

## Excavación con Voladura Controlada en Trabajos de Saneamiento de la Ciudad de Otuzco – La Libertad

### Controlled Blasting Excavation at Sanitation Work in Otuzco City-La Libertad

Ricardo Manuel Delgado Arana<sup>1</sup> | Victoria de los Ángeles Agustín Díaz<sup>2</sup> | Carlos Javier Ramírez Muñoz<sup>3</sup>

#### RESUMEN

El presente trabajo tuvo como propósito explicar la metodología utilizada en la excavación de zanjas con voladuras controladas, las cuales garantizaron una segura, eficiente y normal ejecución de la obra “Ampliación y Mejoramiento del servicio de saneamiento del barrio Ramón Castilla de la ciudad de Otuzco, distrito de Otuzco, provincia de Otuzco – La Libertad (Perú)”. Por ser una obra ejecutada dentro de la ciudad, era necesario realizar trabajos especiales con la finalidad de controlar el riesgo relacionado con la labor de voladura de rocas usando explosivos. La excavación de zanjas con voladura para las redes de agua y alcantarillado e interceptores dentro de la zona urbana, se ejecutaron teniendo en cuenta la cercanía del punto de voladura a las viviendas, el material de dichas viviendas, el tránsito tanto peatonal, así como el de automóviles y cualquier otra estructura adyacente al punto de voladura. Para ello, las perforaciones se hicieron del diámetro, dirección y profundidad técnicamente requeridos para que al colocar y activar las cargas se logre una voladura controlada.

**Palabras Clave:** Explosivos, Voladura controlada, Excavación, Perforación, Barreno, Saneamiento.

#### ABSTRACT

The purpose of this work was to explain the methodology used in trenching with controlled blasting, which ensured the normal, safe and efficient execution of the work called, "Expansion and Improvement of Sanitation Service in "Ramón Castilla" in Otuzco district, Otuzco province, La Libertad department (Perú)". Since this work was to be executed within urban Otuzco, it was required special work to limit risks associated with using explosives for blasting rock. Blasting to excavate trenches for water and sewerage networks and interceptors within the urban area were done considering the proximity of the point of blasting to houses, the material of these houses, pedestrian and road traffic, and any other structure adjacent to the blasting point. For this reason, the diameter, direction and depth of drilling, technically required, were done so that when placing and activating the blast load, a controlled blast be achieved.

**Key Words:** Explosives, Controlled blasting, Excavation, Drilling, bore, Sanitation.

## 1. INTRODUCCIÓN

Esta metodología es aplicada en zonas con presencia de material resistente (masa rocosa), que se encuentran firmemente cementados y que obligan la utilización de procedimientos de preparación por fragmentación mecánica o por explosivos, de acuerdo con las presentes especificaciones y en conformidad con los trazos, niveles y dimensiones indicadas en los planos, especificaciones técnicas y/o instrucciones del supervisor de obra.

## 2. EQUIPOS, HERRAMIENTAS Y MATERIALES

Los equipos, herramientas y materiales a utilizar en la excavación común deberán ser previamente aprobados por la supervisión de obra, el cual podrá exigir el cambio o retiro de los elementos que no resulten aceptables. Estos deberán ser conservados en buenas condiciones, si se observasen deficiencias o mal funcionamiento de algunos elementos durante la ejecución de los trabajos, la supervisión de obra podrá ordenar su retiro y reemplazo por otro de igual o mayor capacidad y en buenas condiciones de uso.

La movilización y traslado de equipo, herramientas, materiales y personal se hará de acuerdo a las Normas de seguridad.

### 2.1 Equipos y Herramientas

- 01 Compresora de aire, capacidad 185 ACFM de 02 martillos con 200 m. de manguera ¾" de alta presión.
- 01 compresora de aire, capacidad 185 ACFM de 02 martillos con 200 m. de manguera de ¾" alta presión.
- 06 barrenos de 1.5 ft
- 06 barrenos de 3 ft
- 01 esmeril de aire para afilar barrenos.
- Herramientas manuales (comba, cincel, etc.)
- 01 Cargador retroexcavador.

### 2.2 Materiales

- Dinamita 56.65% de 7/87
- Mecha de seguridad
- Cordón detonante - 5P
- Fulminantes n° 8 y 45 mm
- ANFO
- Sacos de polietileno
- Arena gruesa

## 3. DEFINICIONES

- **Anfo:** Mezcla explosiva adecuadamente balanceada en oxígeno. Está formulada con un 93% a 94.5 % de Nitrato

de Amonio en esferas y 6.5 % a 5.5 % de combustible líquido, pudiendo ser petróleo residual, o la combinación de petróleo residual más aceite quemado.

- **Barreno:** Es un accesorio de un adecuado tamaño y diámetro para hacer taladros para voladura
- **Compresora Neumática:** Equipo que suministra aire a los martillos, pueden ser estacionarias, portátiles (móviles) y carrozadas, estas últimas montadas en el mismo carro perforador. Su accionamiento puede ser eléctrico o con motor a explosión (mayormente diesel).
- **Cordón detonante:** del tipo 5P la cual tiene como función conectar los cartuchos de dinamita mediante un tipo de amarre.
- **Dinamita:** Es un explosivo sensible al fulminante, contiene un compuesto sensibilizador como medio principal para desarrollar energía. En la mayor parte de dinamitas el sensibilizador es la nitroglicerina y los nitratos son aditivos portadores de oxígeno
- **Explosivos:** Son compuestos químicos susceptibles de descomposición muy rápida, que generan instantáneamente gran volumen de gases a alta temperatura y presión, ocasionando efectos destructivos.
- **Fulminante:** Es una cápsula cilíndrica de aluminio cerrado en un extremo, en cuyo interior lleva una determinada carga de explosivo primario muy sensible a la chispa de la mecha de seguridad y otro secundario de alto poder explosivo.
- **Martillo neumático:** Se trata de un equipo que percute por acción del aire y la cual lleva como accesorio a los barrenos.
- **Mecha de seguridad:** Artículo que consiste en un núcleo de pólvora negra de grano fino, rodeado por tejidos flexibles con una o más cubiertas protectoras externas. Cuando se enciende, se quema a una velocidad predeterminada sin efecto explosivo[1].

## 4. METODO DE VOLADURA

Ante la presencia de roca en la excavación de zanjas para la línea de alcantarillado, se optó por aplicar el método de voladura controlada, ya que como se trata de una zona urbana estos trabajos deben tener el mínimo impacto hacia las estructuras de las viviendas.

Al introducir una carga explosiva a un taladro y detonarla esta genera grietas radiales alrededor de este, lo que se denomina fisuramiento radial.

A diferencia de los taladros de voladura normal, los de voladura controlada deben espaciarse de tal modo, que las fracturas creadas se dirijan a los puntos de menor resistencia, es decir de taladro a taladro, alineándose para formar un plano de corte, con lo que se disminuye o elimina la formación de fracturas radiales.

Dentro de las ventajas de la voladura controlada tenemos:

- Produce superficies de roca lisa y estable.
- Contribuye a reducir la vibración de la voladura principal y la sobre excavación, con lo que se reduce también la proyección de fragmentos y los efectos de agrietamiento en construcciones e instalaciones cercanas a la voladura, facilita el transporte de los detritos de voladura, por su menor tamaño.
- Produce menor agrietamiento en la roca remanente. Es importante tener en cuenta que la voladura convencional, según la carga y el tipo de roca puede afectar a las cajas techos a profundidades de hasta 1,50 y 2,00 m debilitando la estructura en general, mientras que la voladura controlada sólo la afecta entre 0,20 y 0,50 m, contribuyendo a mejorar el auto sostenimiento de las excavaciones.
- En nuestro caso puede ser una alternativa para la explotación de estructuras débiles e inestables.

## 5. PERSONAL ASIGNADO AL TRABAJO

Solamente personal idóneo autorizado por el Contratista, con el visto bueno de la autoridad competente y con permiso de la SUCAMEC podrá manejar, transportar y activar los diferentes explosivos o inactivarlos y destruirlos cuando se encuentren deteriorados. Los operarios deberán usar OBLIGATORIAMENTE su respectivo EPI (equipo de protección individual), a fin de protegerse contra posibles caídas de material y también zapatos de seguridad para controlar lesiones producidas por accidentes del tipo "atrapamiento" y "golpeado por".

### 5.1. Personal

- 01 Ingeniero de Seguridad
- 01 Capataz
- 04 Operarios
- 02 Oficial
- 05 Peones
- 02 Vigías

## 6. RESPONSABILIDADES

### Residente del proyecto:

- Asignar responsabilidades y recursos para el estricto cumplimiento del presente procedimiento.
- Monitorea periódicamente que lo estipulado en el presente procedimiento sea conocido por el personal involucrado en la actividad que se va ejecutar.

### Ingeniero de Seguridad:

- Apoyar en la implementación de las políticas, procedimientos de Seguridad y salud ocupacional.

- Estará presente en toda excavación con voladura, vigilando que se cuenten con las medidas de seguridad adecuadas.

### Especialista en perforación y voladuras (Capataz):

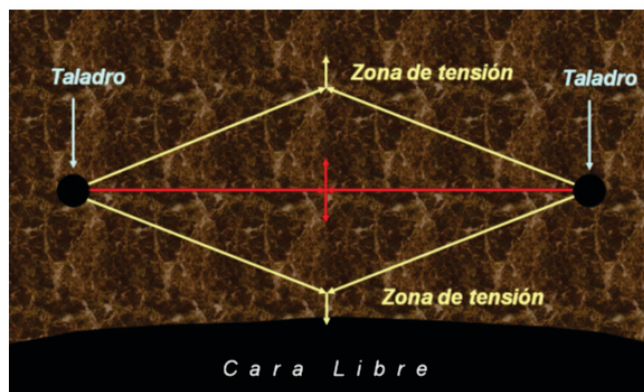
- Es el responsable de la coordinación diaria de las actividades de perforación y voladura.
- Es el responsable de la revisión de los planes y procedimientos de trabajo, así como de la inspección de las actividades a seguir para un trabajo correcto y seguro.

## 7. PROCEDIMIENTO, RIESGOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS DE CONTROL

Los cortes o excavaciones por medio de voladuras se ejecutarán destapando suficientemente las rocas que van a ser fracturadas para conocer su tamaño, forma, dureza, localización de grietas y así orientar adecuadamente las perforaciones, de acuerdo con los estudios que se tengan para evitar los perjuicios que puedan ocasionarse en zonas aledañas a la voladura.

Las perforaciones se harán del diámetro, dirección y profundidad técnicamente requeridas para que al colocar y activar las cargas debidamente calculadas y controladas, se logre el máximo rendimiento en la "quema" con el mínimo de riesgos.

Figura 1: Expansión de la carga



El trabajo se realiza con unos taladros llamados barrenos, en la roca de mayor o menor longitud, en función del frente a abrir.

A continuación se limpia el barreno cuidadosamente, se carga el cartucho, se introduce en el barreno, se retaca, se conectan los detonadores a la fuente de alimentación y se detonan.

Después se debe comprobar que todos los barrenos hayan explotado y que no ha habido alguno fallido.

Para proteger las personas, las estructuras adyacentes y las vecindades, la zona de voladura se cubrirá con tabloncillos, madera rolliza (eucalipto), sacos con arena, planchas de metal, redes o mallas y pesos que impidan el



lanzamiento de partículas menores fuera de la zona que se desea controlar.

Figura 2: Perforación de roca



Figura 3: Pesos utilizados para disminuir la onda expansiva



Figura 4: Vista de la excavación y la señalización de seguridad



El material de las excavaciones se extraerá al exterior por medio de la excavadora, la cual procederá a la eliminación respectiva.

Culminada la excavación se procederá con la limpieza del área, dejando la señalización respectiva.

## 8. EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

§ **Calzado de seguridad.**- Los riesgos fundamentales que pueden requerir la utilización de calzado de seguridad, son la pisada sobre objetos, la caída de objetos (desprendidos o en manipulación) sobre el pie, los resbalones que pueden dar lugar a caídas al mismo y a distinto nivel y la acumulación de electricidad estática que pudiera dar lugar a la activación involuntaria de los detonadores eléctricos (en su caso) de los explosivos (aunque este riesgo sería bajo dadas las características de seguridad intrínseca de los referidos detonadores y las medidas de seguridad asociadas al manejo de los mismo).

Como equipo básico se recomienda la utilización de una bota de seguridad de cuero que cumpla con las normas nacionales y/o normas internacionales, lo cual supone la satisfacción de las siguientes características por parte del calzado: calidad del material mínima, transpiración, resistencia de la puntera al impacto y abrasión hasta 200 J, resistencia de la puntera a la compresión de 15 kN, zona del talón cerrada, propiedades antiestáticas, absorción de energía en la zona del tacón, resistencia a la penetración y absorción de agua, resistencia a la perforación y suela con resaltes.

§ **Casco de seguridad.**- El riesgo fundamental que puede requerir la utilización de casco de seguridad es la caída de objetos (por desplome, en manipulación o desprendidos). En principio, con un casco diseñado para la cobertura de los requisitos básicos contemplados en las normas sería suficiente. Adicionalmente el casco puede ir equipado con una serie de accesorios como soporte de barbiquejo/orejeras banda de ajuste casquete suspensión tafílete visera.

Para este trabajo se utilizaron equipos que cumplieran con la NTP 399.018 el casco de seguridad del tipo 2 clase A, y según la ANSI Z89.1-2003 tipo I clase C, E, G.

§ **Guantes de protección.**- Para los trabajos contemplados en este informe los riesgos que pueden requerir la utilización de guantes de protección son de origen mecánico en su modalidad de golpes, cortes y erosiones por objetos y herramientas. Los niveles de rendimiento de los guantes frente a riesgos mecánicos vienen regulados por las normas de seguridad G 050 SEGURIDAD DURANTE LA CONSTRUCCIÓN.

Con ello, la elección de los guantes se efectuará en función de los niveles de riesgo más adecuados para los riesgos presentes en los diferentes puestos de trabajo.

Por ejemplo, en el caso de un artillero habrá que focalizarse especialmente en los riesgos de corte y perforación, mientras que en el caso de un barrenista pueden ser más significativos los riesgos de abrasión y rasgado.

Para estos trabajos se utilizarán guantes de cuero reforzado (para trabajos de construcción civil), los cuales le permitan al operador trabajar cómodamente y a su vez proveerle seguridad.

§ **Ropa de protección.**- Los principales riesgos que pueden requerir la utilización de ropa de protección son la exposición a temperaturas ambientales, el riesgo de explosión (para los artilleros) y el riesgo de atropello por vehículos.

El personal deberá usar una ropa adecuada a las labores y a la estación proporcionada por el contratista, pudiendo ser camisa manga larga y pantalón de alta densidad tipo jean u otros.

Para el caso de los vigías los chalecos serán de color anaranjado con cinta reflectiva de alta visibilidad y durabilidad, color plata, distribuidas en forma vertical y horizontal, las cuales deberán ser de 1" ½ con la misma distribución en ambos lados.

§ **Mascarilla.**- Protección frente al polvo. Se emplearán mascarillas antipolvo en los lugares de trabajo donde la atmósfera esté cargada de polvo. Constará de una mascarilla, equipada con un dispositivo filtrante que retenga las partículas de polvo. Los contaminantes normalmente presentes en el aire de una excavación con voladura a cielo abierto serán de tipo particulado y en concreto polvo.

Complementariamente hay que tener en cuenta que es recomendable establecer unos determinados periodos de descanso en la utilización del equipo. Para el caso concreto de los equipos filtrantes se recomienda establecer periodos de descanso de 30 minutos por cada 120 minutos de utilización continuada del equipo.

§ **Protección auditiva.**- En una excavación con voladura a cielo abierto existe diversidad de situaciones en las que los trabajadores se ven sometidos a sonidos que alcanzan niveles mayores de 85 dB, por lo cual están obligados a usar tapones protectores de oído. La situación es especialmente crítica para las tareas relacionadas con la rotura de las rocas (por ejemplo el taqueo), aunque en el manejo de maquinaria también se aprecian niveles mayores de 85 dB,

por lo cual están obligados a usar tapones protectores de oído. La situación es especialmente crítica para las tareas relacionadas con la rotura de las rocas (por ejemplo el taqueo), aunque en el manejo de maquinaria también se aprecian niveles considerables.

§ **Protección ocular.**- El principal riesgo que pueden requerir la utilización de protección ocular en la excavación con voladura a cielo abierto es la proyección de partículas, así como la presencia de partículas de polvo en suspensión.

Los riesgos de impacto de partículas y la presencia de polvo en suspensión, condicionaran el tipo de montura del protector a utilizar. Para casos de desprendimiento de partículas deben usarse lentes con lunas resistentes a impactos.

Lentes de seguridad, visión de policarbonato oftálmico con protector lateral, con filtro UV antiempañante, anti impacto.

## 9. RESULTADOS

Cuadro I Datos del proyecto

DATOS DEL PROYECTO	
Tipo de roca	Andesita recristalizada
Metros lineales de excavación	9,421.50 ml
excavación con voladura	3,694.32 ml
PERFORACION	
Diámetro de perforación	1.5 "
EXPLOSIVOS	
Anfo	0.13 g/cm <sup>3</sup>

Figura 5: Instalación de tuberías, luego de haber realizado la excavación con las dimensiones deseadas.



En el cuadro I se muestra la información del proyecto, la perforación y los explosivos usados.

Los horarios en los cuales se producían las detonaciones comprendían de 11 a.m.- 1.00pm y 3.00 a 4.00 pm.; con la coordinación previa de todos los involucrados según área de influencia

Cuadro 2 Datos del proyecto

Ubicación	Material de vivienda	Descripción del daño	Cantidad viviendas
Psj. Los Rosales	Adobe	Fisura de pared	1
Psj. Ciro Alegría	Adobe	rotura de 12 tejas y 03 vidrios	3
Isidoro Suarez	Adobe	rotura de 22 tejas	4

En el cuadro 2 se muestran algunos daños ocasionados en la ejecución de la obra.

## 10. CONCLUSIONES

- El uso de explosivos se hizo teniendo todas las medidas de seguridad, estableciendo horas adecuadas y en continua coordinación con los pobladores.
- Del total de metros lineales de excavación, la excavación con voladura controlada fue de casi un 40% del total del proyecto.
- Se obtuvieron resultados favorables, daños mínimos en propiedad de terceros, producto de los trabajos propios de la actividad realizada.

## 11. REFERENCIAS

- [1] MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS, Reglamento de Seguridad e Higiene Minera, LIMA, 2001.
- [2] EXSA, MANUAL PRÁCTICO DE VOLADURA, LIMA, 2010.
- [3] NTP 241.004, Norma Técnica Peruana- CALZADO. Requisitos Para el calzado de seguridad, calzado de protección y calzado ocupacional de uso profesional 2ª Edición, LIMA, 2003.
- [4] ANSI Z41 PT91 MI/75 C/75, Instituto Nacional Estadounidense de Estándares ANSI Z41, 1999.
- [5] NTP 399.018, Norma Técnica Peruana- especificaciones técnicas de cascos de seguridad dieléctricos, LIMA, 1974.
- [6] NORMA G.050, NORMA TÉCNICA DE EDIFICACIÓN: SEGURIDAD DURANTE LA

CONSTRUCCIÓN, LIMA, 2009.

- [7] NTP 733, Nota Técnica de Prevención 733: Criterios de selección de equipos de protección individual (EPI) en minería a cielo abierto, MADRID, 2006.