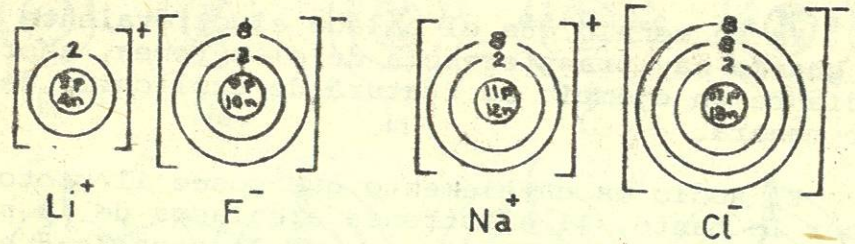


Fig. 2. Compuestos electrovalentes.

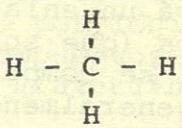
Los compuestos electrovalentes se caracterizan por tener puntos de fusión y de ebullición elevados al formar redes cristalinas iónicas y producir soluciones en disolventes ionizantes que son buenas conductoras de la electricidad.

1-5 EL ENLACE COVALENTE.

En este enlace, a diferencia del electrovalente, no existe una transferencia de electrones, sino que los electrones entre dos o más átomos se comparten* solamente. Vamos a demostrarlo mediante un ejemplo, para ello tomaremos en cuenta los electrones presentes en la última órbita (capa de valencia) de los elementos en cuestión:

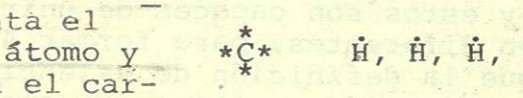
*Compartir electrones significa que un electrón de un átomo dado circulará tanto en la órbita del átomo al que pertenece, como en la órbita del átomo con el que se comparte.

formación del metano, CH_4 o

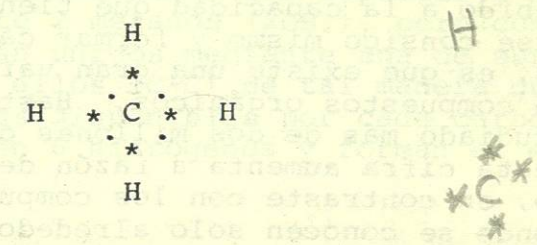


El carbono posee en su última capa 4 electrones y lógicamente su tendencia es llenar esta capa con 8 electrones; el hidrógeno tiene una sola órbita (capa K) y en ella un solo electrón y desde luego, su tendencia es llenar esta capa con dos electrones.

Cada punto en los hidrógenos representa el electrón de cada átomo y cada asterisco en el carbono representa los electrones de este átomo.



Ahora bien, vamos a unir 4 átomos de hidrógeno a un solo átomo de carbono. Lo que sucede es que cada átomo de hidrógeno comparte su electrón con el carbono y este comparte uno de sus electrones con ese hidrógeno y los demás con los hidrógenos respectivos, de tal manera que el átomo de carbono al compartir cada electrón con cada hidrógeno está dando la oportunidad de completar las capas de valencia de los átomos de hidrógeno y éstos (4) al compartir sus electrones con el carbono, de igual manera le den la oportunidad a éste de llenar su última capa con 8 electrones.



Así entre el carbono y cada uno de los hidrógenos existirá un enlace covalente y los compuestos así formados (que son casi todos los compuestos orgánicos) si se comparan con los compuestos electrovalentes, generalmente tienen puntos de ebullición y fusión más bajos y sus soluciones acuosas no son buenas conductoras de la electricidad.

1-6 LA TETRAVALENCIA DEL CARBONO.

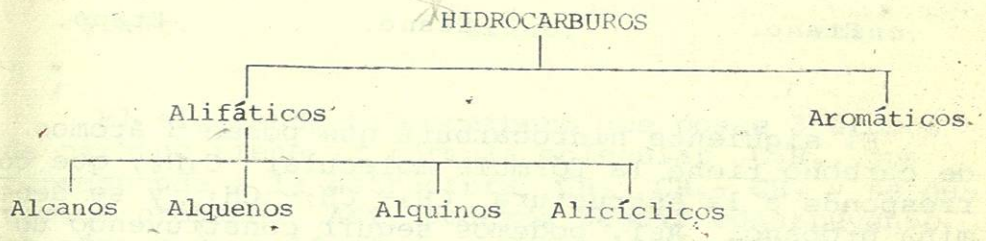
Si el carbono tiene 4 electrones en su última órbita, y estos son capaces de unirse a 4 átomos iguales o diferentes, para formar 4 enlaces y sabiendo que la definición de valencia es: la capacidad de combinación que tiene un elemento para formar enlaces, entonces diremos que el carbono es un elemento tetravalente.

Este tipo de valencia es característico del carbono y las fórmulas estructurales de casi todos los compuestos orgánicos se basan en la tetravalencia de este elemento, y por lógica en casi todos los compuestos orgánicos el tipo de enlace que los formará será covalente.

1-7 LOS HIDROCARBUROS ALIFÁTICOS.

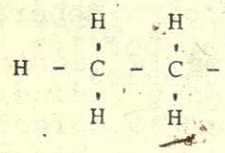
Debido a la capacidad que tiene el carbono para unirse consigo mismo y formar cadenas e incluso anillos, es que existe una gran variedad casi infinita de compuestos orgánicos. Hasta la fecha ya se han estudiado más de dos millones de éstos compuestos y esta cifra aumenta a razón de varios miles por año, en contraste con los compuestos inorgánicos, donde se conocen solo alrededor de 250,000.

Como es tan grande el número de compuestos orgánicos es necesario clasificarlos en grandes grupos para su estudio sistemático, por lógica deberá iniciarse el estudio de estos compuestos por los más sencillos, siendo estos los *hidrocarburos*.



1-8 ALCANOS.

Si tomamos un átomo de carbono que es tetravalente y le unimos 4 átomos de hidrógeno al mismo, obtendremos la fórmula molecular CH_4, o sea el hidrocarburo más sencillo conocido con el nombre de metano. Igualmente a partir de 2 átomos de carbono y 6 de hidrógeno formaremos el compuesto conocido como etano el cual está representado por la fórmula molecular C_2H_6. Aquí surge la pregunta: ¿por qué solamente 6 átomos de hidrógeno se unen a 2 de carbono, si estos son tetravalentes y pueden tener 4 hidrógenos cada uno de ellos? Pues bien, esto sería correcto siempre y cuando estos átomos de carbono estuvieran reaccionando por separado y produciendo lógicamente 2 metanos ($2CH_4$), pero como los dos carbonos están unidos mediante una de sus valencias cada uno de ellos (C-C) de tal manera que sólo quedan 3 valencias disponibles por cada carbono a los cuales se unen 6 hidrógenos y forman el etano.



o $CH_3 - CH_3$ o C_2H_6

Etano. Etano. Etano.

El siguiente hidrocarburo que posee 3 átomos de carbono tiene la fórmula molecular C_3H_8, que corresponde a la estructura $CH_3 - CH_2 - CH_3$ y se denomina propano. Así, podemos seguir construyendo un número de moléculas en esta serie añadiendo solamente un grupo ($-CH_2-$) a la molécula anterior, de tal modo que el butano será:

$$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_3$$

y el pentano:

$$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_3$$

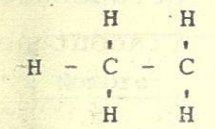
etc. Una serie como esta en donde cada miembro sucesivo está formado por la adición de un mismo grupo (metileno $-CH_2-$) se conoce como serie *homóloga*.

La serie homóloga de los alcanos puede ser representada por la fórmula general:

$$CnH_{n+}$$

en donde:

Si n = 1	entonces,	CnH n + 2= CH	Metano
Si n = 2	entonces,	CnH n + 2= C H	Etano
Si n = 3	entonces,	CnH n + 2= C H	Propano
Si n =10	entonces,	CnH n + 2= C H	Decano
Si n =18	entonces,	CnH n + 2= C H	Octadecano



o $CH_3 - CH_3$ o C_2H_6

Etano. Etano. Etano.

El siguiente hidrocarburo que posee 3 átomos de carbono tiene la fórmula molecular C_3H_8, que corresponde a la estructura $CH_3 - CH_2 - CH_3$ y se denomina propano. Así, podemos seguir construyendo un número de moléculas en esta serie añadiendo solamente un grupo ($-CH_2-$) a la molécula anterior, de tal modo que el butano será:

$$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_3$$

y el pentano:

$$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_3$$

etc. Una serie como esta en donde cada miembro sucesivo está formado por la adición de un mismo grupo (metileno $-CH_2-$) se conoce como serie *homóloga*.

La serie homóloga de los alcanos puede ser representada por la fórmula general:

$$CnH_{2n+2}$$

en donde:

Si n = 1	entonces,	CnH_{2n+2}	$= CH_4$	Metano
Si n = 2	entonces,	CnH_{2n+2}	$= C_2H_6$	Etano
Si n = 3	entonces,	CnH_{2n+2}	$= C_3H_8$	Propano

Si $n = 10$ entonces, $CnH_{2n+2} = C_{10}H_{22}$ Decano

Si $n = 18$ entonces, $CnH_{2n+2} = C_{18}H_{38}$ Octadecano

Si $n = 30$ entonces, $CnH_{2n+2} = C_{30}H_{62}$ Triacontano

etc.

TABLA 1. Los alcanos.

Compuesto	Fórmula molecular	Punto de ebullición (°C)	Uso
Metano	CH_4	- 161.4	Gas natural (C_1-C_4)
Etano	C_2H_6	- 88.6	
Propano	C_3H_8	- 41.1	Nafta de alto
Butano	C_4H_{10}	- 0.5	Grado (C_4- C_6)
Pentano	C_5H_{12}	36.0	
Hexano	C_6H_{14}	68.7	
Heptano	C_7H_{16}	98.4	Gasolina (C-C_{10})
Octano	C_8H_{18}	125.7	
Nonano	C_9H_{20}	151	
Decano	$C_{10}H_{22}$	174	
Dodecano	$C_{12}H_{26}$	214	Queroseno (C_{12}- C_{15})
Octadecano	$C_{18}H_{38}$	Funde a 28°C	Lubricante (C_{16}- C_{25})
Triacontano	$C_{30}H_{62}$	Funde a 66.1°C	Parafina (C_{20}- C_{30})

TABLA 2. Fórmulas moleculares y desarrolladas de los primeros 5 alcanos.

Nombre.	Fórmula molecular.	Fórmula desarrollada.
Metano	CH_4	H H-C-H H
Etano	C_2H_6	H H H-C-C-H H H
Propano	C_3H_8	H H H H-C-C-C-H H H H
Butano	C_4H_{10}	H H H H H-C-C-C-C-H H H H H
Pentano	C_5H_{12}	H H H H H H-C-C-C-C-C-H H H H H H

1-9 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS ALCANOS.

Los alcanos comprendern una larga serie de sustancias íntimamente relacionadas que se hallan presentes en el gas natural y en el petróleo. Por ejemplo, el metano (CH_4) se forma por la fermentación anaeróbica (en ausencia de oxígeno) de materia vegetal en el fondo de lagunas y se le ha dado en llamar "gas de los pantanos".

El nombre general de "alcanos" se les ha asignado recientemente debido a la íntima relación que guarda con los alcoholes, ya que la fórmula general de éstos es: $C_nH_{2n+2}O$ y al perder el átomo de oxígeno queda su fórmula C_nH_{2n+2} y se produce un alcano. En la palabra "alcohol" se ha cambiado la terminación "*ohol*" por la terminación "*ano*".

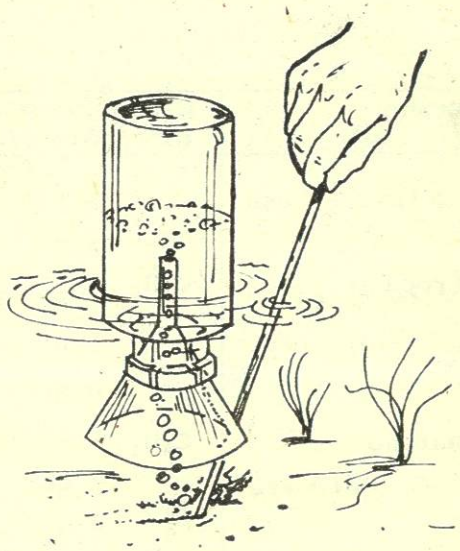


Fig. 3. Método para obtener metano en los pantanos.

Antiguamente se les conocía como "parafinas" (del latín parum: poco, affinis: afinidad, poca afinidad) a causa de su poca reactividad química, y presenta esa poca reactividad debido a que las 4 valencias de los átomos de carbono en todos los alcanos están ocupados y el carbono está saturado de tal manera que se muestran renuentes a reaccionar y debido a esta cualidad se les conoce también como "hidrocarburos saturados."

Estos compuestos pueden prepararse por métodos similares y sus propiedades químicas son casi idénticas, sin embargo, sus propiedades físicas muestran un escalonamiento. Así, los primeros 4 miembros de esta serie son gases, a continuación pasamos a líquidos con puntos de ebullición bajos, después a los líquidos con puntos de ebullición elevados para llegar a los sólidos con puntos de fusión bajos y finalmente los sólidos con altos puntos de fusión.

De la fórmula general de estos compuestos

$$C_nH_{2n+2}$$

se puede derivar el rádical monovalente C_nH_{2n+1}, llevando a cabo la eliminación de un átomo de hidrógeno. A este tipo de radicales se les conoce como "radicales alquilos" y generalmente se les representa por la letra "R". Por ejemplo, el radical que procede del metano será:

$$\underset{\text{Metano}}{CH_4} \xrightarrow{-H+} \underset{\text{Metil o metilo}}{CH_3-}$$

o sea que el nombre del radical será el mismo del alcano del que proceda, sólo que la terminación *ano* será cambiada por la terminación *il* o *ilo*.

1-10 ISOMERISMO.

Cuando dos o más compuestos que tienen exactamente la misma fórmula molecular, pero propiedades diferentes se les llama isómeros.

En los alcanos no sólo existen los compuestos de cadenas lineales de átomos de carbono, sino también *isómeros estructurales de cadena ramificada*. Por ejemplo, el butano que tiene la fórmula C_4H_{10}

puede existir en dos formas isoméricas: una, en donde los 4 átomos de carbono se encuentran en una cadena recta que sería el butano normal:

$$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_3$$

n- butano o butano normal

Otra forma es aquella en donde tres átomos de carbono forman una cadena recta y el cuarto forma una rama o bifurcación:

$$CH_3 - \underset{\underset{CH_3}{|}}{CH} - CH_3$$

Isobutano

En el caso del pentano se pueden forman 2 isómeros que serían:

$$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3 \qquad CH_3-CH_2-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-CH_3 \qquad CH_3-\overset{\overset{CH_3}{|}}{\underset{\underset{CH_3}{|}}{C}}-CH_3$$

n-pentano o pentano normal — isopentano — neopentano

El número de formas isómeras posibles aumenra rápidamente al aumentar el número de átomos de carbono en la molécula. Así, por ejemplo, para el nonano existen 35 isómeros posibles; para el decano existen 75 isómeros posibles y para el tetracontano ($C_{40}H_{82}$) existen $7x10^{13}$ isómeros posibles.

1-11 NOMENCLATURAS DE ALCANOS Y SUS DERIVADOS.

Los nombres de los primeros 4 alcanos (metano, etano, propano y butano) son aceptados por los químicos debido a que se han empleado durante largo tiempo para representar los primeros 4 miemebros de esta serie homóloga. Sin embargo, los alcanos mayores de 4 átomos de carbono siguen una regla común para todos que es:

1) Que su nombre se deriva de los números griegos que indican el número de átomos de carbono presentes en la molécula, agregando la terminación *ano*.

   Así, el alcano de 5 carbonos es el pentano, etc.

Hexano	C_6H_{14}	Tetradecano	$C_{14}H_{30}$
Heptano	C_7H_{16}	Pentadecano	$C_{15}H_{32}$
Octano	C_8H_{18}	Hexadecano	$C_{16}H_{34}$
Nonano	C_9H_{20}	Heptadecano	$C_{17}H_{36}$
Decano	$C_{10}H_{22}$	Octadecano	$C_{18}H_{38}$
Undecano	$C_{11}H_{24}$	Nonadecano	$C_{19}H_{40}$
Dodecano	$C_{12}H_{26}$	Eicosano	$C_{20}H_{42}$
Tridecano	$C_{13}H_{28}$		

2) Para los alcanos de cadena ramificada y sus derivados, se usa como base para el nombre la cadena más larga de átomos de carbono de la molécula, ejemplo:

```
 |  |  |  |
-C-C-C-C-
 |  |  |  |
  -C-
   |
```

Aun cuando tiene 5 átomos de carbono es un derivado del butano.

```
 |  |  |  |  |  |
-C-C-C-C-C-C-
 |  |  |  |  |  |
        -C-
         |
        -C-
         |
```

Un derivado del hexano.

3) A cada carbono de la cadena principal se le asigna un número para establecer su posición a lo largo de la cadena.

Los carbonos se enumeran de tal manera para que aquellas posiciones en las que hay ramificaciones o se han substituido algún átomo de hidrógeno, tengan los números más bajos posibles; ejemplo:

```
 |   |   |   |                  4'  3'  2'  1'
- C1- C2- C3- C4      y no      - C - C - C - C
 |   |   |   |                  |   |   |   |
    - C -                            - C -
       |                                |
```

```
6'  5'  4'  3'  |   |                1'  2'  3'  4'  |   |
-C  -C  -C  -C  -C  -C      y no    -C  -C  -C  -C  -C  -C
 |   |   |   |   |   |                |   |   |   |   |   |
        -2C -                                  -5C -
          |                                      |
        -1C -                                  -6C -
          |                                      |
```

4) Los grupos de hidrocarburos que aparecen como ramificaciones de un átomo de carbono son los que conocemos como radicales alquilo (sección 1-9). Ejemplo:


```
1      2      3      4
CH3 -  CH  - CH2 - CH3
       |
       CH3
```

2 metil-butano.

```
1    2    3    4    5    6
CH3-CH2-CH -CH2-CH2-CH3
         |
         CH2
         |
         CH3
```

3 etilhexano.

5) Los derivados halogenados y otros no alquílicos se nombraron también de acuerdo con su posición en la cadena de carbonos. Ejemplos:

```
                          Br
4      3      2      1    |
CH3 -  CH  -  CH2 -  CH2
       |
       CH3
```

1 bromo, 3 metil-butano.

```
        Cℓ
1    2  |   3    4    5    6    7
CH3-CH -CH2-CH -CH2-CH2-CH3
            |
            CH2
            |
            CH3
```

2 cloro, 4 etil heptano.

La nomenclatura aumenta al aumentar la complejidad del compuesto, de tal manera que las reglas anteriormente descritas son sólo un instrumento más para el estudio de la química orgánica.

1-12 REACCIONES CARACTERÍSTICAS DE LOS ALCANOS.

1) *Reacciones de sustitución.* Aunque la rupt ra y formación de enlaces covalentes, generalmente es lenta, si se aplican temperaturas elevadas es p sible sustituir los átomos de hidrógeno por otros átomos, tales como los halógenos a una velocidad r pida.

Si "R" = radicales alquilo y "X"= a átomos de halógeno, tendremos:

$$X_2 + R - CH_3 \xrightarrow{\Delta} R - CH_2 - X + HX$$

(ocurrió la sustitución)

La sustitución por halógeno más sencilla que podemos considerar, implica al metano y en éste s pueden sustituir uno o más átomos de hidrógeno por cloro. El grado de sustitución dependerá de las condiciones bajo las cuales se está llevando a cab la reacción. Ejemplo:

$$CH_4 \xrightarrow{C\ell_2} CH_3 - C\ell + HC\ell$$

metano — clorometano, cloruro de hidrógeno

$$CH_3 - C\ell \xrightarrow{C\ell_2} CH_2 - C\ell_2 + HC\ell$$

diclorometano

$$CH_2 - C\ell_2 \xrightarrow{C\ell_2} CH - C\ell_3 + HC\ell$$

tricloro metano

$$CH - C\ell_3 \xrightarrow{C\ell_2} CC\ell_4 + HC\ell$$

tetracloro metano

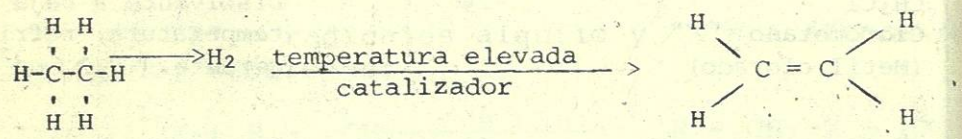
Los clorometanos anteriormente descritos, tienen algún uso industrial como se señala en la siguiente tabla.

TABLA 3. Productos clorados de sustitución del metano.

Compuesto.	Punto de ebullición (°C)	Usos.
CH_3Cl Clorometano (Metil clorado)	-24	Disolvente a baja temperatura; refrigerante.
CH_2Cl_2 Diclorometano (Mitelino clorado)	40	Disolvente en la fabricación de película de acetato y fibra.
$CHCl_3$ Triclorometano (Cloroformo)	61	Disolvente usado para la extracción de penicilina.
CCl_4 Tetraclorometano (carbono tetraclorado)	77	Disolvente industrial para grasas; producción de freón, CCl_2F_2.

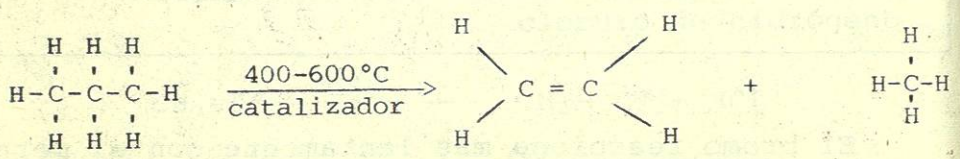
El bromo reacciona más lentamente con el metano, el yodo definitivamente no reacciona y el flúor reacciona tan violentamente con el metano que sólo produce un compuesto, el tetrafluorometano o tetrafloruro de carbono CF_4.

2) *Reacciones de deshidrogenación.* Esta reacción para que se lleva a cabo, requiere la presencia de algún catalizador específico y en ausencia de oxígeno y nos conduce a la formación de hidrocarburos insaturados que lógicamente son más reactivos que los alcanos. Se sobreentiende que esta reacción consiste en extraer átomos de hidrógeno a los alcanos. Ejemplo:



etano — doble ligadura etileno o eteno

3) *Reacciones de pirodesintegración o cracking.* Estas reacciones consistenen la ruptura espontánea de las cadenas de alcano, ocurren a temperaturas muy altas y en ausencia de oxígeno. En la industria, para llevar a cabo esta reacción, se requiere de algún catalizador y aplicar temperaturas elevadas. Ejemplo:

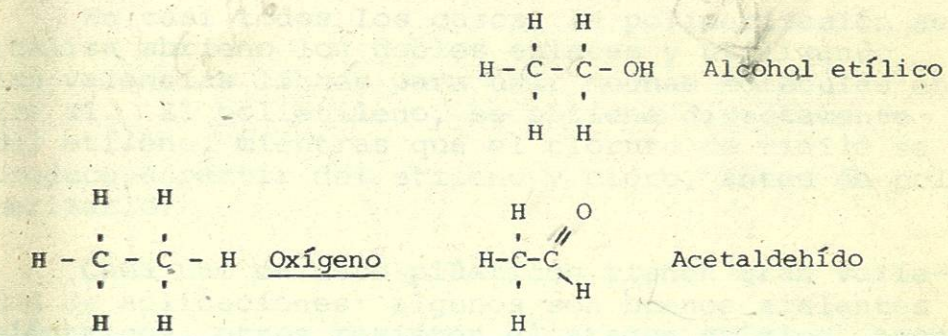


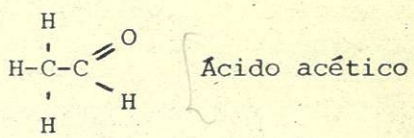
propano — etileno — metano

A partir del petróleo (en donde abundan cadenas largas de alcanos), se obtiene la gasolina mediante este tipo de reacciones y mientras más pequeñas sean las moléculas formadas, mayor será el índice de octano presente en la gasolina.

4) *Reacciones de oxidación.* Estas reacciones son muy importantes, puesto que de acuerdo con las condiciones en que se lleve a cabo la reacción, será el producto que se forme.

Ejemplo. Bajo diferentes condiciones de reacción, el etano será capaz de producir diferentes productos:





El producto dependerá de las condiciones de presión, temperatura, agente oxidante y catalizador.

En condiciones extremas se llevará a cabo la oxidación completa del alcano (combustión). Ejemplo:

$$C_2H_6 + \frac{7}{2} O_2 \longrightarrow 2CO_2 + 3H_2O$$

Cualquier hidrocarburo al oxidarse completamente nos dará como producto final CO_2 y H_2O.