

GUIA DE PRACTICA EN EL LUGAR PARA SISMOGRAFOS USADOS EN VOLADURAS

Advertencia: Estas recomendaciones de práctica intentan ser útiles como una guía general y, por lo tanto, no comprenden todos los casos que se presentan en las diferentes condiciones de cada lugar. Es responsabilidad de cada operador evaluar tales condiciones y obtener buena correspondencia entre el instrumento de monitoreo y la superficie que se va a monitorear. En todos los casos, el operador debe describir las condiciones del lugar y los procedimientos de organización en el registro permanente de cada voladura.

Prefacio: Los sismógrafos se usan para establecer el cumplimiento con las normas y evaluar el desempeño de los explosivos. Existen leyes y reglamentaciones para evitar el daño a la propiedad y a las personas. La disposición de las normas depende fundamentalmente de la confiabilidad y exactitud de los datos sobre vibración del suelo y onda aérea (onda de presión en el aire generada por las explosiones), y lo mismo se aplica al desempeño de los explosivos. Uno de los objetivos del “ISEE Blast Vibrations and Seismograph Section” es dar las pautas necesarias para obtener registros confiables y consistentes de las vibraciones del suelo y de las ondas aéreas entre los sismógrafos usados en voladuras.

Parte I. Guía General.

Los sismógrafos se disponen en el lugar para registrar los niveles de vibraciones en el suelo y de onda aérea inducidos por las voladuras. La exactitud de estos registros es esencial. Estas guías definen las responsabilidades de los usuarios cuando instalan sismógrafos en el lugar de medición.

1. Lea el manual de instrucciones. Cada sismógrafo viene acompañado de un manual de instrucciones. Los usuarios deben leer las secciones pertinentes antes de realizar el monitoreo de una voladura.
2. Calibre el sismógrafo. Se recomienda la calibración anual del instrumento.
3. Conserve los registros apropiados. El registro del usuario del sismógrafo debe consignar: nombre de usuario, fecha, hora, lugar y otros datos pertinentes.
4. Registre la voladura. Cuando se instalan sismógrafos en el lugar de trabajo, el tiempo utilizado en desplegar cada unidad justifica el registro de un evento. Es conveniente fijar los niveles de activación lo suficientemente bajos como para registrar cada voladura.
5. Registre la forma de onda completa. No se recomienda usar la opción de registro continuo disponible en muchos sismógrafos para el monitoreo de vibraciones generadas por voladuras.
6. Documente la ubicación del sismógrafo. Esto incluye el nombre de la estructura y el lugar donde se instaló el sismógrafo con respecto a la estructura. De esta manera, en el futuro, cualquier persona podrá ubicar e identificar el lugar exacto del monitoreo.
7. Conozca la distancia a la voladura y regístrela. Debe conocerse la distancia horizontal desde el sismógrafo hasta la voladura con al menos dos dígitos significativos. Por ejemplo, una voladura dentro de los 1.000 pies (304,8 m) deberá medirse con un error menor a 10 pies (3 m) y una voladura dentro de los 10.000 pies (3.048 m) deberá

medirse con un error menor a 100 pies (30,4 m). Cuando los cambios en elevación excedan de 2,5h:1v, se usará la distancia real entre los dos puntos.

8. Conozca el tiempo de procesamiento de los datos de su sismógrafo. Algunas unidades tardan hasta cinco minutos para procesar e imprimir los datos. Si ocurriera otra voladura en ese lapso, la segunda podría perderse.
9. Conozca la capacidad de memoria y registro de su sismógrafo. Se dispondrá de memoria suficiente para almacenar el evento. Deberá almacenarse la forma de onda completa para referencia futura, ya sea en forma analógica o digital.
10. Conozca el tipo de informe que se requiere. Por ejemplo, entregue una copia impresa en el lugar, conserve los datos digitales como un registro permanente, o haga ambas cosas. Si es necesario imprimir los datos de un evento en el lugar, deberá contarse con una impresora y papel.
11. Tómese el tiempo necesario para organizar apropiadamente el sismógrafo. Ocurren muchos errores cuando los sismógrafos se disponen en forma apresurada. Por lo general, se deben tomar más de 15 minutos para organizar el sismógrafo desde el momento en que el usuario llega al lugar de monitoreo hasta que ocurre la voladura.
12. Conozca la temperatura. Los sismógrafos tienen diferentes temperaturas de operación especificadas por el fabricante.
13. Asegure los cables. Los cables colgando o movidos por el viento u otras fuentes extrañas pueden producir activaciones falsas debido a los efectos microfónicos.

Parte II. Monitoreo de las vibraciones del suelo.

La ubicación y el acoplamiento del sensor de vibraciones son los dos factores más importantes para lograr registros exactos de vibraciones del suelo.

A. Ubicación del sensor.

El sensor se ubicará sobre el suelo o enterrado, al lado de la estructura, dirigido hacia la voladura. La estructura podrá ser una casa, una tubería, un poste telefónico, etc. Siempre que sea posible, se evitarán las mediciones en entradas para vehículos, pasillos, baldosas y lajas.

1. Ubicación con respecto a la estructura. La ubicación del sensor debe asegurar que los datos adecuadamente obtenidos representen los niveles de las vibraciones recibidas por la estructura que se quiere proteger. El sensor se ubicará a 10 pies (3 m) de la estructura o a menos del 10% de la distancia de la voladura, la que sea menor.
2. Evaluación de la densidad del suelo. La densidad del suelo tendrá que ser mayor o igual que la densidad del sensor. Material de relleno, arena, suelos no consolidados, canchales y otros medios poco comunes pueden afectar la exactitud del registro si no son tratados adecuadamente durante la instalación de geófono.
3. El sensor debe estar lo más nivelado posible.
4. El canal horizontal apuntará directamente hacia la voladura y se registrará el ángulo de dirección (azimut).
5. Cuando no se tiene acceso a la estructura y/o propiedad, el sensor se ubicará más cerca de la voladura, en suelo sin perturbaciones.

B. Acoplamiento del sensor.

Si la aceleración excede 0,2 g, el resbalamiento del sensor podría ocasionar problemas. Dependiendo de los niveles de aceleración esperados, sería conveniente clavar el geófono en el suelo, enterrarlo o reforzarlo con bolsas de arena.

1. Si la aceleración esperada es:

- a) menos de 0,2 g, no es necesario fijar el geófono o enterrarlo.
- b) Entre 0,2 y 1,0 g, es preferible fijarlo o enterrarlo, pero también podría clavarse en el suelo.
- c) Mayor que 1,0 g, deberá enterrarse o fijarse firmemente (USBM RI 8506).

La tabla siguiente ejemplifica las velocidades de las partículas y las frecuencias cuando las aceleraciones son 0,2 g y 1,0 g.

Frecuencia, Hz.	4	10	15	20	25	30	40	50	100	200
Velocidad de las partículas; Pulg./seg. (mm/seg.) a 0,2 g	3,07 (77,98)	1,23 (31,24)	0,82 (20,83)	0,61 (15,49)	0,49 (12,45)	0,41 (10,41)	0,31 (7,87)	0,25 (6,35)	0,12 (3,05)	0,06 (1,52)
Velocidad de las partículas; Pulg./seg. (mm/seg.) a 1.0 g	15,4 (391,2)	6,15 (156,2)	4,10 (104,1)	3,05 (77,47)	2,45 (62,23)	2,05 (52,07)	1,55 (39,37)	1,25 (31,75)	0,60 (15,24)	0,30 (7,62)

2. Métodos de enterrado o fijación.

- a) El método de enterrado preferible es excavar un hoyo no menor de tres veces la altura del sensor (ANSI S2.47-1990, R1997); clavar el sensor en el fondo del hoyo y compactar firmemente el suelo alrededor y sobre el sensor.
- b) La fijación del sensor sobre superficie rocosa se realiza por medio de pernos, grampas o adhesivos.
- c) El sensor puede fijarse a la base de la estructura si está a +/- 1 pie (0,30 m) del nivel del suelo (USBM RI 8969). Este método solo se usará si el enterrado, el clavado o el refuerzo con bolsas de arena no fuera práctico.

3. Otros métodos de ubicación del sensor.

- a) El enterrado superficial es algo menos que lo descrito en el punto 2 a).
- b) En la vinculación por clavado, quite el pasto o las malezas tratando de no perturbar el suelo y presione el sensor firmemente con los clavos de fijación.

- c) Para el refuerzo con bolsas de arena, quite el pasto o las malezas tratando de no perturbar el suelo y coloque el sensor sobre el lugar limpio con una bolsa de arena encima. Las bolsas deben ser grandes y estar llenas con cerca de 10 libras (4,5 Kg.) de arena suelta. Cuando se colocan encima del sensor, el perfil de las bolsas debe ser lo más chato posible haciendo el máximo contacto firme con el suelo.
- d) Un mejor acoplamiento se logra con una combinación de clavado y refuerzo con bolsas de arena.

C. Consideraciones de programación.

Las condiciones imponen ciertas acciones cuando se programa el sismógrafo.

1. Nivel de activación por vibraciones en el suelo. El nivel de activación debe ser programado lo suficientemente bajo como para activar la unidad a causa de las vibraciones por voladura y lo suficientemente alto como para minimizar la ocurrencia de falsos eventos. El nivel debe estar ligeramente por encima de las vibraciones de fondo previstas para el área. Un buen nivel de arranque es 0,05 Pulg/seg. (1,27 mm/seg.).
2. Escala dinámica y resolución. Si el sismógrafo no está equipado con una función de autoescala, el usuario debe estimar el nivel de vibración esperado y fijar la escala apropiada. La resolución de la forma de onda impresa permite verificar si el evento fue o no fue una voladura.
3. Duración del registro. Fije el tiempo de registro por 2 segundos más que la duración de la voladura más 1 segundo por cada 1100 pies (335,3 m) del lugar de la voladura.

Parte III. Monitoreo de la onda aérea.

La colocación del micrófono con relación a la estructura es el factor más importante.

A. Colocación del micrófono.

El micrófono debe ser colocado en el lado de la estructura que está más cerca de la voladura.

1. El micrófono será instalado cerca del geófono y se colocará la pantalla contra el viento provista por fabricante.
2. La altura recomendada para el micrófono es de 3 pies (0,91 m) por encima del suelo, no menos de 1,2 pulgadas (3,05 cm). Por razones prácticas, también se admiten otras alturas. (ANSI S12.18-1994, ANSI S12.9-1992 /Part2) (USBM RI 8508).
3. Dentro de lo posible entre el micrófono y la voladura no debería haber edificios cercanos, vehículos y otros obstáculos importantes. Si esto no puede evitarse, la distancia horizontal entre el micrófono y el objeto que se interpone debe ser mayor que la altura de dicho objeto por encima del micrófono.
4. Si el micrófono se coloca demasiado cerca de la estructura, la onda aérea podría reflejarse de la superficie y registrarse amplitudes mayores. También podría registrarse el ruido de respuesta de la estructura. La reflexión también puede minimizarse colocando el micrófono cerca de una de las esquinas de la estructura. (RI 8508)

B. Consideraciones de programación.

Las condiciones del lugar dictan ciertas acciones cuando se programa el sismógrafo para registrar la onda aérea.

1. Nivel de activación. Cuando se desea una sola medición de onda aérea, el nivel de activación debe ser lo suficientemente bajo como para activar la unidad por la onda aérea y lo suficientemente alto como para minimizar la ocurrencia de falsos eventos. El nivel debe estar ligeramente por encima del ruido de fondo previsto para el área. Un buen nivel de arranque es 120 dB.
2. Duración del registro. Cuando solamente se registra la onda aérea, fije el tiempo de registro en al menos 2 segundos más que la duración de la voladura. Cuando se desea medir las vibraciones del suelo y la onda aérea sobre el mismo registro siga los pasos en la guía para programación por vibraciones en el suelo (Parte II, C. 3).

Titulo original: "ISEE Field Practice Guidelines for Blasting Seismographs"

Traducido y adaptado por Ing. H. Gómez.

Copyright © 1999 Society of Explosives Engineers, Inc.

International Society of Explosives Engineers
Blast Vibrations and Seismograph Section
30325 Bainbridge Road • Cleveland, Ohio 44139-2295
Tel: 440-349-4400 • Fax: 440-349-3788 www.isee.org