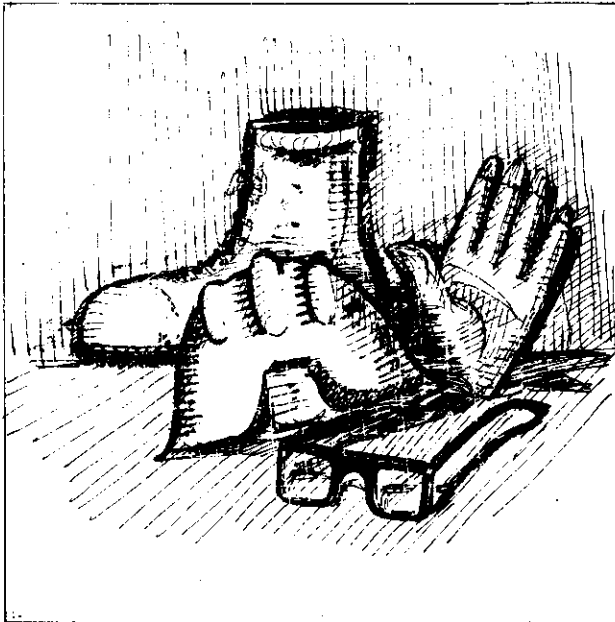


# Seguridad.



## **ESTUDIO SOBRE CONDICIONES DE SEGURIDAD EN TUNELES DE SECADO DE DISOLVENTES INFLAMABLES**

---

**Autores: JOSE LUIS VILLANUEVA MUÑOZ  
EMILIO CASTEJON VILELLA**

---

### **INTRODUCCION**

Los días 16 de Marzo y 5 de Mayo de 1981 se registraron sendas explosiones en dos túneles de secado de disolventes, en dos empresas diferentes de la provincia de Barcelona. Como consecuencia de los mismos hubo un balance de dos muertos y catorce heridos de distinta gravedad.

El primero de ellos ocurría en una empresa de acabados textiles. La deflagración originada salió por la boca del túnel y causó quemaduras al operario que supervisaba las operaciones, por las cuales murió un mes después. La onda de presión generada, prácticamente reventó el túnel y la cubierta de la nave en sus proximidades que era de fibrocemento. (Ver foto nº 1).

El segundo ocurrió en una empresa de abrasivos. La deflagración originada, salió por la boca del túnel y causó quemaduras graves a dos operarios que trabajaban en proximidades. La onda de presión generada reventó el túnel, un muro y la cubierta de la nave que al ser de loseta y tipo abovedado, se desplomó en su totalidad causando un muerto y 11 heridos. (Ver foto nº 2).

Las experiencias que se disponen de visitas a instalaciones similares, permiten afirmar que es frecuente que no se hayan adoptado las medidas de seguridad que hagan el riesgo tolerable.



Foto 1

## OBJETO DEL ESTUDIO

En los dos accidentes antes indicados concurrían una serie de situaciones peligrosas; por una parte, origen del riesgo y, por otra, origen de consecuencias.

### a) Origen del riesgo

- Existencia de atmósfera inflamable en el interior del túnel.
- Instalación eléctrica no adecuada.

### b) Origen de las consecuencias

- Ausencia de paramentos débiles.
- Puestos de trabajo en proximidad a aberturas en el túnel.

El presente estudio tiene como objeto analizar las medidas de seguridad necesarias para minimizar la probabilidad de explosiones o sus consecuencias en túneles de secado por evaporación de disolventes inflamables.

No se pretende hacer un análisis profundo de todas las condiciones de seguridad de los distintos tipos de túnel, que puede ser objeto de un estudio más minucioso, sino tan sólo, desarrollar con detalle las condiciones de ventilación, instalación de paramentos débiles y condiciones de puestos de trabajo en proximidades a los túneles, por cuanto:

- 1º) Una adecuada ventilación en el interior del túnel descarta en teoría la probabilidad de explosiones en el mismo por disolventes.
- 2º) La disposición de paramentos débiles, correcta-

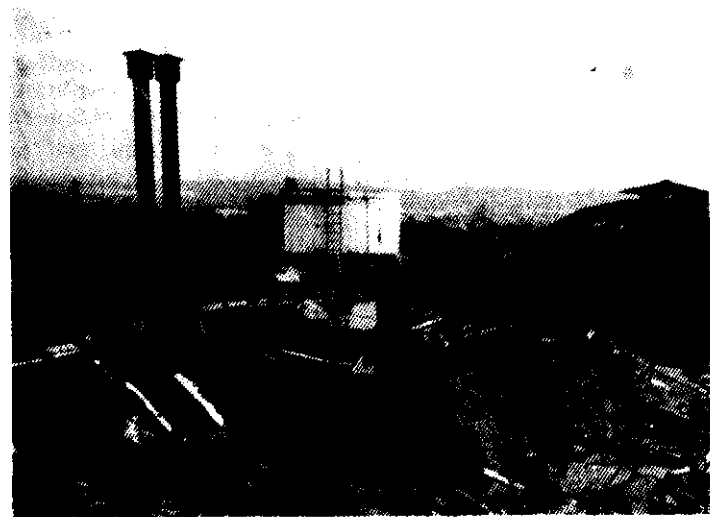
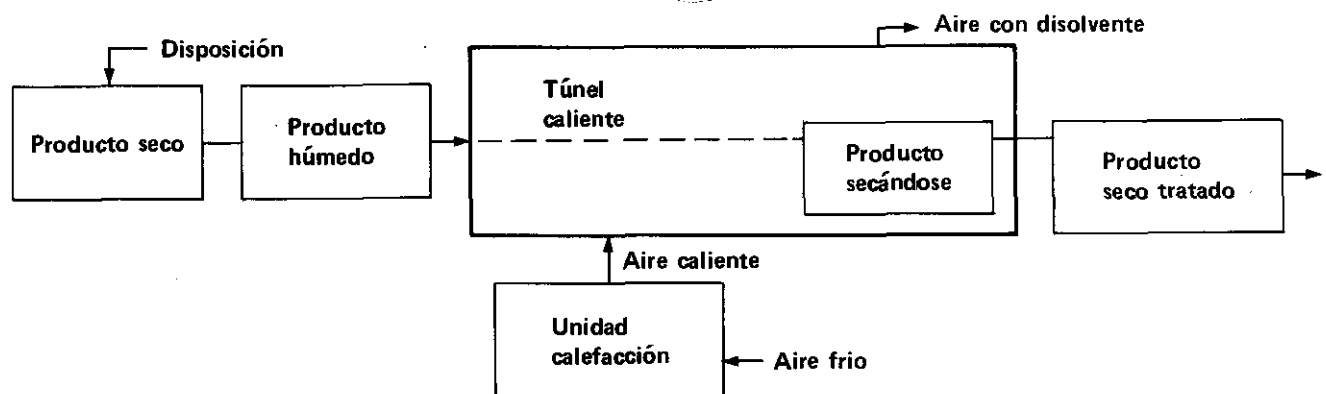


Foto 2



# Seguridad.

mente dimensionales y dispuestos, minimizará la probabilidad de consecuencias técnicas graves y en algún caso humanas.

- 3º) Los puestos de trabajo en proximidades a aberturas en túneles se demuestran como peligrosos por lo que deben adoptarse las medidas de seguridad necesarias.

## CARACTERISTICAS DEL PROCESO

El proceso que aquí se analiza tiene de una forma simplificada las características técnicas que se enumeran en la tabla de la página anterior.

- Es un proceso de acabado en el cual sobre una base a tratar, (papel, textil, metal, etc.), se deposita el producto para el tratamiento, (resinas, pinturas, etc.), a las cuales se les ha proporcionado la fluidez necesaria con disolventes, (hexano, acetona, tolueno, etc.).
- En el túnel existe una temperatura que se consigue por aire calentado por diversos procedimientos (quemadores o calderas, aceite térmico, vapor, etc.).
- El aire caliente provoca la evaporación del disolvente que disuelto en el aire es extraído del túnel, por ventilación natural o forzada.

## CARACTERISTICAS DEL RIESGO

Las explosiones en estas instalaciones son originadas normalmente:

- Por el combustible utilizado para calefacción.
- Por los disolventes evaporados en el túnel de secado.

Sólo se analizarán las explosiones originadas por disolventes.

## GENERALIDADES SOBRE EXPLOSIONES DEFLAGRANTES

Las reacciones que provocan una explosión de disolventes, son idénticas a las de un incendio pero desarrolladas a velocidades comprendidas entre 1 m/

seg. y la velocidad del sonido en el medio. Reciben el nombre de deflagraciones.

A dicha velocidad los gases productos de la combustión, a alta temperatura, generan ondas de presión que alcanzan valores comprendidos entre 1 y 10 veces la presión inicial.

## CAUSAS DEL INICIO

Para que se inicie una deflagración, hace falta la confluencia en espacio y tiempo de los siguientes factores:

- Una mezcla producto inflamable-aire dentro del rango de inflamabilidad.
- Un foco de ignición.

La manipulación de disolventes a temperatura superior a su temperatura de inflamación, (consultar tabla en anexo), implica la presencia de una atmósfera inflamable, siempre que la ventilación existente no asegure una dilución tal, que la concentración disolvente-aire esté por debajo del límite inferior de inflamabilidad, (consultar tabla en anexo).

Cuanto menor sea la dilución y mayor la temperatura ambiente mayor será el volumen de mezcla inflamable.

En tales condiciones el aporte de un foco de ignición, (chispa, brasa, llama o superficie caliente), puede elevar su temperatura por encima de la de autoignición, (consultar tabla en anexo), originando una explosión deflagrante.

## CAUSAS DE LAS CONSECUENCIAS

Cuando se produce una deflagración en el interior de un túnel de secado el efecto es doble. Por una parte se produce una onda de fuego, que saliendo por las aberturas del túnel quema a todo lo que se encuentre en sus proximidades, (normalmente tras la explosión hay incendio). Por otra parte se genera una onda de choque, que si no existen suficientes aberturas para ser evacuada, revienta el túnel por cuanto, salvo que tengan un diseño especial al efecto, las construcciones habituales no tienen suficiente resistencia para soportar las presiones generadas.

## MEDIDAS DE PREVENCIÓN

Las medidas de prevención son aquellas a adoptar para evitar el inicio del accidente.

Según datos del "Handbook of Industrial Loss Prevention" en una encuesta sobre 123 explosiones por disolventes en túneles de secado, ocurridas en un período de 18 años el 50% de las explosiones ocurrieron por defectuoso diseño del sistema de ventilación; el 30% por defectos de ventilación, por cambio del tipo de trabajo, cambio de disolventes o aumento de la velocidad de circulación del producto; el 10% a fallos humanos en operación y el restante 10% a fallos en los elementos de control de seguridad, residuos sólidos sobre conductos, ruptura de elementos de transporte, etc.

### LIMITACION DE ATMOSFERAS INFLAMABLES POR VENTILACION

#### Prácticas incorrectas

El análisis de los datos obtenidos en las 123 explosiones mencionadas ha demostrado que existen dos tipos de errores habituales en los sistemas de ventilación, que es necesario evitar:

#### a) EMPLEO DE TIRO NATURAL

Las ventilaciones basadas únicamente en el tiro natural no son fiables. El flujo de aire en la chimenea se reduce demasiado fácilmente e incluso puede llegar a invertir su sentido, debido a una multiplicidad de causas externas cuyo control escapa en mayor o menor medida a los responsables de la planta; entre ellos merecen citarse los cambios de temperatura, velocidad del viento, ensuciamiento y/o presencia de obstrucciones en los conductos de extracción o la chimenea, restricciones a la entrada de aire limpio, y presencia de otros ventiladores de extracción en el mismo local. Todos estos factores pueden alterar sustancialmente la ligera presión que gobierna el tiro natural y anular prácticamente sus efectos como ventilación de seguridad.

#### b) EMPLEO DE VENTILADORES DE DOBLE FUNCION

Es una práctica relativamente habitual que los ventiladores que se emplean para recircular el aire en el túnel sean simultáneamente los responsables de la

extracción al exterior de los vapores producidos durante el secado. Este método suele generar el caudal necesario de ventilación de seguridad mediante sobrepresiones muy bajas que se ven fácilmente afectadas por las mismas variables que reducen la eficacia de la ventilación natural.

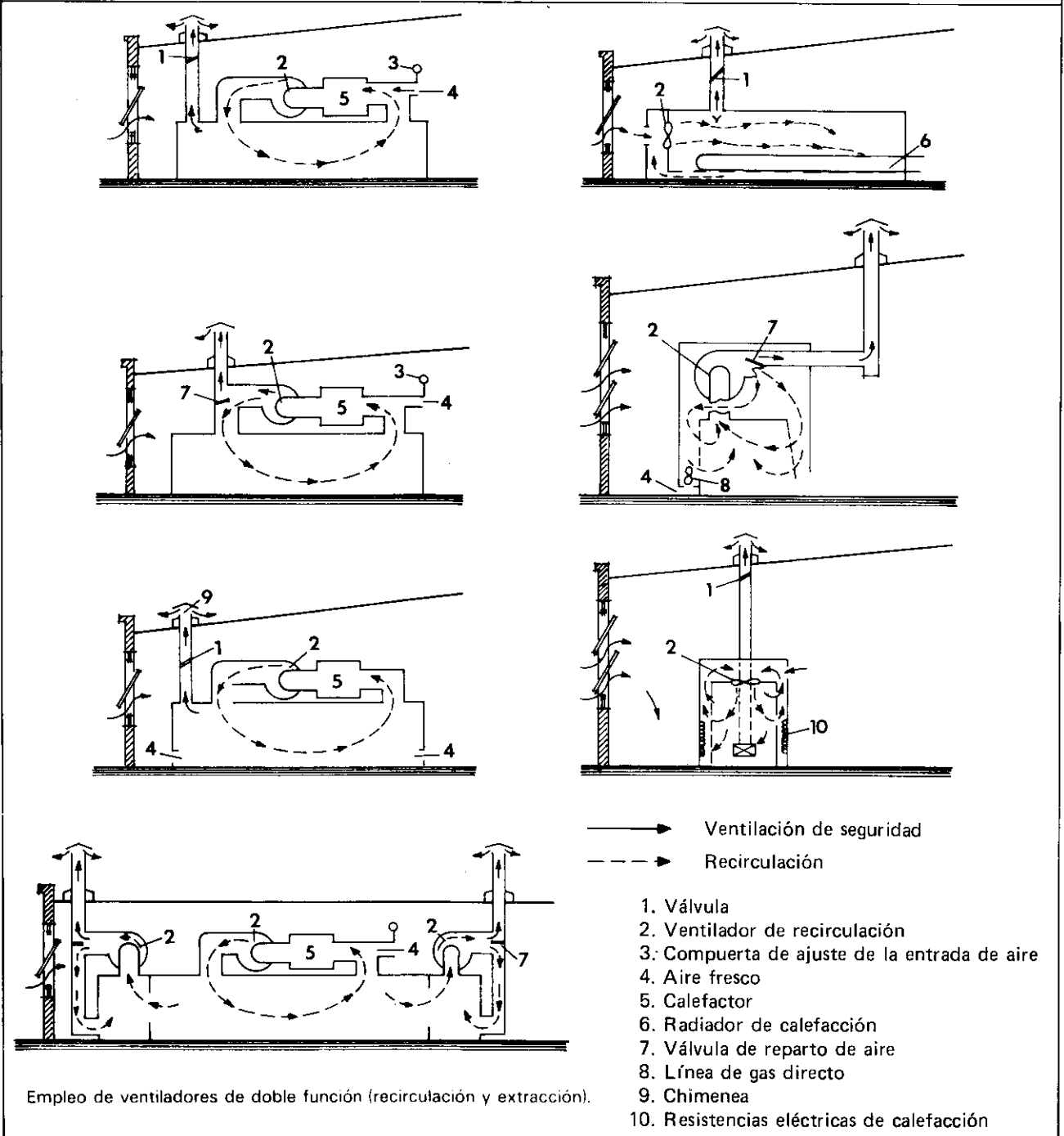
En la figura 1 se indican ejemplos típicos de sistemas de ventilación incorrectos y en la figura 2 se muestran algunos esquemas de ventilaciones adecuadas.

#### Síntomas de una ventilación insuficiente

Puesto que en los túneles de secado la probabilidad de que se presente un foco de ignición es relativamente pequeña, es común que éstos funcionen en condiciones próximas o incluso superiores al límite inferior de explosividad, (es decir, con una ventilación insuficiente), durante períodos de tiempo largos sin que se produzca la explosión; sin embargo existen una serie de síntomas que pueden permitir detectar precozmente que el caudal de ventilación es inferior a lo necesario:

- a) Si la temperatura del conducto de extracción o de la chimenea desciende, usualmente es debido a que el caudal de extracción ha disminuido, o incluso que se ha invertido el sentido del flujo.
- b) Si se ha realizado algún cambio en el proceso sin una determinación previa del nuevo flujo de disolvente evaporado es posible que el caudal de ventilación que inicialmente podía ser correcto, sea ahora insuficiente.
- c) Las dificultades para alcanzar la temperatura de régimen son una tentación difícil de vencer para reducir el caudal de extracción; por eso es conveniente registrar este tipo de incidentes a fin de poder verificar a posteriori que las condiciones de ventilación siguen siendo las adecuadas.
- d) Si las piezas salen del túnel insuficientemente secas, una posible causa es la reducción del caudal de extracción.
- e) La presencia de depósitos de condensación en la chimenea puede indicar que éstos se producen también en el interior del túnel, dificultando el paso del aire y reduciendo su caudal.
- g) Si estas condensaciones se producen junto a las bocas de entrada y salida del túnel ello puede ser debido a una presión interna en el túnel superior a la del local, lo cual puede indicar una reducción del caudal de extracción.

**FIGURA 1**  
**EJEMPLOS DE VENTILACION INADECUADA**



## Recomendaciones para el diseño del sistema de extracción

### CARACTERISTICAS GENERALES

- a) Los conductos de extracción deben situarse preferentemente en la zona de máxima concentración de vapores.
- b) La extracción debe realizarse exclusivamente por medios mecánicos.
- c) El sistema de extracción de un túnel de secado no debe conectarse a un colector común a otros equipos, salvo cuando se trate de otros túneles de secado. En este caso la conexión común sólo podrá realizarse cuando se garantice que la puesta fuera del servicio de uno o más de los túneles no provocó una disminución del caudal extraído en los demás; al mismo tiempo los vapores procedentes de los túneles en servicio no deberán crear un riesgo en el que está parado.
- d) Los túneles en los que la temperatura se controla mediante válvulas (manuales o automáticas) que modifican el volumen de aire caliente introducido, deben diseñarse de forma que una reducción de dicho volumen no implique una disminución del caudal de la ventilación de seguridad.
- e) En los túneles de calentamiento indirecto mediante combustible líquido o gas, la extracción de los humos de combustión se realice mediante un ventilador independiente del sistema de extracción de los vapores generados en el túnel.
- f) El aire aportado para la ventilación del túnel debe distribuirse lo más uniformemente posible por todo el volumen del mismo, evitando al máximo la existencia de zonas mal ventiladas.

### CAUDAL DE EXTRACCION

#### Túneles continuos

Cuando un túnel continuo se ha diseñado para operar con un disolvente determinado y el volumen de ventilación puede controlarse con exactitud, el valor del mismo puede calcularse con la siguiente fórmula:

$$V = \frac{3,3 \times D_L \times (100 - L.I.I.)}{D_v \times L.I.I.}$$

donde: V = Volumen de aire referido a 20°C, en metros cúbicos por litro de disolvente evaporado.

$D_L$  = Densidad relativa del disolvente respecto al agua.

$D_v$  = Densidad relativa del vapor del disolvente respecto al aire.

L.I.I. = Límite inferior de inflamabilidad, en porcentaje.

La fórmula anterior incorpora un factor de seguridad de 4; es decir, si empleamos el caudal deducido de ella la concentración **media** del vapor del disolvente en el interior del túnel será del 25% del L.I.I.

Algunos datos útiles para el cálculo del caudal de extracción se dan, para los disolventes más comunes, en la Tabla 1.

Cuando no se den las circunstancias especificadas en el caso anterior (disolvente único y caudal de extracción muy controlado) se logra también un factor de seguridad de 4 (concentración no superior al 25% del L.I.I.) para la mayoría de los disolventes empleando un caudal de extracción de 80 m<sup>3</sup> de aire (referidos a 20°C) por cada litro de disolvente evaporado.

#### Observación:

Los caudales de aire calculado por cualquiera de los dos métodos anteriores se refieren a aire medido en condiciones standard, 20°C y 1 atm.

El cálculo del caudal real a extraer cuando la temperatura es T°C se efectúa multiplicando el caudal calculado por un factor de corrección F que vale:

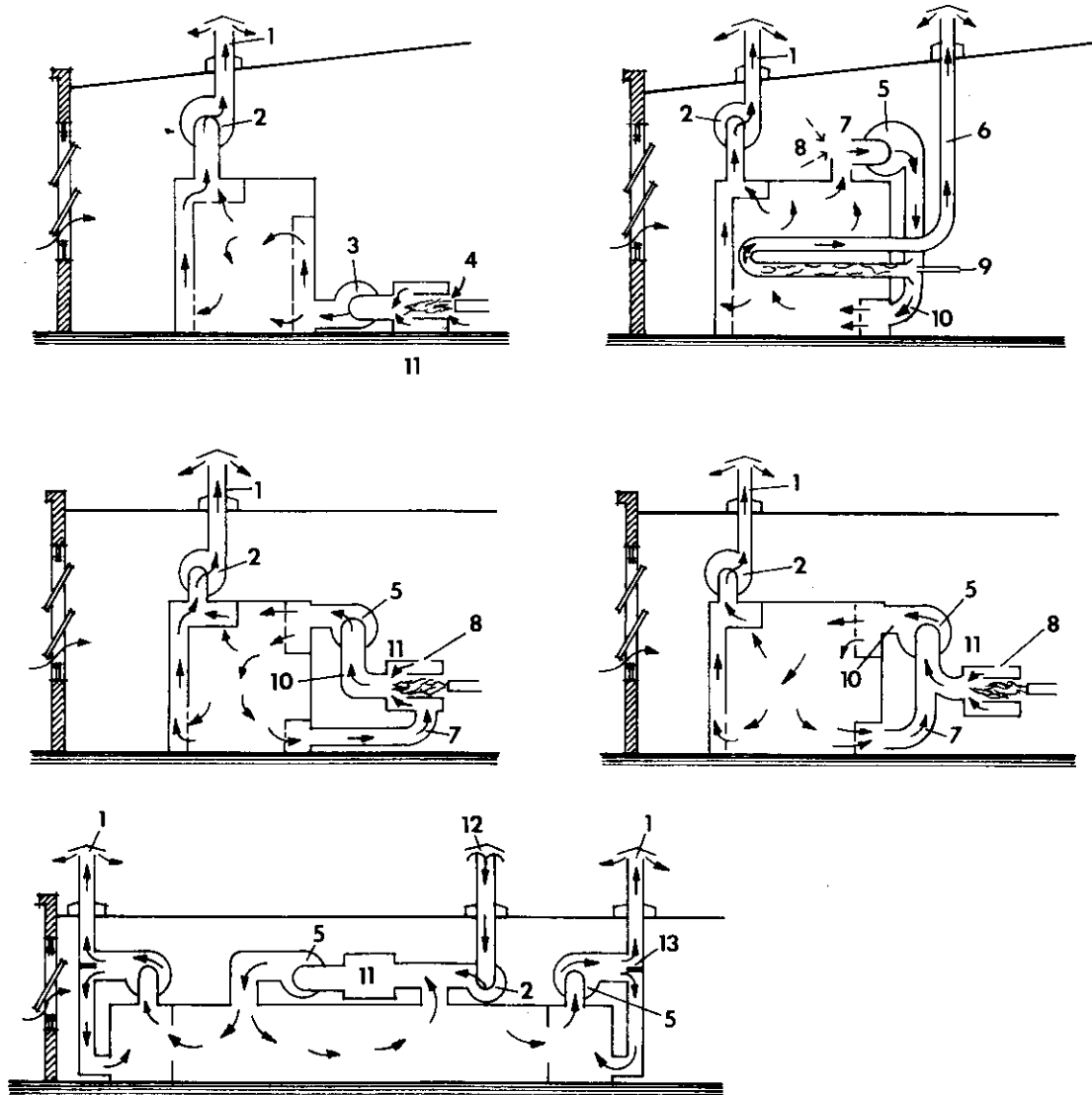
$$F = \frac{273 + T}{293}$$

#### Túneles discontinuos

La experiencia ha puesto de manifiesto que la naturaleza del producto del secado es el factor determinante del caudal de ventilación necesario. Distintos tipos de productos producen diferentes flujos de evaporación, y los ensayos prácticos han probado que aquél es máximo en el caso de piezas metálicas recubiertas por inmersión. Los datos obtenidos indican que, en este caso, es necesario un volumen de 3 m<sup>3</sup> de aire (en condiciones standard) por cada litro de disolvente evaporado.

Para otras clases de productos deben emplearse este mismo dato a menos de que se disponga de valores experimentales fiables sobre el flujo máximo de disolvente evaporado (no el valor medio) durante el proceso

**FIGURA 2**  
**EJEMPLOS DE SISTEMAS DE VENTILACION CORRECTOS**



- 1. Chimenea de extracción
- 2. Ventilador de extracción
- 3. Ventilador de calefacción
- 4. Entrada de aire de combustión y dilución
- 5. Ventilador recirculación
- 6. Chimenea de productos de combustión
- 7. Retorno

- 8. Aire fresco
- 9. Quemador
- 10. Alimentación
- 11. Calefactor
- 12. Entrada de aire de dilución
- 13. Válvula de reparto de aire

de secado. Se recomienda que a partir de estos datos se elija un caudal de ventilación que en ningún caso permita que se supere el 25% del L.I.I. Cuando no se dispone de los datos citados puede generalmente calcularse el caudal de ventilación a emplear mediante la fórmula siguiente:

$$Q = 2,5 \times E \times V$$

Donde:

- Q = Caudal de ventilación referido a 20°C, m<sup>3</sup>/h.
- E = Cantidad de disolvente evaporada en la hora de máxima evaporación.
- V = Volumen de ventilación por litro de disolvente obtenido de la fórmula dada en el apartado de túneles continuos.

La fórmula anterior presupone que el flujo instantáneo máximo de evaporación no supera en más de 2,5 veces el flujo medio, cuando esta hipótesis pueda razonablemente incumplirse, como ocurre cuando el producto a secar es de poca capacidad calorífica por lo que se calentará muy rápidamente (papel, tejidos) o se emplean disolventes muy volátiles, el caudal así calculado puede ser insuficiente.

La bibliografía existente sobre la variación del L.I.I. con la temperatura indica que éste decrece cuando la temperatura aumenta; por tanto el caudal de ventilación por unidad de disolvente evaporado deberá ser mayor cuanto más alta sea la temperatura. Aunque los datos específicos varían bastante de un disolvente a otro con carácter general puede acudirse a la siguiente recomendación. El caudal calculado tal como se ha indicado es válido a temperaturas del túnel de hasta 120°C. Para temperaturas superiores el caudal debe incrementarse en un 40%.

#### ELEMENTOS DE SEGURIDAD EN EL SISTEMA DE VENTILACION

Dada la importancia del equipo de ventilación para la seguridad del funcionamiento del túnel es necesario dotar a aquél de una serie de controles que aseguren que su efectividad se mantiene de forma permanente. Entre éstas destacaremos las siguientes:

- a) El sistema de calefacción y el de arrastre del material a secar no han de poder ponerse en marcha si previamente no se han puesto en

funcionamiento los ventiladores de extracción y, a ser posible, los de recirculación si los hay.

- b) El fallo de cualquier ventilador debe producir la parada automática del sistema de calefacción y del mecanismo de arraste.

Para minimizar el riesgo de que se produzca este tipo de fallo se recomienda que todos los ventiladores de extracción sean de accionamiento directo o bien, si son de accionamiento por correa, se empleen dos o más de éstas y se disponga de un sistema de detección de la rotura de éstas. Un buen sistema para detectar el fallo del ventilador es el empleo de indicadores de presión o caudal del aire extraído que en caso de fallo proporcionen una señal que detenga la calefacción y el arrastre.

- c) Cuando se produce una parada accidental (del conjunto del equipo o del sistema de extracción únicamente) pueden acumularse en el interior del túnel concentraciones peligrosas de vapores de disolvente; para este caso antes de poner de nuevo en marcha el equipo ha de efectuarse, mediante el sistema de extracción, una ventilación equivalente al menos a cuatro renovaciones del aire contenido en el interior del túnel. Para que la duración de esta purga sea suficiente un temporizador ha de impedir la puesta en marcha de los sistemas de calefacción y arrastre hasta que haya transcurrido el tiempo necesario para efectuar las cuatro renovaciones.

#### LIMITACION DE FOCOS DE IGNICION

Una atmósfera inflamable vapor-aire puede ser inflamada con una energía de alrededor de 25 milijulios.

Si se recapacita sobre el hecho de que una descarga electrostática puede alcanzar hasta 50 milijulios, es utópico esperar que todos los focos de ignición a ese nivel, serán eliminados y no se generarán a lo largo de los años.

La técnica de eliminación de focos de ignición es necesaria pero no garantiza un nivel de seguridad aceptable como única medida de prevención.

Los focos de ignición pueden ser agrupados en llamas, brasas, chispas y superficies calientes.

Resulta evidente que en el mismo túnel y sus alrededores, donde por la manipulación de inflamables a temperatura superior a la de inflamación, pueden formarse mezclas inflamables, debe existir una eliminación exhaustiva de todos los focos mediante la



# Seguridad.

adopción de las medidas preventivas necesarias que a continuación se resumen.

- Prohibición de fumar y utilizar otros focos de ignición.
- Eliminar llamas desnudas (calefacción, quemadores, etc.).
- Control exhaustivo de operaciones de mantenimiento que utilicen o produzcan llamas o chispas (soldadura, corte, etc.).
- Evitar la formación de chispas por fricción o impacto mediante el control de operaciones y mantenimiento de elementos móviles (cojinetes, engranajes, etc.).
- Continuidad eléctrica entre todas las masas metálicas y a su vez puesta a tierra para limitar la aparición de cargas electrostáticas.
- Instalación eléctrica antiexplosiva acorde con la Instrucción Complementaria MIBT 026 del Vigente Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.
- Control térmico de la instalación para limitar el riesgo de autoinflamación de los disolventes o del fluido utilizado para calefacción (ejemplo aceites térmicos cuya temperatura de autoinflamación puede estar entre  $200 \div 300^{\circ}\text{C}$ ).
- Limpieza periódica de los túneles y conductos a donde puedan producirse condensaciones de disolvente, aceites fibras o polvos inflamables.

Como medida especial de prevención es conveniente instalar en el interior del túnel, uno o más explosímetros de detección continua de atmósferas inflamables, que interrumpan la calefacción en caso de alcanzarse concentraciones del orden del 40% del límite inferior de inflamabilidad.

## MEDIDAS DE PROTECCION

Las medidas de protección son aquellas que se adoptan para limitar las consecuencias.

Es necesario que se adopten por cuanto puede existir un fallo en prevención, que provoque un escape accidental de fluido de calefacción o combustible, un sobrecalentamiento, o un fallo en el sistema de ventilación. Cualquiera de dichas eventualidades puede degenerar en una explosión de desastrosas consecuencias.

## LOCALIZACION DEL TUNEL

Lo más alejado posible de otras actividades. A ser posible formando sector cortafuego RF 60 minutos mínimo.

El techo del edificio con placas ligeras de fibrocemento o similares que cedan en caso de explosión.

## CONSTRUCCION-CONFINAMIENTO

El túnel debe ser construido con materiales incombustibles y de forma que, las partes donde puedan depositarse residuos, sean accesibles.

Una posible medida de protección es el diseño del túnel de forma que sea capaz de resistir y confinar una explosión interior. De adoptarse tal medida hay que tener presente que las aberturas, (alimentación y extracción de producto), y conducciones que nazcan o confluyan en el túnel, (ventilación), deben ser a su vez diseñadas para resistir la explosión.

En la práctica esta medida sólo es de aplicación en túneles pequeños.

## PARAMENTOS DEBILES

Los túneles deben ser provistos de paramentos débiles en la proporción de 1 pie cuadrado cada 15 pies cúbicos de volumen de la instalación, es decir:

$$\frac{1 \text{ pie}^2}{15 \text{ pies}^3} \times \frac{0,09290 \text{ m}^2}{1 \text{ pie}^2} \times \frac{1 \text{ pie}^3}{0,02832 \text{ m}^3} \simeq 0,22 \text{ m}^2 / \text{m}^3 \simeq \frac{1 \text{ m}^2}{4,5 \text{ m}^2}$$

Los paramentos débiles deben situarse uniformemente distribuidos a lo largo de todo el túnel, en el techo, o en aquellas paredes en proximidad a las cuales no existan puestos de trabajo o circulación de personas.

Se evitará la posibilidad de que por el diseño y ubicación de los paramentos, éstos puedan salir despedidos en caso de explosión, lesionando a personas. Una posible solución es sujetarlos con cables o cadenas al techo.

Los paramentos se diseñarán de forma que cedan para presiones de  $0,15 \text{ Kg/m}^2$  como máximo. Hay que prever un mantenimiento periódico de los mismos para que dicha condición se mantenga.

## SUPRESORES

En una deflagración la velocidad de la llama no supera normalmente los  $10 \text{ m/seg.}$ , mientras que la onda de presión se desplaza por delante a la velocidad

del sonido en el medio ( $\approx 360$  m/seg.); es posible por tanto detectar dicha *onda*, disponiendo de fracciones de segundo para actuar contra la extensión de la combustión y el aumento de presión.

Los supresores de explosión son sistemas que detectan la explosión en sus inicios, y que por una señal eléctrica hacen explotar un recipiente que contiene una sustancia extintora, (halón o polvo), que inunda el recinto en pocos milisegundos antes de que la presión crezca hasta un nivel peligroso.

En general este sistema sólo es aplicable por su coste a recintos pequeños.

### PROTECCION DE ABERTURAS

Las aberturas en los túneles no pueden ser evitadas salvo en túneles de proceso discontinuo. En caso de deflagración, saldrá por allí el frente de llamas. Si en sus proximidades existe alguna persona, ésta resultará quemada.

Es necesario que dichas aberturas dispongan de baffles deflectantes que desvíen las llamas en dirección no peligrosa, o bien que se proteja el puesto de trabajo del individuo mediante paramentos que detengan el frente de llamas.

### CONCLUSIONES

- 1º) *Los túneles de secado con evaporación de disolventes inflamables entrañan un grave riesgo de explosión que, caso de actualizarse, comporta graves consecuencias.*
- 2º) *La experiencia de que se dispone permite deducir que buena parte de los túneles en funcionamiento no disponen de las necesarias medidas de prevención y protección lo cual plantea una situación preocupante.*
- 3º) *Las explosiones en estas instalaciones son originadas por el combustible de calefacción o por los disolventes inflamables aunque el estudio se limita a las causadas por disolventes.*
- 4º) *La eliminación de focos de ignición a pesar de ser necesario no ofrece, como medida única de prevención un nivel de seguridad suficiente.*
- 5º) *La medida de prevención más rentable bajo el punto de vista de seguridad es una ventilación adecuada, hasta tener la seguridad de que se trabaja a porcentajes del orden del 25% del límite inferior de inflamabilidad. En dichas condiciones la probabilidad de explosión es prácticamente nula, sobre todo si se consigue un seguimiento continuo mediante la instalación de detectores de atmosfera inflamable.*
- 6º) *La disposición de parámetros débiles en proporción de 1 m<sup>2</sup> cada 4,5 m<sup>3</sup> de volumen de la instalación, correctamente dimensionados y dispuestos disminuye la probabilidad de consecuencias técnicas graves y en algún caso humanas.*
- 7º) *Los puestos de trabajo en proximidad a aberturas en túneles se demuestran como peligrosos por lo cual deben adoptarse las medidas de protección adecuadas.*
- 8º) *Las medidas de seguridad antes mencionadas, previstas en etapa de diseño, deben vigilarse en la etapa de construcción, y programar un mantenimiento periódico para que se mantengan a lo largo de la vida del tunel.*

### BIBLIOGRAFIA

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. National Fire Codes. Volumen 1. N.F.P.A. Boston, 1973-74.

FACTORY MUTUAL SYSTEM. Handbook of Industrial Loss Prevention. McGraw-Hill Book Company. Second Edition. New York, 1967.

**TABLA 1**  
**PROPIEDADES DE LIQUIDOS INFLAMABLES MAS COMUNES**

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
Aceite de algodón (refinado)	---	252	343	---	---	0,9	---	---	0,899	---	---
Aceite de colofonia	---	130	342	---	---	1,0	---	<300	0,998	---	---
Aceite de linaza (crudo)	---	222	343	---	---	0,9	---	316	---	---	---
Aceite de parafina	132	51	379	1,7	---	0,975	4,72	156	0,974	0,172	0,176
Aceite de soja	---	282	445	---	---	0,9	---	---	0,899	---	---
Acetato de amilo (n-)	130	25	378	1,1	7,5	0,9	4,5	159	0,899	0,166	0,185
Acetato de amilo (iso)	88	25	379	1,0	7,5	0,9	4,5	144	0,899	0,166	0,185
				(100°C)							
Acetato de butilo (n-)	116	22	421	1,7	7,6	0,9	4,00	126	0,899	0,186	0,208
Acetato de cellosolve	132	51	379	1,7	---	0,975	4,72	156	0,974	0,172	0,176
Acetato de etilo	88	-4	427	2,5	9	0,9	3,0	77	0,899	0,246	0,273
Acetato de metilcellosolve	118	56	---	---	---	1,005	4,07	143	1,004	0,205	0,204
Acetato de metilo	74	-10	502	3,1	16	0,9	2,6	60	0,899	0,287	0,319
Acetato de propilo (iso-)	102	4	460	1,8	8	0,9	3,5	90	0,899	0,213	0,237
Acetato de vinilo	86	12	427	2,6	13,4	0,9	3,0	72	0,899	0,249	0,277
Acetona	58	-18	538	2,6	12,8	0,8	2,00	56	0,797	0,332	0,416
Aguarrás	---	35	253	0,8	---	< 1	---	149	---	---	---
Alcanfor	152	66	466	---	---	1,0	5,2	209	0,996	0,160	0,160
Alcohol amílico (n-)	88	33	300	1,2	10,0	0,8	3,0	138	0,797	0,221	0,277
				(100°C)							
Alcohol butílico (n-)	74	29	343	1,4	11,2	0,8	2,6	117	0,797	0,256	0,323
Alcohol butílico (iso-)	74	28	427	1,7	10,9	0,8	2,6	110	0,797	0,256	0,323
				(100°C)(100°C)							
Alcohol desnaturalizado	---	16	399	---	---	0,8	1,6	80	0,798	0,415	0,520
Alcohol etílico	46	13	423	4,3	19	0,8	1,6	78	0,798	0,415	0,520
Alcohol metílico	32	11	464	7,3	36	0,8	1,1	64	0,798	0,604	0,756
Alcohol propílico (n-)	60	15	371	2,1	13,5	0,8	2,1	97	0,798	0,316	0,396
Alcohol propílico (iso-)	60	12	399	2,0	12	0,8	2,1	83	0,798	0,316	0,396
Benceno	78	-11	562	1,4	7,1	0,9	2,8	80	0,899	0,267	0,297
				(100°C)							
Butanona (2-)	72	-6	516	1,8	10	0,8	2,5	80	0,798	0,025	0,312
Butoxietanol (2-)	118	60	244	---	---	0,902	4,07	171	0,898	0,184	0,203
Ciclohexano	84	-20	260	1,3	8	0,8	2,9	82	0,728	0,229	0,286
Ciclohexanona	312	44	420	1,1	---	0,9	3,4	156	0,899	0,218	0,242
				(100°C)							

Seguridad.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J		
Clorobenceno	113	32	638	1,3 (100°C)	7,1 (150°C)	1,1	3,9	132	1,097	0,234	0,214	17,77
Cresol (m- ó p-)	108	94	559	1,1 (150°C)	—	1,0	—	202	0,998	0,223	0,223	20,04
Cumeno (p-)	134	48	436	0,70 (100°C)	—	0,9	4,6	176	0,899	1,163	0,182	23,13
Diclorobenceno (o-)	147	66	648	2,2	9,2	1,3	5,1	180	1,297	0,202	0,163	9,41
Diclorometano	99	13	413	6,2	16	1,3	3,4	84	1,297	0,318	0,245	5,09
Dimetilformamida	73	58	445	2,2 (100°C)	—	0,9	2,5	153	0,899	0,298	0,332	13,27
Dioxano (1,4-)	88	12	180	2,0	22	1,0	3,0	101	0,998	0,274	0,274	13,41
Disolvente de barnices y pinturas.	—	-6	232	0,92	6,0	0,75	3,73	100-160	0,748	0,167	0,223	—
Disolvente mineral nº 10	—	40	245	0,8 (100°C)	—	0,8	3,9	149	0,798	0,169	0,214	20,96
Eter de petróleo	—	<-18	288	1,1	5,9	0,6	2,5	35-60	0,599	0,199	0,335	17,89
Eter etílico	74	-44	180	1,9	48	0,7	2,6	35	0,698	0,224	0,319	11,54
Eter etilmetílico	60	-37	190	2,0	10,1	0,7	2,1	10	0,698	0,277	0,396	13,56
Eter metílico	46	Gas	350	3,4	18	—	1,6	-24	—	—	—	—
Eter isopropílico	102	-28	443	1,4	21	0,7	3,5	69	0,698	0,166	0,238	11,69
Etoxietanol (2-)	90	40	238	2,6	15,7	0,931	3,10	135	0,928	0,249	0,270	9,34
Ftalato de dibutilo	178	157	403	—	—	1,0	—	360	0,998	—	—	—
Gasolina	—	-43	257	1,4	7,6	0,8	3-1	38-204	0,798	0,221	0,275	15,56
Hexano (n-)	86	-22	234	1,2	7,5	0,7	3,0	69	0,698	0,194	0,275	15,98
Keroseno	—	38	229	0,7	5	< 1,0	—	151-301	—	—	—	—
Lactato de etilo	118	46	400	1,5 (100°C)	—	1,0	4,1	154	0,998	0,202	0,205	13,26
Lactato de metilo	104	50	385	2,2 (100°C)	—	1,1	3,6	145	1,097	0,254	0,231	11,27
Metilcarbitol	120	94	—	—	—	1,035	4,14	193	1,033	0,209	0,202	—
Metoxietanol (2-)	76	40	288	—	—	0,966	2,62	124	0,964	0,306	0,317	—
Naftaleno	128	78	526	0,9	5,9	1,1	4,4	218	1,097	0,207	0,188	22,83
Nitrobenceno	123	88	482	1,8 (93°C)	—	1,2	4,3	211	1,198	0,232	0,193	12,63
Nitroetano	75	28	414	4,0	—	1,1	2,6	114	1,097	—	—	—
Nitrometano	61	35(o.c.)	418	7,3	—	1,1	2,1	101	1,097	0,435	0,396	5,52
Nitropropano (1-)	89	49(o.c.)	420	2,6	—	1,0	3,1	131	0,998	0,268	0,268	10,03
Nitropropano (2-)	89	39(o.c.)	428	2,6	—	1,0	3,1	120	0,998	0,268	0,268	10,03
Pentanona (3-)	86	—	—	—	—	0,816	—	102	0,813	—	—	—

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J		
Piridina	79	20	482	1,8	12,4	1,0	2,7	115	0,998	0,307	0,308	16,75
Propionato de butilo	130	32	427	—	—	0,9	4,5	146	0,897	0,167	0,186	—
Propionato de etilo	102	12	477	1,9	11	0,9	3,5	99	0,899	0,213	0,237	11,01
Sulfuro de carbono	76	-30	100	1,3	44	1,3	2,6	46	1,295	0,415	0,320	31,52
Tetracloroetano (sim-)	168	—	—	—	—	1,6	—	146	1,593	—	—	—
Tolueno	92	5	536	1,4	6,7	0,9	3,1	111	0,899	0,241	0,268	16,96
Xileno	106	17	464	1,0	6,0	0,9	3,7	144	0,899	0,202	0,225	19,99

A: Peso molecular

B: Flash Point, °C

C: Temperatura de ignición, °C

D: Límites de inflamabilidad, % volumen  
Inferior                      Superior

E: Densidad relativa al agua

F: Densidad del vapor relativa al aire

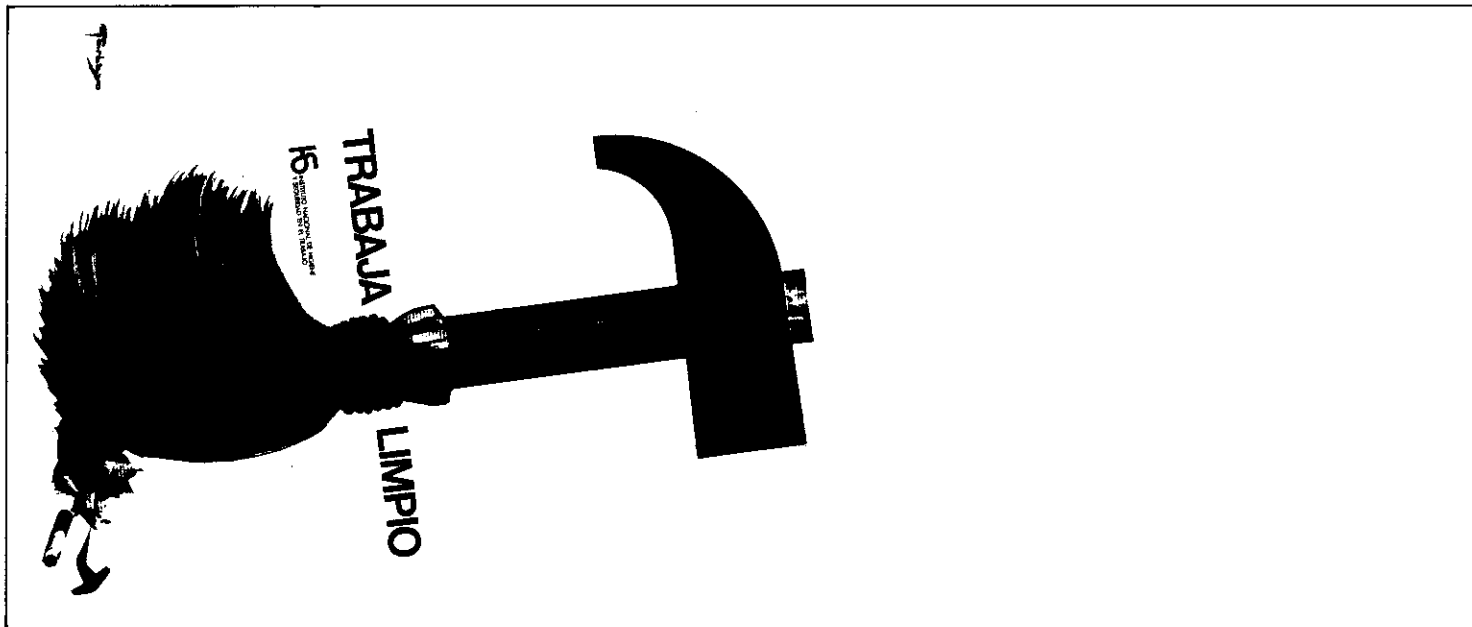
G: Punto de ebullición, °C

H: Kg. por litro

I: Metros cúbicos de vapor

Por litro                      Por Kg.  
de líquido                      de líquido

J: Metros cúbicos de aire requerido para diluir  
hasta el L.I.L. el vapor generado por 1 litro  
de disolvente.



Seguridad.