CAPÍTULO 2

2. AGUAS RESIDUALES: CLASIFICACIÓN, CARACTERÍSTICAS Y COMPOSICIÓN.

2.1. Clasificación.

La contaminación de las aguas naturales puede ser considerada como una impurificación artificial, ya sea directa o indirecta, producida por el hombre y/o sus actividades. Así, es normal estudiar la contaminación atendiendo a las causas o actividades que la originaron, a continuación mencionaremos los tipos de aguas residuales más comunes:

- Aguas residuales domésticas.
- Aguas residuales pecuarias.
- Aguas residuales de origen agrícola.
- Aguas residuales industriales.
- Aguas de escorrentía urbana.

Se puede hablar también de aguas contaminadas en función del tipo de "impureza" concreta que aparece en valores anormales y que es secuencia de alguna actividad humana.

Aguas Residuales Domésticas: Son las aguas originadas en las viviendas o instalaciones comerciales privadas y/o públicas. Están compuestas por aguas fecales y aguas de lavado y limpieza. Los principales contaminantes que contienen son gérmenes patógenos, materia orgánica, sólidos, detergentes, nitrógeno y fósforo, además de otros en menor proporción.

Desde un punto de vista sanitario, interesan los gérmenes de origen fecal que se eliminan con el agua porque producen enfermedades (enfermedades hídricas). De todos los gérmenes que son evacuados, una parte son producidos por el aparato digestivo, y de estos una parte pueden ser patógenos. La medida directa de los gérmenes patógenos en un agua residual es impracticable debido al gran número o familias que puede haber. Sería necesario realizar una amplia batería de análisis, lo cual resultaría poco práctico y antieconómico. La técnica que se emplea es una medida indirecta. Son técnicas presuntivas, lo que se busca en el agua son microorganismos indicadores de la contaminación. Estos microorganismos deben ser fecales exclusivamente aunque no deben ser necesariamente patógenos, y no deben desarrollarse en ambientes naturales. La presencia del indicador nos dice que hay contaminación fecal, y por lo tanto puede ser posible que haya gérmenes fecales.[8]

Como indicadores de contaminación fecal se usan gérmenes fáciles de detectar, de medir y que aparezcan en grandes cantidades. Además estos gérmenes deben tener en el medio natural un comportamiento similar o de evolución más favorable que el de los patógenos.

En calidad de agua se utilizan sobre todo tres tipos de indicadores:

Coliformes: Los coliformes también aparecen en el medio natural, se habla de coliformes totales. Para tener un indicador exclusivamente entérico, se estableció un indicador biológico denominado **coliformes fecales CF**. Para detectarlos en laboratorios se realizan siembras en medios nutritivos específicos y al cabo de un tiempo determinado se cuenta el número determinado de colonias formadas (técnica del filtro de membrana) o se observa el efecto de gas consecuencia del

8

proceso de fermentación de la lactosa (técnica de flujo múltiple). Si no hay coliformes se tiene la seguridad que no hay gérmenes o contaminación de origen fecal.

Estreptococos Fecales (EF): Son microorganismos estrictamente fecales, los que le convierte en un indicador bastante claro. Procede de animales de sangre caliente. Se ha demostrado que las aguas que tienen un mayor número de coliformes fecales que estreptococos fecales tienen mayor probabilidad de ser de origen humano. Si la relación CF/EF es del orden 4.4, es prácticamente seguro que la relación es de origen humano. Si es menor de 0.4 o 0.6 es seguro que es de origen animal.

La contaminación por estreptococos fecales acompaña y correlaciona bien con enfermedades relacionadas con las mucosas y por contacto en general.

	Densidad madia de indicador / g heces		**Proddución media/ individuo.día**		
ANIMAL	**CF*10EXP6**	**EF*10EXP6**	**CF*10EXP6**	**EF*10EXP6**	**CF/EF**
Hombre	13	3	2000	450	4,4
Pollo	1,3	3,4	250	620	0,4
Vaca	0,23	1,3	5400	31000	0,2

Tabla 2.1. Producción media estimada de microorganismos indicadores

Fuente: Iñaqui Tejero Monzón, Joaquín Suárez Lopez, Alfredo Jácome Burgos, Javier Temprano Gonzales, Introducción a la Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 2001.

Clostridium sulfito-reductores: son microorganismos anaerobios que en situaciones difíciles crean esporas, lo que les permite resistir durante largo tiempo en ambientes hostiles. Es un indicador de contaminación lejana (en el tiempo), ya que todos los organismos fecales en el organismo podrían haber desaparecido.

Todas las unidades en mg/L menos los sólidos sedimentales.

	CONCENTRACION		
CONSTITUYENTE	**FUERTE**	**MEDIA**	**DEBIL**
SÓLIDOS TOTALES	1200	720	350
Disueltos SD	850	500	250
SD fijos SDF	525	300	145
SD volátiles SDV	325	200	105
En suspensión SS	350	220	100
SS fijos SSF	75	55	20
SS volátiles SSV	275	165	80
SÓLIDOS SEDIMENTABLES ml/L	20	10	5
DBO5	400	220	110
COT	290	160	80
DQO	1000	500	250
NITROGENO (Total como N)	85	40	20
Orgánico	35	15	8
Amoniaco libre	50	25	12
Nitritos	0	0	0
Nitratos	0	0	0
FOSFORO (Total como P)	15	8	4
Orgánico	5	3	1
Inorgánico	10	5	3
CLORUROS	100	50	30
ALCALINIDAD (como Co3Ca)	200	100	50
GRASA	150	100	50

Tabla 2.2. Composición típica de las aguas residuales domésticas

Fuente: Metcalf & Eddy, Ingeniería de Aguas Residuales, Redes de Alcantarillado y Bombeo, 1995.

Aguas Residuales Pecuarias: Las aguas residuales pecuarias son las que proceden de la actividad ganadera. Si la actividad se desarrolla de forma intensiva, se generan normalmente vertidos directos a los cauces. Son vertidos localizados, constantes y concentrados. Si la actividad es de forma no estabulada; el ganado deambula libre la contaminación de los cauces, y es de tipo difuso.

Cuando la contaminación es difusa el transporte de la misma está asociado a los fenómenos hidrológicos (escorrentía superficial, subsuperficial, etc.) y su control es difícil. En algunas regiones es común el uso de estiércol como abono natural, de forma que los compuestos de las aguas residuales de los establos pasan a ser contaminantes difusos en las cuencas. Lo normal en la cuenca es que tenga tanto vertidos localizados como difusos de contaminación ganadera.

Las aguas residuales pecuarias son en principio, de características similares a las aguas residuales domésticas ya que proceden de animales de sangre caliente. Como indicadores de contaminación bacteriológica se utilizan los mismos que para los humanos, el volumen de agua que transporta los residuos fecales de los animales es menor que en caso de las aguas residuales domésticas. Esto determina que las concentraciones que nos encontremos de materia orgánica MO o de sólidos en suspensión SS sean muy altas. Las elevadas concentraciones condicionan los sistemas de conducción y transporte, y el tratamiento, de las aguas residuales pecuarias. Generalmente no hay detergentes en esta agua residuales.

Un problema especial puede suponer la existencia de gran cantidad de flotantes en el caso de ganado herbívoro. Habrá que disponer los sistemas de evacuación y tratamiento. Se suelen utilizar diferentes términos para describir la consistencia de estos vertidos: sólidos, semisólidos (lisier) y líquidos (purines). El lisier es habitualmente de las granjas de cerdos.

La cantidad de heces que elimina cada animal y sus características específicas depende de muchas variables: especie, raza, edad, estación climática, alimentación, etc. En condiciones normales de explotación se aceptan cifras como las que se presentan en la tabla siguiente:

ANIMAL	PESO MEDIO DEL ANIMAL (Kilos)	RESIDUOS TOTALES(Kg/cab.dia)	DBO5
Ganado bobino	363	18-27	0,45-0,68
Vacas	590	44	0,91
Pollos	-	0,050	0,0044**
Gallinas	-	0,059	O,0044**
Cabras y ovejas	-	7	0,160
Pavos	6,8	O,41	0,023
Patos	1,6	-	0,005-0,029
Caballos		37	0,0360

Tabla 2.3. Carga de contaminantes de los residuos animales

Fuente: Iñaqui Tejero Monzón, Joaquín Suárez Lopez, Alfredo Jácome Burgos, Javier Temprano Gonzales, Introducción a la Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 2001.

Las cargas se refieren a los residuos totales, incluyendo heces y orina.

**Las unidades de DBO5 están en libra/libra de ave/día.*

Aguas Residuales de Origen Agrícola: El origen de la contaminación agrícola está en el arrastre, por las aguas de lluvia y el agua de riego, de los productos usados en la agricultura. El agua residual se incorpora a las fases del ciclo hidrológico (escorrentía superficial, subsuperficial, subterránea, etc.) llevando consigo los contaminantes. Los acuíferos, ríos y embalses serán las masas de agua receptoras que sufrirán los problemas de este tipo de contaminación.

Las actividades agrícolas pueden generar dos tipos muy diferentes de contaminación en función de si los compuestos son utilizados como abono o lo son como pesticidas.

Por uso de abonos la contaminación de origen agrario se caracteriza por contener compuestos orgánicos e inorgánicos.

Orgánicos: Proceden de la aplicación al terreno de abonos, fertilizantes o acondicionadores: compost (procedente de los residuos sólidos urbanos), estiércol, fangos de estación depuradora de aguas residuales urbanas (E.D.A.R.U). Los contaminantes que los acompañan son variados (materia orgánica, gérmenes patógenos, nitrógenos, fósforo), pero los principales y de mas interés son el nitrógeno y el fósforo.

Inorgánicos: Proceden de la incorporación al terreno de fertilizantes (N. P, K, etc.). De nuevo los que van a ser considerados contaminantes principales van a ser el nitrógeno y el fósforo, ciertos elementos limitan el crecimiento de las algas, pero de mayor importancia son el N y el P, los que habitualmente se presentan como nutrientes limitantes. La presencia en abundancia, y en proporciones mínimas, pueden aumentar la productividad de las algas y desequilibrar la cadena trófica.

Por uso de pesticidas (insecticidas, rodenticidas, plaguicidas, herbicidas, fungicidas, etc) la contaminación de origen agrario se caracteriza por contener compuestos:

Órgano-clorados: DDT, aldrín.
Órgano-fosforados, malatión.
Órganos-metálicos.

El uso de este tipo de compuestos permite aumentar la producción agrícola, pero tiene efectos muy negativos en las cadenas tróficas y son muy persistentes en el medio natural. Algunos, como el DDT, son bioacumulables. La tendencia es la búsqueda de nuevos compuestos alternativos.

Aguas Residuales Industriales: Las aguas residuales industriales proceden de la variada actividad industrial. Aparecen tantos tipos de aguas residuales industriales como tipos de industrias. Dentro de cada industria, el agua de abastecimiento, que luego se transformara en una gran proporción en agua residual, se utiliza fundamentalmente como:
Aguas de proceso.
Aguas de limpieza.

Aguas asimilables a domésticas.

Aguas de refrigeración y calefacción.

Cada una de estas aguas vas a generar las correspondientes aguas residuales, que reciben los mismos nombres. A estas hay que añadir las *aguas de escorrentía* que se producen en la zona industrial, que puede llegar a incorporar gran cantidad de materiales (arrastres en los parques de almacenamiento de carbón.)

Cada uno de los tipos de aguas residuales citadas va a incorporar una contaminación diferente. De forma general se puede decir que las aguas residuales industriales se caracterizan por su variedad y por su variabilidad.

Alta variedad porque cada tipo de industria va a construir un caso especial. Incluso dentro de cada sector, es tal la variedad de procesos, que es casi imposible tratar de hacer una caracterización por sectores.

Estudiando caso a caso se va adquiriendo experiencia en el análisis y en el desarrollo de estrategias para mitigar la generación, y conseguir tratamientos eficaces, de cada tipo de agua residual industrial.

En cada proceso industrial los vertidos de agua residual pueden ser continuos o periódicos (una vez al día, una a la semana, una al mes, anuales, etc.).

El control de la contaminación por agua residual industrial es muy difícil. Si estos vertidos se realizan a redes de alcantarillado municipales los problemas pueden llegar a ser muy graves.

Para poder atacar de forma correcta la contaminación por aguas residuales industriales hay que conocer el tipo de industria, sus procesos y sus costumbres.

Hay manuales especializados para cada tipo de industria. Se puede hacer una pequeña revisión de los principales contaminantes que aparecen en este tipo de agua.

En aguas residuales industriales es normal que la materia orgánica aparezca en forma disuelta en mayores proporciones (aproximadamente 80%) que en las aguas residuales domésticas (aproximadamente 20-40%). Las concentraciones de materia orgánica suelen ser muy elevadas, oscilando entre 1.000 y 100.000 mg/L de DBO_5 (mientras que en aguas residuales domésticas los valores oscilan entre 100 y 400 mg/L). Por el contrario, el N y el P se presentan, proporcionalmente con la materia orgánica, en menor cantidad que en las aguas residuales domésticas. Este hecho va a condicionar los posibles tratamientos biológicos de las aguas residuales industriales.

Además, es bastante normal que la materia orgánica existente sea no biodegradable. Si la relación DQO/DBO_5 es mayor que 2.5 es posible que aparezcan problemas con los tratamientos biológicos. Si además las aguas residuales incorporan sustancias toxicas la DBO_5 es muy posible que se anule o sea muy baja con lo que de nuevo tendremos problemas con los tratamientos biológicos tradicionales.[8]

Las papeleras, azucareras, mataderos, fábricas de curtidos, de conservas, lecherías y sus subproductos, fábricas de alcoholes, levaduras, de aceites, de bebidas, lavanderías, etc. tienen vertidos fundamentalmente orgánicos.

La temperatura en un agua residual doméstica suele tener del orden de 2 ºC por encima del agua de abastecimiento. Si el agua residual industrial procede de una central térmica, por ejemplo, la temperatura

8

va a ser muy elevada. En general los problemas de temperaturas proceden de aguas residuales de refrigeración. La industria alimenticia también suele tener aguas residuales de proceso caliente.

En cuanto a productos químicos inorgánicos en las aguas residuales industriales se pueden encontrar tóxicos, como metales pesados (Hg, Cd, Cr, Ni, Cu, Pb) procedentes en general de la industria metalúrgica o cianuros (CN^-). Algunos de los citados son tóxicos bioacumulables. Los ácidos y bases también aparecen con frecuencia en los vertidos industriales, en mayor proporción en la industria química.

También es normal la aparición de vertidos con elevadas concentraciones de sales, que pueden proceder de calderas o sistemas de refrigeración.

Los aceites e hidrocarburos proceden en general de las maquinarias y los talleres, la contaminación radiactiva también puede aparecer como consecuencia de problemas graves de la explotación de las centrales nucleares o de la industria nuclear en general.

Las explotaciones mineras y salinas tienen vertido con elevada carga inorgánica. La industria de la limpieza y recubrimiento de metales, en las refinerías y petroquímicas, coquerías y fábricas de textiles, las aguas residuales incorporan tanto materia orgánica como inorgánica en elevadas concentraciones.

Lavaderos de carbón y mineral, instalaciones de corte y pulido de mármoles e instalaciones de laminación en caliente y colada continua, aportan en sus aguas residuales una gran cantidad de sólidos en suspensión.

Aguas de escorrentía urbana: Son aquellas que provienen de las precipitaciones de aguas lluvias o nieves sobre una cuenca urbana. Son aportaciones de carácter intermitente. Los caudales en un agua urbanizada suelen ser del orden de 50 a 200 veces superiores en volumen a los vertidos domésticos, comerciales e industriales. La superficie de una ciudad que recibe la lluvia es de dos tipos: impermeable y permeable. Las que predominan son las impermeables de edificios, pavimentos, calzadas, azoteas, aceras, etc.; mientras que las superficies permeables las constituyen los jardines, algunos patios interiores, solares sin edificar, etc. El alto porcentaje de superficies impermeables es una característica de la zona urbana.

Es erróneo pensar que las aguas de escorrentía son esencialmente limpias. De la lluvia caída, una fracción se emplea en mojar las superficies; otra se evapora y otras se quedan atrapadas en huecos y depresiones del suelo. Si sigue lloviendo el agua se moviliza hacia los puntos de recogida, drenando por superficies impermeables, y a su vez, limpiando y transportando en suspensión y disolución, los contaminantes acumulados sobre el suelo. La tabla 2.4 muestra las características típicas de este tipo de agua:

PARAMETROS DE CALIDAD DEL AGUA	ALEMANIA Varios autores [1]	ALEMANIA Varios autores [1]	ONTARIO MARSALEK [2]	GRAN BRETAÑA ELLIS (1989) [3]	USA - NURP (1983) [4]	NOVOTNY (1994) [5]	METCALF-EDDY (1991) [6]	ELLIS (1986) [7]
	ZONA RESIDENCIAL	*AUTOPISTAS*	*USO MIXTO DEL SUELO*	*USO MIXTO DEL SUELO*	*USO MIXTO DEL SUELO*			
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN SS (mg/L)	134	140 - 250	----	21 - 2582 *(190)*	100 **(1.0 - 2.0)*	3 - 11000 *(650)*	67 - 101	3 - 11000
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO - DBO (mg/L)	7 - 18	----	-----	7 - 22 (11)	9 **(0.5 - 1.0)*	10 - 250 (30)	8 - 10	60 - 200
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO - DQO (mg/L)	47 - 115	86 - 119	----	20 - 365 (85)	65 **(0.5 - 1.0)*	----	40 - 73	----
NITRÓGENO AMONIACAL (NH4-N) (mg/L)	0.8	0.5 - 0.9	0.5	(0.2 - 4.6) 1.45	----	----	----	----
NITRÓGENO TOTAL (mg/L)	----	----	----	0.4 - 20.0 (3.2)	1.5 **(0.5 - 1.0)*	3 - 10	----	3 - 10
FÓSFORO TOTAL (mg/L)	----	----	0.28	0.02 - 4.30 (0.34)	0.33 **(0.5 - 1.0)*	0.2 - 1.7 (0.6)	0.67 - 1.66	0.2 - 1.7
PLOMO (mg/L)	0.27	0.16 - 0.62	0.146	0.01 - 3.1 *(0.21)*	0.14 **(0.5 - 1.0)*	0.03 - 3.1 *(0.3)*	0.27 - 0.33	0.4
ZINC (mg/L)	----	0.36 - 0.62	0.490	0.01 - 3.68 (0.30)	0.16 **(0.5 - 1.0)*	----	0.135 - 0.226	----
ACEITES (mg/L)	----	2.0 - 7.0	3.3	0.09 - 2.8 (0.40)	----	----	----	----
COLIFORMES TOTALES (UFC/100 ml)	----	----	----	----	----	----	$10^3 - 10^8$	$10^3 - 10^8$
COLIFORMES FECALES (*E. Coli*) (UFC/100 ml)	----	----	2100	$400 - 5.10^5$ (6430)	----	----	----	----

Los valores entre paréntesis representan valores medios excepto los de [4], que representan coeficientes de variación.
[1] ALEMANIA, VARIAS FUENTES: Goettle (1978), paulsen (1984), Klein (1982), Grottker (1987), Durchschlag (1987), Grottker (1989), citados por MARSALEK, J. *et al* (1993), "Urban drainage systems: desing and operation", Wat. Sci. Tech.; Vol. 27, N° 12, pp 31-70.
[2] MARSALEK, J.; SCHROETER, H.O.; (1989), "Annual loadings of toxic contaminants in urban runoff from the Canadian Great Lakes Basin", J. Water Poll. Res. Canada 23, pp 360-378.
[3] ELLIS, J.B. (1989), "Urban Discharges and Receiving Water Quality Impacts (Adv. Wat. Poll. Control N° 7), Pergamon Press, Oxford
[4] NURP, (1983), "Final Report of the Nationwide Urban Runoff Program, vol. 1, Water Planning Division, US-EPA, Washington D.C., USA.
[5] NOVOTNY, V.; OLEM,,H. (1994), "Water quality: prevention, identification and management of diffuse pollution",Van Nostrand Reinhold, ISBN 0-442-00559-8.
[6] METCALF & EDDY, (1991), "Wastewater Engineering. Treatment, Disposal. Reuse"; Tercera Edición; McGraw- Hill International Editions, Civil Engineering Series. ISBN 0-07-100824-1.
[7] ELLIS, J.B. (1986), "Pollutional aspects of urban runoff", in Urban Runoff Pollution, Torno, H., J. Marsalek, y M. Desbordes, Eds., NATO ASI Series, Series G: Ecological Sciences, Vol 10, Springer- Verlag, Berlin.

Tabla 2.4. Características de la contaminación de aguas de escorrentía

Fuente: Iñaqui Tejero Monzón, Joaquín Suárez Lopez, Alfredo Jácome Burgos, Javier Temprano Gonzales, Introducción a la Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 2001.

2.2. Características y Composición.

Antes de mencionar los procesos y tipos de tratamiento que reciben las aguas residuales es importante conocer las características de las mismas ya que de acuerdo a esto se escogerá el tipo de tratamiento acorde a los componentes de estas aguas residuales.

Cabe señalar que no todas las aguas residuales son iguales, los componentes de las mismas son diferentes de acuerdo al uso que estas hayan tenido, los diferentes tipos fueron abordados anteriormente.

Así, existen tres características fundamentales que nos ayudarán en el estudio para la depuración de aguas residuales, estas son:

- Físicas.
- Químicas.
- Biológicas.

Para el análisis de las aguas residuales existen métodos cuantitativos, los que sirven para determinar la composición química de este tipo de agua, entre estos métodos cuantitativos se puede citar el físico-químico, gravimétrico y volumétrico, así mismo existen métodos cualitativos los mismos que sirven para conocer las características físicas y biológicas.

El agua residual en general consta de diversos contaminantes, los cuales tienen sus respectivas características, a continuación se citarán los mismos con su explicación:

Sólidos suspendidos: Son los responsables del desarrollo de depósitos de fango y condiciones anaeróbias (sin presencia de oxígeno).

Patógenos: Por medio de los organismos patógenos se pueden transmitir enfermedades.

Nutrientes: Se refiere al vertido de elementos como el fósforo, nitrógeno y carbono al agua, ya que esto produciría una vida acuática no deseada o la contaminación de aguas subterráneas en el caso de ser vertidos directamente en el suelo.

Contaminantes prioritarios: Pueden ser compuestos orgánicos o inorgánicos con ciertos parámetros de carcinogedicidad, mutagenicidad, teratogenicidad o toxicidad y que podrían estar presentes en las aguas residuales.

Materia orgánica biodegradable: Está compuesta de proteínas, grasas animales, esta materia orgánica biodegradable por lo general se la mide en función de la DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno) y de la DQO (Demanda Química de Oxígeno).

Materia orgánica refractaria: Este tipo de materia puede hacer resistencia a los tipos de tratamiento convencionales, como es el caso de los pesticidas en el uso agrícola por citar un ejemplo.

Sólidos inorgánicos disueltos: Para que el agua residual pueda ser reutilizada, el cual es uno de los objetivos fundamentales para que estas sean depuradas se deberán remover constituyentes inorgánicos tales como los sulfatos, sodio y calcio.

Metales pesados: Es necesario para que el agua residual pueda ser reutilizada remover ciertos metales pesados especialmente aquellos que se descargan durante procesos industriales.

Características Físicas.

Entre las principales características físicas presentes en el agua residual están la cantidad de sólidos presentes (suspendidos, sedimentables, disueltos), olor, temperatura, color, turbidez y densidad.

Sólidos Totales: Se conoce como sólidos totales a la materia que se obtiene luego de que el agua ha sido sometida a evaporación (103ºC – 105ºC), descartando a la materia perdida durante este proceso, los sólidos sedimentables son aquellos que se sedimentan luego de que la muestra de agua residual ha estado en el cono de Imhoff (recipiente cónico)(Figura. 2.1) por el lapso de una hora, esta medida expresada en mililitros sobre litro (ml/l) se aproxima a la cantidad de fango que se obtendrá en la decantación primaria del agua residual.

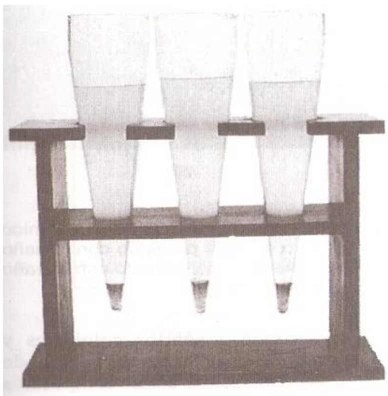

Figura.2.1. (Conos de Imhoff)

Fuente: Metcalf & Eddy, Ingeniería de Aguas Residuales, Tratamiento, vertido y reutilización, 1995

Los sólidos pueden clasificarse en filtrables o no filtrables que serían los sólidos en suspensión, para el proceso de separación se emplea por lo general un filtro Whatman con un tamaño nominal de poro de 1,2μm, sin embargo se puede utilizar también un filtro de membrana de policarbonato.[1]

Los sólidos disueltos están compuestos de moléculas orgánicas, inorgánicas e iones en disolución en el agua. No se puede eliminar la fracción coloidal por sedimentación. Así mismo, los sólidos ya mencionados pueden dividirse en función de su volatilidad (550ºC ± 50ºC), a estas temperaturas la fracción orgánica se oxidará y se convertirá en gas dando como resultado una fracción inorgánica en forma de ceniza. El análisis de sólidos volátiles usualmente se emplea para determinar la estabilidad biológica de fangos de aguas residuales.

A continuación se muestra una clasificación aproximada de los contenidos de un agua residual de concentración media (Fig. 2.2).

1

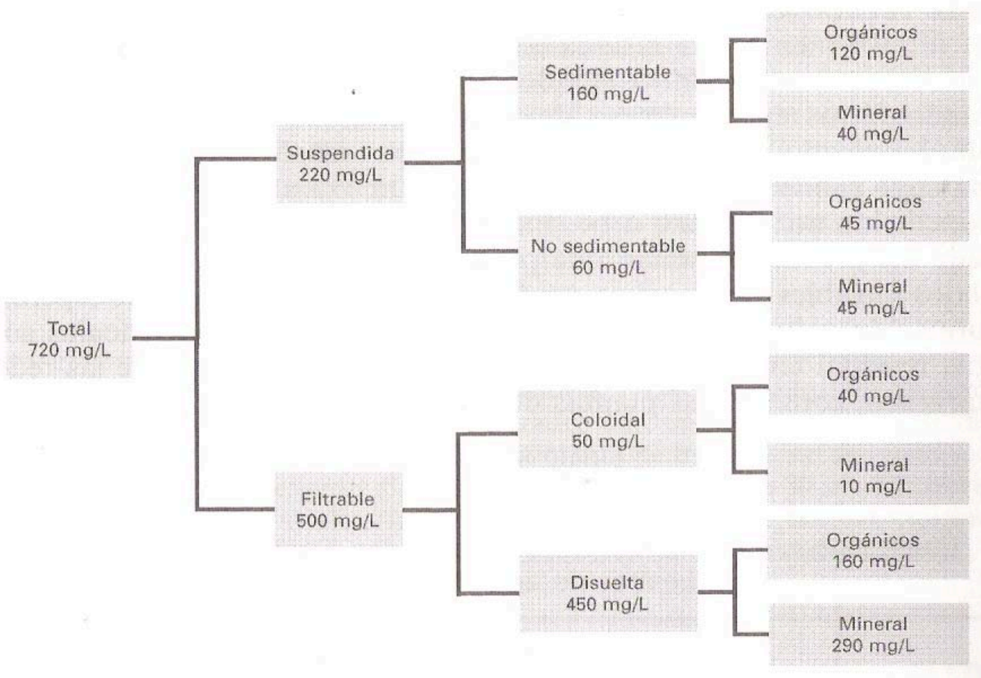

Figura 2.2. Concentraciones aproximadas para una agua residual de concentración media

Fuente: Metcalf & Eddy, Ingeniería de Aguas Residuales, Tratamiento, vertido y reutilización, 1995

Olor: Por lo general los olores presentes en las aguas residuales son producto de los gases que se liberan en el proceso en el cual se descompone la materia orgánica, este olor producido es muy desagradable, el cual se debe principalmente a la presencia de sulfuro de hidrógeno (H_2S) el cual se genera al convertirse los sulfatos en sulfitos por acción de microorganismos anaeróbios, en las aguas residuales de origen industrial pueden existir otras características.

Este aspecto que concierne a los olores es muy importante de tener en consideración al momento de diseñar y construir sistemas de alcantarillado sanitario y plantas de tratamiento debido a que las personas pueden ser afectadas en su calidad de vida por este problema. Los olores pueden detectarse en primer lugar por el sentido del olfato, el cual nos da aviso de cuando un olor es desagradable y también se lo puede hacer de manera instrumental con un medidor de sulfuro de hidrógeno portátil. También existen otros aparatos como el Olfatómetro triangular dinámico o el medidor de aromas para estudios de campo, entre los componentes que pueden ser detectados puede estar los aminoácidos, amoníaco y compuestos orgánicos volátiles.[1]

Temperatura: La temperatura en las aguas residuales es un factor muy importante, por lo general la temperatura de esta agua son mayores que las del agua potable, esto se debe principalmente a que el calor específico del agua es significativamente mayor que el del aire, con excepción en las épocas en donde hay mucho calor, dependiendo de la geografía del sitio, la temperatura de las aguas residuales varía entre 10ºC a 20ºC, por lo que 15º que es el valor intermedio sería un valor representativo.

La importancia de la temperatura en las aguas residuales se debe a la influencia que tiene sobre la vida acuática que se podría desarrollar en determinadas zonas, reacciones químicas y velocidades de reacción.

1

Una variación significativa en la temperatura del agua puede desencadenar la desaparición de la vida acuática así como aguas con temperaturas muy elevadas pueden dar como consecuencia aparición de hongos y plantas acuáticas.

Cabe señalar que entre 25ºC y 30ºC son temperaturas en las cuales el desarrollo de la actividad bacteriana estaría en su mejor momento.

Color: El color es un parámetro mediante el cual se pueden calificar las aguas residuales, lo que específicamente se refiere a la edad de la misma. En primera instancia el agua residual toma un color gris, sin embargo cuando las condiciones hacen que la presencia de oxígeno desaparezca esta agua va adquiriendo un color más oscuro hasta finalmente llegar a negra. Este color gris o negro por lo general se debe a la formación de sulfuros metálicos.

Turbidez: La turbidez de un agua se debe a la presencia de materias en suspensión, finamente divididas; arcillas, limos, partículas de sílice, materias inorgánicas, entre otras. La determinación de la turbidez tiene un gran interés como parámetro de control en aguas contaminadas y residuales. Se puede evaluar en el campo o en el laboratorio.

La turbidez en las aguas residuales es un parámetro indicador de la calidad de esta agua respecto a la materia residual y coloidal en suspensión. La medición de la turbiedad se realiza por medio de la comparación entre la intensidad de la luz dispersada en la muestra y la intensidad registrada en una suspensión de referencia en las mismas condiciones, la materia coloidal dispersa absorbe la luz lo cual impide su transmisión.

Densidad: La densidad es un parámetro definido por la relación entre la masa y el volumen, se puede expresar en diversas unidades, teniendo como las más usuales kg/m^3 y g/cm^3. De acuerdo a la densidad del agua residual se puede determinar la potencial formación de corrientes de densidad en fangos de sedimentación y demás instalaciones de tratamiento.

Características Químicas.

Básicamente las características químicas de las aguas residuales se las puede estudiar en tres partes que son: materia orgánica, materia inorgánica y los gases que se encuentran presentes en este tipo de aguas.

Materia Orgánica

De acuerdo a los sólidos presentes en una agua residual de concentración media se puede decir que aproximadamente el 75% de los sólidos suspendidos y el 40% de los sólidos filtrables son orgánicos, los cuales provienen en gran parte de plantas y animales, estos compuestos orgánicos están formados por la combinación de carbono, oxígeno e hidrógeno y en algunas ocasiones de nitrógeno. Así mismo, se puede detectar la presencia de otros elementos como el fósforo, azufre y el hierro, las sustancias orgánicas que se encuentran en mayor proporción son las proteínas con un porcentaje entre el 40 al 60%, los hidratos de carbono que se encuentran en un 25 al 50% y las grasas con un 10% aproximadamente, la úrea es un constituyente principal en las aguas residuales debido a que es un elemento que se encuentra en gran proporción en la orina.[1]

Además de los constituyentes orgánicos mencionados anteriormente, existen otros que están presentes pero en menor cantidad como las moléculas orgánicas sintéticas.

1

Los *Hidratos de carbono* están presentes en los azúcares, almidones, celulosa y fibra de madera, los mismos que forman parte de la composición de las aguas residuales, estos hidratos de carbono están formados por oxígeno, carbono e hidrógeno, los hidratos de carbono son algunos solubles en agua como es el caso de los azucares al contrario de lo que sucede con los almidones. Los azúcares tienden a descomponerse dando como resultado un efecto de fermentación produciendo alcohol y CO_2, los almidones en cambio son más estables pero terminan convirtiéndose en azúcares debido a la acción de las bacterias presentes y los ácidos minerales disueltos. [1]

La celulosa es el hidrato de carbono más importante en la composición de un agua residual, ya que su destrucción es un proceso que se desarrolla fácilmente en el terreno por la acción de hongos en condiciones donde el pH es bajo.

Las *proteínas,* son los componentes primarios dentro del organismo animal, siendo secundaria en los organismos vegetales, la composición química de las proteínas es compleja ya que se puede descomponer de diversas formas, unas son solubles en el agua y

1

otras son insolubles, los procesos químicos utilizados para la formación de proteínas son en combinación o cadena de aminoácidos.

El carbono es un elemento fundamental en las proteínas, común en todas las sustancias orgánicas, hidrógeno y oxígeno así como también una gran cantidad de nitrógeno, pueden tener también elementos como el azufre, hierro y fósforo, junto con la úrea, las proteínas son las responsables de la presencia de nitrógeno en las aguas residuales, así se concluye que grandes cantidades de proteínas son las generadoras de olores fuertes y desagradables en las aguas residuales.

Las *grasas*, que contemplan grasas animales y aceites es otro de los componentes de gran importancia en los alimentos y por ende lo será en las aguas residuales. El contenido de grasa es determinado por extracción de la muestra con triclorotrifluoretano, ya que la grasa es soluble en el mismo.

Los aceites y las grasas animales son compuestos de alcohol o glicerol y ácidos grasos. Las grasas en general alcanzan las aguas residuales en forma de mantequilla, manteca de cerdo, aceite vegetal, etc.

Las grasas son compuestos orgánicos de gran estabilidad, así que su descomposición por acción de bacterias no es nada fácil, sin embargo son atacadas por ácidos minerales, lo que hace que se forme glicerina y ácidos grasos. Cuando están presentes sustancias con pH elevado como es el caso del Hidróxido de Sodio (NaOH), la glicerina es liberada y se forman sales alcalinas junto con ácidos grasos.

Existen otros componentes como es el caso del keroseno, aceites lubricantes y derivados del petróleo, los cuales pueden ser vertidos al alcantarillado público provenientes de lugares como tiendas, restaurantes o talleres los cuales flotan en el agua residual en gran parte lo cual puede dar como resultado que exista materia flotante desagradable. Es por eso que actualmente se están usando sistemas como son las trampas de grasa (Figua. 2.3) para que estas aguas no sean vertidas directamente a la red de alcantarillado sino que tengan un tratamiento previo para que no existan problemas en el futuro.

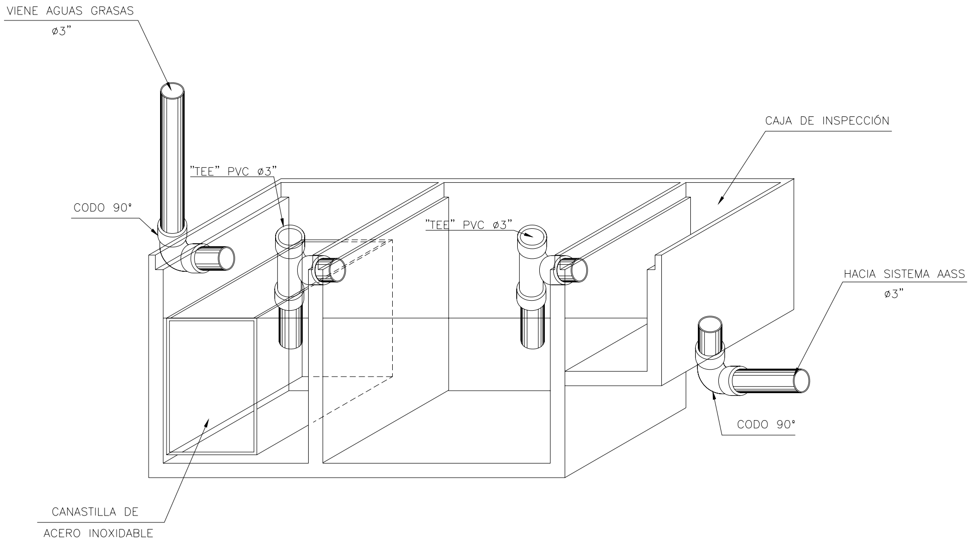

Figura. 2.3. Trampa de grasas

Es importante conocer acerca de los *agentes tensoactivos*, que son aquellos que están formados por moléculas de gran tamaño, ligeramente solubles en el agua y los responsables de la aparición de espuma en las plantas de tratamiento y en cuerpos de agua donde se descargan aguas residuales.

La agencia de protección del medio ambiente (EPA, Environmental Protection Agency) ha limitado el vertido de los aproximadamente 129 *contaminantes prioritarios*. La elección de que contaminantes deben ser clasificados como prioritarios se la ha realizado en función de su relación con procesos carcinógenos, mutaciones, teratomas o su alta toxicidad.

Los contaminantes de origen orgánico se pueden transformar, generar o transportar en las plantas de tratamiento y redes de alcantarillado, en estos procesos intervienen 5 parámetros que son: la volatización, degradación, adsorción, circulación y generación[1].

Entre los principales contaminantes prioritarios se tienen los siguientes: En los no metales están en Selenio y Arsénico, en los metales están el Cadmio, Bario, Mercurio, Plomo, Cromo y Plata, dentro de los compuestos orgánicos se puede citar al Benceno, Etil-benceno y Tolueno, dentro de los compuestos halógenos están el Clorobenceno, Cloroetano, Diclorometano y Tetraclorometano, en lo que respecta a pesticidas e insecticidas se tiene la Endrina, Lindano, Metoxicloro, Toxafeno y Silvex.

Los *compuestos orgánicos volátiles* son aquellos en los que su punto de ebullición está debajo de los 100ºC y una presión de vapor de 1mm Hg a 25ºC, estos compuestos tienen la propiedad de que cuando se encuentran en estado gaseoso su movilidad es mayor y pueden ser liberados al medio ambiente, sin embargo la presencia de estos compuestos en la atmósfera puede ser nociva para la salud, además, los compuestos orgánicos volátiles (COV´s) contribuyen al aumento de

1

hidrocarburos reactivos en la atmósfera. Hay que tener mucho cuidado con el vertido de estos compuestos ya que sus efectos son dañinos en la salud de las personas.

En cuanto a lo que respecta a *pesticidas y productos químicos de uso agrícola*, se puede decir que son tóxicos por lo que las aguas superficiales se pueden ver afectadas por esta toxicidad, las aguas residuales no están compuestas originalmente por estos elementos, sino que se incorporan a estas por medio de escorrentías lo cual puede dar como resultado la muerte de distintas formas de vida acuática y contaminación del agua.

Un factor muy importante a tomar en consideración es la *medida del contenido orgánico*, los métodos para llevar a cabo esta medición pueden ser los que sirven para determinar las concentraciones a nivel de traza, con concentraciones de entre 0,001mg/l a 1 mg/l, los primeros ensayos de laboratorio deben ser para determinar la DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno), la DQO (Demanda Química de Oxígeno) y COT (Carbono Orgánico Total), además se complementa el análisis con la DTeO (Demanda Teórica de Oxígeno)[1].

1

Como ensayos secundarios están los que se utilizan para determinar concentraciones a nivel de traza, por debajo de 1mg/l, en donde se aplican métodos instrumentales como la cromatografía de gases y la espectroscopía de masa. La determinación de las concentraciones de pesticidas se llevan a cabo mediante el método de extracción con carbono-cloroformo, que consisten en la separación de los contaminantes del agua haciendo pasar una muestra de agua por una columna de carbón activado.

A continuación se definirán los conceptos básicos de los elementos primordiales para la medición de materia orgánica:

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO): Es el parámetro que mas se emplea en lo que a contaminación se refiere, tanto para aguas superficiales como residuales es la DBO_5 que es la demanda bioquímica de oxígeno a los 5 días, su determinación se relaciona con la medición de oxígeno disuelto que consumen los microorganismos en el proceso de oxidación bioquímica de la materia orgánica. Los resultados que se obtienen a partir de los ensayos de la DBO son empleados para determinar la cantidad aproximada de oxígeno que se requerirá para estabilizar la materia orgánica presente, diseñar las plantas de tratamiento, medir eficacia de procesos y controlar el cumplimiento de las limitaciones a las que están sujetos los vertidos, sin embargo el ensayo que se usa actualmente para determinar la DBO tiene sus limitantes y se están haciendo estudios para mejorar el análisis de este importante parámetro, mientras tanto se debe seguir de la manera tradicional.

Se debe diluir convenientemente la muestra con una solución preparada de manera tal que se asegure la disponibilidad de nutrientes y oxígeno durante el periodo de incubación, por lo general se suele preparar algunas disoluciones para cubrir todo el intervalo de posibles valores de la DBO.

Cuando existen muestras con gran número de microorganismos, tal como sucede con las aguas residuales no se debe inocular las muestras, si es necesario se debe inocular el agua de dilución con un cultivo de bacterias aclimatado a la materia orgánica y demás compuestos que se encuentran en el agua residual. El periodo de incubación es por lo general de 5 días a una temperatura de 20ºC sin descartar hacer este periodo de incubación con diferentes tiempos de acuerdo a la conveniencia de las personas encargadas de llevar a cabo el análisis, pero procurando que la temperatura sea la misma[1].

1

Como se mencionó anteriormente, el ensayo para determinar la DBO tiene sus limitaciones, en la que se incluye la necesidad de disponer de una elevada concentración de bacterias activas y aclimatadas que hagan las funciones de inóculo, un pretratamiento cuando existan residuos con niveles de toxicidad y la reducción de los organismos nitrificantes, así como el tiempo requerido para la obtención de resultados. La gran limitación del ensayo es el hecho de que en el tiempo de 5 días puede que no se haya usado toda la materia orgánica soluble.

Demanda Química de Oxígeno (DQO): Este ensayo se lo utiliza para efectuar la medición de materia orgánica de aguas superficiales como de las residuales, en este ensayo se usa un agente químico oxidante en medio ácido que sirve para determinar el equivalente de oxígeno de la materia orgánica que pueda oxidarse. Un buen agente es el dicromato potásico que proporciona excelentes resultados, este ensayo debe hacerse a temperaturas elevadas. Es necesario utilizar un catalizador como el sulfato de plata que facilita la oxidación de determinados tipos de compuestos orgánicos. Así con el agente nombrado anteriormente la reacción química correspondiente sería:

$$\text{Materia orgánica } (C_xH_yO_z) + Cr_2O_7^{-2} + H^+ \xrightarrow[\text{Calor}]{\text{Catalizador}} Cr^{+3} + CO_2 + H_2O$$

Cuando se requiere medir la materia orgánica presente en las aguas residuales es necesario el ensayo de DQO tanto para aguas industriales como domésticas que contengan compuestos tóxicos, por lo general la DQO de una agua residual es mayor que su DBO, esto se debe al mayor número de compuestos cuya oxidación tiene lugar por vía química frente a los que se oxidan por vía biológica.

Carbono Orgánico Total (COT): Es un método que sirve también para determinar la materia orgánica que se encuentra presente en el agua, se lo usa para concentraciones pequeñas de materia orgánica. El ensayo usado para determinar el COT se lo realiza inyectando una cantidad conocida de la muestra en un horno a temperatura elevada o en un medio de oxidación, por medio de un catalizador el carbono orgánico se oxida a anhídrido carbónico. La aireación y acidificación de la muestra antes del análisis elimina los posibles errores por presencia de carbono inorgánico, si se encuentran presentes en la muestra compuestos orgánicos volátiles (COV) se deja a un lado el proceso de aireación para evitar su separación, sin embargo algunos compuestos orgánicos puede que no se oxiden por lo que los valores de los compuestos orgánicos totales sean un poco inferiores en la práctica.

Demanda Teórica de Oxígeno (DTeO): Por lo general la materia orgánica que componen las aguas residuales, proviene de combinaciones de carbono, oxígeno, nitrógeno e hidrógeno, los principales componentes de este tipo son los hidratos de carbono, proteínas y grasas, así como los productos que resultan de las descomposición de los mismos.

Materia Inorgánica.

Tanto aguas residuales como naturales constan de componentes inorgánicos, los cuales determinan la calidad de las mismas, las concentraciones de constituyentes inorgánicos aumentan debido al proceso de evaporación que elimina un porcentaje del agua superficial y deja las sustancias inorgánicas en el agua, existen algunos parámetros importantes que son necesarios analizar para entender mejor lo descrito anteriormente.

pH: Este parámetro es de gran importancia que determina la calidad ya sea de aguas residuales como de aguas naturales, cuando un agua residual tiene una concentración inadecuada del ión hidrógeno presentará problemas con procesos biológicos y modificar la concentración de este ión hidrógeno en el sitio de descarga. La escala indicadora del pH varía de 0 a 14 en donde los valores menores a 7 representan sustancias ácidas, las sustancias que tienen un pH igual a 7 se las conoce como neutras y las que tienen un valor mayor a 7 son conocidas como alcalinas o básicas.

El pH de los sistemas acuosos puede ser medidos con un pH-metro, también existen soluciones indicadoras y papeles que cambian de color de acuerdo al pH de la solución en donde se los aplica.

Cloruros: Las aguas residuales ya sean de proveniencia doméstica o industrial poseen cloruros, de la misma forma las aguas naturales tienen cloruros provenientes de la disolución de suelos y rocas.

Una principal fuente de cloruros son las heces humanas, el problema radica en que los métodos convencionales en el tratamiento de las aguas residuales no han tenido en cuenta la eliminación significativa de estos cloruros.

Nitrógeno: El nitrógeno es un elemento escencial que sirve para el crecimiento de protistas y plantas, por lo que se le denomina también como nutriente, es así que cuando el contenido del mismo no es suficiente debe añadírselo para que el agua residual sea tratable. El contenido total en nitrógeno está compuesto por nitrógeno orgánico, amoníaco, nitrito y nitrato.

Fósforo: Este elemento es fundamental para el crecimiento de algas y otros organismos biológicos, por motivo de que en aguas superficiales existen grandes proliferaciones de algas es necesario encontrar una manera de limitar la cantidad de fósforo que alcanzan estas aguas, por medio de vertidos de aguas, así como de la escorrentía natural. El fósforo puede presentarse en soluciones acuosas como ortofosfato, polifosfato y fosfatos orgánicos.

Azufre: El azufre está presente tanto en el agua potable como en las aguas residuales, es necesario contar con él, para la síntesis de proteínas, el mismo que será liberado en la degradación de estas. Los sulfatos se reducen a sulfuros y a sulfuros de hidrógenos bajo la acción de bacterias en ausencia de oxígeno. Se muestra a continuación las reacciones típicas de estos procesos:

$$\text{Materia orgánica} + SO_4^{-2} \underset{\text{bacteria}}{\rightarrow} S^{-2} + CO_2 + H_2O$$

$$S^{-2} + 2H^{+} \rightarrow H_2S$$

Compuestos Tóxicos Inorgánicos: Existen cationes que son fundamentales en el tratamiento de las aguas residuales, entre estos compuestos, considerados algunos como contaminantes prioritarios se pueden citar al plomo, cobre, plata, arsénico, cromo y boro. También están presentes algunos aniones tóxicos como los cianuros y cromatos que provienen de los vertidos industriales, el ión fluoruro también puede aparecer con frecuencia en las aguas residuales de industrias dedicadas a la fabricación de componentes electrónicos.

Metales Pesados: Entre los metales que se encuentran con mayor frecuencia en las aguas residuales están el Manganeso, Plomo, Níquel, Cadmio, Zinc, Cromo, Hierro y Mercurio, algunos de estos metales se los considera como contaminantes prioritarios. Muchos de estos metales pesados son necesarios para el desarrollo de la vida biológica, cantidades excesivas de estos metales puede limitar los usos del agua.

Gases

Dentro de los gases que están presentes en mayor proporción en las aguas residuales están el oxígeno, nitrógeno, dióxido de carbono, amoníaco, sulfuro de hidrógeno y metano. Existen otros gases que se encuentran en menor proporción pero que de igual forma son necesarios tener en cuenta como es el caso del cloro, ozono los óxidos de azufre y nitrógeno.

Oxígeno disuelto: Este parámetro es muy importante para la respiración de los microorganismos aerobios y otras formas de vida, la cantidad de oxígeno y demás gases que puedan estar presentes en la solución está limitada a los siguientes factores: solubilidad del gas, presión parcial del gas en la atmósfera, temperatura y pureza del agua.

Metano: Este gas resulta de la descomposición anaerobia de la materia orgánica presente en el agua residual, es un hidrocarburo combustible de gran valor energético, inodoro e incoloro. Por lo general no está presente en gran proporción en el agua residual, ya que pequeñas cantidades de oxígeno pueden resultar tóxicas y afectar a los organismos responsables de producir metano.

El metano es altamente combustible y por ende tiene el riesgo de que haya una explosión, es por eso que la cámaras de inspección y empalmes de alcantarillas en donde exista la posibilidad de acumulación de gas deberán ser aireados. En las plantas de tratamiento el metano se crea en los procesos anaeróbicos que se utilizan para la estabilización de los fangos de aguas residuales.

Sulfuro de hidrógeno: Este gas posee las propiedades de ser incoloro, inflamable, con un olor bastante desagradable, el oscurecimiento del agua residual se debe por lo general a la formación de Sulfuro de Hidrógeno el cual se combina con el hierro presente para formar Sulfuro Ferroso y otros sulfuros metálicos.

Características Biológicas.

Los principales parámetros biológicos de las aguas residuales son los siguientes: microorganismos biológicos, organismos patógenos presentes y ensayos de toxicidad.

Microorganismos: Los principales grupos de microorganismos presentes en aguas, ya sean residuales o superficiales se clasifican en organismos eucariotas, eubacterias y arquebacterias, la mayor parte de los organismos pertenecen a las eubacterias.

La categoría protista, dentro de los organismos eucariotas incluye algas, protozoos y hongos, los animales vertebrados e invertebrados se los conoce como eucariotas multicelulares. Los virus presentes en el agua residual se clasifican en función del sujeto infectado.

Organismos Patógenos: Estos organismos están presentes en las aguas residuales y pueden proceder de deshechos humanos infectados o que tengan cierta enfermedad.

En la tabla 2.5 se muestran las principales clases de organismos patógenos presentes en el agua residual doméstica. Entre las enfermedades típicas que causan los organismos patógenos están la tifoidea, diarrea y cólera.

Los organismos patógenos están presentes en las aguas residuales en cantidades pequeñas y resultan difíciles de identificar, razón por la cual se emplea el *organismo coliforme* como indicador ya que su presencia es mayor y de fácil comprobación.

Los seres humanos evacuan entre 100000 y 400000 millones de organismos coliformes diariamente, es por eso que la presencia de coliformes puede dar como resultado la presencia de patógenos[1].

1

Organismo	Enfermedad	Comentario
Bacteria		
Escherichia coli (enteropatogénica)	Gastroenteritis	Diarrea
Legionella pneumophila	Legionelosis	Enfermedades respiratorias agudas
Leptospira (150 esp.)	Leptospirosis	Leptospirosis, fiebre (enfermedad de Weil)
Salmonella typhi	Fiebre tifoidea	Fiebre alta, diarrea, úlceras en el intestino delgado
Salmonella (1700 esp.)	Salmonelosis	Envenenamiento de alimentos
Shigella (4 esp.)	Shigelosis	Disentería bacilar
Vibrio cholerae	Cólera	Diarreas fuertes, deshidratación
Yersinia enterolítica	Yersinosis	Diarrea
Virus		
Adenovirus (31 tipos)	Enfermedades respiratorias	
Enterovirus (67 tipos)	Gastroenteritis, anomalías cardíacas, meningitis	
Hepatitis A	Hepatitis infecciosas	Leptospirosis, fiebre
Agente Norwalk	Gastroenteritis	Vómitos
Reovirus	Gastroenteritis	
Rotavirus	Gastroenteritis	
Protozoos		
Balantidium coli	Balantidiasis	Diarrea, disentería
Crytosporidium	Criptosporidiosis	Diarrea
Entamoeba histolytica	Ameabiasis	Diarreas prolongadas con sangre
Giardia lamblia	Giardiasis	Diarreas, naúseas, indigestión
Helmintos		
Ascaris lumbricoides	Ascariasis	Infestación de gusanos
Enterobius vericularis	Enterobiasis	Gusanos
Fasciola hepática	Fasciolasis	Gusanos
Hymenolepis nana	Hymenlepiasis	Tenia enana
Taenia saginata	Teniasis	Tenia (buey)
T.solium	Taniasis	Tenia (cerdo)
Trichuris trichiura	Trichuriasis	Gusanos

Tabla 2.5. Agentes infecciosos potenciales en el agua doméstica residual bruta

Fuente: Metcalf & Eddy, Ingeniería de Aguas Residuales, Tratamiento, vertido y reutilización, 1995

Así mismo, existen otros tipos de organismos que pueden ser considerados como indicadores de la contaminación del agua, se han desarrollado ensayos que sean capaces de diferenciar entre coliformes totales, coliformes fecales y estreptococos fecales. En la tabla 2.6 se muestran los organismos que se emplean para establecer criterios de calidad de las aguas y sus usos.

Usos del agua	Organismo indicador
Agua potable	Coliformes totales
Actividades lúdicas en agua dulce	Coliformes fecales E.coli Enterococos
Actividades lúdicas en agua salada	Coliformes fecales Coliformes totales Enterococos
Zonas de crecimiento de moluscos	Coliformes totales Coliformes fecales
Irrigación agrícola	Coliformes totales (agua reutilizada)
Desinfección de efluentes de aguas residuales	Coliformes totales Coliformes fecales

Tabla 2.6. Organismos indicadores empleados para la determinación de criterios de rendimiento para diferentes usos del agua

Fuente: Metcalf & Eddy, Ingeniería de Aguas Residuales, Tratamiento, vertido y reutilización, 1995

Ensayos de Toxicidad.

Estos ensayos tienen como objetivo la constatación de la aptitud de las condiciones ambientales para el desarrollo de las determinadas formas de vida acuática, establecimiento de concentraciones aceptables de los diferentes parámetros convencionales en las aguas receptoras, estudio de la influencia de los parámetros de calidad del agua sobre la toxicidad de esta, constatación de la toxicidad de las aguas residuales para múltiples variedades de especies de peces, establecimiento de la sensibilidad relativa de un conjunto de organismos acuáticos determinado a los efluentes y contaminantes habituales, determinación del nivel de tratamiento de las aguas residuales para alcanzar los límites permitidos, determinación de la efectividad de los procesos de tratamiento de aguas residuales, establecimiento de los límites autorizados de descargas de efluentes y la determinación del cumplimiento de la legislación relativa a la conservación de la calidad del agua.

En la actualidad aparte de determinar los contaminantes habituales de las aguas residuales se ha dado una gran importancia a la determinación de sustancias tóxicas en este tipo de aguas, los primeros análisis que se efectúan son aquellos de criterio químico-específico. Si se analizarán las miles de sustancias tóxicas que podrían estar presentes en una agua esto resultaría muy costoso, es por eso que se hace un ensayo del efluente global en el que intervienen organismos acuáticos, el cual es un ensayo directo y económico para determinar la toxicidad.

Composición de las aguas residuales.

Las aguas residuales se componen de constituyentes físicos, químicos y biológicos, los mismos que fueron analizados anteriormente. Existen constituyentes típicos encontrados en el agua residual doméstica, así, de acuerdo a la concentración de estos constituyentes se pueden clasificar como agua residual concentrada, media o débil. El líquido séptico es el fango producido en los sistemas de evacuación de aguas residuales individuales, como es el caso de las fosas sépticas, en la Tabla 2.7 se pueden observar ciertas características del líquido séptico.

Los datos sobre el incremento en el contenido en minerales de las aguas residuales como consecuencia de los usos del agua y las variaciones de los incrementos dentro de la red de alcantarillado, son especialmente importantes a la hora de evaluar la posibilidad de reutilizar las aguas residuales. El aumento de la cantidad de minerales presentes son consecuencia del uso doméstico del agua, de la adición de agua con gran contenido de minerales procedentes de pozos privados y aguas subterráneas, así como el uso industrial. Los ablandadores de aguas domésticas e industriales contribuyen también a aumentar el contenido mineral del agua residual y en algunas zonas, pueden representar la mayor parte del mismo.

Las técnicas de muestreo utilizadas en el estudio de aguas residuales deben asegurar la obtención de muestras representativas debido a que los datos que se deriven de los análisis de estas muestras serán la base para el proyecto de las instalaciones del tratamiento de las mismas. El muestreo debe ser de acuerdo a la situación presente, no existe un método único, así, si el agua residual es de una composición compleja se deberá proceder de una manera especial. Es decir, hay que seleccionar de manera correcta los puntos de muestreo y determinar el tipo y frecuencia de muestra.

Constituyente	**Intervalo**	**Valor típico**
Sólidos totales (ST)	5000-100000	40000
Sólidos en suspensión (SS)	4000-10000	15000
Sólidos en suspensión volátiles (SSV)	1200-14000	7000
DBO_5 a 20ºC	2000-30000	6000
DQO	5000-80000	30000
Nitrógeno Kjedhal total (NKT como N)	100-1600	700
Amoníaco, NH_3 como N	100-800	400
Fósforo total, como P	50-800	250
Metales Pesados (Fe, Zn, Al)	100-1000	300

Tabla 2.7. Características del líquido séptico

Fuente: Metcalf & Eddy, Ingeniería de Aguas Residuales, Tratamiento, vertido y reutilización, 1995,

Comentario.

El diseño que se propone en nuestro tema de tesis es un humedal artificial de flujo libre, que se encargaría de depurar las aguas residuales provenientes generalmente de las viviendas del recinto San Eloy (aguas residuales domésticas). Estas aguas contienen contaminantes principalmente gérmenes patógenos, materia orgánica, detergentes, grasas, etc., producto de las necesidades biológicas de los habitantes del sitio (heces, orina, limpieza en general, etc).