

UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA



**ESTUDIO Y ANALISIS TECNICO-ECONOMICO DE PLANTA DE
TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES.**

Informe de Habilitación Profesional
presentado en conformidad a los requisitos
para optar al Título de Ingeniero Civil Mecánico

Profesor Guía:
Sr. REINALDO SANCHEZ ARRIAGADA.

MARCOS OSORIO PETERSEN
CONCEPCION – CHILE
2013

Resumen

Un estudio técnico económico de planta de tratamiento de aguas residuales para la VIII región se realizó en el marco de la presente habilitación profesional.

Se estudiaron las características de las aguas residuales urbanas, analizando sus principales componentes y la medición de la DBO₅, que es el parámetro más importante para la calidad del tratamiento, luego se analizaron los distintos tipos de tratamientos de aguas residuales que existen, optando finalmente por el proceso de tratamiento con sistemas convencionales con tecnología de lodos activados.

Se analizaron las normas vigentes para las plantas de tratamientos como la norma chilena oficial NCh 1333, Requisitos de calidad de agua para diferentes usos y la Norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales, decreto supremo N° 90, sus parámetros de medida se enfocan principalmente en la calidad de agua obtenida antes de ser depositadas al mar o utilizada para sistemas de riego.

Una ubicación estratégica, para la construcción de la planta de tratamiento, fue necesario determinar y ésta se ubicaría en un sector industrial, sector Rocuant, frente al mar y cercana a la población de aporte, que es en la comuna de Talcahuano, sector las Salinas y alrededores.

Finalmente se realizó una evaluación económica para una planta de tratamiento de lodos activados modelo, para un caudal de 28,75 (l/s) que comprende una población de 11.189 habitantes aproximadamente.

Con los valores obtenidos del VAN \$ 78.543.387, una TIR del 15% y un período de recuperación de 7,66 años se concluyó que cumple con las expectativas de ser una buena opción como proyecto viable en el tiempo y más aún en un posible escenario optimista, aumentando su valor al analizar la sensibilidad con un factor creciente en el rendimiento anual de la planta de tratamiento.

Contenidos

Objetivos.....	5
Introducción.....	6
Capítulo 1- Aguas Residuales.....	8
1.1- Agua residual.....	8
1.2- Origen de las aguas residuales.....	11
1.3- Componentes.....	13
Capítulo 2- Tipos de tratamientos de agua.....	18
2.1- Sistemas convencionales.....	18
2.2- Sistemas no convencionales.....	18
2.3- Emisarios Submarinos.....	19
Capítulo 3- Procesos de tratamiento de aguas convencionales.....	21
3.1- Aguas residuales recicladas.....	21
3.2- Plantas de tratamiento de aguas.....	21
3.3- Problemas de olor.....	22
3.4- Descripción de planta de tratamiento.....	22
3.5- Tratamiento Preliminar.....	23
3.6- Tratamiento Primario.....	27
3.7- Tratamiento anaeróbico de las aguas residuales.....	29
3.8- Tratamiento secundario aeróbico.....	31
3.9- Tratamiento terciario.....	35
3.10- Tratamiento avanzado del agua residual.....	36
3.11- Tratamientos y vertido de fangos.....	45
3.12-Vertido y reutilización de fangos.....	48
Capítulo 4- Tratamiento de Aguas Residuales en Chile.....	52
4.1- Aguas Servidas Domésticas.....	52
4.2- Aguas Residuales Industriales.....	54
4.3- Niveles de Tratamiento Requeridos en las Aguas Residuales.....	56
4.4- Caracterización de recursos hídricos para uso de riego en Chile.....	57
4.5- tratamiento de aguas residuales y su potencial uso en riego.....	59
Capítulo 5- Normas para planta de tratamientos de aguas en Chile.....	61
5.1- Norma chilena oficial NCh 1333.of78.....	61
5.2- Decreto Supremo N°90.....	63
Capítulo 6- Localización de Plantas de Tratamiento de aguas residuales.....	70
Capítulo 7- Estudio financiero para planta de tratamiento.....	72

7.1- Costos de sistemas de tratamiento de aguas residuales.....	72
7.2- Gastos en Energía Eléctrica.....	75
7.3- Productos Químicos.....	77
7.4- Transporte y Disposición de Lodos.....	79
7.5- Monitoreo Ambiental y Control de Procesos.....	80
7.6- Mantenimiento.....	82
7.7- Personal.....	83
7.8- Resumen de costos.....	84
7.9- Tarifas para el tratamiento de aguas residuales o servidas.....	85
7.10- Evaluación económica del proyecto.....	86
7.10.1- Parámetros comerciales y periodo de evaluación del proyecto.....	86
7.10.2- Parámetros de interés para la planta de tratamiento de aguas.....	86
7.10.3- Capital de trabajo.....	86
7.10.4- Flujo de caja.....	87
7.10.5- Estado de resultados, VAN y TIR.....	90
7.10.6- Análisis de sensibilidad.....	91
8- Conclusión.....	94
9- Bibliografía.....	96
Anexo.....	97

Objetivos

Objetivos generales.

Describir y caracterizar los distintos procesos que existen para depurar las aguas residuales, con el fin de determinar cuál de ellas es la más conveniente para desarrollar e implementar en nuestra región, finalizando con una evaluación técnico económico de la planta de tratamientos de aguas residuales seleccionada.

Objetivos específicos.

- Descripción de los procesos de tratamientos de aguas residuales existentes.
- Identificar normativas sobre los tratamientos de aguas residuales para ser usados en riego y para ser descargada a aguas marinas.
- Estimación de costos para planta de tratamiento de lodos activados; costo de inversión, operación y mantención.
- Estudio Financiero y viabilidad del proyecto en el tiempo para planta de tratamiento de lodos activados.

Introducción.

Uno de nuestros grandes recursos en el planeta Tierra es sin duda el agua, representa el 70% de su superficie, muy esencial para la vida ocupando un rol muy importante en el funcionamiento del ecosistema del planeta. Sin embargo, es un recurso no renovable y encontrarlo sin contaminación es casi imposible hoy en día, desde el punto de vista del uso humano es un recurso muy escaso, ya que el 0,73% del total del agua corresponde a agua dulce y sólo un 0,12% es apta para ser potabilizada.

Una inadecuada gestión de este valioso recurso, principalmente como en la evacuación a cauces hidrológicos de aguas servidas domésticas, residuos industriales, derrames y retorno de agua de riego, pueden perjudicar negativamente su calidad, afectando no sólo la salud y el bienestar de las personas, sino que también la supervivencia de diversos grupos humanos en un futuro.

Como el agua es un recurso que se está agotando y la demanda por su consumo irá creciendo con el tiempo, una buena opción para brindar aun más el uso y reúso del agua son los tratamientos de depuración, que consiste en limpiar las aguas que utilizamos diariamente en el hogar y que son arrojadas al alcantarillado. Los tratamientos de aguas es una excelente opción que se le puede dar a este recurso, disminuyendo una pequeña parte de la contaminación que sufre el planeta.

En nuestro país a inicios de la década de los 90 comenzó el proceso de construcción de plantas de tratamientos de aguas residuales, este proceso se aceleró aun más desde el año 2000, con la publicación de la Norma de Emisión de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales.

Hoy en día aproximadamente el 66% de la población descargan las aguas servidas a sistemas que cuentan con tratamiento de agua, este porcentaje debería ir aumentando con el tiempo y alcanzar el 100% de la cobertura del país. La gran diversidad de climas y características que existe en el territorio nos muestra una situación particular en las diferentes tecnologías que existen para las plantas de tratamiento de acuerdo a las necesidades y ubicación geográfica. Es así como, por ejemplo, en el norte del país es más común encontrar plantas lagunas como sistemas de tratamiento secundario, por otro lado en el sur de Chile el 100% de las plantas usan tecnología de lodos activados, demostrando las distintas necesidades y carencias que existe en la actualidad sobre el tratamiento de las aguas servidas en Chile y las perspectivas futuras de este tema.

En este proyecto revisaremos las principales características de las plantas de tratamientos en Chile, analizando los tipos de tratamientos de depuración que existen, las normas medioambientales sobre la instalación de plantas de tratamientos de aguas residuales y la calidad del agua que exige antes de darle uso.

También en este estudio se analizarán todos los costos que podría tener la construcción y puesta en marcha de una planta de tratamiento de aguas residuales, los costos asociados al proyecto; como costo de inversión, de operación y de mantención, estos fueron obtenidos y estimados mediante estudios que realiza la Superintendencia de Servicios Sanitarios a

plantas de tratamiento existentes y en operación, con parámetros similares a las del proyecto en estudio, teniendo mayor confiabilidad al momento de realizar cualquier estimación de costos y beneficios del proyecto.

El proyecto que se analizará se presenta como una posible empresa que presta servicios de tratamientos de aguas residuales a ESSBIO, siendo beneficiarios los hogares que están conectadas al servicio de alcantarillado dentro de la zona de Salinas y alrededores en la comuna de Talcahuano.

ESSBIO posee casi el 100% de la cobertura en alcantarillado y tratamiento de aguas de la VIII Región, por lo tanto es la única empresa en la comuna de la Talcahuano encargada del suministro de agua potable y del sistema de alcantarillado.

Capítulo 1

Aguas Residuales.

Las aguas residuales y su tratamiento suponen una amplia utilización de microorganismos, lo que hace que pueda ser considerado como un tipo de bio-conversión a escala industrial. El agua residual entra en una planta de tratamiento y, después del mismo, el agua resultante es apta para ser vertida a ríos o incluso a sistemas de potabilización para posterior consumo.

1.1- Agua residual.

Las aguas residuales, también llamadas aguas negras, son una mezcla compleja que contiene agua (por lo común más de 99%) mezclada con contaminantes orgánicos e inorgánicos, tanto en suspensión como disuelto. La concentración de estos contaminantes normalmente es muy pequeña, y se expresa en mg/l, esto es, miligramos de contaminante por litro de la mezcla. Ésta es la relación de peso/volumen que se emplea para indicar concentraciones de componentes en agua, aguas residuales, desperdicios industriales y otras soluciones diluidas. Puesto que la densidad relativa (DR) de estas soluciones diluidas es similar a la del agua, las concentraciones también se pueden considerar relaciones de peso/peso, como mg/kg o ppm (partes por millón). Sin embargo, cuando la DR de la mezcla no es 1.0, mg/l y ppm no son términos indistintos.

Las aguas residuales proceden del uso doméstico o industrial que no pueden ser vertidas a ríos o lagos debido a los problemas de salud, económicos estéticos que causaría. Esta agua se encuentra contaminada con materiales fecales humanos o de animales. Las aguas residuales comúnmente contienen sustancias orgánicas o inorgánicas potencialmente peligrosas, así como microorganismos patógenos. Estas aguas normalmente se recogen en un sistema de alcantarillado público (alcantarillas, registros, estaciones de bombeo, etc.) y se envían a los centros de tratamientos para su eliminación sin peligro. Como se verán, el tratamiento completo de las aguas residuales requiere tratamientos químico y biológico (microbiológicos) para eliminar o neutralizar los contaminantes.

La cantidad de agua residual municipales por lo común se determina a partir del uso de agua. Puesto que el agua es consumida por los humanos, se utiliza en productos industriales, se emplea como medio de enfriamiento, y es necesaria para actividades como el riego de prados y el lavado de las calles; sólo del 70 al 90% del agua suministrada llega a las alcantarillas. No obstante, suele suponerse que la pérdida de agua se compensa por infiltración (fugas de agua subterráneas hacia el sistema de alcantarillado a través de uniones defectuosas) o con aguas pluviales, que entran al sistema de alcantarillas sanitarias por conexiones ilícitas (bajadas pluviales de los techos y sumideros de caminos) o por las aberturas de los registros.

En Estados Unidos, el uso de agua municipal y el flujo de aguas residuales resultante varían desde alrededor de 280 litros per cápita por día en el caso de municipios residenciales pequeños hasta más de 900 litros por día en las grandes ciudades industrializadas. Estos

promedios diarios se basan en cantidades anuales. Sin embargo, los flujos varían día con día. De los municipios más grandes (500.000 habitantes) a los más pequeños (10.000 habitantes), los flujos, como porcentaje del promedio diario anual, pueden variar desde máximos de 150 a 200% por día y de 200 a 300% por hora, hasta mínimos de 70 a 50% por día y 50 a 30% por hora, en donde los extremos de cada caso (el segundo valor) se aplican al municipio más pequeño. La calidad de las aguas residuales municipales varía con la proporción de contribuyentes residenciales, comerciales e industriales y con la naturaleza de los residuos industriales que el sistema recibe. La concentración de contaminantes en las aguas negras de áreas residenciales se puede estimar con base en la contribución diaria per cápita si se conoce el uso de agua, en la tabla 1.1 se indican los valores típicos.

Habitualmente las plantas de tratamientos de aguas residuales tratan tanto las aguas de origen doméstico como las industriales. Las aguas residuales domésticas (aguas negras) son aquellas resultantes de la limpieza, el aseo y la cocina, y las provenientes del procesamiento de los alimentos. Las aguas residuales de origen industrial incluyen las producidas por las industrias petroquímicas, de pesticidas, preparación de alimentos e industrias lácteas, plásticos, industrias farmacéuticas e industrias metalúrgicas.

Las aguas residuales industriales pueden contener sustancias tóxicas que deben ser pre-tratadas antes de ser tratadas como aguas residuales. El pre-tratamiento generalmente consiste en un proceso mecánico por el que se eliminan los residuos que pueden dañar el equipamiento de las plantas de tratamiento. No obstante, algunas son previamente tratadas biológicamente para eliminar sustancias altamente tóxicas, como cianuro y metales pesados. Estas sustancias se pueden convertir en otras menos tóxicas a través de la acción de microorganismos específicos capaces de neutralizar, oxidar, precipitar o volatizar los residuos tóxicos o infecciosos.

	Parámetro ^a								
	<i>DBO₅</i>	SS	SD	DQO	COT	<i>P₁</i>	<i>P₂</i>	<i>N₁</i>	<i>N₂</i>
Per cápita									
g/día	76	90	180	128	54	1.6	4.0	16	0
lb/día	0.17	0.20	0.40	0.28	0.12	0.003	0.009	0.035	0
concentración									
(mg/l) ^b	190	225	450	320	135	4.0	10	40	0

Tabla 1.1, características de las aguas negras domésticas con base en distribuciones típicas per cápita a las aguas residuales.

^a DQO, estimada suponiendo que $DBO_5/DQO = 0.6$; COT (carbono orgánico total), estimado suponiendo que $DBO_5/COT = 1.4$.

^b, con base en un flujo de 400 litros por día de aguas residuales; P_1 , fósforo de residuos de origen humano como P; P_2 , fósforo total (con detergentes a base de PO_4) como P; N_1 , nitrógeno por Kjeldahl (orgánico + NH_3) como N; N_2 , nitrógeno de nitratos como N.

El peso seco total de los componentes de las aguas residuales de áreas residenciales es relativamente constante, pero su concentración varía con la cantidad de agua que se utiliza. A medida que la comunidad aumenta de tamaño y se diversifica, la adición de contaminantes procedentes de establecimientos comerciales e industriales modifica las características de las aguas residuales.

Para conocer las posibilidades de uso de las aguas residuales urbanas, su peligrosidad potencial, sus posibles aplicaciones en recuperación de suelo, en reciclado de materias, en recuperación de productos, etc., es preciso conocer con detalle las características de la composición y demás factores que conforman los efluentes, como se pueden ver en las tablas 1.2, 1.3, 1.4.

Verdaderamente éstos varían mucho ante la presencia o ausencia de industrias y ante las costumbres higiénicas que siga la población objeto de estudio.

Nutrientes	Riqueza (en mg/l)
K	26
P	7
Na	180
Mg	24
N total	45
N amoniacal	33
N de nitritos	0'1
N de nitratos	0'1

Tabla 1.2, Nutrientes contenido en aguas residuales urbanas crudas.

Características	Contenido Normal	Máximo	Mínimo
Sólidos disueltos (ppm)	100-300	1200	Trazas
Conductividad (K 10 ⁵)	30-60	240	30
B (ppm)	0,1-0,4	3,8	0,1
Na (%)	5-15	42	1
Na (ppm)	40-70	290	30
K (ppm)	7-15	22	--
Mg (ppm)	15-40	110	--
Ca (ppm)	15-40	250	--
N total (ppm)	20-40	42	12
Fosfato (PO ₄ en ppm)	20-40	50	2
Sulfato (SO ₄ en ppm)	15-30	75	--
Cl (ppm)	200-50	550	20
Alcalinidad (CO ₃ Ca en ppm)	100-150	230	--

Tabla 1.3, Características de las aguas residuales de varias comunidades de California.

Parámetros	Concentración (ppm)
Sólidos totales	350-1200
Sólidos en suspensión	100-350
<i>DBO</i> ₅ .	100-300
DQO.	250-1000
Nitrógeno total.	20-85
Amoniaco	12-50
Fósforo	6-20
Grasa	50-150

Tabla 1.4, Composición normal de las aguas residuales urbanas en distintas ciudades españolas.

Las aguas residuales urbanas presentan tipos de contaminantes muy variados, hechos que nos impide encasillar las aguas residuales según los diferentes tipos de tratamiento específico, siempre orientado, claro están, a los sistemas que se están tratando de dar a conocer y de poner en marcha.

1.2- Origen de las aguas residuales.

Llamamos aguas residuales a los líquidos procedentes de la actividad humana, que llevan en su composición gran parte de aguas, y que generalmente son vertidos a cursos o a masas de aguas continentales o marinas.

Su origen puede ser muy diverso, se pueden agrupa en 5 categorías de origen:

- Mecánico y Físico.
- Inorgánico y mineral.
- Orgánico.
- Urbano.
- Colectivo.

Las aguas residuales urbanas se originan a causa de:

- Excretas.
- Residuos domésticos.
- Arrastre de lluvia.
- Infiltraciones.
- Residuos industriales.

1.2.1- Excretas.

Son las que contienen los residuos sólidos y líquidos que constituyen las heces humanas fundamentalmente, y tienen la siguiente composición:

a) Deyección sólidas

Se compone normalmente de agua, celulosa, lípidos, prótidos y materia orgánica en general, que en forma de elementos compuestos de interés agrario corresponden a porcentajes de hasta 30% de N, 3% de PO_4H_3 y 6% de K_2O , entre otros.

Cuando son expulsados las heces, aparece un principio de putrefacción, que tiene lugar sobre las proteínas, tanto alimenticias como aquellas provenientes de secreciones y restos de la mucosa intestinal. Asimismo se presentan descarboxilaciones de aminoácidos que producen lisina, tirosina, aminos, etc., y desaminaciones con desprendimiento de NH_3 .

Al formarse escatol, fenol, indol, paracresol y otros compuestos, aparecen olores desagradables, y lo mismo ocurre al descomponerse ciertas proteínas, como la cisteína, que producen SH_2 y mercaptanos.

b) Vertidos líquidos

Diariamente (24 horas), un hombre elimina 1,3 litros de orina. Anualmente, cada individuo produce unos 28 Kg. De materia orgánica, que en forma de elemento y compuesto de interés agrario corresponden (en Kg/año) a:

Excreta	P_2O_2	K_2O	N
Vertidos líquidos (orina)	0,7	0,7	4,7
Deyecciones solidas	0,2	0,1	0,4

Tabla 1.2.1.

Los sistemas hidráulicos de los WC discurren por las instalaciones de las casas hasta las alcantarillas y la red urbana de evacuación.

Este tipo de vertidos es el más importante por sus características de composición y concentración, que hacen que sean los puntos principales a tener en cuenta en la construcción de sistemas de depuración de aguas residuales.

1.2.2- Residuos domésticos.

Son los que proceden las evacuaciones de los residuos y manipulaciones de cocinas (desperdicios, arena de lavado, residuos animales y vegetales, detergentes y partículas), de los lavados domésticos (jabones, detergentes sintéticos con espumantes, M.E.S., sales, etc.), y de la actividad general de las viviendas (celulosa, almidón, glucógeno, insecticidas, partículas orgánicas, etc.) y que se recogen en la limpieza de la habitación humana.

1.2.3- Arrastres de lluvias.

Al caer la lluvia sobre una ciudad, arrastrará las partículas y fluidos presentes en las superficies expuestas, es decir: hollín, polvo de ladrillo y cemento, esporas y polvo orgánico e inorgánico de los tejados: partículas sólidas, polvo, hidrocarburos de las vías

públicas; restos de vegetales y animales y partículas sólidas (tierras) de los parques y zonas verdes.

Si la precipitación es suficiente, los arrastres se efectúan hasta la red de evacuación y, aparte de los componentes extraños, el volumen de agua es tal que produce diluciones a tener en cuenta en los procesos de depuración.

1.2.4- Infiltraciones.

A veces las zonas verdes urbanas, por la composición de su suelo, permiten el paso de las aguas de arrastre hacia los acuíferos, con el consiguiente peligro de contaminación.

Normalmente, las redes de evacuación de las aguas residuales son subterráneas, y en aquellos casos en que los acuíferos están próximos a la superficie por lluvias u otras causas, existe peligro de infiltraciones y fugas a través de tuberías en mal estado o con conexiones defectuosas, o simplemente por paso gravitatorio normal.

1.3- Componentes.

1.3.1- Microorganismos.

Dondequiera que hay alimento adecuado, suficiente humedad y una temperatura idónea, los microorganismos prosperan. Las aguas negras proporcionan un ambiente ideal para una inmensa colección de microbios, sobre todo bacterias, más algunos virus y protozoarios. La mayor parte de los microorganismos de las aguas residuales son inofensivos y se pueden emplear en procesos biológicos para transformar materia orgánica en productos finales estables. No obstante, las aguas negras también pueden contener patógenos (organismos causantes de enfermedad) provenientes de los excrementos de personas con enfermedades infecciosas susceptibles de transmitirse en el agua contaminada. Enfermedades bacterianas de transmisión por agua como el cólera, la tifoidea y la tuberculosis, o enfermedades virales como la hepatitis infecciosa, y la disentería causada por protozoarios, rara vez constituyen un problema en la actualidad en los países desarrollados, sin embargo, todavía son una amenaza en los lugares donde no se dispone de agua tratada correctamente para uso público. Las pruebas para identificar los pocos patógenos que podrían estar presentes son difíciles y requieren tiempo, de modo que la práctica normal consiste en hacer pruebas para buscar otros organismos más abundantes que están presentes siempre (en número de miles de millones) en el intestino de los animales de sangre caliente, entre ellos los humanos.

1.3.2- Sólidos.

Los sólidos totales (orgánicos más inorgánicos) de las aguas residuales son, por definición, los residuos que quedan una vez que la parte líquida se ha evaporado y el remanente se ha secado a peso constante a 103°C. Se hace la distinción entre sólidos disueltos y sólidos no disueltos (esto es, en suspensión) evaporando muestras de aguas residuales filtradas y sin filtrar. La diferencia de peso entre las dos muestras secas indica el contenido de sólidos en suspensión. A fin de clasificar aún mejor los residuos, se mantienen a 550°C durante 15

min. Se considera que las cenizas residuales representan los sólidos inorgánicos y que la pérdida de materia volátil es una medida del contenido orgánico. En la tabla 1.3.2 muestra las categorías de sólidos de las aguas residuales.

	Muestra		
	Sólidos totales (residuos a 103°C)	Inorgánicos (residuos a 550°C)	Orgánicos (pérdida a 550°C)
Sin filtrar (en suspensión + disueltos)	Sólidos totales (ST)	Sólidos totales fijos	Sólidos totales volátiles
Filtrada (disueltos)	Sólidos totales disueltos (STD)	Sólidos fijos disueltos	Sólidos volátiles disueltos
Por diferencia	Sólidos en suspensión (SS)		Sólidos volátiles en suspensión (SVS)

Tabla 1.3.2, sólidos en aguas residuales

De las categorías que se muestran, los sólidos en suspensión (SS) y los sólidos volátiles en suspensión (SVS) son los más útiles. Los SS y la DBO (demanda bioquímica de oxígeno), se emplean como medidas de la concentración de las aguas residuales y del rendimiento del proceso. Los SVS pueden ser un indicador del contenido orgánico de los residuos crudos y también proporcionan una medida de la población microbiana activa en los procesos biológicos.

1.3.3- Componentes inorgánicos.

Los componentes inorgánicos comunes de las aguas residuales incluyen lo siguiente:

- Cloruros y sulfatos: presentes normalmente en el agua y en residuos generados por humanos.
- Nitrógeno y fósforo: en sus diversas formas (orgánicas e inorgánicas) en residuos de humanos, con fósforo adicional de los detergentes.
- Carbonatos y bicarbonatos: normalmente presentes en el agua y en los residuos como sales de calcio y de magnesio.
- Sustancias tóxicas: arsénico, cianuro y metales pesados como Cd, Cr, Cu, Hg, Pb y Zn, pueden estar presentes en los residuos industriales.

Además de estos componentes químicos, la concentración de gases disueltos, en especial de oxígeno, y la concentración de iones hidrógeno (expresada como pH) son otros parámetros de interés en las aguas residuales.

1.3.4- Materia orgánica.

Las proteínas y carbohidratos constituyen el 90 % de la materia orgánica de las aguas negras domésticas. Las fuentes de estos contaminantes biodegradables incluyen los excrementos y orina humanos, los residuos de alimentos de los fregaderos, el polvo y la suciedad procedente del baño y del lavado de ropa, más varios jabones, detergentes y otros productos de limpieza.

Se utilizan diversos parámetros como medida de la concentración orgánica de las aguas residuales. Un método se basa en la cantidad de carbono orgánico (carbono orgánico total, o COT) presentes en los residuos. El COT se determina midiendo la cantidad de CO_2 que se produce cuando el carbono orgánico de la muestra se oxida por medio de un oxidante fuerte y comparándolo con la cantidad que genera un estándar de COT conocido. En la figura 1 se muestra un instrumento que mide el COT.



Figura 1.3.4, Analizador de carbono orgánico total. Modelo actual de analizador automático en el cual se utiliza la oxidación química para determinar el COT en agua y en aguas residuales.

En su mayoría, los otros métodos comunes se basan en la cantidad de oxígeno que se necesita para convertir el material oxidable en productos finales estables, puesto que el oxígeno que se consume es proporcional al material oxidable presente, sirve como una medida relativa de la concentración de las aguas residuales. Los dos métodos de uso más frecuente para determinar las necesidades de oxígeno de las aguas residuales son las pruebas de DQO y DBO. La demanda química de oxígeno (DQO) de las aguas residuales es la cantidad de oxígeno necesario para oxidar químicamente las sustancias orgánicas presentes; la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) es la cantidad medida de oxígeno que requiere microorganismos aclimatados para degradar biológicamente la materia orgánica de las aguas residuales.

La DBO es el parámetro más importante en el control de la contaminación del agua. Este dato se utiliza como una medida de la contaminación orgánica, como una base para estimar el oxígeno necesario para los procesos biológicos y como un indicador del rendimiento de los procesos.

1.3.5- Medición de la DBO.

La cantidad de materia orgánica que contiene el agua o las aguas residuales se pueden medir de forma directa (como COT, por ejemplo), pero esto no nos dice si las sustancias orgánicas son, en términos biológicos, degradables o no. Para medir la cantidad de materia orgánica biodegradable se utiliza un método indirecto en el cual se mide la cantidad de oxígeno que consume una población microbiana en crecimiento para convertir (oxidar) la materia orgánica en CO_2 y H_2O en un sistema cerrado. El oxígeno que se consume, o DBO, es proporcional a la materia orgánica transformada, y por tanto la DBO es una medida relativa de la materia orgánica biológica degradable presente en el sistema. Puesto que la oxidación biológica continúa indefinidamente, la prueba de la DBO última se ha limitado de manera arbitraria a 20 días, cuando se ha consumido quizá el 95 % o más del oxígeno necesario. No obstante, incluso este período es demasiado largo para que la medición de la DBO sea útil, por lo cual una prueba de 5 días, la DBO_5 , que se lleva a cabo a $20^\circ C$, se ha convertido en la norma. La velocidad de la reacción de la DBO depende del tipo de residuos presentes y de la temperatura; se supone que varía directamente con la cantidad de materia orgánica (carbono orgánico) presente (una reacción de primer orden).

En la figura 1.3.5.1 se muestra una gráfica de L , la DBO carbonosa restante, en función del tiempo t . Puesto que la cantidad de oxígeno consumido en función del tiempo representa la cantidad de materia orgánica oxidada, la curva $L_0 - L$ muestra la materia orgánica carbonosa oxidada en el tiempo t . Las ecuaciones correspondientes a L y $L_0 - L$, que se muestran como líneas continuas en la figura, son:

$$L = L_0(10^{-kt})$$

$$L_0 - L = L_0(1 - 10^{-kt})$$

Donde:

L = carbonosa restante en el tiempo $t = t$.

(O_2 necesario para oxidar la materia orgánica carbonosa restante)

L_0 = demanda carbonosa de oxígeno última (esto es, DBO última; O_2 necesario para oxidar la materia orgánica carbonosa presente al principio).

$L_0 - L$ = demanda carbonosa de oxígeno (esto es, DBO satisfecha; O_2 utilizado para oxidar la materia orgánica carbonosa en el tiempo $t = t$)

t = tiempo (días).

k = constante de velocidad (base 10) ($día^{-1}$)

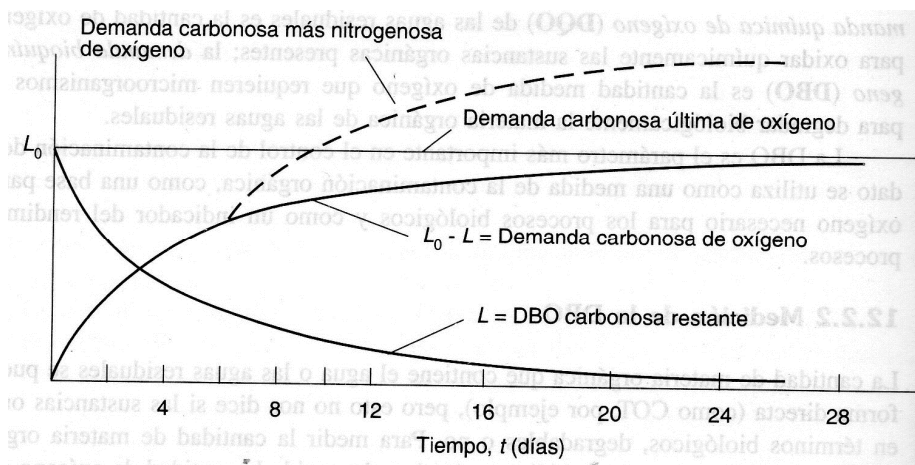


Figura 1.3.5.1, Curvas de DBO a 20°C.

Las curvas L y $L_0 - L$ indican la oxidación del carbono (DBO carbonosa) de la materia orgánica a CO_2 y agua. Sin embargo, después de 5 a 10 días los compuestos nitrogenados comienzan a ser oxidados. La línea punteada de la figura indica el efecto en la demanda de oxígeno cuando el nitrógeno presente en los residuos se oxida en la conversión (nitrificación) del amoníaco en nitratos. Este ejercicio de la DBO en una segunda etapa se puede inhibir en la prueba de DBO con la adición de agentes químicos apropiados. En la tabla 1.3.5.2 se presentan valores representativos de la constante de velocidad k (base 10) a 20°C para la oxidación carbonosa.

Fuente de contaminación orgánica	Rapidez de cambio k de DBO por día (base 10)
Agua fluvial	0.10
Aguas negras domésticas	0.17
Solución de glucosa	0.25

Tabla 1.3.5.2, constantes de velocidad de eliminación de DBO.

La constante de velocidad k de la tabla es aplicable a 20°C. Para otras temperaturas, se pueden utilizar una versión simplificada de la expresión de van't Hoff-Arrhenius para modificar k :

$$\frac{k_t}{k_{20}} = \theta^{(T-20)}$$

En donde $\theta = 1.047$ y T es la temperatura (°C). El valor del coeficiente de temperatura adimensional θ también depende de la temperatura, aunque para temperaturas entre 10 y 25°C el cambio de θ es pequeño y se puede despreciar.

Capítulo 2

Tipos de tratamientos de agua.

Respectos a los tipos de tratamiento, se pueden clasificar como Convencionales, No convencionales y Emisarios Submarinos.

2.1- Sistemas convencionales.

Abarcan aquellos que involucran mecanización y se dividen a su vez según el tipo de cultivo que se trate, a saber cultivo fijo como biomasa adherida en forma de película en un medio de soporte, o cultivo suspendido biomasa. Estos se pueden clasificar como:

- Cultivo Suspendido como Lodos Activados en todas sus modalidades.
- Cultivo Fijo como Biofiltros, Biodiscos etc..
- Lagunas Aireadas.



Imagen 2.1 laguna aireada.

2.2- Sistemas no convencionales.

No involucran mecanización pero requieren grandes extensiones de terreno.

- **Lagunas de Estabilización en toda su modalidad.** se basa de las condiciones naturales de depuración.
- **Wetlands.** Este tipo de lagunas presenta plantas acuáticas como jacintos acuáticos o totora.



Imagen 2.2 laguna de estabilización.

2.3- Emisarios Submarinos.

Estos disponen las aguas servidas de las zonas saneadas en un lugar del Océano, realizando el tratamiento mediante una autodepuración natural sin producir daño al ecosistema acuático y al litoral costero.



Imagen 2.3 emisarios submarinos.

De los tipos de tratamientos de aguas residuales se estimó que para la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales la mejor opción son los sistemas convencionales con tecnología de lodos activados.

Sistemas convencionales	Sistemas no convencionales	Emisarios submarinos
Alta Eficiencia de remoción de carga orgánica.	Condiciones naturales de depuración.	Condiciones naturales de depuración.
Temperatura de operación 15°- 40°C.	Temperatura de operación, superiores a los 19°C.	Es necesario un tratamiento previo.
Generación de lodos estabilizados.	Requieren mayor terreno que otros métodos.	A mayor profundidad de descarga más eficiente y más costoso.
Minimización de olores.	Pequeñas comunidades.	Caudal controlado para no afectar el ecosistema marino.
Poblaciones urbanizadas.	Caudal controlado.	Pocas empresas para construcción.
Muchas empresas para construcción.	Muchas empresas para construcción.	

Tabla 2.4, ventajas y desventajas de tratamientos.

En la tabla 2.4 podemos diferenciar las ventajas y limitaciones de los tipos de tratamientos, las ventajas de los sistemas convencionales es que pueden obtener la misma calidad de agua que los sistemas no convencionales y emisarios submarinos pero en menos tiempo, esto significa que durante el año la producción de tratamiento de agua es mucho mayor que los otros tratamientos, otra ventaja es que pueden trabajar con temperaturas que varían entre 15° a 40°C que a diferencia de los sistemas no convencionales que logran una eficiencia en el proceso biológico con temperaturas ambientales mayores a los 19 grados, generalmente estos sistemas se encuentran en el norte del país en donde estas temperaturas predominan durante el año y no es el mismo caso para la región del Biobío.

La tecnología de lodos activados trabaja sin problema para poblaciones urbanizadas en donde el flujo de caudal durante el día es contante que a diferencia de los otros tipos de tratamiento se recomienda para pequeñas comunidades en donde el caudal de agua residual es más controlado.

Los sistemas Convencionales son los más utilizados en nuestro país, existiendo (a abril de 2007) 177 plantas de tratamiento en base a Lodos Activados o Lagunas Aireadas; les siguen los sistemas no convencionales con 18 Lagunas de Estabilización, Biofiltros, Lombifiltros, y por último existen 32 Emisarios Submarinos.

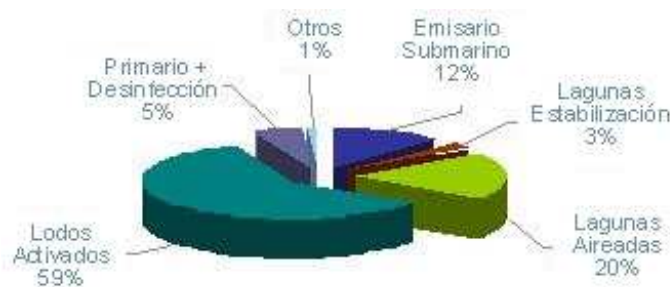


Imagen 2.4 (fuente: SISS).

Capítulo 3

Procesos de tratamiento de aguas convencionales.

3.1- Aguas residuales recicladas.

Las aguas residuales recirculadas (o recuperadas) son aquellas que han recibido el tratamiento suficiente para volver a ser utilizadas directamente en la industria y en la agricultura, y para ciertas aplicaciones municipales limitadas. Estas operaciones de reciclado o de circuito cerrado pueden ofrecer la única alternativa en áreas donde es imposible obtener suficiente agua dulce. Los sólidos en suspensión, las sustancias orgánicas biodegradables y las bacterias se pueden eliminar o degradar por aplicación de los procesos normales de tratamiento de aguas residuales, pero el color, las sales inorgánicas de magnesio, sodio y calcio, los compuestos orgánicos sintéticos como los plaguicidas, y otras sustancias tóxicas se deben eliminar por medio de técnicas avanzadas similares a las que se emplean para la desalinización. El carbón activado es eficaz para extraer muchos contaminantes orgánicos porque tiene un área superficial muy grande ($\approx 1.000 \text{ m}^2/\text{g}$) capaz de capturar y adsorber impurezas de agua. Permitir que el agua se limpie a sí misma por filtración a través del suelo es otra técnica que elimina impurezas del agua y tiene amplia aplicación en las recargas de reservas de aguas subterráneas. En la actualidad, el uso de aguas residuales recicladas como fuente de agua se practica principalmente en el medio oriente, en Sudáfrica y en regiones áridas de estados unidos.

3.2- Plantas de tratamiento de aguas.

Uno de los grandes logros de la tecnología moderna ha sido la reducción drástica de las enfermedades de transmisión por agua como el cólera y la fiebre tifoidea. Estas afecciones ya no constituyen los grandes peligros para la salud pública que fueron en una época. La clave de este avance fue el reconocimiento de que la contaminación del abasto público de agua con desechos humanos era la fuente principal de infección y se podía eliminar tratando el agua de manera más eficaz y eliminando los residuos de una forma más apropiada. La filtración del agua potable fue utilizada en 1802. En Estados Unidos, la ciudad de Poughkeepsie, Nueva York, practicó por primera vez la filtración del agua potable en 1872.

Las actuales plantas de tratamiento de agua se proyectan para suministrar de manera continua agua que satisface los estándares de agua potable en la llave. Para conseguir esto intervienen cuatro consideraciones principales: selección de fuentes, protección de la calidad del agua, métodos de tratamiento por aplicar y prevención de la contaminación. Entre las precauciones comunes para impedir la contaminación de las aguas subterráneas y superficiales se cuentan la prohibición de descargas de alcantarillados sanitarios y pluviales cerca del embalse de agua, la instalación de cercas para impedir la contaminación por uso recreativo, y las restricciones a la aplicación de fertilizantes y plaguicidas en áreas que drenan al embalse.

3.3- Problemas de olor.

Prácticamente todos los procesos de tratamientos de residuos domésticos e industriales en un momento dado desprenden olores desagradables, e incluso las plantas que operan correctamente no escapan del todo a este problema. En la mayor parte de los casos los olores están confinados a las inmediaciones de las unidades de proceso, y los operadores deben preocuparse sólo por los olores que escapan fuera de los límites de la planta. En muchos casos esto depende de la topografía y de los vientos predominantes.

Probablemente la causa más común de olores es la formación de condiciones aeróbicas. A excepción del proceso de digestión anaerobia y de las zonas anaeróbicas necesarias para la desnitrificación, se deben evitar condiciones anaeróbicas. Los depósitos de lodos y las capas de lama, ricas en bacterias anaerobias reductoras de sulfatos, son la causa principal de producción de H_2S en las alcantarillas. Esta clase de depósitos, si se permite su formación, producen olores en cualquier tanque, incluso en los de aireación, donde se pueden presentar condiciones anaeróbicas debido a un mezclado deficiente. El prolongado tiempo de retención de las alcantarillas interceptoras, en especial las que tienen pendiente llana, permite que comience la degradación aerobia de materia orgánica antes que las aguas residuales lleguen a la planta de tratamiento; éste es el origen del olor característico de las aguas residuales “sépticas”.

Las autoridades locales experimentan cada vez más presión para reducir o eliminar los olores de sus plantas de tratamiento. Las soluciones casi nunca son obvias, y pueden ir desde sencillos cambios de operación y de proceso, o adiciones químicas, hasta costosos dispositivos para el control de olores, como depuradores de aire y equipos de adsorción. Cada situación es diferente, y en muchos casos no se pueden determinar cuál es la mejor solución hasta que surge el problema

3.4- Descripción de planta de tratamiento

El objetivo del tratamiento de las aguas residuales es reducir la cantidad de materiales tanto orgánicos como inorgánicos a un nivel que no permite el crecimiento microbiano, así como la eliminación de los compuestos tóxicos que hubiera. La eficiencia del tratamiento se expresa en términos de reducción de la demanda biológica de oxígeno (DBO), la cantidad relativa de oxígeno disuelto consumida por los microorganismos en la completa oxidación de toda la materia orgánica e inorgánica en una muestra de agua. Niveles altos de materiales orgánicos o inorgánicos oxidables resultan en un alta DBO. Los valores normales en las aguas residuales domésticas están en torno a 200 unidades de DBO. En el caso de aguas de origen industrial, por ejemplo provenientes de una explotación lechera, los valores pueden llegar hasta 1.500 unidades de DBO. Un tratamiento eficaz reduce los niveles a menos de 5 unidades de DBO. Un tratamiento eficaz reduce los niveles a menos de 5 unidades de DBO en el agua resultante del tratamiento, Una planta típica de agua residual trata tanto las aguas domésticas como las industriales. El tratamiento es un proceso que se compone de múltiples etapas de carácter físico y biológico independientes.

Tratamientos primarios, secundarios y, a veces, incluso terciarios, se emplean para reducir la contaminación fecal y química del agua. Cada nivel de tratamiento emplea tecnologías más complejas y caras.

El agua sucia se vierte al alcantarillado por industrias y zonas urbanas. El agua llega a la estación depuradora a través de un sistema de colectores. El tratamiento se inicia en el bombeo de entrada, donde el agua es impulsada a una cota que le permitirá circular por diferentes elementos de la planta.

3.5- Tratamiento Preliminar.

El objetivo del tratamiento preliminar, también llamado pre-tratamiento, es eliminar cualquier elemento que pueda entorpecer alguna de las etapas siguientes del tratamiento. Los principales elementos objetivos de esta etapa son los sólidos gruesos, la arena y los aceites y grasas.

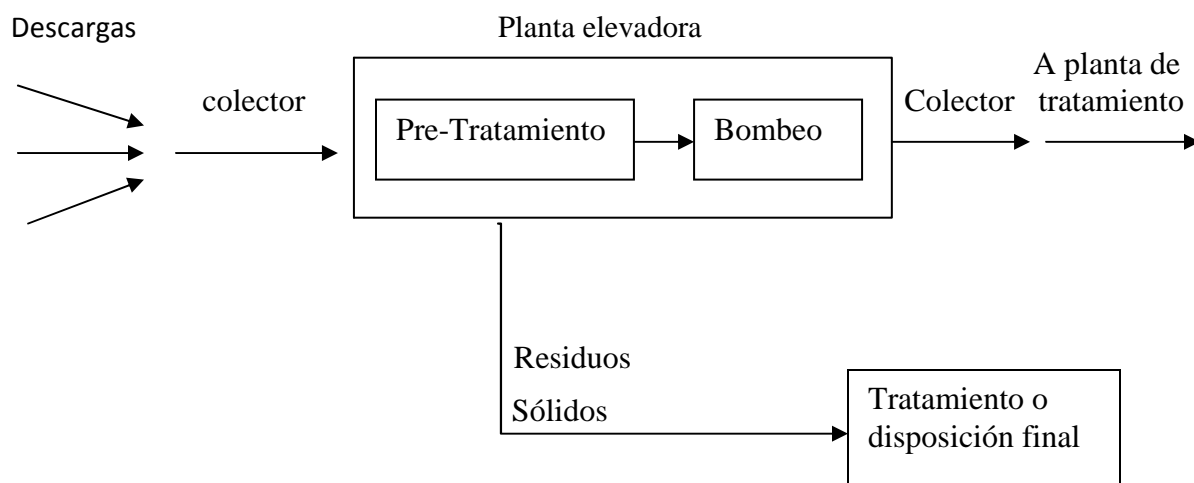


Figura 3.5- Modelo de distribución de las aguas servidas previo al ingreso a una planta de tratamiento.

3.5.1- Operaciones en el Pre-tratamiento.

Las operaciones de pre-tratamiento dependen de la procedencia del agua residual (doméstica, industrial, etc), La calidad del agua bruta a tratar (mayor o menor cantidad de grasas, arenas sólidos, etc.) y de la importancia de la instalación.

Las operaciones son:

- Separación de grandes sólidos (Pozo de Gruesos).
- Desbaste
- Tamizado
- Desarenado
- Desaceitado-desengrasado
- Pre-aireación

En una planta depuradora no es necesaria la instalación de todas estas operaciones. Dependerá de las características antes descritas. Por ejemplo, para un agua residual industrial raramente será necesario un desbaste.

3.5.1.1- Separación de Grandes Sólidos (Pozo de Gruesos).

Cuando se prevé la existencia de sólidos de gran tamaño o de una gran cantidad de arenas en el agua bruta, se debe incluir en cabecera de instalación un sistema de separación de estos grandes sólidos, este consiste en un pozo situado a la entrada del colector de la depuradora, de tronco piramidal invertido y paredes muy inclinadas, con el fin de concentrar los sólidos y las arenas decantadas en una zona específica donde se puedan extraer de una forma eficaz.

A este pozo se le llama Pozo de Muy Gruesos, dicho pozo tiene una reja instalada, una serie de vigas de acero colocadas en vertical en la boca de entrada a la planta, que impiden la entrada de troncos o materiales demasiado grandes que romperían o atorarían la entrada de caudal en la planta.

Estos grandes sólidos, dificultan la llegada del agua residual al resto de la planta, y deben ser retirados con frecuencia, así como se ha de limpiar el fondo del pozo para que no se produzca anaerobiosis, y consecuentemente malos olores.

3.5.1.2- Desbaste.

Los objetivos en este paso son:

- Proteger a la Estación Depuradora de Aguas Residuales de la posible llegada intempestiva de grandes objetos capaces de provocar obstrucciones en las distintas unidades de la instalación.
- Separar y evacuar fácilmente las materias voluminosas arrastradas por el agua, que podrían disminuir la eficacia de los tratamientos posteriores.

Esta operación consiste en hacer pasar el agua residual a través de una reja. De esta forma, el desbaste se clasifica según la separación entre los barrotes de la reja en:

Desbaste fino, Desbaste grueso, Reja de gruesos, Reja de finos.

3.5.1.3- Tamizado.

El tamizado consiste en una filtración sobre soporte delgado, y sus objetivos son los mismos que se pretenden con el desbaste, es decir, la eliminación de materia que por su tamaño pueda interferir en los tratamientos posteriores.

El tamizado es imprescindible cuando las aguas residuales brutas llevan cantidades excepcionales de sólidos en suspensión, flotantes o residuos. Cuando existen vertidos industriales importantes provenientes principalmente del sector alimentario (residuos vegetales, de matadero, semillas, cáscaras de huevo, etc).

3.5.1.4- Desarenado.

El objetivo de esta operación es eliminar todas aquellas partículas de granulometría superior a 200 micras, con el fin de evitar que se produzcan sedimentos en los canales y conducciones, para proteger las bombas y otros aparatos contra la abrasión, y para evitar sobrecargas en las fases de tratamiento siguiente.

3.5.1.5- Desaceitado-desengrasado.

El objetivo en este paso es eliminar grasas, aceites, espumas y demás materiales flotantes más ligeros que el agua, que podrían distorsionar los procesos de tratamiento posteriores, se efectúa mediante insuflación de aire, para desemulsionar las grasas y mejorar la flotabilidad.

Los desengrasadores separados del desarenado son aconsejables cuando se busca una mayor calidad del agua o cuando el agua proviene de ciertos tipos de industrias: Petroquímicas y refinerías de petróleo producen gran cantidad de aceites, los mataderos producen gran cantidad de grasas, etc.

3.5.1.6- Pre-aireación.

Sus objetivos son varios:

- Mejorar la tratabilidad del agua, en cuanto que esta llega séptica, contaminada, a la depuración.
- Control de olores.
- Mejorar la separación de las grasas.
- Favorecer la floculación de sólidos.
- Mantener el oxígeno en la decantación aun a bajos caudales.
- Incrementar la eliminación de DBO5.
- Evitar los depósitos en las cámaras húmedas.

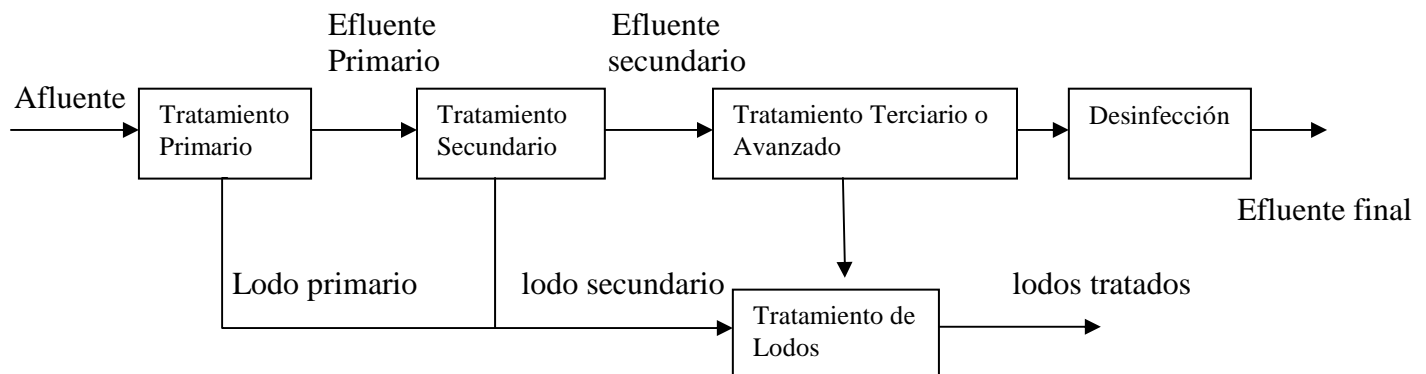
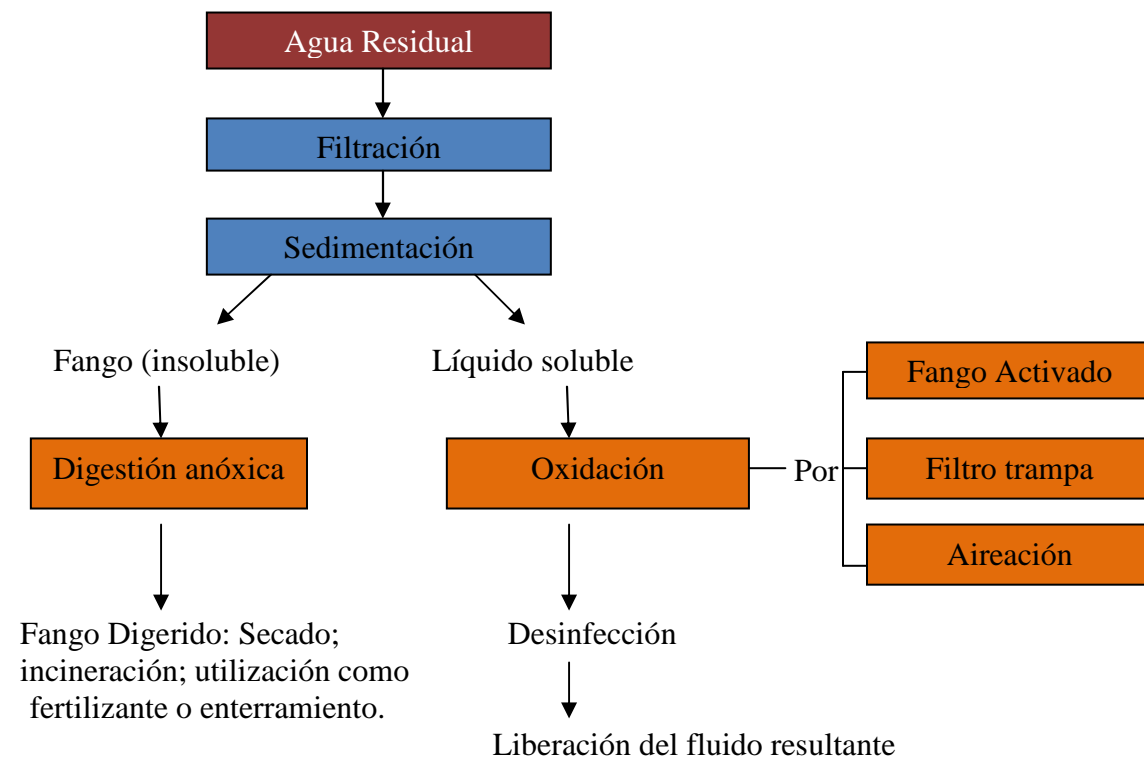


Figura 3.6.1- Configuración típica de una planta de tratamiento de aguas servidas.



Clave:					
■	Agua residual cruda	■	Tratamiento primario.	■	Tratamiento secundario

Figura 3.6.2- Componentes de una planta de tratamiento de aguas residuales municipales, también se describe más detallado en figura 3.8.3.

3.6- Tratamiento Primario.

El tratamiento primario de las aguas residuales consiste solamente en separaciones físicas. El agua que entra en la planta de tratamiento se pasa a través de una serie de cribas y filtros que eliminan los objetos de gran tamaño, Los sólidos restantes se separan del líquido pasando el agua servida a través de grandes estanques de decantación (figura 3.6.3) donde la mayor parte de la materia sólida se precipita al fondo. Más o menos el 70% de los sólidos decanta en esta etapa y se los llama “lodos” que son usados en la agricultura después de pasar por un nuevo tratamiento llamado “tratamiento de lodos”.

La sedimentación por gravedad es el proceso físico más común para separar los sólidos en suspensión de las aguas residuales. Este procedimiento se emplea para:

- Separar la arenilla (definida como partículas de arena de 0.2 mm de diámetro o más).

- Clarificar las aguas de alcantarillado que están sin tratar y concentrar los sólidos sedimentados (llamados lodos crudos o primarios).
- Clarificar suspensiones biológicas y concentrar los flóculos sedimentados (llamados lodos biológicos, activados o secundarios).
- Espesar por gravedad los lodos primarios o secundarios.

Los municipios que proporcionan sólo tratamientos primarios generan un agua extremadamente contaminante cuando el efluente es vertido en los ríos debido a la gran cantidad de material orgánica y otros nutrientes que permanecen en las aguas después del tratamiento primario. Por ello la mayoría de las plantas dispensan un tratamiento secundario destinado a reducir la carga orgánica del agua que se devuelve a la naturaleza. Los tratamientos secundarios están íntimamente ligados a procesos microbiológicos.



Figura 3.6.3- tratamiento inicial de las aguas residuales, el agua residual es bombeada a un reservorio donde se sedimentan los sólidos. De acuerdo a la subida del nivel del agua, este se derrama sobre cribas sucesivas de menor tamaño. El agua del nivel inferior, ahora libre de sólidos, entra en el canal de derramado y es bombeado a la instalación para el tratamiento secundario.

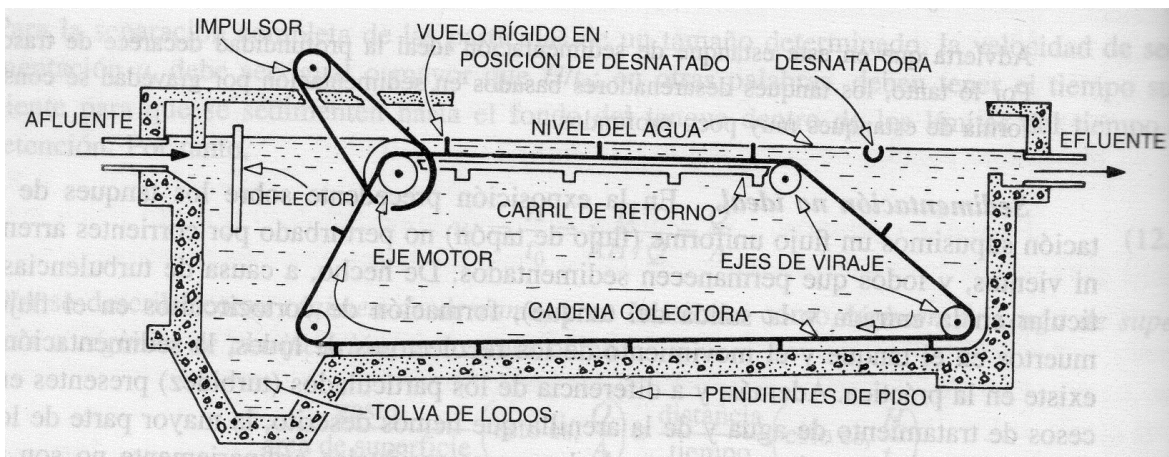
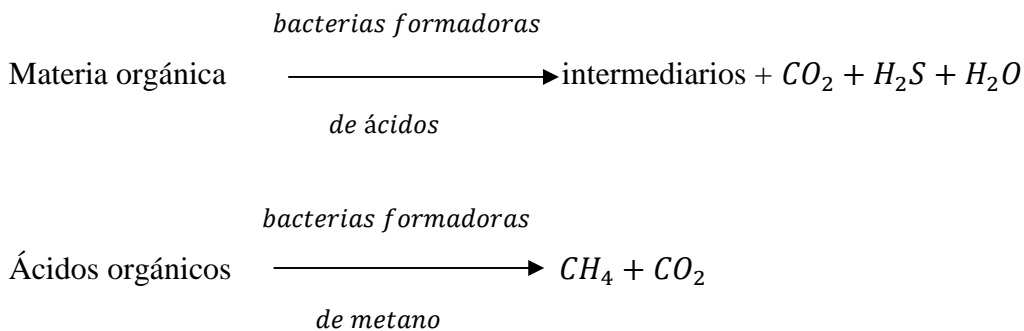


Figura 3.6.4- Tipo de tanque de sedimentación rectangular para clarificación primaria.

3.7- Tratamiento anaeróbico de las aguas residuales.

El tratamiento anaeróbico de las aguas residuales (esto es, en ausencia de oxígeno) recoge una serie de reacciones digestivas y fermentativas llevada a cabo por bacterias y es empleado generalmente para tratar aguas con gran contenido en aguas orgánicas (y por tanto, con DBO muy alta), tales como agua provenientes de fabricas de fibras, celulosa, alimentos o leche.

En el proceso anaeróbico dos grupos de bacterias heterótrofas, es un proceso de licuefacción/gasificación en dos etapas, convierten más del 90% de la materia orgánica presente primero en intermediarios (productos finales parcialmente estabilizados que incluyen ácidos orgánicos y alcoholes) y después en metano y dióxido de carbono gaseosos:



El proceso se aplica de manera universal en los digestores anaerobios calientes, en donde los lodos primarios y biológicos se mantienen durante unos 30 días a 35 °C para reducir su

volumen (alrededor del 30%) y su capacidad de putrefacción, con lo cual se simplifica su eliminación, por lo común en terrenos agrícolas.

Dos ventajas importantes de los procesos anaerobios respecto a los aerobios son que suministran energía útil en forma de metano y que la producción de lodos es de sólo el 10% de la que tiene lugar en los procesos aerobios para transformar la misma cantidad de materia orgánica. Esto representa una ventaja en el tratamiento de residuos muy concentrados, en donde el manejo de grandes volúmenes de lodos sería un problema.



Figura 3.7.1- digester anóxico de fangos. Solo se muestra la parte superior del tanque; el resto está bajo tierra.

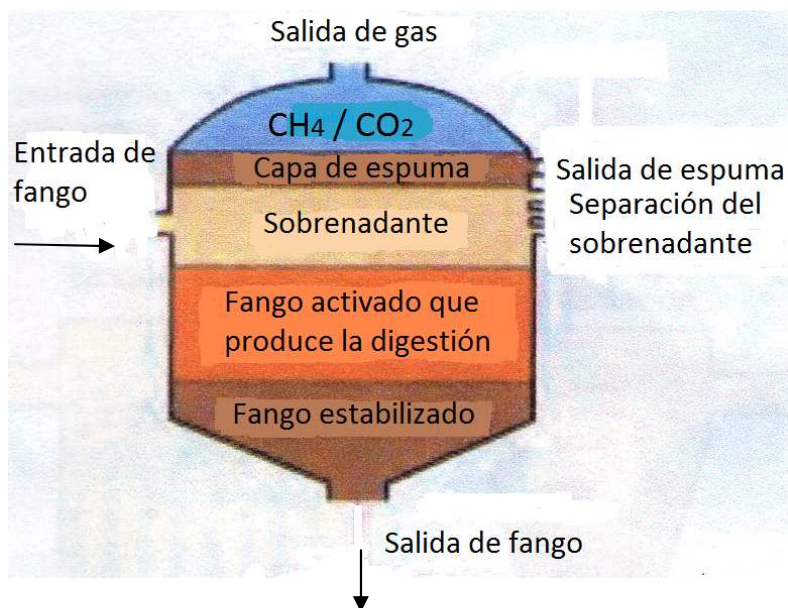


Figura 3.7.2- componentes internos de un digester de fangos.

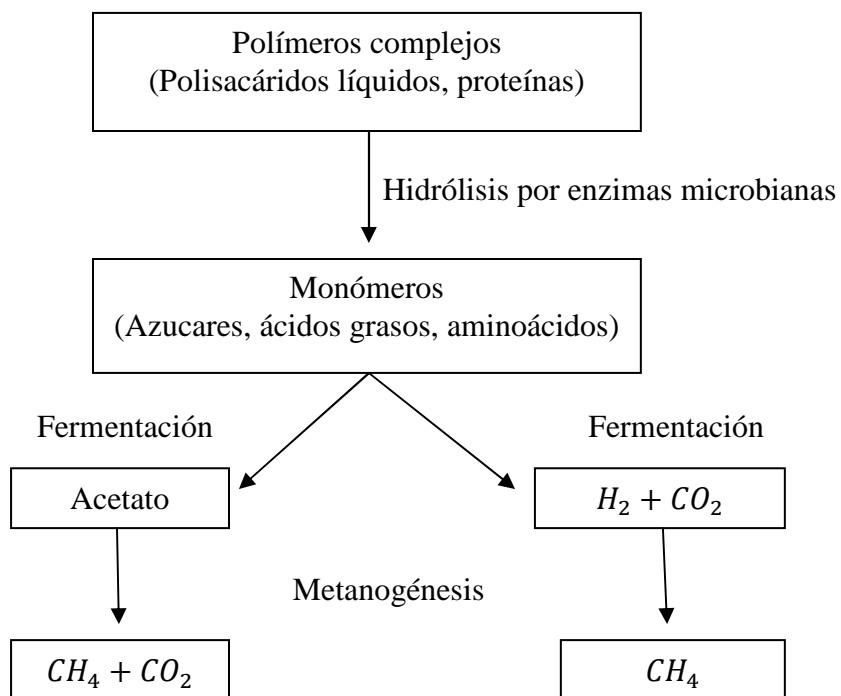


Figura 3.7.3- Principales procesos microbianos que tienen lugar durante la digestión de los fangos. Metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2) son los principales productos de la biodegradación anaeróbica.

3.8- Tratamiento secundario aeróbico.

En general, el agua residual no industrial puede ser eficientemente tratada empleando un proceso secundario aeróbico. Múltiples tipos de procesos de composición aeróbica se usan en el tratamiento de aguas residuales, pero los más comunes son el filtro trampa y el fango activado. Un filtro trampa (figura 3.8.1) es un lecho de rocas aplastadas, de alrededor de 2 m de ancho, en cuya parte superior se añade el agua residual. El líquido pasa lentamente a través del lecho y la materia orgánica se adhiere a las rocas, en cuya superficie tiene lugar el crecimiento microbiano. La completa mineralización de la sustancia orgánica hasta dióxido de carbono, amoníaco, nitrato, sulfato y fosfato tiene lugar en el bio-film microbiano que se ha formado en la superficie de las rocas. El tratamiento más común de este tipo es el fango activado. El agua que va a ser tratada es mezclada y aireada en un gran tanque (figuras 3.8.2.1 y 3.8.2.2). Las bacterias formadoras de limo, donde se incluyen entre otras a zoogloea ramigera, crecen y forman flóculos (grandes masas de agregados), siendo estos flóculos los sustratos para el ataque de protozoos y otros pequeños animales. Ocasionalmente también se encuentran hongos y bacterias filamentosas. El proceso básico de oxidación es similar al filtro trampa. El afluente que contiene los flóculos es bombeado a un tanque de mantenimiento o clarificador donde los flóculos se depositan. Algunos de los flóculos (llamado fango activado) son devueltos al aireador donde se emplean como inóculo, y el resto es enviado al digestor anóxico de fango (figuras 3.7.1; 3.7.2; 3.7.3) o es retirado, secado y quemado o usado como fertilizante.

El agua residual normalmente se mantiene, entre 5 y 10 h, en el tanque de fango, tiempo insuficiente para la completa oxidación de la materia orgánica. No obstante, durante ese tiempo la mayoría de la materia orgánica soluble es adsorbida en los flóculos e incorporada en las células microbianas. La DBO del líquido efluente es considerablemente reducida (más del 95 %) gracias a este proceso, con la mayoría de la DBO depositada ahora en los flóculos y, por tanto, se consigue la deseada reducción de la DBO en el agua.

Prácticamente la total reducción de la DBO tiene lugar si los flóculos son entonces llevados al digestor anóxico de fango. La mayoría de las plantas de procesamiento cloran el efluente (para evitar la posibilidad de posteriores contaminaciones biológicas) y liberan el agua tratada a ríos o lagos. Algunas plantas, sin embargo, someter las aguas residuales a una tercera fase.



Figura 3.8.1, filtro de trampa, se distribuye lentamente el agua residual sobre el lecho de piedras. Las piedras tienen entre 6 y 9 centímetros de diámetro y el lecho es de 2 metros de profundidad.



Figura 3.8.2.1- el proceso de fango activado, tanque de aireación de una instalación de fango activado en una planta metropolitana de tratamientos de aguas, el tanque tiene 30 metros de largo, 10 de ancho y 5 de profundidad.

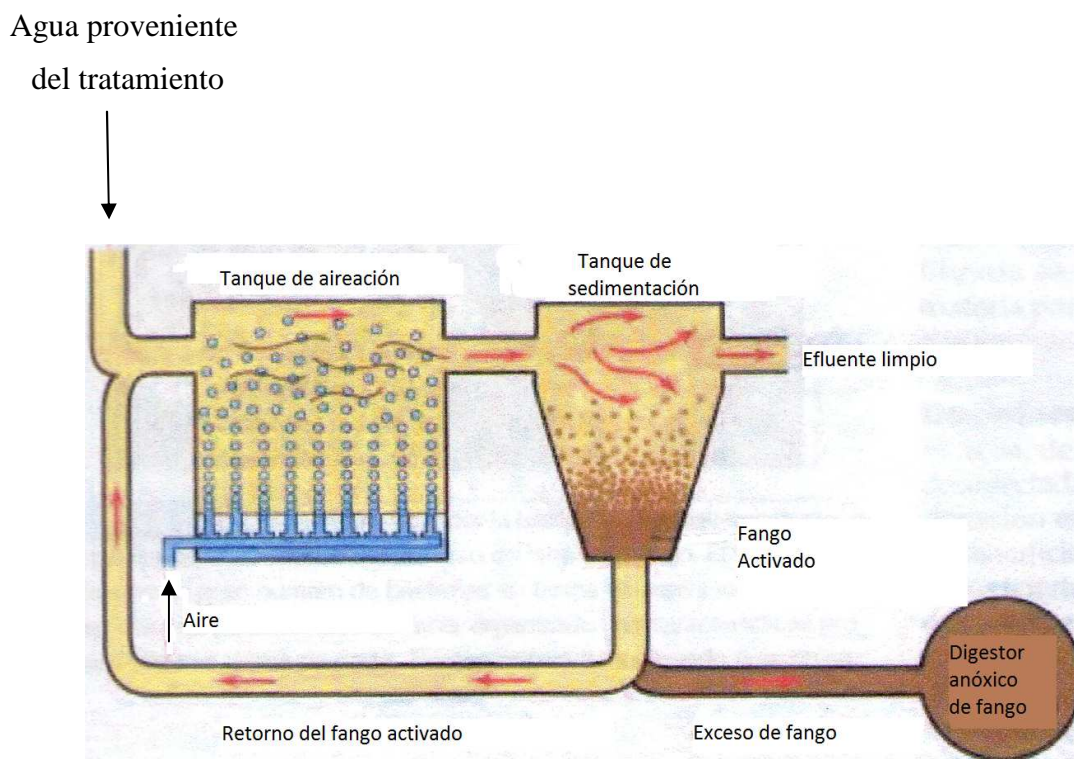


Figura 3.8.2.2- el proceso de fango activado, el agua residual fluye a través de la instalación de fango activado. La recircularización de fango activado hacia el tanque de aireación es la responsable de la introducción de microorganismos encargados de la digestión aeróbica de los componentes orgánicos del agua, el digestor anóxico de fangos se describe en la figura 3.7.2.

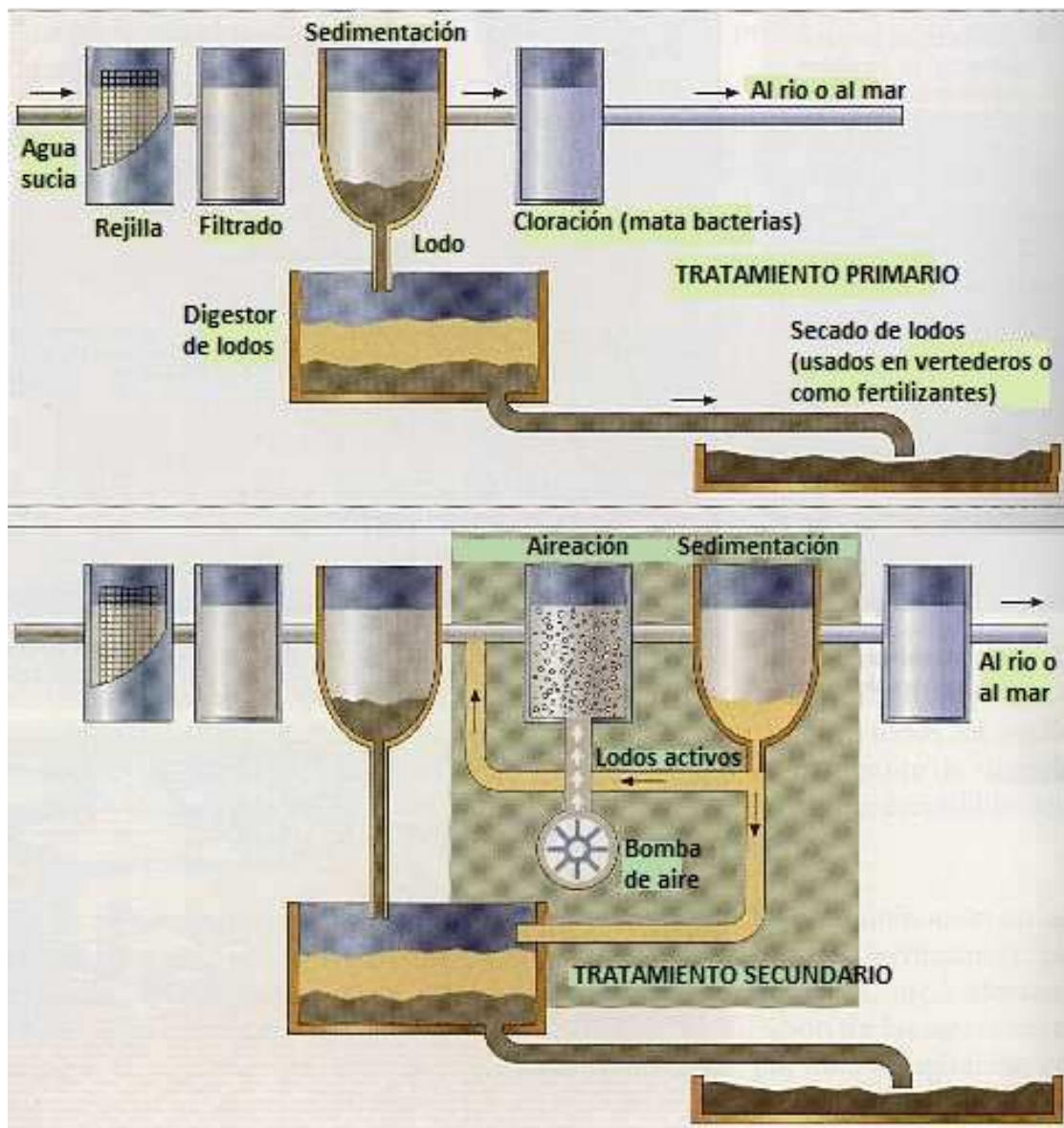


Figura 3.8.3- Vista esquemática de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR).

3.9- Tratamiento terciario.

El tratamiento terciario es el método más complejo para el tratamiento de aguas residuales aunque, debido a lo caro que resulta, su aplicación no ha sido ampliamente adoptada, el tratamiento terciario consiste en una serie de procesos fisicoquímicos en los que se incluyen precipitaciones, filtraciones y cloraciones en procesos muy similares a los seguidos para la potabilización del agua potable, para una intensa reducción de los niveles de los números de nutrientes inorgánicos, especialmente fosfato y nitrato, del efluente final. El agua residual que recibe un apropiado tratamiento terciario es tan escasa en nutrientes que no es apta para soportar el crecimiento microbiano.

Las aguas residuales, después de experimentar los métodos del tratamiento secundarios son aptas para su liberación a ríos. No obstante, esa agua no es potable, es decir, no es apta para el consumo humano. La producción del agua potable requiere posteriores tratamientos para eliminar microorganismos potencialmente patógenos, reducir la turbidez (medida de las partículas disueltas), eliminar el sabor y el olor, y reducir la cantidad de sustancias químicas pesadas tales como hierro y manganeso.

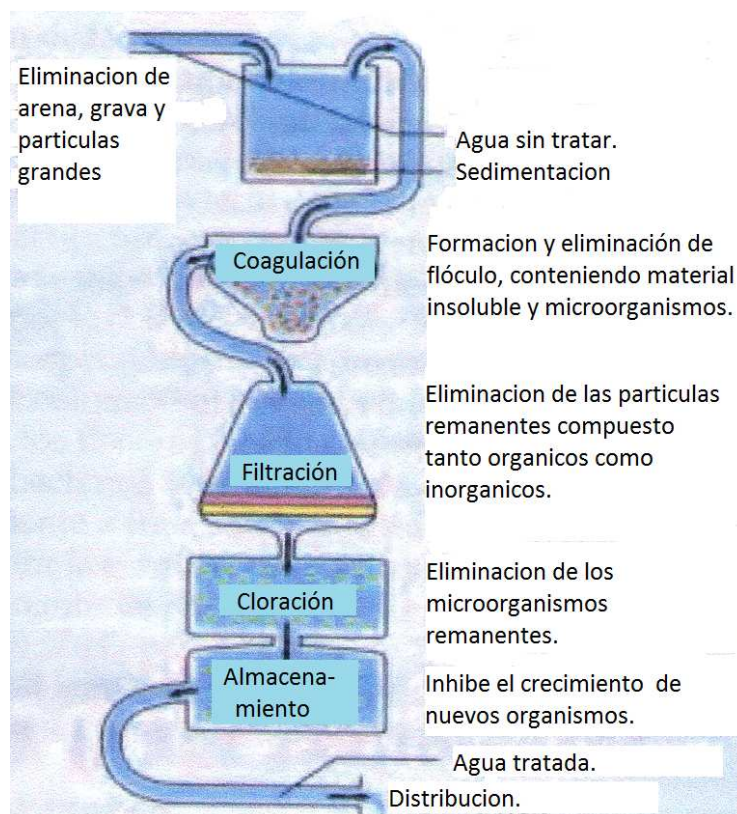


Figura 3.9- Vista esquemática de un típico sistema de potabilización de agua.

3.10- Tratamiento avanzado del agua residual.

El tratamiento avanzado del agua residual se define como el tratamiento adicional necesario para la eliminación de los sólidos suspendidos y de las sustancias disueltas que permanecen en el agua residual después del tratamiento secundario convencional. Estas sustancias pueden ser materia orgánica o sólidos en suspensión, y su naturaleza puede variar desde iones inorgánicos relativamente simples, como el calcio, el potasio, el sulfato, el nitrato y el fosfato, hasta un número cada vez mayor de compuestos orgánicos sintéticos muy complejos. En el transcurso de los últimos años se ha conseguido tener un conocimiento mucho más complejo sobre el efecto de estas sustancias en el medio ambiente. La investigación sobre los posibles efectos tóxicos de estas sustancias en el medio ambiente continúa, así como la investigación sobre los procesos de tratamiento, tanto convencional como avanzado, dirigidos a su eliminación. Como consecuencia de ello, las normativas sobre el tratamiento de las aguas residuales se está volviendo, cada vez, más estricta, tanto en lo referente a la limitación de las concentraciones de muchas de estas sustancias en los efluentes de las plantas de tratamiento, como en el establecimiento de los límites globales de toxicidad de los efluentes. Para poder cumplir las nuevas normativas, será necesario remodelar muchas de las instalaciones de tratamiento secundario existentes, y la construcción de nuevas instalaciones de tratamiento avanzado de aguas residuales.

El progreso del conocimiento científico de los constituyentes presentes en el agua residual y la disponibilidad de información de base más amplia, obtenida a partir de estudios medioambientales, ha conducido al desarrollo de limitaciones más restrictivas para los permisos de vertido de los efluentes tratados. Las restricciones impuestas para la concesión de permisos de vertido en ciertas zonas pueden incluir la eliminación de materia orgánica, sólidos en suspensión, nutrientes, y compuestos tóxicos específicos que no se consiguen eliminar con los procesos de tratamiento secundario convencionales.

3.10.1- Constituyentes residuales presentes en el agua residual tratada.

En la tabla 3.10.1 se indican algunas de las sustancias presentes en el agua residual cuyo vertido puede originar problemas ambientales. Esta lista no pretende ser exhaustiva sino que sugiere que existe una gran variedad de sustancias que merecen especial consideración, y que variarán para cada aplicación del tratamiento de aguas residuales.

componentes	efectos	Concentración crítica, mg/L.
Sólidos suspendidos	Pueden provocar deposiciones de sólidos o empeorar la transparencia de las aguas receptoras	variable
Materia orgánica biodegradable	Pueden agotar las reservas de oxígeno disponible	Variable
Contaminantes prioritarios	Tóxicos para el hombre; carcinógenos	Varía en función del constituyente
	Tóxicos para el entorno acuático	Varía en función de la presencia en la columna de agua, masa biológica, o sedimento
Compuestos orgánicos volátiles	Tóxicos para el hombre; carcinógenos; forman oxidantes fotoquímicos (smog)	Varía en función del constituyente
Nutrientes		
amoníaco	Aumenta la demanda de cloro; puede convertirse a nitratos y agotar los recursos de oxígeno; con el fosforo puede llevar al desarrollo de crecimiento de algas	Cualquier cantidad
	Tóxico para los peces	<i>variable^a</i>
Nitrato	Estimula el crecimiento acuático y de las algas;	0,3 ^b
	Puede causar metagemoglobinemia en los niños (niños azules)	45 ^c
Fosfato	Estimula el crecimiento acuático y de las algas	0,015 ^b
	Interfiere con la coagulación	0,2 – 0,4
	Interfiere con el ablandamiento cal-sosa	0,3
Otros compuestos inorgánicos		
Calcio y magnesio	Aumenta la dureza y los sólidos totales disueltos	
Cloruro	Imparte sabor salado	250
	Interfiere en los usos agrícolas e industriales	75 – 200
sulfato	Acción catártica	600 – 1.000
Otros compuestos orgánicos		
Agentes tensoactivos	Provocan espumas y pueden interferir con la coagulación	1,0 – 3,0

Tabla 3.10.1- componentes químicos típicos que pueden encontrarse en el agua residual y sus efectos.

a: depende del pH y la temperatura.

b: para lagos con aguas tranquilas.

c: para NO_3 por la U.S. Environmental Protection Agency (EPA).

3.10.2- Impacto de los constituyentes residuales.

Los potenciales efectos negativos de los constituyentes residuales presentes en los efluentes tratados pueden variar considerablemente. En la tabla 3.10.3.1 se señalan algunos de los efectos de los constituyentes específicos, así como sus concentraciones críticas. A pesar que en las limitaciones de la EPA (Environmental Protection Agency) se hace mención específica a las limitaciones de sólidos suspendidos y materia orgánica biodegradable para los procesos de tratamiento secundario, en determinadas situaciones puede ser necesario imponer condiciones de eliminación de constituyentes adicionales (p.e. vertido a pequeños cursos de agua y lagos, y otros cuerpos de agua sensibles).

Los compuestos que contienen nitrógeno y fósforo disponible han recibido especial atención desde mediados de los años sesenta, En un principio, la importancia de la presencia de nitrógeno y de fósforo en los vertidos de efluentes tratados venía dada por su capacidad de acelerar la eutrofización en lagos y el crecimiento de las especies acuáticas. Más recientemente, el control de los nutrientes ha pasado a ser una parte más de los procesos de tratamiento de las aguas residuales destinadas a la recarga de acuíferos. En muchos casos, también se obliga a la nitrificación de los vertidos de agua residuales para reducir la toxicidad del amoníaco o el impacto sobre las reservas de oxígeno en los cursos en agua y estuarios.

Desde principios de los ochenta, las agencias reguladoras han prestado creciente atención a los contaminantes prioritarios y a los compuestos orgánicos volátiles (COVs), muchos de los cuales han resultado ser tóxicos para el hombre y el medio ambiente acuático. La presencia de estos constituyentes merece especial atención en los casos en los que el agua residual se vierte a aguas superficiales o a acuíferos que pueden ser empleados como recursos hídricos para el abastecimiento de poblaciones.

3.10.3- Tecnologías empleadas en el tratamiento avanzado de las aguas residuales.

Los métodos de tratamiento avanzado de las aguas residuales se pueden clasificar en función del tipo de operación o proceso unitario, o por el objetivo principal de eliminación que se quiere conseguir. Para facilitar la comparación general de las diversas operaciones y procesos, en la tabla 3.10.3.1 se aporta acerca de: la principal función de eliminación de constituyentes, los tipos de operaciones y procesos aplicables para desarrollar esta función, el tipo de agua residual tratada.

Principal función de eliminación	Descripción de la operación o del proceso	Tipo de agua residual tratada
Eliminación de sólidos suspendidos	filtración	ETP, ETS
	microtamices	ETS
Oxidación de amoníaco	Nitrificación biológica	ETP, ETB, ETS
Eliminación de nitrógeno	Nitrificación/desnitrificación biológica	ETP, ETS
Eliminación de nitratos	Desnitrificación biológica en etapas separadas	ETS + nitrificación
Eliminación biológica de fósforo	Eliminación de fósforo en la línea principal	ARC, ETP
	Eliminación de fósforo en la línea auxiliar	FAR
Eliminación biológica conjunta de nitrógeno y fósforo	Nitrificación/desnitrificación biológica y eliminación de fósforo	ARC, ETP
Eliminación física o química de nitrógeno	Arrastre por aire	ETS
	Cloración al breakpoint	ETS + filtración
	Intercambio iónico	ETS + filtración
Eliminación de fósforo por adición de reactivos químicos	Precipitación química con sales metálicas	ARC, ETP, ETB, ETS
	Precipitación química con cal	ARC, ETP, ETS
Eliminación de compuestos tóxicos y materia orgánica refractaria	Adsorción sobre carbono	ETS + filtración
	Fangos activados-carbono activado en polvo	ETP
	Oxidación química	ETS + filtración
Eliminación de sólidos inorgánicos disueltos	Precipitación química	ARC, ETP, ETB, ETS
	Intercambio iónico	ETS + filtración
	ultrafiltración	ETS + filtración
	Osmosis inversa	ETS + filtración
	electrodialisis	ETS + filtración + adsorción sobre carbono
Compuestos orgánicos volátiles	Volatilización y arrastre con gas	ARC, ETP

Tabla 3.10.3.1- eliminación de constituyentes por medio de operaciones y procesos de tratamiento avanzados.

Donde: ETP= efluente de tratamiento primario.
 ETB= efluente de tratamiento biológico (sin decantación).
 ETS= efluente de tratamiento secundario (con decantación).
 ARC= agua residual cruda (no tratada).
 FAR= fango activado recirculado.

Ejemplos de diagramas de flujo de tratamientos avanzados del agua residual.

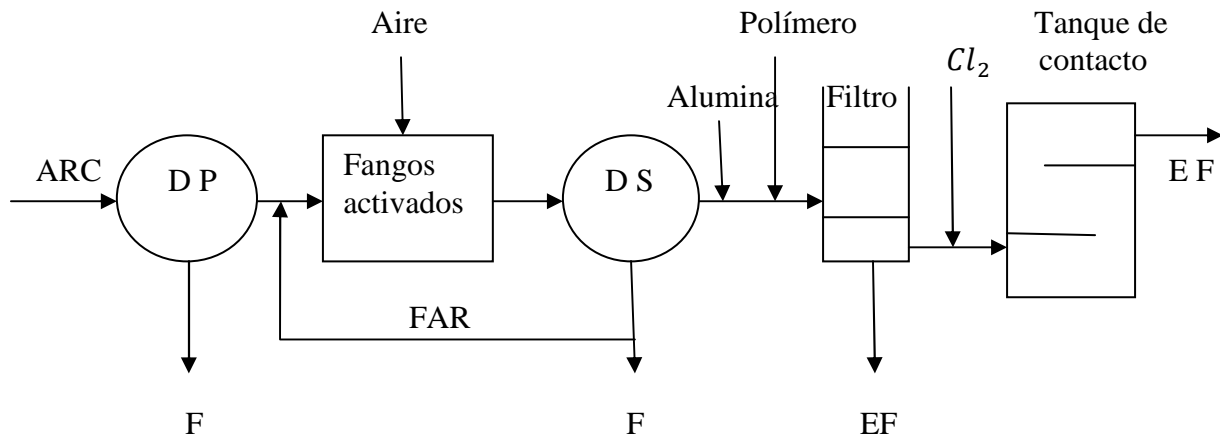


Diagrama 3.10.3.2- fango activado + filtración.

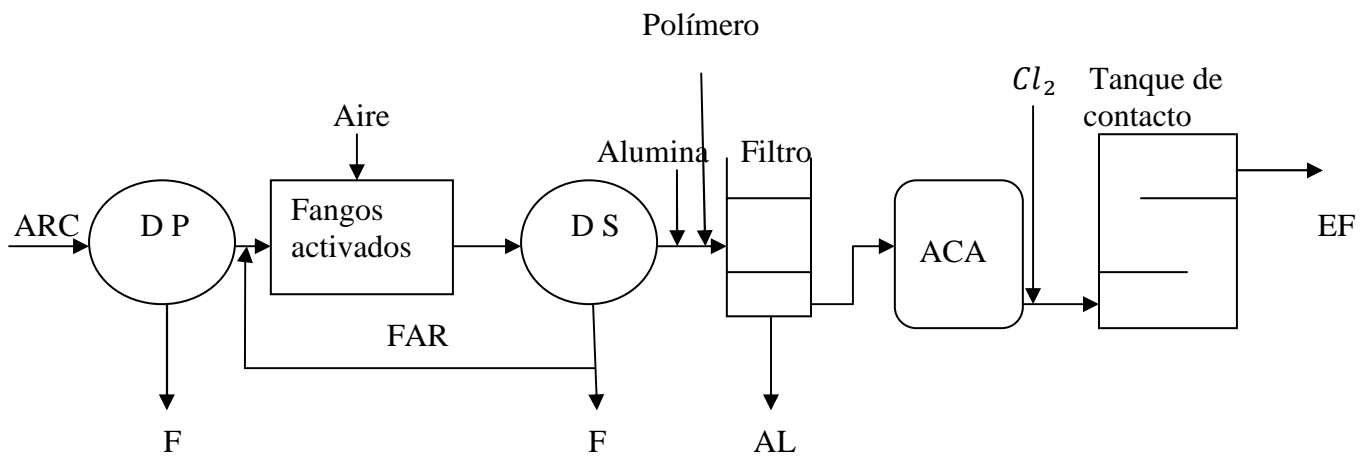


Diagrama 3.10.3.3- fango activado + filtración + carbón activado.

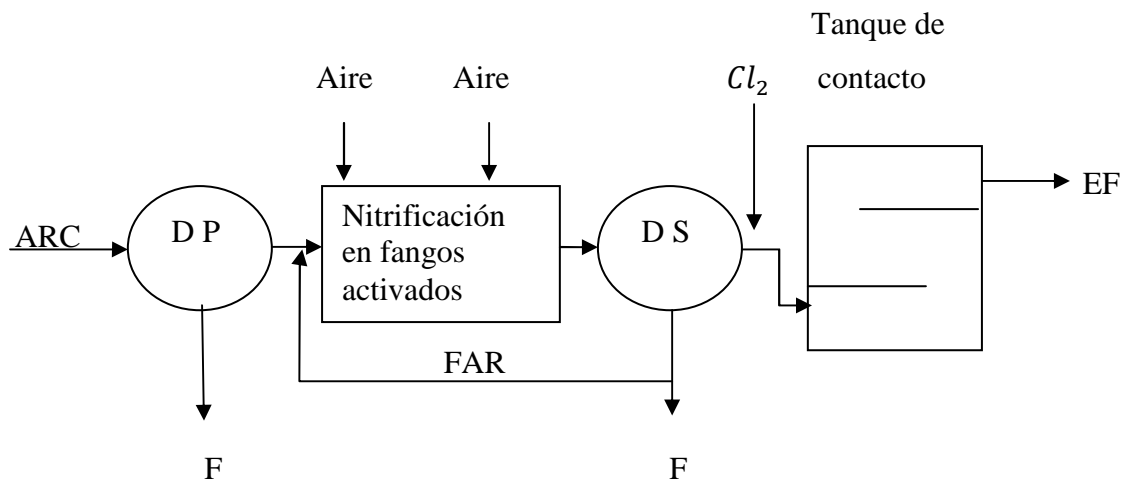


Diagrama 3.10.3.4- nitrificación en fangos activados (etapa única).

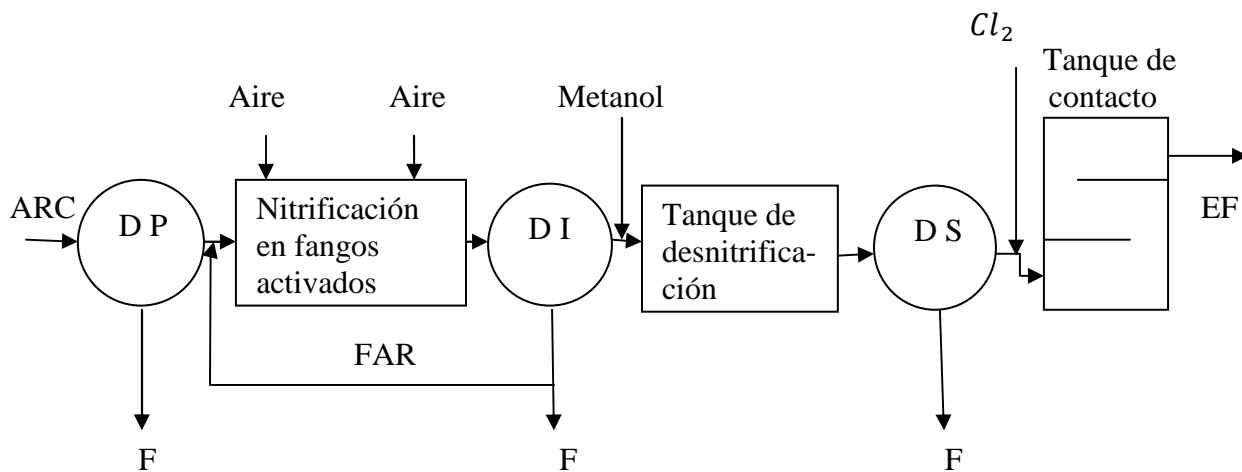


Diagrama 3.10.3.5- nitrificación/desnitrificación en fangos activados mediante el uso de metanol.

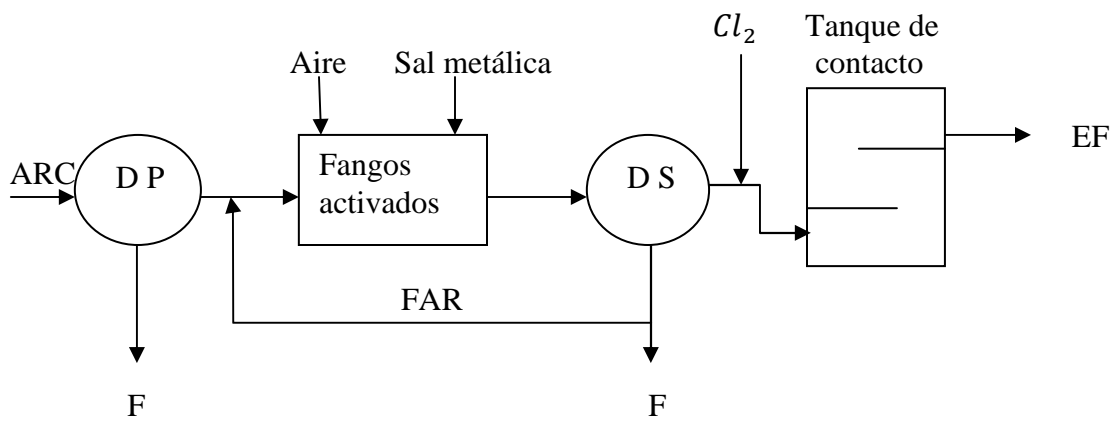


Diagrama 3.10.3.6- adición de sal metálica a los fangos activados para la eliminación de fósforo.

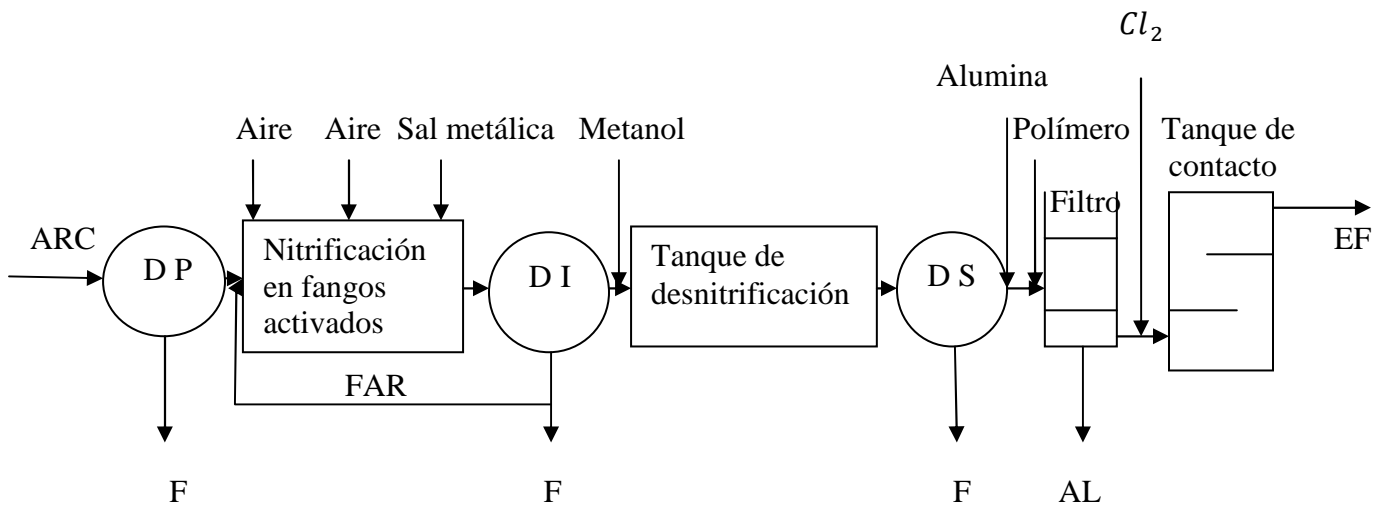


Diagrama 3.10.3.7- adición de sal metálica a los fangos activados para la eliminación de fósforo + nitrificación/desnitrificación mediante la acción de metanol.

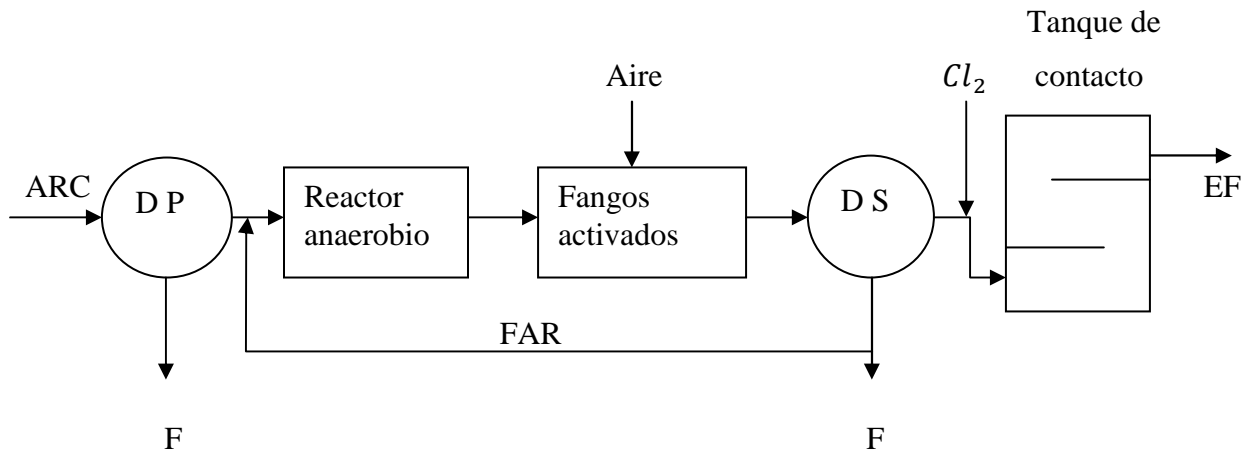


Diagrama 3.10.3.8- eliminación biológica de fósforo en la línea principal.

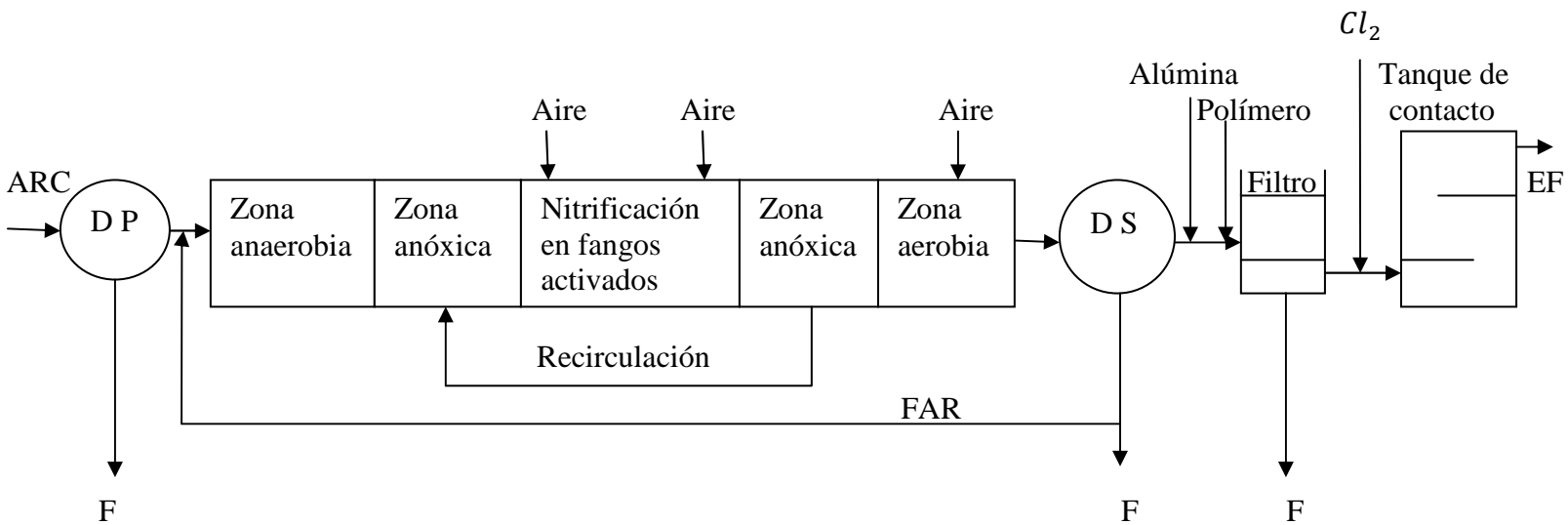


Diagrama 3.10.3.9- eliminación biológica de nitrógeno y fósforo + filtración.

Leyenda:

- ARC = agua residual cruda.
- F = fango.
- FAR = fango activado recirculado.
- AL = agua de lavado (del proceso de lavado a contracorriente).
- EF = efluente final.
- DP = decantación primaria.
- DS = decantación secundaria.
- DI = decantador intermedio.
- ACA = absorción sobre carbón activo.

Proceso de tratamiento	Calidad típica del efluente						
	SS, mg/l	DBO ₅ , mg/l	DQO, mg/l	N total, mg/l	NH ₃ - N, mg/l	PO ₄ , como P, mg/l	Turbiedad, NTU
Fango activado + filtración en medio granular	4 - 6	< 5 - 10	30 - 70	15 - 35	15 - 25	4 - 10	0,3 - 5
Fango activado + filtración en medio granular + adsorción sobre carbono	< 3	< 1	5 - 15	15 - 30	15 - 25	4 - 10	0,3 - 3
Fango activado/nitrificación, etapa única	10 - 25	5 - 15	20 - 45	20 - 30	1 - 5	6 - 10	5 - 15
Fango activado/nitrificación-desnitrificación, etapas separadas	10 - 25	5 - 15	20 - 35	5 - 10	1 - 2	6 - 10	5 - 15
Adición de sal metálica a los fangos activados	10 - 20	10 - 20	30 - 70	15 - 30	15 - 25	< 2	5 - 10
Adición de sal metálica a los fangos activados + nitrificación/desnitrificación + filtración	< 5 - 10	< 5 - 10	20 - 30	3 - 5	1 - 2	< 1	0,3 - 3
Eliminación biológica del fósforo en la línea principal	10 - 20	5 - 15	20 - 35	15 - 25	5 - 10	< 2	5 - 10
Eliminación biológica del nitrógeno y fósforo en la línea principal + filtración	< 10	< 5	20 - 30	< 5	< 2	< 1	0,3 - 3

Tabla 3.10.3.10- niveles de calidad alcanzable con las diversas operaciones y procesos utilizados en el tratamiento avanzado del agua residual.

3.11- Tratamientos de fangos.

Los constituyentes del agua residual eliminados en las plantas de tratamientos incluye basuras, arena, espumas y fango. El fango producido en las operaciones y procesos de tratamientos de las aguas residuales suele ser un líquido o líquido semisólido con un contenido en sólidos, dependiendo de las operaciones y procesos de tratamientos, variable entre 0,25 y el 12 por 100 en pesos. De los constituyentes eliminados en el tratamiento, el fango es, con diferencia, el de mayor volumen y su tratamiento y evacuación es, quizás, el problema más complejo al que se enfrenta el ingeniero sanitario. Los problemas derivados del manejo de los fangos son complejos debido a que el fango está formado principalmente:

- por las sustancias responsables del carácter desagradable de las aguas residuales no tratadas.
- La fracción del fango a evacuar, generada en el tratamiento biológico del agua residual, está compuesta principalmente por la materia orgánica presente en aquélla, aunque en forma diferente a la original, que también está sujeta a procesos de descomposición que la pueden hacer indeseable.
- Sólo una pequeña parte del fango está compuesta por materia sólida.

Los principales métodos empleados para el tratamiento y evacuación del fango se indican en la tabla 3.11.1- El espesamiento (concentración), acondicionamiento, deshidratación y secado del fango, se utilizan para eliminar la humedad del mismo; la digestión, compostaje, incineración, oxidación con aire húmedo, y los reactores de tubo vertical, se utilizan principalmente para tratar o estabilizar la materia orgánica contenida en el fango.

Operación unitaria, proceso unitario, o métodos de tratamiento	Función
Operaciones de pre-tratamiento	
Dilaceración	Reducción de tamaño
Desarenado	Eliminación de arena
Mezclado	Mezclado
Almacenamiento	Almacenamiento
Espesamiento	
Por gravedad	Reducción de volumen
Por flotación	Reducción de volumen
Por centrifugación	Reducción de volumen
Por gravedad en filtros bandas	Reducción de volumen
En tambor rotativo	Reducción de volumen
Estabilización	
Estabilización con cal	Estabilización
Tratamiento térmico	Estabilización
Digestión anaerobia	Estabilización, reducción de masa
Digestión aerobia	Estabilización, reducción de masa
Compostaje	Estabilización, recuperación de productos
Acondicionamiento	

Acondicionamiento químico	Acondicionamiento del fango
Tratamiento térmico	Acondicionamiento del fango
Desinfección	
Pasteurización	Desinfección
Almacenamiento a largo plazo	Desinfección
Deshidratación	
Filtro de vacío	Reducción de volumen
Centrífuga	Reducción de volumen
Filtro banda	Reducción de volumen
Filtro prensa	Reducción de volumen
Eras de secado de fango	Reducción de volumen
Lagunaje	Almacenamiento, reducción de volumen
Secado	
Instantáneo	Reducción de peso, reducción de volumen
Por pulverización	Reducción de peso, reducción de volumen
En horno rotativo	Reducción de peso, reducción de volumen
En horno de pisos múltiples	Reducción de peso, reducción de volumen
Evaporación de efecto múltiple	Reducción de peso, reducción de volumen
Reducción térmica	
Horno de pisos múltiples	Reducción de volumen, recuperación de energía
Horno de lecho fluidificado	Reducción de volumen
Incineración conjunta con residuos sólidos	Reducción de volumen
Oxidación por vía húmeda	Estabilización, reducción de volumen
Reactor vertical de pozo profundo	Estabilización, reducción de volumen
Evacuación final	
Aplicación al terreno	Evacuación final
Distribución y comercialización	Usos beneficiosos
Fijación química	Usos beneficiosos, evacuación final
A vertedero	Evacuación final
Lagunaje	Reducción de volumen

Tabla 3.11.1- métodos de tratamiento y evacuación de fangos.

La procedencia de los sólidos producidos en las plantas de tratamiento varía en función del tipo de planta y del modo de explotación. Las principales fuentes de sólidos y fango, y los tipos de sólidos y fangos generados, se indican en la tabla 3.11.2, por ejemplo, en un proceso de fangos activado de mezcla completa, si la purga de fango se realiza desde la conducción del líquido mezcla o desde el tanque de aireación, el tanque de sedimentación del fango activado no constituye una fuente de fango. En cambio, si la purga de fango se realiza desde el conducto de recirculación de fangos, el tanque de sedimentación del fango activado sí constituye una fuente de fango, si el fango del líquido mezcla o del tanque de aireación se conduce al tanque de sedimentación primario para su espesado, puede no ser necesario disponer de un espesador, lo cual reduce en una unidad el número de fuentes de fango de la planta de tratamiento. Los procesos que se emplean para el espesado, digestión,

acondicionamiento y deshidratación del fango generado en los tanques de sedimentación primarios y secundarios, también constituyen fuentes generadoras de fango.

Operación o proceso unitario	Tipo de sólido o fango	Observaciones
desbaste	Sólidos gruesos	Los sólidos gruesos se eliminan mediante rejillas de limpieza mecánica y manual. En plantas de pequeñas dimensiones, las basuras se suelen triturar para su eliminación en los subsiguientes procesos de tratamiento.
desarenado	Arenas y espumas	A menudo no se incluyen instalaciones de eliminación de espumas en la eliminación de arenas
Pre-aireación	Arenas y espumas	En algunas plantas no se incluyen instalaciones de eliminación de espuma en los tanques de pre-aireación, caso de que estos tanques no vayan precedidos de instalaciones para la eliminación de arenas, se pueden producir depósitos de arena.
Decantación primaria	Fango primario y espumas	Las cantidades tanto de fango como de espumas dependen del tipo de red de alcantarillado y de la existencia de vertidos industriales.
Tanques de aireación	Sólidos suspendidos	Los sólidos suspendidos se producen por conversión de la DBO. Puede ser necesario incorporar alguna forma de espesamiento para concentrar el caudal de fango para el tratamiento biológico.
Sedimentación secundaria	Fangos secundarios y espumas	En la actualidad, en la EPA, es obligatoria la instalación de un sistema de eliminación de espumas en los tanques de sedimentación secundarios.
Instalaciones de tratamiento de fangos	Fangos, compostaje y cenizas	Las características del producto final dependen de las del fango tratado y de las operaciones y procesos utilizados. Las normas que regulan la evacuación de corrientes residuales son cada vez más exigentes.

Tabla 3.11.2- procedencia de sólidos y fango en una instalación convencional de tratamiento de agua residual.

3.12-Vertido y reutilización de fangos.

En la selección de métodos adecuados para el tratamiento, reutilización y evacuación de fangos, es necesario tener en cuenta las normativas que controlan la evacuación de fangos de las plantas de tratamiento de aguas residuales. La EPA ha propuesto nuevas normas que establecen limitaciones cuantitativas sobre la presencia de contaminantes y prácticas de gestión para:

- Aplicación del fango a terrenos agrícolas y no agrícolas.
- Distribución y comercialización del fango.
- Vertido a vertederos específicos para fangos.
- Evacuación en superficies.
- Incineración.

Las normativas que afectan a la evacuación del fango procedente del tratamiento de aguas residuales domésticas limita la presencia de algunos metales y compuestos orgánicos. La lista de contaminantes sometidos a limitaciones debe ser actualizada conforme se vayan identificando nuevos constituyentes que merezcan especial atención. También se propone, para las plantas de tratamiento con caudales superiores a $40.000 \text{ m}^3/\text{d}$, la necesidad de realizar un seguimiento mensual de las concentraciones de los contaminantes sujetos a limitaciones específicas. Como consecuencia de la incertidumbre provocada por la posibilidad de que se introduzcan importantes cambios en las normas que afectan al fango, actualmente resulta complicado evaluar el impacto sobre la planificación y el diseño de instalaciones nuevas. La tendencia futura de las normativas de fangos estará centrada en el control en origen, de metales pesados y compuestos tóxicos, como los PCBs y los pesticidas, que no se ven afectados por los procesos de tratamiento biológico.

En la figura 3.12- se presenta un diagrama general de los distintos procesos y operaciones unitarias. Como se pueden ver, las combinaciones posibles son muy numerosas. En la práctica, los diagramas de procesos más frecuentemente utilizados en el tratamiento de fango se dividen en dos categorías principales, según se aplique o no un tratamiento biológico.

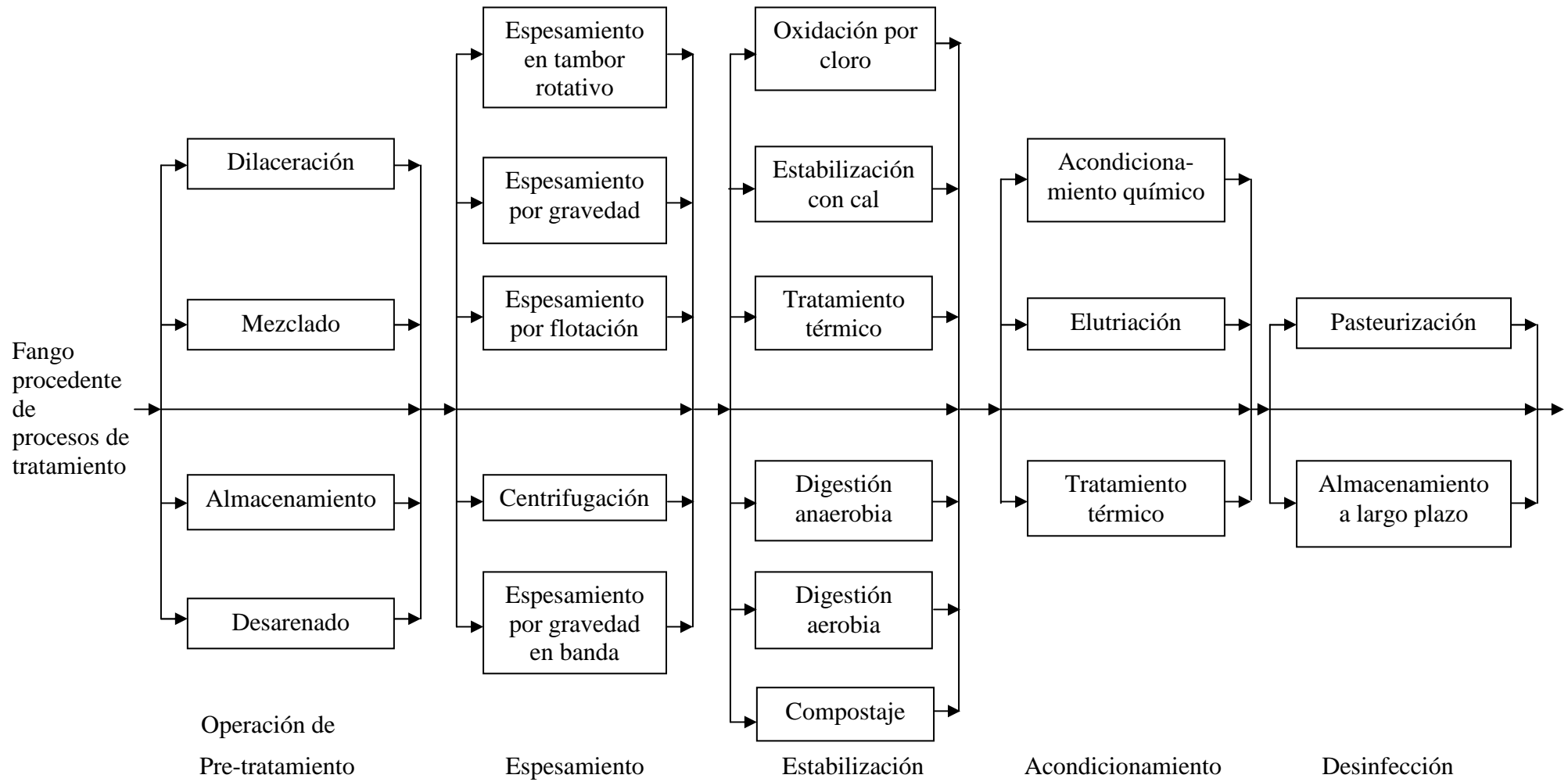


Figura 3.12- diagrama de flujo general para el tratamiento y evacuación del fango.

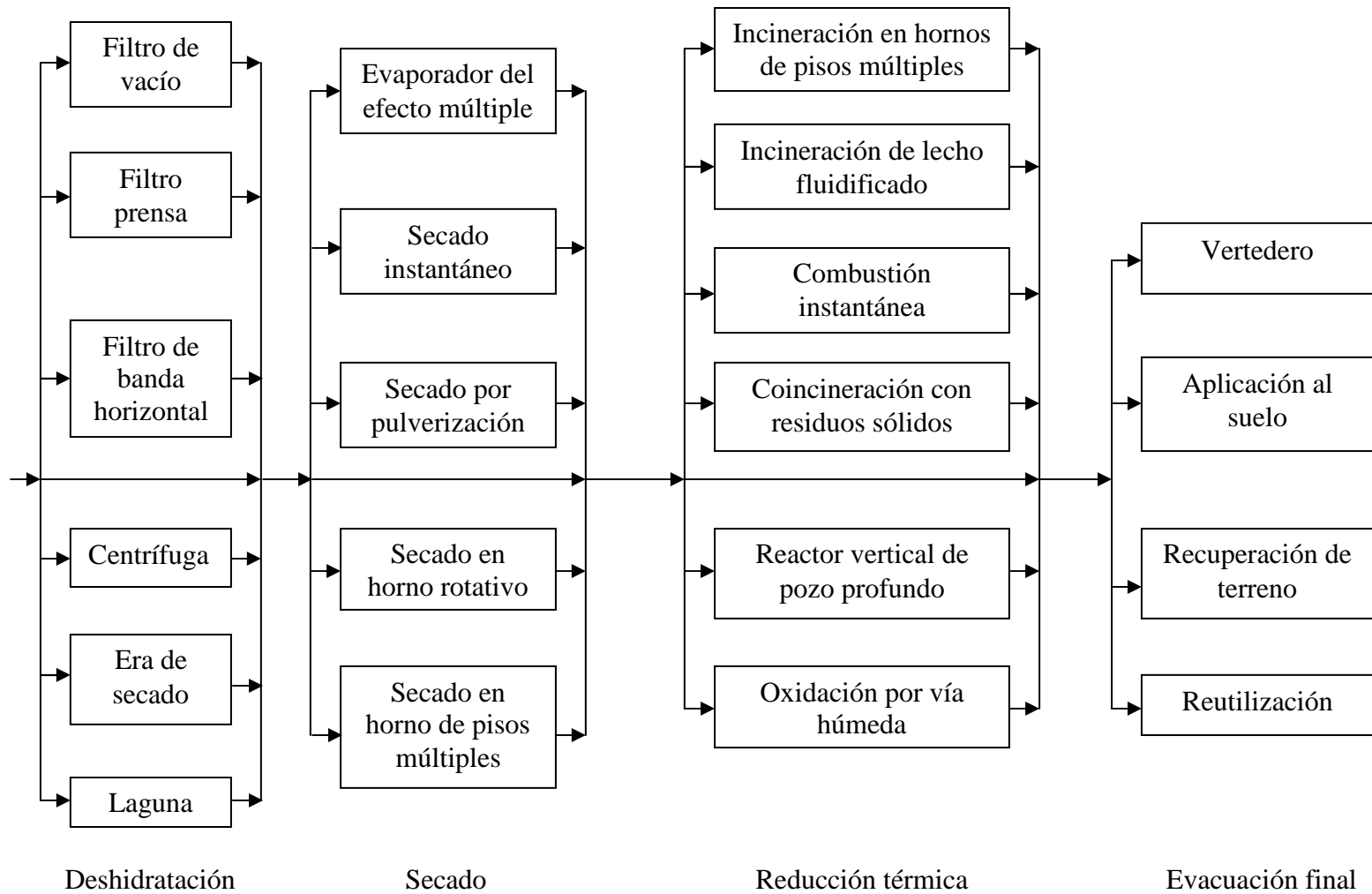


Figura 3.12 diagrama de flujo general para el tratamiento y evacuación de fangos.

La aplicación al suelo del fango de aguas residuales urbanas se define como la distribución del fango sobre el terreno o inmediatamente por debajo de la superficie del mismo.



Figura 3.12- Aplicación de lodos en terrenos forestales.

Una opción respecto de la eliminación del desecho sólido, consiste en depositar sus lodos en el vertedero de Copiulemu. Esta empresa, Hidronor, mantiene una tarifa de cobranzas basada netamente en la concentración de humedad (base húmeda) que posean éstos, donde el incremento del porcentaje de agua contenida se castiga con un aumento significativo de los costos por tonelada eliminada.

Capítulo 4

Tratamiento de Aguas Residuales en Chile.

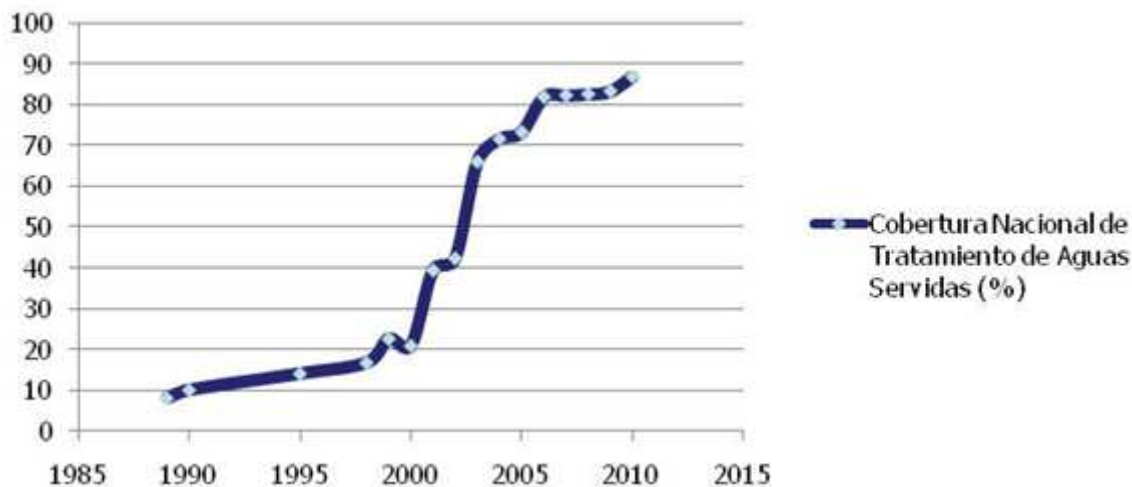
4.1- Aguas Servidas Domésticas.

La Tabla 4.1.1 muestra un resumen con la situación de tratamiento en el país y el volumen de aguas servidas tratadas que estaría disponible anualmente para ser utilizado en riego. En las Regiones I, II, IV y V, una gran parte de las aguas servidas son eliminadas al mar mediante emisarios submarinos, de modo que no sería posible su reúso. En la zona sur, debido a sus características, tampoco se requeriría reutilizar aguas tratadas, de modo que en estricto rigor, el volumen disponible sería del orden de un 65% del indicado (aprox. 300.000.000 $m^3/año$), correspondiendo en la región metropolitana a un caudal del orden de 6,6 m^3/s . Los tratamientos que se utilizan actualmente, en el país, para el tratamiento de las aguas servidas se indican en la Tabla 4.1.3.

Región	Población Habitantes	Dotación l/hab/d	Número PTAS	Cobertura %	Volumen AS $m^3/año$
I	415.247	158,9	4	96.1	18.515.551
II	465.104	156,7	5	98.9	21.047.388
III	245.514	154,6	4	77.5	8.589.548
IV	520.116	150,0	21	95.2	21.687.589
V	1.430.500	170,8	26	77.6	55.363.087
RM			14		209.915.097
A. Andinas	5.561.018	199,3		64.2	207.770.746
A. Cordillera	433.095	374,6		0.0	0
A. Manquehue	17.801	889,1		46.4	2.144.351
Los Domínicos	15.653	778,3		0.0	0
SMAPA	618.446	212,1		98.4	37.689.502
Servicomunal	71.882	191,1		88.5	3.549.825
VI – VIII	2.145.702	158,3	47	75.4	74.783.282
VII	633.809	149,4	14	34.5	9.539.178
IX	594.516	146,3	15	12.9	3.276.276
X ESSAL	538.585	148,3	17	50.7	11.824.593
X A. Décima	131.758	153,8	1	92.2	5.455.658
XI	69.343	159,5	5	71.4	2.305.921
XII	14.986	179,1	1	10.6	83.075
Total	13.923.138		174		483.625.569

Tabla 4.1.1- Tratamiento de Aguas Servidas en Chile. Las empresas A. Manquehue y SMAPA tratan sus aguas servidas a través de las instalaciones de agua andinas.

Grafico 4.1.2- Cobertura nacional de tratamiento de aguas servidas.



Tipo de tratamiento	Número de plantas	Cumple D.S. 90
Emisario submarino	22	No, descarga mar
Lodos Activados Convencionales	16	Siempre
Lodos activados aireación	62	Siempre
Extendida	42	No siempre (DBO, SST,N, P)
Lagunas aireadas	23	Generalmente No (DBO, SST, N, P)
Lagunas estabilización	2	Si
Bio-filtros	3	No
Otros		

Tabla 4.1.3- Tecnologías de tratamiento de aguas servidas utilizadas en Chile, Parámetros en paréntesis corresponden a aquellos que pueden incumplir la Norma.

Las plantas de lodos activados (convencionales y aireación extendida) tratan las aguas residuales de un 60% de la población servida y aseguran además, la mejor calidad de efluente. Sin embargo es más común que los efluentes de lagunas aireadas y lagunas de estabilización sean utilizados en actividades de riego, dado que estos sistemas se utilizan en zonas más rurales y por lo tanto cerca del punto de uso. Los otros efluentes se utilizan en forma indirecta dado que al descargar a cuerpos superficiales, son mezclados con aguas naturales y posteriormente utilizados para el riego de predios agrícolas.

4.2- Aguas Residuales Industriales.

Las aguas residuales de las industrias incluyen los residuos sanitarios de los empleados, los residuos de proceso derivados de la manufactura, agua de lavado y aguas relativamente poco contaminadas procedentes de las operaciones procedentes de calentamiento y enfriamiento. Las aguas residuales de los procesos son las que causan más preocupación, y varían con amplitud según el tipo de industria. En ciertos casos puede ser obligatorio un tratamiento previo para quitar ciertos contaminantes o una compensación para reducir la carga hidráulica a fin de que las aguas residuales sean aceptables en el sistema municipal. En contraste con las cualidades relativamente congruentes de las aguas negras domésticas, las aguas residuales industriales suelen tener características muy variadas, incluso cuando las industrias son similares. Por esta razón, es posible que se requieran estudios extensos para valorar los requisitos de pre-tratamiento y el efecto de las aguas residuales en los procesos biológicos.

Los residuos son específicos de cada industria y varían desde fuertes residuos biodegradables (de DBO_5 alta) como los que proceden del empacado de carnes, hasta residuos como los talleres de recubrimiento con metales y de fábricas textiles, los cuales pueden ser inorgánicos y tóxicos y requieren un tratamiento físico y químico local antes de su descarga al sistema municipal. El volumen o la concentración de las aguas residuales industriales suelen compararse con la de las aguas negras domésticas en términos de un equivalente de población (EP), con base en contribuciones per cápita representativa.

De acuerdo al catastro realizado por la Superintendencia de Servicios Sanitarios, el año 1996 se contabilizaron del orden de 2.500 industrias a nivel nacional, de las cuales unas 1.780 se consideraban generadoras de residuos industriales líquidos. Un 65% de las industrias generadoras está conectado al alcantarillado, en tanto el 35% restante elimina sus efluentes a algún cuerpo receptor (Tabla 4.2.1).

Cuerpo receptor	Industrias, %
Alcantarillado	65,7
Ríos	6,7
Lagos	0,3
Mar	6,8
Canales riego	2,9
Suelo	14,4
Otros	3,2

Tabla 4.2.1, Destino de las descargas.

Cabe destacar que las industrias que descargan al sistema de alcantarillado, descargan finalmente a un cuerpo receptor, el que en general puede ser un río o el mar. Es interesante considerar que algunas industrias descargan a canales de riego y un alto porcentaje lo hace al suelo, generalmente en operaciones de riego.

En la Tabla 4.2.2 se resume el universo total de industrias que posee un sistema de tratamiento autorizado por la Autoridad Competente.

Región	Alcantarillado	Curso superficial	Suelo	Riego	Tratamiento terciario	Otros	Total
I	1	0	0	0	0	0	1
II	3	0	0	0	0	0	3
III	0	0	0	0	0	0	0
IV	2	1	0	1	0	0	4
V	9	12	2	7	0	0	30
VI	2	8	0	12	0	0	22
VII	5	9	0	4	0	0	18
VIII	14	15	3	1	1	0	34
IX	3	3	0	0	0	0	6
X	11	30	7	2	0	0	50
XI	3	6	1	0	0	0	10
XII	4	2	2	0	0	0	8
RM	132	34	8	27	1	3	205
Total	189	120	23	54	2	3	391

Tabla 4.2.2- industrias con sistema de tratamiento autorizado.

De acuerdo a la Tabla 4.2.2 aproximadamente un 30% de las instalaciones industriales que no descargan al alcantarillado tiene tratamiento autorizado y de este porcentaje un 40% descarga al suelo o a sistemas de riego. La mayoría de las industrias que descarga al suelo (a través de riego o directamente al suelo) corresponde a actividades agropecuarias, industria vitivinícola, industrias pesqueras y alimentos. De este modo existe, actualmente, en el país, uso de aguas residuales industriales en riego directo (o infiltración) que se practica en forma autorizada.

4.3- Niveles de Tratamiento Requeridos en las Aguas Residuales para Minimizar Impactos.

El reciclaje de aguas tratadas requiere de medidas efectivas para proteger la salud pública y el medio ambiente. Los riesgos resultantes son función de los métodos de aplicación y condiciones locales. La Tabla 4.3.1 muestra los niveles de tratamiento requeridos en función del tipo de cultivo.

Usos	Remoción	Remoción	Remoción	Remoción	Cloro residual	Remoción	Remoción	Remoción
	DBO y DQO	Nutrientes	Patógenos	Y orgánicos traza	desinfección	SST y turbiedad	Sabor y olor	Salinidad
Riego forestal	X	--	X	X	--	X	X	O
Riego cultivo Restringidos	X	--	X	X	--	X	X	O
Riego cultivos Limitados	XX	--	XX	XX	XX	XX	X	X
Riego todos los cultivos y productos	XXX	--	XXX	XXX	XXX	XXX	XX	X
Recarga acuíferos	XXX	XXX	XXX	XXXX	XX	XXX	XXX	--

Tabla 4.3.1- Requerimientos de Calidad para Reúso de Efluentes Tratados en Riego.

Donde:

-- = No es necesario.

O = No es esencial.

X = Necesidad leve.

XX = Necesidad Moderada.

XXX = Fuerte necesidad.

XXXX = Requerimiento estricto.

Aun cuando la mayor experiencia en riego con aguas residuales se refiere al uso de aguas servidas domésticas, es necesario reconocer que existen variados efluentes industriales que representan una importante fuente de aguas para riego, especialmente en el caso de industrias procesadoras de alimentos, donde el volumen y las características de las aguas residuales posibilitan su reúso.

4.4- Caracterización de recursos hídricos para uso de riego en Chile.

4.4.1- Caracterización de la Calidad de aguas naturales y ocurrencia natural de metales.

De acuerdo a los antecedentes geológicos e hidrológicos del país, de manera general, los flujos de agua subterránea y superficial cortarían unidades geológicas similares en todo el territorio nacional, con distancias relativamente cortas y con gradientes topográficos relativamente altos. Por esta razón, no se asigna un rol de importancia a la litología como elemento contaminante del agua.

Los hipotéticos elementos contaminantes estarán relacionados con las concentraciones, naturalmente anómalas de elementos, que corresponden a yacimientos. El grado de contaminación dependerá también de la cantidad de agua que esté al alcance del contaminante. Se consideran con mayor potencial de riesgo de contaminación por minerales a las regiones de baja precipitación, principalmente entre la I y la V.

La Tabla 4.4.1 muestra los elementos potencialmente contaminantes, en función de los yacimientos existentes en las distintas Regiones del país.

Región	Posible mineral contaminante
I	Al, Bo, Li, Mo, Ag, Ba, Asbesto, Sb, Na, U
II	Al, Bo, Li, Mo, Ag, Be, Ba, Sb, Na, U
III	Al, Bo, Li, Mo, Va, Ag, Ba, Sb, Na, U
IV	Mo, Va, Ag, Ba, Asbesto., Sb, U
V y metropolitana	Al, Mo, Ba
VI	Al, Mo, Sb, U
VII	Al, Li, Va, Asbesto
VIII	Al, Ni, Asbesto
IX	Al, Mo, Ni, Asbesto
X	Al, Ni, Asbesto., Sb
XI	Mo, Ag, U
XII	Sb

Tabla 4.4.1.

4.4.2- Caracterización de Calidad de Aguas Intervenidas.

La Tabla 4.4.2 muestra un resumen de las características típicas de aguas servidas según su clasificación en agua débil, media o fuerte.

Parámetro	Unidad	Débil	Media	Fuerte
Sólidos totales	mg/l	350	720	1200
Sólidos disueltos	mg/l	250	500	850
Fijos	mg/l	145	300	525
volátiles	mg/l	105	200	325
Sólidos suspendidos	mg/l	100	220	350
Fijos	mg/l	20	55	75
volátiles	mg/l	80	165	275
Sólidos sedimentables	mg/l	5	10	20
DBO ₅	mg/l	110	220	400
DQO	mg/l	250	500	1000
COT	mg/l	80	160	290
Nitrógeno total	mg/l	20	40	85
N-orgánico	mg/l	8	15	35
N-amoniaco	mg/l	12	25	50
N-NO ₂	mg/l	--	--	--
N-NO ₃	mg/l	--	--	--
Fósforo total	mg/l	4	8	15
P orgánico	mg/l	1	3	5
P inorgánico	mg/l	3	5	10
Cloruros	mg/l	30	50	100
Sulfatos	mg/l	20	30	50
Alcalinidad	mg/l	50	100	200
Aceites y grasas	mg/l	50	100	150
Comp. Org. Volátiles	mg/l	<100	100-400	>400
Coliformes fecales	NMP/100ml	10 ⁶ – 10 ⁷	10 ⁷ – 10 ⁸	10 ⁷ – 10 ⁹

Tabla 4.4.2, Fuente: Metcalf & Eddy, 1990.

Cabe destacar que en Chile, aún cuando las aguas son clasificadas como medias a fuertes en la mayoría de los casos, en general, esto sólo se refiere a su composición en términos de DBO₅ y SST.

Para efectos de reúso en riego los parámetros que interesan son aquellos de tipo inorgánico, principalmente, que podrían afectar el crecimiento de las plantas o la permeabilidad del suelo. Estas sustancias inorgánicas disueltas no experimentan una modificación significativa durante el tratamiento de las aguas servidas y por lo tanto es esperable que las concentraciones sean similares a las del agua potable más los incrementos que ocurren debido al uso doméstico de éstas.

En la Tabla 4.4.3 se indican los incrementos esperados en algunos parámetros respecto a los valores en el agua potable.

Parámetros	Incremento, mg/l
Aniones	
Bicarbonato (HCO_3)	50 - 100
Carbonato (CO_3)	0 - 10
Cloruro (Cl)	25 - 50
Nitrato (NO_3)	20 - 40
Fosfato (PO_4)	5 - 15
Sulfato (SO_4)	15 - 30
Cationes	
Calcio (Ca)	6 - 16
Magnesio (Mg)	4 - 10
Potasio (K)	7 - 15
Sodio (Na)	40 - 70
Otros componentes	
Sílice (SiO_2)	2 - 10
Alcalinidad total ($CaCO_3$)	60 - 120
Sólidos disueltos totales (SDT)	150 - 380
Aluminio (Al)	0.1 - 0.2
Boro (B)	0.1 - 0.4
Fierro (Fe)	0.2 - 0.4
Manganeso (Mn)	0.2 - 0.4

Tabla 4.4.3- Incrementos típicos de la concentración de minerales debido a los usos domésticos del agua, Fuente: Metcalf &Eddy, 1990.

4.5- Tratamiento de aguas residuales y su potencial uso en riego.

4.5.1- Consideraciones sobre el tratamiento de aguas residuales.

Aún cuando el riego con aguas servidas constituye una forma efectiva de tratamiento, es necesario proveer algún tipo de tratamiento antes de utilizar estas aguas en la agricultura. A objeto de proteger la salud pública; prevenir condiciones molestas durante el almacenamiento y aplicación; y prevenir el daño a los cultivos y suelos.

El tratamiento generalmente aplicado a las aguas servidas, consiste en una combinación de procesos físicos, químicos y biológicos para remover especialmente sólidos suspendidos, materia orgánica y microorganismos patógenos. Los procesos frecuentemente usados incluyen tratamiento preliminar, primario, secundario y algunas veces, tratamiento terciario o avanzado.

La desinfección se utiliza como etapa final para la inactivación de microorganismos patógenos. Los procesos avanzados, entre los que se incluye remoción de nutrientes, procesos de membrana para la remoción de compuestos inorgánicos disueltos o procesos de adsorción u oxidación para la remoción de sabor y olores, se aplican en casos en que los requerimientos de calidad en el efluente son más estrictos. En Chile, a excepción de la remoción de nutrientes en algunas plantas, no se aplican procesos avanzados en las aguas servidas domésticas.

En la Tabla 4.5.1.1 se resume la calidad del efluente obtenida en distintos procesos y en la Tabla 4.5.1.2 la evolución de la calidad del efluente dependiendo de las distintas etapas de tratamiento.

Proceso Tratamiento	Contenido			
	Orgánico	Nutrientes N y P	Patógenos	Metales y orgánico traza
Primario	alto	Alto	alto	Alto
Primario Avanzado	Medio	Medio	Medio	Medio
Secundario LA	Bajo	Medio	Medio	Medio
Tratamiento terciario: Afluente ha sido sometido a tratamiento secundario previo				
Remoción nutrientes	Bajo	Bajo	Medio	Medio
Procesos membrana	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Procesos químicos	Bajo	Bajo	Medio	Medio
desinfección			Bajo	

Tabla 4.5.1.1 Procesos de Tratamiento de Aguas Residuales y Contenido de Contaminantes en Efluentes

Etapas	DBO mg/l	SST mg/l	N mg/l	P mg/l
Aguas servidas crudas	250	220	50	10
Efluente tratamiento primario	180	100	45	9
Efluente tratamiento secundario convencional o intensivo	30	30	40	9
Remoción nutrientes (aplicado en conjunto o después tratamiento secundario convencional)	20	20	10	1
Efluente tratamiento secundario no convencional o extensivo	60	80	45	9

Tabla 4.5.1.2 Evolución de los Contaminantes en las Etapas de Tratamiento.

Capítulo 5

Normas para planta de tratamientos de aguas en Chile.

En los estudios ambientales nos centraremos en tratar sobre las normas y decretos que deben cumplir plantas de tratamientos de aguas residuales para su construcción, esto son la norma chilena oficial NCh 1333 y la Norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales, decreto supremo N° 90.

5.1- Norma chilena oficial NCh 1333.of78.

5.1.1- Requisitos de calidad de agua para diferentes usos.

El Instituto Nacional de Normalización, INN, es el organismo que tiene a su cargo el estudio y preparación de las normas técnicas a nivel nacional. Es miembro de la International Organization for Standardization (ISO) y de la Comisión Panamericana de Normas Técnicas (COPANT), representando a Chile ante esos organismos. La norma NCh 1333 ha sido preparada por la división de normas del instituto nacional de normalización.

Esta norma fija un criterio de calidad del agua de acuerdo a requerimientos científicos referidos a aspectos físicos, químicos y biológicos, según el uso determinado.

Estos criterios tienen por objeto proteger y preservar la calidad de las aguas que se destinen a usos específicos, de la degradación producida por contaminación con residuos de cualquier tipo u origen.

Esta norma establece los requisitos de calidad de agua de acuerdo a su uso, como:

- Agua para consumo humano.
- Agua para la bebida de animales.
- Riego.
- Recreación y estética.
- Vida acuática.

Para este trabajo los requisitos de mayor importancia y de cuales trataremos son los de uso de riego.

5.1.2- Requisitos del agua para riego.

El agua para riego debe tener un pH comprendido entre 5,5 y 9,0.

En la siguiente tabla se dan los valores máximos permisibles de algunos elementos químicos en agua de riego.

Elemento	Unidad	Límite máximo
Aluminio (Al)	mg/l	5,00
Arsénico (As)	mg/l	0,10
Bario (Ba)	mg/l	4,00
Berilio (Be)	mg/l	0,10
Boro (B)	mg/l	0,75
Cadmio (Cd)	mg/l	0,010
Cianuro (CN)	mg/l	0,20
Cloruro (Cl)	mg/l	200,00
Cobalto (Co)	mg/l	0,050
Cobre (Cu)	mg/l	0,20
Cromo (Cr)	mg/l	0,10
Fluoruro (F)	mg/l	1,00
Hierro (Fe)	mg/l	5,00
Litio (Li)	mg/l	2,50
Litio (cítricos) (Li)	mg/l	0,075
Manganeso (Mn)	mg/l	0,20
Mercurio (Hg)	mg/l	0,001
Molibdeno (Mo)	mg/l	0,010
Níquel (Ni)	mg/l	0,20
Plata (Ag)	mg/l	0,20
Plomo (Pb)	mg/l	5,00
Selenio (Se)	mg/l	0,020
Sodio Porcentual (Na)	%	35,00
Sulfato (So ₄ =)	mg/l	250,00
Vanadio (V)	mg/l	0,10
Zinc (Zn)	mg/l	2,00

Tabla 5.1.2 Concentraciones máximas de elementos químicos en agua para riego.

El ministerio de Obras Públicas podrá autorizar valores mayores o menores para los límites máximos de cada uno de los elementos de la tabla 5.1.2, mediante resolución fundada en aquellos casos calificados que así lo determinen.

5.1.3- Conductividad específica y sólidos disueltos totales.

En la tabla 5.1.3 se da una clasificación de aguas para riego de acuerdo a sus condiciones de salinidad, en base a las características de conductividad específica y concentración de sólidos disueltos totales.

Clasificación	Conductividad específica, c, μ mhos/cm a 25°C.	Sólidos disueltos totales, s, mg/l a 105°C.
Agua con la cual generalmente no se observarán efectos perjudiciales.	$c \leq 750$	$s \leq 500$
Agua que puede tener efectos perjudiciales en cultivos sensibles.	$750 < c \leq 1.500$	$500 < s \leq 1.000$

Agua que puede tener efectos adversos en muchos cultivos y necesita de métodos de manejo cuidadosos.	$1.500 < c \leq 3.000$	$1.000 < s \leq 2.000$
Agua que puede ser usada para plantas tolerantes en suelos permeables con métodos de manejo cuidadosos.	$3.000 < c \leq 7.500$	$2.000 < s \leq 5.000$

Tabla 5.1.3- clasificación de aguas para riego según su salinidad.

Los valores de conductividad específica de un curso o masa de agua en particular no deben ser incrementados mas allá de los límites que la autoridad competente determine, de acuerdo con el tipo de cultivo, manejo del agua y calidad excepcional del suelo.

5.1.4- Insecticidas.

Los insecticidas no se consideran que tengan efectos perniciosos en agua para riego.

5.1.5- Requisitos bacteriológicos.

El contenido de coliformes fecales en agua de riego destinadas al cultivo de verduras y frutas que se desarrollen a ras de suelo y que habitualmente se consume en estado crudo, debe ser menor o igual a 1.000 coliformes fecales / 100 ml

5.2- Norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales.

El Decreto Supremo N° 90 establece norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales.

5.2.1- Proyectos sujetos al cumplimiento de esta norma de emisión.

Están sujetos al cumplimiento de esta norma todos los proyectos o actividades que califiquen como fuente emisora de acuerdo a la norma.

Fuente emisora: es el establecimiento que descarga residuos líquidos a uno o más cuerpos de agua receptores, como resultado de su proceso, actividad o servicio, con una carga contaminante media diaria o de valor característico superior en uno o más de los parámetros indicados en la siguiente tabla”. (Tabla contenida en el punto 3.7 de la norma).

Contaminante	Valor Característico	Carga contaminante media diaria (equiv. 100 Hab/día) *
PH **	6 – 8	---
Temperatura **	20 ° C	---
Sólidos Suspendedos Totales	220 mg/L	3520 g/d
Sólidos Sedimentables **	6 ml/L 1h	---
Aceites y Grasas	60 mg/L	960 g/d
Hidrocarburos fijos	10 mg/L	160 g/d
Hidrocarburos totales	11 mg/L	176 g/d
Hidrocarburos volátiles	1 mg/l	16 g/d
DBO ₅	250 mg O ₂ /L	4000 g/d
Aluminio	1 mg/L	16 g/d
Arsénico	0,05 mg/L	0,8 g/d
Boro	0,75 mg/L	12,8 g/d
Cadmio	0,01 mg/L	0,16 g/d
Cianuro	0,20 mg/L	3,2 g/d
Cloruros	400 mg/L	6400 g/d
Cobre	1 mg/L	16 g/d
Cromo Total	0,1 mg/L	1,6 g/d
Cromo Hexavalente	0,05 mg/L	0,8 g/d
Estaño	0,5 mg/L	8 g/d
Fluoruro	1,5 mg/L	24 g/d
Fósforo Total	10 mg/L	160 g/d
Hierro	1,0 mg/L	16 g/d
Manganeso	0,3 mg/L	4,8 g/d
Mercurio	0,001 mg/L	0,02 g/d
Molibdeno	0,07 mg/L	1,12 g/d
Niquel	0,1 mg/L	1,6 g/d
Nitrógeno total kjeldahl	50 mg/L	800 g/d
Nitrito más Nitrato (lagos)	15 mg/L	240 g/d
Pentaclorofenol	0,009 mg/L	0,144 g/d
Plomo	0,2 mg/L	3,2 g/d
Selenio	0,01 mg/L	0,16 g/d
Sulfato	300 mg/L	4800 g/d
Sulfuro	3 mg/L	48 g/d
Tetracloroetano	0,04 mg/L	0,64 g/d
Tolueno	0,7 mg/L	11,2 g/d
Triclorometano	0,2 mg/L	3,2 g/d
Xileno	0,5 mg/L	8 g/d
Zinc	1 mg/L	16 g/d
Indice de Fenol	0,05 mg/L	0,8 g/d
Poder espumógeno **	5 mm	5 mm
SAAM	10 mg/L	160 g/d
Coliformes Fecales o termotolerantes	10 ⁷ NMP/100 ml	1,6x10 ¹² coli/d

Tabla5.2.1- (tabla contenida en el punto 3.7 de la norma).

*) Se consideró una dotación de agua potable de 200 L/hab/día y un coeficiente de recuperación de 0,8.

**) Expresados en valor absoluto y no en términos de carga.

Tratándose de fuentes emisoras, por lo general éstas consideran un sistema de tratamiento que les permite abatir los contaminantes de modo que la descarga no sobrepase en cada parámetro el límite máximo permisible establecido en la norma. No obstante pueden existir fuentes emisoras cuya descarga pueda cumplir con lo establecido en la norma sin requerir un sistema de tratamiento, como puede ser el caso de pisciculturas.

Para determinar si el proyecto o actividad califica como fuente emisora deben seguirse los siguientes pasos:

- a) La calificación de fuente emisora se determina de acuerdo a la carga contaminante media diaria del residuo líquido crudo, antes de cualquier tratamiento.
- b) Se estimará la carga contaminante media diaria considerando la capacidad de producción máxima del proyecto o actividad respectiva, en la condición de máxima generación de carga contaminante de residuos líquidos y de los días en que efectivamente se descargará. Para la estimación se consideran valores de cargas contaminantes característicos de proyectos similares o explicitando las metodologías y modelos utilizados para su estimación.
- c) En el caso de proyectos existentes que contemplen una modificación que debe someterse al SEIA, la carga contaminante media diaria se estimará considerando valores de cargas contaminantes característicos de proyectos similares y/o se estimará considerando valores efectivamente medidos en el proyecto existente.
- d) Se estimará la carga contaminante media diaria de todos los contaminantes indicados en la tabla contenida en el punto 3.7 de la norma.
- e) Los valores de carga contaminante estimados deben ser comparados con los valores indicados en la 3ª columna “carga contaminante media diaria (equiv. 100 Hab/día)” de la tabla del punto 3.7 de la norma. Ello sin perjuicio que se compare los valores estimados con los valores característicos indicados en la 2ª columna de esta tabla.
- f) El establecimiento califica como fuente emisora si uno o más valores estimados sobrepasan los valores establecidos en las referidas 2ª o 3ª columnas del punto 3.7 de la norma.

5.2.2- Límites máximos permitidos para descargas de residuos líquidos a aguas continentales superficiales y marinas.

Consideraciones generales.

La norma de emisión para los contaminantes a que se refiere el presente decreto está determinada por los límites máximos establecidos en las tablas números 1, 2, 3, 4 y 5 (tablas adjuntas en anexo) que representan:

Tabla n° 1, límites máximos permitidos para la descarga de residuos líquidos a cuerpos de agua fluviales.

Tabla n° 2, límites máximos permitidos para la descarga de residuos líquidos a cuerpos de agua fluviales considerando la capacidad de dilución del receptor.

Tabla n°3, límites máximos permitidos para la descarga de residuos líquidos a cuerpos de agua lacustres.

Tabla n° 4, límites máximos permitidos para la descarga de residuos líquidos a cuerpos de agua marinos dentro de la zona de protección litoral.

Tabla n° 5, límites máximos de concentración para descarga de residuos líquidos a cuerpos de agua marinos fuera de la zona de protección litoral.

Los límites máximos permitidos están referidos al valor de la concentración del contaminante o a la unidad de pH, temperatura y poder espumógeno.

Los sedimentos, lodos y/o sustancias sólidas provenientes de sistemas de tratamiento de residuos líquidos no deben disponerse en cuerpos receptores y su disposición final debe cumplir con las normas legales vigentes en materia de residuos sólidos.

Los establecimientos de servicios sanitarios, que atiendan una población menor o igual a 30.000 habitantes y que reciban descargas de residuos industriales líquidos provenientes de establecimientos industriales, estarán obligados a cumplir la presente norma, reduciendo la concentración de cada contaminante en su descarga final, en la cantidad que resulte de la diferencia entre la concentración del valor característico establecida en el punto 3.7, para cada contaminante y el límite máximo permitido señalado en la tabla que corresponda, siempre que la concentración del valor característico sea mayor al valor del límite máximo establecido en esta norma.

5.2.3- Programa y plazos de cumplimiento de la norma para las descargas de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales.

5.2.3.1- Consideraciones generales para el monitoreo.

Las fuentes emisoras deben cumplir con los límites máximos permitidos en la presente norma respecto de todos los contaminantes normados.

Los contaminantes que deben ser considerados en el monitoreo serán los que se señalen en cada caso por la autoridad competente, atendido a la actividad que desarrolle la fuente emisora, los antecedentes disponibles y las condiciones de la descarga.

Los procedimientos para el monitoreo de residuos líquidos están contenidos en la Norma Chilena Oficial NCh 411/2 Of 96, Calidad del agua - Muestreo - Parte 2: Guía sobre técnicas de muestreo; NCh 411/3 Of 96, Calidad del agua - Muestreo - Parte 3: Guía sobre la preservación y manejo de las muestras, y NCh 411/10 Of 97, Calidad del agua - Muestreo - Parte 10: Guía para el muestreo de aguas residuales.

El monitoreo se debe efectuar en cada una de las descargas de la fuente emisora. El lugar de toma de muestra debe considerar una cámara o dispositivo, de fácil acceso, especialmente habilitada para tal efecto, que no sea afectada por el cuerpo receptor.

5.2.3.2- Condiciones específicas para el monitoreo.

Frecuencia de monitoreo.

El número de días en que la fuente emisora realice los monitoreos debe ser representativo de las condiciones de descarga, en términos tales que corresponda a aquellos en que, de acuerdo a la planificación de la fuente emisora, se viertan los residuos líquidos generados en máxima producción o en máximo caudal de descarga.

El número mínimo de días del muestreo en el año calendario, se determinará, conforme se indica a continuación:

Volumen de descarga M ³ x 10 ³ /año	Número mínimo de días de monitoreo anual, N
< 5.000	12
5.000 a 20.000	24
> 20.000	48

Tabla 4.2.3.2, Fuente (SISS).

El número mínimo de días de toma de muestras anual debe distribuirse mensualmente, determinándose el número de días de toma de muestra por mes en forma proporcional a la distribución del volumen de descarga de residuos líquidos en el año.

5.2.3.3- Número de muestras.

Se obtendrá una muestra compuesta por cada punto de descarga.

Cada muestra compuesta debe estar constituida por la mezcla homogénea de al menos:

Tres (3) muestras puntuales, en los casos en que la descarga tenga una duración inferior a cuatro (4) horas.

Muestras puntuales obtenidas a lo más cada dos (2) horas, en los casos en que la descarga sea superior o igual a cuatro (4) horas. En cada muestra puntual se debe registrar el caudal del efluente.

La muestra puntual debe estar constituida por la mezcla homogénea de dos sub-muestras de igual volumen, extraídas en lo posible de la superficie y del interior del fluido, debiéndose cumplir con las condiciones de extracción de muestras indicadas en el punto 6.3.3. de esta norma.

5.2.3.4- Medición de caudal y tipo de muestra.

La medición del caudal informado deberá efectuarse con las siguientes metodologías, de acuerdo al volumen de descarga:

- menor a 30 m³/día, la metodología de medición deberá estimarse por el consumo del agua potable y de las fuentes propias.
- entre 30 a 300 m³/día, se deberá usar un equipo portátil con registro.
- mayor a 300 m³/día, se debe utilizar una cámara de medición y caudalímetro con registro diario.

Las muestras para los tres casos deberán ser compuestas proporcionales al caudal de la descarga. La autoridad competente, podrá autorizar otra metodología de medición del caudal, cuando la metodología señalada no pueda realizarse.

5.2.3.5- Condiciones para la extracción de muestras y volúmenes de muestra.

Las condiciones sobre el lugar de análisis, tipo de envase, preservación de las muestras, tiempo máximo entre la toma de muestra y el análisis, y los volúmenes mínimos de muestras que deben extraerse, se someterán a lo establecido en la NCh 411/Of. 96, a las NCh 2313 y a lo descrito en el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater; 19th Ed, 1995.

Contaminante	Lugar de análisis	Envase ¹⁾	Preservación ²⁾	Tiempo máximo ³⁾	Volumen mínimo de muestras
Tetracloroeteno	Laboratorio	V c/TFE	4°C. Ácido clorhídrico (HCl) pH < 2. Agregar 1000 mg de ácido ascórbico si se presenta cloro residual.	7 días	40 ml por 2 muestras
Tolueno	Laboratorio	V c/TFE	4°C. Ácido clorhídrico (HCl) pH < 2. Agregar 1000 mg de ácido ascórbico si se presenta cloro residual.	7 días	40 ml por 2 muestras
Triclorometano	Laboratorio	V c/TFE	4°C. Ácido clorhídrico (HCl) pH < 2. Agregar 1000 mg de ácido ascórbico si se presenta cloro residual.	7 días	40 ml por 2 muestras
Xileno	Laboratorio	V c/TFE	4°C. Ácido clorhídrico (HCl) pH < 2. Agregar 1000 mg de ácido ascórbico si se presenta cloro residual.	7 días	40 ml por 2 muestras

Tabla 5.2.3.5- condiciones de extracción de muestras.

- 1) V c/TFE = Vidrio de 40 ml dotado de un tapón de tapa rosca con orificio en el centro (Pierce 13075 o equivalente) y un tabique de silicona (Pierce 12722 o equivalente) revestido de TFE (teflón).
- 2) De preferencia agregar el preservante en terreno sobre la muestra.
- 3) Tiempo máximo comprendido entre la toma de la muestra y el análisis.

5.2.3.6- Resultados de los análisis.

Si una o más muestras durante el mes exceden los límites máximos establecidos en las tablas N° 1, 2, 3, 4 y 5, se debe efectuar un muestreo adicional o remuestreo.

El remuestreo debe efectuarse dentro de los 15 días siguientes de la detección de la anomalía. Si una muestra, en la que debe analizarse DBO5, presenta además valores excedidos de alguno de los contaminantes: aceites y grasas, aluminio, arsénico, boro, cadmio, cianuro, cobre, cromo (total o hexavalente), hidrocarburos, manganeso, mercurio, níquel, plomo, sulfato, sulfuro o zinc, se debe efectuar en los remuestreos adicionales la determinación de DBO5, incluyendo el ensayo de toxicidad, especificado en el anexo B de la norma NCh 2313/5 Of 96.

.No se considerarán sobrepasados los límites máximos establecidos en las tablas números 1, 2, 3, 4 y 5 del presente decreto:

- a) Si analizadas 10 o menos muestras mensuales, incluyendo los re-muestreos, sólo una de ellas excede, en uno o más contaminantes, hasta en un 100% el límite máximo establecido en las referidas tablas.
- b) Si analizadas más de 10 muestras mensuales, incluyendo los re-muestreos, sólo un 10% o menos, del número de muestras analizadas excede, en uno o más contaminantes, hasta en un 100% el límite máximo establecido en esas tablas. Para el cálculo del 10% el resultado se aproximará al entero superior. Para efectos de lo anterior en el caso que el remuestreo se efectúe al mes siguiente, se considerará realizado en el mismo mes en que se tomaron las muestras excedidas.

Capítulo 6

Localización de Plantas de Tratamiento de aguas residuales

La localización de las futuras plantas es un tema que presenta una gran importancia, ya que depende del futuro emplazamiento de estas instalaciones el mayor o menor costo que debe incurrir la empresa en lo referido al transporte del lodo desde las plantas que lo producen hasta el punto de tratamiento del lodo, y de éste, hacia el punto que se utilizará como disposición final (Relleno sanitario).

En la Figura 6.1 se presenta la distribución de las Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas existentes en la Octava Región y los puntos que actualmente se utilizan para la disposición final de los lodos.

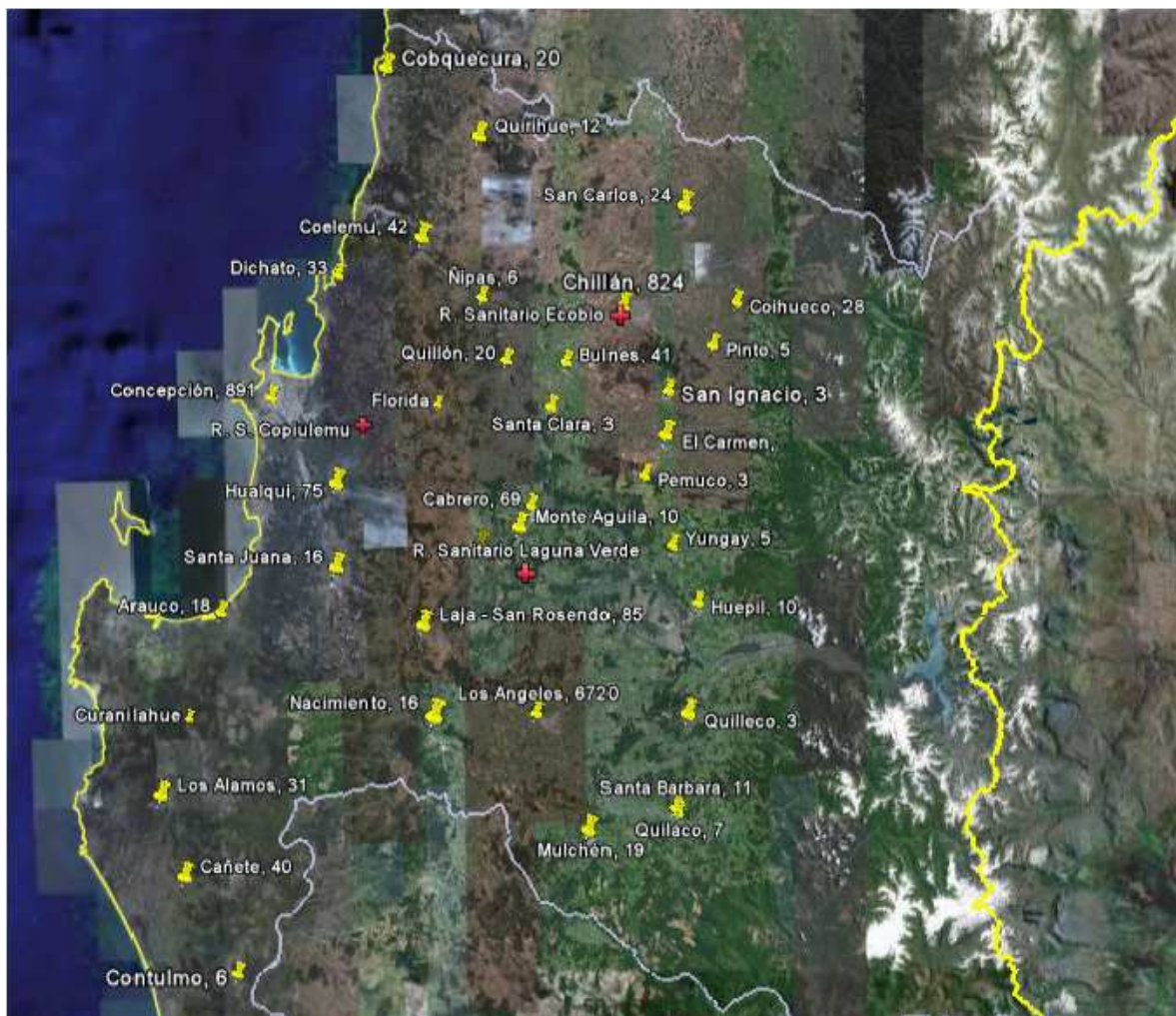


Imagen 6.1 Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas y Rellenos Sanitarios en la Octava Región, Fuente: Catastro Infraestructura sanitaria de Essbio 2007.

Como se aprecia la imagen 6.1, cada Planta de Tratamiento de Aguas Servidas se presenta con su producción mensual en Toneladas de Lodos (33) simbolizadas con 📌 y los destinos de disposición o Rellenos Sanitarios (3) con +

Como se puede apreciar en la imagen 6.1 existían 33 plantas de tratamientos de aguas autorizados en el año 2007, hoy en día en la octava región contamos con 47 plantas de tratamientos autorizados por la SISS (superintendencia de servicios sanitarios) (Actualizado al 24-abril-2012) descritos en anexo.

El proyecto para el tratamiento de aguas está pensado para la provincia de Concepción, en la comuna de Talcahuano, para tener la cobertura total de población las salinas y alrededores, un lugar estratégico para la instalación de la planta de tratamientos es la que se muestra en la imagen 6.2 ubicada en sector Rocuant dentro de las principales ventajas destaca que es un sector industrial, cercana a la población de aporte, población salinas, también este sector está ubicado frente al mar en donde el agua tratada podrá ser descargada, o usada para sistema de riego de la comuna.



Imagen 6.2 lugar estratégico para PTAR.

Provincia de Concepción

Capital: Concepción

Superficie: 3.305,9 km²

Población: 912.889 hab.

Densidad: 253,4 hab./km²

Viviendas: 193.756

Comuna de Talcahuano 250.348 hab.

Población Salinas: 8.356 hab.

Capítulo 7

Estudio financiero para planta de tratamiento.

7.1- Conceptos generales de costos de sistemas de tratamiento de aguas residuales.

Los costos de una planta de tratamiento de aguas residuales pueden ser clasificados principalmente en dos categorías como son: los costos de inversión inicial, y los costos de funcionamiento (administración, operación, mantenimiento). En la tabla 7.1.1 se observan los diferentes tipos de costos y sus actividades correspondientes.

Costos	Actividad
inversión	Estudios preliminares y estudios de suelo
	Diseño e ingeniería
	Construcción
	Terreno
	Gastos administrativos, legales y financieros
Operación y mantenimiento	Energía eléctrica
	Productos químicos
	Transporte de lodos
	Disposición de lodos
	Análisis de agua
	Análisis de lodos
	Control de procesos
	Mantenimiento de equipos
personal	Jefe de planta
	Operador calificado
	Ingeniero electromecánico
	seguridad

Tabla 7.1.1 Componentes de los costos relacionados con la implementación de sistemas de tratamiento de aguas residuales

Actualmente no existe una aproximación real a los costos de inversión asociados a los sistemas de tratamientos, sin embargo, existen modelos matemáticos que nos permiten simular, para cada tecnología, el comportamiento de sus diferentes costos asociados como se puede ver en la figura 7.1.2.

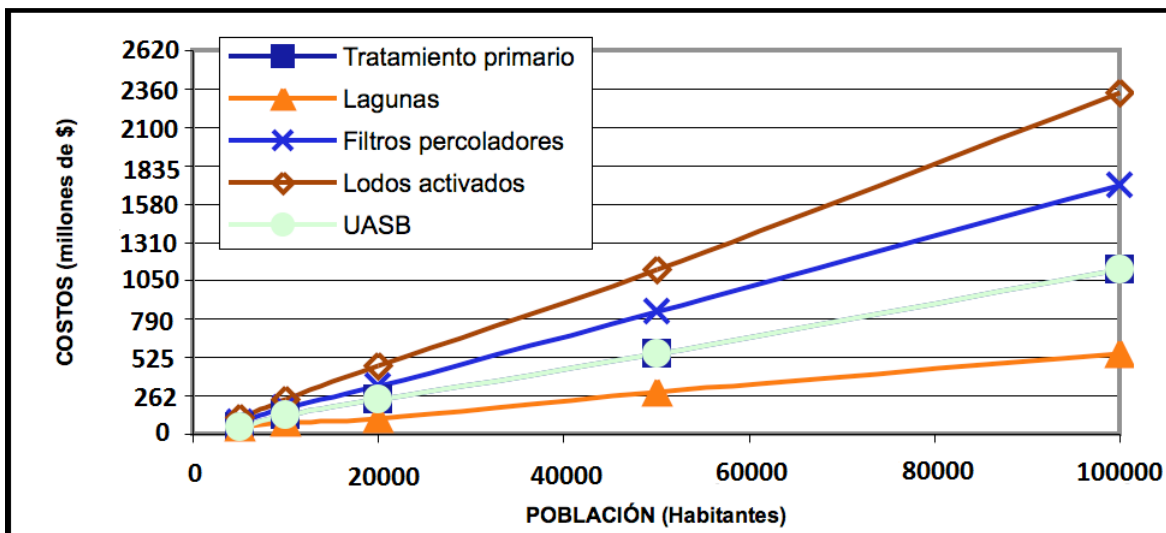


Figura 7.1.2 Costos directos de tratamiento de aguas residuales. Fuente: Minambiente

La tabla 7.1.3 contiene estudios de costos de inversión para proyectos existentes de plantas de tratamiento de aguas, estos estudios se realizaron para evaluar los costos de inversión de diferentes tecnologías aplicadas, en función a la información secundaria proporcionada por las instituciones.

Tecnología	Caudal (l/s)	Población de aporte	Inversión (US\$)	Costo inversión (US\$/hab)
Lagunas estabilización	23,10	9.257	175.000	19
Lagunas aireadas	497,00	193.427	37.000.000	191
Lodos activados	28,75	11.189	780.000	70
Humedales artificiales	3,20	1.468	50.300	34
Filtros percoladores	2,00	778	10.000	13

Tabla 7.1.3 costos de inversión para las tecnologías utilizadas en algunas plantas de tratamiento de aguas. Fuente: IPES.

El costo de inversión estimado para la planta de tratamiento es la de lodos activados, con un monto aproximado de 780.000 U\$, un caudal de 28.75 (l/s) y con una cobertura de 11.189 habitantes lo cual abarca la población de Salinas y alrededores.

En la inversión inicial de una obra de ingeniería es necesario tener en cuenta, aparte de los costos directos de construcción, otros costos que deben ser cuantificados ya que elevan significativamente el monto de la inversión, tales como: estudios de pre-inversión (estudios técnicos necesarios para estimar la factibilidad del proyecto y realizar el diseño de las obras requeridas), interventoría (supervisión técnica de la obra en la fase de construcción), Administración, imprevistos y utilidades.

Los costos de operación y mantenimiento son los que se generan para garantizar el buen desempeño de las operaciones y procesos de tratamiento del agua y asegurar que las instalaciones sean operadas y mantenidas eficientemente.

Los factores que determinan los costos de operación y mantenimiento de una instalación de tratamiento de aguas residuales están asociados a la complejidad de la tecnología utilizada, el tamaño de la misma y la capacidad local de soportar esta complejidad.

Los costos de operación y mantención que se estimarán en este capítulo se obtienen mediante estudios que realiza la superintendencia de servicios sanitarios (SISS) a empresas modelos, el estudio tarifario es de la planta Aguas Santiago Poniente S.A. con cobertura de tratamiento y parámetros similares a la planta de tratamiento estimada.

Los conceptos de gastos considerados para la planta de tratamiento de aguas servidas son los siguientes:

- Energía eléctrica
- Productos químicos
- Transporte y disposición de lodos
- Monitoreos ambientales y control de procesos
- Mantención y reparación de equipos
- Gastos de administración

7.2- Gastos en Energía Eléctrica.

La metodología empleada considera sólo aquellos gastos indispensables para el desarrollo de las funciones operacionales (operación y mantenimiento). Por lo tanto, se consideran los gastos de operación y mantenimiento desde el punto de vista de la empresa modelo, la que administra sus recursos en forma eficiente, minimizando los costos estrictamente a las necesidades de la empresa.

La empresa suministradora de energía eléctrica involucrada en este estudio corresponde a La compañía general de electricidad (CGE).

Las tarifas eléctricas se han obtenido de la página web correspondiente a la empresa distribuidora de energía eléctrica.

La determinación del costo de la energía eléctrica implica determinar tanto el consumo de energía (kWh) como el cargo por potencia (kW), además de la incorporación del cargo fijo. En general, la valorización de la energía eléctrica consumida por una instalación es:

$$EE = \text{Cargo fijo (\$/cliente/mes)} + \text{Consumo de Energía (kWh)} * \text{Cargo por energía (\$/kWh)} + \text{Consumo de potencia (kW)} * \text{Cargo por potencia (\$/kW/mes)}$$

Para los efectos de cuantificar ya sea las potencias como la energía consumida por cada unidad de proceso, se tabulan los consumos obtenidos de algunas plantas de tratamiento de diferentes tamaños.

7.2.1- Consumo de Energía para el Pre-tratamiento.

Los valores de consumo por este concepto se presentan en la siguiente tabla 6.2.1.

Caudal (l/s)	Potencia instalada kW	hr/día uso	kWh/año
10	2	24	17.520
50	3	24	26.280
100	4	24	35.040
>100	6	24	52.560

Tabla 7.2.1- Consumo de energía en proceso de pre-tratamiento. Fuente (SISS).

7.2.2- Consumo de Energía en Tratamiento Biológico.

De acuerdo con la experiencia, el consumo de energía en la etapa de tratamiento secundario es de 1.5 kWh/kg DBO afluente, fundamentalmente destinados a suministrar energía a los sopladores y aireadores, lo que incluye el tratamiento preliminar (aireación del desgrasador) y el bombeo de lodos (recirculación, purga de lodos).

7.2.3- Consumo de Energía en la Desinfección.

Para la desinfección, se estima que el consumo de energía es el indicado en la tabla a continuación, para aquellas plantas con tecnología de tratamiento de Lodos Activados.

Caudal l/s	Equipos kW	Climatización kW	hr/día uso	kWh/año	Potencia instalada kW
20	0,5	0,8	24	11.388	1,3
40	1,1	0,8	24	16.644	1,9
100	1,5	0,8	24	20.148	2,3
200	2,5	0,8	24	28.908	3,3
>200	3,5	0,8	24	37.668	4,3

Tabla 7.2.3- Consumo de energía en proceso de desinfección. Fuente (SISS).

7.2.4- Energía para la Deshidratación de Lodos.

De instalaciones de planta de tratamientos existentes, se obtiene que se requieren 0,025 kWh/kg de lodo seco, para filtro de banda con un índice de producción de lodos de 0,8 kg de lodo seco por cada kg de DBO5 removida, y una carga media anual de la planta de 3.219 Kg DBO5/día.

7.2.5- Otros Consumos de Energía.

Otros consumos, como iluminación interior y exterior son los indicados en la siguiente tabla.

Caudal l/s	Nº luminarias	kWh/día iluminación	Consumos menores kWh/día	Total otros kWh/año	Potencia instalada
5	1	4,8	2,40	2.628	0,5
10	2	9,6	4,80	5.256	1,0
30	3	14,4	4,80	7.008	1,2
50	4	19,2	9,60	10.512	2,0
100	7	33,6	14,40	17.520	3,2
200	12	57,6	14,40	26.280	4,2
>200	12	57,6	19,20	28.032	4,8

Tabla 7.2.5 Consumo de energía por otros conceptos. Fuente (SISS).

7.2.5- Tarifas Eléctricas.

Las tarifas eléctricas vigentes para las empresas distribuidoras de energía eléctrica son los indicados en la siguiente tabla:

Empresa distribuidora de energía eléctrica	Área	Tarifa cargo fijo (\$/mes)	Tarifa cargo energía (\$/kWh)	Tarifa cargo potencia presente en punta (\$/KW/mes)
Compañía General de electricidad (CGE).	CGED 3 sector 1	754,29	56,4	11.221,1

Tabla 7.2.5- Tarifas eléctricas a 1 de mayo de 2013. Fuente: CGE distribución S.A. (ver en anexo)

Con estos parámetros de consumo y con las tarifas eléctricas, se calculan los costos de energía.

7.2.6- Resumen de Gastos de Energía de PTAS.

Los gastos en energía eléctrica resultantes de aplicar los criterios anteriores se presenta en la tabla siguiente.

Tecnología	Consumo energía kWh/año	Potencia instalada kW	Empresa	Gasto EE total MM\$/año
Lodos activados	806.099	115	CGE	60,95

Tabla 7.2.6- Resumen Gastos de Energía.

7.3- Productos Químicos.

Los gastos de productos químicos, considerando la planta diseñada para satisfacer la demanda de caudal diario. Se cuantifican los recursos necesarios para cubrir el gasto de productos químicos asociado a las actividades que son netamente asignables y atribuibles al tratamiento de aguas servidas.

7.3.1- Metodología y Datos de Entrada.

La metodología empleada considera sólo aquellos gastos indispensables para el desarrollo de las funciones operacionales (operación y mantenimiento). Por lo tanto, se consideran los gastos de operación y mantenimiento desde el punto de vista de la empresa modelo, la que administra sus recursos en forma eficiente, minimizando los costos estrictamente a las necesidades de la empresa.

La determinación del costo de los productos químicos se realiza a través de relaciones basadas en la aplicaciones de dosificaciones de productos químicos vinculadas a un inductor, generalmente el caudal (volumen por unidad de tiempo o peso). En general, la valorización de los productos químicos es del tipo:

$$\text{Consumo (kg/año)} = \frac{\text{Dosificación (mg/L)} * \text{Caudal (l/s)} * 86.400 \text{ (s/día)}}{365 \text{ (días/año)} / 1.000.000 \text{ (mg/kg)}}$$

El consumo de productos químicos considera las características de pureza de los diferentes productos comerciales empleados.

Las dosificaciones aplicadas dependen de la tecnología de tratamiento utilizada y se resumen a continuación.

7.3.2- Cloración.

En general se considera una dosificación de 5 mg/l de cloro para la desinfección. El precio unitario del cloro considerado es 122 \$/kg, corresponde al precio promedio calculado en base a la información enviada por la empresa en estudio.

La pureza considerada para el producto comercial es del 10 % (Hipoclorito de Sodio).

7.3.3- Polímero para espesamiento de lodos.

Se utiliza en la planta de lodos activados que cuentan con sistemas de deshidratación mecánica.

Dosificación	5,2	g/kg lodo seco
Precio	1.515	\$/kg

Tabla 7.3.3- Dosificación y precio de polímeros.

El precio indicado corresponde al precio promedio calculado en base a la información enviada por la empresa en estudio.

7.3.4- Sulfato Aluminio

Se utiliza en la planta de lodos activados para remoción de fósforo.

Dosificación	71,7	mg/lt
Precio	55.3	\$/kg

7.3.4- Dosificación y precio de Sulfato de Aluminio.

El precio indicado corresponde al precio promedio calculado en base a la información enviada por la empresa.

7.3.5- Polímero para remoción de Fosforo.

Se utiliza en la planta de lodos activados para remoción de fosforo.

Dosificación	0,42	mg/lt
Precio	1.849,8	\$/kg

Tabla 7.3.5- Dosificación y precio de polímero para remoción de Fosforo.

El precio indicado corresponde al precio promedio calculado en base a la información enviada por la empresa en estudio.

7.3.6- Presentación de Resultados.

Los gastos en productos químicos resultantes de aplicar los criterios anteriores se presenta en la tabla siguiente.

Tratamiento	Gastos en cloro MM\$/año	Gastos en polímeros MM\$/año	Gastos en sulfato aluminio MM\$/año	Gastos en polímeros remoción de fosforo MM\$/año	Gasto Neto productos químicos MM\$/año
Lodos activados	5,06	6,54	3,29	0,61	15,51

Tabla 7.3.6- Gasto en Productos Químicos PTAS.

7.4- Transporte y Disposición de Lodos.

A continuación se presenta la valorización de los gastos de transporte y disposición de lodos generados por la PTAS. Se valoriza el costo unitario, en términos de \$/ton, de transportar y disponer los lodos generados por la PTAS, considerando un lugar de disposición aprobado por la autoridad ambiental, de acuerdo a las bases del proyecto.

7.4.1- Producción de lodos.

En el caso de la PTAS de Aguas Santiago Poniente se trabajó considerando un índice de producción de lodos de 0,8 kg de lodo seco por cada kg de DBO5 removida, índice de uso habitual en ingeniería de procesos de tratamiento de aguas servidas.

Para la planta de lodos activados se asumió una humedad final de lodo a disponer de 80%.

7.4.2- Metodología y datos de entrada.

Los costos de este ítem dependerán de la distancia a un vertedero autorizado, así como las cantidades de lodo a retirar.

Para realizar la valoración se consideraron los siguientes valores de Disposición y Transporte de lodos provenientes de plantas de tratamiento de aguas servidas.

Ítem	Unidad	Costo
Disposición	\$/Ton	8.836
Transporte	\$/km/Ton	127,18

Tabla 7.4.2- Valores de disposición y transporte.

7.4.3- Resultados: Transporte y disposición de lodos.

En la tabla siguiente se resumen los costos de transporte y disposición de lodos para la PTAR que producen 940 toneladas anual.

Tecnología	Costo transporte de lodos MM\$/año	Costo disposición de lodos MM\$/año	Costo total de lodos MM\$/año
Lodos activados	8,35	8,29	16,63

Tabla 7.4.3- resumen de costos transporte y disposición de lodos para 940 Ton/año.

7.5- Monitoreo Ambiental y Control de Procesos.

En este punto se presenta la determinación de los gastos de análisis, monitoreos ambientales y control de procesos, ya sea para calidad de agua como para lodos generados, con el propósito de dar cumplimiento a los requerimientos ambientales solicitados por la autoridad y también aquellos necesarios para el control interno de la PTAS, ya sea para insumos y gastos de operación. En resumen, se procederá a valorizar el costo unitario, en términos de UF/mes.

7.5.1- Identificación de los Requerimientos de Monitoreo.

Para determinar los costos monitoreo se debe identificar la normativa o resolución que debe cumplir la PTAS., Para el tratamiento final, la planta deben cumplir con D.S. N°90, la cual se describe en el capítulo anterior.

Para la calidad de lodos, se considera lo establecido en el Anteproyecto de Reglamento para el Manejo de Lodos No Peligrosos de la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), la que se encuentra orientada a regular el uso y manejo de lodos no peligrosos en la agricultura, cuando sus condiciones físicas, químicas y biológicas lo permitan.

7.5.2- Valorización de Programas de monitoreo.

Para proceder a la valorización de los respectivos programas de monitoreo, se consultaron precios unitarios utilizados para el monitoreo de calidad de agua correspondientes a Laboratorios de Análisis que se encuentra ubicado de la Región Metropolitana.

Cabe señalar que el muestreo y transporte al laboratorio, ya sea puntual o compuesto para el análisis de Agua y lodos será realizado por personal de la empresa.

En las siguientes tablas se detalla los precios unitarios ocupados para cada monitoreo:

Análisis	Precio unitario (UF)
DBO5	0,48
SST	0,15
NKT	0,22
PT	0,21
AyG	0,40
PE	0,30
CF	0,58
TCE	0,97
TCM	0,97
pH	0,036
T	0,036

Tabla 7.5.2.1- Precios Unitarios Monitoreo calidad de agua.

Análisis	Precios unitarios (UF)
Coliformes fecales	0,38
Humedad	0,0
Ph	0,03
Fosforo	0,209
Nitritos	0,44
Nitratos	0,18
Nitrógeno kjeldahl	0,29
Nitrógeno total	0,22
Potasio	0,18
Arsénico	0,43
Cadmio	0,20
cobre	0,20
mercurio	0,45
Molibdeno	0,26
Niquel	0,20
Selenio	0,50
Zinc	0,20

Sólidos totales	0,15
Sólidos volátiles	0,10

Tabla 7.5.2.2- Precios Unitarios de monitoreo inicial de lodos.

Análisis	Precio unitario (UF)
Coliformes fecales	0,38
Humedad (%)	0,12
pH	0,03

Tabla 7.5.2.3- Precios unitarios de monitoreo trimestral de lodos.

7.5.3- Control de Procesos.

Se ha considerado un monto anual de \$ 550.091 (UF 30). Estos cubren necesidades de análisis, insumos etc. que no requieren una certificación y que cumplen una labor de apoyo a la operación regular las PTAS.

7.5.4- Resultados: Monitoreo Ambiental y Control de Procesos.

En la tabla siguiente, se presenta el costo total de análisis de monitoreo ambientales y control de procesos para la planta de tratamiento de aguas servidas de la empresa Sanitaria Aguas Santiago Poniente S.A.

Tecnología	Gastos en monitoreo ambiental y control de procesos (MM\$/año)			
	Análisis de agua	Análisis de lodos	Control de procesos	TOTAL
Lodos activados	2,048	0,113	0,550	2,711

Tabla 7.5.4. Gastos en monitoreo ambiental y control de procesos.

7.6- Mantención.

Para estimar los costos de mantención de la planta de tratamiento de aguas servidas se emplearon los porcentajes habituales a las inversiones.

En la tabla que se muestra a continuación se observan los costos asociados a la mantención, determinados por la empresa en estudio.

Tecnología	Gastos en mantención MM\$/año
Lodos activados	10,57

Tabla 7.6. Gastos en mantención.

7.7- Personal.

A continuación se presenta el personal asociado a la operación y mantención de la planta de tratamiento de aguas servidas.

ITEM	N°	Jornada
Administración		
Jefe de planta	1	0,5
Operación		
Ingeniero electromecánico	1	0,25
Operador calificado	2	1
Seguridad		
Guardia seguridad nocturno	1	1

Tabla 7.7.1- Personal operativo para planta de tratamiento.

cargos	Descripción del cargo
Jefe de planta	Responsable de la operación del tratamiento de aguas servidas y de la infraestructura a su cargo. Planifica y administra las actividades haciendo uso eficiente de los recursos para efectuar el tratamiento de agua servidas evacuadas por los clientes dentro de las normas de calidad y seguridad establecidas. Supervisa y controla contratos de prestación de servicios a terceros.
Operador calificado	Realiza la operación del sistema de tratamiento, manteniendo la correcta funcionalidad del proceso de tratamiento de aguas servidas, administra los equipos a su cargo y corrige parámetros operacionales optimizando el funcionamiento del sistema de tratamiento. Se requiere de profesional de carreras intermedias de 2 años o estudios específicos, más de 1 año de duración y experiencia superior a 3 años.
Electromecánico	Responsable de la reparación y mantención de los equipos y maquinaria en la planta, Coordina la mantención eléctrica y mecánica requerida por la empresa, desmonta, repara y regula motores eléctricos y similares. Repara bobinados de todo tipo, puede leer e interpretar planos de montaje e instalación de motores eléctricos o componentes. Descubre los defectos con ayuda de instrumentos. Posee calificación técnica para el desarrollo de su trabajo. Se requiere como mínimo profesional de carreras intermedias de 2 años o estudios específicos, más de 1 año de duración y experiencia superior a 3 años.

Tabla 7.7.2. Funciones y tareas establecidas para cada uno de los cargos.

La tabla siguiente muestra las remuneraciones mensuales brutas para los cargos establecidos para el control y operación de las PTAS.

Cargo	Remuneración bruta mensual (\$)
Jefe de planta	900.000
Electromecánico	700.000
Operador calificado	350.000
Guardia de seguridad	275.045

Tabla 7.7.3- Remuneraciones consideradas.

De acuerdo a todo lo anterior se determino los siguientes gastos anuales de personal de operación y mantención de PTAS.

Tecnología	Jefe de planta M\$/año	Operador calificado M\$/año	Electro- mecánico M\$/año	seguridad M\$/año	Gasto total MM\$/año
Lodos activados	10,8	8,4	8,4	3,30	30,9

Tabla 7.7.4- gastos de personal.

7.8- Resumen de costos.

En la siguiente tabla se resumen todos los costos involucrados para la instalación de una planta de tratamiento de aguas, esto se resumen en: costo de inversión, costo de operación (energía eléctrica, productos químicos, lodos, monitoreos ambientales y control de procesos), costo de mantención y costos de administración (personal).

Tecnología	Costo de inversión MM\$	Costo de operación MM\$/año	Costos de mantención MM\$/año	Costos administrativos MM\$/año
Lodos activados	368,16	95,81	10,57	30,9

Tabla 7.8- Costos totales considerados para una planta de tratamiento de aguas residuales.

7.9- Tarifas para el tratamiento de aguas residuales o servidas.

Los costos considerados por conceptos de tratamiento de aguas residuales los aplica la SISS (superintendencia de servicios sanitarios) para cada región en cuestión, mediante el decreto extendido por el Ministerio de Economía, Fomento y Turismo.

La SISS fija fórmulas tarifarias para calcular los precios máximos aplicables a los usuarios de los servicios de producción y distribución de agua potable y recolección y disposición de aguas servidas, en este caso de la empresa ESSBIO S.A. en la siguiente tabla se muestran las tarifas que aplica esta empresa en la región.

Cargo	Grupo 1	
	Cuenca Bío-Bío	Cuenca Itata
Agua potable	361,34	350,40
Alcantarillado	463,64	578,36

Tabla 7.9. Cargos variables por metro cúbico ($\$/m^3$).

El valor indicado para el servicio de alcantarillado contiene el servicio de Tratamiento de Aguas Servidas, que conforme a instrucciones de la SISS, se muestra separado en los documentos de cobro, el valor aproximado del tratamiento de aguas servidas es de 230 $\$/m^3$.

7.10- Evaluación económica del proyecto.

7.10.1- Parámetros comerciales y periodo de evaluación del proyecto.

Los parámetros utilizados están actualizados de acuerdo a datos económicos actualizados de Chile., como lo es el impuesto a la renta, la tasa de descuento, tasa libre de riesgo y la tasa del interés bancario.

Por otro lado el horizonte a evaluar el proyecto es de 20 años, en los próximos años se considera que el tratamiento de aguas se puede autofinanciar y si cumple ciertas expectativas comerciales aumentar el número de plantas.

PARAMETROS COMERCIALES		
Horizonte de evaluacion	20	(años)
Tasa de descuento	12%	
Tasa libre de riesgo	5%	
impuesto a la renta	20%	

Tabla 7.10.1.

7.10.2- Parámetros de interés para la planta de tratamiento de aguas.

En la siguiente tabla se muestran los parámetros considerados de gran importancia para la planta de tratamiento, lo cual indica el rendimiento de la planta a estimar. El parámetro principal que para este estudio es el costo por metro cúbico de tratamiento que lo impone la SISS a ESSBIO (la cual tiene cobertura en todo Talcahuano) y que es lo que se puede cobrar.

PARAMETROS DE INTERES PARA LA PTAS.		
Caudal	2.484	(m ³ /dia)
Poblacion de aporte	11.189	hab.
Inversion PTAS.	780.000	US\$
Consumo por habitante	4	(m ³ /mes)
Costo por tratamiento	\$ 230	(\$/m ³)

Tabla 7.10.2.

7.10.3.- Estimación de capital de trabajo.

El capital inicial para comenzar con el proyecto incluye los egresos en sueldos y los egresos en gastos generales del proyecto, dentro de los gastos generales se estimó que sólo un 20% de los gastos de operación se necesitan para cubrir el capital de trabajo. Todo lo anterior por un periodo de tiempo de 2 meses ya que no se asegura los ingresos inmediatos del tratamiento de aguas, por lo que se debe contar con dinero en caja suficiente (capital de trabajo) para cubrir estos gastos.

Item/Mes	1	2	3	4
Ingresos x ventas	0	0	\$ 17.139.600	\$ 17.139.600
Costos x ventas	-\$ 2.575.045	-\$ 4.172.031	-\$ 4.172.031	
Saldo	-\$ 2.575.045	-\$ 4.172.031	\$ 12.967.569	\$ 17.139.600
Acumulado	-\$ 2.575.045	-\$ 6.747.076	\$ 6.220.493	

Tabla 7.10.3.

7.10.4- flujo de caja.

7.10.4.1- Ingresos por ventas:

Los ingresos por tratamiento de aguas se calculan principalmente con el precio por metro cúbico y el caudal de la planta.

$$2484 \left(\frac{m^3}{dia} \right) * 230 \left(\frac{\$}{m^3} \right) * 365 \left(\frac{dias}{año} \right)$$

7.10.4.2- Depreciación:

Se incluye un ítem de depreciación de los activos, el cual es variable para cada activo ya que depende de su vida útil. La depreciación tiene un impacto netamente tributario, lo cual implica que se debe restar a la utilidad antes de impuesto para luego volver a sumarla. Sin embargo, también asume relevancia al evaluar el valor residual del proyecto.

7.10.4.3- Valor residual de la planta:

Corresponde al valor que aún tienen los activos luego de un periodo de tiempos. Existen diversos métodos para evaluar este ítem, pero desde el punto de vista práctico y a la vez el más utilizado corresponde al método económico. Método que consiste en restar al flujo de caja neto del último año la depreciación correspondiente, este resultado es dividido por la tasa de descuento. En otras palabras se calcula el valor actual de un flujo perpetuo.

$$VR = (Inversión\ inicial - depreciación\ acumulada)$$

Con estos datos se puede obtener el FCN del proyecto, se presenta el flujo de caja en 20 años para evaluar el VAN y el TIR, y así poder estimar, con este criterio, si el proyecto es rentable en el tiempo.

ITEMS/AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Ingreso									
Ingreso por tratamiento		\$ 208.531.800	\$ 208.531.800	\$ 208.531.800	\$ 208.531.800	\$ 208.531.800	\$ 208.531.800	\$ 208.531.800	\$ 208.531.800
Costos									
Energía Eléctrica		-\$ 60.958.153	-\$ 60.958.153	-\$ 60.958.153	-\$ 60.958.153	-\$ 60.958.153	-\$ 60.958.153	-\$ 60.958.153	-\$ 60.958.153
Productos Químicos		-\$ 16.360.000	-\$ 16.360.000	-\$ 16.360.000	-\$ 16.360.000	-\$ 16.360.000	-\$ 16.360.000	-\$ 16.360.000	-\$ 16.360.000
Transporte de Lodos		-\$ 8.350.000	-\$ 8.350.000	-\$ 8.350.000	-\$ 8.350.000	-\$ 8.350.000	-\$ 8.350.000	-\$ 8.350.000	-\$ 8.350.000
Disposición de Lodos		-\$ 8.290.000	-\$ 8.290.000	-\$ 8.290.000	-\$ 8.290.000	-\$ 8.290.000	-\$ 8.290.000	-\$ 8.290.000	-\$ 8.290.000
Análisis de Agua		-\$ 2.048.000	-\$ 2.048.000	-\$ 2.048.000	-\$ 2.048.000	-\$ 2.048.000	-\$ 2.048.000	-\$ 2.048.000	-\$ 2.048.000
Análisis de Lodos		-\$ 113.000	-\$ 113.000	-\$ 113.000	-\$ 113.000	-\$ 113.000	-\$ 113.000	-\$ 113.000	-\$ 113.000
Control de Procesos		-\$ 550.000	-\$ 550.000	-\$ 550.000	-\$ 550.000	-\$ 550.000	-\$ 550.000	-\$ 550.000	-\$ 550.000
Mantención		-\$ 10.570.000	-\$ 10.570.000	-\$ 10.570.000	-\$ 10.570.000	-\$ 10.570.000	-\$ 10.570.000	-\$ 10.570.000	-\$ 10.570.000
Sueldos		-\$ 30.900.540	-\$ 30.900.540	-\$ 30.900.540	-\$ 30.900.540	-\$ 30.900.540	-\$ 30.900.540	-\$ 30.900.540	-\$ 30.900.540
Total Costos		-\$ 138.139.693	-\$ 138.139.693	-\$ 138.139.693	-\$ 138.139.693	-\$ 138.139.693	-\$ 138.139.693	-\$ 138.139.693	-\$ 138.139.693
Intereses Préstamo									
Depreciación(-)		-\$ 9.204.000	-\$ 9.204.000	-\$ 9.204.000	-\$ 9.204.000	-\$ 9.204.000	-\$ 9.204.000	-\$ 9.204.000	-\$ 9.204.000
UAI		\$ 61.188.107	\$ 61.188.107	\$ 61.188.107	\$ 61.188.107	\$ 61.188.107	\$ 61.188.107	\$ 61.188.107	\$ 61.188.107
Impuesto a la Renta		-\$ 12.237.621	-\$ 12.237.621	-\$ 12.237.621	-\$ 12.237.621	-\$ 12.237.621	-\$ 12.237.621	-\$ 12.237.621	-\$ 12.237.621
UDI		\$ 48.950.486	\$ 48.950.486	\$ 48.950.486	\$ 48.950.486	\$ 48.950.486	\$ 48.950.486	\$ 48.950.486	\$ 48.950.486
Depreciación(+)		\$ 9.204.000	\$ 9.204.000	\$ 9.204.000	\$ 9.204.000	\$ 9.204.000	\$ 9.204.000	\$ 9.204.000	\$ 9.204.000
Inversión Estimada									
Total Inversión	-\$ 374.921.243								
Préstamo Banco(-)	0								
Subsidio	0								
Amortización Deuda									
Valor Residual(+)									
Flujo Caja Neto	-\$ 374.921.243	\$ 58.154.486	\$ 58.154.486	\$ 58.154.486	\$ 58.154.486	\$ 58.154.486	\$ 58.154.486	\$ 58.154.486	\$ 58.154.486

Tabla 7.10.4- Flujo de caja evaluado en 20 años.

9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
\$ 208.531.800	\$ 208.531.800	\$ 208.531.800	\$ 208.531.800	\$ 208.531.800	\$ 208.531.800	\$ 208.531.800	\$ 208.531.800	\$ 208.531.800	\$ 208.531.800	\$ 208.531.800	\$ 208.531.800
-\$ 60.958.153	-\$ 60.958.153	-\$ 60.958.153	-\$ 60.958.153	-\$ 60.958.153	-\$ 60.958.153	-\$ 60.958.153	-\$ 60.958.153	-\$ 60.958.153	-\$ 60.958.153	-\$ 60.958.153	-\$ 60.958.153
-\$ 16.360.000	-\$ 16.360.000	-\$ 16.360.000	-\$ 16.360.000	-\$ 16.360.000	-\$ 16.360.000	-\$ 16.360.000	-\$ 16.360.000	-\$ 16.360.000	-\$ 16.360.000	-\$ 16.360.000	-\$ 16.360.000
-\$ 8.350.000	-\$ 8.350.000	-\$ 8.350.000	-\$ 8.350.000	-\$ 8.350.000	-\$ 8.350.000	-\$ 8.350.000	-\$ 8.350.000	-\$ 8.350.000	-\$ 8.350.000	-\$ 8.350.000	-\$ 8.350.000
-\$ 8.290.000	-\$ 8.290.000	-\$ 8.290.000	-\$ 8.290.000	-\$ 8.290.000	-\$ 8.290.000	-\$ 8.290.000	-\$ 8.290.000	-\$ 8.290.000	-\$ 8.290.000	-\$ 8.290.000	-\$ 8.290.000
-\$ 2.048.000	-\$ 2.048.000	-\$ 2.048.000	-\$ 2.048.000	-\$ 2.048.000	-\$ 2.048.000	-\$ 2.048.000	-\$ 2.048.000	-\$ 2.048.000	-\$ 2.048.000	-\$ 2.048.000	-\$ 2.048.000
-\$ 113.000	-\$ 113.000	-\$ 113.000	-\$ 113.000	-\$ 113.000	-\$ 113.000	-\$ 113.000	-\$ 113.000	-\$ 113.000	-\$ 113.000	-\$ 113.000	-\$ 113.000
-\$ 550.000	-\$ 550.000	-\$ 550.000	-\$ 550.000	-\$ 550.000	-\$ 550.000	-\$ 550.000	-\$ 550.000	-\$ 550.000	-\$ 550.000	-\$ 550.000	-\$ 550.000
-\$ 10.570.000	-\$ 10.570.000	-\$ 10.570.000	-\$ 10.570.000	-\$ 10.570.000	-\$ 10.570.000	-\$ 10.570.000	-\$ 10.570.000	-\$ 10.570.000	-\$ 10.570.000	-\$ 10.570.000	-\$ 10.570.000
-\$ 30.900.540	-\$ 30.900.540	-\$ 30.900.540	-\$ 30.900.540	-\$ 30.900.540	-\$ 30.900.540	-\$ 30.900.540	-\$ 30.900.540	-\$ 30.900.540	-\$ 30.900.540	-\$ 30.900.540	-\$ 30.900.540
-\$ 138.139.693	-\$ 138.139.693	-\$ 138.139.693	-\$ 138.139.693	-\$ 138.139.693	-\$ 138.139.693	-\$ 138.139.693	-\$ 138.139.693	-\$ 138.139.693	-\$ 138.139.693	-\$ 138.139.693	-\$ 138.139.693
-\$ 9.204.000	-\$ 9.204.000	-\$ 9.204.000	-\$ 9.204.000	-\$ 9.204.000	-\$ 9.204.000	-\$ 9.204.000	-\$ 9.204.000	-\$ 9.204.000	-\$ 9.204.000	-\$ 9.204.000	-\$ 9.204.000
\$ 61.188.107	\$ 61.188.107	\$ 61.188.107	\$ 61.188.107	\$ 61.188.107	\$ 61.188.107	\$ 61.188.107	\$ 61.188.107	\$ 61.188.107	\$ 61.188.107	\$ 61.188.107	\$ 61.188.107
-\$ 12.237.621	-\$ 12.237.621	-\$ 12.237.621	-\$ 12.237.621	-\$ 12.237.621	-\$ 12.237.621	-\$ 12.237.621	-\$ 12.237.621	-\$ 12.237.621	-\$ 12.237.621	-\$ 12.237.621	-\$ 12.237.621
\$ 48.950.486	\$ 48.950.486	\$ 48.950.486	\$ 48.950.486	\$ 48.950.486	\$ 48.950.486	\$ 48.950.486	\$ 48.950.486	\$ 48.950.486	\$ 48.950.486	\$ 48.950.486	\$ 48.950.486
\$ 9.204.000	\$ 9.204.000	\$ 9.204.000	\$ 9.204.000	\$ 9.204.000	\$ 9.204.000	\$ 9.204.000	\$ 9.204.000	\$ 9.204.000	\$ 9.204.000	\$ 9.204.000	\$ 9.204.000
											\$ 184.080.000
\$ 58.154.486	\$ 58.154.486	\$ 58.154.486	\$ 58.154.486	\$ 58.154.486	\$ 58.154.486	\$ 58.154.486	\$ 58.154.486	\$ 58.154.486	\$ 58.154.486	\$ 58.154.486	\$ 242.234.486

Tabla 7.10.4- Flujo de caja evaluado en 20 años.

7.10.5- Estado de resultados, VAN y TIR, según horizonte de evaluación y tasa de descuento.

En la práctica, los criterios de utilización más recurrente corresponde al VAN y TIR, también en algunos casos es aplicable el Período de Recuperación.

En este caso en particular se empleará principalmente VAN donde la principal condición para el VAN es que asuma un valor positivo y para la TIR un valor mayor a la Tasa de descuento utilizada en el proyecto.

7.10.5.1- VAN, Valor Actual Neto:

Permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión. La interpretación del VAN es algo simple; si el valor VAN es positivo, el proyecto debe realizarse, de modo contrario si es negativo, no se recomienda llevar a cabo el proyecto. Además, si este toma un valor igual a cero, indica que el proyecto no agrega valor contable sobre la rentabilidad exigida. De por sí, la utilización del VAN no es suficiente, por lo mismo se emplea en compañía de la TIR para obtener resultados más confiables.

7.10.5.2- TIR, Tasa Interna de Retorno:

Una de las interpretaciones aceptada, para este criterio, es que la TIR que entrega el proyecto sea mayor a la Tasa de Descuento utilizada en el proyecto.

VAN	\$ 78.543.387
TIR	15%
Periodo de Recuperación	7,66

Tabla 7.10.5.2, VAN y TIR.

En la tabla podemos apreciar los resultados del VAN \$ 78.543.387 y el TIR 15% del proyecto de la planta de tratamiento de aguas, el que nos dice que el proyecto es rentable en el tiempo y eso es lo que se espera debido a la demanda del consumo de agua, mientras esté presente la demanda por agua potable siempre habrá demanda por tratar agua contaminada y también se aprecia en la tabla el período de recuperación del proyecto que es aproximadamente de 7,66 años.

Para que todo proyecto sea viable en el tiempo es necesario hacer “supuestos” escenarios en los que el proyecto se analiza modificando los parámetros con una pequeña desviación estándar, estos posibles escenarios están descritos en el análisis de sensibilidad.

7.10.6- Análisis de sensibilidad.

Son dos los métodos más utilizados en el análisis de sensibilidad de un proyecto, el análisis de “Simulación de Montecarlo” y “análisis de escenarios” es este último el que se utilizará para llevar a cabo el análisis de sensibilidad de este proyecto.

Es por ellos que para una mejor visión del comportamiento del proyecto en el mercado, es siempre útil realizar diferentes “supuestos” que puedan entregar información de la situación del proyecto en diferentes escenarios.

Por lo anterior se plantearán tres escenarios distintos (Pesimista, Más Probable y Optimista) para evaluar algunos parámetros, para determinar la Probabilidad deseada, se debe realizar una serie de cálculos, entre ellos esta re-calculando el VAN y el TIR para cada escenario, dónde es de suma importancia redefinir el valor residual en cada caso.

7.10.6.1- Escenario más probable.

Para estimarnos los tres escenarios se modificaran los ingresos por tratamiento de agua, interpretando que en el caso de escenario más probable se considera que en todos los años, desde el año 1 hasta el año 20 se produce la misma cantidad de agua tratada. En la siguiente tabla se puede entender mejor (Ver más detallado en anexo).

Ingreso por tratamiento anual	De año 1 hasta año 20
\$ 208.531.800	$2484 \left(\frac{m^3}{dia}\right) * 230 \left(\frac{\$}{m^3}\right) * 365 \left(\frac{dias}{año}\right)$

Tabla 7.10.6.1.

Obteniendo un VAR y TIR de:

VAN	\$ 78.543.387
TIR	15%
Periodo de Recuperación	7,66

7.10.6.2- Escenario optimista.

En este escenario la producción anual va aumentando 10% cada año, asumiendo que al pasar de los años y con las mantenciones anuales irá mejorando la tecnología de la planta y al mismo tiempo más producción. En la siguiente tabla se puede interpretar mejor (ver más detallado en anexo)

Ingreso por tratamiento anual	Año 1
\$ 208.531.800	$2484 \left(\frac{m^3}{dia} \right) * 230 \left(\frac{\$}{m^3} \right) * 365 \left(\frac{dias}{año} \right) * 1$
Ingreso por tratamiento anual	Año 2
\$ 229.384.980	$2484 \left(\frac{m^3}{dia} \right) * 230 \left(\frac{\$}{m^3} \right) * 365 \left(\frac{dias}{año} \right) * 1,1$
Ingreso por tratamiento anual	Año3
\$ 250.238.160	$2484 \left(\frac{m^3}{dia} \right) * 230 \left(\frac{\$}{m^3} \right) * 365 \left(\frac{dias}{año} \right) * 1,2$

Tabla 7.10.6.2.

Obteniendo un VAR y TIR de:

VAN	\$ 849.961.561
TIR	30%
Periodo recuperación	4,45

7.10.6.3- Escenario pesimista.

En este escenario la producción de tratamiento de agua va aumentando al pasar de los años, quiere decir que en el año 1 está a un 20% de su capacidad, en el año 2 a un 40%, en el año 3 a un 60%, el año 4 a un 80% y hasta el año 5 que es en donde la producción de la planta es la esperada 100% de su capacidad de tratamiento. En la siguiente tabla se puede apreciar mejor (ver más detallado en anexo).

Ingreso por tratamiento anual	Año 1
\$ 41.706.360	$2484 \left(\frac{m^3}{dia}\right) * 230 \left(\frac{\$}{m^3}\right) * 365 \left(\frac{dias}{año}\right) * 0,2$
Ingreso por tratamiento anual	Año 2
\$ 83.412.720	$2484 \left(\frac{m^3}{dia}\right) * 230 \left(\frac{\$}{m^3}\right) * 365 \left(\frac{dias}{año}\right) * 0,4$
Ingreso por tratamiento anual	Año 3
\$ 125.119.080	$2484 \left(\frac{m^3}{dia}\right) * 230 \left(\frac{\$}{m^3}\right) * 365 \left(\frac{dias}{año}\right) * 0,6$

Tabla 7.10.6.3.

Obteniendo un VAR y TIR de:

VAN	-\$ 180.156.382
TIR	7%
Periodo de recuperacion	14

8.- Conclusiones.

De los tipos de tratamiento de aguas residuales se estimó que para el proyecto los sistemas convencionales es la mejor opción a implementar, con tecnología de lodos activados se puede aumentar los rendimientos de los procesos a diferencia de los sistemas no convencionales y emisarios submarinos que toman más tiempo en tratar las aguas ya que se basan de las condiciones naturales de depuración, otras ventajas de estos sistemas es que son pensados para grandes comunidades, donde los flujos de caudal de agua residual son constantes durante el día, a diferencia de los otros sistemas de tratamiento que son pensados para pequeñas comunidades en donde el caudal de agua residual es más controlado.

Para las condiciones climáticas que tiene la región del Biobío el proceso de lodos activados es el más efectivo ya que pueden trabajar a temperaturas que oscilan entre los 19° a 40°C.

El principal beneficio que tiene los tratamientos de agua, es para el medio ambiente, debido a que la principal función de una planta es reducir la cantidad de contaminante que se vierten a los cauces receptores, en este caso al mar de Talcahuano y gracias a esto no alteran el hábitat para las plantas y de animales acuáticos.

Los lodos producidos en la planta de tratamiento serán trasladados al vertedero copiulemu, empresa Hidronor, que servirán para relleno y mejoramiento de suelos.

El principal desafío para el desarrollo de un proyecto, es cumplir con la norma que exige un DBO₅ de 60 mg O₂/l como límite máximo para la descarga de residuos líquidos a cuerpos de agua marina, según el D.S. 90. Para que la norma se cumpla se deben estructurar cada uno de los equipos y componentes de la planta para aumentar su rendimiento, y así obtener una muestra final de DBO₅ que cumpla la norma.

Según lo descrito en el capítulo 3 los principales tratamientos y equipos que deben tener la planta de tratamientos son:

- Pre-tratamiento, que consta de un recolector de agua donde llegan todas las aguas negras con una DBO₅ que varía entre los 200-400 mg O₂/l.
- Tratamiento primario, en donde sedimentación del agua reduce gran parte de la DBO₅.
- En el tratamiento secundario se desprenden 2 procesos necesarios, los cuales son el tratamiento aeróbico que puede reducir la DBO₅ hasta 30 mg O₂/l, y el tratamiento anaeróbico donde los lodos se mantienen durante 30 días a 35 °C para reducir su volumen.
- Proceso final de desinfección, en donde el agua termina con un DBO₅ de aproximadamente 5 – 15 mg O₂/l.

El producto final que se obtiene, al término de los procesos, pueden ser depositados al mar de Talcahuano o bien utilizado como agua de riego en las áreas verdes de la comuna sin riesgos de contaminación.

Dentro de los beneficios del proyecto el parámetro más importante es el costo por metro cúbico al mes que se debe cobrar a los consumidores, ya que un pequeño aumento o disminución puede afectar totalmente el resultado del estudio.

De los valores del VAN \$ 78.543.387 y el TIR 15% obtenidos en el flujo de caja podemos concluir que el proyecto es una buena opción a desarrollar a largo plazo. Por otro lado, los análisis de sensibilidad nos muestran diferentes variantes que puede tomar el proyecto, lo que se espera y estima para un futuro no muy lejano es ir aumentando el rendimiento de la planta. Por los costos supuestos de mantención, se estima que a medida que pase el tiempo los equipos y componentes van ir aumentando su eficiencia y así la planta va disminuyendo los tiempos de depuración de las aguas, obteniendo mayores beneficios monetarios y beneficios para los tratamientos.

Las plantas de tratamientos de aguas residuales no realizan nada de lo que la naturaleza no pueda hacer por sí sola, simplemente lo hacen en menos tiempos, durante más de 100 años la humanidad se ha dedicado a contaminar el planeta tanto a la tierra, el aire y el agua, es nuestra obligación pagar por el servicio de tratamiento de agua y regresar el agua con la calidad que debiera para mantener la calidad de vida de las nuevas generaciones.

9- Bibliografía.

- Libro ingeniería de aguas residuales. Tratamiento, vertido y reutilización. “Metcalf & Eddy”.
- Libro aguas residuales urbanas. Tratamientos naturales de bajo costo y aprovechamiento. “Mariano Seoanez Calvo”.
- <http://www.siss.gob.cl>, superintendencia de servicios sanitarios.
- Estudio de modelo de costos para el tratamiento de las aguas residuales *scientia et technica*, diciembre, año/vol. XIII, número 037 universidad tecnológica de pereira, colombia.
- Libro Ingeniería ambiental, segunda edición, “J. Glynn Henry, Gary W. Heinke.”
- www.achs.cl Tratamiento de las aguas servidas, situación en Chile.
- Libro Ingeniería de aguas residuales: tratamiento, vertido y reutilización, “Tchobanoglous George”.

Anexo

Tabla N° 1, límites máximos permitidos para la descarga de residuos líquidos a cuerpos de agua fluviales.

CONTAMINANTES	UNIDAD	EXPRESION	LIMITE MAXIMO PERMITIDO
Aceites y Grasas	Mg/L	A y G	20
Aluminio	Mg/L	Al	5
Arsénico	Mg/L	As	0,5
Boro	Mg/L	B	0,75
Cadmio	Mg/L	Cd	0,01
Cianuro	Mg/L	CN ⁻	0,20
Cloruros	Mg/L	Cl ⁻	400
Cobre Total	mg/L	Cu	1
Coliformes Fecales o Termotolerantes	NMP/100 ml	Coli/100 ml	1000
Indice de Fenol	mg/L	Fenoles	0,5
Cromo Hexavalente	mg/L	Cr ⁶⁺	0,05
DBO ₅	mg O ₂ /L	DBO ₅	35 *
Fósforo	mg/L	P	10
Fluoruro	mg/L	F ⁻	1,5
Hidrocarburos Fijos	mg/L	HF	10
Hierro Disuelto	mg/L	Fe	5
Manganeso	mg/L	Mn	0,3
Mercurio	mg/L	Hg	0,001
Molibdeno	mg/L	Mo	1
Níquel	mg/L	Ni	0,2
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/L	NKT	50
Pentaclorofenol	mg/L	C ₆ OHCl ₅	0,009
PH	Unidad	pH	6,0 -8,5
Plomo	mg/L	Pb	0,05
Poder Espumógeno	mm	PE	7
Selenio	mg/L	Se	0,01
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	SS	80 *
Sulfatos	mg/L	SO ₄ ²⁻	1000
Sulfuros	mg/L	S ²⁻	1
Temperatura	C°	T°	35
Tetracloroetano	mg/L	C ₂ Cl ₄	0,04
Tolueno	mg/L	C ₆ H ₅ CH ₃	0,7
Triclorometano	mg/L	CHCl ₃	0,2
Xileno	mg/L	C ₆ H ₄ C ₂ H ₆	0,5
Zinc	mg/L	Zn	3

* =Para los residuos líquidos provenientes de plantas de tratamientos de aguas servidas domésticas, no se considerará el contenido de algas

Tabla N° 2, límites máximos permitidos para la descarga de residuos líquidos a cuerpos de agua fluviales considerando la capacidad de dilución del receptor.

CONTAMINANTE	UNIDAD	EXPRESION	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE
Aceites y Grasas	mg/L	A y G	50
Aluminio	mg/L	Al	10
Arsénico	mg/L	As	1
Boro	mg/L	B	3
Cadmio	mg/L	Cd	0,3
Cianuro	mg/L	CN ⁻	1
Cloruros	mg/L	Cl ⁻	2000
Cobre Total	mg/L	Cu	3
Coliformes Fecales o Termotolerantes	NMP/100 ml	Coli/100 ml	1000
Indice de Fenol	mg/L	Fenoles	1
Cromo Hexavalente	mg/L	Cr ⁶⁺	0,2
DBO ₅	mgO ₂ /L	DBO ₅	300
Fluoruro	mg/L	F ⁻	5
Fósforo	mg/L	P	15
Hidrocarburos Fijos	mg/L	HF	50
Hierro Disuelto	mg/L	Fe	10
Manganeso	mg/L	Mn	3
Mercurio	mg/L	Hg	0,01
Molibdeno	mg/L	Mo	2,5
Níquel	mg/L	Ni	3
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/L	NKT	75
Pentaclorofenol	mg/L	C ₆ OHCl ₅	0,01
PH	Unidad	pH	6,0 – 8,5
Plomo	mg/L	Pb	0,5
Poder Espumógeno	mm.	PE	7
Selenio	mg/L	Se	0,1
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	SS	300
Sulfatos	mg/L	SO ₄ ²⁻	2000
Sulfuros	mg/L	S ²⁻	10
Temperatura	°C	T [°]	40
Tetracloroetano	mg/L	C ₂ Cl ₄	0,4
Tolueno	mg/L	C ₆ H ₅ CH ₃	7
Triclorometano	mg/L	CHCl ₃	0,5
Xileno	mg/L	C ₆ H ₄ C ₂ H ₆	5
Zinc	mg/L	Zn	20

Tabla N°3, límites máximos permitidos para la descarga de residuos líquidos a cuerpos de agua lacustres.

CONTAMINANTE	UNIDAD	EXPRESION	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE
Aceites y Grasas	mg/L	A y G	20
Aluminio	mg/L	Al	1
Arsénico	mg/L	As	0,1
Cadmio	mg/L	Cd	0,02
Cianuro	mg/L	CN ⁻	0,5
Cobre Total	mg/L	Cu	0,1
Coliformes Fecales o Termotolerantes	NMP/100 ml	Coli/100 ml	1000-70 *
Indice de Fenol	mg/L	Fenoles	0,5
Cromo Hexavalente	mg/L	Cr ⁶⁺	0,2
Cromo Total	mg/L	Cr Total	2,5
DBO ₅	mgO ₂ /L	DBO ₅	35
Estaño	mg/L	Sn	0,5
Fluoruro	mg/L	F ⁻	1
Fósforo	mg/L	P	2
Hidrocarburos Totales	mg/L	HCT	5
Hierro Disuelto	mg/L	Fe	2
Manganeso	mg/L	Mn	0,5
Mercurio	mg/L	Hg	0,005
Molibdeno	mg/L	Mo	0,07
Niquel	mg/L	Ni	0,5
Nitrógeno Total **	mg/L	N	10
PH	unidad	pH	6,0 - 8,5
Plomo	mg/L	Pb	0,2
SAAM	mg/L	SAAM	10
Selenio	mg/L	Se	0,01
Sólidos Sedimentables	ml/1/h	S SED	5
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	SS	80
Sulfatos	mg/L	SO ₄ ²⁻	1000
Sulfuros	mg/L	S ²⁻	1
Temperatura	°C	T [°]	30
Zinc	mg/L	Zn	5

* =En áreas aptas para la acuicultura y áreas de manejo y explotación de recursos bentónicos, no se deben sobrepasar los 70 NMP/100 ml.

** =La determinación del contaminante corresponderá a la suma de las concentraciones de nitrógeno total kjeldahl, nitrito y nitrato.

Tabla N° 4, límites máximos permitidos para la descarga de residuos líquidos a cuerpos de agua marinos dentro de la zona de protección litoral.

CONTAMINANTE	UNIDAD	EXPRESION	LIMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Aceites y Grasas	mg/L	A y G	20
Aluminio	mg/L	Al	1
Arsénico	mg/L	As	0,2
Cadmio	mg/L	Cd	0,02
Cianuro	mg/L	CN ⁻	0,5
Cobre	mg/L	Cu	1
Coliformes Fecales o Termotolerantes	NMP/100 ml	Coli/100 ml	1000-70*
Indice de Fenol	mg/L	Fenoles	0,5
Cromo Hexavalente	mg/L	Cr ⁶⁺	0,2
Cromo Total	mg/L	Cr Total	2,5
DBO ₅	mg O ₂ /L	DBO ₅	60
Estaño	mg/L	Sn	0,5
Fluoruro	mg/L	F ⁻	1,5
Fósforo	mg/L	P	5
Hidrocarburos Totales	mg/L	HCT	10
Hidrocarburos Volátiles	mg/L	HCV	1
Hierro Disuelto	mg/L	Fe	10
Manganeso	mg/L	Mn	2
Mercurio	mg/L	Hg	0,005
Molibdeno	mg/L	Mo	0,1
Niquel	mg/L	Ni	2
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/L	NKT	50
PH	Unidad	pH	6,0 - 9,0
Plomo	mg/L	Pb	0,2
SAAM	mg/L	SAAM	10
Selenio	mg/L	Se	0,01
Sólidos Sedimentables	ml/1/h	S SED	5
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	SS	100
Sulfuros	mg/L	S ²⁻	1
Zinc	mg/L	Zn	5
Temperatura	°C	T°	30

* =En áreas aptas para la acuicultura y áreas de manejo y explotación de recursos bentónicos, no se deben sobrepasar los 70 NMP/100 ml.

Tabla N° 5, límites máximos de concentración para descarga de residuos líquidos a cuerpos de agua marinos fuera de la zona de protección litoral.

CONTAMINANTE	UNIDAD	EXPRESIO N	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE A PARTIR DEL 10° AÑO DE VIGENCIA DEL PRESENTE DECRETO
Aceites y Grasas	mg/L	A y G	350	150
Sólidos Sedimentables	ml/1/h	S.SED	50	20
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	S.S.	700	300
Aluminio	mg/L	Al	10	
Arsénico	mg/L	As	0,5	
Cadmio	mg/L	Cd	0,5	
Cianuro	mg/L	CN ⁻	1	
Cobre	mg/L	Cu	3	
Indice de Fenol	mg/L	Fenoles	1	
Cromo Hexavalente	mg/L	Cr ⁶⁺	0,5	
Cromo Total	mg/L	Cr Total	10	
Estaño	mg/L	Sn	1	
Fluoruro	mg/L	F ⁻	6	
Hidrocarburos Totales	mg/L	HCT	20	
Hidrocarburos Volátiles	mg/L	HC	2	
Manganeso	mg/L	Mn	4	
Mercurio	mg/L	Hg	0,02	
Molibdeno	mg/L	Mo	0,5	
Niquel	mg/L	Ni	4	
PH	Unidad	pH	5,5 - 9,0	
Plomo	mg/L	Pb	1	
SAAM	mg/L	SAAM	15	
Selenio	mg/L	Se	0,03	
Sulfuro	mg/L	S ²⁻	5	
Zinc	mg/L	Zn	5	

Plantas de tratamiento de aguas servidas - VIII Región.

SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS AUTORIZADOS.

Actualizado al 24-abril-2012, fuente SISS. Superintendencia de servicios sanitarios.

Empresas	Nombre Planta	Localidad que atiende	Tipo de tecnología	Curso receptor	Norma aplicada – tabla
A. San Pedro s.a.	E.S. - parque industrial coronel	parque industrial coronel	lodos activados	mar	D.S. 90/00 - tabla 1-4
essbio s.a.	es - coronel norte	coronel norte	emisario submarino	mar	D.S. 90/00 - tabla 5
	es - coronel sur	coronel sur	emisario submarino	mar	D.S. 90/00 - tabla 5
	es - Lebu	Lebu	emisario submarino	mar	D.S. 90/00 - tabla 5
	es - lota	lota	emisario submarino	mar	D.S. 90/00 - tabla 5
	es - penco	penco	emisario submarino	mar	D.S. 90/00 - tabla 5
	es - san pedro	san pedro de la paz	emisario submarino	mar	D.S. 90/00 - tabla 5
	es - san vicente	talcahuano	emisario submarino	mar	D.S. 90/00 - tabla 5
	es - tome	tome	emisario submarino	mar	D.S. 90/00 - tabla 5
	ptas. - arauco	arauco	lodos activados	río carampangue	D.S. 90/00 - tabla 1
	ptas. - bulnes	bulnes	lodos activados	río gallipavo	D.S. 90/00 - tabla 1
	ptas - cabrero	cabrero	lodos activados	estero coihueco	D.S. 90/00 - tabla 1
	ptas - cañete	cañete	lodos activados	estero caillin	D.S. 90/00 - tabla 1
	ptas - chillan	chillán	lodos activados	estero tosca	D.S. 90/00 - tabla 1
	ptas - cobquecura	cobquecura	lodos activados	río el molino	D.S. 90/00 - tabla 1

	ptas - coelemu	coelemu	lodos activados	río itata	D.S. 90/00 - tabla 1
	ptas - coihueco	coihueco	lodos activados	estero coihueco	D.S. 90/00 - tabla 1
	ptas - contulmo	contulmo	lodos activados	estero el peral	D.S. 90/00 - tabla 1
	ptas - curanilahue	curanilahue	lagunas aireadas	río curanilahue	D.S. 90/00 - tabla 1
	ptas - dichato	dichato	lodos activados	estero dichato	D.S. 90/00 - tabla 1
	ptas -el carmen	el carmen	lagunas aireadas	estero temuco	D.S. 90/00 - tabla 1
	ptas - florida	florida	lagunas aireadas	estero tapihue	D.S. 90/00 - tabla 1
	ptas - gran concepcion	concepcion, chiguayante, talcahuano, hualpen	lodos activados	Rio bio bio	D.S. 90/00 - tabla 1
	ptas - hualqui	hualqui	lodos activados	estero patricio lynch	D.S. 90/00 - tabla 1
	ptas - huepil	huepil,tucapel	lodos activados	estero arenal	D.S. 90/00 - tabla 1
	ptas - los alamos	los alamos	lodos activados	estero león colgado	D.S. 90/00 - tabla 1
	ptas - los angeles	los ángeles	lodos activados	estero quilque	D.S. 90/00 - tabla 1
	ptas - monte aguila	monte aguila	lodos activados	estero monte aguila	D.S. 90/00 - tabla 1
	ptas - mulchen	mulchén	lodos activados	río bureo	D.S. 90/00 - tabla 1
	ptas - nacimiento	nacimiento	lodos activados	estero taboleo	D.S. 90/00 - tabla 1
	ptas - negrete	negrete	lagunas estabilización	río bío bío	D.S. 90/00 - tabla 1

	ptas - ninhue	ninhue	lagunas aireadas	estero ninhue	D.S. 90/00 - tabla 1
	ptas - ñipas	ñipas	lodos activados	estero perihuin	D.S. 90/00 - tabla 1
	ptas - pemuco	pemuco	lodos activados	estero río seco	D.S. 90/00 - tabla 1
	ptas - pinto	pinto	lodos activados	río chillan	D.S. 90/00 - tabla 1
	ptas - quilaco	quilaco	lodos activados	río bío bío	D.S. 90/00 - tabla 1
	ptas - quilleco	quilleco	lodos activados	estero quilleco	D.S. 90/00 - tabla 1
	ptas - quillón	quillón	lodos activados	río quillón	D.S. 90/00 - tabla 1
	ptas - quirihue	quirihue	lodos activados	estero el aceitadero	D.S. 90/00 - tabla 1
	ptas - san carlos	san carlos	lodos activados	estero novotavo	D.S. 90/00 - tabla 1
	ptas - san ignacio	san ignacio	lodos activados	estero colton	D.S. 90/00 - tabla 1
	ptas - san rosendo	san rosendo y laja	lodos activados	río bío bío	D.S. 90/00 - tabla 1
	ptas - santa bárbara	santa bárbara	lodos activados	río bío bío	D.S. 90/00 - tabla 1
	ptas - santa clara	santa. clara	lodos activados	estero pal pal	D.S. 90/00 - tabla 1
	ptas - santa juana	santa juana	lodos activados	río bío bío	D.S. 90/00 - tabla 1
	ptas - yumbel	yumbel	lodos activados	río claro	D.S. 90/00 - tabla 1
	ptas - yungay	yungay	lodos activados	río trilaleo	D.S. 90/00 - tabla 1
Total reg. VIII	47				

Tarifas agua potable.

ESSBIO VIII S.A.			
Diario de publicación:		El Sur	
Fecha de publicación:		07-nov-12	
Fecha de vigencia:		08-nov-12	
Grupo tarifario:		1	
Localidades:		Cabrero, Concepción, Coronel, Curanilahue, Chiguayante, Los Angeles, Lota, Nacimiento, Penco, Lirquén, San Carlos, San Pedro, Talcahuano, Tomé, Punta de Parra	
Cargos		Valores	Cargos
Cargo fijo cliente (\$/mes)		592	
Variables no punta (\$/m3)			Corte (\$/evento)
Agua Potable Sin flúor			visita de corte
Todas		361,34	primera instancia
Alcantarillado			segunda instancia
Cabrero, Concepción, Coronel, Chiguayante, Lirquén, San Pedro Angeles, Lota, Talcahuano, Nacimiento, Penco, Tomé, Curanilahue, Punta de Parra		463,64	
San Carlos		604,18	
Variables punta (\$/m3)			Reposición (\$/evento)
Agua Potable Sin flúor			primera instancia
Todas		359,90	segunda instancia
Sobreconsumo agua potable sin flúor			
Todas		791,49	
Otros cobros (\$/mes)			Control de Riles (\$/evento)
Grifos		1.108	Batch
Revisión de Proyectos (\$/empresa)			8 horas
> 0 = a \$ 218.108.733		4.188.695	12 horas
Para \$10.905.437 < l < \$ 211.034.067		1,24% * l	24 horas
< 0 = a \$ 10.905.437		205.316	
AFR			Riles (tipo de análisis) (\$/análisis)
Producción		517,16	grupo 1
Distribución		1.384,98	grupo 2
Recolección		820,67	grupo 3
Disposición		272,80	grupo 4
Disposición con tratamiento			grupo 5
Coronel, Curanilahue, Lirquén, Penco, Lota, Talcahuano, Tomé			grupo 6
Los Angeles, Concepción, Chiguayante, Nacimiento, Cabrero, San Pedro		740,88	grupo 7
Disp con trat San Carlos		1.073,54	costo administ.
Verificación de map			
13 mm		19.911	
19 mm		18.694	
25 a 38mm		19.124	
50 mm		71.086	
80 mm		71.086	
100 mm		71.086	
150 mm		71.086	

Tarifa energia electrica.

Vigencia desde 01-05-2013		CGED 3								
		Sector 1			Sector 7		Sector 11	Sector 15	Sector 22	
		Aéreo	Subt. 1	Subt. 2	Subt. 3	Aéreo	Subt.	Aéreo	Aéreo	Aéreo
Tarifa BT 1										
Cargo Fijo	\$/cliente	754,29	754,29	754,29	754,29	960,67	960,67	981,04	1.007,09	1.140,68
Cargo Unico por Uso del Sistema Troncal	\$/kWh	0,129	0,129	0,129	0,129	0,129	0,129	0,129	0,129	0,129
Cargo Energía Base	\$/kWh	94,364	97,968	98,935	102,539	104,820	111,734	119,765	112,268	127,653
Cargo Energía Adicional Invierno	\$/kWh	132,321	139,530	141,462	148,671	153,232	167,062	183,123	168,129	198,899
Tarifa BT 2										
Cargo Fijo	\$/cliente	754,29	754,29	754,29	754,29	960,67	960,67	981,04	1.007,09	1.140,68
Cargo Unico por Uso del Sistema Troncal	\$/kWh	0,129	0,129	0,129	0,129	0,129	0,129	0,129	0,129	0,129
Cargo Energía	\$/kWh	56,407	56,407	56,407	56,407	56,407	56,407	56,407	56,407	56,407
Cargo Potencia Presente en Punta	\$/kW	11.221,1	12.179,9	12.436,9	13.395,6	14.002,3	15.841,6	17.977,8	15.983,6	20.076,0
Cargo Potencia Parc. Presente en Punta	\$/kW	7.350,9	7.898,7	8.045,6	8.593,4	8.940,1	9.991,1	11.211,8	10.072,3	12.410,8
Tarifa BT 3										
Cargo Fijo	\$/cliente	1.292,80	1.292,80	1.292,80	1.292,80	1.566,66	1.566,66	1.530,16	1.561,25	1.698,18
Cargo Unico por Uso del Sistema Troncal	\$/kWh	0,129	0,129	0,129	0,129	0,129	0,129	0,129	0,129	0,129
Cargo Energía	\$/kWh	56,407	56,407	56,407	56,407	56,407	56,407	56,407	56,407	56,407
Cargo Potencia Presente en Punta	\$/kW	11.221,1	12.179,9	12.436,9	13.395,6	14.002,3	15.841,6	17.977,8	15.983,6	20.076,0
Cargo Potencia Parc. Presente en Punta	\$/kW	7.350,9	7.898,7	8.045,6	8.593,4	8.940,1	9.991,1	11.211,8	10.072,3	12.410,8
Tarifa BT 4.1, 4.2, 4.3										
Cargo Fijo BT 4.1	\$/cliente	754,29	754,29	754,29	754,29	960,67	960,67	981,04	1.007,09	1.140,68
Cargo Fijo BT 4.2	\$/cliente	1.292,80	1.292,80	1.292,80	1.292,80	1.566,66	1.566,66	1.530,16	1.561,25	1.698,18
Cargo Fijo BT 4.3	\$/cliente	1.367,21	1.367,21	1.367,21	1.367,21	1.698,32	1.698,32	1.635,97	1.688,91	1.854,55
Cargo Unico por Uso del Sistema Troncal	\$/kWh	0,129	0,129	0,129	0,129	0,129	0,129	0,129	0,129	0,129
Cargo Energía	\$/kWh	56,407	56,407	56,407	56,407	56,407	56,407	56,407	56,407	56,407
Cargo Potencia Contratada o Suministrada	\$/kW	1.960,9	2.307,6	2.400,5	2.747,2	2.195,2	2.687,4	4.210,7	3.153,4	5.199,6
Cargo Potencia Contratada o Leída en H. Punta	\$/kW	9.260,2	9.872,3	10.036,4	10.648,4	11.807,1	13.154,2	13.767,1	12.830,2	14.876,4
Tarifa AT 2										
Cargo Fijo	\$/cliente	754,29	754,29	754,29	754,29	960,67	960,67	981,04	1.007,09	1.140,68
Cargo Unico por Uso del Sistema Troncal	\$/kWh	0,129	0,129	0,129	0,129	0,129	0,129	0,129	0,129	0,129
Cargo Energía	\$/kWh	53,224	53,224	53,224	53,224	53,224	53,224	53,224	53,224	53,224
Cargo Potencia Presente en Punta	\$/kW	7.352,3	8.512,6	7.352,3	8.512,6	9.906,2	9.906,2	9.845,0	9.977,9	9.977,9
Cargo Potencia Parc. Presente en Punta	\$/kW	4.826,8	5.714,1	4.826,8	5.714,1	6.779,8	6.779,8	6.733,0	6.834,6	6.834,6
Tarifa AT 3										
Cargo Fijo	\$/cliente	1.292,80	1.292,80	1.292,80	1.292,80	1.566,66	1.566,66	1.530,16	1.561,25	1.698,18
Cargo Unico por Uso del Sistema Troncal	\$/kWh	0,129	0,129	0,129	0,129	0,129	0,129	0,129	0,129	0,129
Cargo Energía	\$/kWh	53,224	53,224	53,224	53,224	53,224	53,224	53,224	53,224	53,224
Cargo Potencia Presente en Punta	\$/kW	7.352,3	8.512,6	7.352,3	8.512,6	9.906,2	9.906,2	9.845,0	9.977,9	9.977,9
Cargo Potencia Parc. Presente en Punta	\$/kW	4.826,8	5.714,1	4.826,8	5.714,1	6.779,8	6.779,8	6.733,0	6.834,6	6.834,6
Tarifa AT 4.1, 4.2, 4.3										
Cargo Fijo AT 4.1	\$/cliente	754,29	754,29	754,29	754,29	960,67	960,67	981,04	1.007,09	1.140,68
Cargo Fijo AT 4.2	\$/cliente	1.292,80	1.292,80	1.292,80	1.292,80	1.566,66	1.566,66	1.530,16	1.561,25	1.698,18
Cargo Fijo AT 4.3	\$/cliente	1.367,21	1.367,21	1.367,21	1.367,21	1.698,32	1.698,32	1.635,97	1.688,91	1.854,55
Cargo Unico por Uso del Sistema Troncal	\$/kWh	0,129	0,129	0,129	0,129	0,129	0,129	0,129	0,129	0,129
Cargo Energía	\$/kWh	53,224	53,224	53,224	53,224	53,224	53,224	53,224	53,224	53,224
Cargo Potencia Contratada o Suministrada	\$/kW	780,0	1.326,1	780,0	1.326,1	1.981,9	1.981,9	1.953,1	2.015,6	2.015,6
Cargo Potencia Contratada o Leída en H. Punta	\$/kW	6.572,3	7.186,5	6.572,3	7.186,5	7.924,3	7.924,3	7.891,9	7.962,3	7.962,3

Presupuesto del Proyecto

1.- INVERSIONES EN ACTIVOS FIJOS						
ITEM	VALOR	CANTIDAD	UN.MEDIDA	VIDA UTIL	DEP.ANUAL	TOTAL INVERSION
PTAS.	\$ 368.160.000	1	UNIDAD	40	\$ 9.204.000	\$ 368.160.000
2.- PRESUPUESTOS DE GASTOS DE OPERACIÓN						
ITEM						TOTAL (\$/año)
Energia Electrica						\$ 60.958.153
Productos Quimicos						\$ 15.510.000
transporte de lodos						\$ 8.350.000
disposicon de lodos						\$ 8.290.000
Análisis de agua						\$ 2.048.000
Análisis de lodos						\$ 113.000
Control de procesos						\$ 550.000
						\$ 95.819.153
3.- GASTOS EN MANTENCION						
ITEM						TOTAL (\$/año)
Mantención anual						\$ 10.570.000
4.- PRESUPUESTO DE PERSONAL						
CARGO	SUELDO	CANTIDAD	MESES	TOTAL (\$/año)		
Jefe de planta	\$ 900.000	1	12	\$ 10.800.000		
Ingeniero Electromecánico	\$ 700.000	1	12	\$ 8.400.000		
Operador Calificado	\$ 350.000	2	12	\$ 8.400.000		
Guardias de Seguridad	\$ 275.045	1	12	\$ 3.300.540		
						\$ 30.900.540
5.- CAPITAL DE TRABAJO						
Item/Mes	1	2	3	4		
Ingresos x ventas	0	0	\$ 17.139.600	\$ 17.139.600		
Costos x ventas	-\$ 2.575.045	-\$ 4.172.031	-\$ 4.172.031			
Saldo	-\$ 2.575.045	-\$ 4.172.031	\$ 12.967.569	\$ 17.139.600		
Acumulado	-\$ 2.575.045	-\$ 6.747.076	\$ 6.220.493			

Escenario optimista

ITEMS/AÑO	0	1	2	3	5	6	7	8
Ingreso								
Ingreso por tratamiento		\$ 208.531.800	\$ 229.384.980	\$ 250.238.160	\$ 291.944.520	\$ 312.797.700	\$ 333.650.880	\$ 354.504.060
Costos								
Energía Eléctrica		-\$ 65.121.700	-\$ 65.121.700	-\$ 65.121.700	-\$ 65.121.700	-\$ 65.121.700	-\$ 65.121.700	-\$ 65.121.700
Productos Químicos		-\$ 15.510.000	-\$ 15.510.000	-\$ 15.510.000	-\$ 15.510.000	-\$ 15.510.000	-\$ 15.510.000	-\$ 15.510.000
Transporte de Lodos		-\$ 8.350.000	-\$ 8.350.000	-\$ 8.350.000	-\$ 8.350.000	-\$ 8.350.000	-\$ 8.350.000	-\$ 8.350.000
Disposición de Lodos		-\$ 8.290.000	-\$ 8.290.000	-\$ 8.290.000	-\$ 8.290.000	-\$ 8.290.000	-\$ 8.290.000	-\$ 8.290.000
Análisis de Agua		-\$ 2.048.000	-\$ 2.048.000	-\$ 2.048.000	-\$ 2.048.000	-\$ 2.048.000	-\$ 2.048.000	-\$ 2.048.000
Análisis de Lodos		-\$ 113.000	-\$ 113.000	-\$ 113.000	-\$ 113.000	-\$ 113.000	-\$ 113.000	-\$ 113.000
Control de Procesos		-\$ 550.000	-\$ 550.000	-\$ 550.000	-\$ 550.000	-\$ 550.000	-\$ 550.000	-\$ 550.000
Mantenión		-\$ 10.570.000	-\$ 10.570.000	-\$ 10.570.000	-\$ 10.570.000	-\$ 10.570.000	-\$ 10.570.000	-\$ 10.570.000
Sueldos		-\$ 30.900.540	-\$ 30.900.540	-\$ 30.900.540	-\$ 30.900.540	-\$ 30.900.540	-\$ 30.900.540	-\$ 30.900.540
Total Costos		-\$ 141.453.240	-\$ 141.453.240	-\$ 141.453.240	-\$ 141.453.240	-\$ 141.453.240	-\$ 141.453.240	-\$ 141.453.240
Intereses Préstamo								
Depreciación(-)		-\$ 9.204.000	-\$ 9.204.000	-\$ 9.204.000	-\$ 9.204.000	-\$ 9.204.000	-\$ 9.204.000	-\$ 9.204.000
UAI		\$ 57.874.560	\$ 78.727.740	\$ 99.580.920	\$ 141.287.280	\$ 162.140.460	\$ 182.993.640	\$ 203.846.820
Impuesto a la Renta		-\$ 9.838.675	-\$ 13.383.716	-\$ 16.928.756	-\$ 24.018.838	-\$ 27.563.878	-\$ 31.108.919	-\$ 34.653.959
UDI		\$ 48.035.885	\$ 65.344.024	\$ 82.652.164	\$ 117.268.442	\$ 134.576.582	\$ 151.884.721	\$ 169.192.861
Depreciación(+)		\$ 9.204.000	\$ 9.204.000	\$ 9.204.000	\$ 9.204.000	\$ 9.204.000	\$ 9.204.000	\$ 9.204.000
Inversión Estimada								
Total Inversión	-\$ 374.976.468							
Préstamo Banco(-)								
Subsidio								
Amortización Deuda								
Valor Residual(+)								
Flujo Caja Neto	-\$ 374.976.468	\$ 57.239.885	\$ 74.548.024	\$ 91.856.164	\$ 126.472.442	\$ 143.780.582	\$ 161.088.721	\$ 178.396.861

9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
\$ 375.357.240	\$ 396.210.420	\$ 417.063.600	\$ 437.916.780	\$ 458.769.960	\$ 479.623.140	\$ 500.476.320	\$ 521.329.500	\$ 542.182.680	\$ 563.035.860	\$ 583.889.040	\$ 604.742.220
-\$ 65.121.700	-\$ 65.121.700	-\$ 65.121.700	-\$ 65.121.700	-\$ 65.121.700	-\$ 65.121.700	-\$ 65.121.700	-\$ 65.121.700	-\$ 65.121.700	-\$ 65.121.700	-\$ 65.121.700	-\$ 65.121.700
-\$ 15.510.000	-\$ 15.510.000	-\$ 15.510.000	-\$ 15.510.000	-\$ 15.510.000	-\$ 15.510.000	-\$ 15.510.000	-\$ 15.510.000	-\$ 15.510.000	-\$ 15.510.000	-\$ 15.510.000	-\$ 15.510.000
-\$ 8.350.000	-\$ 8.350.000	-\$ 8.350.000	-\$ 8.350.000	-\$ 8.350.000	-\$ 8.350.000	-\$ 8.350.000	-\$ 8.350.000	-\$ 8.350.000	-\$ 8.350.000	-\$ 8.350.000	-\$ 8.350.000
-\$ 8.290.000	-\$ 8.290.000	-\$ 8.290.000	-\$ 8.290.000	-\$ 8.290.000	-\$ 8.290.000	-\$ 8.290.000	-\$ 8.290.000	-\$ 8.290.000	-\$ 8.290.000	-\$ 8.290.000	-\$ 8.290.000
-\$ 2.048.000	-\$ 2.048.000	-\$ 2.048.000	-\$ 2.048.000	-\$ 2.048.000	-\$ 2.048.000	-\$ 2.048.000	-\$ 2.048.000	-\$ 2.048.000	-\$ 2.048.000	-\$ 2.048.000	-\$ 2.048.000
-\$ 113.000	-\$ 113.000	-\$ 113.000	-\$ 113.000	-\$ 113.000	-\$ 113.000	-\$ 113.000	-\$ 113.000	-\$ 113.000	-\$ 113.000	-\$ 113.000	-\$ 113.000
-\$ 550.000	-\$ 550.000	-\$ 550.000	-\$ 550.000	-\$ 550.000	-\$ 550.000	-\$ 550.000	-\$ 550.000	-\$ 550.000	-\$ 550.000	-\$ 550.000	-\$ 550.000
-\$ 10.570.000	-\$ 10.570.000	-\$ 10.570.000	-\$ 10.570.000	-\$ 10.570.000	-\$ 10.570.000	-\$ 10.570.000	-\$ 10.570.000	-\$ 10.570.000	-\$ 10.570.000	-\$ 10.570.000	-\$ 10.570.000
-\$ 30.900.540	-\$ 30.900.540	-\$ 30.900.540	-\$ 30.900.540	-\$ 30.900.540	-\$ 30.900.540	-\$ 30.900.540	-\$ 30.900.540	-\$ 30.900.540	-\$ 30.900.540	-\$ 30.900.540	-\$ 30.900.540
-\$ 141.453.240	-\$ 141.453.240	-\$ 141.453.240	-\$ 141.453.240	-\$ 141.453.240	-\$ 141.453.240	-\$ 141.453.240	-\$ 141.453.240	-\$ 141.453.240	-\$ 141.453.240	-\$ 141.453.240	-\$ 141.453.240
-\$ 9.204.000	-\$ 9.204.000	-\$ 9.204.000	-\$ 9.204.000	-\$ 9.204.000	-\$ 9.204.000	-\$ 9.204.000	-\$ 9.204.000	-\$ 9.204.000	-\$ 9.204.000	-\$ 9.204.000	-\$ 9.204.000
\$ 224.700.000	\$ 245.553.180	\$ 266.406.360	\$ 287.259.540	\$ 308.112.720	\$ 328.965.900	\$ 349.819.080	\$ 370.672.260	\$ 391.525.440	\$ 412.378.620	\$ 433.231.800	\$ 454.084.980
-\$ 38.199.000	-\$ 41.744.041	-\$ 45.289.081	-\$ 48.834.122	-\$ 52.379.162	-\$ 55.924.203	-\$ 59.469.244	-\$ 63.014.284	-\$ 66.559.325	-\$ 70.104.365	-\$ 73.649.406	-\$ 77.194.447
\$ 186.501.000	\$ 203.809.139	\$ 221.117.279	\$ 238.425.418	\$ 255.733.558	\$ 273.041.697	\$ 290.349.836	\$ 307.657.976	\$ 324.966.115	\$ 342.274.255	\$ 359.582.394	\$ 376.890.533
\$ 9.204.000	\$ 9.204.000	\$ 9.204.000	\$ 9.204.000	\$ 9.204.000	\$ 9.204.000	\$ 9.204.000	\$ 9.204.000	\$ 9.204.000	\$ 9.204.000	\$ 9.204.000	\$ 9.204.000
											\$ 184.080.000
\$ 195.705.000	\$ 213.013.139	\$ 230.321.279	\$ 247.629.418	\$ 264.937.558	\$ 282.245.697	\$ 299.553.836	\$ 316.861.976	\$ 334.170.115	\$ 351.478.255	\$ 368.786.394	\$ 570.174.533

Escenario Pesimista

ITEMS/AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8									
Ingreso																		
Ingreso por tratamiento	\$	41.706.360	\$	83.412.720	\$	125.119.080	\$	166.825.440	\$	208.531.800	\$	208.531.800	\$	208.531.800	\$	208.531.800		
Costos																		
Energía Eléctrica		-\$	60.958.153	-\$	60.958.153	-\$	60.958.153	-\$	60.958.153	-\$	60.958.153	-\$	60.958.153	-\$	60.958.153	-\$	60.958.153	
Productos Químicos		-\$	15.510.000	-\$	15.510.000	-\$	15.510.000	-\$	15.510.000	-\$	15.510.000	-\$	15.510.000	-\$	15.510.000	-\$	15.510.000	
Transporte de Lodos		-\$	8.350.000	-\$	8.350.000	-\$	8.350.000	-\$	8.350.000	-\$	8.350.000	-\$	8.350.000	-\$	8.350.000	-\$	8.350.000	
Disposición de Lodos		-\$	8.290.000	-\$	8.290.000	-\$	8.290.000	-\$	8.290.000	-\$	8.290.000	-\$	8.290.000	-\$	8.290.000	-\$	8.290.000	
Análisis de Agua		-\$	2.048.000	-\$	2.048.000	-\$	2.048.000	-\$	2.048.000	-\$	2.048.000	-\$	2.048.000	-\$	2.048.000	-\$	2.048.000	
Análisis de Lodos		-\$	113.000	-\$	113.000	-\$	113.000	-\$	113.000	-\$	113.000	-\$	113.000	-\$	113.000	-\$	113.000	
Control de Procesos		-\$	550.000	-\$	550.000	-\$	550.000	-\$	550.000	-\$	550.000	-\$	550.000	-\$	550.000	-\$	550.000	
Mantenión		-\$	10.570.000	-\$	10.570.000	-\$	10.570.000	-\$	10.570.000	-\$	10.570.000	-\$	10.570.000	-\$	10.570.000	-\$	10.570.000	
Sueldos		-\$	30.900.540	-\$	30.900.540	-\$	30.900.540	-\$	30.900.540	-\$	30.900.540	-\$	30.900.540	-\$	30.900.540	-\$	30.900.540	
Total Costos		-\$	137.289.693	-\$	137.289.693	-\$	137.289.693	-\$	137.289.693	-\$	137.289.693	-\$	137.289.693	-\$	137.289.693	-\$	137.289.693	
Intereses Préstamo																		
Depreciación(-)		-\$	9.204.000	-\$	9.204.000	-\$	9.204.000	-\$	9.204.000	-\$	9.204.000	-\$	9.204.000	-\$	9.204.000	-\$	9.204.000	
UAI		-\$	104.787.333	-\$	63.080.973	-\$	21.374.613	\$	20.331.747	\$	62.038.107	\$	62.038.107	\$	62.038.107	\$	62.038.107	
Impuesto a la Renta		\$	17.813.847	\$	10.723.765	\$	3.633.684	-\$	3.456.397	-\$	10.546.478	-\$	10.546.478	-\$	10.546.478	-\$	10.546.478	
UDI		-\$	86.973.486	-\$	52.357.208	-\$	17.740.929	\$	16.875.350	\$	51.491.629	\$	51.491.629	\$	51.491.629	\$	51.491.629	
Depreciación(+)		\$	9.204.000	\$	9.204.000	\$	9.204.000	\$	9.204.000	\$	9.204.000	\$	9.204.000	\$	9.204.000	\$	9.204.000	
Inversión Estimada																		
Total Inversión	-\$	374.907.076																
Préstamo Banco(-)																		
Subsidio																		
Amortización Deuda																		
Valor Residual(+)																		
Flujo Caja Neto	-\$	374.907.076	-\$	77.769.486	-\$	43.153.208	-\$	8.536.929	\$	26.079.350	\$	60.695.629	\$	60.695.629	\$	60.695.629	\$	60.695.629

