



ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL II LIQUIDOS

ING. JOSÉ MÁRQUEZ

"Una nación que falla en planificar inteligentemente el desarrollo y protección de sus aguas, estará condenada a debilitarse a causa de su ceguera. Están claras las duras lecciones de la historia, escritas en las desiertas arenas y ruinas de orgullosas civilizaciones de la antigüedad"

L.B. Johnson 1968

Sirvan estas palabras de introducción al 2do capítulo sobre Estudio de Impacto Ambiental que comenzáramos en el N° 3 de nuestra revista Ingeniería Industrial. Empezamos el artículo con la estructura del Estudio de Impacto Ambiental" que sirve de marco y guía al artículo y rogamos al lector ir a la Bibliografía en casos que necesite complementar ya que la magnitud del tema no permite tratarlo con la profundidad que el autor hubiera deseado.

Dejamos para los siguientes artículos los temas referentes a Emisiones gaseosas y los tópicos de preservación del Entorno de vital importancia para completar un "Estudio de Impacto Ambiental"

"Está prohibido verter o emitir cualquier residuo sólido, líquido o gaseoso que pueda contaminar las aguas, causando daños o poniendo en peligro la salud humana o al normal desarrollo de la flora o fauna o comprometiendo su empleo para otros usos, podrán descargarse únicamente cuando:

- a) Sean sometidos a los necesarios tratamientos previos
- b) Se compruebe que las condiciones del receptor permitan los procesos naturales de purificación.
- c) Se compruebe que con su lanzamiento submarino no se causará perjuicio a otro uso; y
- d) En otros casos que autorice el reglamento

Ley general de aguas art. 22 24/10/69

Los desagües y afluentes provenientes de la industria, deberán ser evacuados preferentemente en redes o canales especialmente construidos para estos fines, permitiéndolo hacerlo a las redes y alcantarillados de las poblaciones, solamente previo los tratamientos requerido para evitar el deterioro de dichas redes. En todos los casos no podrán contaminar ni polucionar las aguas superficiales o subterráneas ni las capas acuíferas, así como los terrenos de cultivo y los potencialmente cultivables

Reglamento Ley General Aguas Art. 143
DS 261-69 AP

Las primeras preocupaciones sobre la contaminación de las fuentes de aguas provienen de los países europeos donde los estragos causados por la contaminación de aguas residuales industriales aunados a los incipientes trabajos de tratamiento de aguas municipales contaminaron visiblemente los rios y algunos lagos y mares interiores hasta llegar a la posición actual en la que Europa lidera el control de las corrientes de agua, y, que en pocas palabras podemos sintetizar así: "Toda agua usada por grupo humano o industrial deberá regresar a su fuente en las mismas condiciones bio y fisico químicas como fueron tomados", es decir: "NO CONTAMINAR".

Las restricciones comenzaron a ajustarse desde 1960 y en la década del 70' se consolidó el control del agua, al no poder tolerar ya las poblaciones, la espuma ocasionada por los desagües humanos restringiendo el uso de los detergentes no biodegradables y la consecuente EUTROFICACION (crecimiento desmesurado de las algas) de los rios como el Rhin y el Mosa ó el Sena, los costos para potabilizar las aguas de las ciudades que los mismos sirven, subieron tremendamente lo que obligó a reducir la polución en las fuentes de producción como única fórmula de solución.

Por otro lado las mareas negras de los derrames de Petróleo sobre el mar, unifica al mundo en torno a un problema común: La eliminación de

ESTRUCTURA DEL ESTUDIO AMBIENTAL

1. INTRODUCCION Y ANTECEDENTES
2. EL PROYECTO
 - 2.1. DESCRIPCION DEL PROYECTO Y SUS ALCANCES
 - 2.1.1. DIAGRAMA DE BLOQUES CUANTITATIVO.
 - 2.1.2. DOP DEL PROCESO Y DOPS DE PLANTAS AUXILIARES.
 - 2.1.3. DIAGRAMAS DE FLUJO.
 - 2.1.4. DISTRIBUCION GENERAL DE PLANTA Y DE EMISIONES.
3. UBICACION DEL PROYECTO
 - 3.1. SITUACION GEOGRAFICA.
 - 3.2. TOPOGRAFIA DEL LUGAR Y EL ENTORNO.
 - 3.3. POBLACIONES CERCANAS.
 - 3.4. LA ATMOSFERA, DIRECCION PREDOMINANTE DEL VIENTO Y SU VELOCIDAD.
 - 3.5. CORRIENTES DE AGUA, ACOMETIDAS ESTUDIO DE LA NAPA FREATICA.
 - 3.5.1. ALCANTARILLADO, LUVIAS, DESAGUE MUNICIPAL.
 - 3.6. SERVICIO MUNICIPAL DE TRANSPORTE Y DISPOSICION DE RESIDUOS SOLIDOS, RELLENO SANITARIO.
4. IMPACTO AMBIENTAL DE LA INDUSTRIA
 - 4.1. FUENTES DE EMISION.
 - 4.1.1. DISPOSICION DE CONTAMINANTES SOLIDOS.
 - 4.1.2. ESTUDIO DEL DESPERDICIO Y LA BASURA, DISTRIBUCION DEL BASURAL, COSTO DE LA DISPOSICION DE BASURA INDUSTRIAL, RELLENOS SANITARIO.
 - 4.1.3. CREMACION O CALCINACION DE RESIDUOS INDUSTRIALES.
 - 4.1.4. AGUAS RESIDUALES.
 - 4.1.4.1. FUENTES DE CONTAMINACION.
 - 4.1.4.2. AGUAS CLOCALES, RED DE DISPOSICION AL DESAGUE MUNICIPAL, POZO SEPTICO.
 - 4.1.4.3. DESAGUE INDUSTRIAL, TRATAMIENTO SEPARACION DE LODOS, DISPOSICION DE AGUA, DISPOSICION DE SOLIDOS EN SUSPENSION.
 - 4.1.4.4. CARACTERISTICAS DEL EFLUENTE, DIAGRAMA DE FLUJO DEL TRATAMIENTO DEL AGUA LISTA DE EQUIPOS, COSTO DEL TRATAMIENTO DE AGUA.
 - 4.1.4.5. EFECTOS SOBRE LOS CURSOS DE AGUA.
 - 4.1.5. EMULSIONES GASEOSAS, HUMOS Y POLVOS.
 - 4.1.5.1. CONCENTRACIONES MAXIMAS.
 - 4.1.5.2. ALTURA Y DISPOSICION DE CHIMENEN DE EMISION.
 - 4.1.5.3. INFLUENCIA DE LA POBLACION O SITIOS DE INTERES DEL ENTORNO, DISIPACION DE CONTAMINANTES.
 - 4.1.6. EMISIONES ETEREAS.
5. PRESERVACION DEL ENTORNO.
 - 5.1. RECURSOS NATURALES USADOS.
 - 5.2. EL COSTO DE LA PRESERVACION AMBIENTAL.
 - 5.3. EL COSTO DE TRATAMIENTO.
 - 5.4. LA CALIDAD AMBIENTAL Y SU CONTROL.
6. CONCLUSIONES.
7. RECOMENDACIONES.
8. BIBLIOGRAFIA.

la contaminación del agua en el origen.

En 1972, la Environmental Protection Agency "EPA" en EE.UU. elabora el acta original respecto al control del desagüe municipal e industrial, y en 1990 el Congreso Americano legisla ajustando más estos límites que en 1991 el EPA hace aplicar en todo EE.UU. como ley federal. Desafortunadamente en nuestro medio si bien el Estado se ha preocupado del control del agua y desagüe desde la década del 60 y la dación de la ley de Aguas de 1987, se ha permitido el uso y abuso de nuestras vías de agua hasta convertir las aguas abajo del río Rimac en un desagüe y el mar litoral frente a la capital en un real albañal. La incipiente industria deberá ahora ceñirse a la Ley e indudablemente nuestras aguas municipales deberán ser tratadas antes de su disposición a los diferentes cursos de agua.

A modo de referencia daré la relación de contaminantes líquidos pero antes debemos de puntualizar que ellos no pueden llegar a ningún curso de agua sin su depuración prolija en cumplimiento de los requerimientos del cuadro 4.1.1.

Debemos puntualizar que está

dentro de nuestra responsabilidad gerencial el que líquidos contaminantes puedan llegar a los cursos de agua por negligencia, accidente o lavado por lluvias o causas meteorológicas.

Las limitaciones de uso de agua se encuadran en 4-1-I y la figura 4-1-II doy además el cuadro 4-1-III de disposición de lodos o sólidos provenientes de lodos industriales para esparciar en terrenos "no eriazos".

4.1.4.A Fuentes de contaminación

En el estudio se indicará el diagrama de flujo de usos del agua y los subsecuentes desagües generados indicando en cada caso las posibilidades de contaminación debido al uso en el proceso o a causas accidentales.

Los usos industriales del agua son:

a) Como agua de recirculación y enfriamiento

Sólo se puede contaminar accidentalmente pero está sujeta a tratamiento propio para impedir la formación de algas e incrustaciones. Probablemente estas aguas estén cargadas de fosfatos solubles y sales solubles de cobre con concentraciones elevadas de Clo. Como práctica se envía al desagüe una can-

CONTAMINANTES	1)	Aguas servidas
	2)	Desagües o Efluentes Industriales no contaminantes
LIQUIDOS	3)	Líquidos orgánicos
	4)	Soluciones Inorgánicas
	5)	Lodos provenientes de la disposición desagües inorgánicos
	6)	Otros líquidos orgánicos viscosos

LEGISLACION AGUAS POTABLES

Cuadro comparativo de normas de calidad de las aguas

PAIS	NORMAS INTERNACIONALES	C.E.E.			EE.UU.	CANADA
Referencias	aplicadas en Gran Bretaña, Irlanda, Dinamarca, Finlandia, Austria, Nigeria, Sudáfrica O.M.S. 1972	Extracto del J.O. des Communautés Européennes nº C.214/6 a 11 del 18/9/75 Directrices			Federal Register 24/12/75 nº 248 vol.40 y del 8/7/76 nº133 vol.41 Environmental Regulation Handbook 1976	normas y objetivos del agua potable en Canadá Octubre 1969
Parámetros	Concentraciones máximas o mínimas-máximas	Nivel guía	máximas	mínimas	Concentraciones máximas o mínimas-máximas	Concentraciones máximas o mínimas-máximas
1 Factores organolépticos: Color Pt mg/l Turbiedad Sílice mg/l Temperatura °C	12	5 5 25	20 10		3-15 1-5	15 5
2 Factores fisicoquímicos: pH Conductividad µS/cm		6,5-8,5 400	9,5 1250	8		6,5-8,3
Dureza °f Calcio mg/l Magnesio mg/l Sodio mg/l Potasio mg/l Aluminio mg/l		35 100 30 <20 ≤10		10 10 5	80-100 80-100 (1)	18 200 150
Sulfatos SO ₄ mg/l Cloruros Cl ⁻ mg/l Cloro libre mg/l Nitratos NO ₃ mg/l NO ₃ + NO ₂ en N mg/l	200-400 45	5 5	250 200		(1) 250 250 0,2 - 0,3 45 10	500 250 10
Nitros NO ₂ mg/l Amoníaco NH ₃ mg/l Nitrógeno Kjeldahl mg/l Sílice mg/l		0,05 0,05	0,1 0,5 0,5			0,5 (en N)
Extracto al cloroformo			5 mg/l además del contenido natural		0,2 - 0,7	0,2
3 Factores biológicos: Oxígeno disuelto mg/l Oxidabilidad al KMnO ₄ mg/l Extracto seco a 110°C mg/l		5 1	5		0,2	0,5
4 Factores indeseables o tóxicos: Plata mg/l Arsénico mg/l Bario mg/l	0,05		0,01 0,05 0,1		0,05 0,05 1	0,05 0,01 - 0,5 1
Boro mg/l Cadmio mg/l Cianuros mg/l Cromo total mg/l	0,01 0,05		0,005 0,05 0,05		0,01 (1) 0,01 - 0,2	5 0,01 0,01 - 0,2
Cromo VI mg/l Cobre mg/l Flúor mg/l Hierro mg/l	1,5		0,1 0,3		0,05 0,2 - 1 (2) 1,4 - 2,4 0,05 - 0,3	0,05 1 0,3
Mercurio mg/l Manganeso mg/l Níquel mg/l	0,001	0,02 0,005	0,001 0,05 0,05		0,002 0,01 - 0,05	0,05

LEGISLACION AGUAS POTABLES

Cuadro comparativo de normas de calidad de las aguas

PAIS	NORMAS INTERNACIONALES	C.E.E			EE.UU.	CANADA
Referencias	aplicadas en Gran Bretaña, Irlanda, Dinamarca, Finlandia, Austria, Nigeria, Sudáfrica O.M.S. 1972	Extracto del J.O. de las Comunidades Europeas nº C 214/6 a 11 del 18/9/75 Directivas			Federal Register 24/12/75 nº 248 vol.40 y del 9/7/76 nº 133 vol.41 Environmental Regulation Handbook 1976	normas y objetivos del agua potable en Canadá Octubre 1969
Parámetros	Concentraciones máximas o mínimas-máximas	Nivel guía	máximas	mínimas	Concentraciones máximas o mínimas-máximas	Concentraciones máximas o mínimas-máximas
Fósforo mg/l	0,1	0,3	2		0,05	0,002 (PO ₄) 0,05 0,05
Plomo mg/l			0,05			
Sulfuro de hidrógeno mg/l			0			
Tiosulfatos mg/l	0,01		0,01		0,01	0,01
Antimonio mg/l			0,01			
Selenio mg/l			0,1-2			
Cinc mg/l			5			
Aceites - grasas mg/l	0,01		0,01		5	0,002
Uranilo UO ₂ mg/l			0,0002			
Hidrocarburos mg/l			0,0005			
Fenoles mg/l			0,1			
Detergentes (ABS) mg/l			0,0005			
Pesticidas y asimilados total: por sustancia:			0,0001			
Aldrine mg/l					0-0,001	0-0,017
Chlordane mg/l					(3) 0,003	0-0,003
DDT mg/l					0-0,05	0-0,042
Dieldrine mg/l					0-0,001	0,017
Endrine mg/l	0,002				0,0002	0-0,01
Heptacloro mg/l					(3) 0,0001	0-0,18
Lindane mg/l					0,004	0,056
Metoxicloro mg/l					0,1	0,035
Carbamatos mg/l						0,1
Toxafeno mg/l					0,005	0,005
Clorsimoxey 24.D y 245 TP Sibrex mg/l					0,1	0,1
Organoclorados, otros mg/l					0,01	
Organofosforados mg/l	0,1					
5 Factores microbiológicos:	0	0	0		1-4	1-100
Coliformos totales /100 ml						
Coliformos fecales /100 ml						
Bacterias aerobias /1 ml						
Gémenes patógenos	0	0	0			
6 Radiactividad:					5	< 10
Radio 226-228 pCi/l						
Estroncio 90 Ci/l						
α pCi/l						
β pCi/l						
Fotones	4					
					(1) Decisión en diciembre 1976 (2) Función de la temperatura ambiente (3) Retirada temporal de las normas	

tividad constante para compensar la concentración de sales causadas por la evaporación y recibe un gasto continuo de agua (Make Up).

b) Como agua de ayuda en el proceso

Puede contener cantidades substanciales de sales orgánicas o inorgánicas solubles y/o suspendidos son factibles de tratamiento.

c) Residuos de lavados de tratamientos de intercambio iónico (ablandadores, deionizados, osmosis reversa, etc) pueden ser aguas ricas en Cloruros, Acidos o Bases. Deben ser enviadas a la poza de igualación para su tratamiento.

d) Como purgas de Calderos y otros elementos de tratamiento térmico.

Pueden ser aguas ricas en iones de Ca o Mg sin embargo su mayor fuente de contaminación será la térmica.

e) Residuos de lavado y limpieza, pueden ser las más contaminantes del sistema y su pretratamiento será específico de cada industria.

f) Derrames y accidentes

En el estudio deberán indicarse las causas y los lugares de los probables derrames y accidentes que puedan contaminar el sistema de tratamiento de desagues.

4.1.4.B Aguas Cloacales.- Son las aguas provenientes del uso humano sanitario, baños, urinarios, duchas, etc. por regla general pueden ser enviados

TABLA 4-1-IB

CONCENTRACION DE CONTAMINANTES QUE HACEN NECESARIO TRATAMIENTO PRIMARIO DEL DESAGUE

CONTAMINANTE O CONDICION	CONCENTRACION LIMITANTE	CLASE DE TRATAMIENTO
Sólidos Suspendidos	> 50-125 mg/l	Sedimentación flotación laguna
Aceite o grasa	> 35-50 mg/l	Tanque de espumado o separador
Iones tóxicos Pb	≤ 0.1 mg/l	Precipitaciones con cal o intercambio iónico
Cu + Ni + CN	≤ 1 mg/l	
Cr ⁶⁺ + Zn	≤ 3 mg/l	
Cr ³⁺	≤ 10 mg/l	
pH	6 - 9	Neutralización
Alcalinidad	0.230 gr de CO ₂ /Cu/lb BOD removida	Neutralización por alcalinidad excesiva
Acidez	Acidez mineral libre	Neutralizadora
Variación de carga orgánica	> 2:1 - 4:1 (a)	Nivelación oxidación
Sulfuros	> 100 mg/l	Precipitación o refinado y recuperación
Fenoles	> 70-300 mg/l (b)	Extracción, absorción, dilución interna
Amonio	> 1.6 g/l	Dilución, intercambio iónico, ajuste de pH
Sales Disueltas	> 10-16 g/l	Dilución, intercambio iónico
Temperatura	13-38°C	Enfriamiento

(a) Niveles pueden ser mayores si son los mismos constituyentes básicos.

(b) Pueden llegar a 1500 mg/l si se mantienen por aclimatación bacterial

Conway y Ross 1980.

**LIMITE DE CONTAMINANTES EN LA DESCARGA DE DESAGUES
SEGUN ENMIENDA 1991 USA EN ug/L**

	Agua Fresca		Agua de Mar		Salud Humana	
	Max.	Continuo	Max.	Continua	Max.	Continuo
Arsenico	360	190	69	36	0.14	0.018
Cadmio	3.9	1.1	43	9.3	170	16
Cromo IV	16	11	1100	50	3400	170
Cobre	18	12	2.9	2.9	1300	-
Plomo	82	3.2	220	8.5	50	-
Mercurio	2.4	0.012	2.1	0.025	0.15	0.014
Cianuro	22	5.2	2.1	0.025	220000	700
Pentaclorofenol	20	13	13	7.9	8.2	0.28
4-4 DDT	1.1	0.001	0.13	0.001	0.00059	0.00057
Dieldrin	2.5	0.0019	0.51	0.0019	0.00014	0.00014
Endrin	0.18	0.0023	0.037	0.0023	0.81	0.76
PCBs	-	0.014	-	0.03	0.000045	0.000044
Toxafena	0.73	0.0002	0.21	0.0002	0.00075	0.00075

sin tratamiento a las redes municipales públicas o a pozos sépticos especialmente diseñados donde luego de su tratamiento las aguas son dispuestas como de uso agrícola. En caso de no tener posibilidad de interconexión con la red pública es conveniente la construcción del pozo séptico que se limpiará con una frecuencia de 1 año y las aguas del mismo rebosarán a la poza de estabilización de la empresa. El diseño del pozo séptico y los planos de disposición de Agua agrícola o a tratamiento en poza de estabilización será considerado en el estudio de impacto ambiental a presentar con las consideraciones de contaminación biológica de las aguas correspondientes. Fig 4-II

4.1.4. C. TRATAMIENTO DE LOS EFLUENTES LIQUIDOS

Las aguas servidas industriales y cloacales pueden ser tratadas juntas o separadas de acuerdo a las disposiciones municipales de aguas servidas. Es indudable que si el sistema municipal recibe todos los residuos humanos normales y existe en el lugar, red de desague municipal es entonces preferible tener dos redes de desagües, una cloacal que entre directamente al desague municipal y otra industrial que recibirá el tratamiento antes de ser dispuesto al desague en un curso de agua.

En caso de industrias mayores, el desague se tratará en una sola planta con un diagrama de flujo similar al siguiente.



DIAGRAMA DE FLUJO PATRON

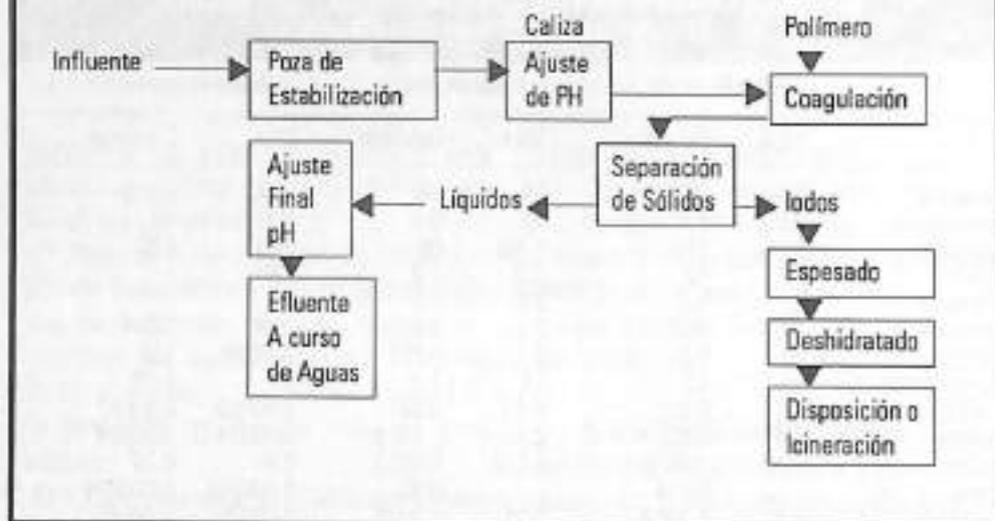


TABLA 4-1-III

LIMITES DE MATERIAS POLUCIONANTES EN LODOS

	Aplicación Kg/Ha	Distribución (1) mg/Kg	Unica (5) Aplicación Mg/Kg	Incineración
Aldrina	0.015 (2)	0.33	-	-
Arsenico	15.73 (2)	14	0.20	4
Benzo2pirena	0.1452 (2)	15	99	-
Cadmio	19.36 (3)	18	0.040	4
Cloradano	1.33 (2)	450	180	-
Cobre	1.29 (3)	46	8.4	-
DDD,DDE,DDt	0.0059 (2)	0.92	0.95	-
Plomo	624.4 (3)	130	0.35	4
Lindano	4.96 (2)	5.87	2.3	-
Mercurio	-	40	0.0070	4
Niquel	538.5 (3)	76	7.0	4
PCBs	0.0061 (2)	3	4.9	-
Toxapeno	0.052 (3)	2.3	0.5	-

Notas:

(1) Concentración de aplicación 54 Tons/Ha por año

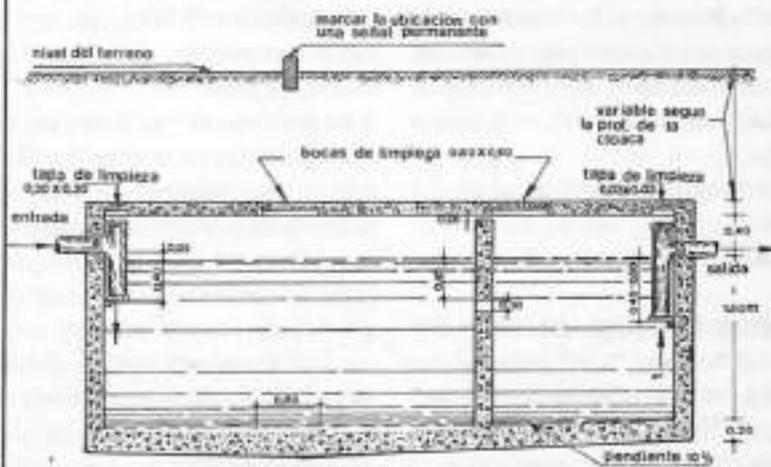
(2) Limite anual

(3) Limite acumulativo

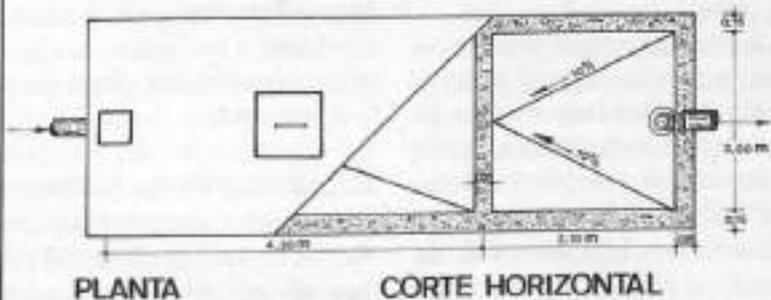
(4) Límites basados en la carga del incinerador y su factor de dispersión

(5) Data sólo representativa

MODELO DE TANQUE SEPTICO DE DOS CAMARAS



CORTE VERTICAL



Básicamente todo tratamiento de agua debe de estudiar los siguientes tópicos:

- 1) Estabilizar o igualizar el flujo de agua, de forma de dar al tratamiento un flujo regular.
- 2) Dar al desague un PH manejable 5.5 a 9.0
- 3) Remover aceites y grasas
- 4) Remover los sólidos suspendidos
- 5) Remover los iones de metales pesados antes del tratamiento posterior.
- 6) Eliminar la materia orgánica volátil.
- 7) Eliminar o reducir los compuestos tóxicos.
- 8) Ajustar el agua a un PH final de 6.5 a 7.5
- 9) Disponer el desague

D) Estabilización o igualización del flujo: La primera etapa del tratamiento será en lagunas de estabilización que permitan un diseño de planta de tamaño regular además de mantener el desague en un área amplia donde a menudo se aprovecha para oxidar el efluente ya sea por un mezclado con aire o más económicamente por agitación mecánica.

De todas formas conviene la oxidación previa para evitar la generación de malos olores durante el tratamiento. En algunos casos para mejorar la aereación se usa el retorno de efluentes tratados que mezclados con la sin tratar aumentan el volumen de la masa a airear. No se pueden fijar limitaciones a este tratamiento y su volumen dependerá del área que pueda dedicarse a la laguna de oxidación, al volumen de agua a tratar y los contaminantes que el mismo contenga.

II) Neutralización.- El ajuste del PH del desague del desague es importante porque:

- a) Los reglamentos municipales mandan que estos se situen entre PH 6 y PH 9.
- b) El agua con un ajuste inadecuado traerá grandes problemas al tratamiento posterior, el PH óptimo para el crecimiento bacteriano está entre 6.5 a 7.5 cualquier PH debajo de 4 y encima de 9 no permite la actuación de los micro organismos necesarios para el tratamiento de sustancias orgánicas nitrogenadas. La neutralización es realizada primariamente en la laguna de estabilización donde las aguas ácidas y alcalinas son previamente mezcladas, aún así debemos de tener una etapa propia de neutralización.

Los desagües ácidos se neutralizan con calizas, cal ó soluciones caústicas, podremos usar también dolomitas, cálcica-magnésica, que con la caliza son las más económicas. Una malla de tratamiento de 100% pasando la llama 200 ó menor es preferible a tratamientos, con partículas gruesas. Los desagües alcalinos se tratan con ácido sulfúrico ó clorhídrico y a veces con gas carbónico, cualquiera sea el más económicos y a la mano.

III) Remoción de Aceites y Grasas: Los aceites y grasas no emulsificados se extraen por simple flotación y desnatao por rebose, si las concentraciones son bajas se usará flotación con aire y luego espumado y separado en los reboses de los tanques de tratamiento. Si el aceite esta emulsificado probablemente requerirá un tratamiento químico a

PH bajo para romper la emulsión, y el uso de coagulantes que aglomeren los aceites en conjunto con los sólidos en suspensión.

IV) Sólidos suspendidos: Tal vez el tratamiento más importante y costoso será la remoción de sólidos en suspensión, los de tamaño grande se removerán por el paso a través de parrillas y tamices grandes, de uso también en la separación de espumas, estos serán hasta 25 mm de diámetro, espumas que si no se remueven causarían problemas al final del tratamiento. La arena, gravilla y materiales densos se removerán por decantación, y espesamiento conteniendo las partículas menores a un micrón entre 1 nano y una micra que no decantarán y su tratamiento como coloides sólo puede ser realizada por flotación con aire y por coagulación si es necesario removerlos.

La remoción de sólidos es una operación muy experimentada por lo que remito al lector a la bibliografía pertinente al final del artículo.

V) Remoción de Iones Metálicos: El mejor y más económico método de remoción de iones metálicos es el su precipitación como hidróxido por medio de cal en un PH entre 6 y 9.5 encontraremos la mayor cantidad de iones metálicos precipitados y coagulados con la cal; luego se debe de sedimentar y clarificar el agua para su neutralización posterior. Si aún se requiere un mejor tratamiento se debe acudir a la precipitación como carbonatos o sulfuros, aglomeración con diatomita y separación; es indudable

que el grado de remoción dependerá de la calidad del tratamiento a dar y el costo del mismo.

VI) Remoción de los Compuestos Orgánicos Volátiles: Estos compuestos tales como benceno, tolueno son arrastrados con aire en torres empacadas, el vapor gastado se usa en este sistema quedando los volátiles en la fase vapor final. Si las concentraciones de solventes son muy bajas se puede recurrir al uso de carbón activado, puntualizamos que en algunos casos la absorción con Carbón activado puede traer consigo la recuperación del solvente con la retribución económica pertinente.

VII) Oxidación Química: Es por regla general el último de los tratamientos de un desague antes de su disposición. Los métodos más usados son los que usan el cloro directo Cl_2 ó en forma de hipocloritos o cloritos, agua oxigenada, permanganato de potasio ó en algunos casos radiación ultravioleta (ozonificación).

El fin es reducir la demanda química de oxígeno DQO y establecer una demanda biológica de oxígeno de 5 días dentro de los límites establecidos por la autoridad municipal (no mayor de 100 ppm).

VIII) Oxidación o Tratamiento Biológico: Las materias orgánicas no volátiles son destruidas por microorganismos las que transforman a ella en material celular, gases y otros inertes, los que luego se remueven por floculación y sedimentación. El

uso de oxidación biológica es preferentemente en aguas municipales y en industrias de alimentos, papel e industrias afines.

Básicamente existen 2 sistemas de tratamiento biológico:

a) El Aeróbico, que requiere lagunas de gran tamaño y áreas de terrenos especiales, se prestan en especial para aguas residuales con un DBO5 de 500 a 2000 ppm; pueden dar dificultades con el vecindario por el mal olor que pueden causar.

b) El Anaeróbico en recintos cerrados y sin aire son altamente costosos y tienen altos coeficientes de eficiencia. La escogencia del sistema se basa en la contaminación existente y en especial en razones económicas y tecnológicas.

IX) Disposición de Efluentes Líquidos: Los efluentes líquidos pueden ser dispuestos en varias formas:

- A cuerpos de agua, dilución en lagos, ríos y mares.
- Como agua de riego en zonas agrícolas.
- Inyección en la napa sub-freática.

Los sistemas de dilución en lagos, ríos y mares luego de obtener los permisos correspondientes pueden ser manejados por las empresas industriales; los de riego e inyección a profundidades (+250 m) por su importancia sólo deben de ser realizadas por los servicios municipales de tratamiento de aguas servidas.

4.1.4. D. INGENIERIA DE LA DISPOSICION DE AGUAS.

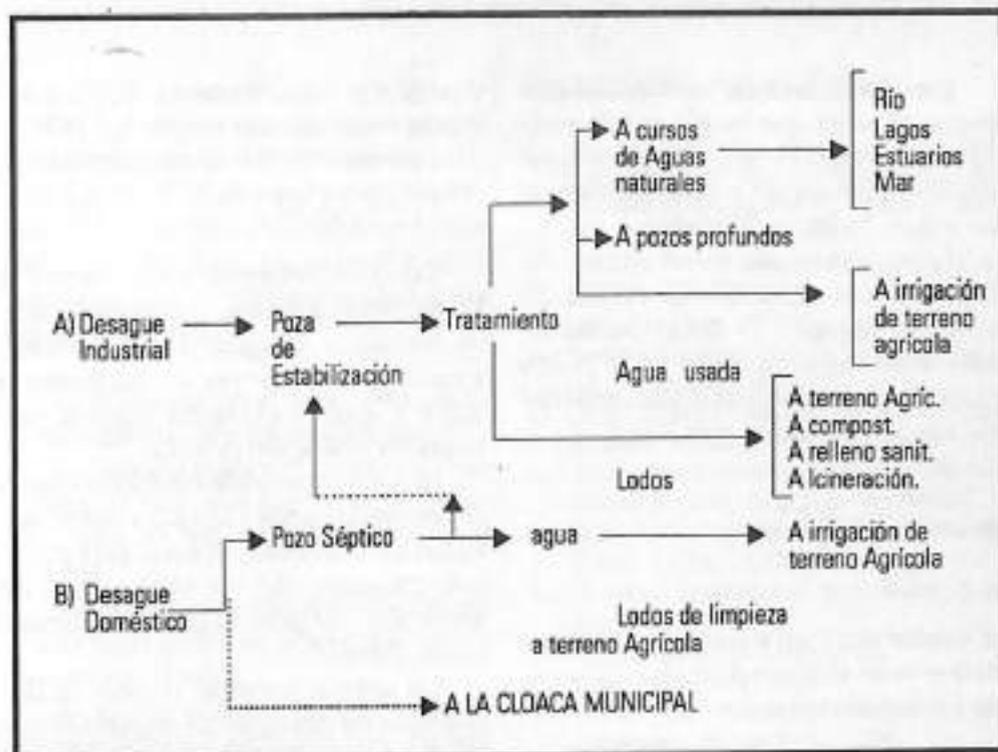
La posibilidad de difundir el desague en ríos, lagos, estuarios o mares dependerá en mucho de las condiciones de los cuerpos de agua receptores, tales como mareas, velocidad de las corrientes, de los cuerpos de agua; en caso de ríos dependerá en gran parte del poder de re-oxigenación del río, y veremos sus criterios al final del artículo.

4.1.4. E. DISPOSICION DEL DESAGUE Y EFECTOS SOBRE LOS CURSOS DE AGUA.

La eliminación de los residuos líquidos (Agua gastada o desague) puede esquematizarse como se muestra en la siguiente página.

Como podemos apreciar las aguas tratadas tienen uso importante en irrigación de terrenos agrícolas.

Cuando los lodos no contienen tenores altos de materiales procedentes de minerales pesados o radiactivos, pueden servir de ayuda en labores agrarias, en su defecto deberán ser dispuestos como relleno sanitario y existe costumbre en Europa y EE.UU. de mezclar estos lodos con residuos sólidos y usarlo previa etapa de fermentación, como compost para estabilización de terrenos agrícolas, en estos casos los lodos deben de estar dentro de los límites de las tablas 4.1.IX., si los lodos no cumplen estos estándares deberán ser incinerados. En caso de no poder ser usadas las aguas en labores agrícolas estas deberán ser eliminadas a los cauces naturales, ríos,



lagos y estuarios o al mar, debemos recalcar que el hecho de eliminar aguas residuales al mar significa un mayor control de estas, las que deben de estar dentro de los límites de las tablas: 4.1.II.A y 4.1.II.B.

La disposición de las aguas servidas a los cauces naturales se limitan por lo tanto a la recuperación de las mismas, del oxígeno disuelto perdido durante su uso y a la reducción de la demanda biológica de oxígeno (en 5 días) DBO5 y la eliminación de la demanda química de oxígeno DQO.

Dependerá del tipo de corriente, en los diferentes cursos de agua la capacidad que tengan los mismos de restablecer los niveles de oxígeno disuelto y difundir los otros contaminantes de forma que el cauce natural este dentro de los límites permitidos de los mismos

cuadro 4.1.III.

1.- Eliminación a ríos: La eliminación a ríos es regulada por el caudal Q_r del cuerpo de agua a usar, temperatura del mismo T_r , oxígeno disuelto O_2r que trae el río y su DBO5 y los mismos parámetros del desague que será vertido al cuerpo de cuyo valor de oxígeno disuelto sera "O" y los tenores de DBO5 pueden ser elevados las fórmulas más usadas.

Por regla general se usarán el cálculo adaptaciones de la ecuación de Streeter - Phelps.

$$D_t = \frac{K_1 L_0 (e^{-K_1 t} - e^{-K_2 t}) + D_0 e^{-K_2 t}}{K_2 - K_1}$$

D = Déficit de oxígeno en el tiempo t, mg/l.

D = Déficit inicial de oxígeno en el punto de descarga en mg/l. si t=0.

Esta fórmula debe ser tomada con precaución ya que ha sido elaborada para canales con sección transversal uniforme sin tomar en cuenta efectos de algas, lodos o depósitos.

Es necesario desde el punto del ingeniero el cálculo del déficit de oxígeno disuelto D en el punto de mayor difusión (ya que en este punto el oxígeno disuelto en la corriente del río decaerá al valor más bajo).

$$D = \frac{K'_1}{K'_2} L_0 e^{-K'_1 t_c}$$

t_c = tiempo para llegar al punto crítico se deduce de la ecuación anterior si $dD/d = 0$

Δt = tiempo de paso en días

$$t_c = \frac{1}{K'_2 - K'_1} \ln \left(\frac{k'_2}{k'} \left(1 - \frac{D(k'_2 - K'_1)}{k'_1 L_0} \right) \right)$$

donde:

$X = t_c V$ si V = velocidad del río

K' = Constante de desoxigenación (1/días)

K'_2 = Constante de reareación (1/días)

La constante de reareación K'_2 cuerpo de agua Rango de K a 200 C (Base e)

Pequeñas pozas	0.10 - 0.23
ríos sin corriente y lagos grandes	0.23 - 0.35
corrientes de baja velocidad	0.35 - 0.46
corrientes de velocidad normal	0.46 - 0.69
corrientes fuertes	0.69 - 1.15
rápidos y cataratas	> 1.15

(T-20)

para otras temperaturas $K'_{2t} = K'_{2\ 20^\circ} * 1.024$

La constante de K' se enlaza con la fórmula $K = 1/\Delta t - \Delta D/2.3 t \delta K = 0.10$ y varía con el grado de limpieza de

desague, puede estar entre 0.05 a 0.3 d o más varía con los valores de DBO.

Su corrección con la temperatura sea:

$$K'_t = K'_{t\ 20^\circ} 1.135^{(T-20)}$$

Tanto en Nemerow como Metcalf & Eddy (2) dan ejemplos numéricos de casos de disposición de aguas tanto a ríos como a estuarios o al mar por lo que remito al lector a estas importantes fuentes para cualquier aplicación práctica.

Es necesario tan solo establecer que en el caso de desagües a lagos o a corrientes lentas los desagües deberán disponerse solo después de un tratamiento de aereación que reduzca el DBO5 a límites manejables.

Un acápite especial merece la disposición de desagües al océano el que no puede ser usado como botadero de sólidos por lo que las aguas que usan el océano como desague debieran de tener en lo posible un tratamiento previo de eliminación de sólidos y una aereación preliminar debiéndose evitar el uso del mar como botadero, todo municipio debía de tener una planta de tratamiento de desague que evite el descarte de sólidos fecales suspendidos, basura de cualquier especie a los cuerpos de agua.

Los criterios de disposición de desagües al mar siguen lineamientos de difusión de los diferentes iones que constituyen el desague en la corriente marina. Remito al lector a la bibliografía para contemplar casos particulares.

2.- Inyección a pozos profundos: En las últimas décadas gracias a los adelantos en perforación de pozos de petróleo se ha encontrado un método para disponer de desagües y lodos en pozos

profundos (entre 800m y 1500m de profundidad) los que deberán de ser realizados de una forma muy especial (ver figura N°. 4.III.) ya que es importante tratar de no contaminar las napas de agua potable. Es necesario por consiguiente en este método seguir las siguientes reglas:

1.- El sistema debe de ser controlado o administrado por los municipios.

2.- Debe protegerse el agua potable de la napa freática, encementando los espacios entre el tubo de protección y el terreno.

3.- Debe prevenirse la migración del fluido hacia arriba de forma que pueda contaminar la napa.

4.- El empaquetado del tubo de inyección debe ser adecuado (ver figura).

5.- Prohibición de inyección anular entre el tubo de inyección y el anillo de protección.

6.- Los detalles de los pozos de inyección tendrán:

- estrato cementado por lo menos de 61 mt (200p) debajo de la última napa de agua fresca.
- orificio interno de 24cm (10") tubo de inyección de 18cm (7").
- Control de presión de bombeo la anular debe ser cero.
- terminado de tubo en un tamíz de 17cm (6.5").

La inversión total de estos pozos puede exceder los 3.5 Millones de USAD y costo de producción de 500,000 \$/año puede inyectar 1'000,000 m³/a 500 m³/día en 3 pozos a 1200m de profundidad. ●

BIBLIOGRAFIA EIA LIQUIDOS

- Aspectos técnicos de la disposición de desperdicios en el mar mediante descargas submarinas divulgativa Nro. 11 May. 1977 COPLANA 2A Venezuela.
- Handbook of Industrial Waste Disposal R.Conway, R.D.Ross. Van Nostrand reinbold. 1980.
- Estudio Impacto Ambiental Fosquimical CA. Venezuela J. Márquez.
- AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES H.Blume Ed. Nemerow, 1977.
- Wastewater Engineering Treatment Disposal Metcalf & Eddy, 1979, Ruse McGrawHill.
- Chemical Engineering Enviromental Desbook, Oct. 76, Oct. 72 y otros.
- Chemical Engineering Wastewater, Jun. 1992.
- Manual del Agua. Degremont.
- Water Handbook. Nalco.
- Manual para el control de la contaminación Ambiental. Herbert Lund, 1974.

ANEXO I

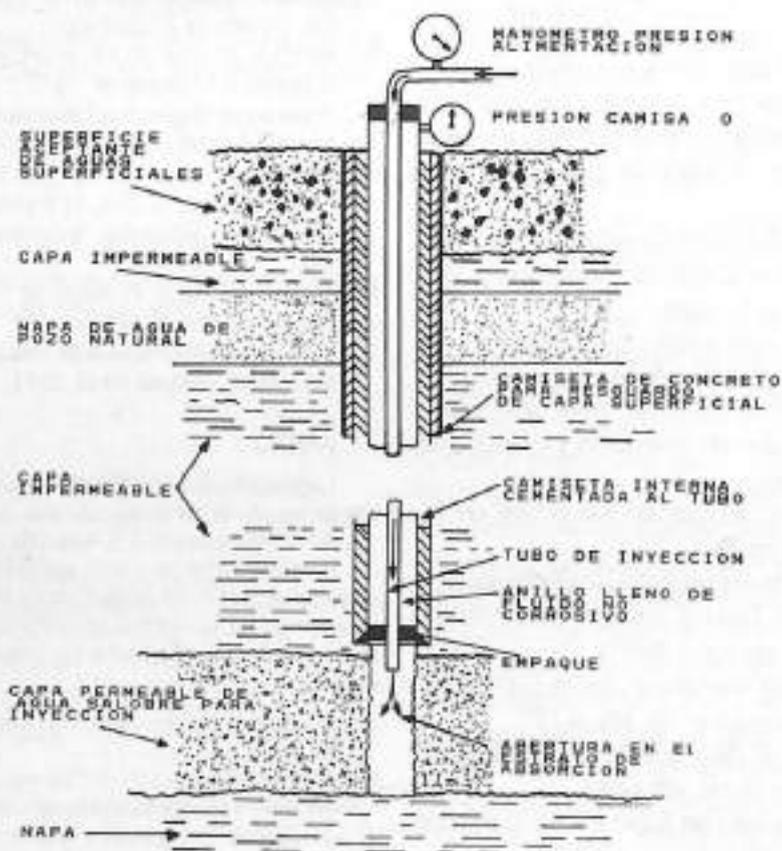
Legislación Peruana Clasificación de los cursos de agua y de las zonas costeras del Perú.

Art. 81 Reglamento D.S. Nro. 261-69-AP

Para los efectos de la aplicación del presente reglamento, la calidad de los cuerpos de agua en general ya sea terrestre o marítima del país se clasificarán respecto a sus usos de la siguiente manera:

- Aguas de Abastecimiento con simple desinfección
 - Aguas de Abastecimiento Doméstica con tratamiento equivalente a procesos combinado de mezcla, coagulación, sedimentación, filtración y cloración, aprobados por el ministerio de salud.
 - Aguas para riego de vegetales de consumo crudo y bebida de animales.
 - Aguas de zonas recreativas de contacto primario (baños y similares)
 - Aguas de zonas de pesca de mariscos livalvos
 - Aguas de zonas de preservación de fauna acuática y pesca recreativa o comercial.
- Art. 82 Límites (ver cuadro pág 55 y 56).

DISPOSICION DE DESAGUES, LODOS Y RESIDUOS A POZOS PROFUNDOS



**LIMITES DE AGUA ARTICULO 81
(REGLAMENTOS DE AGUA DEL PERU)**

I. LIMITES BACTERIOLOGICOS *
(VALORES EN N.M.P./100 MIL)

	I	II	III	IV	V	VI
Coliformes Totales	8.8	20,000	5,000	5,000	1,000	20,000
Coliformes Fecales	0	4,000	1,000	1,000	200	4,000

* Entendidos como valor máximo en 80% de 5 o más muestras mensuales.

II. LIMITES DE DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (DBO)
(5 DIAS, 20°C Y DE OXIGENO DISUELTO (O.D.)
VALORES EN MG/L
USOS

	I	II	III	IV	V	VI
D.B.O.	5	5	15	10	10	10
O.D.	3	3	3	3	5	4



III. LIMITES DE SUSTANCIAS POTENCIALMENTE PELIGROSAS
(VALORES EN MG/M3)
USOS (2)

PARAMETRO	I	II	III	V	VI
Selenio	10	10	50	5	10
Mercurio	2	2	10	0.1	0.2
PCB	1	1	1 +	2	2
Esteres Estalatos	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Cadmio	10	10	50	0.2	4
Cromo	50	50	1,000	50	50
Niquel	2	2	1 +	2	**
Cobre	1,000	1,000	500	10	*
Plomo	50	50	100	10	30
Zinc	5,000	5,000	25,000	20	**
Cianuros(CN)	200	200	1 +	5	5
Fenoles	0.5	1	1 +	1	100
Sulfuros	1	2	1 +	2	2
Arsénico	100	100	200	10	50
Nitratos	10	10	100	N.A.	N.A.

NOTAS:

* Pruebas de 96 horas LC50 multiplicadas por 0.1

** Pruebas de 96 horas multiplicadas por 0.02

LC50 Dosis letal para provocar 50% de muertes o inmovilización de la especie del BIO ENSAYO

1- Valores a ser determinados. En caso de sospechar su presencia se aplicará los valores de la columna V provisionalmente.

(2) Para el uso de aguas IV no es aplicable

N.A. Valor no aplicable.

PESTICIDAS.- Para cada uso se aplicará como límite, los criterios de calidad de aguas establecidas por el Environmental Protection Agency de los EEUU.

IV. LIMITES DE SUSTANCIAS O PARAMETROS POTENCIALMENTE PERJUDICIALES

(VALORES EN MG/l)
APLICABLES en los Usos (I,II,III,IV,V)

PARAMETROS	I y II	III	IV
M.E.H. (1)	1.5	0.5	0.2
S.A.A.M. (2)	0.5	1.0	0.5
C.A.E. (3)	1.5	5.0	5.0
C.C.E. (4)	0.3	1.0	1.0

(1) - Material Extractable en Hexano. (Grasa principalmente)

(2) - Sustancias activas de azul de Merileno (Detergente principalmente).

(3) - Extracto de columna de carbón activo por alcohol.(según método de Flujo Lento).

(4) - Extracto de columna de carbón activo por cloroformo. (según método de Flujo Lento).

Respecto a temperatura, el Ministerio de Salud determinará en cada caso, las máximas temperaturas para exposiciones cortas y de promedio semanal.(Art. 1o D.S. 007-83-SA)