA DE FONDO: $L_f = 55 D$; SOBREPERFORACIÓN: $J = 10 D$; RETACADO: $T = 15 D$.

El consumo específico quedará comprendido entre 0,3 y 0,4 kg/m³ (en base a la dureza de la roca), con mayor densidad en la zona de carga de fondo. La carga de columna irá desacoplada, con una relación de diámetros $D / d = 2$.

VOLADURAS DE TAQUEO

Labor habitual en la mayoría de las explotaciones, dado que cabe la posibilidad de obtener con la voladura “bolos” (bloques de tamaño excesivo). Si bien existen otros métodos, puede realizarse dicho troceo mediante perforación y colocación de explosivos (pequeñas cargas, en un número de taladros que dependerá del tamaño del bolo). Esta metodología es una voladura secundaria.

Es aconsejable el empleo de explosivos tradicionales o cordones detonantes, iniciados con detonadores eléctricos.

Si no se procede a la carga con esmero, puede provocar importantes proyecciones. Es norma general emplear 50 g de explosivo por metro cúbico de roca. Para bloques pequeños, puede aplicarse una carga formada por cordones detonantes.

POSIBILIDAD 1

Perforación del bloque según su tamaño con uno o varios barrenos, e inserción de pequeña carga de explosivos debidamente retacada. Este método suele originar proyecciones.

POSIBILIDAD 2

Adosar parche de carga explosiva, recubierta con barro o material similar. El método es más barato y rápido, y no produce proyecciones, pero origina onda aérea de gran intensidad. Por ello no es muy frecuente a cielo abierto, siendo más aplicado en interior, salvo en minería de carbón.

VOLADURAS ESPECIALES

ITC 10.3.01. Voladuras especiales

1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

La presente ITC tiene por objeto:

Definir la tipología de ciertas clases de voladuras para ser consideradas como voladuras especiales.

Establecer las competencias para su autorización, tramitación y condiciones de ejecución.

Prescribir las medidas de prevención necesarias.

2. DEFINICIÓN DE VOLADURAS ESPECIALES

Se consideran voladuras especiales las siguientes:

2.1. GRANDES VOLADURAS

Las que, por sus características geológicas locales, geometría, volumen relativo y carga máxima instantánea, requieran, a juicio de la autoridad minera competente, medidas preventivas complementarias a las exigibles en las voladuras convencionales.

2.2. VOLADURAS BAJO EL AGUA

Las que se realizan bajo columna de agua, en cauces fluviales, lagos, embalses, o en el mar, que por su proximidad puedan afectar a núcleos habitados, edificaciones e instalaciones de cualquier tipo.

2.3. DEMOLICIONES

La demolición de edificios, estructuras en general o cimentaciones, por su ubicación próxima a núcleos habitados, condicionantes del contorno o su dificultad técnica.

VOLADURAS ESPECIALES

ITC 10.3.01. Voladuras especiales

2. DEFINICIÓN DE VOLADURAS ESPECIALES

2.4. VOLADURAS CON RIESGOS PECULIARES

Voladuras que puedan afectar a núcleos urbanos habitados o instalaciones industriales o de cualquier tipo, vías de comunicación, sistemas de transporte, presas y depósitos de agua y almacenamientos de materias peligrosas.

2.5. VOLADURAS PRÓXIMAS A INSTALACIONES ELÉCTRICAS

Próximas a centros de producción, transformación y redes de transporte y distribución de energía eléctrica, a cualquier tensión.

2.6. VOLADURAS PRÓXIMAS A EMISIÓN DE ONDAS

En la proximidad de emisoras de radio, TV, radar o repetidores de alta frecuencia.

3. AUTORIZACIÓN

3.1.

Cuando por parte de la autoridad competente se tengan que autorizar consumos de explosivos en los que se contemple la realización de voladuras que, conforme al apartado anterior, tengan la condición de especiales, además de cumplir las condiciones generales para toda clase de trabajos en que se utilicen explosivos, deberán contar con la autorización previa de la autoridad competente, quien la concederá o no a la vista de un proyecto de voladura especial presentado por el peticionario, suscrito por un técnico titulado de Minas y aprobado por la autoridad minera competente, en el que figuren:

VOLADURAS ESPECIALES

ITC 10.3.01. Voladuras especiales

3. AUTORIZACIÓN

3.1.

a) Las construcciones, vías de comunicación, depósitos y conducciones de fluidos, sistemas de transporte, centros de producción o transformación de energía eléctrica, líneas de transporte y distribución de energía, y en general, cualquier instalación susceptible de influencia directa o recíproca por la voladura, cuya distancia al emplazamiento previsto para ésta esté comprendida en:

- 1000 metros alrededor, cuando se trate de grandes voladuras, si la voladura es exterior; 500 metros, si es subterránea.
- 1500 metros alrededor, cuando se trate de voladuras bajo agua en mar, y 1000 metros en voladuras bajo agua de cualquier otro tipo.
- 200 metros alrededor, en caso de demoliciones.
- 500 metros en todos los tipos restantes.

No obstante, y en función de las características de cada voladura y de su entorno, se pueden modificar estas distancias.

VOLADURAS ESPECIALES

ITC 10.3.01. Voladuras especiales

3. AUTORIZACIÓN

3.1.

- b) Cuantas prescripciones afecten a la voladura, según lo especificado en el apartado 5. Prescripciones.
- c) Los planes de tiro, con el detalle de la carga, retacado de barrenos, así como el sistema de encendido.
- d) Horario y plazo previsto para las voladuras, así como las medidas de seguridad y señales de advertencia adoptadas. En el caso de empresas que habitualmente ejecuten voladuras, la exigencia anterior puede sustituirse por la Disposición Interna de Seguridad correspondiente.
- e) En caso de proximidad a construcciones o instalaciones que pudieran ser afectadas por las vibraciones producidas por la voladura, la autoridad minera competente puede exigir la aplicación del contenido de la norma UNE 22.382 "Control de vibraciones producidas por voladuras".

VOLADURAS ESPECIALES

ITC 10.3.01. Voladuras especiales

3. AUTORIZACIÓN

3.2.

Si durante el plazo de vigencia de la autorización de un consumo de explosivos, en la que originariamente no se preveían voladuras especiales, sobreviniese, por causas imprevistas y justificadas, la necesidad de ejecución de tal tipo de voladura, debe recabarse previamente la aprobación de la autoridad minera competente, mediante la presentación por duplicado del proyecto que se especifica en el apartado 3.1 anterior. La autoridad minera competente debe remitir un ejemplar del mismo, junto con su aprobación, a la Oficina de Industria y Energía para los efectos que procedan.

3.3.

Según lo dispuesto en el artículo 151 del Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera, pueden aceptarse proyectos tipo, cuando las voladuras especiales constituyan o vayan a constituir una actividad repetitiva, respetando en todas ellas los parámetros técnicos y medidas previstas en la primera voladura.

VOLADURAS ESPECIALES

ITC 10.3.01. Voladuras especiales

4. EJECUCIÓN DE VOLADURAS

Una vez que el consumo de explosivos y las voladuras hayan sido autorizados, la ejecución de cada una de ellas debe estar dirigida a pie de obra por un técnico titulado de Minas, responsable de la misma. De acuerdo con la importancia de la operación, la autoridad minera competente debe determinar la cuantía de la póliza de responsabilidad civil especificada en el apartado 6.b.

5. PRESCRIPCIONES

Además de las prescripciones generales establecidas en la reglamentación vigente, deben aplicarse las prescripciones específicas siguientes:

5.1. GRANDES VOLADURAS

5.1.1. INICIACIÓN DE LA EXPLOSIÓN

Para garantizar la iniciación del explosivo contenido en el barreno, puede utilizarse cordón detonante a lo largo del mismo y, necesariamente, cuando se dispongan espaciadores inertes, dividiendo la carga de explosivo, salvo que se efectúe la iniciación secuencial en cada una de dichas cargas espaciadas.

5.1.2. USO DE CORDÓN DETONANTE

No debe utilizarse el cordón detonante para el descenso de los cartuchos, cuando exista riesgo de rotura o deterioro del mismo, debido al peso de aquéllos.

VOLADURAS ESPECIALES

ITC 10.3.01. Voladuras especiales

5. PRESCRIPCIONES

5.1.3. PROTECCIÓN CONTRA PROYECCIONES Y VIBRACIONES

Deben adoptarse, en su caso, las medidas pertinentes para prevenir el riesgo de proyecciones, vibraciones, onda aérea, etc., respecto al entorno.

5.2. VOLADURAS BAJO EL AGUA

5.2.1. PERFORACIÓN Y CARGA DE BARRENOS

Sólo pueden simultanearse las labores de perforación y carga explosiva, en aquellos casos en que los trabajos sean realizados desde pontón y la perforación realizada con doble varillaje, que permita la introducción de las cargas desde el pontón a través de dicho entubado. En los supuestos restantes, sólo puede iniciarse la operación de cargas una vez haya concluido la perforación y retirado la maquinaria correspondiente.

En cualquier caso, debe llevarse un especial control de la concentración de la carga en cada barreno, recomendándose cargas rígidas prefabricadas.

En este tipo de perforación con entubado, se permite la presencia en el pontón, durante la jornada de trabajo, del explosivo necesario para la misma, el cual debe almacenarse en cofres adecuados.

VOLADURAS ESPECIALES

ITC 10.3.01. Voladuras especiales

5. PRESCRIPCIONES

5.2.2. CEBADO Y DETONADORES

Sea cual fuere el sistema de perforación y el diámetro de los barrenos, debe utilizarse siempre cordón detonante a lo largo de su caña y el cebado de los barrenos debe ser exterior a los mismos.

En todos los casos, la colocación de detonadores debe realizarse con posterioridad a la carga del total de barrenos que constituyan la pega, y siempre después de retirar al personal y los equipos de perforación del lugar de trabajo.

Cuando se utilicen cargas rígidas prefabricadas, el cebado puede realizarse directamente mediante detonadores cuya conexión se efectuará en superficie.

Las conexiones entre detonadores y de éstos a la línea de tiro deben realizarse siempre mediante conectores que aseguren su aislamiento y colocados fuera del agua sobre flotadores o boyas señalizadas.

Se recomienda el empleo de detonadores y sistemas de conexión que reduzcan al mínimo las pérdidas de corriente por derivación.

VOLADURAS ESPECIALES

ITC 10.3.01. Voladuras especiales

5. PRESCRIPCIONES

5.2.3. VIBRACIONES Y ONDAS DE CHOQUES HIDRÁULICAS

Debe prestarse especial atención a los posibles efectos que se puedan producir por vibraciones terrestres y ondas de choque hidráulico o de marea, empleando los procedimientos adecuados para combatirlos.

5.2.4. SEÑALIZACIÓN Y EVACUACIÓN DE PERSONAS

Tanto en el caso de perforación desde pontón, como en los de perforación y carga de explosivos mediante buceadores, o campanas neumáticas, o de aplicación de cargas huecas, cargas adosadas, mangueras explosivas, etc., la zona de trabajo debe quedar perfectamente balizada, en una distancia al menos de 50 metros alrededor de su perímetro, mediante boyas con carteles de advertencia.

Con anterioridad a la ejecución de las voladuras, debe comprobarse la ausencia de bañistas, embarcaciones y toda clase de personas o cosas en un entorno tal que, de acuerdo con la cantidad de explosivo previsto, se prevengan los riesgos por las ondas de presión generadas en el agua. Estas distancias deben especificarse en el correspondiente proyecto.

VOLADURAS ESPECIALES

ITC 10.3.01. Voladuras especiales

5. PRESCRIPCIONES

5.2.5. INSPECCIÓN FINAL

Con posterioridad a cada voladura, tras el oportuno lapso de tiempo para permitir la recuperación de la visibilidad de las aguas, debe inspeccionarse el fondo volado, con el fin de detectar y recuperar los posibles restos de explosivos procedentes de barrenos fallidos.

5.3. DEMOLICIONES

5.3.1. PRECAUCIONES GENERALES

Los trabajos de perforación, carga y disparo de las voladuras deben ser realizados bajo la dirección permanente, a pie de obra, de un técnico titulado de Minas.

Con anterioridad a la voladura, deben realizarse todas las comprobaciones necesarias para constatar que los elementos estructurales se corresponden con los previstos en los planos constructivos, eliminando, por medios mecánicos o manuales, todos aquellos elementos que pudieran significar cualquier riesgo para la seguridad del trabajo, tanto desde el punto de vista de proyecciones, como de la dirección de la caída de la estructura. Deben disponerse las adecuadas protecciones en aquellas zonas en las que fuera previsible el riesgo de proyecciones peligrosas.

VOLADURAS ESPECIALES

ITC 10.3.01. Voladuras especiales

5. PRESCRIPCIONES

5.3.1. PRECAUCIONES GENERALES

A partir del momento de la llegada del material explosivo y accesorios de voladura al lugar de los trabajos, queda totalmente prohibida la presencia de cualquier persona ajena a los mismos, mediante una efectiva vigilancia o cierre de cualquier acceso existente.

5.3.2. CALIBRE Y CARGA

Excepto lo dispuesto por la autoridad minera competente, en general, el calibre de perforación no debe ser superior a 50,8 milímetros y la carga por barreno no debe exceder de 500 gramos. No está permitida la carga a granel del explosivo.

5.3.3. CORTE DE CARTUCHOS

En los casos en los que fuera necesario el corte de los cartuchos para conseguir las cantidades de carga adecuadas, este corte debe realizarse en un lugar alejado del resto del explosivo y con las debidas precauciones. Esta misma normativa debe aplicarse, en su caso, para la preparación de las cargas espaciadas, las cuales irán necesariamente adosadas a un cordón detonante de gramaje suficiente para asegurar su detonación.

VOLADURAS ESPECIALES

ITC 10.3.01. Voladuras especiales

5. PRESCRIPCIONES

5.3.4. DETONADORES, NÚMERO Y DISPOSICIÓN

Los detonadores deben disponerse de forma que queden siempre en el interior del barreno.

Si el número de detonadores necesarios lo justifica, puede autorizarse la conexión de los mismos en series paralelas. Las diferentes series deben equilibrarse de forma que la dispersión entre ellas no sea superior a . 1 por 100 de su resistencia.

El retacado debe realizarse con materiales suficientemente plásticos y no propagadores de la llama, de forma que quede asegurada su permanencia hasta la ejecución de la voladura.

5.3.5. VOLADURAS CARGADAS Y NO EXPLOSIONADAS

En el caso de que las operaciones de carga del explosivo no permitan ejecutar la voladura dentro de la misma jornada de trabajo, los barrenos cargados y el explosivo no utilizado deben quedar permanentemente bajo la debida vigilancia.

VOLADURAS ESPECIALES

ITC 10.3.01. Voladuras especiales

5. PRESCRIPCIONES

5.4. PROXIMIDAD A LÍNEAS ELÉCTRICAS

5.4.1. DISTANCIAS DE PROTECCIÓN

Salvo en los casos en los que se autorice una normativa de actuación específica, en los trabajos de voladura con pega eléctrica en la proximidad de líneas o estaciones transformadoras, en función de la tensión, deben respetarse las distancias siguientes:

En los casos en los que la distancia prevista entre la voladura y las líneas eléctricas sea inferior a las indicadas, para la utilización del encendido eléctrico se precisa un estudio preliminar que justifique la no existencia de riesgos, tanto por derivaciones de corriente, como por inducción de corrientes sobre el circuito de voladura. Se deben utilizar al menos detonadores insensibles.

La intensidad de cortocircuito y de descarga, y la tensión de paso de los centros de transformación deben ser suministradas por la entidad propietaria.

Tensión de línea (V)	Distancia (m)
Hasta 1000	10
De 1000 a 6000	20
De 6000 a 11000	50
De 11000 a 60000	100
Más de 60000	200
Líneas ferrocarril electrificadas a cualquier tensión	300

VOLADURAS ESPECIALES

ITC 10.3.01. Voladuras especiales

5. PRESCRIPCIONES

5.4.2. LÍNEA DE TIRO, CONEXIONES

Cuando la proximidad de las líneas eléctricas a la zona de voladura sea inferior a 200 metros, la línea de tiro debe orientarse lo más perpendicular posible al tendido eléctrico y sus extremos han de mantenerse unidos en cortocircuito y aislados del terreno o de cualquier masa metálica, hasta el momento de la voladura. La línea volante de tiro no puede utilizarse más que una sola vez.

Deben anclarse al suelo los conductores del circuito de la voladura.

Todas las conexiones deben protegerse con casquillos aislantes u otro tipo de aislamiento adecuado. Los detonadores han de ser del tipo de alta insensibilidad y deben tener cortocircuitados los terminales de los hilos de alimentación hasta el momento de su conexión al circuito de voladura, salvo que, ante petición debidamente justificada, la autoridad minera autorice el empleo de otro tipo de detonadores.

VOLADURAS ESPECIALES

ITC 10.3.01. Voladuras especiales

5. PRESCRIPCIONES

5.5. PROXIMIDAD A RADIO-FRECUENCIA EN EMISIÓN

5.5.1. DISTANCIAS DE SEGURIDAD A EMISORAS

Debe contemplarse en el proyecto: La potencia radiada, la frecuencia y la dirección de la radiación, la sensibilidad de los detonadores a utilizar, la disposición de la línea de tiro, etc., para efectuar voladuras eléctricas a distancias a emisoras de radiofrecuencia, en función de su potencia emisora, inferiores a:

Potencia emisora	Distancia (m)
Hasta 25 W	50
De 25 a 100 W	75
De 100 a 500 W	150
De 500 a 1 KW	300
De 1 a 5 KW	500
De 5 a 10 KW	750
De 10 a 25 KW	1200
De 25 a 50 KW	1700
De 50 a 100 KW	2350
De 100 a 500 KW	5000
De 500 a 1000 KW	7500

La anterior aprobación será, asimismo, preceptiva siempre que se efectúen voladuras eléctricas a menos de 300 metros de equipos de radar o militares de dirección de tiro.

VOLADURAS ESPECIALES

ITC 10.3.01. Voladuras especiales

5. PRESCRIPCIONES

5.5.2. DISTANCIAS DE SEGURIDAD A RADIO-TELÉFONOS

Debido a que los radio-teléfonos emiten en bandas de frecuencia altas (> 27 MHz) y potencias bajas, las distancias de seguridad en este caso serán las siguientes:

Potencia (W)	Distancia (m)
Hasta 10	2
De 10 a 30	3,5
De 30 a 60	5
De 60 a 250	10

Las antenas de radio-teléfonos o de los vehículos dotados de emisoras deben cubrirse con una funda de plástico.

VOLADURAS ESPECIALES

ITC 10.3.01. Voladuras especiales

5. PRESCRIPCIONES

5.5.3. TRANSPORTES

Cuando el transporte de los detonadores eléctricos se realicen en vehículos dotados de una emisora de radio, dichos detonadores deben embalsarse en una caja recubierta de chapa metálica. Las operaciones de carga y descarga han de efectuarse manteniendo la caja cerrada y la emisora desconectada.

5.6. VOLADURAS EN ZONAS HABITADAS

En aquellas voladuras en zonas habitadas en las que pueda existir riesgo de daños a terceros por proyección de fragmentos de roca, deben adoptarse las precauciones siguientes:

5.6.1. SUPERVISIÓN

Debe llevarse a cabo por parte del responsable de la voladura una supervisión efectiva que garantice la concordancia de todos los parámetros de la voladura con su diseño original. Debe cuidar de que los diferentes trabajos que la componen –perforación, carga de los barrenos y conexión del circuito de voladura– se ejecuten adecuadamente, con especial cuidado en los siguientes puntos:

- Correcto marcado previo de los barrenos.
- Control de posicionado y angulación del equipo de perforación.
- Comprobación de las profundidades de cada barreno.
- Detección de las coqueras o fisuras existentes en el terreno a volar.

VOLADURAS ESPECIALES

ITC 10.3.01. Voladuras especiales

5. PRESCRIPCIONES

5.6.2. CARGA DE BARRENOS

Cuando en la perforación se hayan detectado barrenos que atraviesen coqueras, fisuras o, en general, estructuras que puedan dar lugar a acumulaciones de carga, deben desecharse tales barrenos, o bien, los tramos afectados deben dejarse sin cargar, introduciendo retacados intermedios de materiales inertes.

En todo caso, debe cumplirse lo dispuesto en el apartado 2.4 de la ITC 10.2.01.

Si se comprobara que alguno de los barrenos que componen la voladura tiene un confinamiento excesivo, de forma que no tuviera posible salida, dicho barreno será desechado.

El diseño y conexión de la secuencia de iniciación deben ser los adecuados para evitar descuelgues, descabezamientos, robos de carga y/o disparos sin salida.

VOLADURAS ESPECIALES

ITC 10.3.01. Voladuras especiales

5. PRESCRIPCIONES

5.6.3. RETACADO

Debe cuidarse especialmente la realización del retacado de los barrenos, debiendo adoptarse, siempre que sea posible, una longitud de barreno retacado doble de la indicada en el apartado 4.1 de la ITC 10.2.01. Para su ejecución deben utilizarse materiales inertes, preferiblemente arena fina o tacos de arcilla debidamente compactados.

5.6.4. PROTECCIONES ADICIONALES

Cuando por gran proximidad a las voladuras de los bienes a proteger, o por la disposición de éstas, haya un gran riesgo de daño por proyecciones, debe procurarse el empleo de protecciones adicionales sobre la propia voladura y/o los bienes a proteger.

Los elementos utilizados como protecciones sobre las voladuras deben permitir la salida de gases de los barrenos y, al mismo tiempo, detener los fragmentos de roca proyectados. Además, deben estar adecuadamente colocados y anclados a terreno firme para evitar ser lanzados.

Se recomienda el uso de mallazos o redes tupidas y resistentes, así como bandas de goma. Estos elementos pueden utilizarse solos o en combinación con otros, como por ejemplo neumáticos.

VOLADURAS ESPECIALES

ITC 10.3.01. Voladuras especiales

5. PRESCRIPCIONES

Debe evitarse el uso de elementos rígidos que no permitan el paso de los gases, tales como chapas o planchas metálicas. Si se utilizasen, deben colocarse algo separados de la boca de los barrenos y sólidamente anclados a terreno firme.

No deben situarse nunca sobre los barrenos elementos de materiales fácilmente inflamables, como pacas de paja, pudiendo utilizarse únicamente como protección contra proyecciones frontales.

5.6.5. SEÑALIZACIÓN E INFORMACIÓN CIUDADANA

El perímetro exterior de la zona de voladuras debe estar convenientemente delimitado, de manera que se impida el acceso a personas ajenas a las obras. Dicho perímetro debe señalizarse debidamente con carteles fácilmente legibles, anunciadores del empleo de explosivos.

Antes de efectuar el disparo de la voladura, debe avisarse de la proximidad del mismo mediante las oportunas señales acústicas.

Cuando, por proximidad, una voladura pudiera afectar a alguna vía abierta al tráfico, este hecho debe ponerse en conocimiento de la Policía Municipal local o de la Guardia Civil, con quien se ha de establecer el procedimiento y llevarse a cabo los cortes de tráfico, si llegaran a ser necesarios.

VOLADURAS ESPECIALES

ITC 10.3.01. Voladuras especiales

5. PRESCRIPCIONES

5.7. VOLADURAS CON LARGO PROCESO DE CARGA

Cuando por causas justificadas no se pueda completar la carga, la autoridad minera competente podrá autorizar la permanencia de barrenos cargados durante el tiempo preciso para concluir la operación de carga, siempre que estos barrenos estén adecuadamente vigilados hasta su disparo, que debe efectuarse lo antes posible.

5.8. TORMENTAS

Si se detectan tormentas, acústica o visualmente, deben suspenderse los trabajos de voladura, siendo aconsejable, en aquellas épocas y zonas donde sea previsible dicho riesgo, el empleo de detonadores de alta insensibilidad que deben mantenerse cortocircuitados y aislados del terreno hasta el momento de la voladura.

VOLADURAS ESPECIALES

ITC 10.3.01. Voladuras especiales

6. EMPRESAS AUTORIZADAS PARA LA EJECUCIÓN DE VOLADURAS ESPECIALES

Las empresas que lleven a cabo la ejecución de las voladuras especiales definidas en el apartado 2 de la presente ITC deben estar autorizadas e inscritas para tal fin en uno o varios de los tipos señalados en el citado apartado 2.

La autorización y consiguiente inscripción, que tendrá carácter nacional y validez anual, debe solicitarse a la autoridad competente de la provincia donde tenga su domicilio social la empresa, aportando certificado emitido por la autoridad minera competente de dicha provincia, de que la empresa cumple los requisitos siguientes:

- a) Disponer de un equipamiento técnico adecuado y unas disposiciones internas de seguridad de empleo de explosivos para los tipos de voladuras en que pretendan inscribirse.
- b) Tener cubierta su responsabilidad civil con una póliza de seguros de una cuantía mínima de 15.000.000 de pesetas por accidente. Esta cuantía mínima será revisada anualmente de acuerdo con las variaciones del Índice de Precios al Consumo, publicado por el Instituto Nacional de Estadística.
- c) Contar en su plantilla, como mínimo, con una persona con Cartilla de Artillero, autorizada para efectuar pegas concordantes con los tipos de voladura especial para los que se solicita inscripción. En el caso de demoliciones, se contará además, con un técnico titulado de Minas.

EJEMPLO DE VOLADURA ESPECIAL: LAS DEMOLICIONES

CONSIDERACIÓN DE ELEMENTOS

En primer lugar deberá tenerse en cuenta si la voladura se ha de desarrollar en base a elementos estructurales concretos (cimentaciones, muros, pilares, losas, cubiertas y vigas), o al total de una estructura o construcción.

CIMENTACIONES

Se perforan con barrenos verticales, con longitudes dependientes de las propias dimensiones de las mismas, y esquemas cuadrados. Las cargas de explosivo suelen prepararse mediante la unión de **cargas de unos 50 g a cordón detonante**, y espaciado en función de la densidad de carga calculada. La tabla siguiente recoge algunas recomendaciones en función del tipo de material

MATERIAL	CONSUMO ESPEC. CE. (Kg/m ³)	ESQUEMA DE PERFORACIÓN, B = S
Hormigón en masa de mala calidad	0,30 - 0,25	0,80 - 0,70
Hormigón en masa de buena calidad y resistencia	0,40 - 0,30	0,70 - 0,60
Hormigón armado en supeficie	0,75 - 0,60	0,60 - 0,50
Hormigón con alta densidad de armaduras	1,00 - 0,80	0,55 - 0,50
Hormigón especial armado militar	2,00 - 1,50	0,50 - 0,40

EJEMPLO DE VOLADURA ESPECIAL: LAS DEMOLICIONES

CONSIDERACIÓN DE ELEMENTOS

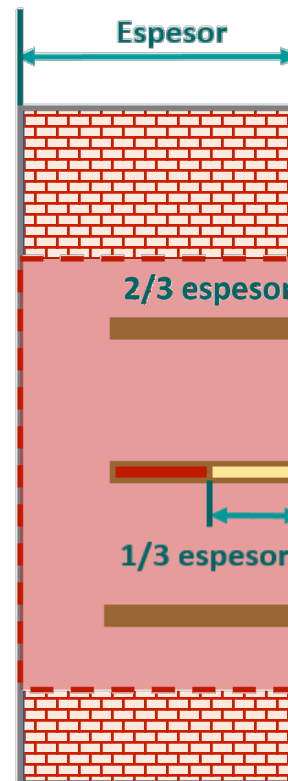
MUROS

Debe distinguirse entre muros de hormigón empotrados en la base, no sometidos a esfuerzos, muros de hormigón portantes y muros de ladrillo de carga.

- **Muros de ladrillo:** la perforación suele realizarse a la altura de ventanas o puertas, para mejorar la rotura del material y facilitar la perforación. Mínimo dos filas, y se aumentarán si se quiere volcar el muro. **El consumo específico oscilará entre 0,5 y 1,0.** Disposiciones al tresbolillo proporcionarán una mejor distribución de la carga.



ESPESOR (cm)	B · S (cm · cm)	Nº de filas
35	30 · 30	2
45	35 · 35	2
60	45 · 45	2
70	55 · 55	3
> 100	55 · 55	3



La longitud de perforación suele ir limitada por el espesor del muro, en condiciones normales se perforan 2/3 de esa longitud, reservando 1/3 para el taco y otro tercio para la carga.

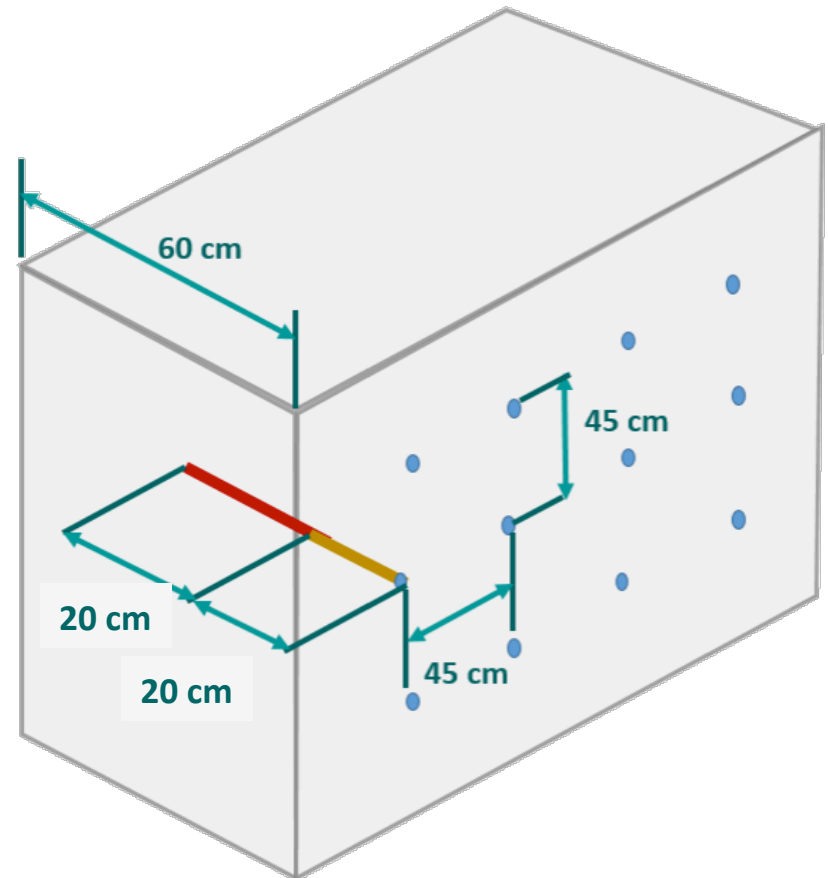
EJEMPLO DE VOLADURA ESPECIAL: LAS DEMOLICIONES

CONSIDERACIÓN DE ELEMENTOS

MUROS

- **Muros de hormigón armado:** el consumo específico oscilará entre 0,9 y 1,5. Disposiciones al trespunto proporcionarán una mejor distribución de la carga. La longitud de perforación suele ir limitada por el espesor del muro, en condiciones normales se perforan 2/3 de esa longitud, reservando 1/3 para el taco y otro tercio para la carga.

ESPESOR (cm)	B · S (cm · cm)	Nº de filas
35	30 · 30	2
45	35 · 35	2
60	45 · 45	2
70	55 · 55	3

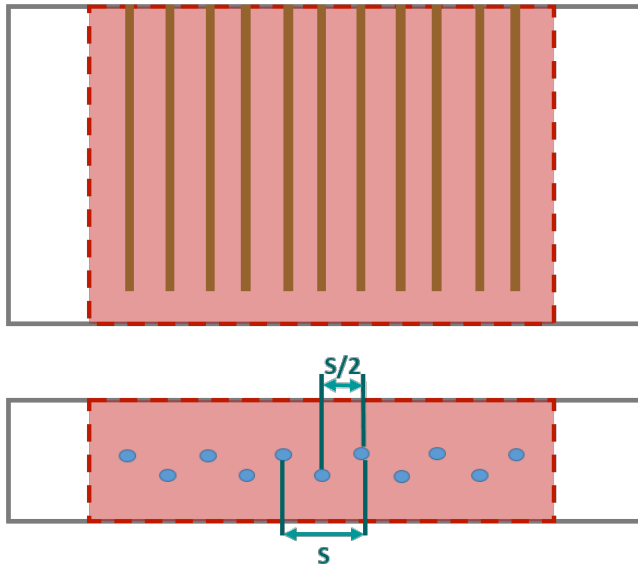


EJEMPLO DE VOLADURA ESPECIAL: LAS DEMOLICIONES

CONSIDERACIÓN DE ELEMENTOS

MUROS

- **Muro de hormigón empotrado en la base:** suelen ser altos, estrechos y empotrados en la base, se recurre a barrenos verticales para conseguir una adecuada fragmentación, con longitudes de barreno inferiores a 1,5 m con el fin de reducir las proyecciones por zonas con elevada concentración de carga. La iniciación se llevará a cabo con detonadores de microrretardo, cubriendo las superficies del muro. Se aconseja desarrollar experimentos previos en tramos concretos para adecuar los esquemas.



TIPO	ESPESOR (cm)	ESPACIAMIENTO (cm)	Número de Filas	C.E. (kg/m ³)
Hormigón en masa	20	30	1	0,3 - 0,2
	30	30	1	0,3 - 0,2
	40	30	1	0,3 - 0,2
	50	40	1	0,3 - 0,2
Hormigón armado	20	30	1	0,5 - 0,3
	30	30	1	0,5 - 0,3
	40	30	1	0,5 - 0,3
	50	40	1	0,5 - 0,3
	60	40	2	0,5 - 0,3
	70	40	2	0,5 - 0,3

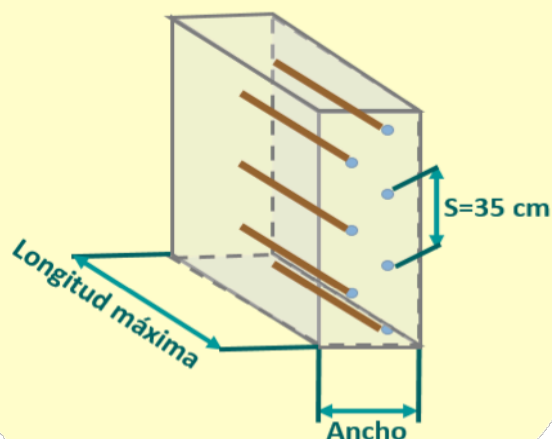
EJEMPLO DE VOLADURA ESPECIAL: LAS DEMOLICIONES

CONSIDERACIÓN DE ELEMENTOS

PILARES

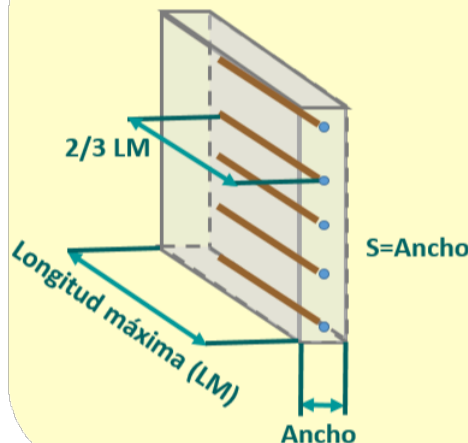
Por lo general de hormigón armado y sección variable entre circular, cuadrada o rectangular. Se ejecuta la perforación en la dirección de la cara del pilar de mayor dimensión.

ANCHO SUPERIOR A 40 cm



Para pilares ancho > 40, se recurre a la disposición en dos filas a tresbolillo.

ANCHO INFERIOR A 40 cm



Si Ancho < 40 cm, una única fila coincidiendo el espaciado con el ancho.

La longitud de perforación es de $\frac{2}{3}$ de la dimensión de la cara mayor, con taco a $\frac{1}{3}$. La altura de corte variará entre los 1,5 m para pilares de secciones de ancho inferior a 40 cm, y 2,5 para > 40 cm. Por encima de esa zona, cada dos metros podrán disponerse zonas de rotura auxiliar cada 2 m, con dos barrenos en cada una. El consumo específico oscila entre 0,7 y 1,5.

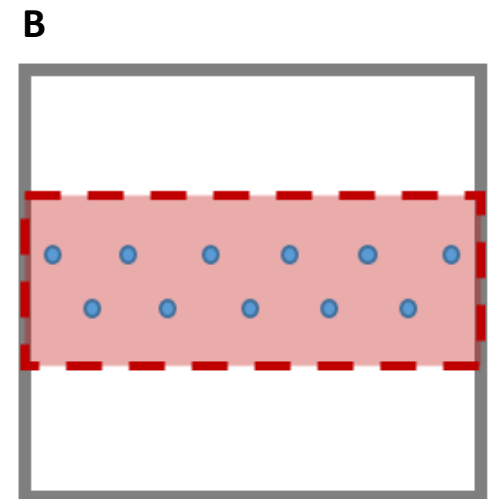
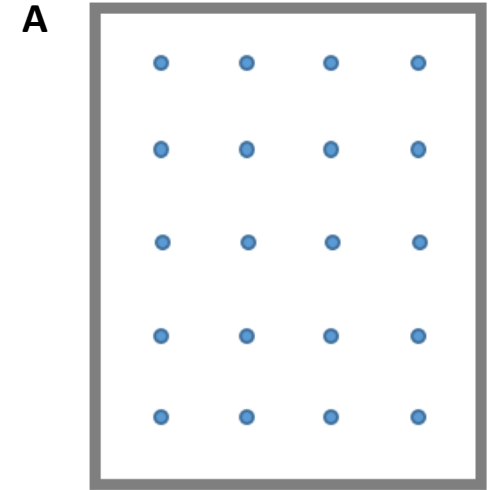
EJEMPLO DE VOLADURA ESPECIAL: LAS DEMOLICIONES

CONSIDERACIÓN DE ELEMENTOS

LOSAS

Existen dos criterios: de fracturación total **(A)**, y de apertura de hendiduras **(B)**. El primer caso es de aplicación para losas de hormigón en masa o armado, siendo el segundo más común en el caso de hormigón armado (abiertas las hendiduras, se corta la armadura con soplete), siendo en este último caso común recurrir a dos filas de barrenos, con consumos específicos de hasta $0,8 \text{ kg/m}^3$. El testeo previo para definir la malla es adecuado.

TIPO	ESPESOR (cm)	Longitud a perforar (cm)	B · S (cm · cm)	C.E. (kg/m ³)
Hormigón en masa	30	20	30 · 30	0,5 - 0,3
	40	25	40 · 40	0,5 - 0,3
	50	35	50 · 50	0,5 - 0,3
Hormigón armado	30	20	20 · 20	0,7 - 0,5
	40	30	30 · 30	0,7 - 0,5
	50	40	35 · 35	0,7 - 0,5



EJEMPLO DE VOLADURA ESPECIAL: LAS DEMOLICIONES

CONSIDERACIÓN DE ELEMENTOS

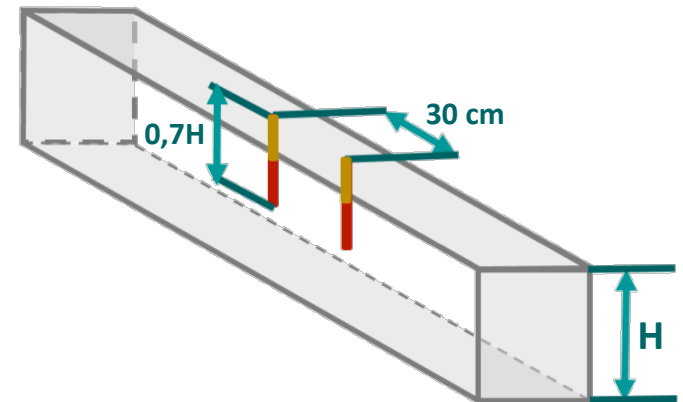
CUBIERTAS

A distinguir entre techos de hormigón armado y bóvedas.

ESPESOR (cm)	Longitud a perforar (cm)	B · S (cm · cm)	C.E. (kg/m ³)
20	15	30 · 30	0,7 - 0,5
30	20	30 · 30	0,7 - 0,5
40	30	30 · 30	0,7 - 0,5
>50	(2/3) · espesor	50 · 50	0,7 - 0,5

VIGAS

Se busca transformar el punto de corte en una rótula, y conseguir la fragmentación del material para su gestión posterior. Se recurre a perforación vertical, recurriendo para ello a dos barrenos espaciados 30 cm en el punto de corte. Como longitud de perforación se toma 0,7 del canto de la viga, y la carga específica entre 0,6 y 0,8 kg/m³.



EJEMPLO DE VOLADURA ESPECIAL: LAS DEMOLICIONES

TIPOLOGÍAS ESTRUCTURALES PARTICULARES

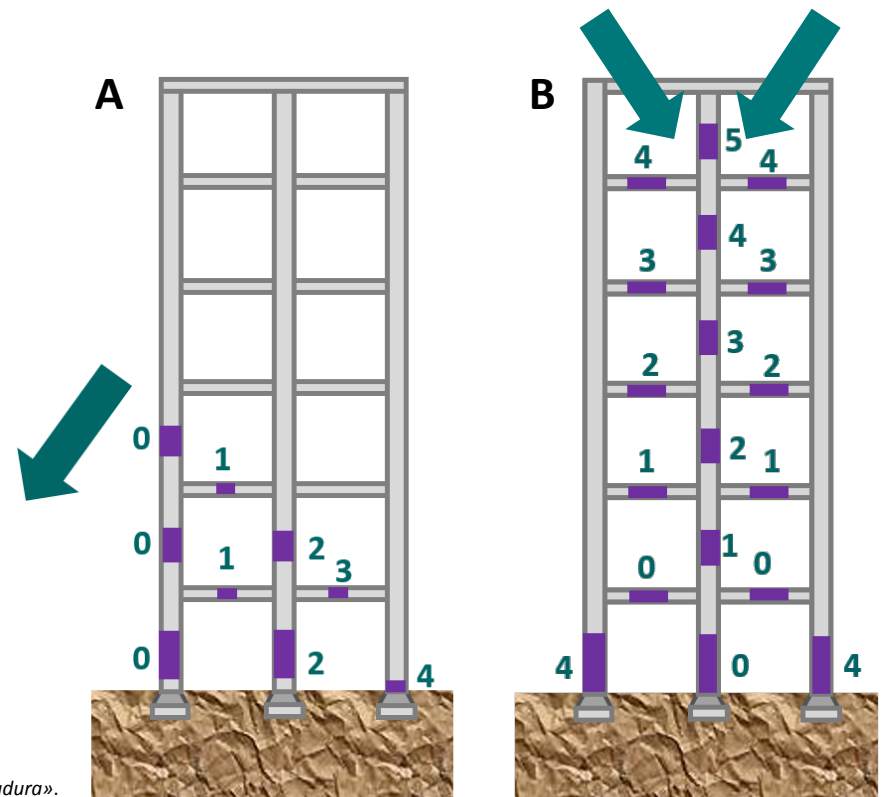
EDIFICIOS

- **De hormigón armado:** requiere trabajos previos: eliminación parcial de tabiques interiores, descubrimiento de pilares, apertura de rozas en tabiques de ladrillo circundantes anexos a ellos.

ALTERNATIVAS:

- **(A) Direccional:** generación de una cuña con frente abierto hacia la dirección de caída.
- **(B) De desplome:** destinada a colapsar sobre su propia área, a través de la generación de una cuña implosiva.

Si existen estructurales aislados que deban actuar como elementos de tiro, se establecerán los anclajes con anterioridad a la demolición. Si se requiere la independización de áreas, se cortarán elementos de unión y redondos en el caso del hormigón armado.

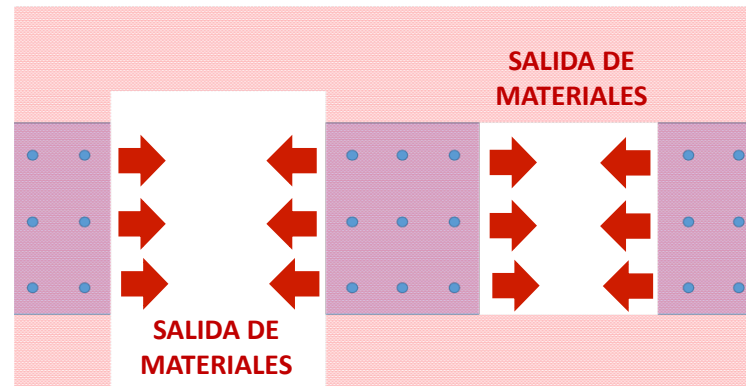


EJEMPLO DE VOLADURA ESPECIAL: LAS DEMOLICIONES

TIPOLOGÍAS ESTRUCTURALES PARTICULARES

EDIFICIOS

- **Edificio de ladrillo:** se deberán retirar los cercos de puertas y ventanas y destrucción parcialmente la de tabiquería interior. Seguidamente se barrenarán los muros de carga, conforme a lo estudiado anteriormente. La voladura se ubicará a la altura de las ventanas (facilita la perforación manual de barrenos, aprovecha los huecos existentes y reduce el número de barrenos). El objetivo de la voladura será el desplome completo, por lo que las secuencias han de diseñarse para que el escombros se amontone sin afectar al medio circundante.



- **Mixto:** cuentan con pilares y vigas de hormigón armado con muros de carga de mampostería, debiendo perforar en ambos según las recomendaciones vistas anteriormente. Por lo general, se recurre a caída en dirección.