

UNCuyo	SSA	TP N° 5	Alumno:	1 de46
Fing	Incendio/ explosiones			Rev: 5
Arq 5º	Simulacro- Cuestionario			6/5/21

## Índice

1. Introducción .....	2
Fig Unidades .....	2
Fig Poder calorífico combustibles .....	3
2. Fuego: componentes .....	6
Fig Fuego- componentes.....	6
Fig Fuego- Combustibles .....	6
3. Reacción química de oxidación: tipos .....	8
Fig Reacción química de oxidación .....	9
Fig Combustion Completa - Incompleta.....	10
Ignición de un trozo de madera.....	12
Fig Combustión carbón .....	13
Ignición Fósforo .....	13
Fig Ensayo ignición fosforo en atmosfera deficiente de oxigeno .....	14
4. Parámetros que rigen la combustión .....	15
Fig Parámetros que rigen la combustión .....	16
Fig Valores de los Parámetros que rigen la combustión .....	17
Fig Rango de inflamabilidad vs Energía de Ignición .....	17
Fig Punto de inflamación .....	18
Fig Los gases no tienen Punto de inflamación (ya estan en estado gaseoso) .....	18
Fig Medición explosímetro (zona segura trabajo en caliente) .....	20
Fig Estado de agregación combustible líquido .....	21
Fig Ensayo ignición: combustion de solido en polvo .....	22
5. Líquidos, Vapores, Gases .....	25
Fig Gases ideales (Espacio- Plano) .....	25
Fig Gases Reales (espacio) .....	25
Fig Gases reales (plano) .....	26
Fig Ecuación General de Estado de los Gases .....	26
Fig Ecuación General de Estado Gases Ideales.....	27
Fig Pesos moleculares de algunos gases (ver tabla periódica) .....	28
Fig Flujo de gases en caso de pérdida .....	28
Fig Esquema excavación (pto de medición de gases).....	29
6. Explosión .....	30
Fig Comportamiento Combustión Combustible líquido: en espacio confinado .....	32
Fig Recipiente de GLP expuesto a calor .....	33
Nota: .....	33
NUNCA DEJAR SOPLETES CERCA DE RECIPIENTES SOMETIDOS A PRESIÓN (AUNQUE PAREZCAN APAGADOS).....	33
7. Extinción .....	35
Fig Cuadro de uso de extintores mas comunes.....	35
Fig Acto Inseguro Extinción de Comb líquido con chorro de agua .....	36
Fig Extinción con Arena.....	37
Fig Desplazamiento derrames: Análisis de Viscosidad Nafta vs Gas Oil .....	38
Fig Extinción con Espuma .....	39
Fig Extinción con PQS .....	40
Fig Plan de contingencia .....	41
Fig Efectos sobre los seres humanos.....	43

UNCuyo	SSA	TP N° 5	Alumno:	2 de46
Fing	Incendio/ explosiones			Rev: 5
Arq 5º	Simulacro- Cuestionario			6/5/21

## 1. Introducción

**Riesgo:** fc (Peligrosidad; Grado de exposición)

**Peligrosidad:** fc Energías Peligrosas (Energía que se puede salir de control > Resistencia) Ejems

- Calor
  - Si la cantidad de calor recibida supera la **resistencia** de la piel se pueden producir quemaduras (1º, 2º, 3º)
  - Calor sensible:  $Q = m c (\Delta T)$
  - Calor latente  $Q = m L$
  - Procesos de transferencia de calor:
    - Conducción:  $dQ = k A dt/dx$  (a través de un material fijo)
    - Convección:  $dQ = h A dt$  (entre partes relativamente calientes y frías de un fluido por medio de mezcla)
    - Radiación:  $dQ = \epsilon e dA T^4$  (energía radiante desde una fuente a un receptor)
  - Poder calorífico del combustible (cantidad de energía térmica liberada durante un proceso de combustión a presión constante) esta reacción se realiza en estado gaseoso (líquidos deben llegar a temp de inflamación, sólidos deben pirolizarse)

**C<sub>7</sub>H<sub>16</sub> (heptano)+11O<sub>2</sub>(oxígeno) → 7CO<sub>2</sub> (anhidrido carbónico)+ 8H<sub>2</sub>O (agua) + aprox 10700 kcal/kg**

- > Energía > Peligrosidad > Riesgo  
Energía= Poder calorífico del combustible (kcal/ kg) x Cantidad de combustible (kg)

Símbolo	Descripción	Unidad SI	Unidad (Sist Ingles)
Q	Calor	Kcal (1 kcal= 427 kgm (equivalente mecánico del calor) = 4184 J = 1/860 kW h	Btu (British thermal unit ) 1 Btu= 0.252 kcal
m	Masa	kg	lb 1 lb =0.454 kg
c	Calor específico	Kcal/kg/°C (ejem: agua 1kcal/kg/°C)	Btu/lb/°F
ΔT	Variación de temperatura	°C o °K (° Celcius o ° Kelvin)	°F (grado Fahrenheit ( °F= 9/5 t +32)
Lv	Calor Latente de vaporización	Kcal/kg	
Lf	Calor Latente de fusión	Kcal/kg (ejem hielo: 80 kcal/kg)	
k	Conductividad	Kcal m/°C /m2	
A	Área	m2	
x	longitud	m	
h	Coef de transferencia de calor (coef de película: origen experimental)	x/k x: longitud de una capa ficticia equivalente a la resistencia combinada de Conducción, Convección, Radiación	
s	Cte de S Boltzmann		0.173 10 <sup>-8</sup> Btu/ (h pie <sup>2</sup> °R <sup>4</sup> ) °R (grado Rankine = °F absoluta = °F + 460)
e	Emisividad	Adimensional, ejem: Techado de Aluminio: 0.216 Ladrillo rojo: 0.93	

Fig Unidades

UNCuyo	SSA	TP N° 5	Alumno:	3 de46
Fing	Incendio/ explosiones			Rev: 5
Arq 5º	Simulacro- Cuestionario			6/5/21

Combustible tipo	Denominación	kcal/kg aprox
<b>Solidos</b>	Leña	2400 a 3700
	Serrin de pino	5370
	Virutas de madera	4570
	Madera *1	4400
	Papel prensa*1	4370
	Turba	2400 a 4000
	Hulla	5000 a 8000
	Coque	5500 a 7200
	Antracita	7300 a 8000
<b>Liquidos</b>	Alcohol etílico (Etanol) *1	6450
	Tolueno	8590
	Asfalto	9870
	Fuel oil (aprox 0.9 a 1 kg/ dm3)	10300
	Petróleos	10500
	Diesel oil ((aprox 0.87 kg/ dm3)	10700
	Gas oil *1 (aprox 0.85 kg/ dm3)	10900
	Kerosene (C11+ .....C16) (aprox 0.8 kg/ dm3)	11100
	Nafta (C7+ ..... C12) *1 (aprox 0.75/ kg/ dm3)	11200
	Gasolina ( C6.... C12)	
<b>Gas licuado</b>	Gas Lic grado 1 (Predomina Propano: C3.+ en << % C4.) (vaporiza a - 45°C)	12013
	Gas Lic grado 3 (Predomina Butano: C4 + en << % C3) (vaporiza a -17 °C)	11878
		<b>Kcal/ m3 aprox</b> a 15°C y 760 mm. Hg
<b>Gas</b>	De coque	1100
	manufacturado	5000
	<b>Natural</b> (Predomina Metano: CH4)	9300 (890.4 kJ)
	destileria	11600
	Natural mendoza	13000
	Acetileno (C2H2)	13000 (2598kJ)
	Gas Lic grado 1 (Predomina Propano: C3.+ en << % C4.)	22380
Gas Lic grado 3 (Predomina Butano: C4 + en << % C3)	27842	

Nota: Cuando se habla de productos del petróleo se habla de mezcla de hidrocarburos (una fracción de estos)

#### Fig Poder calorífico combustibles

- Facilidad con la que se puede salir de control, función de por ejem:
  - Estado del combustible: Gas > Líquido > Sólido
    - Líquido: a < Temperatura de inflamación > Peligrosidad > Riesgo
  - Estado de agregación de Líquidos y Sólidos (Área específica (m2/kg))
    - a > Área específica > Peligrosidad > Riesgo
  - Rango de inflamación
    - a > Rango de inflamación > Peligrosidad > Riesgo

UNCuyo	SSA	TP N° 5	Alumno:	4 de46
Fing	Incendio/ explosiones			Rev: 5
Arq 5º	Simulacro- Cuestionario			6/5/21

Medidas de control

- > Medidas de Control (Grado de redundancia) < Peligrosidad < Riesgo
- ejem: seleccionar
  - < cantidad de energía
    - usar < cantidad de combustible
    - usar combustible de < Poder calorífico
  - líquidos con > Temp de inflamación
  - < área específica
  - < Rango de inflamación

**Grado de Exposición** (Físico, Síquico, Técnico (Conocimiento; Equipamiento): fc ejem:

- Tiempo de exposición: > Tiempo > Grado de exposición > Riesgo
- Distancia: > Distancia < Grado de exposición < Riesgo

Medidas de Control (Eliminación, Prevención, Mitigación, Remediación)

- > Medidas de control (Grado de redundancia) < Grado de Exposición < Riesgo

• ejem:

- **Recursos Humanos:** Capacitación / Entrenamiento/ Evaluación / Selección del personal: (General, específico)
- **Recursos Materiales:** Cálculo/ Verificación/ Selección/ Inspección/ Mantenimiento/ Uso de: Equipamiento/ Instalación
- Revisión de legislación inherente
- Elaboración de **procedimientos de trabajo** (adecuados, conocidos/ entendidos, ejecutados)
- **Control/ Seguimiento**, etc

Nota: IRAM 3800

Se puede considerar para la Evaluación/ Análisis de Riesgo que si se han implementado las Medidas de Prevención / Controles y estos

- Están en general conforme a requisitos establecidos o normas legales (Nacionales, Provinciales, Municipales, internas del comitente)
- Son **adecuados** para la tarea
- Son **conocidos/ entendidos** por todos aquellos involucrados
- Son **ejecutados** por todos aquellos involucrados

Por lo que por lo pronto NO requieren de acción ulterior , salvo asegurarse, cuando corresponda que se siguen aplicando Las medidas de prevención/ los controles: Verificando frecuentemente (diariamente / constantemente) por:

- Personal directivo / supervisión (Seguridad Integrada)
- Personal de SSA (Seguridad Asistida)

Se debe conocer en profundidad entre otros: **el material, el proceso, la base de funcionamiento, el equipamiento/instalaciones, etc** para poder implementar las medidas adecuadas de Eliminación, Prevención, Mitigación y Remediación de Riesgos en las Áreas de **Seguridad Laboral, Salud Ocupacional y Ambiente (SSA)**

UNCuyo	SSA	TP N° 5	Alumno:	5 de46
Fing	Incendio/ explosiones			Rev: 5
Arq 5º	Simulacro- Cuestionario			6/5/21

### Ejercicios

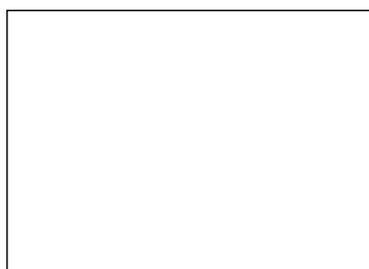
- Control del Riesgo

Peligrosidad	Medida de control a adoptar para reducir el riesgo
Almacenamiento de Gasoil en obra: tanque de 10 m3 (consumo 2 meses) o tambor de 200 lts (consumo diario)	Calcular con la medida adoptada cual es la relación de riesgo relativo para este punto: _____
Selección del equipamiento (accionado con motor a combustión) en función del combustible utilizado	Nafta o gasoil *1 Porque: _____
Selección del equipamiento de oxicorte en función del combustible utilizado	Acetileno (C2H2) o GLP (Butano C4 H10) *1 Porque: _____
Grado de exposición	
Tanque de 10 m3 de gasoil	Estudio del área de instalación tanque: <b>si/no</b> Es necesario áreas de aislación (distancias mínimas a otras áreas): <b>si/no</b> Pileta de contención (Vol min= 1,5 x Vol comb) : <b>si/ no</b> Debe tener recubrimiento (impermeable, resistente al fuego/ etc) de piso: <b>si/no</b> Red de agua contra incendio: <b>si/no</b> Instalación Espuma *1: <b>si/no</b> Equipos de PQS *1: <b>si/no</b> Instalación de sistema de evacuación de combustible: <b>si/no</b> *1 Instalación eléctrica antiexplosiva: <b>si/no</b> Formación de brigada contra incendios: <b>si/no</b> Realización de simulacros: <b>si/no</b>

### \*1 Visto en Simulacro Práctica (adjuntar fotos/ esquemas detallando el punto)

- Señalar diferencia entre **fuego e incendio**: \*1

- Calcular pileta de contención para almacenamiento de combustible, sabiendo:
  - Volumen a almacenar : 10 m3 (simil tanque camión: largo: 6 m ancho 2.5 m)
  - La pileta:
    - Forma rectangular
    - Capacidad de almacenamiento minima: 1,5 x Volumen a almacenar (20 cm antes del borde de la pared)
  - Altura pared de la pileta: 1 m
  - Hacer dibujo a escala (Planta/ corte)



Preparo l

UNCuyo	SSA	TP N° 5	Alumno:	6 de46
Fing	Incendio/ explosiones			Rev: 5
Arq 5º	Simulacro- Cuestionario			6/5/21

## 2. Fuego: componentes

Elemento	Descripción	Ejems
Comburente	Agente oxidante	Oxígeno del aire, Ozono, Peróxido de hidrógeno, ácidos sulfúrico, nítrico, nitratos, cloratos, percloratos, etc.
Combustible	Agente reductor	Sustancias celulósicas como maderas, textiles, papel, hidrocarburos, carbón, solventes orgánicos y alcoholes en general, etc.
Calor	Fuentes	Las cuales proveen la energía mínima de ignición.
	Química (oxidación exotérmica)	Llamas abiertas: . Cigarrillos. . Fósforos. Hornillas. . Estufas, Reacción entre compuestos ( Catalizador (Metil etil cetano) con Acelerador (óxido de cobalto) de resinas etc.
	Eléctrica	Arco eléctrico (Interruptores) . Resistencias eléctrica (filamentos) - Electricidad estática. . Tormentas eléctricas o rayos, etc.
	Mecánica	Calor generado por rozamiento. . Chispas provenientes de fricción metálica. . Calor por compresión, etc.
Reacción qca en cadena.	Formación de especies activas	Fragmentos moleculares de menor peso molecular. Radicales libres. . Hidrógeno libre. - Carbón libre, etc.

Fig Fuego- componentes

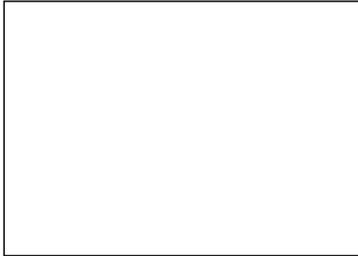
Combustibles	Componentes						Observaciones
	C	H	S	N	H2O	Minerales	
Sólidos							Producen cenizas por los minerales <<< poder calorífico por las cenizas y agua Antracita hasta <b>7800 kcal/kg</b> Densidad= 0,85 kg/lt Escoria y cenizas cubren el combustible y dificultan oxidación
Líquidos							No tienen minerales No producen cenizas << Poder calorífico por que tienen que evaporar agua Nafta <b>11200 kcal/ kg</b> (densidad = 0.76 kg/lt)
Gaseosos							No contienen agua ni minerales > poder calorífico Propano <b>12013 kcal/kg</b> Butano <b>11878 kcal/kg</b>
							$p V = n R T = (M/PM) (p_0 V_0/T_0) T$ densidad = $M/V = (PM/22.4 \text{ m}^3/\text{mol}) T_0/T$  Propano $(44 \text{ kg} /22.4\text{m}^3 \times 273/283) \times 12013 \text{ kcal/kg} = 23571 \text{ kcal/m}^3$ (densidad 1.89 kg/m3) (densidad liq a pres = 0.508 kg/lt)
							Butano $(58 \text{ kg} /22.4\text{m}^3 \times 273/283) \times 11878 \text{ kcal/kg} = 28768 \text{ kcal/m}^3$ (densidad liq a pres = 0.432 kg/lt)
							Acetileno <b>13000 kcal/m3</b> (densidad= 0.74 kg/lt)
							Metano <b>9000 kcal/m3</b>

Fig Fuego- Combustibles

UNCuyo	SSA	TP N° 5	Alumno:	7 de46
Fing	Incendio/ explosiones			Rev: 5
Arq 5º	Simulacro- Cuestionario			6/5/21

**Ejercicios:**

- Considerando la tabla precedente hacer dibujo de:  
**Triángulo de fuego**



**Tetraedro de fuego**



- Cual de los 2 representa mejor el fenómeno de:
  - Llama abierta: \_\_\_\_\_
  - Brasas: \_\_\_\_\_
- En caso de: llama abierta (sopletes, soldadura oxiacetilénica, etc) , producción de partículas incandescentes (soldadura eléctrica, oxicorte, corte con disco, amolado, chispas producidas por corto circuito, etc) u otras fuentes de calor, a estos trabajos se los denomina : Trabajos en \_\_\_\_\_ y se deben tomar las medidas de prevención y \_\_\_\_\_ de riesgos adecuadas, entre otros:
  - Pedir autorización de trabajo (Firmado por administración de línea)
  - Uso de EPP adecuados para todo el personal involucrado en el trabajo
  - Cercar el área de trabajo, señalizar, indicar listado de personas autorizadas
  - Limpiar el área de materiales combustibles/ proteger adecuadamente según el caso
  - Trabajo en camaradería (minimo 2 personas, uno cuida al otro)
  - Controlar dispersión de material incandescente (ejem: colocar barreras para evitar caída/ dispersión)
  - Disponer de sistema de extinción (Portatil, mangueras, etc)
  - Consignar equipos
  - Otros

UNCuyo	SSA	TP N° 5	Alumno:	8 de46
Fing	Incendio/ explosiones			Rev: 5
Arq 5º	Simulacro- Cuestionario			6/5/21

### 3. Reacción química de oxidación: tipos

Oxidación	Reacción química de oxidación que en el caso de los metales Velocidad en el orden de <b>mm/ año</b>
Fuego	<p>Proceso de combustión caracterizado por una reacción química de oxidación (rápida y violenta desde el punto de vista del combustible) de suficiente intensidad para emitir Luz, calor y en muchos casos llamas.</p> <p>Esta reacción se produce a temperatura elevada y con producción de suficiente cantidad de calor como para mantener la mínima temperatura necesaria para que la combustión continúe. *1</p> <p>Los valores que alcanzan la temperatura de combustión dependen en gran parte de la naturaleza de los combustibles utilizados pudiendo variar desde temp bajo cero para por ejem Nafta hasta mas de 1700°C para algunos metales que entran en combustión como el Magnesio, el Aluminio, etc.</p> <p>El material en combustión puede ser <b>gaseoso, líquido o sólido</b> pero para que la reacción de combustión se lleve a cabo tanto el <b>combustible como el comburente</b> (generalmente oxígeno del aire: (aprox 21 % O2 + 78% N2) deben estar en contacto a nivel molecular por lo que la combustión es posible solo cuando <b>el combustible está en estado gaseoso.</b></p>
Incendio	Fuego incontrolado, o una combustión no planeada Velocidad del frente de llama en el orden de <b>cm/ seg</b>
Deflagración	Velocidad del frente de llama en el orden de <b>m/ seg</b> (subsonico, bajo la velocidad del sonido: 340 m/s) Onda de presión aprox <b>1 a 10 veces la inicial *1</b>
Explosión	Velocidad del frente de llama en el orden de <b>Km/ seg</b> (sobre la velocidad del sonido: 340 m/s) Onda de presión aprox .....: <b>100 veces la inicial</b>



UNCuyo	SSA	TP N° 5	Alumno:	10 de46
Fing	Incendio/ explosiones			Rev: 5
Arq 5º	Simulacro- Cuestionario			6/5/21



Fig Combustion Completa - Incompleta

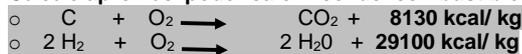
Preparo Ing A. Furlani

UNCuyo	SSA	TP N° 5	Alumno:	11 de46
Fing	Incendio/ explosiones			Rev: 5
Arq 5º	Simulacro- Cuestionario			6/5/21

El análisis de las variables del cual depende la **Energía que se puede salir de control** así como su **Cuantificación** (Peligrosidad) son esenciales para el control de riesgos en SSA.

**Ejercicios:**

Cálculo aprox del **poder calorífico del combustible** en función de las reacciones básicas:



Cálculo aprox del **poder calorífico del combustible : METANO**

- o **Peso Molecular (PM) compuesto= s (Cantidad x PM elemento )**
  - PM CH<sub>4</sub> (PM C= 12, PM H=1) = 1 x 12 + 4 x 1 = **16 gr/mol**
- o **Fracción PM de sus componentes = PM componente / PM Combustible**
  - PM C / PM CH<sub>4</sub> = 1 x 12 / 16 = 0.75
  - PM H<sub>4</sub> / PM CH<sub>4</sub> = 4 x 1 / 16 = 0.25
- o **Poder calorífico combustible aprox = s (Poder calorífico x Fracción PM)**
  - Poder calorífico CH<sub>4</sub> = 8130 kcal/ kg x 0.75 + 29100 kcal/ kg x 0.25 =
  - Poder calorífico CH<sub>4</sub> = **13373 kcal/ kg**

Cambio de Unidades (kcal / kg a kcal/ m3)

o :Ecuacion General de Estado de un Gas Ideal

- o  $P V = n R T$
- o  $\rho V = M/PM \quad \rho_0 \times V_0 / T_0 \quad T$ 
  - **M/V (kg/m3) = (PM/Vo) (To/T)**
    - M/V CH<sub>4</sub> = (16 kg/ mol / 22.4 m3/ mol) (273 K / 288 K)
    - M/V CH<sub>4</sub> = **0.677 kg/m3**

$$\circ \text{ Poder calorífico C}_4\text{H}_{10} = \mathbf{13370 \text{ kcal/ kg}} \times 0.677 \text{ kg/m}^3 = \mathbf{9054 \text{ kcal/m}^3}$$

Cambio de Unidades (kcal / kg a kJ/mol)

o Nro de moles = masa/ Peso molecular

$$\circ n = M / PM$$

$$\circ n \text{ CH}_4 = 1000 \text{ gr/ } 16 \text{ gr/ mol} = \mathbf{62.5 \text{ moles}}$$
 para 1 kg de C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>

$$\circ \text{ Poder calorífico C}_4\text{H}_{10} = \mathbf{13373 \text{ kcal/ kg}} \times (427 \text{ kgm/kcal}) \times (9,8 \text{ J/ kgm}) \times (1 \text{ kg/ } 62.5 \text{ mol})$$

$$\circ \text{ Poder calorífico C}_4\text{H}_{10} = \mathbf{895 \text{ kJ/mol}}$$

UNCuyo	SSA	TP N° 5	Alumno:	12 de46
Fing	Incendio/ explosiones			Rev: 5
Arq 5º	Simulacro- Cuestionario			6/5/21

### Ignición de un trozo de madera

Cuando las llamas difusoras son pequeñas, por ejemplo en el caso de un fósforo, su aspecto es uniforme y constante y se las denomina llamas de **difusión laminar**.

Si el tamaño del fuego aumentan comienzan a perder estabilidad y zigzaguean buscando mas combustible y comburente

Si sigue el aumento de tamaño del fuego, el movimiento de las llamas aumenta en forma desordenada y se las denomina llamas de **difusión turbulenta**.

### A título de ejemplo sobre el proceso de la combustión, describiremos que ocurre en la ignición y extinción de un trozo de madera:

Comienza el calentamiento de la madera por cualquiera de los métodos de transferencia de calor ya explicados.

Conforme la temperatura superficial de esta se acerca a la temperatura de ebullición del agua (aprox 100°C) se empiezan a desprender gases cuyo principal constituyente es el vapor de agua, por lo que su capacidad inflamable es nula o muy baja. Debido a esta evaporación del agua comienza el secado del combustible.

Cuando la temperatura se acerca a los **300°C**, comienza a visualizarse un cambio de color en la madera que evidencia el comienzo de la **pirólisis** (descomposición de la sustancia por elevación de la temperatura) y el consiguiente desprendimiento de gases combustibles con formación de un residuo carbonoso superficial.

Si no hay presente llamas que inicien el fuego en estos vapores inflamables la temperatura deberá aumentar considerablemente, hasta alcanzar el **punto de autoignición**, donde espontáneamente aparecerán las llamas.

Una vez producida la autoignición, una **llama difusora** cubre la superficie de la **madera pirolizada**, evitando el contacto directo del aire con esta.

La llama calienta la madera aumentando la velocidad de la pirólisis y por ende la reacción.

Si en este punto se retira el aporte calórico que produjo el inicio del fuego la combustión continuará o se detendrá dependiendo del grosor de la madera.

Si esta es demasiado gruesa perderá demasiado calor por radiación y por conducción hacia su interior, deteniéndose la reacción.

Ahora bien si la madera se encuentra cerca de superficies que devuelvan parte de la energía radiante como por ejemplo otras maderas o materiales aislantes, la energía devuelta será suficiente para sostener la combustión en el tiempo.

Al aumentar la capa carbonizada y debido a las propiedades aislantes que esta posee, disminuye la cantidad de calor que llega al interior de la madera, disminuyendo aún más la pirólisis ya disminuida progresivamente por la menor cantidad de madera susceptible de pirolización presente.

Debido a esta importante disminución de los gases generados, no se puede sostener la combustión en la fase gaseosa, continuando con la **combustión en la masa de la madera o combustión con brasa o incandescencia. (rescoldo)**

Esta se mantendrá en tanto y en cuanto las pérdidas del calor radiante no sean muy elevadas. Este proceso necesita una cantidad de aire suficiente para permitir el quemado de los gases, en caso contrario estos se alejan del punto de generación y se inflaman cuando encuentran este aporte, por ejemplo los gases que salen por la ventana de una habitación incendiada que se queman en el exterior de la misma o la **explosión de humo** por gases sobrecalentados

Siempre el mayor aporte calórico se producirá en forma ascendente, si hay otros combustibles en estas posiciones la propagación se producirá mas rápidamente que en sentido horizontal o descendente

Generalmente, los materiales fáciles de inflamar, o sea que se calientan rápidamente (baja inercia térmica), también propagan rápidamente las llamas.

La velocidad de combustión de los incendios esta directamente ligada a la energía calórica radiante que llega desde las llamas a la superficie del combustible en fase de pirólisis.

- o Con el tiempo se observa una superficie con cenizas

Preparo Ing A. Furlani

UNCuyo	SSA	TP N° 5	Alumno:	13 de46
Fing	Incendio/ explosiones			Rev: 5
Arq 5º	Simulacro- Cuestionario			6/5/21

- **Extinción:** por enfriamiento, con chorro de agua para llegar mecánicamente lo mas internamente posible (pasar capa aislante de cenizas)
- Nota: Fuego de superficie o sin llamas (**caso de triangulo de fuego**) : oxidación de la superficie con ausencia de llama (brasa, incandescencia, rescoldo) La cinética de la reacción es baja y la combustión superficial progresa hacia el núcleo central de la masa que arde



Fig Combustión carbón

#### Ignición Fósforo

- Considerando un fósforo de seguridad ejem: **barrita de madera** (álamo)
- **impregnada** con anticombustible (ej: silicato sódico, fosfato amonico o potasico como retardantes)
- **extremo impregnado** con combustible (parafina) para facilitar inflamación cabeza fósforo (**Sustancia oxidante** : ej: **Clorato de potasio** + Sustancia inflamable ej: azufre)
- que al ser raspada (calor por rozamiento) contra superficie (vidrio molido + **Fósforo ( Comburente)** se produce calor que implica la disociación del **agente oxidante** (colorato de potasio) el que libera oxígeno que pasa a combinarse con el **fósforo** que libera mas calor haciendo que el resto del oxígeno reacione con el Azufre (en el momento de la inflamación la temp aprox es 2000 °C  $P + O_2 \rightarrow PO_2$ )

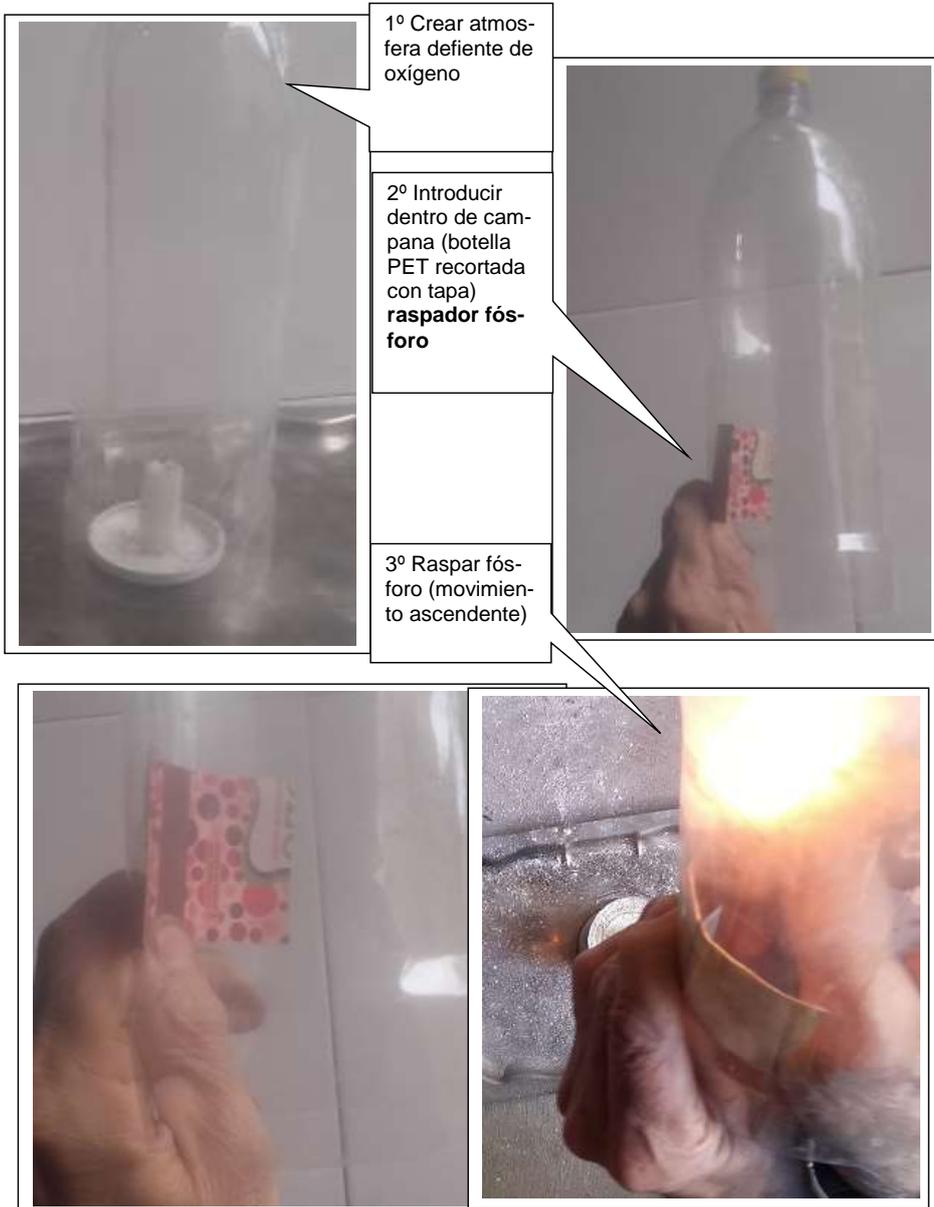
Se enciende en atmosfera deficiente de oxígeno? **\*1 SI- NO** porque: \_\_\_\_\_

Con formato: Numeración y viñetas

#### Ejercicios:\*1 Visto en Simulacro Práctica (adjuntar fotos/ esquemas detallando el punto)

Preparo Ing A. Furlani

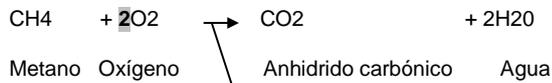
UNCuyo	SSA	TP N° 5	Alumno:	14 de46
Fing	Incendio/ explosiones			Rev: 5
Arq 5º	Simulacro- Cuestionario			6/5/21



*Fig Ensayo ignición fosforo en atmosfera deficiente de oxigeno*

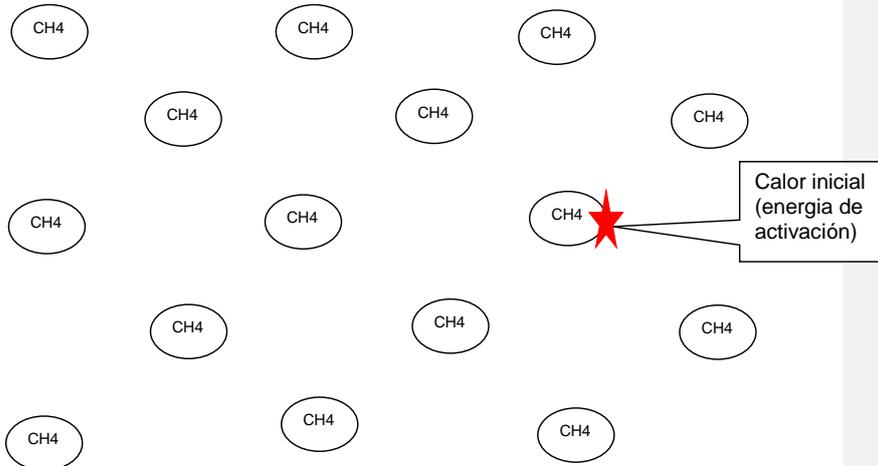
UNCuyo	SSA	TP N° 5	Alumno:	15 de46
Fing	Incendio/ explosiones			Rev: 5
Arq 5º	Simulacro- Cuestionario			6/5/21

- Explicar simulacro:
- Vinculando con los conocimientos de ambiente:
  - Cual es la reacción inversa de fotosíntesis: \_\_\_\_\_
  - Indicar componentes reacción:  
\_\_\_\_\_ + \_\_\_\_\_ + \_\_\_\_\_
  - Es una reacción de oxidación: si/no:
- Teniendo la siguiente reacción de combustión (equilibrada estequiometricamente)



Reacción exotérmica: entrega calor al medio

- Completar con la cantidad de moléculas de  $\text{O}_2$  alrededor de cada molécula de  $\text{CH}_4$
- Dibujar frentes de llama (onda de presión)



#### 4. Parámetros que rigen la combustión

Parámetros que rigen la combustión	Definición
Temperatura de inflamación (flash point)	Es la menor temperatura a la cual hay que elevar un líquido combustible para que los vapores que se desprendan formen una mezcla que se inflama al acercarse a una llama *1
Temperatura de combustión o ignición:	Es la menor temperatura a la cual hay que elevar un líquido combustible de tal forma que al iniciarse la combustión por una llama, esta se mantiene sin necesidad de acercarse nuevamente a la llama. *1
Temperatura de auto-combustión	Es la menor temperatura a la cual hay que elevar una mezcla de vapores inflamables y el aire para que se encienda espontáneamente sin necesidad de una fuente de ignición externa.

UNCuyo	SSA	TP N° 5	Alumno:	16 de46
Fing	Incendio/ explosiones			Rev: 5
Arq 5º	Simulacro- Cuestionario			6/5/21

Rango de inflamabilidad	Son los valores mínimos y máximos de la relación Gas/ Aire donde la mezcla combustible/ comburente es capaz de inflamarse al contacto con una fuente de calor *1 LII: Límite Inferior de Inflamabilidad LSI: Límite Superior de Inflamabilidad Nota: El explosímetro mide: % del LII. Generalmente se considera seguro para realizar el trabajo en caliente, cuando es <b>menor al 10 % del LII</b>
Energía de ignición (mJ)	Energía mínima para el proceso de iniciación de la llama. La cual tiende al infinito a medida que la mezcla combustible/ aire se aproxima a los límites de inflamabilidad *1
<b>Mecanismos de transmisión del calor:</b> El calor determina la Inflamación, combustión y extinción de la mayoría de los incendios, por lo que es de fundamental importancia los mecanismos de transmisión del calor:	
Conducción:	Por contacto directo entre la fuente de calor y el material. Medio de transmisión: Estado sólido
Convección:	Por desplazamiento de parte de la masa fluida desde los sectores mas calientes a los mas frio. Medio de transmisión: Estado Líquido o gaseoso.
Radiación:	A través de ondas electromagnéticas como la luz, los rayos x, etc Medio de transmisión: No necesita
	Cuando la combustión se desarrolla sobre toda la masa del combustible y no sobre los vapores generados, nos encontramos con el <b>proceso denominado incandescencia o brasa.(rescoldo)</b>

**Fig Parámetros que rigen la combustión**

UNCuyo	SSA	TP N° 5	Alumno:	17 de46
Fing	Incendio/ explosiones			Rev: 5
Arq 5º	Simulacro- Cuestionario			6/5/21

Combustible	Limite de Inflamabilidad (%)		Temperatura (°C)		Energia de ignición (MJ)
	Inferior LII	Superior LSI	Inflamación	Autoignición	
CO	12,5	74	-	650	
SH2	4.6	46			
H2	4	75		400	0.017
Acetileno *1	2.5	81		304	0.017
CH4	5	15	-	540	0,3
Gas Natural	3.8	13			
Propano *1	2,1	9,5	-	470	0,25
Butanos	1.8	8.4		425 -540	0.25
Pentanos	1.4	7.8	-49	310- 420	0.21
Gasolina	1.4	7.6	-45	255 - 425	
Nafta *1			-2.5		-
Kerosene	0,7	5	38	220	-
Gasoil *1			50		

Fig Valores de los Parámetros que rigen la combustión

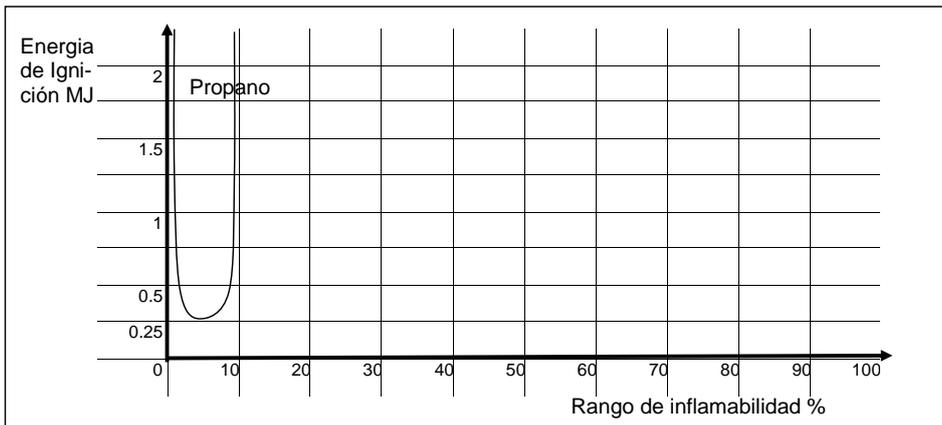


Fig Rango de inflamabilidad vs Energía de Ignición

UNCuyo	SSA	TP N° 5	Alumno:	18 de46
Fing	Incendio/ explosiones			Rev: 5
Arq 5º	Simulacro- Cuestionario			6/5/21

<b>Punto de inflamación Material (nota info)</b>	<b>°C</b>
Gasolina -39	-43
Sulfuro de carbono	-33
Acetona	-18
Nafta	-18
Benceno	-11
Petroleo (livianos)	-7
Tolueno	4.4
Metanol	11
Alcohol etílico	18.2
Aguarras comercial	33
Keroseno	37
Gasoleo	65
<b>Solidos</b>	
Madera de pino	225
Papel prensado	230
Polielileno (PE)	340
Poliamida (PA)	520

Fig Punto de inflamación

#### Ejercicios:

\*1 Visto en Simulacro Práctica (adjuntar fotos/ esquemas detallando el punto)



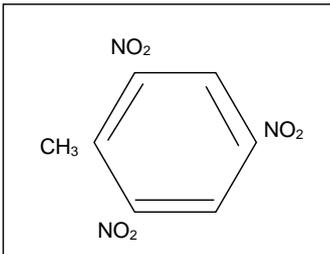
Fig Los gases no tienen Punto de inflamación (ya estan en estado gaseoso)

UNCuyo	SSA	TP N° 5	Alumno:	19 de46
Fing	Incendio/ explosiones			Rev: 5
Arq 5º	Simulacro- Cuestionario			6/5/21

- Quien tiene > Energia \*1 : llama fósforo o chispa encendedor piezo eléctrico



- En el caso del TNT (trinitro tolueno) es necesario comburente externo: **SI- NO** porque \_\_\_\_\_



- Considerando los ensayos realizados \*1 (nafta- Gas Oil aprox a Temp amb: 10 ° C) en cual de los combustibles se pudo observar la temperatura de inflamación y la temperatura de combustión: \_\_\_\_\_
- Considerando las figuras precedentes:
  - Rango de inflamabilidad: en caso de tener un **equipo de oxicorte**: Que es mas seguro trabajar con Gas licuado: **Propano o Acetileno** porque \_\_\_\_\_
  - Temperaturas: Considerando la temperatura de inflamación, combustión y auto-combustion; cuales de estas estan mas cerca entre ellas
  - Trazar en el gráfico en forma aprox curva para el **Acetileno** (considerando a nivel de ejem la misma energia de ignición del propano): **Trazarlo sobre Fig del propano**
  - Indicar el valor de la mínima energia de ignición (propano) en **kcal**: \_\_\_\_\_

UNCuyo	SSA	TP N° 5	Alumno:	20 de46
Fing	Incendio/ explosiones			Rev: 5
Arq 5º	Simulacro- Cuestionario			6/5/21

- Considerando que para realizar un trabajo en caliente la medición del explosímetro debe estar por debajo del 10 % del LII, dibujar
  - rango de inflamabilidad para el propano con absisa máxima del 10 %
  - Indicar y señalar el valor del 10 % del LII , en valor del rango de inflamabilidad: \_\_\_\_\_ %
  - Señalar (sombrear) cual es la zona (rango) en la que se puede realizar el trabajo en caliente

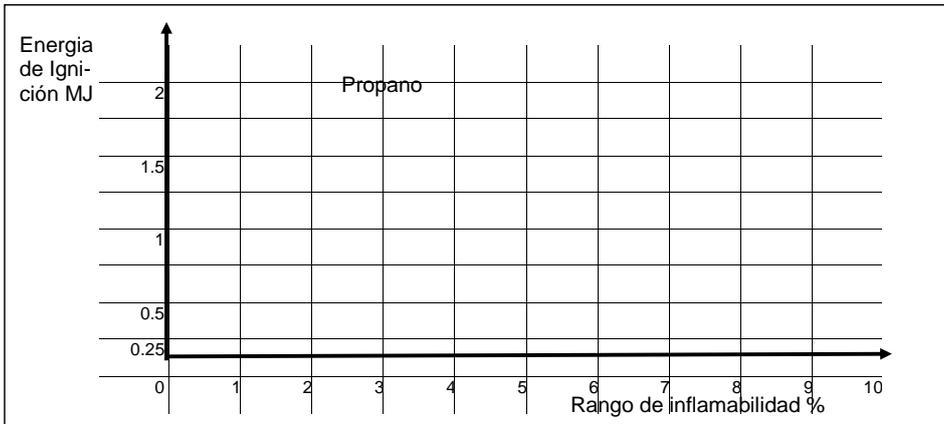


Fig Medición explosímetro (zona segura trabajo en caliente)

- Considerando tablas precedentes
  - Cual es mas seguro: un vehículo con: **nafta o gas oil** porque? \_\_\_\_\_
  - Porque hay punto de inflamación solo de líquidos y sólidos??? \_\_\_\_\_
  - Como la temperaturas del Gran Mza estan en gral por encima del 0°C que líquidos combustibles (mas comunes) se comportan como gases: \_\_\_\_\_
  - Considerando que la **Presión de vapor:** es la medida de propensión del líquido a evaporarse o despedir vapores cual tiene mayor presion de vapor: **la Nafta o el Gasoil**

UNCuyo	SSA	TP N° 5	Alumno:	21 de46
Fing	Incendio/ explosiones			Rev: 5
Arq 5º	Simulacro- Cuestionario			6/5/21

**\*1 Visto en Simulacro Práctica (adjuntar fotos/ esquemas detallando el punto)**

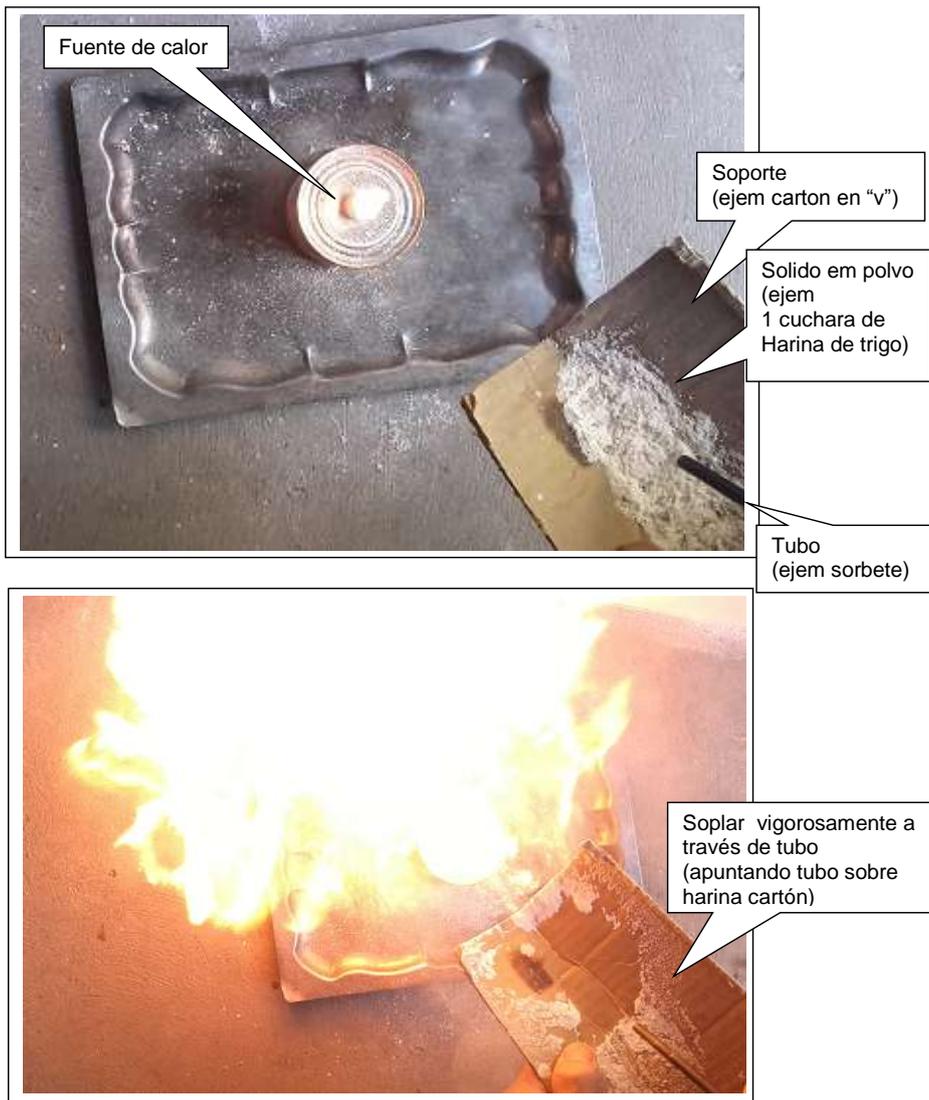
- Estado de agregación del combustible: < estado de agregación > área específica ( m<sup>2</sup>/ kg)
  - Combustible líquido: No obstante que el Gas Oil tiene una temperatura de inflamación superior a la temperatura ambiente si cambio el estado de agregación: ejem Pulverizo (aumento área específica del combustible y por lo tanto el calor actua sobre una mayor área levantando la temperatura de las microgotas a la temperatura de inflamación )



**Fig Estado de agregación combustible líquido**

UNCuyo	SSA	TP N° 5	Alumno:	22 de46
Fing	Incendio/ explosiones			Rev: 5
Arq 5º	Simulacro- Cuestionario			6/5/21

- Combustible sólido: No obstante que la harina de trigo no se combustiona al hacerle una fuente de calor , si la pulverizamos (aumento área específica del combustible y por lo tanto el calor actua sobre una mayor área levantando la temperatura de las particulas iniciando la pirolisis )



**Fig Ensayo ignición: combustion de solido en polvo**

UNCuyo	SSA	TP N° 5	Alumno:	23 de46
Fing	Incendio/ explosiones			Rev: 5
Arq 5º	Simulacro- Cuestionario			6/5/21

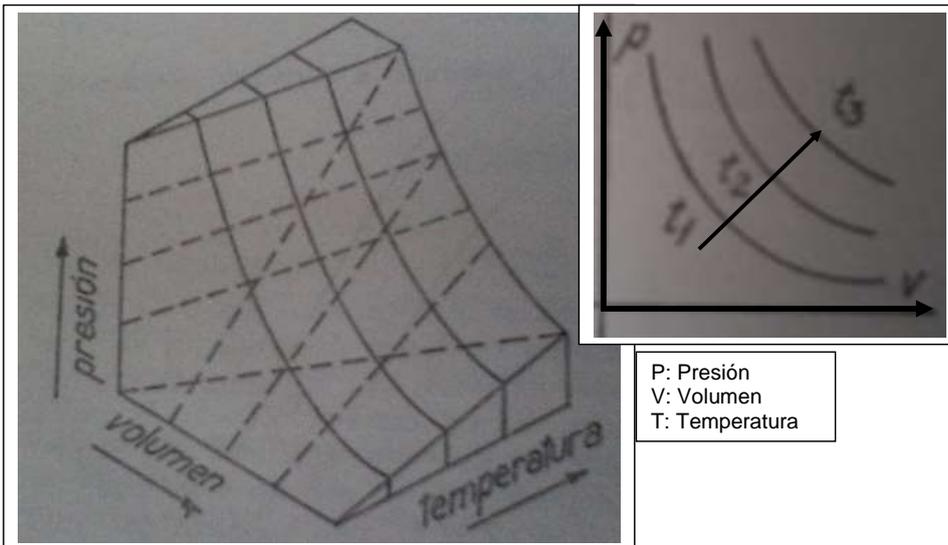
- Considerando: papel, cartón, madera (todos fibra de madera): según simulacro realizado \*1 para una misma fuente de calor (fósforo)
  - Observando tabla precedente como son las energías de activación para estos materiales \_\_\_\_\_
  - Ordenar de menor a mayor en función del tiempo para iniciar la combustión:  
1º \_\_\_\_\_ 2º \_\_\_\_\_ 3º \_\_\_\_\_
  - Ordenar de menor a mayor en función de su área específica (m2/ kg)  
1º \_\_\_\_\_ 2º \_\_\_\_\_ 3º \_\_\_\_\_
  - Que relación encuentra entre el área específica y los tiempos para iniciar la combustión \_\_\_\_\_
  - Explicar como es la reacción:
    - Antes de perforar el material: **lenta – rápida** porque:  
\_\_\_\_\_
    - Después de perforar el material: **lenta – rápida** porque:  
\_\_\_\_\_
  
- Considerando como material de la vestimenta (lona, polar: PS): según simulacro realizado \*1 para una misma fuente de calor (fósforo)
  - Cual tiene mayor estado de agregación (densidad). \_\_\_\_\_
  - Cual se enciende mas fácil: \_\_\_\_\_
  - Cual se funde \_\_\_\_\_
  - Cual mitiga menos la contingencia \_\_\_\_\_
  - Forma de actuar en caso de contingencia: llamas sobre vestimenta: -----  
-----  
-----
  
- Considerando estado de agregación de los sólidos combustibles (ejem trigo) \*1
  - Se puede producir una inflamación **SI- NO** en que caso: \_\_\_\_\_
  - Se puede producir una explosión: **SI- NO** en que caso: \_\_\_\_\_

UNCuyo	SSA	TP N° 5	Alumno:	24 de46
Fing	Incendio/ explosiones			Rev: 5
Arq 5º	Simulacro- Cuestionario			6/5/21

- Que pasa cuando al carburo de calcio le agrego agua:\*1
  - \_\_\_\_\_ porque \_\_\_\_\_
  - y luego acerco una llama: \_\_\_\_\_ porque: \_\_\_\_\_  
 comparar con la inflamación del Acetileno vs Gas licuado :  
 \_\_\_\_\_ porqué: \_\_\_\_\_
  
- En una vela cual es la función de:
  - parafina \_\_\_\_\_
  - pabilo \_\_\_\_\_
- Que pasa cuando apago una vela y acerco una llama a la columna de humo:
  - \_\_\_\_\_ porque \_\_\_\_\_

UNCuyo	SSA	TP N° 5	Alumno:	25 de46
Fing	Incendio/ explosiones			Rev: 5
Arq 5º	Simulacro- Cuestionario			6/5/21

5. Líquidos, Vapores, Gases



P: Presión  
V: Volumen  
T: Temperatura

Fig Gases ideales (Espacio- Plano)

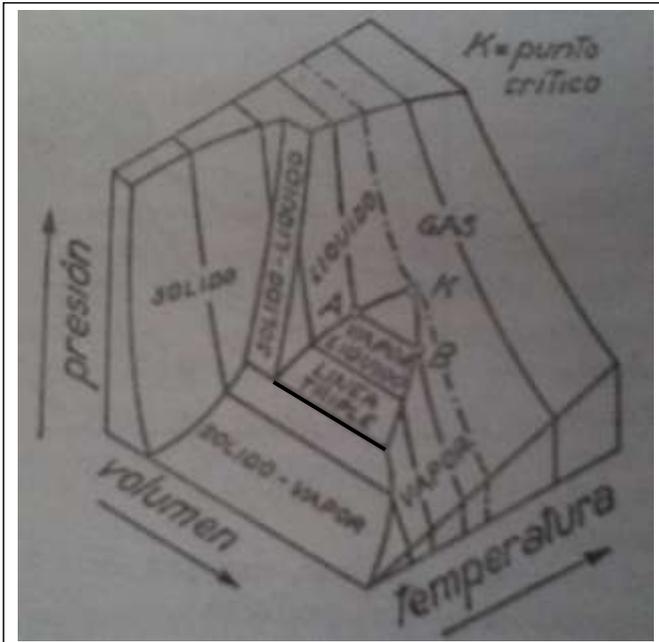


Fig Gases Reales (espacio)

UNCuyo	SSA	TP N° 5	Alumno:	26 de 46
Fing	Incendio/ explosiones			Rev: 5
Arq 5º	Simulacro- Cuestionario			6/5/21

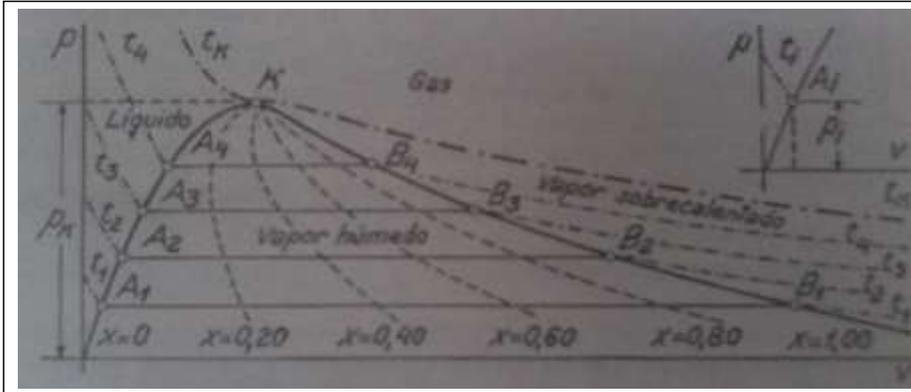


Fig Gases reales (plano)

• Ecuación general de Estado de los Gases

Símbolo	Descripción	Unidad	Valor	Observación
$PV = nRT$	Ecuación gral de estado			
P	Presión	Kg/m <sup>2</sup>	<b>10332</b>	1.0332 kg/cm <sup>2</sup>
V	Volumen	m <sup>3</sup>	<b>22,414</b>	Ley de Avogadro (Un mol de un gas ocupa un volumen de 22,4 m <sup>3</sup> en estado normal (P= 10332 kg/m <sup>2</sup> , T= 273 °K) $pV_1 = n_1RT$ $pV_2 = n_2RT$ $V_1/n_1 = V_2/n_2 = V_3/n_3 = 22.414 \text{ m}^3 \text{ por molécula kilogramo}$ Nro Avogadro: <b><math>N = 6.022 \times 10^{23}</math></b> <b>moleculas por mol gramo</b> (dos gases tienen el mismo nro de moléculas o moles)
n	Nro de moles	mol	<b>1</b>	n= masa/ peso molecular <b>mol= molécula-kilogramo</b>
m	Masa gas	kg		
PM	Peso Molecular gas	kg/mol		
T	Temperatura	°K	<b>273</b>	
R	Constante universal de los gases	Kgm/(mol °K)	<b>848</b>	
		Kcal/(mol °K)	<b>1.98</b>	

Fig Ecuación General de Estado de los Gases

UNCuyo	SSA	TP N° 5	Alumno:	27 de 46
Fing	Incendio/ explosiones			Rev: 5
Arq 5º	Simulacro- Cuestionario			6/5/21

**Ecuación General de Estado (Gas Ideal)**

$$p V = n R T$$

donde  
 p = presión (kgf/m<sup>2</sup>)  
 V = Volumen (m<sup>3</sup>)  
 T = temperatura (K)  
 n = número de moles = m/PM  
 m = masa (kg)  
 PM = Peso molecular (kg/mol)  
 R = Constante Universal de los Gases  
 R = 847 kgm/(mol °K) =

Desarrollo:  
**Ley de Charles Gay Lussac** (p= cte o v= cte)  
 $v_i - v_o = a v_o t$  (a p=cte isobara)  
 $a = (v_i - v_o) / v_o = 1/273$   
 $v_i = v_o (1 + a t) = v_o a (1/a + t) = v_o a T$   
 donde  
 v = volumen molar (m<sup>3</sup>/ mol) = V/n  
 V = volumen (m<sup>3</sup>)  
 n = nro de moles (mol)  
 a = 1/ 273 K (Coef de compresibilidad de los gases)  
 t = temperatura en °C  
 T = 273 + t (K)

**Ley de Boyle y Mariotte**  
 $p v = p_o v_i$  (a T= cte- Isoterma)  
 donde :  
 p = presión (kg/m<sup>2</sup>)  
 v = volumen molar = V/n (m<sup>3</sup>/mol)

$p v = p_o v_i = p_o v_o a T = R / mol T$   
 $p v = R / mol T$   
 $p v n = R T n$

**p V = n R T**

donde  
 p<sub>o</sub> = 10330 kg/ m<sup>2</sup> (Presión atmosférica)  
 v<sub>o</sub> = 22.4 m<sup>3</sup>/mol (**Ley Avogadro**: 1 mol de un gas ocupa 22.4 m<sup>3</sup> en condiciones normales de p<sub>o</sub> y T<sub>o</sub>)  
 T<sub>o</sub> = 273 K  
 $p_o v_o a = p_o v_o / T_o = 847 \text{ kgm}/(\text{mol } ^\circ\text{K}) = R$

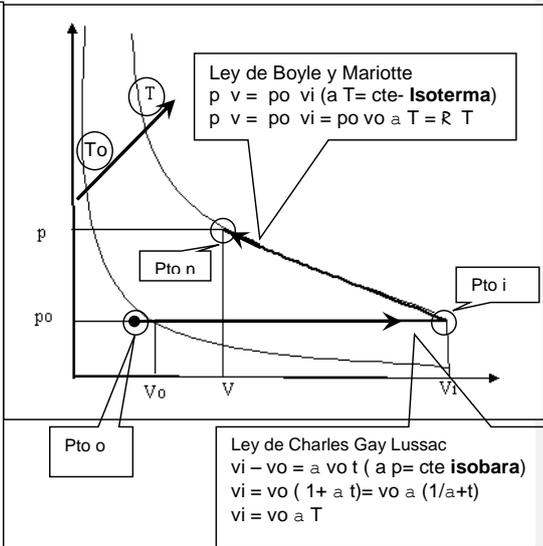


Fig Ecuación General de Estado Gases Ideales

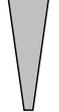
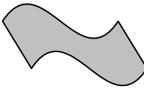
UNCuyo	SSA	TP N° 5	Alumno:	28 de 46
Fing	Incendio/ explosiones			Rev: 5
Arq 5º	Simulacro- Cuestionario			6/5/21

Elemento	Simbolo	PM kg/ mol
Hidrogeno	H	1
Oxigeno	O	16
Nitrogeno	N	14
Carbono	C	12
Azufre	S	32

Fig Pesos moleculares de algunos gases (ver tabla periódica)

### Ejercicios:

- Considerando escape de gas en aire (aprox 21 % O<sub>2</sub> + 78 % N<sub>2</sub>) indique su tipo de flujo (complete tabla)

Gas	Formula	Desarrollo Peso Molecular: PM	PM	Peso relativo	Flujo del gas en forma de	
			kg/ mol	PM gas/ PM aire	cono (asciende) 	manta (se pega al terreno tomando su inclinación) 
Aire	21 % O <sub>2</sub> + 78 % N <sub>2</sub>	0.21 x 2 x 16 + 0.78 x 2 x 14	<b>29</b>	29/29=1	_____	_____
Hidrogeno	H <sub>2</sub>	2 x 1	2	2/29=0.07	XXX	
Metano (Gas natural)	CH <sub>4</sub>	12 + 4 x 1	16	16/29=0.55	XXX	
Dioxido de Azufre (oxidacion SH <sub>2</sub> )	SO <sub>2</sub>	32+2x 16	64	64/29=2.2		XXX
Sulfhidrico (en pozos septicos)	SH <sub>2</sub>					
Propano (Gas licuado garrafas grandes)	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>					
Butano (Gas licuado garrafas chicas) *1	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>					
Monoxido de carbono (mala combustion)	CO					
Acetileno (gas equipo de oxicoarte)	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>					
Nafta (C <sub>7</sub> + C <sub>8</sub> +...)	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>					

Nota Info: Con el simple análisis de los PM se puede determinar cual es el comportamiento aprox del gas en caso de perdida/ derrame de líquido (con elevada presión de vapor)

Fig Flujo de gases en caso de perdida

UNCuyo	SSA	TP N° 5	Alumno:	29 de46
Fing	Incendio/ explosiones			Rev: 5
Arq 5º	Simulacro- Cuestionario			6/5/21

- En caso de pérdida de gas (en el llano y al aire libre):
  - quien tiene mas posibilidad de encontrar en su recorrido una fuente de calor: **cono o manta**
  - Cual tiene mas posibilidades de diluirse por debajo del Límite inferior de Inflamabilidad: **cono o manta**
- En caso de fuga tipo manta, las excavaciones **umentan o disminuyen** el riesgo
- Con que se mide el riesgo de explosión: **luxómetro o explosímetro**
- Se considera seguro trabajar cuando las mediciones tomadas estan **por debajo o por arriba** del 10 % del Límite Inferior de Inflamabilidad (LII)
- En la siguiente figura , si hago la medición del **LII** en el fondo del pozo, la medición es representativa del metano: **Si o No** , porque \_\_\_\_\_

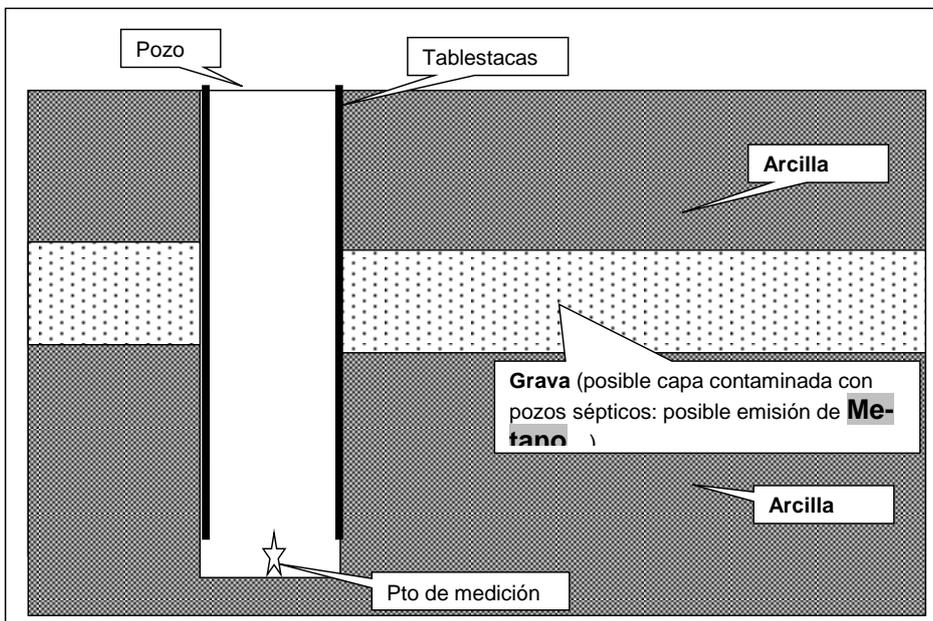


Fig Esquema excavación (pto de medición de gases)

\*1 Visto en Simulacro Práctica (adjuntar fotos/ esquemas detallando el punto)

Gas licuado en tubo (cerrado en un extremo) : Explicar cuando se enciende hacia: **arriba o abajo** porque \_\_\_\_\_

UNCuyo	SSA	TP N° 5	Alumno:	30 de46
Fing	Incendio/ explosiones			Rev: 5
Arq 5º	Simulacro- Cuestionario			6/5/21

## 6. Explosión

Notas info:

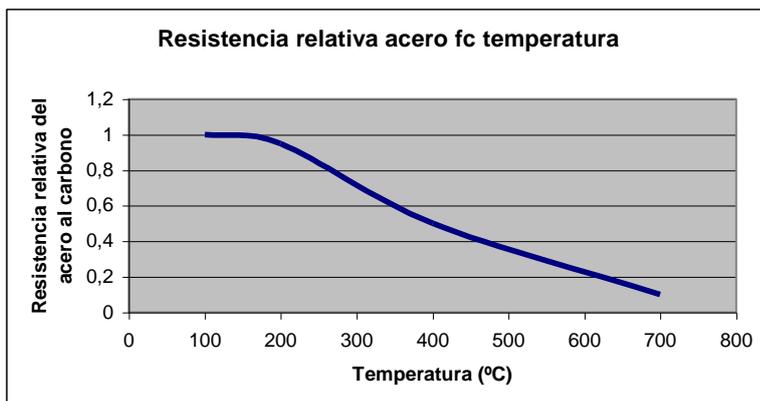
BLEVE (Boiling Liquid Expansion Vapor Explotion = Explosión de vapores que se expanden al hervir un liquido)

Caso en que el elemento contenido: No es inflamable ni explosivo tanto en estado líquido como gas.

Al estar contenido en recipientes sometidos a presión interna el sistema puede explotar .(BLEVE:: el líquido del interior entra en ebullición y se incorpora masivamente al vapor en expansión) por:

- ☛ Choque (Produciendo el debilitamiento del recipiente lo cual por si mismo puede producir la BLEVE o con el calentamiento (sobrepresión) producido por ejem por la acción ambiental (aumento de temperatura, radiacion solar incidente)
- ☛ Calor
- ☛ Por fallas operativas durante su llenado (no dejar camara de gas correspondiente)
- ☛ Por fallas constructivas/ mantenimiento, etc
- ☛ Por combinación de las anteriores

Con formato: Numeración y viñetas

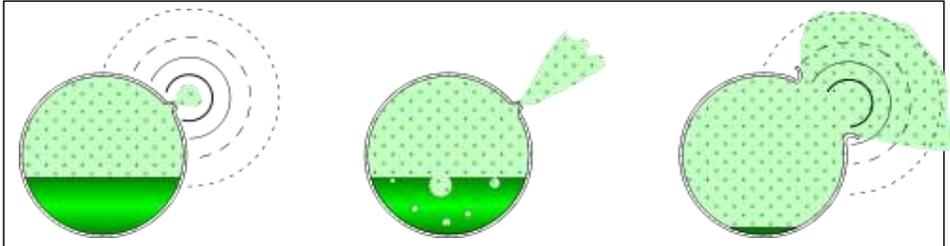


Hay que diferenciar la BLEVE de la **UVCE** (Unconfined Vapour Cloud Explosion = Explosión de nube de vapor no confinado) que es el caso en que el producto contenido sea combustible / inflamable y esto producirá una segunda explosión (bola de fuego también en expansión) que es otro fenómeno conocido como "**Explosión de Vapores No Confinados**" y es consecuencia del BLEVE y no parte de él.

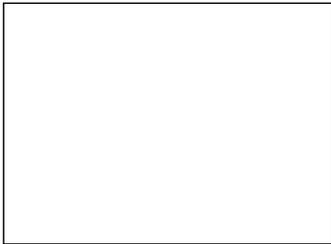
### Ejercicios:

- Marcar en el dibujo (Flechas)
  - Cual es el frente de choque de los vapores en expansión incluyendo esquirlas (sobrepresión por onda expansiva) \*1
  - Cual es el sentido de movimiento del recipiente (en caso de ceder el elemento que lo sustenta)\*1

UNCuyo	SSA	TP N° 5	Alumno:	31 de46
Fing	Incendio/ explosiones			Rev: 5
Arq 5º	Simulacro- Cuestionario			6/5/21



**\*1 Visto en Simulacro Práctica (adjuntar fotos/ esquemas detallando el punto)**



Carburo de calcio + agua en recipiente cerrado (aplastado)  
 $2\text{CCa}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2$   
 Acetileno + cal apagada

- Que paso: \*1
  - Con el recipiente reducido en volumen \_\_\_\_\_ porque \_\_\_\_\_
  - **Explosión o Deflagración** porque \_\_\_\_\_
  - Donde se produce la rotura: en área **cilíndrica/ esférica o área de concentración de tensiones (junta)**
  - Con fuente de calor cercana, El simulacro anterior es: **BLEVE o UCVC**

UNCuyo	SSA	TP N° 5	Alumno:	32 de46
Fing	Incendio/ explosiones			Rev: 5
Arq 5º	Simulacro- Cuestionario			6/5/21

**Recipiente con superficie interna mojada por combustible (Alcohol etílico dentro de botella PET)**

- Observacion:
  - Se produce combustión dentro de la botella:
    - deflagración (ya que la botella no esta cerrada) sino puede producirse una explosión
    - Emisión de sonido ( por salida violenta de gases)
    - Mezcla de gases combustibles y comburente y gases propios de la combustion son expulsados fuera de la botella (fuerza de reacción sobre el reipiente)



El chorro de gases expulsados por la boca de la botella sigue combustionando fuera de la misma: **apaga llama vela**



**Fuerza de reacción** por salida de gases por boca

**Fig Comportamiento Combustión**  
**Combustible liquido: en espacio confinado**

- Que paso:----- **Explosión o Deflagración**
- Que pasa cuando vuelvo a mojar la superficie interna una llama \_\_\_\_\_ porque \_\_\_\_\_



UNCuyo	SSA	TP N° 5	Alumno:	33 de46
Fing	Incendio/ explosiones			Rev: 5
Arq 5º	Simulacro- Cuestionario			6/5/21



*Fig Recipiente de GLP expuesto a calor*

- Que pasa: \*1
  - Con el recipiente de GLP \_\_\_\_\_ porque la presión interna \_\_\_\_\_ y la resistencia de la pared del recipiente \_\_\_\_\_
  - **Explosión o Deflagración** porque \_\_\_\_\_
  - El simulacro anterior es: **BLEVE o UCVC**
  - Con la llama abierta (de calentamiento): \_\_\_\_\_ porque \_\_\_\_\_

**Nota:**

**NUNCA DEJAR SOPLETES CERCA DE RECIPIENTES SOMETIDOS A PRESIÓN (AUNQUE PAREZCAN APAGADOS)**

UNCuyo	SSA	TP Nº 5	Alumno:	34 de46
Fing	Incendio/ explosiones			Rev: 5
Arq 5º	Simulacro- Cuestionario			6/5/21

Seleccionar

Polvo harina en el aire (espacio abierto):

Incendio- Deflagracion- Explosión



Microgotas de Gas Oil en el aire (espacio abierto):

Incendio- Deflagracion- Explosión



GLP en el aire (espacio abierto):  
Incendio- Deflagracion- Explosión

Gas oil a alta temperatura con chorro de agua  
Incendio- Deflagracion- Explosión

Preparo Ing A. Furlani

UNCuyo	SSA	TP N° 5	Alumno:	35 de46
Fing	Incendio/ explosiones			Rev: 5
Arq 5º	Simulacro- Cuestionario			6/5/21

- o Ejem Explosión
  - Mezcla:
    - Sacar clorato de potasio de extremo fósforo (aprox 3 fosforos)
    - Sacar fósforo de lado caja de fosforos
    - Mezclar sin generar fricción
    - Colocar mezcla en papel aluminio y envolverlo
- o Colocar envoltorio entre 2 elementos rígidos
- o Golpear con martillo (usar EP adecuados)
  - Observar:
    - Al impactar se produce explosión
      - o orden de veloc reaccuón en km/seg
      - o > veloc del sonido: 340 m/seg

## 7. Extinción

Nota Info: CUADRO DE USO DE EXTINGUIDORES MAS COMUNES

CLASE DE FUEGO	AGENTE EXTINTOR				
	AGUA	ESPUMA QUIMICA	POLVO QUIMICO	ANHIDRIDO CARBONICO	POLVOS ESPECIALES
COMBUSTIBLES SOLIDOS A	SI	SI	SI	NO	NO Riesgo Explosión
COMBUSTIBLES LIQUIDOS B	NO Riesgo de Dispersión	SI	SI	SI	NO
INSTALCIONES ELECTRICAS C	NO Riesgo Electocución	NO Riesgo Electocución	SI	SI	NO
METALES COMBUSTIBLES	NO Riesgo Explosión	NO Riesgo Explosión	NO	NO	SI
MAYOR EFECTO EXTINTOR	Enfriador. Sofocador.(pulverizada)	Sofocador. Enfriador.	Supresión de la reacción química.	Sofocador. Enfriador.	Especifica en funcion de la composición. qca.
TIEMPO (aproximado) DE DESCARGA (Segundos)	60	60	15	15	15
ALCANCE (aproximado) DE LA DESCARGA (metros)	7	7	3	3	3
CAPACIDADES (aproximada en kilogramos)	10	10	10	3,5	3,5

Fig Cuadro de uso de extintores mas comunes



una herramienta no siempre sirve

UNCuyo	SSA	TP N° 5	Alumno:	36 de46
Fing	Incendio/ explosiones			Rev: 5
Arq 5º	Simulacro- Cuestionario			6/5/21

**\*1 Visto en Simulacro Práctica (adjuntar fotos/ esquemas detallando el punto)**

- Acto Inseguro: Extinción de fuego en recipiente abierto con Gas Oil a una temperatura superior a los 100°C con agua a chorro..



**Fig Acto Inseguro Extinción de Comb líquido con chorro de agua**

Esto se debe a que el agua a chorro: Al entrar en contacto con Gas Oil a  $> 100^{\circ}\text{C}$

- se vaporiza inmediatamente (aprox  $>$  de 1000 veces su volumen) proyectando / pulverizando Gas Oil en todas las direcciones

Preparo Ing A. Furlani

UNCuyo	SSA	TP N° 5	Alumno:	37 de46
Fing	Incendio/ explosiones			Rev: 5
Arq 5º	Simulacro- Cuestionario			6/5/21

- si por mayor peso específico que el Gas Oil el agua se va mas profundo al vaporizarse proyecta una mayor masa de Gas Oil produciendo una > reaccion sobre el recipiente  
Calculo aprox Volumen de vapor utilizando la Ecuacion General de Estado Gas Ideal

$$p V = n R T = \frac{m}{PM} (p_0 V_0 / T_0) T \text{ aprox}$$

$$10330 \text{ kg/m}^3 \cdot V = (1 \text{ kg} / 18 \text{ kg/mol}) (10330 \text{ kg/m}^3 \times 22.4 \text{ m}^3 / 273 \text{ K}) 373 \text{ K}$$

$$V = \text{aprox } 1.7 \text{ m}^3/\text{kg} \text{ (significa que 1 litro de agua al vaporizarse ocupa 1700 litros)}$$

- Extinción de fuego (derrame de nafta) con Arena (absorbe parte del calor y del combustible conteniendo el fuego y el desplazamiento del combustible).. La Arena contamianda mantiene la inflamabilidad del combustible absorbido (Residuo con riesgo de incendio) .

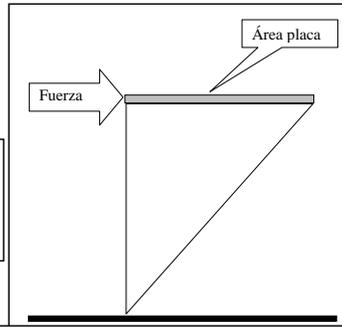


**Fig Extinción con Arena**

UNCuyo	SSA	TP N° 5	Alumno:	38 de46
Fing	Incendio/ explosiones			Rev: 5
Arq 5º	Simulacro- Cuestionario			6/5/21

Nota. Viscosidad es la fricción interna de un fluido (Fuerza que se necesita para mover una placa de 1m<sup>2</sup> a una veloc de 1 m/s)

Liquidos	Gases
Agua, <b>gasolina</b> < Viscosidad Fluyen con facilidad Fluidos que tienen fuerzas intermoleculares mas debiles tienen < viscosidad	
Miel, aceite para motor > viscosidad Fluyen con > dificultad (Fluidos epesos) Tienden a adherirse a la superficie que esta en contacto Fluidos que tienen fuerzas intermoleculares fuertes tienen > viscosidad	
Disminuye la viscosidad con el aumento de temperatura	Aumenta la viscosidad con el aumento de temperatura



Liquido	Viscosidad a 20°C (N s/m <sup>2</sup> ) x 10 <sup>-3</sup>
Etanol (C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH)	1.2
Agua	1.01
Sangre	4

Para un mismo tpo:

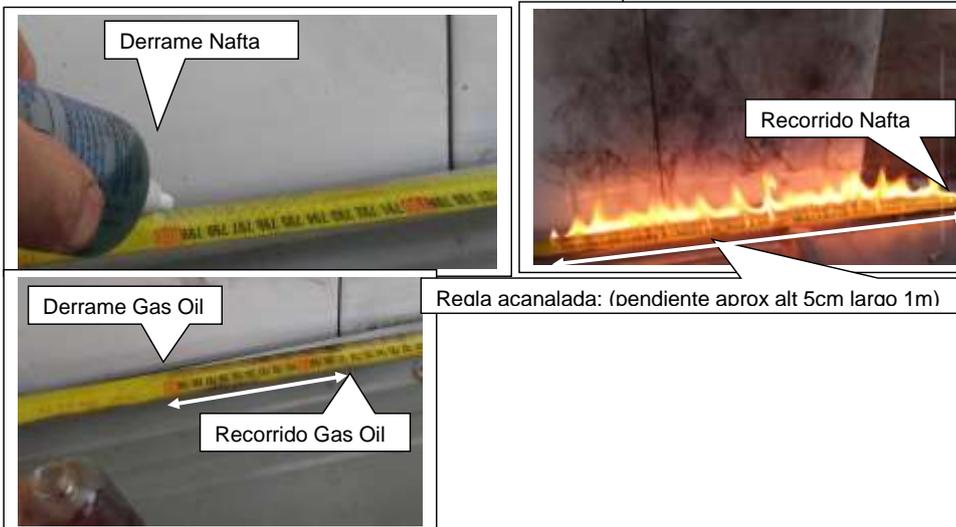


Fig Desplazamiento derrames: Análisis de Viscosidad Nafta vs Gas Oil

UNCuyo	SSA	TP N° 5	Alumno:	39 de46
Fing	Incendio/ explosiones			Rev: 5
Arq 5º	Simulacro- Cuestionario			6/5/21

- Extinción de fuego (combustible: Nafta) con Espuma. (actua ppalmente por sofocación: la espuma por su menor peso especifico se mantiene en superficie y va cubriendo la superficie del combustible) .

Fuego: combustible nafta  
Extintor: Espuma (Batido de Detergente + agua)

Extinción con espuma:  
Cubriendo la totalidad de la superficie del recipiente

Si el espesor de la espuma no se mantiene el combustible puede volver a encenderse



UNCuyo	SSA	TP N° 5	Alumno:	40 de46
Fing	Incendio/ explosiones			Rev: 5
Arq 5º	Simulacro- Cuestionario			6/5/21

- Extinción de fuego (combustible: Nafta) con PQS (Polvo Químico Seco) (Ext Triclase)



Fig Extinción con PQS

UNCuyo	SSA	TP N° 5	Alumno:	41 de46
Fing	Incendio/ explosiones			Rev: 5
Arq 5º	Simulacro- Cuestionario			6/5/21

1	SI DETECTA FUEGO DE LA ALARMA	Y AVISE INMEDIATAMENTE A LOS BOMBEROS (tel: 911) (No pierda la serenidad)
2	TRATE DE EXTINGUIR EL FUEGO	SIN ARRIESGAR SU VIDA
3	SI NO PUEDE EXTINGUIRLO,	SALGA RAPIDAMENTE DEL LUGAR. (Si es posible corte El suministro de Energía Eléctrica y de Gas- Retire cilindros sometidos a presión, combustible almacenado, etc)
4	SI HAY HUMO,	DESPLACESE JUNTO AL PISO
5	NO ABRA LAS PUERTAS	SI ESTAN CALIENTES
6	SI NO EXISTE PELIGRO PARA SU VIDA	MANTENGA CERRADA LAS VENTANAS
7	SI EXISTE EL PELIGRO	ABRALAS Y COLOQUESE DEBAJO
8	USE LAS ESCALERAS	NO USE LOS ASCENSORES , montacargas eléctricos
9	ESPERE SER RESCATADO	NO SALTE POR LAS VENTANAS
10	UNA VEZ FUERA NO RETORNE	ALEJESE DEL LUGAR (pto de encuentro)

**Fig Plan de contingencia**

**LOS EFECTOS FISIOLÓGICOS SOBRE LOS SERES HUMANOS :  
GENERALIDADES**

El conjunto de los productos de la combustión producen múltiples efectos fisiológicos los cuales pueden ser agrupados en dos grandes grupos:

- . Quemaduras propiamente dichas.
- . Efectos tóxicos

Inhalación de Aire caliente  
Inhalación de Gases

La real toxicidad de los productos involucrados depende de:

- . Concentración de los gases.
- . Duración de la exposición.
- . Estado físico de la persona.
- . Características propias del local afectado
- . Efecto sinérgico., etc.

UNCuyo	SSA	TP N° 5	Alumno:	42 de46
Fing	Incendio/ explosiones			Rev: 5
Arq 5º	Simulacro- Cuestionario			6/5/21

### Llamas y Calor

Los riesgos fisiológicos que producen van desde lesiones leves a la muerte, entre otros: Quemaduras

Grado	Descripción
Primer	Afectan la capa exterior de la piel. (Enrojecimiento de la piel, dolor y a veces pequeñas ampollas con acumulación de fluido).
Segundo	Penetran más que la piel (aspecto sonrosado y húmedo. Hay acumulación de ampollas con líquido subcutáneo) Muy dolorosas.
Tercer	Penetran debajo de la grasa subcutánea (Su aspecto es seco de color blanco perlado) No duelen.

### Hipertermia:

Definido como la exposición por tiempo prolongado a temperaturas excesivas, la cual puede llegar a la muerte sin que existan quemaduras visibles en la víctima.

- . Bloqueo de vías respiratorias.
- . Aumento de la frecuencia de los latidos cardíacos
- . Deshidratación.
- . Agotamiento por calor.

Nombre del gas	Material combustionado	Resultado
Monóxido de Carbono	Por combustión incompleta	Todos pueden ser considerados peligrosos para la vida dependiendo de la concentración y del tiempo de exposición.
Anhidrido Carbónico	Producto de la combustión	
Sulfuro de hidrógeno	Lana, goma, cuero, materiales con azufre	
Anhídrido sulfuroso	Lana, goma, cuero, materiales con azufre	
Amoníaco	Lana, seda, plásticos, acrílicos, fenólicos	
Cianuro de hidrógeno	Lana, seda, uretano, poliamidas, acrílicos, madera, papel	
Cloruro de hidrógeno	Cloruro de polivinilo, plásticos con cloro	
Dióxido de nitrógeno	Nitrato de celulosa, nitrato de amonio y otros nitratos orgánicos.	
Acroleína(aldehído acrílico)	Combustión de productos del petróleo, grasas, aceites.	
Fósgeno		

UNCuyo	SSA	TP N° 5	Alumno:	43 de 46
Fing	Incendio/ explosiones			Rev: 5
Arq 5º	Simulacro- Cuestionario			6/5/21

### Humos

- El humo esta conformado por por partículas sólidas y por vapor condensado y posee un notable efecto nocivo irritante que debe sumarse a los efectos tóxicos y térmicos además de que impiden la visibilidad normal justo cuando se están considerando los medios de escape

% de Oxígeno en el aire.	Síntoma
21 a 15	Disminución de la destreza muscular (anoxia)
14 a 10	Aunque conciente la persona no razona juiciosamente y se cansa con rapidez. Sin embargo no alcanza a darse cuenta de los efectos
10 a 6	La persona pierde el conocimiento y puede llegar a la muerte por asfixia, una rápida acción llevando a la victima al aire fresco, puede revertir el proceso.

En general la falta de oxigeno es la causa primordial de la aparición de los efectos de shock emocional y pánico.

%	Respuesta de comportamiento promedio frente a la situación crítica.
25	responden rapida y efectivamente a las directivas inclusive actuan por iniciativa propia en forma sensata.
50	Asumen la gravedad de la situación pero son irresolutos, Tienen miedo pero obedecen directivas firmes
15	No se dan cuenta de la situación y necesitan directivas severas para lograr la obediencia
9	Están tan aterrorizados que no responden a ningún tipo de directivas
1	Practicamente enloquecen y reaccionan con violencia ante cualquier orden. (Generalmente son aquellos que se arrojan al vacio en caso de incendio y pueden inducir rapidamente al 9 % anterior)

**Esto demuestra la importancia fundamental que tienen las prácticas de evacuación para lograr una respuesta condicionada en base a ejercicios repetitivos**

Fig Efectos sobre los seres humanos

### Ejercicios:

**\*1 Visto en Simulacro Práctica (adjuntar fotos/ esquemas detallando el punto)**

- Si el combustible esta contenido (Garrafa de Gas Licuado de Petroleo, tanque de combustible líquido) en área donde hay incendio; para que sirve el agua?: \_\_\_\_\_

\*1

UNCuyo	SSA	TP N° 5	Alumno:	44 de46
Fing	Incendio/ explosiones			Rev: 5
Arq 5º	Simulacro- Cuestionario			6/5/21

- No se debe contener combustible líquido en envase de: \*1
  - vidrio: porque \_\_\_\_\_
- Que efecto/ porque tiene el agua a chorro sobre \*1
  - Incendio Combustibles sólidos: \_\_\_\_\_
  - Incendio Combustibles líquidos: \_\_\_\_\_
  - Incendio combustibles gaseosos: \_\_\_\_\_
  - Fuego o calor sobre recipientes que contienen combustibles: \_\_\_\_\_
- Que efecto/ porque tiene el agua a chorro sobre incendio combustible líquido calentado por encima de 100° C (ejm Gas Oil) \*1  
\_\_\_\_\_
- Que efecto/ porque tiene el agua pulverizada sobre incendios \*1  
\_\_\_\_\_
- Determinar con ecuacion de Gases ideales el volumen aprox de 1 litro de agua en estado de vapor  
\_\_\_\_\_
- Que efecto/ porque tiene la espuma sobre incendio de combustibles líquidos \*1  
\_\_\_\_\_
- Que efecto/ porque tiene el Polvo químico seco sobre el fuego \*1  
\_\_\_\_\_



- Indicar sofocación mecánica \*1 \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



- Indicar retiro de combustible (Nafta) \*1
  - Indicar tipo de instalación necesaria \_\_\_\_\_

UNCuyo	SSA	TP N° 5	Alumno:	45 de46
Fing	Incendio/ explosiones			Rev: 5
Arq 5º	Simulacro- Cuestionario			6/5/21

- Que pasa en
  - recipiente con incendio\_\_\_\_\_
  - La llama y la cañería de evacuación\_\_\_\_\_
  
- Hacer esquema (mano alzada) Edificio aulas (planta baja) marcando posición:
  - Aula 5
  - Extinguidores cercanos
  - Instalación agua contra incendio
  - Alarma
  - Salidas
  - Tablero electrico ppal
  - Llave ppal de corte gas
  - Pto de encuentro, etc

**Pautas básicas a considerar en la realización informe** (Registro Escrito, **Fotográfico**, Esquemas, calculos, otros) entre otros

- :
  - Fotos/ esquema
  - Ensayos Fuego:
    - Combustible:
      - Solido: fc del Estado de agregación (Comportamiento: Trozo de madera, Cartón, papel, polvo), **Ordenar** en función del área específica (m2/ kg)
      - Líquido (Gas Oil, Nafta)
        - **Indicar** aprox Temperatura de inflamación, temperatura de ignición/ combustión (método de determinación con vaso abierto)
        - **Indicar** cual tiene mayor riesgo si el poder calorifico es similar (aprox 10000 kcal/ kg y porque:?????????)
      - Gas (butano - Metano) **Indicar** peso relativo (peso molecular) respecto del aire (PM aprox 29)
    - Contingencia (Incendio) combustible líquido contenido en recipiente abierto (Hacer Esquema)
      - Método de control: (sobre que/ como actua???)
        - Tapado
        - Agua pulverizada
        - Agua en forma de chorro
      - Que pasa cuando:
        - Se derrama/vuelca a un mismo nivel
        - Se cae desde altura
        - Se ha agregado agua para el combate contra incendio como actua esta
          - En el recipiente
          - cuando se derrama/ vuelca a un mismo nivel o se cae desde altura?????
        - Porque el combustible con agua hace ruido y salpica
      - Para mitigar contingencia el almacenaje de combustible líquido debe hacerse: (Tachar)
        - En llano
        - En altura
        - En sótano (bajo nivel)
        - Al aire libre
        - Materiales combustibles cercanos

UNCuyo	SSA	TP N° 5	Alumno:	46 de46
Fing	Incendio/ explosiones			Rev: 5
Arq 5º	Simulacro- Cuestionario			6/5/21

- En áreas de trabajo
- Cerca de excavaciones
- Protegido de los agentes atmosféricos
- Con muro de contención perimetral impermeable (coef 1.5 Vol de almacenamiento)
- Medios de extinción adecuados

- Agua para enfriamiento
- Espuma para sofocación
- Polvo químico seco para actuar sobre la reacción en cadena
- Anhídrido carbónico

○ Contingencia (Incendio) fuga gas licuado del petróleo en recipiente sometido a presión (hacer esquema) con llama:

▪ hacia arriba:

- Como es la llama a medida que se aleja de la salida (Dibujo)
- Como es la temperatura en el punto de salida del gas (recipiente) respecto de la llama
- Hay posibilidades de que la llama ingrese al recipiente?????:

▪ Hacia el recipiente:

- Que pasa con la Temperatura – Presión del gas contenido en el recipiente (ecuación gral de estado de los gases ( $P V = n R T$ ))

• Unir con Flechas:

Extintidor	Característica
Anhídrido Carbónico	Propelente CO2
	Recipiente mas pesado
	Presión interna mas alta
Polvo quimiso seco	Contenido gas
	Triclase
	Protección de instalaciones electricas

• Preguntas:

- Que tipo de trabajo involucra estos ensayos: Trabajos en \_\_\_\_\_
- Combustión completa:  $CH_4 + 2 O_2 \rightarrow CO_2 + 2 H_2O$ , en el caso de que sea una combustión incompleta en vez de  $CO_2$  se produce: \_\_\_\_\_
- En caso de contingencia como debo utilizar el extinguidor portátil

- A 7 m de distancia
- En contra del viento
- Dirijo hacia la base del fuego
- Descargo todos los extinguidores a la vez
- A 3 m de distancia
- Acciono la válvula
- Dirijo hacia arriba del fuego
- A favor del viento
- Saco el seguro y acciono la válvula
- Descargo un extinguidor por vez

**Cualquier otra indicación del simulacro que resulte a una mayor comprensión del tema**

[Ver Practica Relacionada](#)