





## Sumari

Sumari.....	1
A. Definicions referents a les propietats dels combustibles i a la combustió.....	3
B. Càlculs considerant gas real .....	6
B.1 Calor necessària per a vaporitzar i sobreescalfar l'aigua.....	6
B.2 Calor necessària per a vaporitzar i sobreescalfar l'etanol.....	6
Bibliografia.....	7





## A. Definicions referents a les propietats dels combustibles i a la combustió

Per a **combustibles gasosos**, el factor determinant per a que es produeixi un foc és la concentració en l'aire. Així doncs es defineixen els següents conceptes aplicables a combustibles gasosos i als **vapors que desprenen els combustibles líquids i sòlids**:

- **Límit Inferior d'Inflamabilitat (L.I.I):** Concentració mínima de vapor o gas mesclat amb l'aire, per sota de la qual, no esdevé la propagació de la flama al posar-se en contacte amb una font d'ignició.
- **Límit Superior d'Inflamabilitat (L.S.I):** Concentració màxima de vapor o gas mesclat amb l'aire, per sobre de la qual, no esdevé la propagació de la flama al posar-se en contacte amb una font d'ignició.

Combustible	L.I.I [%]	L.S.I [%]
<b>Hidrogen</b>	4	76
<b>Metà</b>	5	15
<b>Butà</b>	1,8	8,4
<b>Propà</b>	2,1	9,5
<b>Gasolina</b>	1,3	7,1
<b>Etanol</b>	3,3	19
<b>Gasoil</b>	0,6	6,5

*Taula A.1: Limits inferior i superior d'inflamabilitat de diferents combustibles  
Font: International Chemical Safety Cards*

Donat que **una combustió és una reacció en estat gasos** quan hom té un combustible líquid o sòlid l'element que està reaccionant no és el material sòlid o líquid sinó els vapors que aquests desprenen. En conseqüència es defineix el següent concepte que té més aplicació per als estats sòlid i líquid.

- **Temperatura d'inflamació:** Temperatura a la què un combustible emet vapors inflamables suficients per a arribar en l'atmosfera al límit inferior d'inflamabilitat a partir del qual amb una font d'ignició externa es pot produir una combustió no automantinguda.



Temperatura d'inflamació [°C]	
<b>Fusta</b>	entre 200 i 300
<b>Gasolina</b>	-21
<b>Etanol</b>	13
<b>Gasoil</b>	52
<b>Hidrogen</b>	Gas inflamable
<b>Metà</b>	Gas inflamable
<b>Propà</b>	-104
<b>Butà</b>	-60

*Taula A.2: Temperatura d'inflamació de diversos combustibles  
Font: International Chemical Safety Cards*

Un altre paràmetre interessant a definir és el següent,

- **Energia mínima d'ignició:** aquest paràmetre indica l'energia mínima necessària per a iniciar la combustió d'una mescla inflamable. **Depèn de la concentració del combustible en l'aire.** Els menors valors de l'energia mínima d'ignició es donen al voltant de la concentració estequiomètrica.

Tant en combustibles gasosos com en líquids i sòlids pot ocórrer que el combustible s'inflami espontàniament sense cap mena de font de calor exterior aleshores es defineix el següent concepte,

- **Temperatura d'autoignició:** Menor temperatura a partir de la qual un combustible, en contacte amb l'aire, inicia espontàniament la seva combustió sense necessitat d'una font externa d'ignició.

Temperatura d'autoignició [°C]	
<b>Gasolina</b>	250
<b>Etanol</b>	363
<b>Gasoil</b>	254 – 285
<b>Hidrogen</b>	500 – 571
<b>Metà</b>	537
<b>Propà</b>	450
<b>Butà</b>	365

*Taula A.3: Temperatura d'autoignició de diversos combustibles  
Font: International Chemical Safety Cards*

La reacció de combustió pot ocórrer de forma precipitada o violenta amb la qual cosa es defineix,



- 
- **Deflagració:** és una combustió sense explosió amb una velocitat de propagació entre 1m/s i la velocitat del so.
  - **Detonació:** combustió supersònica. Esdevé en fraccions de segon generant un intens calor i desplaçant una gran quantitat de gasos a alta pressió. Sinònim d'explosió.



## B. Càlculs considerant gas real

A continuació es presenten els càlculs realitzats per a determinar les calors d'evaporació i sobreescalfament de l'aigua i de l'etanol considerant gas real.

### B.1 Calor necessària per a vaporitzar i sobreescalfar l'aigua

		$h_l$ [kJ/kg]	$h_v$ [kJ/kg]
P[bar]	8,6	84,62	-
T[°C]	20		
P[bar]	8,6	733,79	-
T[°C]	173,33		
P[bar]	8,6	-	2770,17
T[°C]	173,33		
P[bar]	8,6	-	3266,57
T[°C]	400		

Taula B.1: Propietats reals de l'aigua a una temperatura i pressió donades  
Font: Vargaftik, 1975.

Mitjançant el mateix mètode presentat a la memòria però substituint ara els valors de les entalpies corresponents a gas real s'obté,

$$Q_1 = 10,32 \text{ W}$$

Diferència respecte al càlcul presentat en la memòria = 0,4 %

### B.2 Calor necessària per a vaporitzar i sobreescalfar l'etanol

		$h_l$ [kJ/kg]	$h_v$ [kJ/kg]
P[bar]	8,6	44,29	-
T[°C]	20		
P[bar]	8,6	431,59	-
T[°C]	144,76		
P[bar]	8,6	-	1.251,38
T[°C]	144,76		
P[bar]	8,6	-	1.845,32
T[°C]	400		

Taula B.2: Propietats reals de l'etanol a una temperatura i pressió donades  
Font: Vargaftik, 1975.

I per al cas de l'etanol,

$$Q_2 = 2,49 \text{ W}$$

Diferència respecte al càlculs presentat en la memòria = 6,16 %





## Bibliografia

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO (INSHT),  
*NTP379: Productos inflamables: variación de los parámetros de peligrosidad.*

[[http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/301a400/ntp\\_379.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/301a400/ntp_379.pdf), Octubre 2009]

INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION (ILO), *International Chemical Safety Cards (ICSC).*

[<http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/icsc/dtasht/index.htm>,  
Octubre 2009]

VARGAFTIK, N.B. *Tables on the thermophysical properties of liquids and gases: in normal and dissociated state.* Washington: Hemisphere Pub. Corp. New York: distributed by Halsted Press, 1975

