

CONDICIONES DE SEGURIDAD EN ESTUFAS DE SECADO

D. TOMAS PIQUE ARDANUY

1. ANTECEDENTES

El día 4.10.82 hizo explosión una estufa de secado de productos humedecidos por una mezcla alcohol-agua en una empresa de la provincia de Barcelona, con el balance de un muerto y un herido grave.

El accidente ocurrió en un laboratorio farmacéutico. La onda de presión generada proyectó los dos laterales de la estufa y las puertas centrales de carga de la misma, una de las cuales rompió las mamparas que constituían las subdivisiones de las distintas secciones de trabajo de la empresa, quedando a una distancia aproximada de 15 metros.

Tras la onda de presión surgió un frente de llamas que quemó a ambos accidentados y provocó un incendio generalizado en el local que fue sofocado por los bomberos.

2. OBJETO DEL ESTUDIO

En el accidente antes indicado concurrían una serie de situaciones peligrosas; por una parte, origen del riesgo y por otra origen de las consecuencias.

a) Origen del riesgo

- Existencia de atmósfera inflamable en el interior de la estufa.
- Instalación eléctrica no adecuada.
- Ausencia de parámetros débiles en la proporción adecuada.
- Puestos de trabajo próximos a la estufa.

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

3. ORIGEN

Los datos contenidos en el presente estudio se recabaron con ocasión de la investigación del accidente enunciado en el apartado 1 y que a continuación se describe.

4. INVESTIGACION DEL ACCIDENTE

4.1. Descripción del accidente

El trabajo consistía en el secado discontinuo en una estufa de un producto sólido cristalizado que se utiliza como aditivo para mejorar el sabor en los jarabes antitusígenos.

El producto del tipo regaliz se obtenía en la misma empresa por lixiviación con agua de plantas naturales. Como última fase del proceso se precipitaba en disolución de etanol-agua con un 65% de etanol. Posteriormente se filtraba y el sólido quedaba humedecido con un 35% de disolvente.

Dicho producto debía ser secado extrayéndole la humedad alcohol-agua para lo cual se utilizaba la estufa que explotó.

El proceso consistía en situar el producto dentro de la estufa en bandejas, haciendo circular aire caliente a su través mediante dos ventiladores dispuestos al efecto.

El aire se calentaba haciéndolo circular a través de 12 resistencias de 600 W cada una que estaban en el interior del cuerpo de la estufa.

El proceso de secado duraba unas 6 horas, manteniendo la temperatura en el interior de la estufa a 80°C regulables mediante un termostato que actuaba sobre 6 de las resistencias. La mayor parte del alcohol se evaporaba en los primeros 90 minutos.

Según las normas recomendadas por el fabricante que se adjuntan en el anexo 1, cada 25 ÷ 30 minutos debía renovarse el aire del interior de la estufa moviendo una palanca situada en el frontal superior en dos operaciones que duran entre ambas unos 30 segundos.

Según declaraciones del accidentado, encargado entre otras labores del funcionamiento de la estufa, ésta se cargó con 100 kg de producto y se puso en funcionamiento en la posición de autocirculación. Cuando volvió unos 40 minutos después y al intentar iniciar el ciclo de renovación de aire comprobó que la estufa vibraba produciendo un sonido que él creyó interpretar como que estaba produciendo una reacción anómala en su interior por lo que se tiró al suelo.

En ese momento se produjo la explosión, cuyas consecuencias se han descrito en el apartado 1.



5. DATOS COMPLEMENTARIOS

5.1. De la inflamabilidad del alcohol etílico puro

Las características de inflamabilidad son:

Temperatura de inflamación 12,8°C.

Temperatura de autoinflamación 423°C.

Límites de inflamabilidad 3,3 a 19% en volumen de aire.

Los anteriores parámetros permiten establecer que se genera atmósfera inflamable en la manipulación del alcohol a temperatura superior a 12,8°C.

La manipulación a 80°C (temperatura de régimen de la estufa), crearía atmósfera inflamable en un corto lapso de tiempo si la extracción de vapores con aire (renovación) no fuera suficiente para bajar la concentración por debajo del límite inferior de inflamabilidad, (3,3% en volumen).

Dicha atmósfera inflamable sería inflamada por cualquier mínimo foco de ignición.

5.2. De la estufa

La estufa fue adquirida a su constructor en el año 1980 y le fue practicado un mantenimiento en Septiembre de 1982.

Se encuentra dotada de dos ventiladores para renovación (otros modelos de la misma estufa poseen un solo ventilador).

El acceso para colocar las bandejas cargadas del producto a secar en el interior de la estufa se realiza desde las puertas frontales.

Sus dimensiones son de 2,14 m de ancho por 1,795 m de alto y 1,120 m de profundidad.

5.3. Del sistema de renovación de gases

El sistema de renovación de gases del interior de la estufa, para limitar la probabilidad de formación de mezcla inflamable en su interior, está indicado en las instrucciones del fabricante, como sugerencias para su uso adjuntas en Anexo 1.

El accionamiento de la manivela regula la posición de una palomilla (llamada "paloma" en el croquis), que toma las posiciones indicadas en el croquis que se adjunta en Figura 1.

Según se desprende de su análisis:

- 1° La posición 1-ADMISION renueva efectivamente el aire pero sólo se efectúa cada 25 ÷ 30 minutos de funcionamiento y durante 15 ÷ 20 segundos.
- 2° La posición 2-DEPRESION y 3-AUTOCIRCULACION renueva el aire en una proporción ínfima. El fabricante afirma que se evacúa a través del taladro efectuado en el centro de la palomilla, (ver croquis en figura 1 y manual de uso en anexo 1), ¼ del caudal. Esta afirmación es dudosa por cuanto no ha efectuado las mediciones necesarias y en principio, técnicamente en ambas posiciones sólo puede evacuarse el aire que entre por las juntas estancas de la estufa. Además en la instalación que ocasionó el accidente, la salida B evacúa los gases al exterior del recinto por tubo flexible de uno 10 m de longitud y la aspiración A se tomaba del ambiente del cuarto de la estufa, lo cual implicaría que por ser mayor la pérdida de carga a través de B, en la autocirculación se evacuarán los pocos gases que salieran a través de A y el recinto se hubiera llenado de vapores de alcohol, cuando según los testigos, en el recinto no olía casi nada a alcohol.

5.4 De la instalación eléctrica de la estufa

Los motores de los extractores ubicados en la parte superior de la estufa eran de seguridad aumentada EX-e-G3.

El cuerpo calefactor situado en el interior de la estufa está compuesto del cableado, la caja de conexiones y 12 resistencias de 600 W cada una a través de las cuales se hace circular la mezcla aire-vapor de alcohol para su calefacción. Según su constructor, las resistencias en convección natural pueden alcanzar una temperatura aproximada de 400 ÷ 500°C.

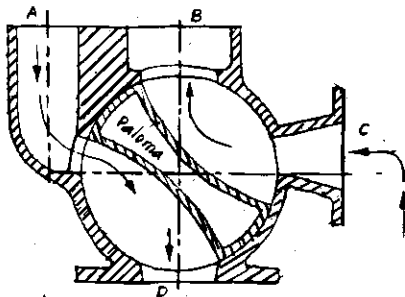
Según el fabricante de la estufa, ésta "incorpora protección antideflagrante en el cuerpo calor". En la inspección efectuada se comprobó que los cables no eran antideflagrantes y la caja de conexiones no podía calificarse como tal por cuanto su construcción no se ajusta a lo exigido por la MIBT 026 de R.E.B.T. y la Norma UNE-20320 h₁ y h₂.

FIGURA.1

- A) Entrada aire del exterior
- B) Salida aire caliente
- C) Boca a moto-extractor
- D) Boca a secadero

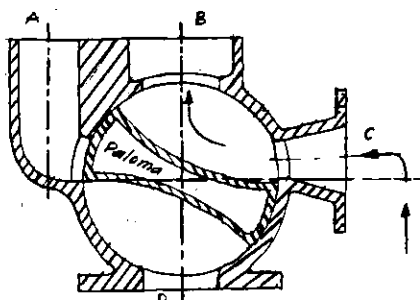
**Diámetro interior orificios
A, B y C = 75 mm.**

POSICION 1: ADMISION



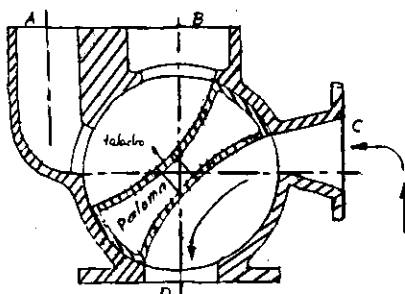
Entra aire del exterior y se expulsa después de absorber la humedad del producto. Resistencias encendidas.

POSICION 2: DEPRESION



Sólo para extraer gases del interior. No entra aire del exterior. Resistencias apagadas.

POSICION 3: AUTO-CIRCULACION



Para aprovechar más el calor se hace circular el aire dentro del secadero, antes de expulsarlo al exterior. Resistencias encendidas.

**ANEXO I
NORMAS DE USO**

SUGERENCIAS PARA EL USO DE LOS SECADORES

- a) Poner en marcha los grupos de Aire y Calor. Calentamiento hasta alcanzar la temperatura de trabajo. La manivela debe estar en el punto (3) AUTOCIRCULACION.
- b) Cargar de producto el Secadero
- c) Llevar la manivela al punto (2) DEPRESION, por espacio de 5 a 10 segundos.
- d) Llevar la manivela al punto (1) ADMISION, durante 15-20 segundos.
- e) Volver la manivela al punto (3) AUTOCIRCULACION, para el recalentamiento y secado del producto.
- f) Una vez el producto seco, abrir el regulador del calefactor, llevando la manivela al punto (2) SALIDA DE GASES.
- g) Volver a iniciar el ciclo de operaciones, exceptuando la (b), pues la temperatura interior del secadero no diferirá en mucho de la de régimen de trabajo.

NOTAS

Para lograr un rendimiento óptimo, es aconsejable abrir regularmente (cada 25-30 minutos) y con una duración de 10 a 15 segundos, el regulador del calefactor, llevando la manivela al punto (1) para renovar el aire saturado de humedad.

Se observará que cuando la válvula está en posición (3) AUTOCIRCULACION siguen saliendo gases y aire caliente húmedo mezclados y en cantidad equivalente a la cuarta parte del total del caudal, lo que representa una precaución a la formación de gases inflamables o explosivos, pues de esta forma hallan salida, si no total, al menos parcialmente y reduce por tanto los riesgos de explosión del Secadero.

5.5. Respetto de la posibilidad de generación de una atmósfera inflamable en el interior de la estufa

El sistema de renovación descrito en el punto 5.3. con una renovación efectiva de $15 \div 20$ segundos cada 1/2 hora implica que entre renovaciones el aire en el interior de la estufa se va concentrando en vapores de alcohol.

Es evidente que dicho horario es difícil de cumplir. El operador que simultanea la manipulación de la estufa con otras varias tareas, puede fácilmente despistarse y que se le pase la hora, sobre todo cuando ya está funcionando 2 años la estufa sin ocasionar problemas. (Esta apreciación fue confirmada por el operador accidentado).

En el momento del accidente según sus declaraciones hacía "unos" 40 minutos que la estufa funcionaba.

6. ACCIONES DESARROLLADAS CON MOTIVO DEL ACCIDENTE

En visita a la empresa fabricante de la estufa en la que sobrevino el accidente se tuvo conocimiento de que la misma había vendido estufas de características similares a otras 35 empresas, requiriéndosele que facilitara los datos de las mismas.

Con los datos sobre estas empresas se procedió a visitarlas.

Por parte de técnicos del CIAT de Barcelona del INSHT se procedió a la visita de 26 de las 35 empresas ya que 9 de ellas no fueron localizadas. Para ello se confeccionó previamente una hoja de toma de datos, que fue cumplimentada en 25 de las empresas visitadas, ya que en una de ellas se procedió tan sólo a tomar datos sobre el caudal de renovación en las 3 posiciones de la palomilla.

Los datos recogidos en la encuesta se refieren a:

- Identificación de la empresa.
- Características de la estufa y posibles modificaciones realizadas en la misma tras su adquisición.
- Características del producto que se seca.
- Datos sobre el proceso de secado.
- Datos del entorno en donde se ubica la estufa.
- Apartado de observaciones en donde anotar otros aspectos no contemplados en la ficha y cuya influencia sobre el riesgo fuera notable.

7. RESULTADOS DE LA ENCUESTA

De las 25 empresas visitadas se obtuvieron los siguientes resultados:

- 4 de las empresas han desaparecido.
- 5 de las empresas realizan el proceso industrial en otras provincias.
- 4 de las empresas tienen las estufas fuera de servicio.
- 5 de las empresas secan productos tan solo en base acuosa.
- Las 7 empresas restantes secan productos humidificados con disolventes orgánicos volátiles (alcohol etílico en 5 de ellas y acetona en las restantes, si bien una de éstas últimas tan sólo utiliza la estufa para pruebas de laboratorio ya que realiza el proceso industrial en túneles de secado).

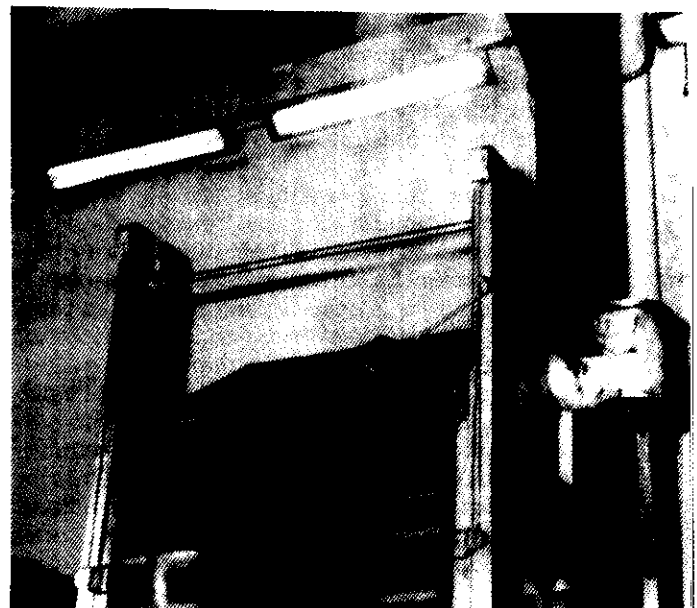
De estas 7 empresas, tres de ellas realizan todo el proceso de secado en la "posición 1 (ADMISION)" de la palomilla, mientras que las cuatro restantes alternan las posiciones 1, 2 y 3 de la palomilla si bien sin ajustarse específicamente a las indicaciones del fabricante.

8. RESULTADOS DE LAS MEDICIONES DE COMPROBACION DE LOS CAUDALES DE RENOVACION DE LA ESTUFA

Se procedió a valorar los caudales de renovación efectiva del volumen interior de una estufa de características similares a la causante del accidente y del resto de estufas instaladas.

Los resultados obtenidos fueron:

- Mariposa en posición 1 (Admisión): 600 m³/h.
- Mariposa en posición 2 (Depresión): 200 m³/h.
- Mariposa en posición 3 (Autocirculación): 100 m³/h.



Dada la disposición constructiva de los conductos de circulación de aire, en la posición 1 de la mariposa existen unos conductos de entrada y salida de aire, lo que hace que todo el caudal de aire vehiculado por el ventilador sea aire de renovación.

En las posiciones 2 y 3, el conducto de entrada de aire al interior de la estufa desde el exterior queda cerrado. En esta situación se hace más difícil la renovación del aire interior, ya que, a falta de un conducto de entrada, el aire que se expulsa al exterior debe entrar a la estufa a través de juntas y fallos de hermeticidad en las aberturas.

Se comprobó en el curso de las mediciones que, efectivamente, en estas posiciones de la mariposa el aire entraba al interior de la estufa a través de la junta de la puerta y sobre todo a través de las juntas de los paramentos débiles situados en el techo de la estufa.

La diferencia de caudal observada entre las posiciones 2 y 3 se deben al hecho de que en la primera de ellas el conducto de descarga del ventilador queda totalmente abierto hacia el exterior, mientras que en la posición de autocirculación el conducto de descarga del ventilador desemboca en el interior de la estufa y el aire puede salir al exterior a través de un orificio (taladro) practicado en la palomilla. Esta configuración favorece la recirculación interna del aire, disminuyendo por tanto la renovación.

9. CALCULO DEL CAUDAL DE EXTRACCION PARA SECADO EN ESTUFAS DE PROCESO DISCONTINUO

La experiencia ha puesto de manifiesto que la naturaleza del producto secado es el factor determinante del caudal de ventilación necesario. Distintos tipos de productos producen diferentes flujos de evaporación, flujo que es variable en el tiempo siendo máximo en las primeras fases del secado. Como es lógico las recomendaciones de ventilación en este caso han de basarse sobre el flujo máximo y no sobre el medio.

La situación en la que el flujo máximo es mayor con respecto al medio (con una relación de hasta nueve veces) es el recubrimiento de piezas metálicas por inmersión. La NFPA, en base a datos experimentales admite que en este caso, la practica totalidad del disolvente se evapora en los primeros 20 minutos; produciéndose el flujo máximo de evaporación entre los 4 y los 8 minutos y siendo el valor aproximado del flujo máximo el triple del flujo medio. En este caso el NFPA (código 86A), admite, apoyándose en la experiencia, que en el instante en que se alcanza el flujo máximo la concentración de vapores sea igual al L.I.I. indicando que este proceder es "razonablemente seguro". En base a este criterio el caudal de ventilación a emplear debe ser

como mínimo de 170 m³/h por cada litro de disolvente introducido en la estufa.

Para otras clases de productos debe 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 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% de 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, m³/h.

E = Cantidad de disolvente evaporada en la hora de máxima evaporación en litros.

V = Volumen de ventilación por litro de disolvente, obtenido de la fórmula siguiente:

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

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 de la estufa será del 25% del L.I.I.

Observación: El caudal de aire calculado por el método anterior se refiere 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:

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

La fórmula Q = 2,5 x E x V 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 de la estufa de hasta 120°C. Para temperaturas superiores el caudal debe incrementarse en un 40%.

Algunos datos útiles para el cálculo del caudal de extracción se dan para los disolventes más comunes en la tabla anexa. (Anexo III).

10. PELIGROSIDAD DE LAS ESTUFAS

La utilización de estufas de características similares a la descrita, en el secado de productos con evaporación de disolventes inflamables entrañan un riesgo de explosión que viene definido por:

10.1. Factores que posibilitan el origen del riesgo

a) Existencia de atmósfera inflamable en el interior de la estufa.

La posibilidad de que se cree una atmósfera inflamable en el interior de la estufa viene determinada por las deficiencias observadas en sus elementos de ventilación, cuyo funcionamiento no puede considerarse adecuado ya que:

Los circuitos de renovación y recirculación no son independientes porque es un solo ventilador el que realiza ambas funciones.

La renovación continua del aire interior, imprescindible desde el punto de vista de seguridad cuando se efectúa el secado de disolventes inflamables, no puede garantizarse puesto que se basa en el aire que puede entrar en la estufa a través de juntas no estancas y defectos de hermeticidad en la construcción, elementos ambos que no pueden considerarse como adecuados para una ventilación, sino más bien como defectos propios del uso y desgaste de una instalación. Si no se conocen valores fiables sobre el flujo máximo de evaporación de cada disolvente, las normas de uso que se dan a los usuarios no pueden considerarse adecuadas, ya que el caudal de renovación necesario para cada operación será función de la volatilidad de cada disolvente.

b) Instalación eléctrica inadecuada.

10.2. Factores que posibilitan el origen de las consecuencias

- Paramentos débiles en proporción insuficiente.
- Puestos de trabajo en proximidades a la estufa.

11. CONCLUSIONES

- 1) Las estufas de secado con evaporación de disolventes inflamables entrañan un grave riesgo de explosión que, caso de actualizarse, comporta graves consecuencias.
- 2) La experiencia de que se dispone permite deducir que buena parte de las estufas en funcionamiento no disponen de las necesarias medidas de prevención y protección, lo cual plantea una situación preocupante.
- 3) Las explosiones en estas instalaciones son originadas por la coexistencia en tiempo y espacio de una mezcla inflamable y un foco de ignición que aporta el calor necesario para iniciar la reacción.
- 4) La eliminación de focos de ignición a pesar de ser necesaria, no ofrece como medida única de prevención, un nivel de seguridad suficiente.
- 5) La medida de prevención más rentable bajo el punto de vista de seguridad es una ventilación adecuada, hasta conseguir concentraciones del orden del 25% del L.I.I.
En dichas condiciones la probabilidad de explosión es prácticamente nula, sobre todo si se consigue un seguimiento continuo mediante la instalación de detectores de atmósfera inflamable.
- 6) La disposición de paramentos débiles en proporción de 1 m² cada 4,5 m³ de volumen de instalación, correctamente dimensionados y dispuestos, disminuye la probabilidad de consecuencias graves, tanto materiales como humanas.
- 7) Los puestos de trabajo próximos a las estufas se demuestran como peligrosos, por lo cual deben adoptarse las medidas de protección adecuadas.

12. BIBLIOGRAFIA

- NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. National Fire Codes. Volumen 8. Edición 1983.
- FACTORY MUTUAL SYSTEM. Handbook of Industrial Loss Prevention. Mc Graw 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	9,93
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	14,78
Acetato de amilo (iso)	88	25	379	1,0	7,5	0,9	4,5	144	0,899	0,166	0,185	16,44
				(100°C)								
Acetato de butilo (n)	116	22	421	1,7	7,6	0,9	4,00	126	0,899	0,186	0,208	10,73
Acetato de cellosolve	132	51	379	1,7	---	0,975	4,72	156	0,974	0,172	0,176	9,93
Acetato de etilo	88	-4	427	2,5	9	0,9	3,0	77	0,899	0,246	0,273	9,60
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	8,89
Acetato de propilo (iso-)	102	4	460	1,8	8	0,9	3,5	90	0,899	0,213	0,237	11,63
Acetato de vinilo	86	12	427	2,6	13,4	0,9	3,0	72	0,899	0,249	0,277	9,34
Acetona	58	-18	538	2,6	12,8	0,8	2,00	56	0,797	0,332	0,416	12,44
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	18,23
				(100°C)								
Alcohol butílico (n-)	74	29	343	1,4	11,2	0,8	2,6	117	0,797	0,256	0,323	18,01
Alcohol butílico (iso-)	74	28	427	1,7	10,9	0,8	2,6	110	0,797	0,256	0,323	14,80
				(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	9,24
Alcohol metílico	32	11	464	7,3	36	0,8	1,1	64	0,798	0,604	0,756	7,66
Alcohol propílico (n-)	60	15	371	2,1	13,5	0,8	2,1	97	0,798	0,316	0,396	14,75
Alcohol propílico (iso-)	60	12	399	2,0	12	0,8	2,1	83	0,798	0,316	0,396	15,51
Benceno	78	-11	562	1,4	7,1	0,9	2,8	80	0,899	0,267	0,297	18,72
				(100°C)								

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J		
Butanona (2-)	72	-6	516	1,8	10	0,8	2,5	80	0,798	0,025	0,312	13,18
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	17,38
Ciclohexanona	312	44	420	1,1	---	0,9	3,4	156	0,899	0,218	0,242	19,57
				(100°C)								
Clorobenceno	113	32	638	1,3	7,1	1,1	3,9	132	1,097	0,234	0,214	17,77
				(100°C) (150°C)								
Cresol (m- ó p-)	108	94	559	1,1	---	1,0	---	202	0,998	0,223	0,223	20,04
				(150°C)								
Cumeno (p-)	134	48	436	0,70	---	0,9	4,6	176	0,899	1,163	0,182	23,13
				(100°C)								
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	---	0,9	2,5	153	0,899	0,298	0,332	13,27
				(100°C)								
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	---	0,8	3,9	149	0,798	0,169	0,214	20,96
				(100°C)								
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	---	1,0	4,1	154	0,998	0,202	0,205	13,26
				(100°C)								
Lactato de metilo	104	50	385	2,2	---	1,1	3,6	145	1,097	0,254	0,231	11,27
				(100°C)								

	A	B	C	D		E	F	G	H	I		J
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	---	1,2	4,3	211	1,198	0,232	0,193	12,63
				(93°C)								
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	---	---	---
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.L.I. el vapor generado por 1 litro
de disolvente.