

COMPETENCIA SOBRE AGUA, ENERGÍA Y AMBIENTE

5° ciclo - año 2011

Bibliografía 3ª semifinal

Temas:

EFLUENTES (domésticos e industriales) y su tratamiento

ENERGÍAS NO RENOVABLES (petróleo, carbón, gas natural)

EFLUENTES

INTRODUCCIÓN

Víctor Hugo escribió en Los Miserables que “La historia de la humanidad se refleja en las cloacas... Las cloacas son la conciencia de la ciudad”. Estaba utilizando las cloacas de mediados del siglo XIX de París como metáfora de la situación de la ciudad. Sin embargo, existe un sentido más amplio en el que el estado del saneamiento¹ revela algo acerca del estado de la ciudad o la nación y, más profundamente, acerca del estado del desarrollo humano.

El saneamiento constituye un medio para ampliar los fines del desarrollo humano. Sin un saneamiento básico, los beneficios del acceso al agua limpia disminuyen y las desigualdades de salud y género entre otras, relacionadas con el déficit de saneamiento menoscaban de forma sistemática el progreso hacia la educación, la reducción de la pobreza y la creación de riqueza. Actualmente se estima que en el mundo 2.600 millones no tienen acceso a un saneamiento adecuado.

El ascenso en la escala de niveles de saneamiento conlleva la perspectiva de grandes beneficios en la salud pública. Pero los avances en el saneamiento funcionan mejor si se encuentran asociados al progreso del agua y de la higiene.

Los estudios comparativos de distintos países demuestran que la forma en que se eliminan las aguas residuales determina la supervivencia infantil.

Antes de comenzar a adentrarnos en este tema debemos concientizarnos que toda la contaminación comienza y termina con nosotros. El agua servida o usada que abandona nuestros hogares y centros productivos debe ser depurada previo a su devolución al medio ambiente. Debemos minimizar el impacto hacia el ambiente que cada uno y todos producimos.

La creación de una conciencia colectiva es una urgente responsabilidad de las autoridades de cada país, provincia o municipio, para que se pueda lograr una mejor conducta y de esta manera disminuir la agresión hacia el ambiente que no es otra cosa que agresión hacia nosotros mismos.

Hasta hoy el agua ha sido tomada como un recurso renovable, sin embargo esto será así en la medida en que no se continúe contaminando las fuentes de este recurso. Tengamos siempre presente que sin agua no hay vida: que es posible sobrevivir hasta dos meses sin comer pero sin tomar agua difícilmente superemos una semana de vida. De ahí la importancia de conservar el recurso y de dejar de considerarlo como una fuente renovable o al menos tener la convicción que sólo el accionar del ser humano puede convertir en renovable este recurso.

Malos ejemplos en este sentido tenemos de sobra: aquí en nuestro país el Riachuelo, la costa del Río de la Planta, el Río Matanza. En el exterior: Cubatao en Brasil, varios ríos de USA, entre muchos otros. Hemos ido tan adelante en nuestro daño al recurso que hemos sido capaces de hacer desaparecer lagos y mares completos de la faz de la Tierra: el mar Aral en Rusia, el desastre de las lagunas encadenadas en nuestra Provincia de Buenos Aires (Epecuén).

Por otro lado hemos sido capaces de recuperar fuentes de agua que estaban prácticamente perdidas como el caso del río Támesis en Inglaterra.

¹ *Saneamiento: Es la rama de la salubridad destinada a eliminar los riesgos del ambiente natural, sobre todo los resultantes de la vida en común y crear y promover en él las condiciones óptimas para la salud, es decir preservar el medio ambiente, sobre todo los recursos húmedos y los suelos evitando la contaminación.*

El concepto de efluente

Hay muchas maneras de definir lo que es un efluente, y en particular un efluente industrial, pero aceptaremos la definición que se corresponde más con los conceptos actuales de la ecología: Efluentes son todas las emisiones al ambiente que producen efectos no deseables en éste.

Desde este punto de vista amplio, cualquier emisión, sea de líquidos o sólidos como olores, ruidos y radiaciones puede considerarse como efluente.

Esta definición tiene dos dimensiones principales:

- ✚ contempla las emisiones de distinta naturaleza
- ✚ tiene en cuenta todos los efectos no deseables

No siempre las emisiones de una empresa son desagradables, basta pensar en deliciosos olores de una panadería elaborando especialidades, pero no podemos asegurar que resulten agradables para todos.

Tipos de efluentes

Los efluentes pueden clasificarse de varias maneras pero la más útil a los efectos es clasificarlos por su naturaleza y estado. Según este criterio, son:

- sólidos
- líquidos
- gases y humos
- olores
- ruidos
- Otros (radiaciones electromagnéticas, radiaciones ionizantes, etc.)

Efluentes líquidos

La generación de aguas residuales es un producto inevitable de la actividad humana. El tratamiento y disposición apropiada de las aguas residuales supone el conocimiento de las características físicas, químicas y biológicas de dichas aguas; de su significado y de sus efectos principales sobre la fuente receptora.

En el curso de la historia las aguas residuales se han considerado como una molestia que debe eliminarse en la forma menos costosa y ofensiva posible. Esto equivalía a utilizar sistemas de disposición en el sitio –por ejemplo los retretes de pozo- y de descarga directa en lagos y corrientes de agua. Durante el siglo pasado se reconoció que este método tiene efectos indeseables sobre el ambiente. Esto ha desembocado en diversidad de técnicas de tratamiento. En el interés de lo sustentable y de la eficiencia económica, **se debe considerar al agua residual como una materia prima que se debe conservar.**

El 75% de la superficie de nuestro planeta está cubierta de agua, pero al alcance y con las tecnologías disponibles es económicamente explotable menos del 1%.

El agua contaminada es y debe ser parte del agua que podamos usar, luego de que la tratemos adecuadamente. **Cuanta más agua contaminada depuremos, tanto menos recurso natural deterioramos.**

El consumo de agua se ha ido incrementando junto con el avance de la tecnología. Así en la edad media se tenía un consumo de 10 a 15 litros de agua por día y por habitante, mientras que hoy los valores que manejamos oscilan entre 200 y 400 litros por habitante y por día, esto es 25 veces más.



¿En que la usamos y la contaminamos?

La lista incluye inodoros (25 litros), duchas (120 litros), baños de inmersión (140 litros), lavavajillas (40 litros), lavarropas (200 litros), cepillado de dientes (8 litros), lavado de manos (8 litros), riego (35 litros) y así siguiendo una larga lista que de tan cotidiana no pensamos en ellas.

Claro que esta lista cubre solo las aplicaciones que podemos llamar hogareñas, pero el hombre consume cantidades enormes de agua en producir energía, producción de alimentos, transporte, recreación, fabricación de distintos elementos, etc..



Fuentes de aguas residuales

En general se consideran como **aguas residuales domésticas ó efluentes domésticos**, a los líquidos provenientes de las viviendas, residencias, edificios comerciales e institucionales. Se denominan *aguas residuales municipales* a los residuos líquidos transportados por el alcantarillado de una ciudad o población.

Las **aguas residuales industriales** son las provenientes de las descargas de industrias de manufactura.

Las **aguas de lluvia** transportan la carga contaminadora de techos, calles y demás superficies por donde circula. En las ciudades modernas, estas aguas, se recogen en alcantarillas separadas, sin conexiones con las cloacas que transportan aguas residuales domésticas o industriales, y en general, se descargan directamente al curso de agua natural más próximo sin ningún tratamiento. En ciudades que poseen un sistema de alcantarillado combinado se acostumbra captar el caudal de tiempo seco mediante un alcantarillado interceptor y conducirlo a la planta de tratamiento para su procesamiento. Sin embargo, durante los aguaceros, el caudal en exceso de la capacidad de la planta y del alcantarillado interceptor se desvía directamente al curso natural de agua; lo que puede presentar riesgos serios de contaminación y de violación de las normas de descarga. Esto puede evitarse reemplazando el sistema de alcantarillado combinado por uno separado.

Aguas negras y aguas grises

Las aguas de desecho se pueden dividir en dos grupos principales: **las aguas grises y las aguas negras**. Ambas demandan tratamientos diferenciales. Las primeras que provienen de la limpieza de vajilla, ropa y aseo personal (ducha, baños de inmersión, etc.), tienen comúnmente un alto contenido de productos químicos difíciles de degradar como por ejemplo los fosfatos y clorados que son contrarios a la vida. Las aguas negras, en cambio, no tienen tantos productos químicos.

El término **"aguas negras"**, define un tipo de agua que está contaminado con sustancias fecales y orina, procedentes de los inodoros letrinas o pozos sépticos. Su

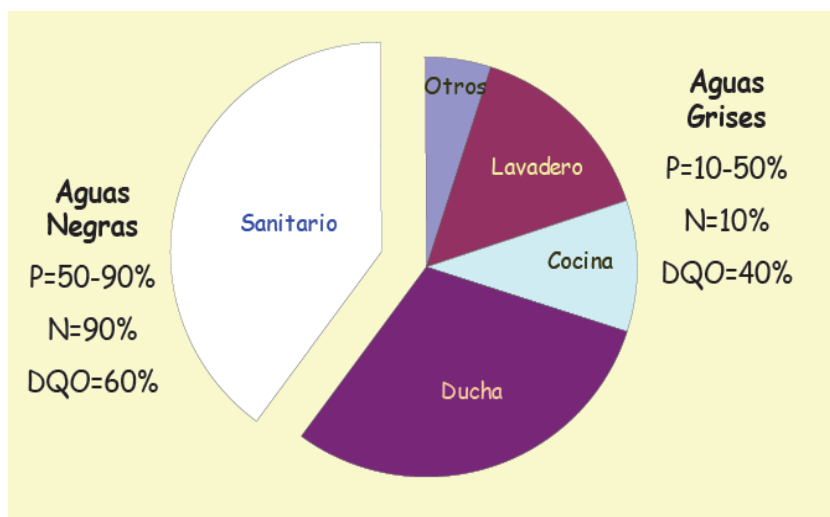
importancia es tal que requiere sistemas de canalización, tratamiento y desalojo. Su tratamiento nulo o indebido genera graves problemas de contaminación.

A las **aguas negras** también se les llama aguas servidas, aguas residuales, o aguas cloacales. Residuales, porque habiendo sido usada constituyen un residuo, algo que no sirve para el usuario directo; negras por el color que habitualmente tienen, y cloacales porque son transportadas mediante cloacas (del latín cloaca, alcantarilla), nombre que se le da habitualmente al colector.

Algunos autores hacen una diferencia entre aguas servidas y aguas residuales en el sentido que las primeras solo provendrían del uso doméstico y las segundas corresponderían a la mezcla de aguas domésticas e industriales. En todo caso, están constituidas por todas aquellas aguas que son conducidas por el alcantarillado se incluyen, a veces, las aguas de lluvia y las infiltraciones de agua del terreno.

Las diferencias que se dan entre las aguas grises y las aguas negras son las siguientes:

- Las aguas grises contienen menos nitrógeno (nitrito y nitrato) que las aguas negras (en una proporción de 1 a 10).
- Las aguas negras tienen un alto contenido en materia orgánica, celulosa (papel higiénico), nitrógeno (urea).
- Las aguas negras tienen una elevadísima concentración de patógenos en comparación con las aguas grises.
- El reducido contenido orgánico que tienen las aguas grises se descompone mucho más rápidamente que el contenido orgánico de las aguas negras que continúan demandando oxígeno (DBO) mucho tiempo después de proceder a su desagüe.
- Los importantes contenidos en fósforo, potasio, etc. de los detergentes disueltos en las aguas grises, hacen que estas aguas sean una excelente fuentes de nutrición para las plantas cuando se utilizan en el regadío.
- Las aguas grises proceden de bañeras, lavabos y lavadoras, las negras de inodoros y urinarios.



El 65% del agua que entra al hogar se convierte en aguas grises

Estos líquidos se caracterizan en general por su demanda de oxígeno, por su alto contenido de nutrientes inorgánicos, altas concentraciones de materia orgánica, microorganismos patógenos y compuestos tóxicos como hidrocarburos y metales.

Cuando se reutilizan las aguas de uso domestico se consigue reducir el gasto en agua potable (de un 30 a un 45% del consumo total de agua potable), así como disminuir el volumen de vertido de las aguas residuales.

Es posible utilizar las aguas grises en usos alternativos que no precisan el consumo de agua potable, como pueden ser; la descarga de inodoros; el riego de la jardinería o la limpieza de determinados recintos o locales.

Características de las aguas residuales domésticas

Características físicas:

Se dice que el **agua residual doméstica** fresca y aeróbica tiene el olor del queroseno o de tierra recién revuelta. Las aguas residuales envejecidas y sépticas son bastante más ofensivas al sentido del olfato. Las frescas tienen un color gris característico. Las sépticas son negras. Este color se debe a la precipitación de sulfuro de hierro.

Las temperaturas de las aguas residuales domésticas oscilan, normalmente, entre 10 y 20 grados centígrados. En general, la temperatura de un agua residual será mayor que la del suministro de agua, debido a la adición de agua tibia de los hogares y al calentamiento dentro del sistema de drenaje de la estructura.

Un metro cúbico de agua residual doméstica pesa aproximadamente un millón de gramos y contiene unos 500 gramos de sólidos. La mitad de éstos estará disuelta, como los compuestos de calcio, sodio y los orgánicos solubles. Los otros 250 gramos restantes serán insolubles. La fracción insoluble consiste de unos 125gr de material que se sedimenta y sale, en condiciones tranquilas, de la fracción líquida en 30 minutos (son lo que se denomina **sólidos sedimentables**). Los 125gr restantes permanecerán en suspensión durante un tiempo muy largo (son lo que se denomina **sólidos suspendidos**). El resultado es un agua residual muy turbia.

Características químicas

La cantidad de sustancias químicas presentes en las aguas residuales es casi ilimitada, por lo tanto se describen algunos tipos generales. Con frecuencia estos tipos de sustancias se conocen mejor por el nombre de la prueba que se usa para medirlos que por lo que incluyen. La principal medida de la contaminación es una medida o parámetro llamado **DBO** (demanda bioquímica de oxígeno).

¿Que es la DBO? Es una medida de la cantidad de materia orgánica que hay en el agua residual. La **DBO⁵** es la cantidad de oxígeno demandada por las bacterias para romper la materia orgánica en condiciones aerobias durante un período de incubación de cinco días a 20°C. Este bioensayo mide el oxígeno que consumen los organismos que utilizan la materia orgánica de la muestra, y el oxígeno disuelto en el líquido. Las sustancias se rompen en otras más simples, y los microbios usan la energía liberada para crecer y reproducirse.

Cuanto más alta es la DBO, mayor es la contaminación. Cuanto más alta la DBO mayor es la cantidad de materia orgánica que contiene el agua.

¿Qué es esta materia orgánica? En el caso de los líquidos cloacales: orina, comida y materia fecal. En el caso de las industrias: azúcares, grasas, proteínas, almidones, etc. Es decir es un conjunto de variados compuestos que pueden servir de fuente de alimento a los microorganismos.

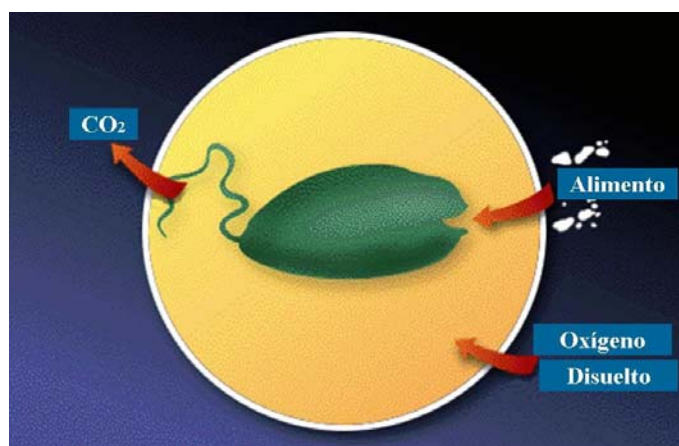
Estos pequeños microorganismos son las bacterias. Debido a su considerable diversidad, es incluso difícil proporcionar una definición descriptiva de las bacterias. Se puede hacer sólo una generalización. Son unicelulares, procariotas (no tienen membrana nuclear), pocas veces realizan la fotosíntesis y se reproducen por fisión

binaria. Actúan tanto en ambientes con oxígeno (*bacterias aerobias*), como en ambientes sin oxígeno (*bacterias anaerobias*), o en ambos (*facultativas*) destruyendo en todos los casos la materia orgánica.

Estas bacterias producen gases como consecuencia de la degradación de esta materia orgánica y debido a su propio metabolismo. La diferencia entre estos dos tipos de bacterias, *aeróbicas* y *anaeróbicas*, es que las primeras producen dióxido de carbono y agua y las segundas, metano, sulfuro de hidrógeno y otros gases. El sulfuro de hidrógeno, además de ser altamente tóxico, es un gas con muy mal olor (huele a huevos podridos). Es por ello que cuando un río, arroyo o simplemente una zanja de agua no posee oxígeno disuelto pero sí carga o materia orgánica, comienzan a trabajar las bacterias anaeróbicas que son las responsables de que la cosa “huela mal”.

Como dijimos la DBO es una medida de la materia orgánica que utilizan los microorganismos, o sea que estos son capaces de “comer” o lo que en el ambiente de tratamiento de efluentes decimos que son capaces de “degradar”.

Degradar significa reducir compuestos complejos en otros más simples.



Concretamente las bacterias degradan la materia orgánica, incorporando una parte a su propio organismo para producir más bacterias y transformando el resto en dióxido de carbono (CO_2) y agua (H_2O).

Sin embargo las bacterias no son capaces de degradar toda la materia orgánica. Existe materia orgánica que consume oxígeno y que no es degradada por las bacterias. Este material integra otro importante concepto para medir la contaminación de un efluente que es la denominada **DQO** (demanda química de oxígeno).

La DQO es el equivalente de oxígeno de toda la materia orgánica que puede oxidarse por medios químicos, mediante un agente fuertemente oxidante.

La DQO es siempre mayor que la DBO ya que comprende la materia oxidable por medios biológicos y aquella que solo lo es por medios químicos. Como toda la materia oxidable biológicamente también lo es químicamente entonces la DQO es siempre mayor que la DBO.

El análisis de DQO requiere aproximadamente una hora. Si se puede correlacionar con la DBO5 podrá servir de apoyo en el control de operación de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Ejemplos de sustancias que contienen DBO y DQO son la orina, las heces de origen animal, los detergentes biodegradables, los azúcares, las proteínas, etc...

Productores de DBO son los desechos orgánicos de los seres humanos (propios o parte de la basura que arrojam de alimentos no consumidos), los frigoríficos (sangre, heces, etc.), las cerveceras, las fabricas de gaseosas, las curtiembres, etc.

La DBO de un líquido residual dependerá de los compuestos disueltos o suspendidos en él, pero para tener una idea, un efluente de origen cloacal tiene una DBO de aproximadamente 200 miligramos por litro. Un efluente de origen industrial, por ejemplo una embotelladora de gaseosas, puede tener una DBO de 1000 miligramos por litro y el lixiviado de un relleno sanitario puede llegar a valores mucho mayores (4000 o 5000 miligramos por litro).

Pero hay otras sustancias que contaminan gravemente las fuentes de agua y que no son medibles por la DBO ni por la DQO.

Algunos ejemplos de estas sustancias son:

Metales pesados: Son sustancias que en pequeñas concentraciones producen un daño doble: por un lado actúan inhibiendo el proceso biológico por lo que no permiten que las bacterias cumplan con su rol de degradar la carga orgánica presente en el efluente, y por otro lado consumidas por el ser humano y otros organismos vivos producen graves alteraciones de la salud.

Grasas y aceites: Estas sustancias que abarcan desde grasas animales y vegetales, hasta hidrocarburos y derivados del petróleo. Contaminan las fuentes de agua formando una película sobre la superficie que impide el pasaje de oxígeno el aire al agua y que consecuentemente interfiere y detiene el proceso de biodegradación natural al no llegar el oxígeno necesario a las bacterias para que degraden la materia.

pH: Esta contaminación no responde a una sustancia en especial, es una medida de la acidez o la alcalinidad de un efluente. Cuando los valores de este parámetro se ubican fuera de ciertos rangos la degradación biológica se detiene.

Detergentes: Los hay de dos clases: biodegradables y no biodegradables. Estos últimos que han sido progresivamente desplazados del mercado a nivel mundial pero que aún subsisten por su menor costo, no pueden ser eliminados por métodos biológicos y debe recurrirse a tratamientos fisicoquímicos. Producen inconvenientes en las plantas de tratamiento en general, espumas que interfieren con el proceso y dan un mal aspecto estético a las Plantas.

Sólidos sedimentables y suspendidos totales: Su vuelco contamina al curso receptor debido a la acumulación de sólidos que interfieren en el curso natural de las aguas y que por sedimentación pueden generar ambientes propicios para el desarrollo de otros procesos no deseados de degradación sin aire (anaerobios). Por otro lado la presencia de sólidos puede interferir con el normal desarrollo de la vida acuática, disminuyendo la profundidad a la que penetra la luz solar.

Fósforo y Nitrógeno: Ambos son “nutrientes”, es decir son necesarios para la vida y desarrollo de los microorganismos encargados de la depuración, pero concentraciones altas de estos compuestos en la descarga hacia cuerpos de agua superficial cerrados o con escasa renovación puede conducir al proceso de eutrofización que implica el crecimiento descontrolado de algas que comprometen el desarrollo del resto de la vida acuática.

Salinidad: Nuestras leyes no castigan aún el vuelco de aguas con altos valores de este parámetro, con excepción de algunos lugares como Mendoza. Se lo identifica en los análisis como TDS (Sólidos disueltos totales) y es propio de la salinidad original del agua que se trata o es generado en ciertos procesos de tratamiento como el rechazo de la osmosis inversa.

La enumeración de contaminantes es mayor, podemos mencionar, la **radiactividad**, **los solventes disueltos**, etc., pero los enumerados son un primer “pantallazo” sobre la diversidad de elementos que aparecen en los efluentes.

Hay otras sustancias que se las conoce con el nombre específico de “**tóxicos para el tratamiento biológico**”. Estas sustancias son aquellas que interfieren en los procesos biológicos, impidiendo el progreso de los mismos. Dentro de esta categoría se engloban los metales pesados cuando superan ciertas concentraciones, el cloro - que luego lo veremos como bactericida-, los fenoles en altas concentraciones, sustancias químicas como los carbamatos, toda una gama de biocidas que se usan como desinfectantes, compuestos organoclorados, etc..

Finalmente existen otro grupo de sustancias que son conocidas como **refractarias al tratamiento biológico**. En general estas sustancias son básicamente moléculas complejas, que como consecuencia de su alto peso molecular no puede ser divididas en sustancias simples por las bacterias. Suelen aportar DQO pero no contribuyen a la DBO. Cuando un efluente las contiene (caso típico el lixiviado de los rellenos sanitarios) el resultado del tratamiento biológico arroja a la salida una reducción casi total de la DBO y un resto importante de DQO. En estos casos se requiere un afino fisicoquímico final luego del tratamiento biológico.

Parámetros de vuelco de acuerdo al cuerpo receptor

Un cuerpo receptor **es el lugar donde se descargan los líquidos residuales**. En general son cuerpos de agua superficial (lagos, ríos, mar) donde el vertido “se diluye” en la corriente o masa de agua del cuerpo, pero también puede verse directamente en el terreno (por medios de infiltración) y en algunos casos (no común en nuestro país) inyectarse en un acuífero subterráneo.

Durante muchos años, la evacuación de efluentes a cuerpos receptores de agua se llevaba a cabo directamente mediante una tubería (descarga). La mezcla y la dilución del efluente se daba de manera variable, dependiendo de las características naturales del cuerpo receptor. Un aspecto importante en la evacuación de efluentes consistía en la capacidad de asimilación del cuerpo receptor, es decir la cantidad de materia orgánica que podía ser vertida sin comprometer la concentración de oxígeno disuelto presente en el agua. En la actualidad, también se está prestando atención a los efectos ambientales de otros constituyentes tales como los sólidos en suspensión, los nutrientes, componentes tóxicos y cómo pueden ser asimilados por el medio ambiente acuático de manera segura y sustentable.

A partir de implementar un tratamiento adecuado a las aguas residuales, estas se pueden reutilizar o bien reintroducir en el ciclo hidrológico por evacuación al medio ambiente a través de un cuerpo receptor. Por lo tanto, la evacuación de las aguas residuales tratadas puede considerarse como el primer paso de un proceso de reutilización indirecto a largo plazo.

La legislación en nuestro país, aunque varía para cada jurisdicción, tiene como lineamiento principal el establecimiento de **concentraciones máximas permitidas** para los vuelcos de líquidos residuales o efluentes, ya sean estos de origen industrial o municipal.

Una tendencia de los últimos años a nivel mundial es **establecer estos límites de acuerdo al cuerpo receptor** de estos líquidos. De esta forma, se establecen límites más exigentes en aquellos cuerpos que son más vulnerables, debido a su incapacidad natural de poder depurar las cargas de contaminantes.

Efluentes industriales

El 59% del consumo total de agua en los países desarrollados se destina a uso industrial, el 30% a consumo agrícola y un 11% a gasto doméstico, según se constata en el primer informe de Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos del mundo, Agua para todos, agua para la vida (marzo 2003). En 2025, el consumo de agua destinada a uso industrial alcanzó alrededor de los 1.170 km³ / año, cifra que en 1995 se situaba en 752 km³ / año. El sector productor no sólo es el que más gasta, también es el que más contamina.

Más de un 80% de los desechos peligrosos del mundo se producen en los países industrializados, mientras que en las naciones en vías de desarrollo un 70% de los residuos que se generan en las fábricas se vierten al agua sin ningún tipo de tratamiento previo, contaminando así los recursos hídricos disponibles.

Estos datos aportan una idea de la importancia que tiene el tratamiento y la reutilización de aguas residuales en el sector industrial en el mundo, y más aún en países que saldan su balance de recursos hídricos con números rojos.

El adecuado tratamiento de aguas residuales industriales y su posterior reutilización para múltiples usos contribuye a un consumo sostenible del agua y a la regeneración ambiental del dominio público hidráulico y marítimo y de sus ecosistemas. Sin olvidar que el agua de calidad es una materia prima crítica para la industria.

Frenar la contaminación industrial significa mejorar la gobernabilidad medioambiental.

Es posible disociar el desarrollo industrial de la degradación del medio ambiente, reducir drásticamente el consumo de recursos naturales y de energía y, al mismo tiempo, contar con industrias limpias y rentables.

Para que dicho desarrollo sea sostenible, es importante contar con las disposiciones legales e institucionales necesarias. Ya existe un gran número de iniciativas de gobernabilidad de este tipo, tanto a nivel nacional e internacional, como en el sector industrial y en las empresas. Algunos de los convenios internacionales y acuerdos medioambientales multilaterales más recientes y fundamentales relativos al uso industrial del agua y a los impactos de la contaminación son:

- *El Convenio de Basilea* sobre el control de los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos y su eliminación.
- *El Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP)*, que regula la producción, manipulación, transporte y uso de ciertas sustancias químicas orgánicas de alta toxicidad que permanecen intactas en el ambiente durante largos periodos de tiempo y que se dispersan por extensas áreas geográficas.
- *La Directiva Marco del Agua de la Unión Europea*, relativa a la gestión integrada de cuencas hidrográficas en Europa, que también incorpora la Directiva relativa a la Prevención y Control Integrado de la Contaminación (IPPC, por sus siglas en inglés), destinada a aquellas plantas industriales que registran un elevado potencial de contaminación.

Dentro del propio sector industrial, se están haciendo esfuerzos para controlar la contaminación. Son muchas las industrias que están mejorando sus estrategias de uso del agua, al verse influenciadas por el cambio de actitud de los consumidores, la presión ejercida para lograr una mejor gobernabilidad de las empresas y las medidas para reducir costes.

En la última década, hubo un aumento exponencial en todo el mundo del número de empresas del sector industrial que trataron de obtener la **certificación ISO 14001**, norma ambiental de carácter internacional. Las empresas que se adhieren a ella, ponen en marcha **Sistemas de Gestión Ambiental (SGA)**, practican auditorías ambientales y evalúan sus resultados al respecto. Sus productos se adhieren a **normas de ecoetiquetado** y sus vertidos son gestionados mediante una evaluación del ciclo de vida. Son cada vez más las empresas que reconocen que de este modo, demuestran su compromiso con el medio ambiente y con la aplicación de medidas ecológicas, lo que mejora tanto su imagen corporativa como su competitividad.

Cuando está en juego la calidad del agua, el vertido cero de efluentes debería ser el objetivo principal de las empresas y las municipalidades.

El vertido cero de efluentes implica el reciclado del agua y la recuperación de todos los residuos, evitando el vertido de sustancias contaminantes al medio ambiente acuático. En el caso de que el vertido cero no resulte ni técnica ni económicamente factible, existe toda una serie de buenas prácticas intermedias que se pueden aplicar en las fábricas para reducir el impacto industrial sobre la calidad del agua.

Las medidas de carácter voluntario y las iniciativas de autorregulación permiten a las industrias supervisar el rendimiento y demostrar su compromiso con la mejora del medio ambiente.

Las Evaluaciones de Impacto Ambiental (EIA) y los Sistemas de Gestión Ambiental (SGA) son dos de las formas básicas para ello. Las EIA estudian el impacto ambiental de nuevos proyectos o de la expansión significativa de proyectos en marcha, mediante evaluaciones científicas y consultas a las autoridades públicas y ambientales. Un SGA (la norma ISO 14001, por ejemplo) contribuye a la puesta en marcha de la política ambiental de una empresa mediante la atribución de responsabilidades, la definición de objetivos ambientales y de procedimientos operativos, así como de sus necesidades de capacitación y la identificación de los sistemas de supervisión y comunicación que convendría aplicar. La norma ISO 14001 proporciona a las compañías un marco reconocido a nivel internacional con el que pueden demostrar su compromiso ambiental, a la vez que mejoran sus beneficios y su competitividad.

Características de los efluentes industriales

A diferencia de las aguas residuales domésticas, los efluentes industriales contienen con frecuencia sustancias que no se eliminan por un tratamiento convencional, bien por estar en concentraciones elevadas, o bien por su naturaleza química. Muchos de los compuestos orgánicos e inorgánicos que se han identificado en aguas residuales industriales son objeto de regulación especial debido a su toxicidad o a sus efectos biológicos a largo plazo.

Se consideraran efluentes industriales a todas las descargas residuales derivadas de los procesos industriales, como así también los vertidos originados por distintos usos del agua industrial, como ser los provenientes de las purgas de circuitos cerrados o semicerrados de la refrigeración, de producción de vapor, de recirculación de aguas de proceso, aguas de condensados, limpieza de equipos y utensilios evacuados a cualquier destino fuera de la industria.

Las características de los efluentes difieren de los cloacales, tanto en cantidad como en calidad. Para una liquido cloacal domiciliario, las características determinantes que definen su calidad son en promedio, las siguientes:

- Residuo total por evaporación 1000 mg/l (miligramos por litro)
- pH 7

- Sólidos suspendidos 350 mg/l
- DBO₅ 250 mg/l
- Sulfuros 0.5 mg/l
- Grasas 40 mg/l

En cambio, para un efluente industrial, las mismas características, pueden llegar a tener los siguientes valores.

- Residuo total por evaporación (lavadero de lanas) 50.000 mg/l
- pH industria metalúrgica 2
- pH industria textil 11
- DBO₅ (destilerías de alcohol) 20.000 mg/l
- Sólidos suspendidos (mataderos) 2.000 mg/l
- Sulfuros (curtiembres) 30 mg/l
- Grasas (Lavado de lanas) 15.000 mg/l

En la industria, la composición de los líquidos residuales varía con el tipo de industria y con el tipo de proceso que se lleva a cabo.

El agua se utiliza como materia prima, como medio de producción, para enfriamiento o para el lavado. A medida que el agua utilizada recorre el proceso de producción se va cargando de contaminantes, que pueden ser incompatibles con el destino final a dar al líquido residual.

Mientras que todos los vertidos urbanos presentan impurezas minerales y orgánicas cuya naturaleza y concentración son bastantes similares de una ciudad a otra, y por ello sus líneas de tratamiento son análogas, los vertidos industriales, debido a su gran diversidad, necesitan una investigación propia de cada tipo de industria y la aplicación de procesos de tratamiento específicos.

Al enumerar las principales industrias, se ve que según las contaminaciones que producen, justifican tratamientos biológicos (parecidos a los de las aguas urbanas) o tratamientos estrictamente químicos (como en las industrias de ácidos)

Las plantas de tratamiento de aguas industriales deben cumplir con las normas de vertido, que no se refieren únicamente a la DBO, DQO y a los contenidos de materiales en suspensión, sino también, a un cierto número de compuestos minerales y orgánicos. Por otra parte, estas normas se definen, en varios países, según las diversas ramas profesionales.



Planta de tratamiento de efluentes (Argentina) 200m³/h

Clasificación de las industrias según sus vertidos

Cada actividad industrial aporta una contaminación determinada, por lo que es conveniente conocer el origen del vertido industrial para valorar su carga contaminante y su incidencia en el medio receptor.

Se clasifican en cinco grupos de acuerdo con los contaminantes específicos que arrastran las aguas residuales:

INDUSTRIAS CON EFLUENTES PRINCIPALMENTE ORGÁNICOS: Por ejemplo: Papeleras, Azucareras, Mataderos, Curtidos, Conservas (vegetales, carnes, pescado, etc.), Lecherías y subproductos (leche en polvo, mantequilla, queso, yogur, etc.), Fermentación (fabricación de alcoholes, levaduras.), Preparación de productos, alimenticios (aceites y otros), Bebidas, Lavanderías.

INDUSTRIAS CON EFLUENTES ORGÁNICOS E INORGÁNICOS: Por ejemplo: Refinerías y Petroquímicas, Coquerías, Textiles, Fabricación de productos químicos.

INDUSTRIAS CON EFLUENTES PRINCIPALMENTE INORGÁNICOS: Limpieza y recubrimiento de metales, Explotaciones mineras y salinas, Fabricación de productos químicos inorgánicos.

INDUSTRIAS CON EFLUENTES CON MATERIAS EN SUSPENSIÓN: Lavaderos de mineral y carbón, Corte y pulido de mármol y otros minerales, Laminación en caliente y colada continua

INDUSTRIAS CON EFLUENTES DE REFRIGERACIÓN: Centrales térmicas, Centrales nucleares

A su vez los vertidos industriales pueden ser:

1. **Continuos:** Aquellos procesos en los que existe una entrada y una salida continua de agua (Procesos de Transporte, lavado, refrigeración, entre otros).
2. **Discontinuos:** Proceden de operaciones intermedias. (Baños de decapado, baños de curtidos, lejías negras, emulsiones)

Al aumentar el tamaño de la industria, algunos vertidos discontinuos pueden convertirse en continuos.

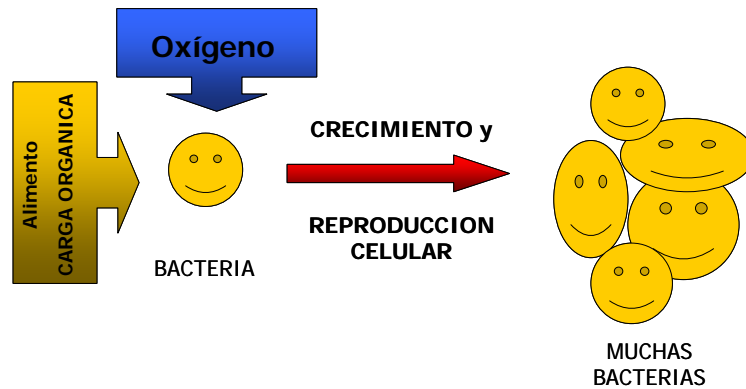
TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES

El primer concepto de planta de tratamiento es el siguiente: La Planta debe tratar de imitar a la naturaleza, pero haciendo el proceso más rápido.

Consecuentemente una Planta de Tratamiento de Efluentes es un desarrollo destinado a conseguir alojamiento, aire y comida (materia orgánica) para que se desarrolle en forma controlada la cantidad y calidad de bacterias que nos interesan para depurar las aguas contaminadas.

Las bacterias para cumplir su función primordial (reducir la DBO) necesitan:

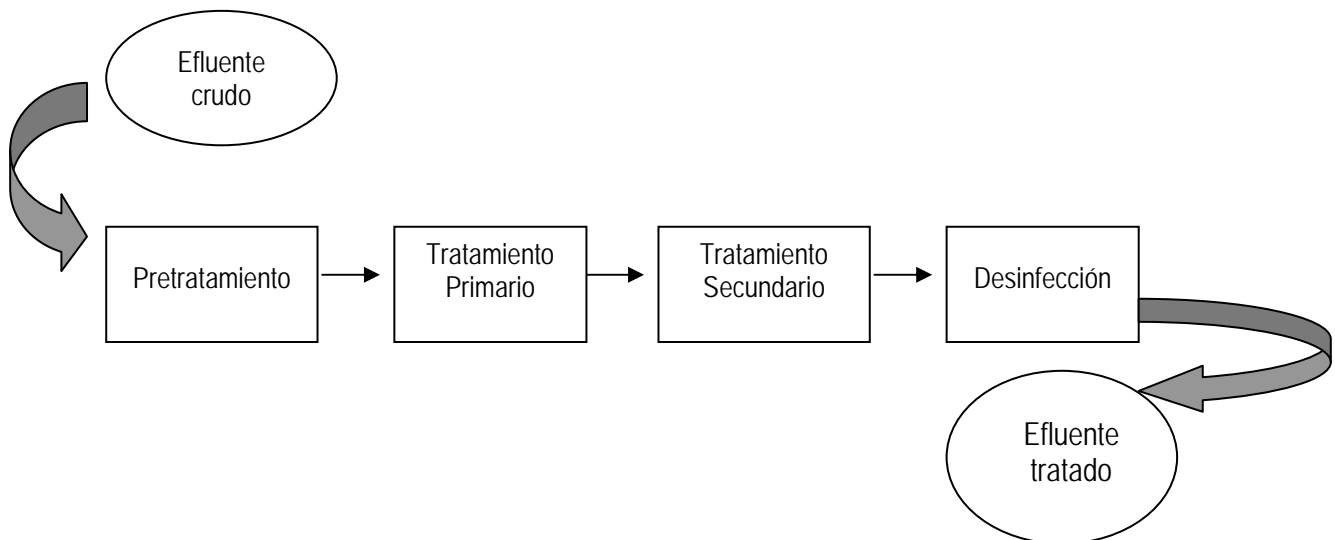
- 1) De un lugar de desarrollo que en general es una cámara de aireación, un tanque Imhoff, un lecho percolador, un biofiltro, etc..
- 2) De buena comida (la contaminación orgánica o DBO) que debe estar balanceada y libre de tóxicos.
- 3) De aire: que se brinda en forma de aire inducido (lechos percoladores), difusores, aireadores de superficie, etc.
- 4) De un lugar donde se separen para dejar el agua limpia y retornar a su labor, desechando las que sobren (sedimentador secundario).



La Planta de tratamiento debe brindar estas etapas esenciales y otras más para cumplir con su función.

Las aguas residuales recorren la planta de tratamiento (o planta **DEPURADORA**) y pasan por una serie de etapas o procesos. La combinación de estas etapas dependerá de las características del líquido a depurar y de la exigencia requerida para su vuelco.

Genéricamente todas las Plantas de Tratamiento de Líquidos cloacales obedecen al siguiente esquema:



Actualmente se incluye una etapa más que es el Tratamiento Terciario o de Avanzada.

Mediante estas etapas de tratamiento, el agua residual contaminada se separa en efluente tratado y en lodo o barro. El efluente tratado se descarga en un cuerpo receptor ó se reusa, mientras que el lodo se trata y se dispone (en rellenos sanitarios) o se reusa (elaboración de biosólidos).

Para la obtención de biosólidos, los lodos provenientes de plantas depuradoras **deben ser sometidos a tratamientos de estabilización e higienización**, luego de ello, los biosólidos pueden utilizarse para uso agrícola/ganadero, uso forestal, recuperación de suelos degradados, restauración del paisaje y elaboración de abonos y enmiendas.

Los objetivos de cada etapa son:

PRETRATAMIENTO: El objetivo del pretratamiento es la remoción de los sólidos gruesos y sólidos inertes. Los sólidos gruesos son basura, en general, plásticos, ramas, trapos, etc, arrastrados por la corriente de líquidos residuales y que ingresan

al sistema de drenaje (cloacal o industrial) por descuido o mal uso. Los sólidos inertes son principalmente arenas y partículas de tierra.

TRATAMIENTO PRIMARIO: Emplea métodos o dispositivos mecánicos para remover partículas de diversos tamaños. El objetivo del tratamiento primario es la remoción de los sólidos en suspensión.

TRATAMIENTO SECUNDARIO: Utiliza métodos biológicos para remover materia orgánica biodegradable (DBO).

TRATAMIENTO TERCIARIO O DE AVANZADA: Son tratamientos que tienen como objetivo remover los nutrientes (fósforo y nitrógeno) o los sólidos suspendidos que el tratamiento secundario no ha podido retener. Se utilizan cuando el cuerpo receptor no puede aceptar la descarga de nutrientes o cuando el reuso es el destino elegido para el líquido tratado. La tendencia actual, en los países desarrollados, es la introducir la mínima perturbación al medio ambiente, por ello fijan, cada vez más, límites de vertido más exigentes que obligan a la utilización de tratamientos terciarios.

DESINFECCION: El objetivo de la desinfección es la eliminación de las posibles bacterias patógenas presentes en el líquido depurado previo a su vuelco al ambiente, a fin de proteger la salud pública. Es importante resaltar que solo el 2% de las bacterias es patógena, es decir, puede provocar enfermedad en el hombre.



Planta depuradora Norte - Aysa

Construida en 1998, se encuentra en la localidad de San Fernando, al noroeste del Gran Buenos Aires.

Tiene una capacidad de tratamiento de 78.000 m³/día y sirve a 270.000 habitantes de los partidos de San Isidro, San Fernando y Tigre. En el futuro, está prevista su ampliación para que alcance a servir a una población de aproximadamente un millón de personas.

Los líquidos que reciben tratamiento en este establecimiento vuelven a la naturaleza al ser volcados al Río Reconquista, una de las cuencas hídricas más importantes del Gran Buenos Aires.

PRETRATAMIENTO

El efluente crudo debe ser sometido a un pretratamiento donde se le eliminan los sólidos gruesos y/o los sólidos inertes. Un esquema de pretratamiento puede incluir alguna o todas las etapas que se describen a continuación:

Cámara de rejas:

Es un recinto donde se aloja la reja, elemento destinado a retener los sólidos que suelen acompañar el efluente cloacal. Hay muchas, variadas formas y modos de operación de estas rejas:

- Fijas de limpieza manual
- Fijas de limpieza automática
- Móviles autolimpiantes
- Fijas con tornillos de elevación de sólidos

Todas estas rejas mencionadas, junto con otras como canastos izables, rejas de quita y pon, etc. son conocidas como **rejass de desbaste grueso**.

Muchas plantas cuentan además, a continuación de estas, o como elemento único de filtrado **una criba o reja fina** que pueden ser:

- Tamices estáticos autolimpiantes
- Tamices rotativos de alimentación interna o externa

Desarenadores:

Muchas Plantas reciben en sus efluentes cloacales una importante presencia de sólidos del tipo arena o tierra. Esto es muy común sobre todo en localidades ubicadas en zonas arenosas (como la costa Atlántica) donde se infiltra arena y tierra a la red. Para eliminar las mismas se recurren a mecanismos estáticos o dinámicos denominados desarenadores. Estos según el diseño pueden estar ubicados antes o después de la reja de desbaste grueso, pero siempre antes de una reja fina. En particular si es necesario bombear el efluente a la Planta de Tratamiento es necesario que se ubiquen antes de las bombas para evitar daños por abrasión a las mismas.

Desengrasadores:

En general las grasas provenientes de domicilios, restaurantes u otros establecimientos conectados a la red cloacal son eliminadas en origen y no llegan, o no deberían llegar, a la Planta de Tratamiento. Cuando no es posible evitarlo se debe construir cámaras desengrasadoras para que no se vea perjudicado el proceso de depuración.

Los desengrasadores son cámaras, en general en hormigón armado, dotadas de baffles de contención, vertederos y skimmers (barredores de superficie) destinados a eliminar las grasas que acompañan el efluente. Su ubicación en la secuencia de pretratamiento depende del diseño particular de cada Planta. En algunos casos existen diseños que eliminan grasas y aceites al mismo tiempo.

TRATAMIENTO PRIMARIO

Puede estar presente o no en el diseño de la Planta de Tratamiento de líquidos cloacales, dependiendo de la tecnología elegida para su desarrollo.

El tratamiento primario tiene como objetivo producir una primera eliminación de carga orgánica a través de procesos que son primariamente físicos y excepcionalmente tienen algún componente biológico.

En términos generales podemos decir que eliminan la carga orgánica asociada a sólidos pequeños que han pasado por el pretratamiento de forma de aliviar la etapa siguiente de la Planta que es el tratamiento secundario. Sin embargo reiteramos que muchos diseños (por ejemplo el de barros activados) suelen prescindir de esta etapa.

Los sólidos retirados en esta etapa, a diferencia de los retirados en la etapa el pretratamiento, son sólidos orgánicos biodegradables. En general no se pueden disponer directamente y se los neutraliza con cal u otro inertizante antes de su disposición final. También pueden reutilizarse previo compostaje.

Las unidades de proceso que son consideradas dentro del tratamiento primario son: *Sedimentadores primarios, Tanques Imhoff y Cribado Fino o tamizado*. Obsérvese que este último es en algunos casos ubicado dentro del pretratamiento y no del tratamiento primario.

Veamos los equipos en el sentido de la reducción de la carga y sólidos que producen:

Cribado fino o tamizado: Esta etapa es eminentemente física y muchas veces se suele incluir en la sección de pretratamiento. Tiene como objetivo la eliminación de sólidos discretos de tamaño variable que interferirían o sobrecargarían el tratamiento biológico secundario. Produce una reducción importante de los sólidos contenidos en el efluente y disminuye la carga al tratamiento biológico.

Sedimentador primario: Este equipo puede adoptar distintas formas y sistemas: rectangular con arrastrador de fondo y superficie, circular con arrastrador de fondo y superficie de accionamiento central o perimetral, estático, de placas inclinadas, de lecho de barros pulsantes, con recirculación de lodos, etc. Se ubica antes del tratamiento biológico y se incluye en general en las Plantas Municipales de grandes caudales y en algunos efluentes industriales especiales.

El sedimentador elimina la mayor cantidad de los sólidos sedimentables contenidos en el efluente y por ende reduce la carga biológica asociada a los mismos. Todos ellos disponen de mecanismos que ayudan a eliminar los barros sedimentados: barredores de fondo, air lift, válvulas de purga, etc.

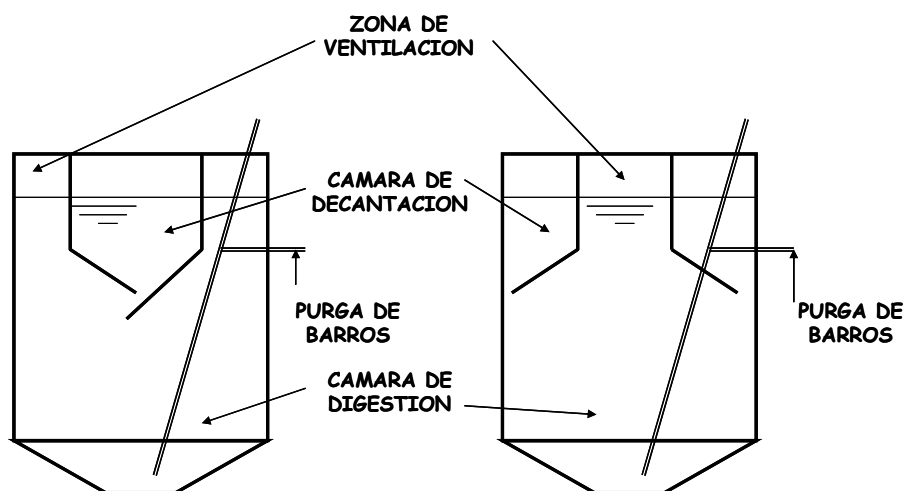
Cuando se requiere aumentar la eficiencia de remoción de esta etapa, se acondiciona el líquido que ingresa con el agregado de un coagulante (en general cloruro férrico o sulfato de aluminio) y un floculante (un polímero), en cámaras de mezclado rápido y de mezcla lenta o floculador.

Estos barros a diferencia de los que pueden eliminarse de un sedimentador secundario, son barros de alta actividad biológica (materia orgánica no estabilizada), por lo que para su disposición deben ser secados y llevados a pH12 por el agregado de cal. Para pequeñas instalaciones suelen usarse los sedimentadores estáticos (sin barredores), con eliminación de barros por air lift o válvula de fondo.

El sedimentador primario más usado es el circular con arrastrador de fondo y superficie de accionamiento preferentemente central, aunque las grandes unidades son de accionamiento perimetral. En resumen el objetivo es la eliminación de sólidos finos y una reducción inicial de la carga orgánica.

Tanque Imhoff: Es una Unidad de doble acción: sedimentador-digestor. Originalmente, fue un perfeccionamiento de la cámara séptica. Es una asociación de sedimentador primario y digestor.

Posee una cámara superior y una inferior. La cámara superior se destina a la sedimentación primaria, mientras que la cámara inferior se destina a la digestión. El material sedimentado pasa a través de una pequeña ranura entre ambas zonas. La zona de ventilación permite la salida de los gases generados en la cámara inferior durante la digestión de la materia orgánica sedimentada.



Corte del Tanque Imhoff, las configuraciones habituales

No requieren el agregado de productos químicos y no demandan el consumo de energía, con excepción de algunos equipos que poseen puente barredor en la sección de sedimentación.

El equipo tiene una eficiencia de remoción de sólidos suspendidos del orden del 40 al 60% y una reducción de la DBO que oscila entre un 25 a un 35%.

Requiere de maniobras mínimas de operación y mantenimiento que consiste en la eliminación diaria de grasas y sólidos flotantes de la sección de sedimentación.

TRATAMIENTO SECUNDARIO

Las fases de pretratamiento y tratamiento primario de los efluentes eliminan los contaminantes discretos: ramas, arena, grasas, plásticos, objetos menores (pretratamiento), sólidos finos y parte de la contaminación orgánica (DBO/DQO) contenida en el efluente líquido (tratamiento primario). Estos dos pasos, si bien reducen la contaminación, no alcanzan para que los líquidos cloacales o industriales, con contaminación orgánica, alcancen los parámetros exigidos para su vuelco a un cuerpo receptor superficial: arroyo, río, lago o mar.

Para ello es necesario someter a estos líquidos a un tratamiento de depuración **biológico aeróbico** que denominamos: tratamiento secundario.

Este tratamiento puede adoptar distintas formas, pero lo que lo caracteriza es la degradación de la carga orgánica a través de la actividad de microorganismos, esencialmente bacterias, que la utilizan como substrato o alimento.

El corazón de todo tratamiento secundario es el **reactor biológico**, que es el recinto donde tiene lugar la formación de la masa de microorganismos que degradan la materia orgánica. Luego esta biomasa es normalmente separada como sólidos decantados en un *sedimentador secundario*. Los sólidos sedimentados se recirculan al reactor biológico pero una porción de ellos se descarta, a fin de mantener bajo control la población de microorganismos en la cámara de reacción biológica.

En el reactor biológico los microorganismos encuentran para desarrollarse cuatro condiciones: alimento, oxígeno, espacio vital y contacto con los alimentos.

El alimento de los microorganismos lo constituye la contaminación o materia orgánica remanente del tratamiento primario (DBO-DQO). El oxígeno es suministrado mediante la introducción de aire.

La forma de introducir el aire puede ser mediante: aireadores mecánicos o difusores de burbuja gruesa o fina. En algunos casos muy excepcionales donde el costo asociado se encuentra justificado, puede introducirse directamente oxígeno puro. El oxígeno es vital en el tratamiento secundario, ya que de él dependen las reacciones de oxidación biológica.

Finalmente el recinto mismo (reactor o cámara) constituye el espacio vital donde se desarrolla la biomasa. En estos recintos no alcanza con que los microorganismos cuenten con alimento suficiente, es muy importante, además, que esté a su alcance. Ello se logra a través de la mezcla perfecta del contenido del reactor o por la presencia de un medio físico que soporte la biomasa (piedras, piezas plásticas, etc.)

Existen procesos biológicos que se desarrollan en ausencia de oxígeno, son los llamados proceso anaeróbicos, que se aplican cuando las cargas orgánicas son grandes y previo a un proceso aeróbico.

La gama de procesos de tratamientos secundarios aireados disponibles al presente es amplísima. Los más tradicionales son: *Lodos activados*, *Lecho percolador*, *Enlagunados* y *Zanjas de oxidación*.

Tratamientos secundarios

Lodos activados Lecho percolador Enlagunados Zanjas de oxidación

Lodos activados

Un sistema de lodos activados es un proceso biológico utilizado para la depuración natural (biorremediación) de las aguas residuales.

Este proceso dispone de:

- una **cámara de aireación o reactor biológico aeróbico**, normalmente libre de medios de fijación de la biomasa, donde esta crece libremente en todo su volumen;
- un **sedimentador secundario** para separar los sólidos del líquido tratado, y
- una **recirculación de lodos o barros** que toma los sólidos sedimentados en el sedimentador secundario y los recircula hacia la cámara de aireación.
- Una fracción de los barros o lodos sedimentados debe ser descartada para mantener el control de la población de microorganismos en la cámara de aireación (**descarte de lodos**).
- Un **sistema de suministro de aire**

Este proceso es el más popular y difundido de los procesos biológicos en los últimos veinte años.

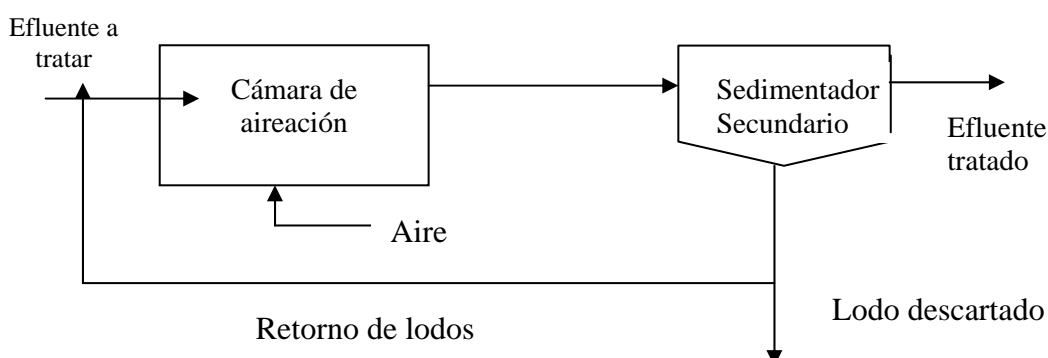
Como todo proceso biológico su esencia es el desarrollo de una microbiótica encargada de degradar la carga orgánica contenida en los efluentes a tratar, esto es el proceso debe entregar alimento y oxígeno para que las bacterias y otros microorganismos se desarrollen.

En el barro activado, la eficiencia en la depuración biológica está mejorada debido a la **recirculación** de parte de los microorganismos separados en el sedimentador secundario hacia la entrada de la cámara de aireación, obteniéndose de esta forma valores de salida mucho más bajos que en proceso sin recirculación (por ejemplo los enlagunados que se verán más adelante).

Cuanto más microorganismos haya presentes mayor será la remoción de los contaminantes debido a que ellos competirán por el alimento. Pero es necesario mantener un nivel de microorganismos controlado, para ello se descarta una cantidad de bacterias, como lodo, desde el fondo del sedimentador secundario. Por lo tanto, el proceso **se controla mediante el descarte de barros**.

Hay numerosas variaciones de estos procesos, pero este es el esquema básico y distintivo de todos ellos.

Esquema básico de un barro o lodo activado.



La popularidad de este proceso se debe fundamentalmente a que es un proceso “controlable” por el operador, a diferencia de otros en que la intervención en el proceso es más dificultosa o está menos acotada.

Es importante asegurar la mezcla completa del contenido de la cámara de aireación, para que el alimento y el oxígeno llegue a todo el contenido del recinto y se eviten zonas muertas.

Esencialmente cuando hablamos de microorganismos en un lodo activado nos referimos genéricamente a bacterias. Si bien otros organismos están igualmente presentes y son indicadores del estado de “salud” del proceso.

En el proceso de **lodos activados** se requiere de los microorganismos que cumplan tres funciones esenciales para que el proceso progrese y sea eficaz:

- ◆ Deben ser capaces de metabolizar los residuos orgánicos
- ◆ Deben ser capaces de formar floculos (o flocs) orgánicos.
- ◆ Deben ser capaces de sedimentar.

Lechos percoladores

Son esencialmente cámaras o reactores aeróbicos donde la biomasa se desarrolla sobre un **medio sostén fijo** de plástico o de piedras.

Los medios plásticos son de mucho mayor rendimiento porque ofrecen un área específica mayor (área por unidad de volumen), mientras que los lechos de piedra son de un desarrollo más antiguo.



En los percoladores el efluente, proveniente de un tratamiento primario, es distribuido sobre el lecho mediante un distribuidor giratorio que puede estar accionado hidráulicamente o mediante un motor con reductor.

Foto de la superficie de un lecho percolador de piedra como material fijo y distribuidor hidráulico



Vista completa de un lecho percolador. Obsérvese el brazo distribuidor hidráulico y las ventanas en el inferior del equipo que permiten la ventilación del lecho.

La biomasa que se desprende se separa en un sedimentador secundario de donde **se recircula habitualmente a este equipo parte del líquido tratado para mantener húmedo el medio soporte**. El barro se descarta.

Nótese la diferencia fundamental con el barro activado: aquí hay un lecho soporte y **se recircula líquido en vez de barro al percolador**.

El aire es suministrado en forma natural inducido a través de “ventanas” en su parte inferior (ver figura), o forzada por ventiladores o sopladores de aire.

Enlagunados ó lagunas de estabilización

Aquí se aprovecha un proceso que se da en forma natural en el medio ambiente: la degradación de la materia orgánica en lagunas por medio de la biomasa que se desarrolla en las mismas. Aquí no existe recirculación de lodos ni otro control que permita ajustar las condiciones operativas de la laguna.

Las lagunas pueden ser anaeróbicas, facultativas o aireadas naturalmente, todas ellas carentes de mecanismos o instalaciones que faciliten o aceleren los procesos que se desarrollan en su seno, o bien pueden ser facultativas y aireadas artificialmente mediante mecanismos de transferencia forzada de oxígeno: aireadores, difusores, etc.

Una laguna de estabilización contiene principalmente algas y bacterias en suspensión. El oxígeno liberado por las algas, a través del mecanismo fotosintético, es usado por las bacterias en la descomposición aerobia de la materia orgánica. A la vez los nutrientes y el dióxido de carbono producidos por la actividad bacteriana son usados por las algas. Otros organismos, como los rotíferos y los protozoarios, tienen como función depurar el efluente. La combinación de la actividad bacteriana, aerobia y anaerobia, da origen al tipo de lagunas más comunes en el tratamiento de aguas residuales conocidas como *lagunas de estabilización facultativas*. En lagunas *aerobias* deben predominar condiciones aerobias en toda la profundidad de la laguna. En las lagunas *facultativas* la capa superior debe ser predominantemente aerobia y actuar como barrera contra el agua anaerobia con contenido de sulfuro de hidrógeno (H_2S). En lagunas *anaerobias* dominan condiciones anaerobias en toda la laguna.

Zanja de oxidación

Este método se clasifica por separado, aunque en rigor es una vieja versión simplificada de un barro activado. Se trata de recintos desarrollados sobre zanjas ovaladas de baja profundidad, donde el líquido crudo es obligado a seguir un recorrido a través de la misma y recibe aire a través de aireadores mecánicos conocidos como cepillos de aireación. En el recorrido del efluente se encuentra una zona de aquietamiento conseguida mediante un bafle de desarrollo pentagonal abierto en uno de sus lados, que actúa como sedimentador interno y fuente de provisión de barros.

Son los predecesores de un desarrollo posterior conocido como *Carrusel* que adoptó el sedimentador externo pero conservó el *flujo pistón* de la zanja de oxidación. Este desarrollo es una de las tantas formas de lodos o barros activados existentes.

El siguiente esquema ayuda a comprender la forma y funcionamiento de las zanjas de oxidación que, aunque de antiguo desarrollo, aún están activas en muchos puntos de la Provincia de Buenos Aires.

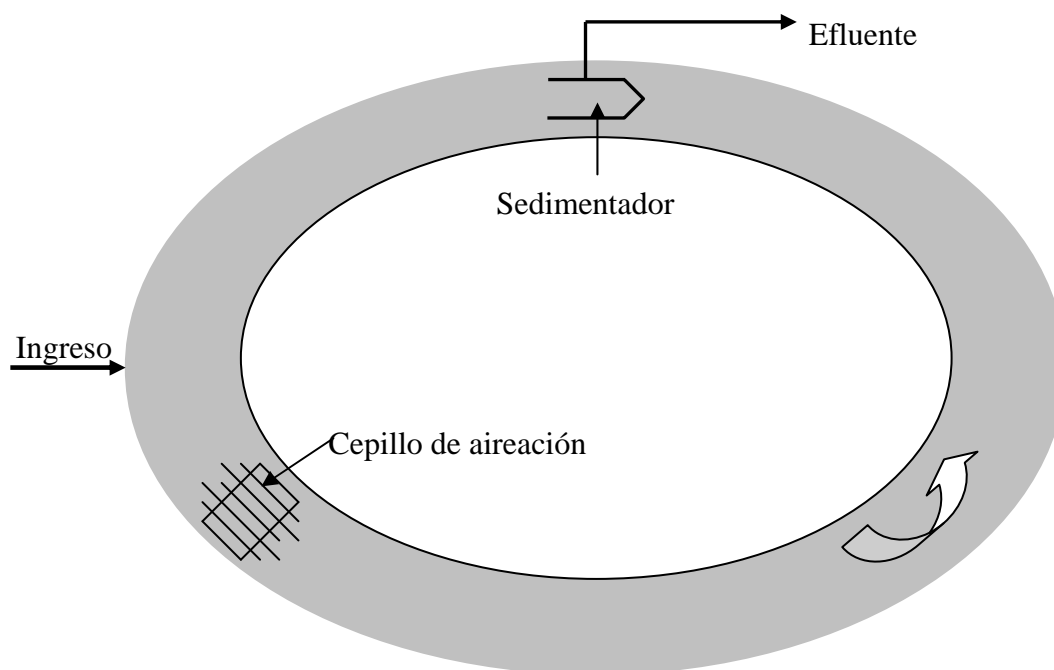


Figura N°9 Esquema de una Zanja de oxidación.

TRATAMIENTO TERCIARIO

Aunque los procesos de tratamiento secundario, cuando se acoplan a la desinfección, pueden eliminar más del 85% de la DBO y los sólidos suspendidos, y casi todos los patógenos, sólo logra eliminaciones marginales de algunos contaminantes como nitrógeno, fósforo, DQO soluble y metales pesados, que en algunos casos revisten gran importancia. Entonces se emplean procesos capaces de eliminarlos en forma adecuada. Estos procesos, denominados con el nombre genérico de tratamiento terciario o de avanzada, mejoran la calidad de la descarga hasta el punto en que resulta adecuado para muchos propósitos de reutilización.

Eliminación de Fósforo: El fósforo es un nutriente presente en los desechos humanos y en los detergentes. La eliminación del fósforo para evitar o reducir la

eutrofización² se logra normalmente mediante precipitación química con uno de tres reactivos: cloruro férrico, sulfato de aluminio, o cal. En la precipitación del fósforo se requieren un estanque de reacción y un tanque de sedimentación para eliminar el precipitado. También puede ser eliminado aplicando una configuración del proceso de lodos activados modificada para la “**biorremoción de nutrientes**”.

Eliminación del Nitrógeno: El nitrógeno ingresa en la red de drenajes debido al aporte de los residuos humanos y por los fertilizantes. En cualquiera de sus formas solubles es un nutriente, y podrá ser necesario eliminarlo del agua residual para ayudar a controlar el crecimiento de algas en el cuerpo receptor. Además el nitrógeno en forma de amoníaco ejerce una demanda de oxígeno y puede ser tóxico para los peces. La eliminación del nitrógeno se puede lograr en forma biológica o química. Al proceso biológico se le llama *nitrificación-desnitrificación*. Al proceso químico se le llama *arrastre de amoníaco*. La desnitrificación puede llevarse a cabo mediante la modificación del proceso de lodos activados, es decir mediante **remoción biológica**.

Eliminación de Sólidos Suspendidos: En esta etapa, de ser necesario, se remueven las partículas que el tratamiento secundario no pudo eliminar. Se realiza mediante filtración, también conocida como **filtración terciaria**. Se aplica principalmente en el caso de reuso de efluentes, por ejemplo para riego, en este caso se eliminan estos sólidos para evitar la obturación del sistema de riego por aspersión.

DESINFECCION

La etapa final del tratamiento de efluentes es la desinfección. La finalidad de la desinfección es la destrucción selectiva de los organismos que causan enfermedades. No todos los microorganismos se destruyen durante el proceso, esta es la principal diferencia entre la desinfección y la esterilización, proceso que implica la destrucción de la totalidad de los organismos.

En el campo de las aguas residuales, las tres categorías de organismos entéricos de origen humano de mayores consecuencias en la producción de enfermedades son las bacterias, los virus y los quistes amebianos.

Para determinar la eficiencia en la desinfección se utiliza un organismo índice. Un organismo índice es un tipo de organismo (coliformes) cuya eliminación se considera como indicativa de que todos los patógenos han muerto. El organismo índice debe cumplir que su detección y recuento sea sencillo.

La desinfección puede realizarse por métodos físicos (rayos ultravioletas, calor) o métodos químicos, a través de productos desinfectantes como el cloro gaseoso, hipoclorito de sodio, ácido hipocloroso, dióxido de cloro, ozono.

El método más ampliamente utilizado en plantas pequeñas y medianas es el hipoclorito de sodio (cloro líquido o lavandina).

El hipoclorito es un compuesto de relativamente seguro, de fácil manipuleo y de costo razonable. Actualmente la principal objeción al uso de este compuesto radica en la formación de subproductos de la desinfección, en este caso Tri-halo metanos (THM), que podrían causar daños a la salud.

² *Eutrofización o eutrofización, significa enriquecimiento por nutrientes. Es causada principalmente por un aumento en los niveles de nitrato y fosfato y tiene una influencia negativa en la vida acuática.*

Sin lugar a dudas el uso de rayos ultravioletas es el método de menor impacto al medio ambiente, pero requiere de un muy buen funcionamiento de la planta de efluentes y el costo de inversión es elevado.

En caso de reuso de efluentes para riego, la mejor opción es la desinfección mediante rayos ultravioletas, ya que evita la etapa posterior de remoción de cloro.

TRATAMIENTO DE LODOS

En el proceso de purificar las aguas residuales se genera otro problema: los lodos. El tratamiento y disposición satisfactoria del lodo puede ser la operación individual más compleja y costosa en un sistema de tratamiento de aguas residuales municipales. El lodo lo forman materiales asentados que entran con el agua residual sin tratar y sólidos generados en el proceso de su tratamiento. Las cantidades de lodo involucradas son importantes. En el tratamiento primario pueden ser de 0,25 a 0,35% del volumen del agua residual tratada. Cuando se mejora el tratamiento con lodos activados las cantidades aumentan hasta 1,5 a 2,0%. El uso de reactivos para eliminar el fósforo puede agregar otro 1,0%. Los lodos que generan los procesos de tratamiento siguen siendo principalmente agua hasta en 97%. Por lo tanto, los procesos de tratamiento de lodos se ocupan de separar grandes cantidades de agua y residuos sólidos.

Los procesos básicos para tratar el lodo son:

1. *Espesado*: separación de toda el agua posible por gravedad o flotación.
2. *Estabilización*: conversión de los sólidos orgánicos a formas más refractarias o inertes para que se puedan manejar o usar como acondicionadores de suelo sin causar molestias ni riesgos para la salud, mediante los procesos llamados “digestión” (procesos de oxidación bioquímica).
3. *Acondicionamiento*: tratamiento del lodo con reactivos o calor para que el agua se pueda separar con facilidad.
4. *Desaguado*: separar el agua sometiendo el lodo a vacío, presión o secado.
5. *Reducción*: convertir los sólidos a una forma estable por oxidación en húmedo o incineración. Son procesos químicos de oxidación: disminuyen el volumen del lodo, de aquí el término “reducción”.

Disposición final: Los residuos del proceso en las plantas de tratamiento de aguas residuales (lodos residuales tratados y no tratados) son la pesadilla del personal de diseño y operación. De los cinco métodos de eliminación en el sitio, dos son posibles y sólo uno es práctico. El aire, el océano, el “espacio exterior”, el terreno o el mercado. La disposición en el aire, mediante la incineración, en realidad no es la última, sino un almacenamiento temporal hasta que el residuo cae al suelo. Aunque la incineración se practica mucho en el tratamiento de lodos, la ceniza y los residuos se deben desechar en algún sitio (generalmente rellenos sanitarios). La disposición del lodo de aguas negras en el mar o en el océano está prohibida en muchos países. El espacio exterior no es un sitio adecuado para eliminar desechos. Así que sólo quedan la disposición en el terreno (rellenos sanitarios) ó el uso del lodo en la obtención de algún producto (mercado).

ENERGÍAS NO RENOVABLES

La sociedad de los países desarrollados consume cantidades significativas de energía, ésta es un elemento esencial del esquema económico mundial y uno de los condicionantes de su evolución futura, aunque una parte de la energía que demandamos se derroche, bien por falta de eficiencia en los procesos de uso y transformación, bien por que se consuma sin necesidad.

En paralelo, hemos visto que la incidencia ambiental de los usos energéticos se ha ido haciendo más significativa: contaminación urbana, lluvias ácidas, vertidos de productos petrolíferos, accidentes nucleares, etc.

Después del siglo XX, de confianza energética, aunque con grandes tormentas, aparecen dos aspectos críticos que ineludiblemente se han de abordar en el siglo XXI:

- Los límites de disponibilidad de los combustibles fósiles, en especial los hidrocarburos, se ven cercanos, al menos para una parte de la humanidad. Muchos países gastan más de un tercio de sus ingresos por exportaciones en comprar la energía comercial que utilizan.
- Las emisiones crecientes de gases de efecto invernadero, en particular CO₂, están acelerando el cambio climático, que ya se asume que puede tener dramáticas consecuencias para una parte importante de la humanidad. La respuesta pasa por una reducción del consumo de combustibles fósiles y su sustitución por otros vectores energéticos.

Las **Fuentes de energía no renovables** son aquellas que se encuentran de forma limitada en el planeta y cuya velocidad de consumo es mayor que la de su regeneración.

Existen varias fuentes de energía no renovables, como son:

- **Los combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural)**
- **La energía nuclear (combustibles nucleares)**

Los combustibles fósiles

Los **combustibles fósiles** (carbón, petróleo y gas natural) son sustancias originadas por la acumulación, hace millones de años, de grandes cantidades de restos de seres vivos en el fondo de lagos y otras cuencas sedimentarias.

El combustible fósil puede utilizarse directamente, quemándolo para obtener calor y movimiento en hornos, estufas, calderas y motores. También pueden usarse para electricidad en las centrales térmicas o termoeléctricas, en las cuales, con el calor generado al quemar estos combustibles se obtiene vapor de agua que, conducido a presión, es capaz de poner en funcionamiento un generador eléctrico, normalmente una turbina.

El Carbón

Desde siempre el carbón ha formado parte de nuestra vida cotidiana. Utensillos hechos total o parcialmente con distintos carbones están presentes por todas partes y los usamos a diario aunque pasen desapercibidos. Algunos de ellos como los lápices hechos con minas de grafito son muy antiguos; otros, como las baterías de algunos equipos electrónicos cuyos ánodos están hechos de materiales de carbón, son de desarrollo más reciente.

Las centrales térmicas que se alimentan con carbón mineral siguen siendo una de las principales fuentes de energía a nivel mundial.

Algunas pinturas rupestres que datan de aproximadamente 30.000 años antes de Cristo están realizadas con trozos de madera quemada (carbón vegetal) y hollín.

Hay evidencias de su uso para la fundición de cobre (3500 años aC) y hierro (700 aC). Los egipcios usaban carbones y pigmentos del carbón para pintar los jeroglíficos de las tumbas y para escribir en papiros, también usaban carbón vegetal con fines médicos. En China se utilizaba el carbón vegetal para fabricar la pólvora.

Explotado hace millones de años, debido a su escasez y a su intenso color negro que adquiere una vez pulimentado, fue considerado como sustancia mágica.

El carbón como combustible sustituyó a la madera como fuente de energía cuando se consiguieron encontrar los grandes yacimientos y se desarrollaron técnicas de minería para su explotación. Este material desempeñó un papel fundamental durante la Revolución Industrial y actualmente sigue siendo el segundo recurso en importancia, proporcionando aproximadamente el 30% del consumo energético a nivel mundial, pero con el problema de los efectos contaminantes.

El carbón es una de las materias primas de mayor cotización porque es insustituible en muchos procesos y porque los constantes avances tecnológicos presentan nuevas y prometedoras posibilidades para el bienestar de los pueblos.

Proceso de transformación

Desde hace millones de años, las plantas muertas se acumularon bajo el subsuelo y se descompusieron por la acción de hongos y bacterias hasta formar carbón.

Otro producto, el carbón vegetal o de leña, resulta de la transformación de la madera dentro de una pila (carbonera) a temperaturas de 300-400°C.

Tipos y clases de carbón

Las variedades de este combustible resultan del mayor o menor contenido en carbono y humedad. Las etapas de formación van desde la turba (con bajo contenido en carbono y alta humedad) hasta la antracita (máximo poder calorífico).

La turba está formada por una masa esponjosa y ligera originada por la descomposición de las plantas. Presenta un contenido de humedad muy alto (del 90%) y por ello no se considera carbón.

El lignito se forma cuando se comprime la turba. Contiene también gran porcentaje de agua. Es una sustancia parda y desmenuzable, tiene poco poder calórico aunque mayor que la turba.

La hulla se forma cuando se comprime el lignito. Es dura y quebradiza, de color negro y brillo mate o graso, estratificado y muy frágil. Tiene entre 75 y 80% de carbono y por ello se emplea en las centrales térmicas para obtener energía.

La antracita procede de la transformación de la hulla y es el mejor de los carbones. Muy poco contaminante y de alto poder calorífico. Arde con dificultad pero desprende mucho calor y poco humo. Es negro, brillante y muy duro. Contiene hasta un 95% de carbono.



Carbón vegetal



Turba



Lignito



coque



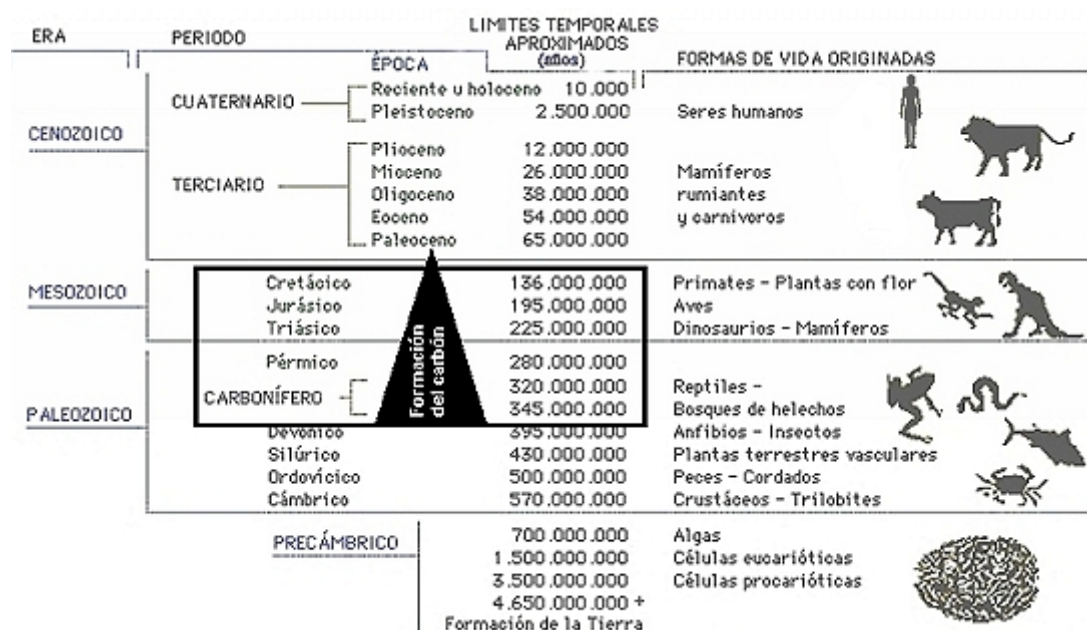
Hulla



Antracita

Los depósitos de carbón

La gran mayoría de los depósitos de carbón mineral se formaron durante el período geológico del Carbonífero. Otros depósitos importantes se formaron durante el Pérmico. Existen también depósitos, menos abundantes pero significantes, formados durante el Triásico y el Jurásico y en menor cantidad en el Cretácico.



Se estima que existen unas reservas de carbón de 984.000 millones de toneladas en todo el mundo.

Esto significa que hay suficiente carbón para los próximos 190 años. Las mayores reservas se encuentran en EE.UU., Rusia, China e India.

La carbonificación

La carbonificación es el proceso geológico de formación de materiales con contenido creciente en carbono (turbas y carbones minerales) a partir de materiales orgánicos que se encuentran en la corteza terrestre por transformación gradual a temperaturas moderadas (alrededor de 250 °C) y a alta presión.

La carbonificación es un proceso de deshidrogenación incompleta, con una cinética muchísimo más lenta que la de la carbonización (eliminación de los volátiles de la materia orgánica por calentamiento en ausencia de aire). La carbonificación no es una fosilización ya que en el caso de la fosilización la materia orgánica se sustituye gradualmente por materia mineral mientras que en el caso de la carbonización el carbón mineral resultante sigue siendo un compuesto orgánico. En la carbonificación existen dos grandes etapas: la diagénesis, en la que tiene lugar descomposición de la materia orgánica por las bacterias hasta formar la turba y el metamorfismo en el que se continúa la carbonificación por la acción del calor y la presión.

Principales usos de los carbones minerales

La demanda de carbón aumentó durante la revolución industrial en los siglos XVIII y XIX. Las mejoras en el motor de vapor de James Watt, patentado en 1769, fueron las responsables principales del crecimiento del uso del carbón. La historia de la

extracción y el uso del carbón está totalmente vinculada a la de la revolución industrial: la producción de acero, el ferrocarril y los barcos a vapor.

El carbón también se utilizó para producir gas para iluminar muchas ciudades, lo que se denominó el “gas ciudad”. Este proceso de gasificación vio el crecimiento del uso de la luz de gas en zonas metropolitanas a comienzos del siglo XIX, especialmente en Londres. El uso del gas de carbón en la iluminación de las calles acabó siendo sustituido tras la irrupción de la era industrial. Con el desarrollo de la energía eléctrica en el siglo XIX, el futuro del carbón fue acercándose a la generación de electricidad. La primera central eléctrica de combustión de carbón mineral, desarrollada por Thomas Edison, entró en funcionamiento en Nueva York en 1882, proporcionando electricidad a las luces domésticas.

La gran mayoría de los carbones minerales se destinan a la producción de energía eléctrica en centrales térmicas. También se utiliza como combustible para la producción de energía térmica en hornos, calefacciones, etc. Sin embargo este uso ha venido perdiendo importancia debido a la utilización de otro tipo de combustibles, como los derivados del petróleo o los derivados de la biomasa. Otro de los usos mayoritarios de los carbones, especialmente de la hulla y carbones bituminosos (carbones coquizables), es la producción de *coque metalúrgico*, usado para la obtención de arrabio en el alto horno y en otras industrias metalúrgicas. Durante el proceso de coquización también se obtiene, además del coque, la brea de alquitrán de hulla. Una gran parte de las breas son utilizadas, junto con el coque de petróleo, en la producción de electrodos para la industria del aluminio y electrodos para hornos de arco eléctrico. Las breas de alquitrán de hulla también pueden ser usadas como precursores del grafito sintético, fibras de carbono y materiales compuestos C/C.

Algunos productos químicos pueden producirse a partir de subproductos obtenidos durante la coquización como la creosota, la naftalina, el fenol y el benceno. El gas de amoníaco recuperado de los hornos de coque se utiliza para fabricar sales de amoníaco, ácido nítrico y fertilizantes agrícolas. La gasificación de algunos carbones minerales da lugar a la producción de distintos tipos de gases que pueden utilizarse como combustible o en la fabricación de diversos compuestos químicos.

En ciertos países el carbón se convierte en combustibles líquidos, a este proceso se le denomina licuefacción. El combustible líquido puede refinarse para producir combustible de transporte y otros productos similares a los derivados del petróleo, como plásticos y disolventes. Existen dos métodos principales de licuefacción: la licuefacción directa de carbón, en la que el carbón se convierte en combustible líquido en un único proceso y la licuefacción indirecta de carbón, en la que el carbón primero se gasifica y después se convierte en líquido.



Por otro lado, los carbones no coquizables (o los coquizables cuando se les eliminan sus propiedades plásticas mediante un proceso de oxidación) pueden someterse a procesos de carbonización/activación, obteniéndose carbón activo. Aunque no de forma mayoritaria, el carbón mineral también puede usarse en muchas otras aplicaciones, como por ejemplo la fabricación de espumas de carbono.

El carbón es una industria global, con explotaciones mineras en más de 50 países y utilizado en más de 70.

El mundo consume actualmente más de 4.050 Mt (millones de toneladas) de carbón al año. El carbón se utiliza en diferentes sectores, incluyendo la generación de

electricidad, la producción de hierro y acero, la producción de cemento y como combustible líquido.

La producción de carbón se ha incrementado en un 38% en los últimos 20 años. Creciendo más rápidamente en Asia, mientras que en Europa se ha producido un descenso en la producción.

Los cinco principales productores son: China, EEUU, India, Australia y Sudáfrica. La mayoría de la producción mundial se utiliza en el país en el que se produce; sólo un 18% se destina al comercio internacional.

Se espera que la producción global de carbón alcance las 7.000 Mt en el año 2030, representando China la mitad del crecimiento de ese período.

El carbón sirve de combustible para generar el 39% de la electricidad producida en el mundo y se estima que esta proporción sea prácticamente la misma en los próximos 30 años.

Ventajas y desventajas del carbón

El uso del carbón supone la emisión de contaminantes a la atmósfera como SO₂ y NO_x y material particulado que podría contener metales pesados. En este sentido se han desarrollado tecnologías de utilización del carbón tendientes a minimizar dichos efectos. Estas tecnologías tienden a reducir las emisiones mientras aumenta la cantidad de energía obtenida por tonelada de carbón.

Sin embargo el carbón tiene algunas ventajas comparativas en relación a otros combustibles:

- Las reservas de carbón son muy extensas y están disponibles en el futuro sin que se generen problemas geopolíticos.
- El mercado mundial presenta buena capacidad de suministro y disponibilidad.
- Puede almacenarse fácilmente.
- No depende de circunstancias climáticas especiales.
- Su transporte es sencillo y no requiere conductos especiales.

CARBÓN DE RÍO TURBIO

La Región de Río Turbio conforma la cobertura del yacimiento carbonífero más rico de la República Argentina.

Río Turbio se encuentra en el interior de un valle, apoyado sobre el paralelo 52 de Latitud Sur, conteniendo un fondo cordillerano y en su costado norte las colinas que determinan el camino al Lago Argentino. De este río emerge su villa minera, señalando el pueblo argentino más lejano de Buenos Aires.

Al comenzar la Segunda Guerra Mundial, la Argentina se encontró de pronto desabastecida de carbón, un producto entonces importado del que dependía la generación eléctrica, los ferrocarriles, las acerías y la mayor parte de las industrias. Por este motivo, el 27 de mayo de 1941, por Resolución del Directorio de Y.P.F. (Yacimientos Petrolíferos Fiscales), se crea la División Carbón Mineral, que toma a su cargo el estudio de los carbones nacionales y su explotación.

En 1947 comenzó la extracción en la Mina 2. En sus comienzos, la misma imponía grandes sacrificios a los mineros, ya que no contaban con máquinas perforadoras ni



equipos adecuados. El trabajo debía hacerse a pico y pala y el acarreo del carbón se realizaba en vagonetas impulsadas a tracción humana. Se utilizaba un solo compresor que accionaba diez martillos picadores neumáticos simultáneamente. Para apuntalar las galerías se utilizaban puntales de lenga nativa. Trabajando en un solo turno, los mineros lograban sacar 80 toneladas diarias.

En un principio, el mineral era transportado a Río Gallegos mediante camiones a nafta, los cuales utilizaban más energía que la que llevaban como carbón. Posteriormente, llegó de Inglaterra una flota de camiones a vapor Sentinel, tipo “S – bajo”, a los que popularmente se los llamó chufi. Dichos camiones fueron los últimos a vapor construidos en todo el mundo. Se operaban en convoyes de diez a quince camiones y cargaban unas doce toneladas cada uno. Eran de diseño moderno, pero todavía usaban buena parte de su carga como consumo en el viaje de 520 km entre Río Turbio y Río Gallegos y retorno. Se hacía necesario un ferrocarril para realizar la tarea adecuadamente.

En 1950 se abrió en Río Turbio la “Mina 3”, con objeto de explotar el manto carbonífero “Dorotea”. Ese año se inauguró una planta depuradora y se comenzó la construcción del ramal ferroviario entre Río Turbio y Río Gallegos. Debido al clima patagónico, todas las obras tenían que hacerse durante los meses de octubre a abril. La descarga del material, unas cincuenta mil toneladas, comenzó en mayo de 1950 y debió hacerse sobre la misma playa de Río Gallegos, ya que en ese entonces la ciudad aún no tenía puerto. El Ingeniero Atilio Cappa, empleado del Ministerio de Obras Públicas, estaba a cargo de las obras del ferrocarril. En mayo de 1951, faltaban apenas 3 km para que el ramal quedara terminado. Fue completado en setiembre después de pasar el crudo invierno.

Con la inauguración del histórico tendido férreo de trocha angosta, el 25 de noviembre de 1951, el carbón pudo acarreararse hasta Río Gallegos por medio de una locomotora a vapor y formaciones de hasta sesenta vagones carboneros.

El 6 de agosto de 1958 se creó la empresa Yacimientos Carboníferos Fiscales, sustituyendo a “Combustibles Sólidos Minerales”, la que hasta ese momento se había encargado de la explotación a pequeña escala.

Características del carbón de Río Turbio

El carbón del yacimiento Río Turbio es sub-bituminoso y se usa para la alimentación de las plantas térmicas de San Nicolás, provincia de Buenos Aires y un porcentaje significativamente menor es destinado a la planta térmica de Río Turbio y a consumo local. Comparado con la mayoría de los carbones de Estados Unidos los argentinos tienen relativamente más alto contenido CaO (8,2-12 %), MgO (1,3-1,6 %), y Fe₂O₃ (6,6-11,1 %) y menor contenido de elementos trazas, dentro de los límites permitidos medio ambientalmente y para la salud.

En el año 2006, la producción fue de 308.000 toneladas, la más alta de los últimos quince años (Secretaría de Energía, 2007).

Las reservas se estiman en 825 millones de toneladas de carbón sub-bituminoso con bajo contenido de azufre, 75 M en Río Negro y 750 M de toneladas en Santa Cruz, constituyendo esta última la mayor reserva de carbón. Estos mantos de carbón junto con los de la Cuenca de Magallanes en Chile y aquellos de la cuenca Valdivia-Osorno representan los mayores eventos antragénicos del cono sur de América del Sur.

EL GAS NATURAL

El gas natural recibe este nombre porque se extrae directamente de la naturaleza y llega a su punto de consumo sin haber experimentado prácticamente ninguna transformación química.

Es la energía fósil menos contaminante y su rendimiento energético es superior al de cualquier otra fuente combustible. Este hecho, añadido a la expansión de su comercio y la extensión de las redes y sistemas de distribución, hace que su utilización esté aumentando en todo el mundo.

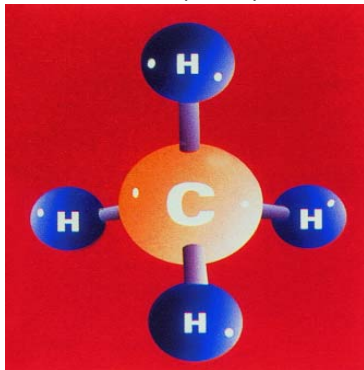
El gas natural es, hoy en día, una fuente de energía que circula bajo el suelo de la mayor parte de ciudades del mundo civilizado, aporta el máximo confort doméstico y provee a la industria de la energía necesaria.

¿Qué es y de dónde proviene el gas natural?

El gas natural es un compuesto incoloro e inodoro, constituido por una mezcla de hidrocarburos en la que su principal componente es el metano (CH_4), una molécula sencilla formada por 1 átomo de carbono y 4 átomos de hidrógeno.

Su composición química, no obstante, varía sensiblemente según su procedencia, ya que acostumbra a ir asociada a otras moléculas o elementos como el ácido sulfhídrico (H_2S), el dióxido de carbono (CO_2), el nitrógeno (N_2) o el helio (He) que se extrae cuando el gas natural se destina a usos industriales y domésticos.

El metano (CH_4) es el principal componente del gas natural, aunque contiene también otros hidrocarburos ligeros como el etano (C_2H_6), el propano (C_3H_8), el butano (C_4H_{10}) o el pentano (C_5H_{12}) en mucha menor proporción. Habitualmente, se encuentra en una proporción del 85%, mezclado con un 10% de etano, un 3% de propano, un 0,1% de butano y un 0,7% de nitrógeno. Todos tienen un punto de ebullición muy bajo, de hasta $-158,9^\circ\text{C}$ en el caso del metano.



Mientras que a temperaturas ordinarias los hidrocarburos con 5-10 átomos de carbono son líquidos, estos hidrocarburos de menor peso molecular (menos de 5 carbonos) se presentan en forma de gas o vapor.

La densidad relativa del gas natural, tomando el aire como referencia, es de 0,6 a 0,66, es decir, es menos denso o pesado que el aire. Su poder calorífico, o cantidad de calor desprendida en la combustión completa por unidad de volumen, es de 6,6 a 12 te/m³.

Una propiedad destacada del gas natural es la limpieza en su combustión ya que, en una proporción adecuada con el aire, quema sin desprendimiento de cenizas, óxido de carbono u otros productos contaminantes, además de producir una llama de color azul muy característica. Una combustión defectuosa, no obstante, por una inadecuada mezcla de aire, puede producir humos y monóxido de carbono (CO), y liberar metano en la atmósfera, uno de los gases causantes del efecto invernadero.

El origen del gas natural, como el del petróleo, lo debemos buscar en los procesos de descomposición de la materia orgánica, que tuvieron lugar entre 240 y 70 millones de años atrás, durante la época en la que los grandes reptiles y los dinosaurios habitaban el planeta (Era del Mesozoico). Esta materia orgánica provenía de organismos planctónicos que se fueron acumulando en el fondo marino

de plataformas costeras o en las cuencas poco profundas de estanques, y que fueron enterradas bajo sucesivas capas de tierra por la acción de los fenómenos naturales.

Así, sus compuestos fundamentales –grasas y proteínas– se descompusieron muy lentamente en ausencia de oxígeno por la actuación bacteriana. Los gases generados, por diferencia de presiones, ascendieron por las rocas porosas de la corteza terrestre hasta llegar a capas de terreno impermeable, bajo las que quedaron atrapados originando las grandes bolsas o yacimientos de los que hoy en día sacamos provecho los humanos.

El recorrido del gas natural

Desde que es extraído de las profundidades de la Tierra hasta que llega a los lugares donde se consume, el gas natural hace un largo viaje en el que apenas experimenta transformaciones.

Los gasoductos, los barcos metaneros, los camiones cisterna o las redes de distribución son algunos de los elementos que forman parte del sistema de transporte y distribución del gas natural.

El buen funcionamiento de este sistema garantiza la llegada de este recurso energético hasta el consumidor, haciendo posible que un gran número de actividades humanas se lleven a cabo.

No existe indicio alguno en la superficie de un suelo que revele la presencia de un yacimiento de gas natural o de petróleo bajo tierra. No obstante, el profundo conocimiento sobre la estructura del suelo que los geólogos y geofísicos han acumulado a lo largo de años de experiencia les permite desestimar rápidamente ciertos lugares y centrar sus estudios en aquellos que presentan unas determinadas características topográficas.

Gasoductos

El sistema clásico de transporte de gas entre dos puntos determinados es la tubería. Cuando el transporte se realiza a grandes distancias esta tubería recibe el nombre de gasoducto o red de transporte. De ésta, y a través de unos reguladores, se derivan las redes de distribución.



La construcción de los gasoductos precisa de una tecnología especializada para obtener los resultados deseados.

Para hacer circular el gas es necesaria una fuerza impulsora, la cual se logra mediante estaciones de compresión situadas cada 80 ó 100 km. aproximadamente, en las que el gas es comprimido y reenviado al gasoducto.

El gas circula por las tuberías de transporte a una presión de 36-70 atmósferas. Cuando las tuberías de transporte llegan a las ciudades la presión se disminuye a unas 12 atmósferas y, en la distribución para usos domésticos o comerciales esta presión es mucho más baja, a sólo 0,020 ó 0,025 atmósferas, o sea, 200-250 milímetros de columna de agua.

Dado que tanto los gasoductos como las

estaciones compresoras son muy costosas, es preciso un estudio profundo de los trazados en el que debe considerarse el caudal o volumen del gas a transportar y la distancia a cubrir, con el fin de utilizar en su construcción los tubos de diámetro más idóneos y rentables. Estos diámetros oscilan entre 20 y 100 centímetros, pudiendo alcanzar en ocasiones hasta los 2,50 metros. El grosor de las tuberías está en función de su diámetro y de la presión del gas.

Las tuberías empleadas para la construcción de gasoductos son de acero. Las soldaduras se someten a un riguroso control mediante radiografías. Estas tuberías, cuando han de ser enterradas o atravesar cursos de agua, se protegen con recubrimientos especiales e incluso con protección catódica (eléctrica) para evitar la corrosión química, electroquímica, biológica, etc.

Porqué se desarrolló el GNL

Hemos visto cómo el gas natural, por medio de los gasoductos, recorre grandes distancias cruzando regiones e incluso países. Pero cuando, ante la demanda del mercado internacional, es necesario transportarlo a lugares muy alejados atravesando mares y océanos, el sistema empleado es el marítimo, por medio de barcos.

El problema a resolver era el enorme volumen a trasladar. Se solucionó mediante la licuefacción del gas, con la que se logra una reducción en su volumen del orden de las 600 veces. Lo cual se consigue enfriando el gas, por un proceso de compresiones y enfriamientos adiabáticos, hasta los 160° C bajo cero (temperatura a la cual la presión de vapor en equilibrio con el líquido es la presión atmosférica normal).

El gas natural licuado (GNL) a presión atmosférica normal y a 160° C bajo cero puede ser almacenado y transportado en buques especialmente equipados llamados metaneros o buques criogénicos.

Es decir que el gas natural licuado (GNL) es gas natural que ha sido enfriado a temperaturas extremas hasta convertirse en líquido, facilitando de ese modo su almacenamiento y transporte en buques tanque a través de largas distancias.



Aplicaciones del gas natural

El gas, que inicialmente se empleó sólo para el alumbrado, ha ido adquiriendo paulatinamente preponderancia como elemento productor de calor, especialmente debido a su facilidad de encendido y regulación, que unido a su limpieza y cómoda disponibilidad con sólo girar una llave, lo han hecho imprescindible en la vida moderna.

Con la creciente explotación de los yacimientos de gas natural, éste ha ido desplazando al gas manufacturado y a otros combustibles, tanto en los hogares como en la industria, debido especialmente a su elevado poder calorífico, su pureza, su composición constante y las posibilidades de grandes consumos.

En el hogar el gas natural se utiliza principalmente para la cocina, servicio de agua caliente y calefacción.



El gas natural se puede usar en cualquier proceso de generación de calor o frío, tanto en aplicaciones comerciales, como en aplicaciones industriales. Se entiende por uso comercial el consumo doméstico referido a espacios colectivos como hospitales, escuelas u hoteles, el consumo del pequeño comercio, como el de los hornos de pan, o el consumo de otro tipo de servicio, como las lavanderías, las piscinas climatizadas, las pistas de patinaje, etc.

En la industria, la ausencia de impurezas –de cenizas o azufre– y el elevado poder calorífico del gas natural hace que saquen provecho numerosos sectores. Así, se ha convertido en prácticamente imprescindible en sectores como el de la cerámica, el vidrio, la porcelana, la metalurgia, el alimentario, el textil o el del papel.

En la industria química, el gas natural juega un doble papel ya que, además de servir de fuente de calor, es una materia primaria para la obtención de diversos productos como el metano, que constituye el producto base en la producción de hidrógeno, metanol, amoníaco o acetileno.

La producción de energía eléctrica

El gas natural ha sido un combustible atractivo para la obtención de electricidad, ya que tiene un mejor rendimiento energético y un menor impacto ambiental que otros combustibles fósiles. El desarrollo y mejora de las turbinas de gas permite conseguir ahorros de hasta un 40%.

Hay tres sistemas de producción de energía eléctrica que tienen el gas natural como combustible:

- Las centrales térmicas convencionales, que generan electricidad mediante un sistema caldera-turbina de vapor con un rendimiento global de un 33%.
- Las centrales de cogeneración termoeléctrica, en las que se obtiene calor y electricidad aprovechando el calor residual de los motores y las turbinas. El calor producido sirve para generar calefacción y aire acondicionado o para calentar agua sanitaria, y la electricidad se utiliza o se envía a la red eléctrica general. Su rendimiento eléctrico depende de la tecnología utilizada, pero puede oscilar entre el 30 y el 40%, mientras que el rendimiento térmico está alrededor del 55%.
- Las centrales de ciclo combinado (CCGT), que combinan una turbina de gas y una turbina de vapor, y tienen un rendimiento global de un 57% respecto a la energía primaria.

El gas natural en el transporte: el GNC

Las propiedades físico-químicas del metano hacen de este gas un excelente combustible, debido a su bajo índice de contaminación atmosférica, y al bajo impacto acústico de los motores. En forma de gas natural comprimido (GNC), el metano se ha utilizado en numerosas experiencias que han demostrado su viabilidad como alternativa a los combustibles fósiles tradicionales.

En todo el mundo, ya circulan millones de vehículos impulsados con GNC, que producen hasta un 50% menos de emisiones de CO₂ y un 80% menos de óxidos de nitrógeno (NO_x) que los vehículos accionados por gasolina, y no emiten plomo, azufre ni compuestos aromáticos.

Argentina, por ejemplo, es uno de los países con mayor número de vehículos de gas natural.

GNC es la sigla en español que indica el combustible Gas Natural que ha sido comprimido para propulsión de automotor; GNV es la sigla de Gas Natural Vehicular que identifica tanto al producto gas natural usado en el vehículo como al vehículo; CNG (Compressed Natural Gas) es el equivalente del GNC en inglés y NGV (Natural Gas Vehicle) el equivalente de GNV. Hay una tendencia en los países centrales a usar NGV abarcando tanto al combustible gas natural comprimido y al vehículo a gas natural.

El GNC es el mismo Gas Natural que consumimos en nuestros hogares y que es transportado a alta presión en "tanque" de almacenamiento ("cilindro de almacenamiento o cilindro como se lo denomina usualmente") desde donde se alimenta el motor del vehículo. El GNC puede usarse como combustible alternativo en cualquier vehículo alimentado a nafta con sistema a carburador o sistema de inyección.

Según datos de Agosto de 2005 se han convertido más de 1.500.000 vehículos a GNC en Argentina, siendo en su mayoría automóviles, furgones de carga y otros vehículos que han sido convertidos de su propulsión original a nafta, a otra dual que permite tanto su uso en GNC como en nafta indistintamente a voluntad del conductor.



El petróleo

El petróleo es, actualmente, la principal fuente de energía, y la materia prima más importante objeto de comercio entre los países. Más de la mitad de la energía que mantiene en actividad a nuestra civilización proviene de esta fuente energética no renovable. Se trata, entonces, de un recurso estratégico cuya carencia provocaría el declive de la economía mundial.

El petróleo es utilizado sobre todo para lograr un grado de movilidad por tierra, mar y aire impensable hace sólo 100 años. Además, el petróleo y sus derivados se emplean para fabricar medicinas, fertilizantes, productos alimenticios, objetos de plástico, materiales de construcción, pinturas y textiles, y para generar electricidad.



La palabra crudo es típica para designar al petróleo antes de su refinado. En las refinerías se separan del petróleo distintos componentes como gasolina, gasoil, fueloil y asfaltos, que son usados como combustibles. También se separan otros productos de los que se obtienen plásticos, fertilizantes, pinturas, pesticidas, medicinas y fibras sintéticas.

El petróleo es conocido desde la antigüedad. Según la Biblia, Noé impermeabilizó su arco con un derivado del petróleo, el betún. La historia explica también que los pueblos de la Mesopotamia –sumerios y acadios– hacían comercio con los asfaltos, las naftas y los betunes, y que al sur del actual Irán ya había una especie de pozos de petróleo 500 años antes de Jesucristo, que los chinos buscaban bajo tierra, utilizando cañas de bambú y tubos de bronce, y lo utilizaban para usos domésticos y la iluminación. Los fenicios comerciaban con petróleo que obtenían a las orillas del mar Caspio, y los griegos destruían las flotas enemigas vertiendo petróleo al mar y prendiendo fuego.

Ahora bien, el primer pozo de petróleo “moderno” lo perforó, en 1859, Edwin Drake en Pensilvania, en los Estados Unidos. Drake hizo un sondeo en el valle de Oil Creek para la empresa Séneca Oil y, después de meses de esfuerzo, el petróleo brotó espontáneamente de un pozo de 21 metros de profundidad. Este descubrimiento estimuló la actividad de la perforación de pozos –la fiebre del petróleo–, alcanzando una producción de 25.000 toneladas un año más tarde. Acababa de nacer una de las industrias más poderosas del planeta: la petrolera, y empezaba a retroceder la que hasta entonces había sido la fuente de energía más importante: el carbón.

Este aceite mineral empezó a entrar en juego como recurso energético a finales del siglo XIX, época en que era utilizado para la iluminación, en su forma de queroseno³, un producto intermedio entre las naftas y el gasóleo (o gasoil) que quemaba en quinqués y otros tipos de lámparas, razón por la cual se denominaba también petróleo de quemar. El bajo precio del petróleo, consecuencia de la gran cantidad disponible, estimuló el consumo de queroseno en el alumbrado, en las cocinas y la calefacción.

El gran cambio histórico se produjo cuando aparecieron los motores de explosión (Daimier, 1887) y de combustión (Diesel, 1897), que permitieron el desarrollo espectacular de nuevos sistemas de transporte por tierra y aire, y la sustitución de los combustibles tradicionales por derivados del petróleo tanto en el transporte marítimo, como en el terrestre (ferrocarril) y en la industria. Acababa de nacer una de las industrias más importantes del siglo XX: la de la automoción.

Paralelamente a la utilización de los derivados del petróleo como fuente de energía, el aprovechamiento de los centenares de hidrocarburos presentes en este aceite mineral abrió otra vía industrial: la petroquímica, que inició la síntesis y producción de gran cantidad de sustancias, a partir de la manipulación de los componentes del petróleo, y puso en el mercado una variedad de productos desconocidos hasta entonces.

La naturaleza del petróleo y su origen

El petróleo es un líquido viscoso de color verde, amarillo, marrón o negro, y que está **constituido por diferentes hidrocarburos**, es decir, por compuestos formados por átomos de carbono e hidrógeno en cantidades variables.

No se han encontrado nunca dos yacimientos petrolíferos que tengan exactamente la misma composición, ya que, junto con hidrocarburos, hay a menudo otros

³ queroseno, querosene, querosén, keroseno, kerosene o kerosén

compuestos oxigenados, nitrogenados y otros compuestos orgánicos con elementos como el azufre, el níquel o el vanadio.

El oro negro, como metafóricamente se denomina el petróleo, tiene su origen en la descomposición de los minúsculos organismos acuáticos que vivían en los antiguos mares de la Tierra hace millones de años, cuando todavía los humanos no habíamos aparecido. En aquel momento, la superficie del planeta no tenía las mismas características que la actual. Pangea es el nombre con el que se conoce la única gran placa terrestre que existía, en la que estaban reunidos todos los continentes.

Cuando estos microorganismos animales y vegetales morían y caían al fondo de las grandes masas de agua, sucesivas capas de sedimentos inorgánicos –arenas y arcillas– se depositaban encima, enterrándolos cada vez más profundamente. La elevada presión de las capas de tierra, las altas temperaturas y la acción de bacterias con ausencia de oxígeno –es decir, un medio anaeróbico– fue transformando lentamente los restos orgánicos en lo que hoy conocemos como petróleo crudo. El proceso de descomposición de la materia orgánica y la formación del petróleo tarda entre 10 y 100 millones de años.

Una propiedad característica del petróleo es la miscibilidad⁴ de todas sus fracciones, por lo cual forma una fase orgánica continua. En cambio, los hidrocarburos son poco miscibles en agua, y como son más ligeros, forman siempre una capa sobre su superficie.

El petróleo no forma grandes lagos subterráneos, sino que llena los poros y los agujeros de las rocas de origen sedimentario, como sucede con el agua en los acuíferos o en una esponja. Su naturaleza líquida hace que tenga tendencia a emigrar vertical u horizontalmente, aprovechando la permeabilidad de las capas rocosas que encuentra a su paso. Cuando eso sucede, el petróleo avanza hasta llegar a la superficie –los productos ligeros que lo componen se evaporan y el resto se oxida, dando lugar a asfaltos–, o forma un yacimiento cuando queda atrapado en una capa impermeable que no puede atravesar.

Esta gran movilidad hace que, a menudo, sea difícil llegar a saber cuál ha sido el lugar donde se ha formado el petróleo, ya que lo podemos encontrar en todos los estratos geológicos. Los más frecuentes corresponden al Cenozoico (65-0,01 millones de años), seguidos de los del Paleozoico (590-248 millones de años), el Mesozoico (248-65 millones) y el Preconiano (hace más de 500 millones de años), si bien todos se han originado durante el transcurso de una larga historia evolutiva, en que han actuado factores petrográficos, sedimentológicos, estructurales, paleontológicos, etc.

El petróleo crudo y las fracciones que provienen de él están conformados de moléculas denominadas hidrocarburos y por una combinación de átomos de carbono tetravalentes con átomos de hidrógeno monovalentes

Hay muchos tipos de hidrocarburos, con fórmulas químicas diversas. Químicamente se dividen en tres familias: los alcanos –hidrocarburos saturados parafínicos– de cadena lineal; los naftenos –hidrocarburos de naturaleza cíclica–, y los hidrocarburos aromáticos. Su poder calorífico es de unas 10.000 kcal/kg.

La composición elemental de los hidrocarburos es el carbono (C) y el hidrógeno (H). Son, por lo tanto, compuestos orgánicos. Los hidrocarburos parafínicos responden a la fórmula general: C_nH_{2n+2} , mientras que los nafténicos responden a la fórmula general: C_nH_{2n} .

⁴ Miscibilidad: propiedad de algunos líquidos para mezclarse en cualquier proporción, formando una solución homogénea

El recorrido del petróleo

Después de un aislamiento subterráneo de millones de años, al ser extraído, inicia un largo viaje que lo llevará a miles de kilómetros de distancia de su lugar de origen, y a diversos lugares del mundo.

Barcos superpetroleros y extensas tuberías de transporte lo ponen al alcance de los grandes centros de consumo, donde será tratado para extraer sus valiosos componentes e incorporarlo a la cadena productiva humana.

La primera operación que inicia el ciclo de actividad de la industria petrolífera es la **prospección o búsqueda de los yacimientos**. Los geólogos –los profesionales que conocen las características de los materiales sólidos que constituyen la Tierra– se ocupan de analizar con detalle las formaciones rocosas, la disposición de estratos o la composición del suelo, entre otras cosas, para determinar cuáles son los lugares propicios para contener bolsas de petróleo.

En la búsqueda de nuevos yacimientos, participan las más diversas y modernas ciencias y tecnologías. Se trabaja analizando fotografías aéreas y de satélites, que permiten reconstruir la estructura interna del terreno, se estudian las variaciones en el campo magnético y gravitacional terrestre, o se analizan con rayos X las características de las piedras recogidas mediante sondeos geológicos. Con la información obtenida, se dibuja una carta geológica del lugar, el primer paso en la exploración petrolífera. Una vez finalizada la fase de prospección, se hace un sondeo para averiguar si un pozo contiene suficiente petróleo como para que su explotación sea rentable.

Los años de vida de un yacimiento se evalúan, dividiendo el volumen de reservas recuperables por la producción anual.

El petróleo crudo que sale de los pozos es prácticamente inservible, motivo por el cual ha de ser refinado a fin de extraer los productos realmente útiles. Al principio, el proceso de refino se realizaba junto a los pozos, hasta que se vio que resultaba más rentable refinarlo cerca de los grandes centros de consumo, ya que cada país tenía unas determinadas necesidades. Esto hizo que se desarrollara rápidamente el sector del transporte del petróleo, una de las actividades económicas más importantes hoy en día.

Actualmente, prácticamente la totalidad del petróleo se transporta, bien por vía marítima, en buques-tanque que pueden contener hasta 500.000 toneladas –los llamados superpetroleros–, o por vía terrestre a través de los oleoductos o pipelines, conductos de más de un metro de diámetro y centenares de kilómetros de longitud, a través de los cuales es impulsado el aceite mineral. Por los mares y océanos del planeta, navega constantemente una flota de petroleros con una capacidad de más de 250 millones de toneladas de petróleo crudo.

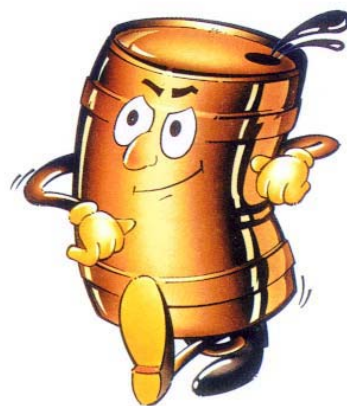
Las diferentes calidades de los petróleos crudos vienen determinadas, precisamente, por las características de sus componentes. Así, aquellos petróleos que tienen una mayor proporción de hidrocarburos ligeros –es decir, hidrocarburos con un bajo número de átomos de carbono– son considerados de más calidad, ya que se pueden obtener productos más valiosos.

El refino se inicia con una destilación, una operación que se realiza en una torre de más de 50m de altura, dividida en diferentes compartimentos horizontales, en la que se introduce el petróleo previamente calentado hasta los 400°C. Continuamente, entra el petróleo crudo y salen los diferentes productos destilados según sus puntos de ebullición. Con esta operación, no se acaba el proceso de refino sino que, posteriormente, los compuestos obtenidos son refinados nuevamente en otras

unidades de proceso, donde se modifica su composición molecular o se eliminan los compuestos no deseados, como el azufre.

De esta manera, se obtendrán los productos, de acuerdo con las exigencias técnicas y ambientales que son necesarias para su utilización comercial.

La medida primaria de la calidad del petróleo crudo es la densidad, y se mide en relación con el agua. La unidad de medida es el grado API (siglas de American Petroleum Institute). En la escala API, el agua tiene 10 grados, de manera que un petróleo menos denso que el agua tendrá un API mayor que 10; uno más denso tendrá un API menor que 10. La medida más completa de la calidad del petróleo incluye otros factores como el contenido en impurezas, la naturaleza química y su curva de destilación.



La unidad empleada por la industria y el mercado del petróleo para medir la cantidad de crudo es el barril de petróleo, una unidad de volumen de valor igual a 158.988 dm³. Una tonelada de petróleo equivale, aproximadamente, a 7-8 barriles. El nombre de la unidad tiene su origen en las barricas en las que se transportaba antiguamente el petróleo.

Los productos de destilación del petróleo crudo

Mediante la destilación del petróleo, se obtienen progresivamente todos aquellos compuestos de temperatura de ebullición semejante, y que tienen características también semejantes.

- **Gases:** Sustancias cuyo punto de ebullición está comprendido entre -165°C y 0°C –metano, etano, propano y butano. El propano y el butano se denominan también GLP o gases licuados del petróleo.
- **Éter de petróleo:** Fracción volátil que destila entre los 20 y los 60°C, y contiene principalmente pentanos y hexanos.
- **Gasolinas y naftas:** Mezcla formada por hidrocarburos de cuatro a doce átomos de carbono, con un punto de ebullición entre los 30 y 200°C. Se utilizan como combustible y como materia prima de la industria petroquímica, para obtener plásticos y productos químicos.
- **Queroseno:** Fracción del petróleo con punto de ebullición entre 150 y 300°C. Tiene de doce a dieciséis átomos de carbono, y se utiliza como combustible de aviones reactores, combustible doméstico y para la iluminación.
- **Gasóleos:** Compuestos formados por cadenas de quince a dieciocho átomos de carbono, con una temperatura de ebullición de 175 a 400°C. Son combustibles para motores Diesel y para calefacción.
- **Fuelóleos:** Productos pesados obtenidos como residuos de la destilación atmosférica. Se utilizan como combustibles de grandes instalaciones, como las centrales térmicas.
- **Aceites lubricantes:** Fracción que contiene entre dieciséis y treinta átomos de carbono. Su densidad, viscosidad, resistencia a la oxidación y bajo punto de congelación los hacen útiles como lubricantes en el mundo de la mecánica.

- **Ceras:** Mezcla de hidrocarburos de alta temperatura de fusión, fundamentalmente de cadena lineal, que se obtienen como subproducto en la fabricación de los aceites lubricantes.
- **Asfaltos:** Sólido de color negro, conocido desde la antigüedad, que se utiliza para pavimentar las vías de comunicación.
- **Coque:** Carbón obtenido de las fracciones más pesadas del crudo.

Las aplicaciones de los derivados del petróleo

Un 90% del petróleo se utiliza con finalidades energéticas. Son los productos combustibles que impulsan los medios de transporte o las centrales de producción de energía.

El 10% restante -los productos no combustibles- tienen también una importancia capital en nuestra civilización, ya que son la materia prima de la industria petroquímica. Miremos donde miremos a nuestro alrededor, descubriremos una gran cantidad de productos en los que los compuestos derivados del petróleo son un elemento fundamental.

Algunos derivados del petróleo son utilizados para generar electricidad en las centrales térmicas. El gasoil, el fueloil o el coque son los combustibles que impulsan las turbinas. En una central térmica convencional con un rendimiento del 33%, 1 Mt de petróleo (megatonelada o 105 t) produce unos 3,8 GWh (gigavatios/hora o 106 Wh) de energía eléctrica.

El transporte

El transporte es uno de los sectores que más petróleo consume en forma de carburante. A nivel mundial, la demanda de gasolinas representa un 25% de la demanda total de derivados del petróleo.

Los carburantes que se utilizan en todo el mundo para impulsar los diferentes medios de transporte –automóviles, motocicletas, camiones, barcos, aviones o trenes– son las gasolinas, los gasóleos o gasoil y los querosenos, carburantes con que se alimentan los motores, que transforman la energía térmica contenida en los hidrocarburos en movimiento.

El sector doméstico

Como combustible, el petróleo está presente en algunos hogares en forma, principalmente, de gases licuados del petróleo o GLP. Se trata del propano (C_3H_8) y del butano (C_4H_{10}), gases con los que se llenan depósitos centralizados que proveen de calefacción y gas, a la cocina, a edificios de viviendas, edificios públicos o casas aisladas que no disponen de otras fuentes de energía.

El gasoil de calefacción también se usa en el sector doméstico como fuente de calor, básicamente en redes centralizadas que, como en el caso anterior, suministran conjuntos de viviendas. Es un combustible menos limpio que los GLP, ya que su combustión libera más cantidad de SO_2 y otras sustancias contaminantes.

Las gasolinas se utilizan en los motores de explosión, los gasóleos o gasoil, en los motores Diesel, y los querosenos, en los reactores de los grandes aviones comerciales y de transporte de mercancías.

La mezcla de propano y butano, además de ser usada como combustible doméstico, se utiliza también como carburante de vehículos a motor. Se almacena, transporta y

suministra en fase líquida, a temperatura ambiente y a bajas presiones, cosa que permite disponer de una elevada densidad energética en poco volumen.

Fuera del grupo de combustibles, se encuentran los asfaltos, una de las fracciones molecularmente más pesadas obtenidas de la destilación del petróleo, que se utiliza como material de recubrimiento de las carreteras, y los aceites lubricantes con los que se engasan los engranajes de los motores de todas las máquinas, a fin de prolongar su vida útil.

El sector industrial

En las industrias, el petróleo está presente, tanto en forma de combustible –gasoil, GLP, fueloils y coque–, como en forma de productos derivados que son la materia prima de otros procesos.

El fueloil es un combustible residual y pesado del que se fabrican diferentes variedades comerciales, que se diferencian en su viscosidad y en el contenido en azufre, y se utiliza como fuente de energía en las calderas industriales y los motores de cogeneración. El coque es un combustible sólido que se usa fundamentalmente en las industrias cementera y cerámica.

La industria petroquímica

Los usos del petróleo no tienen que ver sólo con sus propiedades energéticas. El etileno, el propileno, el butadieno y el benceno –obtenidos del tratamiento de las naftas– constituyen la base de la industria petroquímica, la industria de los derivados de la destilación del petróleo.

Los plásticos son los productos petroquímicos más representativos. Se obtienen a partir de un proceso de polimerización de hidrocarburos, es decir, de formación de grandes moléculas, mediante la unión de moléculas sencillas –los monómeros. La utilización de los plásticos se ha extendido a dominios tan diferentes como el de los envases y embalajes, las pinturas, las fibras sintéticas y permite gozar de una gran variedad de objetos de uso común como los recipientes, las bolsas, los juguetes, etc.

La actividad de la industria petroquímica proporciona una amplia gama de productos, tanto o más importantes que los plásticos:

- Los detergentes, jabones y blanqueadores.
- Los fertilizantes, herbicidas, insecticidas y funguicidas usados en la agricultura.
- Algunos perfumes, colorantes y saborizantes.
- El caucho sintético, utilizados para la fabricación de los neumáticos.
- Productos farmacéuticos fúngicos, antibióticos y antivíricos, analgésicos, estimulantes, coagulantes, tranquilizantes, etc.

Si bien puede sorprender que del petróleo se lleguen a obtener tantos productos derivados –algunos incluso con utilidad terapéutica–, hay que tener presente que los hidrocarburos están formados por la combinación de átomos de hidrógeno y carbono, dos de los elementos fundamentales de la vida.

Las reservas de petróleo en el mundo

Se ha encontrado petróleo en todos los continentes del planeta, excepto en la Antártida. La distribución mundial de los yacimientos no es uniforme, sino que se concentra en ocho grandes zonas petrolíferas, algunas de las cuales se encuentran en el mar:

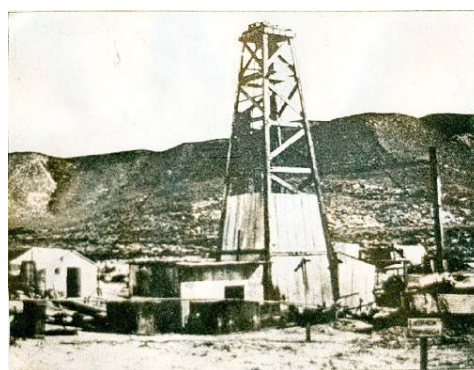
- La de América del Norte, que incluye los Estados Unidos y Canadá (17%);
- La de América Central y del Sur, con México, Venezuela, Argentina y Brasil como principales países productores (12%);
- La de África del Norte, con Libia, Argelia y Egipto (5%);
- La del resto de África, con Nigeria (3%);
- Irán, Irak y Emiratos Árabes Unidos (20%);
- La de Extremo Oriente, que incluye Indonesia, China e India (20%);
- La de la Europa del Mar del Norte, con Gran Bretaña y Noruega como grandes productores (6%).

De la misma manera, hay inmensas zonas de origen sedimentario en las que se supone que puede haber grandes yacimientos todavía por explotar como, por ejemplo, en el Ártico, Alaska, Canadá, Groenlandia o Siberia. Se ha calculado que las reservas totales de petróleo en el planeta suman unos 150.000 millones de Tep (Tonelada equivalente de petróleo), una quinta parte de las que –unas 100 Gt– son actualmente rentables para las técnicas modernas de extracción. De acuerdo con estos datos, si la humanidad consume petróleo al mismo ritmo que hasta ahora lo ha hecho, y no se descubrieran más yacimientos, se prevé que los recursos petrolíferos se agoten en unos 75-100 años.

Por otra parte, hay expertos que opinan que hay tanto petróleo por descubrir, como todo el que se ha encontrado y consumido hasta ahora. Su argumento principal es que todavía quedan numerosas cuencas sedimentarias por explorar, en las que podría haber unos recursos potenciales de 300 Gt de hidrocarburos. Si bien con la tecnología actual, una gran parte de estos campos tendría unos costes de explotación que no los haría rentables. Se están haciendo grandes progresos en las tecnologías de prospección y explotación que mejorarán la rentabilidad de los nuevos yacimientos.

El recurso en nuestro país

Sobresaltado, Humberto Beghin, auxiliar de perforación del gobierno de José Figueroa Alcorta, se inclinó y recogió con las manos, a las 7.32 de esa mañana patagónica, el líquido que las máquinas acababan de encontrar a 535 metros de profundidad, bastante más viscoso que el agua potable que pretendía. Olfateó unos segundos y soltó una frase que ya forma parte de la historia argentina: "¡Gran Dios! ¡encontramos kerosene! Es del Estado. Vamos a comunicarlo". Fue el 13 de diciembre de 1907, en Comodoro Rivadavia, provincia de Chubut.



En la Argentina se identificaron 19 cuencas sedimentarias, de las cuales cinco se encuentran en explotación: Noroeste, Cuyana, Neuquina, Golfo San Jorge y Austral o Magallanes.

La explotación de los yacimientos petrolíferos para la obtención de petróleo crudo comenzó a principios del siglo XX, con el descubrimiento del primer yacimiento en Comodoro Rivadavia. A partir de ahí se han identificado las otras cuencas sedimentarias.

De las cinco cuencas en explotación, cuatro producen desde principios del siglo XX y la restante desde la década de 1940. Por eso, algunos de los yacimientos de estas cuencas han alcanzado un grado de madurez elevado en términos de producción y han comenzado su declinación. La cuenca Neuquina es la más importante dado que concentra el 43% de las reservas de petróleo y el 50% de las de gas natural; le siguen la cuenca Golfo San Jorge, que concentra el 36% de las reservas de petróleo y la del Noroeste, que concentra el 25% de las reservas de gas.

La OPEP

En Agosto de 1960, se fundó en Bagdad –la capital de Irak– la OPEP u Organización de Países Exportadores de Petróleo, que estaba integrada por los países de Arabia Saudí, Irán, Irak, Kuwait, los Emiratos Árabes y Venezuela.

Posteriormente se incorporaron Argelia, Libia, Indonesia, Katar, Abu Dhabi, Ecuador y Gabón. Su objetivo era aumentar los ingresos derivados de la extracción de petróleo y llegar a controlar las reservas, este último hecho conseguido a mediados de los años 70.

Los países de la OPEP son los responsables del 40% de la producción mundial, y sus reservas son, actualmente, las más importantes.

Bibliografía:

- *Tratamiento de efluentes - parámetros de vuelco* (Ing. Mario D'Angélica - Ing. Isabel Alvarez).
- *Ingeniería y ciencias ambientales* (Mackenzie L. Davis – Susan J. Masten)
- *Manejo domiciliario de aguas grises para salud, seguridad alimentaria y protección ambiental* Ing. Amb. (MSc.) Kim Andersson ,Latinosan -Cali 12-16 de Noviembre, 2007
- *El agua, una responsabilidad compartida. Capítulo 8: Agua e industria.* ONUDI (Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial)
- *Tratamientos avanzados de aguas residuales industriales* (Antonio Rodríguez Fernández-Alba, Pedro Letón García, Roberto Rosal García, Miriam Dorado Valiño, Susana Villar Fernández, Juana M. Sanz García) Fundación para el conocimiento Madrid
- *El carbón en la vida cotidiana* (Instituto Nacional del Carbón – Oviedo)
- *Carbón de Río Turbio – Contenidos didácticos*, Secretaría de Energía de la Nación
- www.ycrt.gov.ar
- *Carbón argentino. Encrucijadas #45*, Dra. en Ciencias Geológicas, **Liliana N. Castro**.
- *El recorrido de la energía: El gas natural*
- *Secretaría de Energía, contenidos didácticos*
- *El abc del GNC – Cámara Argentina del Gas Comprimido*
- *El recorrido de la energía: El Petróleo*, EDICIÓN PARA LA COMUNIDAD DE MADRID, DIRECCIÓN: Carlos López Jimeno, Director General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid