

Diciembre 2020

Entrega 12

## Lecciones aprendidas de explosiones de metano en minas de carbón

### Introducción

La minería subterránea es y ha sido siempre un trabajo peligroso. Además del riesgo de asfixia y el peligro de la caída de carbón, está el peligro de una explosión de gas metano, que se expone permanentemente por las vetas y se vuelve potencialmente explosivo cuando se mezcla con el aire. Las minas deben tener buena ventilación para prevenir la formación de metano. Adicionalmente, las explosiones iniciales de metano pueden generar explosiones de polvo de carbón causando efectos aún más devastadores.

### Caso 1 – Mina de carbón

El 7 de agosto de 1994, ocurrió una explosión en una mina de carbón subterránea. Veintiún personas trabajaban bajo tierra en ese momento. Diez hombres del área norte de la mina escaparon dentro de los treinta minutos siguientes a la explosión, pero once del área sur no lograron volver a la superficie. De los que no lo lograron, ocho pertenecían a una cuadrilla que trabajaba desarrollando pilares, y otros tres, habían sido asignados al costado sur de la mina. Una segunda explosión, más violenta aún, ocurrió el 9 de agosto de 1994. Los intentos de rescate y recuperación fueron abandonados luego de esto y la mina fue sellada en la superficie.

### Aspectos claves de aprendizaje

La primera explosión se originó en el panel 512 de la mina y resultó al fallar en reconocer y tratar eficazmente un calentamiento de carbón en ese panel. Esta, a su vez, encendió el gas metano que se había acumulado dentro del panel después de sellarse. La investigación concluyó que el sellado del panel 512, terminada su producción, resultó en la formación de metano con concentraciones explosivas dentro del panel. El calor generado por la combustión espontánea del carbón se presentó por un tiempo en el panel antes de ser sellado. El calor tuvo la intensidad suficiente para actuar como fuente de ignición del gas en el panel, y esta combinación fue la causa inmediata de la primera explosión. No se encontró la causa de la segunda explosión. La investigación reveló varios factores que contribuyeron como la falla al prevenir el desarrollo del calentamiento en el panel 512; no reconocer la presencia de ese calentamiento; la falta al comunicar, capturar y evaluar efectivamente numerosas señales reveladoras durante un período prolongado; y la falla en el manejo del calentamiento y en identificar el impacto potencial al sellar el panel que pasó al rango explosivo debido a la acumulación de gas metano en su interior.

### Caso 2 – Mina de carbón

El lunes de Pascua, 5 de abril de 2010, se produjo una poderosa explosión en una mina de carbón. A las 3:02 pm una pequeña explosión de metano cerca del portón trasero de la pared larga desencadenó una violenta explosión de polvo de carbón. Veintinueve mineros murieron y uno resultó gravemente herido en el accidente.

### Aspectos claves de aprendizaje

La investigación concluyó que el punto de ignición de la explosión fue en el extremo de la galería principal. Al cortar el techo de arenisca de la mina con cizalla, las chispas encendieron un bolsillo de metano, creando una bola de fuego. La bola de fuego encendió el metano que se había acumulado durante el fin de semana y se filtró por la superficie de la galería principal. La bola de fuego viajó hasta la entrada posterior, donde la acumulación de polvo de carbón proporcionó combustible para una segunda fuerza, más mortal. La mezcla inicial de gas en la entrada fue de 3.000 ft<sup>3</sup> (85 m<sup>3</sup>) con 10% de metano. Normalmente una explosión tan pequeña generaría una sobrepresión muy baja. Pero en este caso, la explosión inicial de metano desencadenó una violenta explosión de polvo de carbón. La mina había experimentado ventilación inadecuada en varias ocasiones antes de la explosión. El sistema de ventilación era deficiente ya que no diluía suficientemente la acumulación de metano, y se habían colocado cantidades insuficientes de polvo de roca en las entradas de la mina para inertizar el polvo de carbón y evitar una explosión de polvo. La compañía no cumplió con los estándares federales y estatales de seguridad en la aplicación de polvo de roca. Como resultado, el polvo de carbón aportó el combustible que permitió que la explosión se propagara a través de la mina. Las aspersiones de agua no se mantuvieron adecuadamente y no funcionaron y, como resultado, una pequeña ignición no pudo extinguirse rápidamente. El sistema de revisión previo al cambio de turnos de la empresa se rompió y no se registraron los riesgos de seguridad o, si se registraron, no se gestionaron.



El ISC considera que el liderazgo a través de 6 elementos claves es vital para obtener buenos resultados en seguridad de procesos. Estos son:

- sistemas & procedimientos
- Ingeniería & diseño
- aseguramiento
- conocimiento & competencia
- factores humanos
- cultura

En la sección *Qué puedo hacer* puede verse como cada elemento juega un rol.

**Figure 1:** El marco de ISC

<b>¿Qué puedo hacer?</b>	
<b>Gerencia</b>	
<span style="color: green;">●</span>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El entendimiento de todos los parámetros de riesgo inherentes es crítico para prevenir explosiones en minas de carbón.</li> </ul>
<span style="color: red;">●</span> <span style="color: green;">●</span>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La prevención de explosiones de metano depende fundamentalmente de la eliminación de fuentes de ignición y de la dilución de las acumulaciones de metano explosivo con ventilación adecuada. La dilución del metano debe producirse como parte de la función designada a un sistema de purga.</li> </ul>
<span style="color: blue;">●</span> <span style="color: green;">●</span>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La prevención de explosiones de polvo de carbón se realiza mediante el uso de aspersores para reducir la formación de polvo de carbón, inertización con polvo de roca, captura de polvo de carbón con sales higroscópicas y barreras de explosión de polvo de carbón, pastas higroscópicas para aglutinar el polvo de carbón y monitoreo atmosférico en toda la mina para controlar tanto las explosiones de ignición de superficie como el fuego en áreas selladas.</li> </ul>
<span style="color: yellow;">●</span> <span style="color: green;">●</span>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entre más fino sea el polvo de carbón y mayor sea el material volátil, es mayor el peligro de explosión. Si la explosión inicial tiene la fuerza suficiente, incluso el carbón húmedo puede explotar y por lo tanto es necesario colocar barreras de explosión.</li> </ul>
<span style="color: red;">●</span>	<ul style="list-style-type: none"> <li>En minas con mucho gas, el metano emana del material excavado y los estratos circundantes, o zona de apilado, en concentraciones cercanas al 100%. El manejo del gas es un punto crítico, asegúrese de monitorear la cantidad y la calidad del aire en las minas, dando especial atención a la posibilidad de acumulaciones de metano en áreas minadas (áreas de pilares o socavones de pared larga).</li> </ul>
<span style="color: yellow;">●</span> <span style="color: red;">●</span>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El gas metano es explosivo a concentraciones entre el 5% y el 15%. Tenga en cuenta que es más explosivo en alrededor del 9,5%. En las minas de carbón, las explosiones relativamente pequeñas de metano a veces causan explosiones mucho mayores de polvo de carbón, lo que crea una concentración letal de monóxido de carbono</li> </ul>
<span style="color: blue;">●</span> <span style="color: green;">●</span>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Asegúrese de desarrollar e implementar un plan para el manejo de la combustión espontánea.</li> </ul>
<span style="color: green;">●</span> <span style="color: purple;">●</span>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Asegúrese de que los empleados estén entrenados para reconocer señales de peligros específicos en las minas, como la combustión espontánea, y su control; y que se familiaricen con los gases de la mina y los riesgos asociados.</li> </ul>
<span style="color: blue;">●</span>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Asegúrese de desarrollar e implementar procedimientos para la configuración, el restablecimiento y la observación y aceptación de las condiciones de alarma mostradas por cualquier sistema de monitoreo de gas utilizado en la mina.</li> </ul>
<b>Ingeniero de Proceso/Supervisor</b>	
<span style="color: green;">●</span> <span style="color: purple;">●</span>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Las posibles fuentes de ignición incluyen corriente de arco en el sistema eléctrico de la mina, sobrecalentamiento del motor diésel, contrabando ingresado a la mina, motores eléctricos en la parte no restringida de la mina y chispas por fricción causadas por las actividades de trabajo. Asegúrese de controlar rigurosamente las fuentes de ignición.</li> </ul>
<span style="color: blue;">●</span> <span style="color: green;">●</span>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El calor en las minas subterráneas supone un grave riesgo para la salud de las personas y para los equipos. Los motores diésel utilizados en equipos móviles son extremadamente caros y las altas temperaturas pueden acortar su vida con un impacto negativo importante en la economía de la mina.</li> </ul>
<span style="color: purple;">●</span> <span style="color: blue;">●</span>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Las personas que trabajan a altas temperaturas de bulbo húmedo corren el riesgo de sufrir agotamiento por calor o golpe de calor. En este último, los mecanismos de enfriamiento del cuerpo dejan de funcionar y puede ocurrir una muerte rápida. Temperaturas de bulbo húmedo de más de 30°C causan un alto riesgo de golpe de calor y condiciones superiores a 33°C deben considerarse como extremadamente peligrosas. Asegúrese de monitorear rigurosamente la temperatura.</li> </ul>
<span style="color: purple;">●</span> <span style="color: blue;">●</span>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Si al monitorear recibe notificaciones de exceso de metano asegúrese de que se realice una investigación profunda de esas instancias.</li> </ul>
<span style="color: yellow;">●</span>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Asegúrese de mantener y revisar los controles de ventilación (ventiladores, reguladores, detenedores y cortinas).</li> </ul>
<span style="color: blue;">●</span> <span style="color: purple;">●</span>	<ul style="list-style-type: none"> <li>En caso de una primera explosión, esté alerta de que pueden ocurrir segundas explosiones, y tenga esto en cuenta al coordinar las operaciones de evacuación y rescate.</li> </ul>
<b>Operador</b>	
<span style="color: purple;">●</span> <span style="color: green;">●</span>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Si detecta acumulaciones de metano reportelas a su supervisor inmediatamente.</li> </ul>
<span style="color: blue;">●</span> <span style="color: purple;">●</span>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Detenga las operaciones cuando las condiciones de ventilación sean insuficientes e informe al supervisor.</li> </ul>
<span style="color: blue;">●</span> <span style="color: purple;">●</span>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Maneje los trabajos de llama abierta y generación de chispas como corte y soldadura con sumo cuidado.</li> </ul>
<span style="color: purple;">●</span> <span style="color: green;">●</span>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Asegúrese de verificar regularmente que los aparatos de monitoreo de metano estén calibrados y que funcionen bien.</li> </ul>