

11.7. EQUIPOS DE PROTECCIÓN RESPIRATORIA PARA INTERVENCIÓN EN TÚNELES.

Los equipos de protección respiratoria a utilizar en el interior de un túnel, deben tener una autonomía suficiente. Hay que tener siempre presente, que a priori no sabemos con exactitud el tiempo que vamos a permanecer en el interior de un túnel que está inundado de humo. En un túnel lleno de humo, es fácil perder la orientación. Por otro lado, dependiendo de la longitud del túnel y de la complejidad de la intervención, el tiempo de permanencia en la zona inundada de humo puede sobrepasar ampliamente la media hora. Existen además, muchas circunstancias que pueden ser causa de que la permanencia en el interior de un túnel se dilate más de lo previsto. Sirva como ejemplo, el que se haga necesario penetrar a pie una distancia considerable para localizar a una persona que ha quedado atrapada en la zona inundada de humo. O también, podría ocurrir que la intervención se complique y que cuando hayamos finalizado, no nos quede aire para retornar al exterior (caso ocurrido en Japón donde murieron varios bomberos).

Por todo lo visto anteriormente, se hace necesario dotarse de los equipos de protección respiratoria adecuados a la tarea a realizar.

Vamos por tanto a analizar, los equipos de respiración autónomos que encontramos en el mercado, en base al nivel tecnológico alcanzado hasta ahora. Los sistemas de respiración autónomos son de dos tipos, los de circuito abierto y los de circuito cerrado.

11.7.1 Equipos autónomos de respiración de circuito abierto.

Son los que intercambian aire con el exterior durante su ciclo de respiratorio. Es durante la etapa de exhalación, cuando se intercambia el aire, puesto que este sale fuera del circuito del equipo autónomo, expulsándose al exterior a través de las válvulas de exhalación de la máscara. Actualmente existen dos variantes de este equipo.

- a) Equipo monobotella.
- b) Equipo bibotella.

a) ***El equipo monobotella***, es suficientemente conocido por todos los Servicios de extinción de Incendios y Salvamento, por lo que no entraremos en su descripción, ya que es tratado exhaustivamente en otra asignatura. Como ya sabemos, con un consumo nominal de 40 litros minuto, tiene una duración aproximada (con botella de 6 litros de capacidad cargada a 300 bares) de 45 minutos, que en la realidad, como demuestran las intervenciones que realizamos, se queda en 25 ó 30 minutos (con consumos de 72 y 60 litros minuto respectivamente). El aire que suministra este equipo no cambia de temperatura durante su utilización, es decir es siempre fresco.



b) *El equipo bibotella*, funciona exactamente igual que el monobotella, pero tiene la ventaja de tener el doble de capacidad, pues lleva dos botellas en vez de una. En realidad tiene algo más del doble de capacidad, pues las dos botellas que lleva en la espaldera son de 6,8 litros de capacidad cada una. Con un consumo nominal de 40 litros minuto, trabajando con las dos botellas cargadas a 300 bares, este equipo tiene una autonomía de 102 minutos, es decir una hora y cuarenta y dos minutos. Este tiempo de autonomía respiratoria, se convierte en la realidad en 68 minutos, es decir una hora y ocho minutos, para un consumo de 60 litros minuto y en 58 minutos, es decir menos de una hora, para un consumo de 70 litros minuto.

Las botellas del equipo bibotella son de composite, un material más ligero que el acero pero con la misma resistencia a la presión que este.



Detalle del equipo bibotella

11.7.2 Equipos autónomos de respiración de circuito cerrado.

Son los que no intercambian aire con el exterior durante su ciclo respiratorio. El aire exhalado, no se expulsa del circuito del equipo, como ocurría con los equipos de circuito abierto, sino que es reconducido al interior del equipo para ser acondicionado para volver a ser respirado. Durante este acondicionamiento se verifican dos acciones, una de absorción del dióxido de carbono, que es generado durante el proceso respiratorio, y otra de enriquecimiento del aire con oxígeno, el cual ha sido consumido al respirar. Una característica de estos equipos es que el aire se va calentando según va transcurriendo el tiempo de utilización. Es por ello, que disponen de un dispositivo para disminuir la temperatura del aire respirado. Otra característica de los equipos de circuito cerrado, es que poseen una bolsa respiratoria, que hace la función de pulmón o depósito de aire (como el circuito es cerrado, sino hubiera una bolsa de

aire deformable o pulmón artificial, no podríamos inhalar el aire.). Una última característica de estos equipos, es que poseen dos tráqueas con válvulas direccionales que se encargan de recircular el aire respirado en el sentido adecuado.

Actualmente, existen dos tipos de equipos autónomos de circuito cerrado, que difieren en la forma en que regeneran el aire respirado.

- a) Equipo de oxígeno químico.
- b) Equipo de oxígeno presurizado.

a) **El equipo de oxígeno químico**, realiza el acondicionamiento del aire respirado mediante un proceso químico, en el cual interviene una sustancia denominada Peróxido Potásico, que se encuentra contenida en dos cartuchos reactivos. La reacción que se verifica es la siguiente:



Equipo de circuito cerrado de oxígeno químico

Como vemos en la reacción se absorbe agua. Este agua, se obtiene de la humedad que hay en el aire exhalado proveniente de los pulmones del usuario. Por lo tanto es un equipo que deshidrata al usuario durante el proceso respiratorio (de forma similar a la deshidratación que sufren los escaladores al respirar en cumbres muy altas como las del Himalaya). También, como se ve en la formulación de la

reacción, se desprende calor. Este calor es eliminado, parcialmente, a través de unas aletas de disipación de calor, que están situadas a la salida de los cartuchos reactivos, sobre los conductos que conducen el aire ya regenerado.

Este equipo, lleva una batería recargable y una bomba eléctrica cuya finalidad es disminuir la resistencia respiratoria. También posee unas pastillas de arranque rápido, que tienen por misión suministrar oxígeno adicional durante un corto periodo de tiempo, ya que al comienzo de la reacción química, el aire resulta pobre en oxígeno.

Las dos tráqueas que lleva este equipo, discurren de forma paralela y juntas por debajo del brazo izquierdo del usuario. La autonomía de este equipo, con un consumo nominal de 40 litros por minuto, es de dos horas. El equipo pesa en torno a los trece kilogramos.

b) *El equipo de oxígeno presurizado*, realiza el acondicionamiento del aire respirado en dos etapas. Primeramente, absorbe el dióxido de carbono generado durante la respiración y en segundo lugar, enriquece este aire con oxígeno puro. El dióxido de carbono es absorbido por una sustancia denominada cal sodada, que va alojada en un recipiente que tiene que ser atravesado por el aire exhalado. Posteriormente, este aire ya limpio de dióxido de carbono, es enriquecido con el oxígeno que le inyecta un regulador. El oxígeno con el que se enriquece el aire, se encuentra alojado en un botellín de 2 litros de capacidad, a una presión de 200 bares.



Equipo de circuito cerrado de oxígeno presurizado.

La reacción que se verifica en el recipiente de cal sodada es la siguiente:



Como vemos, en esta reacción no se absorbe agua y por lo tanto, el usuario no se deshidrata a través de los pulmones.

Al igual que en el equipo de oxígeno químico, durante la regeneración del aire, se produce un calentamiento del mismo, debido a que la reacción química que se verifica en el cartucho de cal sodada es exotérmica. Por ello es necesario realizar un acondicionamiento de la temperatura del aire, el cual se efectúa en la cámara donde se añade el oxígeno puro. Esta cámara, tiene una carcasa de aluminio de forma cilíndrica, que no es otra cosa que un intercambiador de calor, a la cual se le puede añadir hielo para mejorar aún más su eficacia.

El equipo de oxígeno presurizado funciona a presión positiva, es decir que si se produce una falta de estanqueidad de la máscara, soplará aire hacia afuera de esta. Esto hace que el esfuerzo respiratorio sea bajo y que sea difícil que penetre humo del exterior hacia interior de la máscara.

La autonomía de este equipo, para un consumo nominal de 40 litros por minuto, es de cuatro horas. En la realidad, para un consumo durante la intervención de unos 60 a 70 litros por minuto, la autonomía se reduce a unas tres horas. El peso del equipo, con hielo, es de unos 14 kilogramos.

11.7.3 Utilización de los diferentes equipos autónomos de respiración durante la intervención con fuego en túneles.

De todo lo expuesto sobre equipos autónomos de respiración, concluiremos lo siguiente:

Para intervenir en las bocas de los túneles incendiados, en sus proximidades, o para penetrar poca distancia en el interior de aquellos, puede que sea suficiente con un equipo monobotella de circuito abierto. Aunque este equipo solo tiene una autonomía de una media hora, si se nos acaba el aire respirable, o si surgen dificultades, como estaremos situados en las inmediaciones de la boca del túnel, será sencillo ponerse a salvo saliendo rápidamente al exterior y alejándonos un poco del humo que sale por la boca.

Aún cuando no salga humo por una de las bocas del túnel, encontrándonos situados en ella, o dentro del túnel a pocos metros de aquella, no debemos confiarnos, porque el humo puede cambiar de sentido (bien sea por tener el túnel ventilación natural o por que alguien cambie el sentido de giro de los ventiladores del túnel). Por lo tanto, en dicha boca, es muy conveniente tener puesto el equipo monobotella, con la máscara quitada para no consumir aire innecesariamente, pero listos para ajustárnosla por si se nos vuelve el humo.



Los equipos bibotella de circuito abierto, con autonomía respiratoria de aproximadamente una hora, son más adecuados para penetrar en túneles que, teniendo un solo tubo y careciendo de salidas de evacuación a lo largo de él, no sean de mucha longitud. Consideraremos dichos túneles, a aquellos que tengan una longitud de kilómetro a kilómetro y medio.

Los equipos bibotella, también los consideraremos adecuados para intervención en túneles de mayor longitud, cuando se trate de túneles de dos tubos con varias conexiones entre ellos, o lo que es lo mismo, con salidas de evacuación que comunican un tubo con el otro. Como es lógico, estas salidas de evacuación son un elemento de seguridad a la hora de intervenir, pues al igual que permiten a los usuarios del túnel escapar del fuego, también nos permitirán a nosotros salir del tubo incendiado hacia el tubo no incendiado (con lo cual, no tendremos que transitar por el tubo lleno de humo para salir por una boca).

Cuando un túnel sea de un solo tubo y su longitud exceda de un kilómetro y medio, los equipos de respiración que elegiremos son los de circuito cerrado, pues tienen mayor autonomía que los de circuito abierto. Con esta elección, buscamos primar la duración de la protección respiratoria de los intervinientes. Es claro, que con un equipo de circuito cerrado, respiraremos un aire más caliente que el que respiraríamos con un equipo de circuito abierto, pero con un adecuado entrenamiento ello no debe ofrecer mayores dificultades. No hay que olvidar que la mayor autonomía respiratoria es un factor de seguridad a tener muy en cuenta, cuando se interviene en túneles de las características mencionadas.

11.8. TÉCNICAS DE INTERVENCIÓN EN INCENDIOS DE TÚNELES.

Vamos a ver que ocurre cuando se produce un fuego de cierta intensidad en el interior de un túnel y como debemos proceder.

11.8.1. Comportamiento del humo en un túnel con ventilación natural o con longitudinal simple.

Nos referiremos sobre todo al comportamiento del humo con estos tipos de ventilaciones, por ser hasta la fecha los únicos que existen en los túneles de la Comunidad Foral de Navarra. Los túneles de Belate y Almandoz, tienen ventilación forzada del tipo longitudinal simple. El resto de túneles de Navarra, poseen ventilación natural.

En base a las experiencias obtenidas en los incendios ocurridos en diversos túneles de todo el mundo, se ha observado lo siguiente. Cuando se produce un incendio en un túnel, el humo y el calor se dirigen en sentido vertical hacia la parte más alta de la cavidad, es decir, hacia la clave. Este humo, una vez que está situado en la clave, comienza a desplazarse horizontalmente. El sentido en el cual se va a desplazar el

humos, será el mismo que tenga la ventilación en el interior del túnel en el momento de producirse el incendio, con independencia de que esta ventilación sea natural o esté forzada por ventiladores. En un principio, el humo avanzará por el túnel en el sentido ya explicado, pegado a la parte superior de la bóveda, pues los gases de combustión estarán todavía muy calientes, predominando el efecto convectivo, produciéndose una estratificación similar a la que estamos acostumbrados a ver en los incendios de viviendas. A continuación, el humo, que avanza alejándose del foco del incendio, comenzará a enfriarse. Este enfriamiento progresivo, ocasionará que el humo descendiera a la calzada, lo cual ocurre a una distancia del foco de fuego de entre 80 y 200 metros, dependiendo dicha distancia, de las dimensiones del túnel, de si este está revestido, de la magnitud del fuego, de la velocidad del aire, etc.

Por lo tanto, de lo expuesto anteriormente se deduce, que sobre la calzada quedará una burbuja o campana de aire exenta de humo de unos 80 a 200 metros, a partir del foco del incendio. A continuación, transcurridos entre 6 a 10 minutos, debido a la acumulación del humo y a la aparición de turbulencias en el aire, desaparecerá la campana de aire, llenándose de humo toda la sección del túnel. Si el túnel posee ventilación forzada y esta se encuentra funcionando, tendremos un tramo de túnel inundado de humo (desde el foco del incendio hacia la boca por donde esta siendo expulsado el aire) y el otro tramo exento de humo. Si el túnel solo cuenta con ventilación natural, sucederá lo mismo que con la ventilación forzada longitudinal en lo referente a los dos tramos comentados, con la salvedad y esto es muy importante, de que el sentido de circulación del aire y por tanto el del humo, queda a merced de los efectos aleatorios ya descritos en el epígrafe de la ventilación natural, es decir que podrá cambiar de sentido de circulación en cualquier momento y de forma caprichosa. Esto último, es poco probable que ocurra si existe ventilación forzada, pues la fuerza que tienen los ventiladores es considerable. No obstante, si la climatología es muy adversa (por ejemplo un viento exterior muy fuerte en sentido contrario a la ventilación) podría darse el caso de que el sentido de circulación del humo cambie.

11.8.2. Información previa a la intervención.

Es fundamental, antes de penetrar en el túnel, informarse de que es lo que está pasando en el túnel y que acciones está realizando el centro de control. Esta información, debemos obtenerla durante el trayecto del parque al túnel. El centro de control, es un centro integrado que controla todos los túneles de Navarra (a fecha de redacción de estos apuntes - abril del 2001- se está realizando el citado centro de control, pero aún no está en funcionamiento). El centro de control es el que manipula la ventilación forzada, los semáforos, las barreras, los mensajes de los paneles informativos, las cámaras de televisión, la megafonía, la sala de bombas contra incendios, los sistemas de detección de incendios, etc. Es decir, el centro de control, lo controla todo. Es por ello fundamental mantener contacto permanente con el mismo. Una vez que estemos interviniendo en el túnel, el centro de control realizará todas las acciones que le solicitemos. Recordemos que en el incendio del túnel del Montblanc, nuestros colegas, los bomberos de Chamonix, penetraron en el túnel con una primera dotación, con vehículos, con equipos de circuito abierto y sin informarse de como estaba la



situación. El resultado, es que algunos de ellos murieron intoxicados, siendo otros rescatados por sus compañeros, los cuales penetraron a pie por las galerías de ventilación y con equipos de circuito cerrado.

11.8.3. Forma de proceder.

Una vez que estemos bien informados, antes de penetrar al túnel hay que establecer un plan de intervención. Este, tiene que dar respuesta a las siguientes preguntas:

- a) Que intervención vamos a realizar.
- b) Como la vamos a llevar a cabo.
- c) Quienes van a intervenir.
- d) Con que medios.
- e) Quiénes acuden a un posible rescate de emergencia de los intervinientes.

11.8.2.1 Generalidades.

Una cuestión importante, es comprobar que la instalación contra incendios propia del túnel, si es que existe, está convenientemente presurizada antes de penetrar en él. Una buena medida de precaución es penetrar en el túnel con una lanza y al menos un tramo de manguera del diámetro adecuado, para poder conectarla al armario de incendios, en previsión de que, por cualquier motivo, dicho armario no se encuentre, en ese momento, correctamente equipado. En el caso de que el túnel esté equipado con una columna seca, habrá que presurizarla previamente con una autobomba nodriza y buscar a continuación una fuente de abastecimiento.

La adopción del tipo de plan de intervención, va a depender sobre todo, de si el túnel es de un solo tubo y tráfico en doble sentido, o de si se trata de dos tubos con un único sentido de circulación en cada tubo. También va a depender de si existe ventilación forzada o no.

La prioridad número uno, como siempre en toda intervención, es rescatar y evacuar a las personas afectadas que están con vida. Solo posteriormente nos ocuparemos de la extinción. Si resulta posible, realizaremos simultáneamente las tareas de rescate y extinción, constituyendo para ello dos equipos de intervención. En los túneles, resulta muy indicada, la utilización de la cámara de imágenes térmicas para la localización de personas que han quedado en la zona inundada por el humo.

11.8.2.2 Túneles de un solo tubo.

En los túneles de un único tubo, que suelen tener tráfico en los dos sentidos, es decir en aquellos en los que no existe otro tubo paralelo para ser usado

como galería de evacuación y que tampoco tienen salidas de evacuación verticales hacia el exterior, lo mejor será penetrar por la boca por la que entra el aire limpio, puesto que si penetramos por la boca que sale el humo, no tendremos visibilidad y además, nos vendrá el calor de frente.

Por lo tanto, en estos túneles, lo primero será averiguar porque boca sale el humo. La mayoría de las veces, cuando lleguemos a un túnel incendiado, el sentido de circulación del aire ya estará establecido, bien de forma natural, o bien porque el centro de control habrá accionado los ventiladores. Si consideramos que los ventiladores no han sido accionados en el sentido adecuado, podremos solicitar al centro de control que los cambie, pero eso es algo que hay que sopesar bien antes de solicitarlo.

Si el túnel tiene menos de 1000 metros de longitud, es mejor no penetrar en él con los vehículos, siendo más conveniente utilizar las instalaciones de lucha contra incendios con que esté dotado (armarios con lanzas y mangueras). Si no está dotado de instalaciones contra incendios, entonces habrá que montar una línea de agua.

En túneles de más de 1000 metros de longitud, dada la distancia a recorrer, habrá que considerar la posibilidad de penetrar con un vehículo, a través de la boca por la que no sale el humo. Ello nos permitirá acortar el tiempo de intervención. No obstante, convendrá detener el vehículo, al menos a 50 metros del foco del incendio, ya que de otro modo el vehículo podría resultar afectado por el calor.

11.8.2.3. *Túneles de dos tubos paralelos.*

En túneles de dos tubos, con un único sentido de circulación en cada tubo, lo normal será que existan galerías que comuniquen un túnel con el otro. Esto último suele ser habitual (o al menos debería serlo), si el túnel tiene más de 500 metros de longitud. Las galerías de comunicación de un tubo con el otro, no son otra cosa, que las salidas de evacuación en caso de emergencia. Estas salidas de evacuación, nos servirán para aproximarnos todo lo posible hasta el foco del incendio, sin necesidad de transitar por el túnel incendiado. En este caso, como se habrá cerrado la circulación al tráfico en los dos tubos, podremos penetrar con los vehículos sin problema alguno, a través del túnel no incendiado, penetrando al túnel incendiado a través de las galerías de evacuación. Podremos entonces, usar las instalaciones contra incendios que existan en el túnel, o bien montar nuestras propias líneas de agua, haciéndolas pasar de un tubo a otro a través de las galerías de evacuación.

11.8.2.4. *Equipo humano de intervención.*

Al menos deberían penetrar 2 bomberos y un cabo, es decir tres efectivos



humanos. La comunicación de este trío, con el mando que permanezca en el exterior del túnel, debe ser continua. La dotación exterior tiene que estar preparada por si fuera necesario realizar un rescate de emergencia de sus compañeros, pues pueden resultar afectados por el calor, por una explosión, por avería de un equipo autónomo, o por cualquier otra circunstancia.

El mando que permanece fuera, tiene que ser informado continuamente por el equipo que ha entrado en el túnel, pues de otra manera no podrá coordinar la intervención adecuadamente. Será necesario, que alguien se encargue de llevar el control de tiempos de los equipos autónomos de respiración, de la dotación que está interviniendo en el interior del túnel.

11.8.2.5. *Protección respiratoria para los rescatados.*

En el caso de tener que realizar un rescate en una zona inundada de humo, hay que tener en cuenta que si nos va a llevar cierto tiempo, las personas pueden acabar seriamente intoxicadas. Por ello, habrá que proceder a proteger las vías respiratorias de estas personas colocándoles algún tipo de máscara con un elemento filtrante o incluso un equipo autónomo de respiración.

Por último recordar, que debemos tener en cuenta, que en un túnel incendiado pueden empezar a fallar los sistemas de ventilación e iluminación. También podría ocurrir, que el equipo de bombeo que presuriza las instalaciones de lucha contra incendios, con las que está equipado el túnel, ¡no funcione ese día!. Por lo tanto, debemos estar preparados para conectar nuestros equipos de iluminación y de impulsión de agua.

Estos apuntes se terminaron de redactar el 10 de abril del 2001.