

TRATAMIENTO SANITARIO DE AGUAS RESIDUALES

**ELIMINACIÓN DE MICROORGANISMOS
Y AGENTES CONTAMINANTES**

**CARACTERÍSTICAS DE EFLUENTES Y
CRITERIOS DE SEGURIDAD**

Ing. Agr. Oscar Lutenberg

Mashav - Israel

Aguas residuales, características y problemática

- Se puede definir como agua residual aquella que procede del empleo de un agua natural o de la red en un uso determinado. La eliminación del agua residual se conoce como vertido.
- El desarrollo de la teoría del germen a cargo de Koch y Pasteur en la segunda mitad del siglo XIX marcó el inicio de una nueva era en el campo del saneamiento.
- Antes de estos estudios no se había profundizado demasiado en la relación existente entre contaminación y contaminantes (Metcalf y Eddy, 1995).

Fuentes de Generación

- Las zonas residenciales y los centros comerciales constituyen las principales fuentes de generación de aguas residuales urbanas, por lo tanto, la cantidad de agua residual depende directamente de la cantidad de población, por ello es muy típico hacer una determinación del caudal del agua residual en función de la población equivalente (PE).
- El caudal de agua residual es variable a lo largo del día, y también a lo largo del año

(Metcalf y Eddy, 1995).

Fuentes de Generación

- Snow en 1849 demostró la transmisión del cólera a través de aguas contaminadas por aguas residuales; a partir de este momento se tomó conciencia de que las aguas residuales eran transmisoras de enfermedades y por lo tanto un problema que resolver (Gómez y Hontoria, 2003).

Fuentes de Generación

- Las aguas residuales, además de patógenos, contienen otras muchas sustancias contaminantes; definir de una forma exacta lo que es un agua residual es complejo, ya que está en función de las características que se den en cada población o industria, y también depende del sistema de recogida que se emplee, pudiendo ser:



Fuentes de Generación

- Aguas residuales domésticas, procedentes de zonas residenciales o similares.
- Infiltraciones y aportaciones incontroladas, son aguas que entran de forma directa o indirecta en la red de alcantarillado y no se conoce demasiado su composición.
- Aguas pluviales, que son aguas resultantes de las escorrentías superficiales, con contaminantes en metales pesados.
- Aguas de complejos industriales u hospitalarios.

Fuentes de Generación

- Las zonas residenciales y los centros comerciales constituyen las principales fuentes de generación de aguas residuales urbanas, por lo tanto, la cantidad de agua residual depende directamente de la cantidad de población, por ello es muy típico hacer una determinación del caudal del agua residual en función de la población equivalente.
- El caudal de agua residual es variable a lo largo del día, y también a lo largo del año.

(Metcalf y Eddy, 1995).

Aguas Residuales: características y problemática

La composición de las aguas residuales también puede ser muy variable, pues depende de muchos factores; en la Tabla 1 se pueden apreciar unos valores típicos de parámetros físico-químicos de aguas residuales urbanas en función del grado de contaminación.



Grado de contaminación de las aguas residuales urbanas

(Gómez y Hontoria, 2003)

Tabla 1

Parámetros	Grados de contaminación		
	Fuente	Media	Débil
Sólidos totales	1.000	500	200
Sólidos totales fijos	300	150	80
Sólidos totales volátiles	700	350	120
Sólidos en suspensión	500	300	100
Sólidos en suspensión fijos	100	50	30
Sólidos en suspensión volátiles	400	250	70
Sólidos disueltos	500	200	100
Sólidos disueltos fijos	200	100	50
Sólidos disueltos volátiles	300	100	50
Sólidos sedimentables	250	180	40
Sólidos sedimentables fijos	150	108	24
Sólidos sedimentables volátiles	100	72	16
DBO ₅	400	220	110
DQO	1.000	500	250
COT	290	160	80
N _{total}	86	50	25
N _{orgánico}	35	20	10
NH ₄ ⁺	50	30	15
NO ₃ ⁻	0,4	0,2	0,1
NO ₂ ⁻	0,1	0,05	0,0
P _{total}	15	8	4
P _{orgánico}	5	3	1
P _{inorgánico}	10	5	3
pH	6-9	6-9	6-9
Grasas	150	100	50

Aguas Residuales: características y problemática

- Entre los distintos elementos contaminantes que contiene el agua residual urbana, cabría destacar la materia orgánica, procedente principalmente de las aguas domésticas; estos compuestos son de naturaleza reductora, por lo que consumirán oxígeno, y pueden estar presentes de forma coloidal o disuelta.
- Además existe la presencia de elementos de naturaleza inorgánica, que pueden ser de muy distinta composición, desde nutrientes como el nitrógeno y el fósforo, hasta sustancias tóxicas y peligrosas (Gómez y Hontoria, 2003).

Aguas Residuales: características y problemática

- La materia orgánica no biodegradable es biológicamente inerte y pasa a través de un sistema de tratamiento biológico sin modificarse, pudiéndose diferenciar en dos grupos dependiendo de su estado físico: **soluble y particulada.**
- La materia inerte soluble (SI) abandonará el sistema de tratamiento biológico con el mismo nivel de concentración con el que entró.
- La materia inerte suspendida (XI), normalmente quedará atrapada en los fangos del proceso biológico.

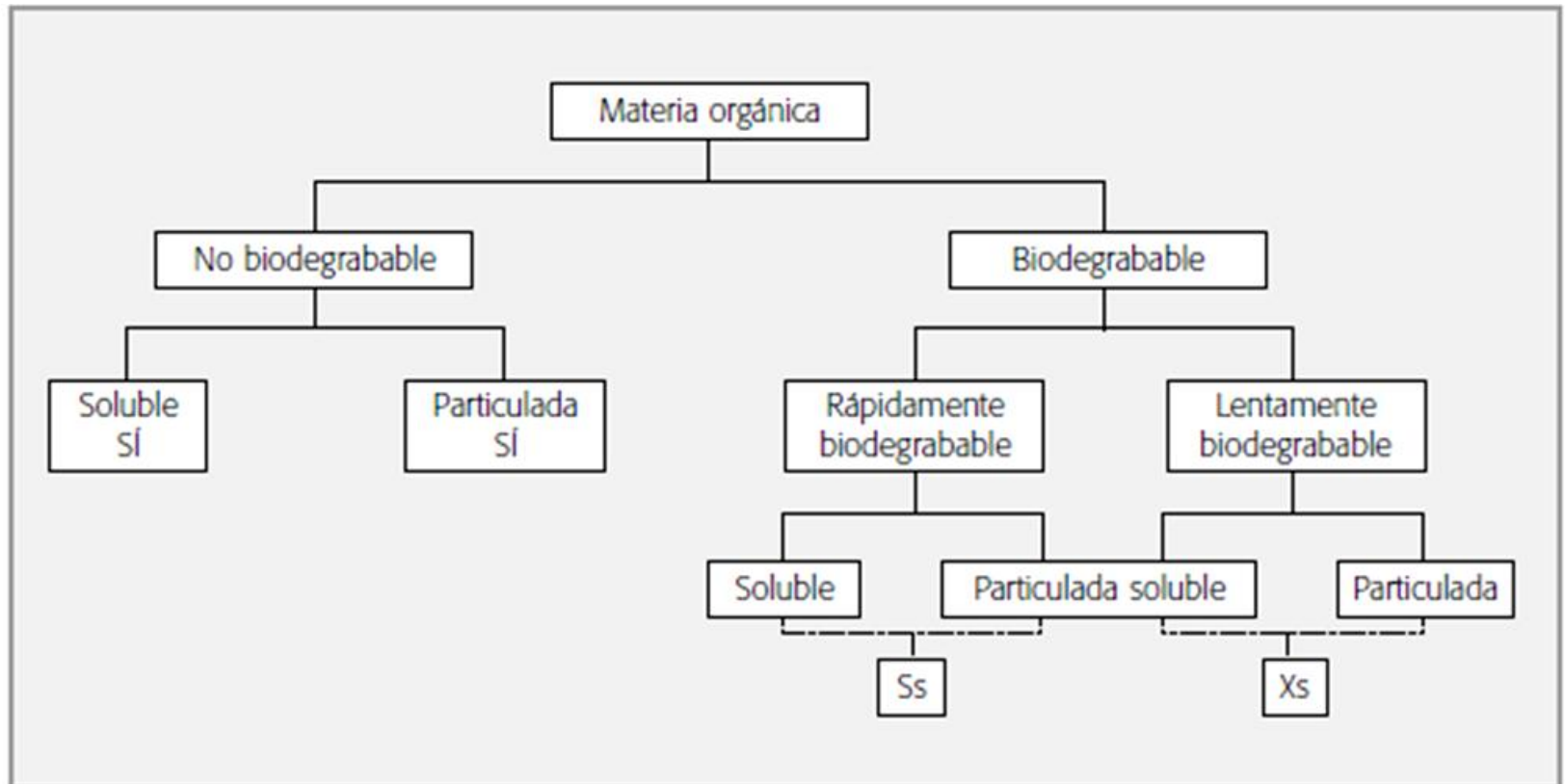
Aguas Residuales: características y problemática

La materia orgánica biodegradable puede dividirse a su vez en dos grupos también: rápidamente biodegradable y lentamente biodegradable;

- Tanto la rápidamente biodegradable como la lentamente biodegradable pueden presentarse en estado soluble o particulado.
- A efectos prácticos se considera toda la materia rápidamente biodegradable como si fuera soluble (Ss), y toda la materia lentamente biodegradable como si fuera particulada (Xs).

Subdivisión de la materia orgánica en las aguas residuales (modificado de Henze et al., 1987).

La materia orgánica de las aguas residuales puede subdividirse en varias categorías (Figura 1), basándose la primera división de importancia en la biodegradabilidad.



Aguas Residuales: características y problemática

- Por lo tanto, teniendo en cuenta todo lo anterior, el agua residual, debido a su composición, puede originar problemas medioambientales muy severos, la presencia de materia orgánica junto con nutrientes puede provocar alteraciones en la microbiota de un sistema, llegando a producir eutrofización del medio, con presencia de sustancias tóxicas que pueden causar daños muy graves, incluso a los seres humanos, si se utiliza esta agua.
- Teniendo en cuenta lo anterior, los tratamientos que se le realizarán al agua estarán en función de la degradabilidad o no del agua residual, y de los criterios de su posible reutilización.

Riesgo sanitario

Uno de los problemas principales que se presentan con el uso de las aguas residuales para riego es el de posibles infecciones, y propagación de microorganismos patógenos debido a los aerosoles que se forman.

- Por ello es necesario saber como y que se va a regar. El riesgo mayor se tiene cuando se cultiva el riego por aspersión para regar cultivos de consumo directo ya que, valga la redundancia, existe un contacto directo entre frutos, follaje y hombre, existiendo pues un máximo riesgo sanitario.
- Por este motivo el Código de Agua de California distingue diferentes tratamientos según el nivel de reducción de coliformes que se quiera obtener, que a su vez dependerá del tipo de riego y la utilización que se le de.
- Como se observa en la tabla 12 es el riego superficial de viñedos y árboles frutales el que presenta un nivel de tratamiento menor y el riego por aspersión el que presenta una legislación más estricta y rigurosa en cuanto a la reducción de coliformes totales.

Parámetros microbiológicos

- En cuanto a los parámetros microbiológicos, las recomendaciones de la OMS para el "Riego de campos deportivos y de zonas verdes con acceso público" son:

Tabla 11

	CONTACTO PÚBLICO DIRECTO	CONTACTO PÚBLICO NO DIRECTO
PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS		
Nematodos intestinales (media aritmética huevos/l)	<1	<1
Coliformes fecales(media geométrica/100ml)	200	1000
Tratamiento recomendado	Estanques de estabilización o equivalente	Estanques de estabilización o equivalente
Grupo expuesto	Trabajador, público	Trabajador, público

- 4 a 6 estanques de estabilización con tiempo mínimo de retención de 20 días a T^a>

200C

Las recomendaciones de la E.P.A.:

Las recomendaciones de la E.P.A:

Tabla 12

TIPO DE REUTILIZACIÓN	TRATAMIENTO	CALIDAD	DISTANCIA DE SEGURIDAD
Riegos de parques campos de golf cementeros, lavados de coches	Secundario Filtración Desinfección	PH= 6-9 <10 mg/l DBO <2 NTU 0 C.F./100 ml 1 mg/l CLO2	15 m a fuentes o pozos de agua potable
Riego de árboles y parques con acceso público prohibido o infrecuente	Secundario Desinfección	PH= 6-9 <30 mg/l DBO 30 mg/l SS 0 C.F./100 ml 1 mg/l CLO2	90 m a fuentes o pozos de agua potable 30 m a zonas permitidas al público

ALGUNAS DEFINICIONES

Reutilización de las aguas: aplicación antes de su devolución al dominio público hidráulico y al marítimo terrestre para un nuevo uso privativo de las aguas que, habiendo sido utilizadas por quien las derivó, se han sometido al proceso o procesos de depuración establecidos en la correspondiente autorización de vertido y a los necesarios para alcanzar la calidad requerida en función de los usos a que se van a destinar.

Aguas depuradas: aguas residuales que han sido sometidas a un proceso de tratamiento que permita adecuar su calidad a la normativa de vertidos aplicables.

Aguas regeneradas: aguas residuales depuradas que han sido sometidas a un proceso de tratamiento adicional o complementario que permite adecuar su calidad al uso al que se destinan.

ALGUNAS DEFINICIONES

Estación regeneradora de aguas: conjunto de instalaciones donde las aguas residuales depuradas se someten a procesos de tratamiento adicional que puedan ser necesarios para adecuar su calidad al uso previsto.

Sistema de reutilización de las aguas: conjunto de instalaciones que incluye la estación regeneradora de aguas, en su caso, y las infraestructuras de almacenamiento y distribución de las aguas regeneradas hasta el punto de entrega a los usuarios, con la dotación y calidad definidas según los usos previstos.

Necesidad de controlar el agua analíticamente

- ❑ Parece evidente que las características de un determinado tipo de agua que va a ser utilizada para un uso concreto serán diferentes, o cuanto menos, no tienen por qué ser idénticas para el agua destinada a otro fin.

- ❑ En cualquier caso, el control analítico exhaustivo, sistemático y periódico de un agua viene impuesto por dos condicionantes de tipo general:
 1. Contrastación y comprobación de sus características físicas.
 2. Complementando y apoyando lo anterior con fuerza para ser exigido legalmente, se encuadra el aspecto relativo a regulaciones, normativas y leyes de diferentes ámbito territorial de aplicación que han de ser inexcusablemente cumplidas en cuanto al control de la calidad del producto “agua”.

Necesidad de controlar el agua ...

- Además, **debe controlarse el agua bruta no tratada** (agua natural de ríos, embalses y lagos) que pueda ser susceptible de diferentes usos (potabilización, cría de peces, moluscos, riegos, usos recreativos) a fin de determinar la posibilidad o no del uso previsto, así como el grado de tratamiento industrial necesario para lograr su adecuación de calidad. Para esta faceta también se dispone de las correspondientes normativas nacionales, derivadas a su vez, en el caso de España de la Directiva de la CEE.

Necesidad de controlar el agua ...

- ❑ Otro aspecto a considerar: el de las **aguas negras o vertidos residuales líquidos domésticos y/o industriales**. También han de ser sistemáticamente analizados y controlados debido, de una parte a la valoración de su posible incidencia negativa sobre el medio ambiente, y la necesidad ulterior de su depuración antes de su expedición a aquel. Se intentaría evitar de este modo en lo posible, el alto grado de polución provocado por estas aguas residuales.
- ❑ En segundo lugar, existen otras regulaciones y normativas (nacionales, autonómicas y municipales) que imponen un control de emisiones encaminado a la preservación del cada vez más degradado medio ambiente.

Control sistemático del agua

- ❑ Finalmente, otro aspecto justifica la necesidad del control sistemático del agua: los procesos de potabilización y/o depuración de agua
- ❑ La única forma razonable, coherente y lógica de asegurarse el explotador de una ETAP (Estación de Tratamiento de Agua Potable) o EDAR (Estación Depuradora de Aguas Residuales) que el Rendimiento del proceso aplicado es o no el esperado, es decir;- que deben o no acometerse modificaciones en las diferentes fases del tratamiento industrial de un agua, pasa por la comprobación vía laboratorio, vía instrumentación de planta en continuo, de algunas características “claves” de calidad del agua en fase de tratamiento.

CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES

AGUA RESIDUAL:

Aquella que procede de haber utilizado un agua natural, o de la red, en un uso determinado. Las A.R. cuando se desaguan se denominan VERTIDOS y éstos pueden clasificarse en función:

- Del uso prioritario u origen
- De su contenido en determinados contaminantes
- Los vertidos residuales arrastran compuestos con los que las aguas han estado en contacto. Estos compuestos pueden ser:

a) Según su Naturaleza:

i) Conservativos: Su concentración en el río depende exactamente de la ley de la dilución del caudal del vertido al del río.

Generalmente: Compuestos Inorgánicos y estables (Cl, SO₄)

ii.) No Conservativos: Su concentración en el río no está ligada directamente a la del vertido. Son todos los compuestos orgánicos e inorgánicos que pueden alterarse en el río por vía Física, Química o Biológica (NH₄, fenoles, Materia Orgánica. . .)

Además, entre los compuestos existen fenómenos de tipo:

- Antagonismo: (I Efecto) Ej. Dureza (al Zn)
- Sinergismo: (I Efecto) Ej. Escasez de O (al Zn)

A continuación se va a realizar una descripción de los principales tipos de A.R.

AGUAS RESIDUALES URBANAS.

Procedencia de la contaminación en los núcleos urbanos:

- ❑ Servicios domésticos y públicos
- ❑ Limpieza de locales
- ❑ Drenado de Aguas Pluviales

Tipos de contaminantes:

- ❑ Materia Orgánica (principalmente) en suspensión y disuelta.
- ❑ N; P; NaCl y otras sales minerales microcontaminantes procedentes de nuevos productos.
- ❑ Las A.R. de lavado de calles arrastran principalmente materia sólida inorgánica en suspensión, además de otros productos (fenoles, plomo -escape vehículos motor-, insecticidas -jardines-...)

Características Físico-Químicas

- La Temperatura de las A.R. oscila entre 10-20°C (15 °C). Además de las cargas contaminantes en Materias en suspensión y Materias Orgánicas, las A.R. contienen otros muchos compuestos como nutrientes (N y P), Cloruros, detergentes... cuyos valores orientativos de la carga por habitante y día son:
 - N amoniacal: 3-10 gr/hab/d
 - N total: 6.5-13 gr/hab/d
 - P (PO_4^{3-}) ; 4-8 gr/hab/d
 - Detergentes: 7-12 gr/hab/d
- En lugares donde existen trituradoras de residuos sólidos las A.R.(aguas residuales) Urbanas están mucho más cargadas (100 % más).

Características Biológicas

- En las A.R. van numerosos microorganismos., unos patógenos y otros no. Entre los primeros cabe destacar los virus de la **Hepatitis**. Por ej. en 1 gr. de heces de un enfermo existen entre **10-10⁶ dosis infecciosas** del virus de la hepatitis.
- El tracto intestinal del hombre contiene numerosas bacterias conocidas como Organismos COLIFORMES. Cada individuo evacua de 10^5 a 10^8 millones de coliformes por día, que aunque no son dañinos, se utilizan como indicadores de contaminación debido a que su presencia indica la posibilidad de que existan gérmenes patógenos de más difícil detección.
- Las A.R.Urbanas contienen: 10⁶ colif. totales / 100 ml

AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES

- Son las que proceden de cualquier taller o negocio en cuyo proceso de producción, transformación o manipulación se utilice el agua, incluyéndose los líquidos residuales, aguas de proceso y aguas de refrigeración.
- Líquidos Residuales: Los que se derivan de la fabricación de productos, siendo principalmente disoluciones de productos químicos tales como lejías negras, los baños de curtido de pieles, las melazas de la producción de azúcar, los alpechines...

AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES

- Se debe intentar la recuperación de subproductos A.R. de Proceso: Se originan en la utilización del agua como medio de transporte, lavado, refrigeración directa... y que puede contaminarse con los productos de fabricación o incluso de los líquidos residuales.
- Generalmente su contaminación es $<10\%$ de la de los líquidos residuales aunque su volumen es 10-50 veces mayor.
- Aguas de Refrigeración Indirecta: No han entrado en contacto con los productos y por tanto la única contaminación que arrastran es su temperatura.
- Ahora bien, hoy día hay que considerar también la existencia de productos que evitan problemas de explotación (estabilizantes contra las incrustaciones y corrosiones, algicidas...) que pueden ser contaminantes.

Tipos de Vertidos Industriales.

- i) Continuos: Proviene de procesos en los que existe una entrada y una salida continua de agua (Procesos de Transporte, lavado, refrigeración...).
- ii) Discontinuos: Proceden de operaciones intermedias. Son los más contaminados (Baños de decapado, baños de curtidos, lejías negras, emulsiones...).
- Al aumentar el tamaño de la industria, algunos vertidos discontinuos pueden convertirse en continuos.

Clasificación de las Industrias según sus Vertidos.

- Se clasifican en 5 grupos de acuerdo con los contaminantes específicos que arrastran las A.R.

I. INDUSTRIAS CON EFLUENTES PRINCIPALMENTE ORGÁNICOS

- Papeleras
- Azucareras
- Mataderos
- Curtidos
- Conservas (vegetales, carnes, pescado...)
- Lecherías y subproductos [leche en polvo, mantequilla, queso...]
- Fermentación (fabricación de alcoholes, levaduras...)
- Preparación de productos alimenticios (aceites y otros)
- Bebidas
- Lavanderías

Clasificación de las Industrias según sus Vertidos.

2. INDUSTRIAS CON EFLUENTES ORGÁNICOS E INORGÁNICOS

- Refinerías y Petroquímicas
- Coquerías
- Textiles
- Fabricación de productos químicos, varios

Clasificación de las Industrias según sus Vertidos.

3. INDUSTRIAS CON EFLUENTES PRINCIPALMENTE INORGÁNICOS

- Limpieza y recubrimiento de metales
- Explotaciones mineras y salinas
- Fabricación de productos químicos, inorgánicos.

Clasificación de las Industrias según sus Vertidos.

4. 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.

Clasificación de las Industrias según sus Vertidos.

5. INDUSTRIAS CON EFLUENTES DE REFRIGERACIÓN

- Centrales térmicas.
- Centrales nucleares.



Contaminación Característica de la Industria.

- Cada actividad industrial aporta una contaminación determinada por lo que es conveniente conocer el origen del vertido industrial para valorar su carga contaminante e incidencia en el medio receptor.
- Cuando se conoce el origen del vertido, el número de parámetros que definen la carga contaminante del mismo es reducido.

Valoración de la Carga Contaminante que vierte la industria.

- Para superar la dificultad que supone generalizar esta valoración (pues no existen 2 industrias iguales), al menos cuando se trata de estimar la carga contaminante contenida en las A.R. con vistas al dimensionamiento de su planta depuradora, se ha recurrido al concepto de **“POBLACION EQUIVALENTE”**.
- Este valor se deduce dividiendo los Kg. de DBO (demanda biológica de oxígeno) contenidos en el A.R., correspondiente a la producción de una unidad determinada, por la DBO que aporta un habitante por día, valor para el que en Europa se considera un valor medio de 60 gr.
- Ahora bien, dado que el término “Población Equivalente” sólo se refiere a una contaminación de carácter orgánico, a la hora de dimensionar la planta depuradora sería necesario, al menos, tener en cuenta además de la DBO, los Sólidos en Suspensión (SS).

Características Medias Típicas de las Aguas Residuales de algunas Industrias.

- No obstante las dificultades apuntadas para establecer unos valores para las características de las A.R., a continuación señalamos como orientación los valores más frecuentes para algunas industrias.



CONTAMINACIÓN CARACTERÍSTICA DE LA INDUSTRIA

AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA PAPELERA

- Color
- Materia en suspensión y decantable.
- DBO5 u otra que nos defina la materia orgánica
- En algunos casos (muy pocos) el pH –

INDUSTRIA LECHERA

- DBO5 u otra determinación que nos defina la materia orgánica-

INDUSTRIA DEL CURTIDO

- Alcalinidad
- Materia en suspensión y decantable
- DBO5 u otra que nos defina la materia orgánica
- Sulfuros
- Cromo

CONTAMINACIÓN CARACTERÍSTICA DE LA INDUSTRIA

- **REFINERÍAS**

- Aceites
- DBO5 u otra que nos defina la materia orgánica
- Fenoles
- Amoniacó
- Sulfuros

- **INDUSTRIAS DE ACABADO DE METALES**

- pH
- Cianuros
- Metales, según el proceso de acabado

CONTAMINACIÓN CARACTERÍSTICA DE LA INDUSTRIA

LAVADEROS DE MINERAL

a) Si son de hierro:

- Sólidos sedimentables.
- Sólidos en suspensión después de decantación.

b) Si son de otros materiales habrá que detectarlos así como a los productos tóxicos orgánicos que pueden emplearse como agentes humectantes o flotantes.

CONTAMINACIÓN CARACTERÍSTICA DE LA INDUSTRIA

SIDERURGIAS INTEGRAL

- Fenoles
- Alquitranes
- Cianuros libres y complejos
- DBO5
- Sulfuros
- Materias en suspensión
- pH
- Hierro
- Aceites y grasas

CONTAMINACIÓN CARACTERÍSTICA DE LA INDUSTRIA

Laminación en caliente

- Aceites y grasas
- Sólidos en suspensión.

PLANTAS DE ACIDO SU

- Ácidos
- Sólidos sedimentables
- Arsénico, selenio y mercurio



CONTAMINANTES ESPECÍFICOS.

- Son microcontaminantes derivados principalmente de los adelantos de las tecnologías industriales y que a muy escasa concentración (ppm) tienen un efecto perjudicial.
- Son por ej: Agentes Tensoactivos, Pesticidas, Derivados Halogenados o Fosforados de Hidrocarburos, Compuestos Orgánicos específicos, Sales Metálicas, Compuestos eutrofizantes...

Valoración y Clasificación de los Contaminantes Específicos.

La evaluación de los riesgos potenciales ocasionados por los Contaminantes Específicos requiere conocer aspectos tales como los que aparecen a continuación:

- Tipo y estructura del compuesto químico.
- Propiedades físicas y químicas fundamentales, biodegradabilidad.
- Producción total.
- Orígenes y vías de distribución, funciones para las que se utiliza y lugares de aplicación.
- Condiciones prácticas en las que se realizan a los cauces, los vertidos que contienen esos contaminantes químicas, microbiológicas, radiológicas y toxicológicas en general, así como evaluación periódica de su estado de calidad.
- Cumplimiento de las normativas legales impuestas por las autoridades en materias de aguas, que imponen unos **determinados y secuenciales controles analíticos**.

Agua Potable

En el campo del agua potable de consumo público, los dos puntos anteriores se explicitan y concretan teniendo en cuenta el suministrador de agua potable (pública de red o bien envasada) que ha de asegurarse con un límite razonable de confianza de que el producto servido “siempre” es potable, es decir, puede ser ingerido sin peligro de provocar ningún tipo de intoxicaciones (microbiológicas y/o físico-químicas) en el potencial consumidor.

Esto podría venir marcado por, la “ética” y la “honestidad” de cada suministrador.

- Cantidades que se vierten según condiciones de utilización.
- Efectos tóxicos u otros efectos nefastos de los contaminantes sobre la calidad de las aguas y su ecología (persistencia, bio-acumulación).
- Medios técnicos existentes de lucha contra la contaminación.

Gracias por su atención!!!!

