

ISBN 978-987-27889-1-9

MEDIDAS PREVENTIVAS ANTE PRESENCIAS DE CORRIENTES ELECTRICAS EXTRAÑAS EN OPERACIONES CON MATERIAL EXPLOSIVO



AUTOR: COMANDANTE SANTIAGO E. GONZALEZ

www.redproteger.com.ar

Material no apto para la venta.

Medidas de seguridad a aplicarse ante presencia de corrientes eléctricas extrañas en operaciones con material explosivo

Edición Abril 2007

Comandante Santiago E. GONZÁLEZ

Gonzalez, Santiago Eugenio

Medidas preventivas ante presencias de corrientes eléctricas extrañas en operaciones con material explosivo. - 1a ed. - Rosario : Red Proteger, 2007.
E-Book.

ISBN 978-987-27889-1-9

1. Seguridad Laboral. I. Título
CDD 363.11

Fecha de catalogación: 06/03/2012

®Todos los derechos reservados.

El derecho de propiedad de esta obra comprende para su autor la facultad exclusiva de disponer de ella, publicarla, traducirla, adaptarla o autorizar su traducción y reproducirla en cualquier forma, total o parcial, por medios electrónicos o mecánicos, incluyendo fotocopia, copia xerográfica, grabación magnetofónica y cualquier sistema de almacenamiento de información. Por consiguiente, ninguna persona física o jurídica está facultada para ejercitar los derechos precitados sin permiso escrito del Autor.

Editorial Red Proteger®
Rosario – Argentina
Tel.: (54 341) 4451251
Fax: (54 341) 4400861
info@redproteger.com.ar
www.redproteger.com.ar

Medidas de seguridad a aplicarse ante presencia de corrientes eléctricas extrañas en operaciones con material explosivo

Edición Abril 2007

Comandante Santiago E. GONZÁLEZ

SANTIAGO GONZÁLEZ es Oficial de Gendarmería Nacional Argentina y ostentando actualmente la jerarquía de Comandante.

Entre sus estudios se pueden mencionar la de Técnico en Investigación de Post-Explosión de la Universidad del Estado de Louisiana de los EEUU y el de Técnico Superior en Seguridad Pública, expedido por el Ministerio de Educación de la Nación.

Actualmente de desempeña como Jefe de la Sección Especialista en Desactivación de Explosivos y del Centro de Instrucción de Explosivos de la Gendarmería.

Como Docente se desempeña en el Centro de Instrucción de Explosivos de Gendarmería como Profesor Titular de las materias de Explosivos, de Técnicas de Investigación y Desactivación de Artefactos Explosivos y Técnica en desactivación de Municiones y Artefactos improvisado Químicos y Bacteriológicos. En el Instituto “Escuela de Oficiales de Gendarmería de Ciudad Evita” como Profesor Titular de las materias Régimen y Procedimiento de Justicia Militar. En la Facultad de Medicina UBA como Profesor Titular de la materia Contingencia con explosivos en el 5to Curso Integral y Multidisciplinario sobre Respuestas en situaciones de Catástrofes.

Su trayectoria profesional lo ubica en trabajos de demolición entre los que podemos mencionar el Albergue “Warnes”; en investigaciones como la de los Atentado de la Embajada de Israel en la Argentina, de la mutual AMIA, Explosión de la Fábrica Militar de Río Tercero y explosión en Ushuaia, Tierra del Fuego.

Es asesor técnico sobre destrucción cargas sísmicas en empresas como Eridey-Ute, Panamerican Energy, Pluspetrol Energy, Refinor, TGN, Refinor, Tecpetrol, Repsol YPF, Pecón Energy S.A, entre las más destacadas.

Medidas de seguridad a aplicarse ante presencia de corrientes eléctricas extrañas en operaciones con material explosivo

Edición Abril 2007

Comandante Santiago E. GONZÁLEZ

INDICES

1. Objeto	Pag 4
2. Desarrollo:	Pag 4
a. Empresa “Du-Pont:	Pag 4
1) Peligros de la Electricidad Extraña:	Pag 4
2) Tipos de electricidad extraña:	Pag 5
b. Empresa “Unión Española de Explosivos”.	Pag 10
c. Reglamento de uso de detonadores de las Fuerzas Armadas:	Pag 12
1) Riesgo de explosiones accidentales.	Pag 12
d. Los detonadores eléctricos sistema Schaffler	Pag 18
1) Rayos:	Pag 18
2) Corrientes extrañas:	Pag 19
e. Norma legal del reino de España aplicada por la guardia civil y ejércitos de tierra, agua y aire.	Pag 19
1) Fuentes de energía.	Pag 19
2) Comprobación eléctrica.	Pag 19
3) Corrientes extrañas.	Pag 20
a) Fenómenos eléctricos de las tormentas.	Pag 20
b) Electricidad estática.	Pag 21
c) Líneas de transporte de energía eléctrica.	Pag 22
d) Corrientes errantes.	Pag 22
f) Acción galvánica.	Pag 23
g) Radiofrecuencia.	Pag 24
f. Legislación vigente en nuestro país.	Pag 24
g. Manual de Seguridad de YPF. Operaciones geofísicas	Pag 26
h. Aspectos relacionados a las tormentas:	Pag 27
1) Tormentas:	Pag 28
3) tormentas geomagnéticas:	Pag 29
3. Conclusiones:	Pag 29
Bibliografía consultada	Pag 30

Medidas de seguridad a aplicarse ante presencia de corrientes eléctricas extrañas en operaciones con material explosivo

Edición Abril 2007

Comandante Santiago E. GONZÁLEZ

1. OBJETO:

El presente trabajo tiene como finalidad, hacer conocer en forma profunda los peligros de la electricidad extraña en los trabajos con material explosivo cuando estos sean iniciados con detonadores eléctricos, como así también las normas de seguridad establecidas por esta Institución, en función de la norma legal vigente, reglamentos militares y normas internacionales de seguridad adoptadas por los más prestigiosos organismos en el campo de los explosivos.

2. DESARROLLO:

Será conveniente definir a qué se denomina “Electricidad Extraña”, para lo cual nos remitiremos a las definiciones y a la forma de actuar que emplean las más afamadas empresas en explosivos y reglamentos militares:

a. EMPRESA “DU-PONT”

1) Peligros de la Electricidad Extraña.

El término “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 esta electricidad se pueden dividir en dos categorías:

- Aquellas generadas por la naturaleza.
- Las producidas por el hombre.

Las generadas por la naturaleza incluyen el rayo, la estática y la acción galvánica.

Las generadas por el hombre comprenden a las corrientes inducidas por la radiofrecuencia, generadores estáticos, corrientes erráticas producidas por equipo eléctrico impropriamente instalado o en malas condiciones de trabajo, corrientes inducidas magnéticas y electrostáticas, descargas 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 producidas por el hombre se hacen cada vez más numerosas, ya que cada año se tienden miles de líneas de transmisión y nuevos equipos eléctricos. Al mismo tiempo, el uso de los detonadores eléctricos es cada vez mayor. Como resultado de esta combinación de circunstancias, los riesgos de la electricidad extraña relacionados con

Medidas de seguridad a aplicarse ante presencia de corrientes eléctricas extrañas en operaciones con material explosivo

Edición Abril 2007

Comandante Santiago E. GONZÁLEZ

los circuitos eléctricos de voladura son un motivo de preocupación cada vez más importante.

1. Tipos de electricidad extraña:

▪ **Rayos:**

La descarga de un rayo sobre o en proximidad de un circuito de voladura generará el disparo de este último, a pesar de todas las precauciones que se pudieran realizar.

Si se produce la descarga de un rayo a varios kilómetros de distancia de un circuito de voladura y habiendo inducido cargas eléctricas suficientes, puede ocasionar la activación de los detonadores eléctricos. El riesgo aumentaría considerablemente si en las proximidades existiese una línea de transmisión o una corriente de agua que conduzcan la electricidad entre la tormenta y el circuito de voladura.

Los detonadores eléctricos pueden ser detonados por las corrientes inducidas por el rayo, tanto en la superficie como bajo tierra.

No existen detonadores eléctricos insensibles a las influencias peligrosas del rayo; en consecuencia, todas aquellas operaciones de voladura, ya sean en la superficie, bajo tierra o en el agua, deberán suspenderse y todo el personal retirarse del área de trabajo con explosivos cuando se acerque una tormenta eléctrica. Por tal motivo será conveniente diseñar un sistema estándar de señales para prevenir al personal.

▪ **Electricidad estática:**

El rayo no es el único peligro asociado con las tormentas eléctricas. En proximidad de una tormenta de estas características, la atmósfera puede almacenar peligrosas cargas de electricidad estática a distancias considerablemente alejadas del centro de la tormenta. La carga estática podrá almacenarse en cualquier cuerpo conductor como, por ejemplo, un hombre aislado de la tierra.

El movimiento de partículas, especialmente bajo condiciones secas, son capaces de generar electricidad estática, ya sea que estén en suspensión o sumergidas en un material aislante en movimiento, tal como en una banda de motor. Las partículas podrán ser polvo o nieve movida por fuertes vientos o vapor a presión.

Medidas de seguridad a aplicarse ante presencia de corrientes eléctricas extrañas en operaciones con material explosivo

Edición Abril 2007

Comandante Santiago E. GONZÁLEZ

La precaución que se adopta ante la presencia de estos fenómenos de colocar el detonador sobre la tierra y extender los alambres a lo largo del terreno será nula, no debiendo tampoco, bajo ninguna circunstancia, arrojar los alambres al aire. Cuando las tormentas de polvo o nieve prevalecen, se recomienda suspender el trabajo de voladuras con detonadores eléctricos.

La estática de la atmósfera es un riesgo especial en trabajos de sismografía.

Esto se debe a:

- 1)** Que el trabajo frecuentemente se lleva a cabo a grandes altitudes y en áreas sujetas a tormentas de polvo, de nieve y una baja humedad.
- 2)** Que los alambres de los detonadores son, por lo general, largos.

No deberá permitirse generadores de estática contruidos por el hombre, tales como el vapor y las bandas en movimiento, en un sitio en donde se estén utilizando detonadores eléctricos.

Las precauciones recomendadas a seguir donde exista electricidad estática generada mecánicamente incluyen:

- a)** Todas las partes del equipo de movimientos en proximidad de las operaciones de voladura tienen que estar conectadas entre sí eléctricamente y a un punto común, y este punto debe estar conectado a una varilla de tierra considerablemente óptima para estos casos.
- b)** Todos los conductores y partes metálicas de un sistema tal, deben conservarse alejados de los detonadores y de los circuitos de voladura o de otro modo aislarse eléctricamente.
- c)** Los alambres y la varilla de tierra para tal sistema, es necesario conservarlos retirados de rieles, otros alambrados y tubería que puedan conducir corrientes eléctricas erráticas desde estas fuentes hasta el lugar del disparo.
- d)** Debe pararse todo el equipo en movimiento durante la conexión de circuitos de voladura y hasta que el disparo haya sido hecho.

Medidas de seguridad a aplicarse ante presencia de corrientes eléctricas extrañas en operaciones con material explosivo

Edición Abril 2007

Comandante Santiago E. GONZÁLEZ

Es un hecho bien conocido que la electricidad estática se genera cuando los sólidos se transportan 8rminal8mente. Deberá controlarse este riesgo si se van a cargar 8rminal8mente mezclas de nitrato de amonio-aceite combustible sobre alambres de detonadores eléctricos para evitar la iniciación prematura de éstos por la electricidad estática.

Las corrientes eléctricas generadas por el sistema de cargado neumático serán siempre extremadamente pequeñas y podrán variar en polaridad, dependiendo de las condiciones particulares de operación.

La generación de corriente en sí no constituye el riesgo básico; si se permite que las cargas se almacenen en un capacitor, pudiendo crear suficiente energía en éste para iniciar un detonador eléctrico o aún un detonador pirotécnico con su mecha, si se descarga repentinamente.

▪ **Corrientes extrañas:**

La corriente eléctrica que fluye de una fuente tal como una batería, un generador o un transformador, a través de líneas de energía a equipo eléctrico, siempre regresará esa fuente a través de cualquier trayectoria disponible para ella. Estas trayectorias incluyen conductores adicionales aislados de la tierra (tales como los cables eléctricos), conductores no aislados de la tierra para transporte eléctrico (como rieles) y la tierra misma. Si el conductor de abastecimiento o de regreso entre la fuente y la carga se interrumpiera, como por el quemado de un fusible, pueden producirse corrientes peligrosamente altas en un sistema conectado a tierra.

La primera defensa contra este riesgo requiere que los objetos metálicos continuos (líneas de transmisión, rieles, etc.) estén retirados de los circuitos de voladura eléctrica. Además, deben efectuarse mediciones para localizar corrientes erráticas antes de utilizar detonadores eléctricos en una operación en particular.

Generalmente, en terreno uniforme, será poco probable que se encuentren dos lugares capaces de producir suficiente corriente (CA o CD) para disparar detonadores eléctricos. Esto se debe a que la resistencia de la tierra es usualmente elevada y la diferencia de

Medidas de seguridad a aplicarse ante presencia de corrientes eléctricas extrañas en operaciones con material explosivo

Edición Abril 2007

Comandante Santiago E. GONZÁLEZ

potencial entre dos puntos cercanos entre sí es casi siempre baja. La excepción se encuentra cuando dos estratos altamente conductivos están separados por un manto o veta angosta de material de baja conductividad.

Sin embargo, podrán con facilidad producirse corrientes peligrosas (mayores de 0.05 amperes) en detonadores eléctricos si los alambres hacen contacto con los rieles, tuberías o ductos de ventilación.

En las operaciones de voladura con detonadores eléctricos, en terreno altamente conductor (formaciones de roca altamente metálicas, agua salina y en áreas con agua en movimiento que sean ligeramente ácidas o alcalinas), así como las operaciones cerca de instalaciones de distribución eléctrica, se requerirán pruebas frecuentes para descubrir la presencia de corrientes eléctricas peligrosas.

Cuando se localizaren corrientes erráticas deberán eliminarse si no son causadas por un fenómeno natural. Un voltaje no seguro será aquel que pueda producir suficiente corriente en un detonador eléctrico para iniciarlo. Deberá hacerse hincapié que las operaciones con detonadores eléctricos se pueden efectuar con toda seguridad tomando las precauciones adecuadas en los lugares en que se tengan pequeñas corrientes erráticas originadas por fuentes naturales.

Los riesgos que las corrientes erráticas presentan a los detonadores eléctricos será posible disminuirlas aislando de tierra todas las líneas eléctricas, exceptuando a la fuente de potencia, y proporcionando un alambre colector separado, unido a todos los marcos del equipo eléctrico.

Todos los rieles, tubos, cables blindados, ductos de ventilación y otros conductores no diseñados para la transmisión de energía eléctrica deberán unirse entre sí eléctricamente a intervalos frecuentes, y conectarse a una sola descarga a tierra, que deberá estar aislada de la descarga a tierra del sistema eléctrico o alambre neutro.

Deberán conservarse en buen estado el forro de la línea de energía y los aisladores. Los circuitos de energía y de iluminación deberán conservarse retirados del frente durante las operaciones de carga. El aislar todas las líneas de guía y todos los conductores que pudieran llevar corriente será una medida adicional que reducirá el riesgo de la corriente errática.

- **Acción galvánica.**

Medidas de seguridad a aplicarse ante presencia de corrientes eléctricas extrañas en operaciones con material explosivo

Edición Abril 2007

Comandante Santiago E. GONZÁLEZ

Las corrientes galvánicas son aquellas que se generan cuando los metales hacen contacto entre sí, ya sea directamente o a través de un medio conductor. El atacador de aluminio, diseñado para reemplazar al atacador de madera más pesado en un trabajo sísmico, sufrió una corta carrera profesional en el campo. No mucho después de haber adoptado el nuevo atacador, una cuadrilla sismográfica tuvo dos detonaciones prematuras que, sin lugar a duda, fueron causadas por el efecto de la batería desarrollado por el atacador de aluminio y el lodo alcalino de barrenación.

Es obvio que los forros metálicos, atacadores metálicos o cualquier dispositivo conductor, no debe permitirse que entren a un barreno que tenga un detonador eléctrico. Los operadores de voladuras submarinas deben estar alertas al riesgo de metales de símbolos en el barreno al cargar los explosivos, particularmente en agua salina.

▪ **Líneas de transmisión de alto voltaje y potencia.**

El riesgo principal asociado con las operaciones cercanas a líneas de transmisión será el peligro de electrocución del personal si un alambre del detonador fuera arrojado por la voladura hasta hacer contacto con una línea de energía viva. Existen muchos casos en que los dinamiteros involucrados en trabajos de construcción o sísmicos fueron seriamente quemados debido a métodos de voladura impropios cerca de la línea de transmisión.

Se ofrecen las siguientes recomendaciones generales cuando se efectúen voladuras cerca de líneas de transmisión:

- 1) El punto de voladura nunca deberá estar localizado más cerca a una línea de transmisión o de potencia que la distancia igual a la longitud del alambre de guía más la longitud de ambos alambres del detonador. Será necesario tomar la longitud de los dos alambres del detonador (excepto cuando se utiliza alambre dúplex) ya que los alambres sencillos pueden separarse y formar un solo conductor más largo.
- 2) Si no puede localizarse un punto de disparo que cumpla con lo anterior, será indispensable utilizar, en lugar de detonadores eléctricos y alambres de guía, los Retardos MS "Ledcore", cordones detonantes estándar (que no estén forrados con alambre) o cordones detonantes de baja carga explosiva. La cantidad que es necesario sustituir dependerá de las condiciones particulares del

Medidas de seguridad a aplicarse ante presencia de corrientes eléctricas extrañas en operaciones con material explosivo

Edición Abril 2007

Comandante Santiago E. GONZÁLEZ

disparo. El empleo de un detonador y mecha de seguridad para iniciar los cordones detonantes anteriores proporcionará un sistema completamente no eléctrico.

2. Si no se encuentran disponibles las unidades “Ledcore”, cordón detonante estándar o cordón detonante de baja carga, los alambres del detonador deberán anclarse seguramente en o cerca del lugar del disparo.
- 3) Si los alambres del detonador o una línea de guía vuelan/desplazan hasta tocar una línea de energía, la cuadrilla de voladura no deberá intentar retirar el alambre. Será indispensable pedir a la compañía eléctrica que lleve a cabo esta tarea.

Antes de realizar operaciones eléctricas de voladura en proximidad de líneas de transmisión, será buena práctica investigar si hay corrientes erráticas. Debiendo tenerse cuidado, al efectuar estas pruebas, de evitar hacer contacto entre las líneas de alto voltaje y el alambre o equipo de prueba. Los peligros involucrados en la investigación, de estos riesgos podrán ser, a menudo, más severos que el riesgo en sí.

Será aconsejable contar con personal de la compañía eléctrica presente al efectuar las pruebas, con la finalidad de determinar si los voltajes medibles se convierten más peligrosos cuando se transmiten niveles máximos de energía. Para efectuar estas pruebas, se conectará una línea de guía a una varilla de tierra enterrada en la vecindad del lugar de la voladura y el otro extremo de esta línea se conectará a una terminal del voltímetro. La otra terminal de éste se conectará a otra varilla de tierra que puede utilizarse para tocar la tierra en diferentes puntos cercanos al sitio de las voladuras. Los voltajes determinados de esta manera deberán considerarse fuentes potenciales de corrientes erráticas y probarse del modo descrito en Corrientes Erráticas.

▪ **Energía de radiofrecuencia.**

Antes de comenzar cualquier operación que involucre el manejo de detonadores eléctricos, debe efectuarse una investigación para determinar si existen fuentes potencialmente peligrosas de energía de radiofrecuencia (RF). El Instituto de Fabricantes de Explosivos publica un folleto que incluye la identificación y clasificación de las fuentes de energía RF., tales como radio, televisión o transmisores de

Medidas de seguridad a aplicarse ante presencia de corrientes eléctricas extrañas en operaciones con material explosivo

Edición Abril 2007

Comandante Santiago E. GONZÁLEZ

radar, Esta publicación de la Empresa Du Pont , lo especifica en su apartado : “ Energía de Radiofrecuencia-Un Riesgo Potencial en el Uso de Detonadores Eléctricos” y puede ser obtenido a través de la Compañía Du Pont.

b. EMPRESA “UNIÓN ESPAÑOLA DE EXPLOSIVOS”.

En su apartado “5.1. MEDIANTE PEGA ELÉCTRICA “establece lo siguiente:

“... Si se utiliza la pega eléctrica, se deberán tener en cuenta una serie de normas para el manejo de los detonadores eléctricos. El tema es amplio y se ha desarrollado en la correspondiente jornada de “EVALUACIÓN y PREVENCIÓN DE RIESGOS DE EMPLEO DE DETONADORES ELÉCTRICOS”. No obstante, dada la trascendencia que tienen los detonadores eléctricos para la seguridad en el manejo de los explosivos en general, se recoge aquí, de forma resumida, un conjunto de instrucciones que deben ser tenidas en cuenta durante su utilización:

- 1) En primer lugar hay que investigar la posible existencia de corrientes extrañas. En el caso de que existan, se deben tomar las medidas necesarias para eliminarlas. Si esto no fuera posible, se deberá realizar un estudio, a fin de evaluar los posibles riesgos, determinar el tipo de iniciación más idóneo y establecer las condiciones de utilización adecuadas. Se deberá prestar especial atención, a la posible influencia de redes de distribución de energía eléctrica y emisoras de radiofrecuencia. En función de la tensión de las líneas, de la potencia de las emisoras y de la distancia, las voladuras pueden estar incluidas dentro de las denominadas voladuras especiales, que exigirán un tratamiento especial.
- 2) En las explotaciones a cielo abierto o en labores subterráneas a menor profundidad de 200 metros y túneles cuyo frente de trabajo diste menos de 500 metros de la boca, no se deben cargar barrenos cuando existan tormentas dentro de un radio de acción de 15 kilómetros. En el caso de que la tormenta aparezca de forma imprevista, se deberá interrumpir los trabajos y evacuar inmediatamente la zona cargada. Se deberá evitar el uso de radio transmisores portátiles, en las proximidades de la voladura. Los detonadores que se utilicen, deberán ser todos de la misma sensibilidad eléctrica como así conectarse en serie; otros tipos de conexión deben ser autorizados por la Dirección Provincial del Ministerio de Industria y Energía.

Medidas de seguridad a aplicarse ante presencia de corrientes eléctricas extrañas en operaciones con material explosivo

Edición Abril 2007

Comandante Santiago E. GONZÁLEZ

- 3)** El flujo eléctrico debe realizarse por medio de explosores debidamente homologados. Sólo con una autorización especial, se podrán utilizar otras fuentes de energía. El número máximo de detonadores que puede emplearse por cada disparo estará en consonancia con la resistencia de la línea de tiro y la capacidad del explosor.
- 4)** Los detonadores se deberán almacenar en lugares secos para que no se deterioren. Se deberán usar por orden de antigüedad, con respecto a la fecha de fabricación.
- 5)** Transporte los detonadores en sus envases de origen o en cartucheras especiales. No deshaga las madejas.
- 6)** No transporte o almacene detonadores junto con cualquier otro explosivo. El vehículo en el que se transporten, deberá estar dotado de una puesta a tierra eficaz.
- 7)** No fume ni utilice lámpara de llama desnuda en las proximidades de los detonadores.
- 8)** Utilice siempre un calzado adecuado (antiestático), nunca utilice botas normales de goma. Descárguese a tierra antes de tocar los detonadores.
- 9)** Al desenrollar las madejas, no deberán lanzarse nunca los hilos al aire. Los extremos desnudos de los hilos del detonador deberán estar cortocircuitados antes de deshacer la madeja.
- 10)** No se deberá forzar el detonador para alojarlo en el cartucho-cebo. Perfore éste previamente con un punzón apropiado para este fin.
- 11)** No aproxime al frente, detonadores o cartuchos cebados hasta haber parado todas las máquinas (compresores, etc.), y cortado todas las fuentes de energía próximas al frente.
- 12)** Ponga especial atención para no dañar los hilos del detonador durante la carga y retacado de los barrenos. Utilice siempre atacadores de madera.

Medidas de seguridad a aplicarse ante presencia de corrientes eléctricas extrañas en operaciones con material explosivo

Edición Abril 2007

Comandante Santiago E. GONZÁLEZ

- 13) Evite el contacto de los extremos de los hilos del detonador y de la línea de tiro, con carriles, tuberías, etc., aisle las uniones con cinta aislante o conectadores especiales. A medida que vaya cargando los barrenos, no deje los hilos del detonador colgando, enrolle el sobrante.
- 14) Mantenga cortocircuitados los extremos de los hilos o de la línea de tiro hasta el último momento.
- 15) Terminada la conexión del frente y habiendo comprobado previamente la continuidad de la línea de tiro, y estando cortocircuitada ésta por el lado del explosor, conecte la pega.
- 16) La comprobación de la resistencia del circuito deberá hacerse desde un lugar seguro. No dispare si la comprobación no indica que la resistencia es la adecuada, ni mayor ni menor.

c. **REGLAMENTO DE USO DE DETONADORES DE LAS FUERZAS ARMADAS:**

El presente documento en “CAPITULO I: CAUSA Y RIESGO DE EXPLOSIONES ACCIDENTALES, SECCIÓN I, CONCEPTOS GENERALES” menciona que los detonadores eléctricos podrán explotar accidentalmente por acción de alguna de las siguientes causas:

- 1) Rayos y cargas eléctricas producidas por tormentas.
- 2) Proximidad de equipos transmisores de radio, radar y televisión.
- 3) Electricidad estática.
- 4) Proximidad de líneas transmisoras de energía eléctrica.
- 5) Otras fuentes de electricidad extrañas.

Medidas de seguridad a aplicarse ante presencia de corrientes eléctricas extrañas en operaciones con material explosivo

Edición Abril 2007

Comandante Santiago E. GONZÁLEZ

La detonación eléctrica será usada con precaución, o preferiblemente deberá ser reemplazada por sistemas de detonación pirotécnicos en cualquiera de las situaciones peligrosas mencionadas precedentemente. Los detonadores comunes (no eléctricos), también podrán explotar por la acción de rayos.

1) Riesgo de explosiones accidentales.

a) Detonación eléctrica en presencia de tormentas.

- (1) No se usarán o manipularán detonadores eléctricos comunes ni explosivos de cualquier naturaleza, durante la aproximación o progreso de una tormenta eléctrica. Si un rayo alcanzara un circuito eléctrico de voladura, éste detonará, sean cuales fueren las precauciones que se hayan tomado; inclusive la caída de rayos a varios kilómetros de un circuito, podrá hacer funcionar los detonadores. El peligro debido a la caída de rayos remotos aumenta mucho por la proximidad de medios conductores, tales como, alambrados, vías de ferrocarril, puentes, cañerías, edificios y cables subterráneos.
- (2) Como la caída de rayos no es predecible, todas las operaciones de voladura, ya sean eléctricas como no eléctricas se suspenderán cuando existan tormentas eléctricas en la vecindad (de 10 a 15 km de distancia). El personal será retirado de la zona de voladura y llevado a lugar seguro.

Este concepto es válido para tierra firme, como para áreas fluviales o lacustres. Además será extremadamente importante interrumpir todas las actividades vinculadas con las voladuras que se realicen en túneles, pozos y partes de minas próximas a la superficie.
- (3) En campo abierto será posible estudiar visualmente la distancia de la tormenta, o calcularla aproximadamente, multiplicando por 340 el número de segundos transcurridos desde la visualización del relámpago y la visualización del trueno. El resultado de la distancia será en metros, pero deberá recordarse que el límite audible del trueno se encuentra en el orden de los 12 km.
- (4) Las tormentas eléctricas podrán producir cargas peligrosas de electricidad estática a distancias considerablemente alejadas del

Medidas de seguridad a aplicarse ante presencia de corrientes eléctricas extrañas en operaciones con material explosivo

Edición Abril 2007

Comandante Santiago E. GONZÁLEZ

centro de la tormenta, las cuales, en ciertas condiciones, se acumularán en el cuerpo humano y crearán un voltaje tan elevado que se descargarán con explosión a través del detonador, en el caso que se tome este con las manos y se deje que sus alambres toquen el suelo o algo que la conecte con el mismo.

Esta será una razón adicional para alejar a los hombres del área de voladura durante el avance de una tormenta eléctrica.

b) Peligro de los detonadores eléctricos en proximidad de equipos transmisores de radio, radar, televisión y otros.

Los equipos y estaciones transmisoras de radiotelefonía, de televisión y de radar, podrán, en ciertas condiciones, accionar los detonadores eléctricos, pues los alambres del detonador y los conductores del circuito de voladura podrán actuar como antena y acumular suficiente energía para ello.

Cualquiera de las unidades emisoras indicadas en el cuadro del apartado h) del presente inciso, podrá hacer explotar a distancia, detonadores eléctricos, por lo cual es necesario observar en el transporte, almacenaje y uso de estos detonadores, las siguientes precauciones:

(1) No deben usarse detonadores eléctricos a una distancia de un equipo o estación transmisora fija, menor que la indicada a continuación:

POTENCIA DEL EQUIPO TRANSMISOR FIJO	DISTANCIA MÍNIMA DE SEGURIDAD
De o a 10.000 vatios	700 metros.
De 10.000 a 50.000 vatios.	1.500 metros.
Más de 50.000 vatios.	2.100 metros

Las distancias se medirán desde el pie de la torre o antena de transmisión o, si hubiera varias antenas, desde el pie de la más próxima a la zona de trabajo, a los detonadores eléctricos.

Si no se conociera la potencia de la estación transmisora, o si se observaran antenas muy altas, la distancia mínima de seguridad será de 2.700 metros.

(2) Se deberán tomar precauciones para que ningún equipo o estación transmisora móvil cuya potencia de entrada sea de 50 a 500 vatios y tenga antena vertical, se acerque a menos de 150 metros de la zona de trabajo con detonadores eléctricos.

Medidas de seguridad a aplicarse ante presencia de corrientes eléctricas extrañas en operaciones con material explosivo

Edición Abril 2007

Comandante Santiago E. GONZÁLEZ

Si la potencia de entrada de tales transmisores móviles fuera mayor de 500 vatios o aunque fuera menor, si la antena es horizontal deberán mantenerse alejados a más de 700 metros de los detonadores eléctricos.

- (3) No se usarán detonadores eléctricos a menos de 500 metros de cualquier radar, ya sea fijo o móvil.
- (4) En los trabajos en que para efectuar comunicaciones directas con personal diseminado en el terreno, se utilicen aviones que vuelen a muy baja altura equipados con transmisores de radio, no se usarán detonadores eléctricos, sino que las voladuras deberán realizarse por medios pirotécnicos.
- (5) Cuando el jefe del pelotón demolición cuente con un medio de transmisión inalámbrico, mantendrá el mismo apagado, con el fin de evitar una explosión prematura. En caso de ser necesario su uso, el mismo será retirado para su empleo fuera del área de seguridad.
- (6) Para reducir el riesgo de la detonación accidental por ondas de radio, será conveniente que los conductores de ida y vuelta del circuito de voladura se manipulen y se tiendan directamente sobre el suelo sin establecer trayectorias aéreas. Dichos conductores desde el explosor al lugar de las cargas, deberán encontrarse a una longitud mínima, compatible con otros requisitos de seguridad del personal (Art. 7 -RC-G5-6c1).
- (7) Cuando hubiera alguna duda sobre la ubicación de un equipo transmisor, o cuando se desconozca la potencia del mismo o estación transmisora relativamente próximos a la zona de trabajo, se efectuará la voladura por medios pirotécnicos.

c) Detonación eléctrica en presencia de electricidad estática.

La electricidad estática podrá generarse de varias maneras, por tormentas de tierra o de nieve, por correas en movimiento, por ruedas que giran, por vapor que escapa en la atmósfera, etc.

En una atmósfera seca y polvorienta, (desierto) podrá producirse una considerable acumulación de cargas estáticas durante una tormenta de tierra.

Medidas de seguridad a aplicarse ante presencia de corrientes eléctricas extrañas en operaciones con material explosivo

Edición Abril 2007

Comandante Santiago E. GONZÁLEZ

Esta producción de cargas estáticas, podrá llegar a ser tan intensa, que crea un riesgo serio de explosión accidental tal de los detonadores eléctricos.

Para prevenir el peligro se tendrá en cuenta las siguientes precauciones:

(1)No se usarán o manipularán detonadores eléctricos durante tormentas de tierra o de nieve, o carga de cualquier fuente de electricidad estática.

Las fuentes no naturales de electricidad estática, tales como; correas en movimiento, vapor que escapa, volante de motores, etc., deberán ser consideradas y eliminadas del área de voladura, antes de comenzar el trabajo con detonadores eléctricos.

(2)Todos los equipos en movimiento de la zona de voladura, deberán ser conectados a tierra por un conductor cuya resistencia no sea mayor de un ohmio.

(3)Las conexiones deberán cubrirse con cinta aisladora, o aislarse de otra manera. Si por circunstancias especiales se usarán conexiones desnudas, deberá impedirse que se puedan tocar entre ellas.

(4)Los alambres conductores deberán mantenerse lejos de rieles, alambrados, u otros alambres y cañerías por los cuales puedan converger cargas electroestáticas. Tanto el ramal de ida como el de vuelta deberán ser de conductor aislado.

(5)Si la situación impone, no obstante las condiciones climáticas adversas, realizar voladuras, deberá tenerse presente la situación técnica especial:

(a)Con el explosor desconectado deberá retorcerse las puntas peladas de los conductores de ida y vuelta del circuito, entre sí, en el extremo próximo al mismo.

(b)Se retorcerán entre sí, las puntas peladas de los mismos cables conductores en su otro extremo (o sea en el extremo próximo a donde se colocarán los explosivos).

(c)Se conectarán a tierra ambos extremos retorcidos, por ejemplo: conectándolos a sendas barras metálicas clavadas en el suelo. Si el suelo está seco deberán humedecerse los lugares donde se claven las barras.

Medidas de seguridad a aplicarse ante presencia de corrientes eléctricas extrañas en operaciones con material explosivo

Edición Abril 2007

Comandante Santiago E. GONZÁLEZ

(d) No se deberá tomar el detonador por el tubo metálico. Se tomará por los alambres, retorciendo juntas las puntas peladas de los mismos y conectando esas puntas retorcidas entre sí a una barra metálica clavada en el suelo.

(e) Después de la operación precedente y sin tocar el tubo del detonador se desarrollarán cuidadosamente los alambres del mismo (cuyas puntas están conectadas a la barra) y deberán estirárselos en el suelo no en el aire. Los alambres no se deberán dejar caer, y, al desarrollarlos, el operador deberá manipular con la parte del alambre adyacente al tubo del detonador, sin tocar el tubo mismo.

(f) El operador deberá estar en contacto con la tierra, apoyándose con fuerza en la barra clavada en el terreno humedecido antes de tomar el tubo del detonador para insertarlo en el explosivo, con el fin de evitar la posible aparición de una chispa que pasando desde su cuerpo a los dispositivos internos del detonador pueda provocar la explosión.

(g) Se colocará la carga en el hoyo a tanta profundidad como lo permitan los alambres del detonador.

(h) Se desconectará de la barra metálica más próxima al detonador los extremos de los conductores de ida y vuelta allí conectados. Se separarán las puntas de dichos conductores en ese extremo, desconectando luego los alambres del detonador de la barra y conectando dichos alambres a las puntas de los conductores de ida y vuelta.

(i) No se desconectará de la barra próxima al explosor los extremos de los conductores de ida y vuelta allí conectados hasta que esté listo para efectuar la voladura.

d) Precauciones en caso de usar detonadores eléctricos en proximidad de líneas transmisoras de energía eléctrica (incluso de líneas telegráficas o telefónicas, cables de trolebús y cables o rieles conductores de ferrocarriles eléctricos).

(1) Como norma general no deberán usarse detonadores eléctricos cuando ellos o cualquier parte del circuito se encontraren a menos de 150 metros de líneas de transmisión de energía eléctrica.

Medidas de seguridad a aplicarse ante presencia de corrientes eléctricas extrañas en operaciones con material explosivo

Edición Abril 2007

Comandante Santiago E. GONZÁLEZ

En el caso de romperse una línea de transmisión de corriente eléctrica, cuando se corte el fluido de la misma o en el momento en que se restablezca, estará sujeto a riesgo un circuito de detonación eléctrico. En este último caso, el riesgo producido se multiplica por la proximidad de alambradas paralelos o conductores subterráneos paralelos, incluso cañerías. Cuando estos riesgos adicionales sean posibles, la distancia de seguridad de 150 metros podrá resultar demasiado pequeña, si los conductores del circuito de voladura son paralelos a las líneas de transmisión de electricidad o a otros conductores tales como alambrados y vías de ferrocarril, o si el circuito de voladura es abierto entre ambas ramas (o sea muy amplio).

(2) En todos los casos el circuito de voladura se construirá perpendicular a las líneas de transmisión de electricidad, debiendo estar apoyado en el suelo o lo más próximo posible a éste.

(3) La abertura del circuito de voladura (o sea la separación entre sus conductores), deberá ser mínima, a fin de que las dos ramas del circuito se encuentren tan próximas como sea posible.

(4) Cuando la proximidad de líneas de transmisión de electricidad origine dudas, se usarán sistemas de encendido no eléctrico, (por mecha o cordón detonante).

e) Precauciones en el uso de detonadores eléctricos por causa de otras fuentes de electricidad extrañas (electricidad galvánica, corrientes vagabundas y alambrados electrizados).

(1) No se emplearán barras metálicas para empujar los explosivos con detonador colocado, en los agujeros de barreno ni en otras ubicaciones, a fin de evitar chispas por efecto galvánico.

Para ese fin se usarán palos o barras no metálicas, cuidando especialmente de empujar el explosivo y no el detonador. Será conveniente que estos palos o barras no metálicas tengan una perforación central de mayor diámetro que el detonador, para que el empuje no se aplique a éste. La mecha o los alambres deberán ser pasados previamente por la perforación central.

(2) El uso creciente de alambrados electrizados en zonas rurales será razón adicional para que ninguna parte del circuito toque o se encuentre próxima a un alambrado.

Medidas de seguridad a aplicarse ante presencia de corrientes eléctricas extrañas en operaciones con material explosivo

Edición Abril 2007

Comandante Santiago E. GONZÁLEZ

(3) Los circuitos eléctricos deberán encontrarse aislados en la zona donde se utilicen máquinas operadas eléctricamente, pueden aparecer corrientes vagabundas, especialmente si la conductividad del terreno es alta o si existen objetos metálicos como rieles, cañerías y líneas eléctricas.

(4) Corrientes y voltajes peligrosos podrán encontrarse en ciertas ocasiones en la zona comprendida entre dos conductores, tales como dos rieles o dos cañerías o bien entre un riel o una cañería, o entre una cañería y un conducto de ventilación de aire o un alambrado, o entre algunos de estos conductores y el suelo.

(5) La precaución a tomar será la siguiente:

El sistema entero de conductores de ida y vuelta, los alambres de los detonadores; y las conexiones, deberán mantenerse perfectamente aislados en todo momento, de todas las posibles fuentes de corrientes extrañas, particularmente los extremos de los conductores y alambre, para evitar que cada una de las puntas, apoyándose en una zona de distinto potencial, produzca la explosión.

d. LOS DETONADORES ELÉCTRICOS SISTEMA SCHAFFLER

Los detonadores eléctricos con el sistema Schaffler se caracterizan por cumplir ciertas normas de seguridad en cuanto a la presencia de la electricidad extraña.

1) Rayos:

La virtud que tiene la naturaleza para engendrar electricidad, se manifiesta comúnmente en forma de rayos. Si uno de ellos cae en un circuito de voladura, puede tenerse por seguro que se producirá la explosión, a pesar de las previsiones que pudieran indicar nuestros conocimientos actuales. Aún cayendo cerca podría provocar la voladura, en la superficie.

3. Corrientes extrañas:

La corriente eléctrica que fluye de una fuente como una batería, un generador o un transformador a través de líneas de fuerza o de alumbrado, siempre regresará a esa fuente a través de cualquier conducto disponible. Estos pueden ser conductores adicionales aislados de la tierra como los cables eléctricos; conductores no aislados de la tierra como los rieles o bien conductores terrestres.

Medidas de seguridad a aplicarse ante presencia de corrientes eléctricas extrañas en operaciones con material explosivo

Edición Abril 2007

Comandante Santiago E. GONZÁLEZ

Este último caso se presenta con frecuencia en los transportes eléctricos ya sean subterráneos o en la superficie, y es también la fuente principal de las corrientes dispersas en la tierra, aunque un aislamiento defectuoso en el primer caso puede también ocasionar corrientes dispersas en la tierra. En consecuencia, cuando se empleará equipos eléctricos en lugares que tienen tierra conductora (formaciones rocosas altamente metálicas) y objetos metálicos continuos (líneas de transmisión cubierta de metal, rieles, etc.) existirá un alto riesgo de producirse una explosión.

De vez en cuando deberán hacerse pruebas con un instrumento adecuado para comprobar la presencia o ausencia de corrientes dispersas en el frente. Deberá recordarse que las corrientes dispersas fluctúan pudiendo desaparecer y aparecer nuevamente. Debido a esto los alambres conductores deberán ser probados inmediatamente ante de su conexión.

e. NORMA LEGAL DEL REINO DE ESPAÑA APLICADA POR LA GUARDIA CIVIL Y EJÉRCITOS DE TIERRA, AGUA Y AIRE.

1) Fuentes de energía.

Para evitar la iniciación prematura por esta causa, durante la operación de carga y conexión, los barrenos de la línea de tiro del lado de la fuente de energía deben estar en cortocircuito, permaneciendo en esta posición hasta que todo el personal haya sido retirado de las inmediaciones de la voladura y refugiado en lugar seguro. Solamente entonces se abre el cortocircuito para hacer la comprobación eléctrica y más adelante la voladura. Como medida de seguridad adicional, para el caso de utilización de explosores, la manivela de éstos siempre debe estar en poder del artillero responsable, eliminándose así la posibilidad del accionamiento fortuito de la máquina sin estar él delante.

4. Comprobación eléctrica.

Se ha mencionado anteriormente, que los aparatos de medida utilizados, para este fin, deben reunir condiciones especiales de seguridad. No obstante, para efectuar el control del circuito, es preciso tomar las mismas precauciones que las que se adoptan para el propio disparo, y siempre la medición debe hacerse desde un lugar seguro.

La intensidad de medida de los comprobadores autorizados, es muy débil (0.25 amperios), lo cual se cumple cuando dichos aparatos están en perfectas condiciones de empleo. Sin embargo, pueden producirse

Medidas de seguridad a aplicarse ante presencia de corrientes eléctricas extrañas en operaciones con material explosivo

Edición Abril 2007

Comandante Santiago E. GONZÁLEZ

averías que den lugar a una elevación de esta intensidad de medida, con el consiguiente riesgo de iniciación prematura de los detonadores. Por ello y para eliminar dicho riesgo, deben revisarse, periódicamente, los comprobadores. Es, asimismo, de suma importancia, efectuar las reparaciones de estos aparatos, en talleres especiales y de total garantía.

5. Corrientes extrañas.

Se entiende por tal, la energía eléctrica incontrolada que puede introducirse en el circuito de voladura, o bien afectar a un detonador eléctrico aislado, durante las operaciones de carga y conexionado.

Desde el comienzo de la utilización de los detonadores eléctricos, se han producido explosiones prematuras, cuyas causas, muchas veces desconocidas, han ido aclarándose en el transcurso del tiempo.

Los orígenes son, generalmente, de tipo eléctrico, aunque las causas que los producen pueden ser las siguientes:

6. Fenómenos eléctricos de las tormentas.

Es indudable que si una chispa eléctrica incide, directamente, sobre el circuito de una voladura, con detonadores eléctricos, se produciría la explosión de éstos, cualesquiera que sean las medidas de precaución tomadas. Sin embargo, no se ha tenido en cuenta, debidamente, que las descargas eléctricas, producidas a varios kilómetros de distancia del lugar de disparo, pueden inducir, en el circuito de voladura, corrientes suficientemente elevadas para causar su explosión prematura. Este riesgo no solamente existe en los trabajos exteriores, sino que se hace extensiva a las labores subterráneas.

Cuando un rayo incide en un determinado lugar, existe el peligro de ignición prematura de los detonadores eléctricos, en un radio que es inversamente proporcional a la raíz cuadrada del impulso de encendido de un detonador:

$$R = \sqrt{\frac{K}{S}}$$

Donde K es una constante. Sin embargo, para establecer la distancia a la que una tormenta puede resultar peligrosa, hay que tener en cuenta el alcance de las chispas y el avance de la tormenta en el tiempo en el tiempo que dure la evacuación.

Medidas de seguridad a aplicarse ante presencia de corrientes eléctricas extrañas en operaciones con material explosivo

Edición Abril 2007

Comandante Santiago E. GONZÁLEZ

Por consiguiente, la zona de trabajo debe evacuarse cuando la tormenta esté a una distancia $R = R1 + R2 + R3$, donde $R2$ será el alcance de las chispas desde el lugar de la tormenta, y $R3$ el posible avance de ésta durante el tiempo de la evacuación. Si se utilizan detonadores eléctricos normales deberá evacuarse la zona de trabajo cuando la tormenta está a una distancia $R = 11$ Km., mientras que con detonadores de alta insensibilidad esta distancia se reduce a 7 Km.

Una buena medida de seguridad consiste en mantener enrollados, durante la carga, los hilos de los detonadores, evitando que cuelguen hasta. El suelo.

Con el empleo de detonadores de alta insensibilidad, no solo se reduce el radio de seguridad, sino que, incluso, dentro de esta zona el riesgo es mucho menor. Sin embargo, como se ha visto, no son absolutamente seguros cuando la tormenta está a menos de 7 Km., por lo que también con ellos debe evacuarse la zona de trabajo y disponer de medios que permitan avisar a los obreros en el caso de que la tormenta se acerque a límites peligrosos.

Conviene advertir que el peligro aumentará, considerablemente, cuando existan conductores metálicos continuos, de gran extensión, como, por ejemplo, tuberías de aire comprimido, raíles, líneas eléctricas, etc., entre el lugar donde ha caído, o puede caer, la chispa y la zona de voladura.

De lo descrito precedentemente se desprende que, a pesar de los continuos avances de la investigación, aún no ha sido posible llevar a la práctica, por parte de ningún fabricante, un detonador eléctrico capaz de soportar los enormes potenciales eléctricos, creados por una tormenta, con absoluta seguridad de manejo en sus proximidades.

(1) Medidas de protección frente a las tormentas.

- (a)** Debe quedar clara la obligación de interrumpir todos los trabajos de voladura eléctrica, a cielo abierto, ante la presencia de tormenta en la zona. El personal deberá ser evacuado, inmediatamente, de la zona cargada.

- (b)** En todos los trabajos realizados en áreas donde sea previsible la aparición de tormentas, tanto en explotaciones a cielo abierto, como subterráneas, deberán emplearse, exclusivamente, detonadores de alta insensibilidad, cortocircuitados. El

Medidas de seguridad a aplicarse ante presencia de corrientes eléctricas extrañas en operaciones con material explosivo

Edición Abril 2007

Comandante Santiago E. GONZÁLEZ

cortocircuito no deberá deshacerse hasta el momento de conexión para la ejecución de la voladura.

- (c) Se implantará un sistema de vigilancia para detectar la formación o acercamiento de tormentas. Preferentemente instalando un detector de tormentas. Cuando no se disponga de detector de tormentas, y se realice observación directa, conviene mantener una distancia de seguridad de 11 Km.
- (d) En labores subterráneas, a menor profundidad de 200 mts o en túneles cuyo frente de trabajo diste menos de 500 mts de la boca, se tomarán las mismas medidas precautorias que en el exterior.
- (e) Todos los conductores metálicos e instalaciones de servicio a lo largo del túnel, deberán ser interconectados entre sí y a tierra en la misma boca.
- (f) La línea de tiro se conectará inmediatamente antes de proceder al disparo. Todas las conexiones entre detonadores, y de éstos a las líneas volantes, deberán realizarse con conectadores. Se pondrá especial atención en evitar contactos de las conexiones, sobre todo con las estructuras metálicas, procurando obtener, igualmente, alejados de los mismos los cables de voladura, con distancia de 5-6 metros en exterior y de 1 metro en túneles.

b) Electricidad estática.

Bajo ciertas circunstancias se podrán producir cargas estáticas, cuya puesta a tierra, a través de un detonador eléctrico, será capaz de originar su iniciación prematura. La formación de electricidad estática podrá ser debida a diversas causas: nubes de polvo en ambientes secos, circulación de gases o fluidos por conductores, tuberías de aire comprimido, mangueras de cargadoras neumáticas, órganos móviles en máquinas, motores, cintas transportadoras, etc. El desarrollo de la mecanización, unido al empleo de materias no conductoras, hará que el fenómeno de la generación de cargas electrostáticas sea cada vez más frecuente.

Debemos hacer mención especial al hombre como generador y acopiador de cargas electrostáticas. Cuando se encuentra aislado de tierra, mediante un calzado no conductor, podrá almacenar una gran cantidad de electricidad estática como consecuencia de los movimientos que efectúe, el tipo de tejido de su ropa, y la naturaleza de los elementos que lo rodean o entran en contacto con él.

Medidas de seguridad a aplicarse ante presencia de corrientes eléctricas extrañas en operaciones con material explosivo

Edición Abril 2007

Comandante Santiago E. GONZÁLEZ

c) Líneas de transporte de energía eléctrica.

Las líneas de transporte de energía eléctrica pueden inducir en los circuitos de voladuras, cuando están en sus cercanías, una corriente eléctrica de magnitud suficiente para causar la iniciación de todos o varios detonadores.

Los campos magnéticos, producidos por corrientes de intensidad o sentido variable, inducen una fuerza electromotriz en las espiras inmersas en los mismos, cuyo valor dependerá de:

- (1) Proximidad a la línea de conducción.
- (2) Intensidad que circula por la línea.
- (3) Frecuencia de la corriente.
- (4) Permeabilidad del medio.
- (5) Superficie de espira.
- (6) Longitud, del lado paralelo de la espira, a la línea de conducción.

Será conveniente llamar la atención sobre una causa, muy frecuente, de accidentes, como es el debido al lanzamiento de los cables de voladura sobre el tendido eléctrico.

7. Corrientes errantes.

Las voladuras, junto a líneas de ferrocarril electrificadas resultan, potencialmente peligrosas. Su sistema conductor aéreo está soportado por postes y aislado mediante soportes cerámicos. La unidad locomotriz toma la corriente de la catenaria, y el retorno al generador se hace a través de los rieles. Las derivaciones de corriente, a tierra, hacen que una fracción de dicha corriente circule a través del terreno, originando corrientes errantes, cuya magnitud y extensión dependerán de las condiciones del circuito y de las características del terreno.

Por lo tanto, en las proximidades de las líneas férreas eléctricas, existirá la posibilidad de captación de energía peligrosa, por contacto directo del circuito de voladura con los raíles, cuerpos metálicos, o incluso el propio terreno, o como consecuencia de los efectos inductivos, cuya frecuencia es de $16 \frac{2}{3}$ Hz. En lugar de los 50 Hz. Normales en corrientes industriales.

Medidas de seguridad a aplicarse ante presencia de corrientes eléctricas extrañas en operaciones con material explosivo

Edición Abril 2007

Comandante Santiago E. GONZÁLEZ

8. Acción galvánica.

El generador de corriente más sencillo es el formado por dos metales diferentes, sumergidos en una disolución ácida o salina. En algunas minas metálicas, en las zonas de contacto de dos minerales distintos, o de mineral con estéril, e incluso dentro de una misma masa mineralizada, se pueden producir efectos galvánicos capaces de provocar la explosión de los detonadores eléctricos. La voladura submarina, ofrece un caso típico en que se pueden producir corrientes galvánicas. La pontona metálica, con diferentes componentes, constituyen el par sumergido en el agua marina.

En algunas ocasiones se han producido accidentes, al utilizar atacadores de aluminio en la carga de barrenos los entubados, en prospecciones sísmicas.

g) Radiofrecuencia.

La posibilidad de que se origine un accidente, debido a energía de radiofrecuencia, resulta remota; aun así, el conocimiento del problema ayudará a evitar situaciones potencialmente peligrosas.

Los sistemas de comunicación por radiofrecuencia emiten energía a través de su antena, creando un campo electromagnético cuya intensidad decrece con el cuadrado de la distancia. La radiación se efectúa mediante ondas de alta frecuencia, y el valor de ésta depende del tipo de transmisión. Cuando en un punto determinado se sitúa un receptor, éste capta por su antena una parte de la energía radiada por el emisor. Si un detonador es capaz de comportarse como una antena, y capta energía suficiente, se produce su explosión.

f. LEGISLACIÓN VIGENTE EN NUESTRO PAÍS:

En nuestro país toda actividad con material explosivo se encuentra regulada por la Ley Nacional de Armas y Explosivos 20429 (Decreto Reglamentario 302/85), en cual describe en unos de sus apartados las medidas de seguridad a tenerse en cuenta en el manipuleo de material explosivo, los cuales se transcriben:

Artículo 238 – No se cargarán ni dispararán voladuras durante o al aproximarse tormentas eléctricas.

Artículo 261 – Cuando se usen detonadores eléctricos, se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

a) Orden de conexiones:

Medidas de seguridad a aplicarse ante presencia de corrientes eléctricas extrañas en operaciones con material explosivo

Edición Abril 2007

Comandante Santiago E. GONZÁLEZ

- 1º) Conectar los detonadores entre sí.
 - 2º) Conectar los terminales de los detonadores a las líneas de conducción.
 - 3º) Conectar las líneas de conducción a la fuente de energía.
- b) Las líneas de conducción deberán permanecer en cortocircuito hasta que todo el dispositivo esté listo para efectuar el disparo. Asimismo se las conectará a la fuente de energía inmediatamente antes del disparo y se las desconectará y pondrá nuevamente en cortocircuito después de ocurrido aquel.
 - c) Antes de dar fuego o conectar los conjuntos eléctricos se verificará que no haya ningún extraño en la zona de la voladura y que el personal esté convenientemente protegido.
 - d) Ninguna parte del circuito deberá tener descarga a tierra.
 - e) Los alambres de los detonadores deberán estar en cortocircuito hasta que los barrenos hayan sido cargados.
 - f) Queda prohibido el uso de detonadores en zonas expuestas a corrientes erráticas provenientes de líneas de alto voltaje cuando dichas corrientes alcancen una intensidad de seis centésimos (0,60) de Amper. Se exceptúan de ésta disposición los detonadores antiestáticos.
 - g) En lo posible, en una misma voladura se usarán detonadores provenientes de una misma partida.

Artículo 278 – Los transmisores portátiles de radio que se encuentren a menos de treinta (39) metros de detonadores eléctricos no contenidos en sus envases originales, deben ser desconectados y efectivamente cerrados.

Artículo 279 – No se realizarán voladuras con detonadores eléctricos a menores distancias de los transmisores fijos o móviles de amplitud modulada, que las indicadas a continuación:

POTENCIA DEL TRANSMISOR(W)	DISTANCIA MÍNIMA (M.)
5-25	30
25-50	45
50-100	66
100-250	105
250-500	135

Medidas de seguridad a aplicarse ante presencia de corrientes eléctricas extrañas en operaciones con material explosivo

Edición Abril 2007

Comandante Santiago E. GONZÁLEZ

500-1000	195
1000-2500	300
2500-5000	450
5000-10000	660
10000-25000	1050
25000-50000	1500
50000-100000	2100

Artículo 280 – Donde estén operando transmisores de televisión de muy alta frecuencia, estaciones de radio frecuencia modulada, no se realizarán voladuras con detonador eléctrico a menor distancia que las indicadas a continuación:

- (1) Estaciones de televisión de muy alta frecuencia y estaciones de radio de frecuencia modulada

POTENCIA DEL TRANSMISOR(W)	DISTANCIA MÍNIMA (M.)
1-10	2
10-100	6
100-1000	18
1000-10000	60
10000-100000	180
100000-1000000	600

9. Transmisión móvil de frecuencia modulada

POTENCIA DEL TRANSMISOR(W)	DISTANCIA MÍNIMA (M.)
1-10	2
10-30	3
30-60	5
60-250	9
250-600	14

Artículo 281 – No se realizarán voladuras con detonadores eléctricos a menores distancias de los transmisores de televisión de ultra alta frecuencia que las incidas a continuación:

Medidas de seguridad a aplicarse ante presencia de corrientes eléctricas extrañas en operaciones con material explosivo

Edición Abril 2007

Comandante Santiago E. GONZÁLEZ

POTENCIA DEL TRANSMISOR(W)	DISTANCIA MÍNIMA (M.)
1-10	1
10-100	3
100-1000	8
1000-10000	25
10000-100000	75
100000-1000000	240
1000000-5000000	600

g. MANUAL DE SEGURIDAD DE YPF. OPERACIONES GEOFÍSICAS

El mencionado documento en su “Capitulo 17, MANIPULACIÓN DE EXPLOSIVOS EN GEOFÍSICA”, describe en forma taxativa las normas de seguridad, a saber:

Número 127: No se permitirán manipulaciones de explosivos ni cargas de pozo durante las horas nocturnas. Tampoco se permitirá el movimiento o transporte de explosivos en horarios nocturnos ni bajo temporales eléctricos.

Número 137: Se tomarán precauciones especiales para prevenir un disparo prematuro de los detonadores por acción de corrientes inducidas, galvánicas, por radio frecuencias, alambradas de pastoreo, líneas de tensión, tormentas de polvo, nieve, y otras fuentes extrañas de electricidad. Estas precauciones pueden ser:

- Uso de detonadores anti-estáticos y hábito de tenerlos en corto hasta su uso.
- Pruebas de circuitos con medidores aprobados.
- Distancias de seguridad a líneas de alta o baja tensión.
- Suspensión de operaciones con explosivos ante la presencia de una tormenta.
- Restricciones al uso de radio-frecuencias.

Número 138: No se debe olvidar que un rayo puede caer tan lejos como SIETE (7) Km. Y su carga viajar por el terreno a través de alambradas, vías ferroviarias, cables sísmicos, conductos, etc.

h. ASPECTOS RELACIONADOS A LAS TORMENTAS:

(Fuente: Instituto nacional de investigaciones espaciales; Guía de Administración Nacional Oceánica y Atmosférica USA; Fenómenos

Medidas de seguridad a aplicarse ante presencia de corrientes eléctricas extrañas en operaciones con material explosivo

Edición Abril 2007

Comandante Santiago E. GONZÁLEZ

Atmosféricos Editorial Jiménez Tanzi Costa Rica; La meteorología Editorial Marcombo S.A... (España).

1) Tormentas:

El cielo azul y la ausencia de lluvia no será garantía de que no ocurra una tormenta eléctrica. Los rayos podrán caer hasta 16 kilómetros de la lluvia. No siempre tendrá que estar lloviendo para que caiga un rayo.

En realidad, el rayo es una enorme chispa o corriente eléctrica que circula entre dos nubes o entre una nube y la tierra. El rayo puede cruzar kilómetros de distancia y se originan en un tipo de nube llamada cumulo-nimbus o nube de tormenta (los cumulo-nimbus son nubes de gran extensión vertical que se caracterizan por la generación de lluvias, a menudo superan los 10 kilómetros de altura, dentro de estas es frecuente encontrar fuertes corrientes de aire, turbulencia, regiones con temperaturas muy inferiores a la congelación, cristales de hielo y granizos).

El rayo es una descarga eléctrica. En general, las partes superiores de las nubes de tormenta poseen carga positiva, mientras que en las partes centrales poseen cargas negativas. La región de máxima intensidad de campo eléctrico se halla entre ambas zonas de distinta polaridad.

De acuerdo con las teorías que intentan explicar la electrificación de las tormentas, existen dos grupos con respecto a la presencia de cristales de hielo y precipitaciones o la ausencia de alguna de ellas. Ciertas partes de la atmósfera conducen mejor la descarga eléctrica porque poseen mayor cantidad de gotitas de agua, las cuales pueden estar cargadas de electricidad.

Un aumento de la velocidad del viento, aguaceros y cielos nublados son en la mayoría de los casos signos precursores de la aproximación de una tormenta eléctrica, sin embargo con nubes de tormenta cerca, las descargas pueden ocurrir a varios kilómetros y nos pueden afectar aunque esté soleado y sin lluvias

Interpretación general de las nubes:

- Algunas nubes tienen un significado inequívoco, mientras que en otras su actividad está ligada a complejas consideraciones de situación meteorológica general.
- La aparición de “stratus” pueden indicar una atmósfera estable. Los cúmulos indican aumento de inestabilidad. Los “estratos cúmulus”

Medidas de seguridad a aplicarse ante presencia de corrientes eléctricas extrañas en operaciones con material explosivo

Edición Abril 2007

Comandante Santiago E. GONZÁLEZ

indican buen tiempo. Los “nimbus” están asociados a lluvias intensas y vientos fuertes. Los “cúmulus-nimbus” densos y compactos están asociados a lluvias intensas, tormentas eléctricas y vientos fuertes.

2) Tormentas geomagnéticas:

Cuando los campos magnéticos se mueven cerca de un conductor, como por ejemplo, un cable se induce una corriente eléctrica al conductor. Esto pasa a grandes escalas durante tormentas geomagnéticas. Las Compañías de energía eléctrica, transmiten corrientes alternas a sus clientes a través de largas líneas de transmisión. Durante estas tormentas se inducen corrientes casi directas, peligrosas para los equipos de transmisión. El 13 de marzo de 1989, en Montreal, Québec, 6 millones de abonados se quedaron sin luz por 9 horas como resultado de una tormenta geomagnética inmensa. Algunas áreas del noreste de los Estados Unidos y de Suecia padecieron lo mismo. Al recibir alertas y avisos de tormentas geomagnéticas, las compañías de energía eléctrica podrán minimizar los daños e interrumpir el servicio eléctrico.

3. CONCLUSIONES:

Luego de hacer un análisis de las consideraciones y medidas de seguridad que adoptan y hacen cumplir las más prestigiosas empresas en el campo de explosivos y reglamentos militares, podemos observar la vital importancia que se le otorga al fenómeno de las corrientes extrañas cuando se está operando con detonadores eléctricos en cualquier tipo de trabajo con explosivos.

Esto, indudablemente, nos lleva a reflexionar de que no existe ninguna circunstancia por la cual debemos apartarnos de las estrictas medidas de seguridad elaboradas por esta Subunidad, en función a la legislación vigente y del derecho comparado, los conocimientos adquiridos tanto nacionales como internacionales y las experiencias recogidas en las diferentes actividades operativas y judiciales sobre accidentes ocurridos por el uso incorrecto de material explosivo, iniciadores y materiales afines, en condiciones meteorológicas adversas, se ha arribado a lo siguiente:

**Medidas de seguridad a aplicarse ante presencia de corrientes eléctricas
extrañas en operaciones con material explosivo**

Edición Abril 2007

Comandante Santiago E. GONZÁLEZ

- 1) **QUE NO SE DEBERÁ REALIZAR TAREAS DE VOLADURAS DURANTE LA PROXIMIDAD DE UNA TORMENTA, EN VIRTUD DE QUE SERÁ IMPOSIBLE ESTABLECER CON EXACTITUD A SIMPLE VISTA SI SE TRATA O NO DE UNA TORMENTA ELÉCTRICA.- - - - -**
- - - - -
- 2) **QUE NO SE REALIZARÁN TRABAJOS CON DETONADORES ELÉCTRICOS LUEGO DE PRECIPITACIONES, CUALQUIERA SEA SU MAGNITUD, HASTA DESPUÉS DE OCHO (8) HORAS DE PRODUCIDA, DEBIENDO HACERSE POSTERIORMENTE UNA EVALUACIÓN IN SITU, EN VIRTUD QUE LA TIERRA Y EL AMBIENTE, AMBOS CON ALTA CONCENTRACIONES DE HUMEDAD, FACILITAN LA CONDUCCIÓN DE ELECTRICIDADES EXTRAÑAS, COMO ASIMISMO CONLLEVAN A UNA POSIBLE ACCIÓN GALVÁNICA DEL TERRENO QUE CULMINARÁ CON LA DETONACIÓN FORTUITA DE LOS MISMOS.- - - - -**
- - - - -
- 3) **QUE NO SE PODRÁ EJECUTAR ACTIVIDADES CON DETONADORES ELÉCTRICOS VISTIENDO PRENDAS DE MATERIAL SINTÉTICAS (CAMPERAS PARA LLUVIAS, CAPAS, ROPA DE NYLON, ETC.), EN RAZÓN QUE LAS MISMAS SON GENERADORAS Y ACOPIADORAS DE ELECTRICIDAD ESTÁTICA.- - - - -**
- - - - -
- 4) **NO SE PERMITIRÁN MANIPULACIONES DE EXPLOSIVOS DURANTE LAS HORAS NOCTURNAS. TAMPOCO SE PERMITIRÁ EL MOVIMIENTO O TRANSPORTE DE EXPLOSIVOS EN HORARIOS NOCTURNOS NI BAJO TEMPORALES ELÉCTRICOS. - - - - -**
- - - - -
- 5) **QUE NO SE DEBERÁ PERMANECER O TRANSITAR EN INMEDIACIONES DE CARGAS CEBADAS (MATERIAL EXPLOSIVO CON SU CORRESPONDIENTE DETONADOR ELÉCTRICO) CUALQUIERA SEAN LAS CONDICIONES METEOROLÓGICAS. - - - - -**
- - - - -
- 6) **QUE EN AQUELLOS CASOS QUE POR UN PELIGRO INMINENTE (EXPLOSIVOS CEBADOS EN INMEDIACIONES VIVIENDAS, ESCUELAS, DUCTOS, ZONAS TRANSITADAS, Y TODO LUGAR QUE REPRESENTA UN PELIGRO REAL PARA LAS PERSONAS) SE TUVIESE QUE EJECUTAR LAS ACTIVIDADES DE DESTRUCCIÓN SE DEBERÁN ADOPTAR LAS PRECAUCIONES NECESARIAS PARA PREVENIR UN DISPARO PREMATURO DE LOS DETONADORES POR ACCIÓN DE CORRIENTES INDUCIDAS, GALVÁNICAS, POR RADIO FRECUENCIAS,**

Medidas de seguridad a aplicarse ante presencia de corrientes eléctricas extrañas en operaciones con material explosivo

Edición Abril 2007

Comandante Santiago E. GONZÁLEZ

**ALAMBRADAS , LÍNEAS DE TENSIÓN, TORMENTAS DE POLVO,
NIEVE Y OTRAS FUENTES EXTRAÑAS DE ELECTRICIDAD.- - - - -**

- 7) QUE DEBIDO A LOS INCIDENTES OCURRIDOS OPORTUNAMENTE
CON LOS DETONADORES ELÉCTRICOS, A CAUSA DE SU DATA Y
ESTADO DE CONSERVACIÓN, LOS MISMOS SE HAN COMPORTADO
COMO DETONADORES SENSIBLES A LA PRESENCIA DE
CORRIENTES EXTRAÑAS. - - - - -**

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

1. MANUAL DE SEGURIDAD DE LA EMPRESA DU PONT.
2. MANUAL DE SEGURIDAD DE LA UNIÓN ESPAÑOLA DE EXPLOSIVOS”.
3. REGLAMENTO DE SEGURIDAD SOBRE EL EMPLEO , ACOPIO Y TRANSPORTE DE DETONADORES EMPLEADOS POR LAS FUERZAS ARMADAS ARGENTINAS
4. NORMAS DE SEGURIDAD ESTIPULADO POR LA FABRICA DE DETONADORES ELÉCTRICOS SISTEMA SCHAFFLER
5. NORMA LEGAL DEL REINO DE ESPAÑA APLICADA POR LA GUARDIA CIVIL Y EJÉRCITOS DE TIERRA, AGUA Y AIRE.
6. NORMA LEGAL VIGENTE EN NUESTRO PAÍS LEY NACIONAL DE ARMAS Y EXPLOSIVOS, DECRETO REGLAMENTARIO 302783.