

研修教材

Material de Apoyo Para
PLANIFICACIÓN DE
ALCANTARILLADO

Equipo de Planificación de
ALCANTARILLADO

2009

Tabla de Contenidos

Capacitación 1- Planificación	1
Procedimientos generales para desarrollar un plan de alcantarillados	1
Confirmación de la situación actual de alcantarillados y planes relacionados	2
Establecer el período de diseño	3
Identificar el área de planificación	4
Confirmación de leyes relacionadas y reglamento sobre alcantarillados	6
Identificación del área de planificación y estimación del caudal de aguas residuales	7
Definición de los límites de captación	7
Identificación del desarrollo de alcantarillados	8
Identificación de catastro y de perfiles de desarrollo	10
Estimación de población	11
Estimación de caudal de aguas residuales	16
Identificación de planes de alcantarillados, incluyendo la red de alcantarillados y PTAs	21
Diseño de alcantarillados	21
Diseño de planta de tratamiento	26
Cronograma de construcción	87
VAN (Valor actual neto)	88
Capacitación 2- Legislación	93
Capacitación 3- O&M	94
O&M	95
Control de inventario	101
Control financiero	102
Capacitación 4- Recurso Humano	103
Administración	104
Capacitación de servicio	108
Relaciones publicas	109
Capacitación 5- Recursos financieros	111
Recursos financieros en Japón	112
Fuentes para aumentar el capital	116

Capacitación 1

Planificación

3

Procedimientos generales para desarrollar un plan de alcantarillados

1. Confirmación de la situación actual de alcantarillados y planes relacionados
2. Confirmación de leyes relacionadas y reglamento sobre alcantarillados
3. Identificación del área de planificación y estimación del caudal de aguas residuales
4. Identificación de planes de alcantarillados, incluyendo la red de alcantarillados y PTAs
5. Elaboración de un plan financiero en base a planes de construcción y O&M

4

Establecimiento del período de diseño

- Período de diseño
- 20 a 50 años (EUA)
- Alrededor de 20 años (Japón)
- Mínimo de 20 (Normas técnicas para abastecimiento de agua potable y alcantarillados de aguas negras)

- Los períodos de diseño largos hacen posible cubrir economías de escala en los sistemas de alcantarillado.
- Estos tienen que ser balanceados con la oportunidad de costo del capital, incertidumbre en la predicción del futuro uso territorial o del crecimiento en el desarrollo urbano, y el alto costo de mantenimiento de alcantarillados grandes con poco caudal.

Establecimiento del período de diseño (2)

- El uso de períodos de diseño más cortos evitan problemas y reducen los requerimientos de capital considerables que se utilizan en sistemas de alcantarillado; facilita el financiamiento, y mejora los prospectos de alcanzar mayor cobertura con una inversión. Con períodos de diseño más cortos y construcción por fases, comenzando aguas arriba, los efectos de errores cometidos en predicciones de crecimiento demográfico y su consumo de agua pueden ser mitigados y corregidos.

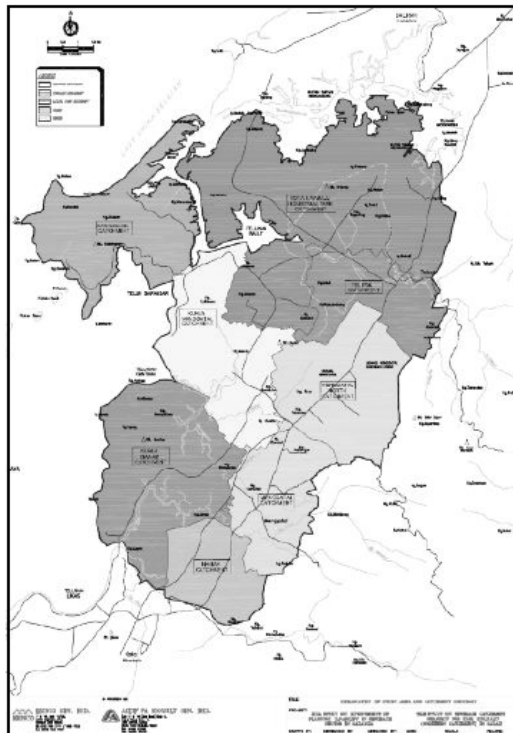
Identificación del área de planificación

- Ubicación,
- Topografía,
- Sistemas de drenaje naturales
- Geología

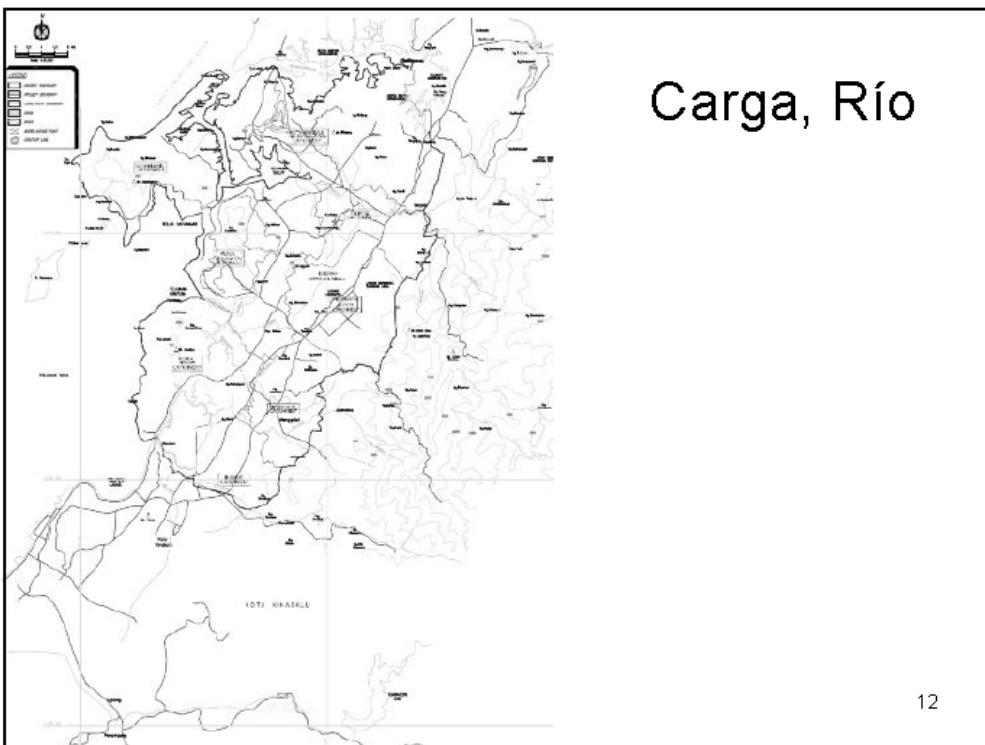
Se describen la ubicación y área total cubierta del área de planificación.

La topografía y sistemas de drenaje naturales se describen para mostrar la imagen de la selección de alcantarillados en la gravedad.

En cuanto a la geología, las condiciones de la estructura del suelo y de la superficie se describen para proporcionar la base de discusión de los requerimientos de construcción para alcantarillados y PTA.



Plan de la Cuenca en la ciudad





2. Confirmación de leyes relacionadas y reglamento sobre alcantarillados

NORMA SALVADORENA OBLIGATORIA NSO. 13.07.01.04 AGUA. AGUA POTABLE

Calidad de aguas residuales descargadas en cuerpos de agua

- DBO₅ 60mg/L
- Total sólidos suspendidos 60 mg/L
- DQO 150 mg/L
- Sólidos sedimentados 1 mg/L
- Aceites y grasas 20 mg/L

DBO 250 ~ 400 mg/L no tratado, en base a datos de la PTA Ciudad Futura

14

3. Identificación del área de planificación y estimación del caudal de aguas residuales

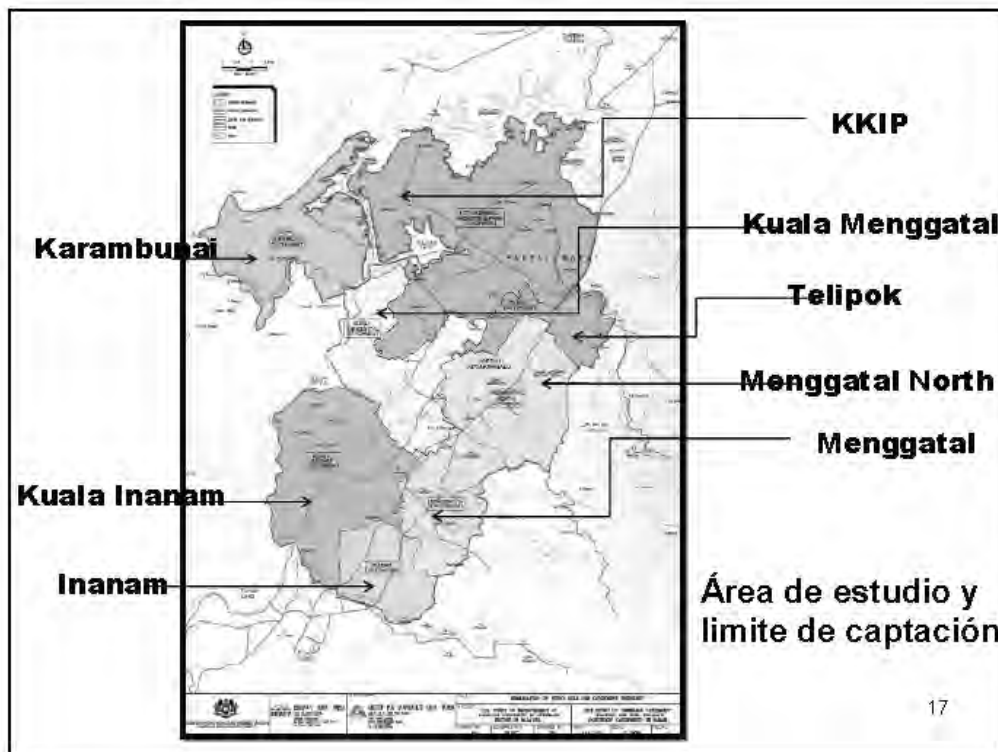
- Definición de los límites de captación
- Identificación del desarrollo de alcantarillados
- Identificación de catastro y de perfiles de desarrollo
- Estimación de población
- Estimación de caudal de aguas residuales

15

Definición de los límites de captación

- Topografía
- Límites administrativos y artificiales como ferrocarriles, son tomados en consideración en el momento de definir los límites de captación.

16

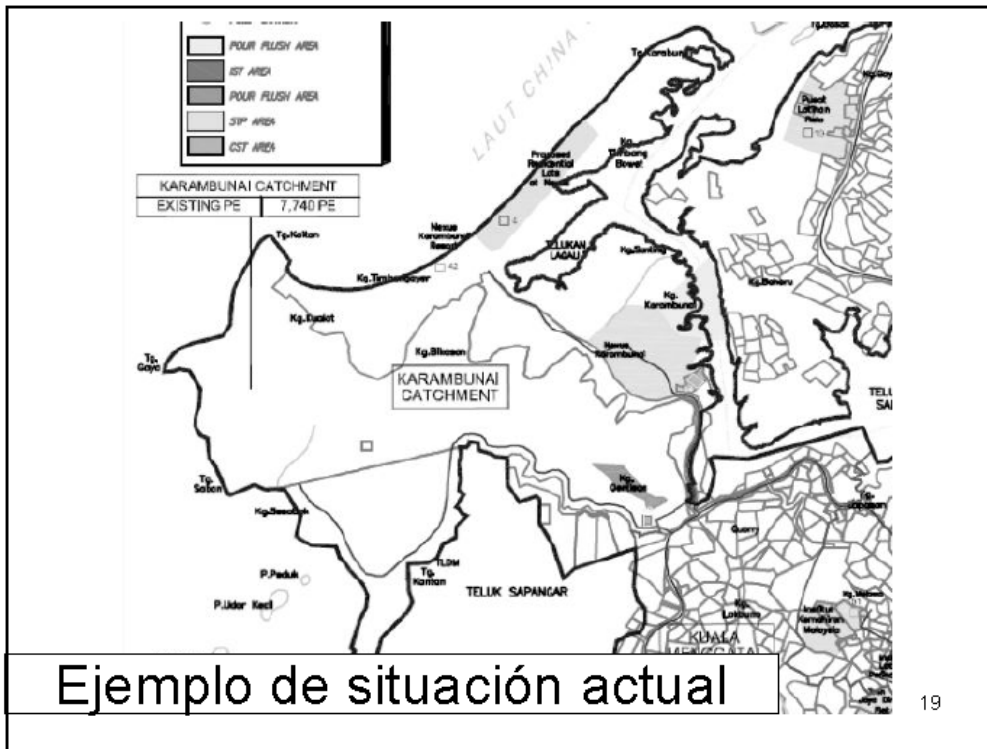


17

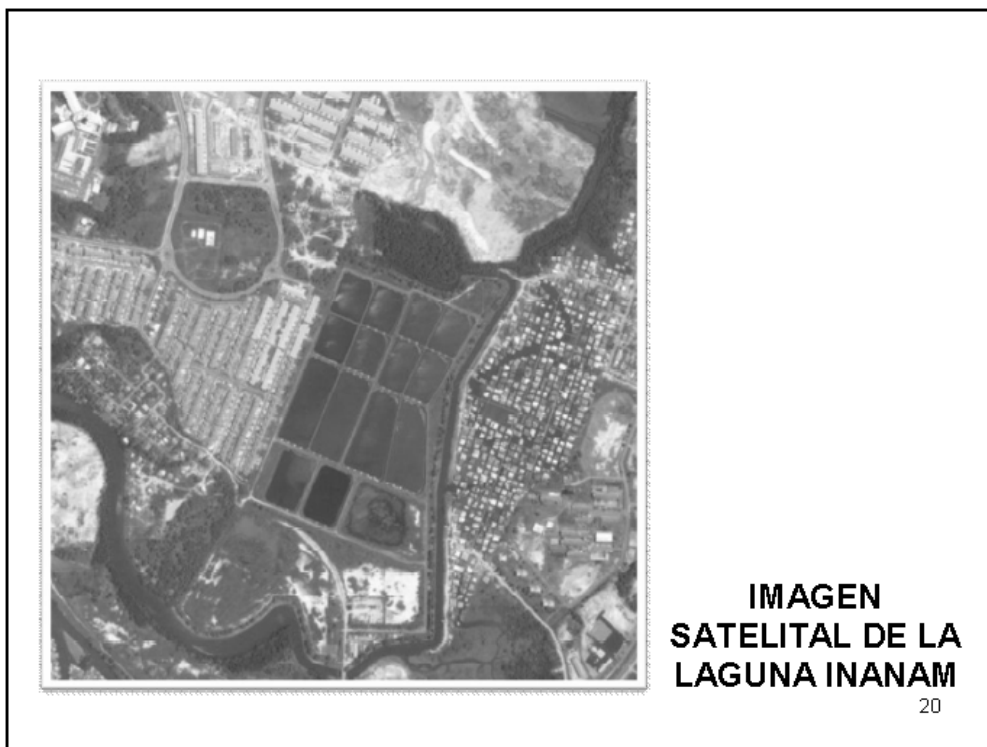
Identificación del desarrollo de alcantarillados

- El bosquejo del desarrollo de alcantarillados y las condiciones de las instalaciones existentes incluyendo las alcantarillas se describen en esta sección.
- La ubicación y el número de habitantes con conexión se describen.
- Se describen los inventarios de alcantarillados, estaciones de bombeo, plantas de tratamiento, e instalaciones de tratamiento de bio-sólidos para las condiciones de las instalaciones existentes.
- Se evalúan las capacidades de tratamiento a través de factores de diseño tales como el tiempo de retención hidráulica, tiempo de contacto, etc.

18



19



20

Bosquejo de la Laguna de Inaam en términos de capacidad y población con conexión

Capacidad de diseño máxima	119,000 Habitantes
Población actual con conexión	Estimación 90,000 habitantes-95,000 habitantes

* Fuente: Kota Kinabalu Plan Maestro de Alcantarillados

**Fuente: DBKK

*** Proyectado para 2.6% de crecimiento anual desde el 2020 con 292,950 de población para Kota Kinabalu (captación central)

21

Identificación de catastro y de perfiles de desarrollo

- Los catastros, información de desarrollo en mapas de zonificación, son importantes para estimar la población futura utilizada para la estimación del caudal de aguas residuales futuro.
- Estos datos describen de forma cuantitativa y espacial el uso territorial y desarrollo actuales durante el período de planificación de alcantarillados.
- Los datos deben mostrar la dispersión poblacional actual en los límites de la cuenca, los niveles de población futura, residencias futuras y futuras industrias y comercios en ciertas áreas.

22

Identificación de catastro y de perfiles de desarrollo (2)

- Sin embargo, ya que la planificación del uso territorial como planes de desarrollo privados son llevados a cabo en períodos más cortos que los alcantarillados, se debe confirmar la proyección del caudal de aguas residuales a corto plazo.

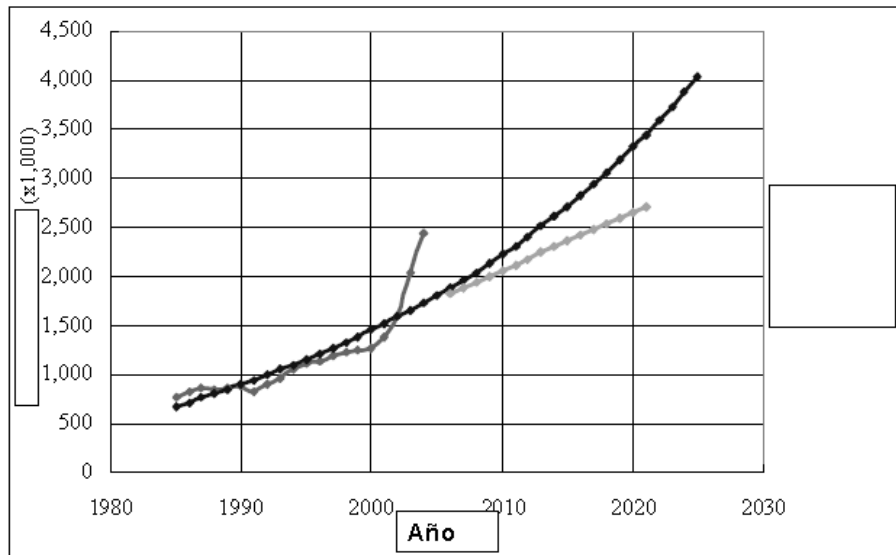
23

Estimación de población

- La estimación de población para el área de la cuenca es la base para calcular el caudal de diseño.
- Lo acostumbrado es multiplicar la población estimada por la contribución de aguas residuales per cápita estimada.
- Por lo general, la estimación de población se calcula utilizando datos de los Censos, mapas de zonificación, y catastros.

24

Ejemplo de estimación de población



25

Estimación de población

- Censo
- Crecimiento poblacional anual

District	1970	AnGR (%)	1980	AnGR (%)	1991	AnGR (%)	2000
Kota Kinabalu	60,382	5.88	108,725	5.95	218,600	5.89	374,000*

- Proyección de población

District/Year	2000	2005	2008	Growth Rate	2010	Growth Rate	2015	2020	Growth Rate	2025	2030	2035
Study Area	117,700	151,245	177,107	5.5	196,389	5.0	245,736	307,170	4.5	376,284	460,948	564,661 26

Método del Censo

- Estimación de población
 $= \text{población} + \text{población} \times \text{población}$
 Porcentaje de crecimiento (%) / 100 \times n
 $= \text{población} \times (1 + \text{GR} \times n)$

27

Catastro – Población existente

Catchment	Total Of Existing HE	Total Area, (Acre)	Existing Developed Area, (Acre)	Percentage Of Existing Developed Area	Existing Density, (HE/ Acre)
Inanam	27,358	1,972	622	32	44
Kiela Inanam	51,425	5,115	1,818	36	28
Minggat	21,706	2,656	574	22	38
Minggat North	18,439	3,791	725	19	25
Kiela Minggat	43,424	3,797	1,283	34	34
Karambura	7,740	3,989	403	10	19
Tilipde	2,450	1,575	126	8	19
KKIP	33,135	10,167	526	5	63
Total	205,677	33,051	6,075		

28

Proyección de población (Catastro)

Catchment	Total Future Developable Area (acre)	Developable Area To Be Developed by 2015 (%)	Developable Area (to Be Developed by 2015)	Ultimate Density (PE/Acre)	Developable Area (to Be Developed by 2015) * PE/Acre	2018	2020	2025	2030	2035	2040	2045
aman	583	100	583	50	29,157	27,388	31,274	36,105	41,996	47,768	53,599	56,515
alalranam	530	100	530	50	26,484	51,425	54,073	59,370	64,667	69,964	75,261	77,909
ingstad	700	80	560	50	28,017	21,706	24,508	30,111	35,715	41,318	46,921	49,723
ingstad North	1,553	70	1,087	50	54,356	18,489	23,875	34,746	45,617	56,488	67,359	72,795
alalVingstad	614	80	491	50	24,543	43,424	45,878	50,787	55,695	61,604	65,513	67,967
arandura	2,389	40	944	20	18,873	7,740	9,627	13,402	17,176	20,951	24,725	26,613
lipok	576	70	403	50	20,155	2,480	4,465	8,406	12,527	16,558	20,589	22,605
KIP	4,891	60	2,935	60	176,072	33,135	51,742	85,957	121,171	156,386	191,600	209,207
total	11,816		7,532		377,687	115,677	146,416	208,974	274,505	340,087	405,508	433,334

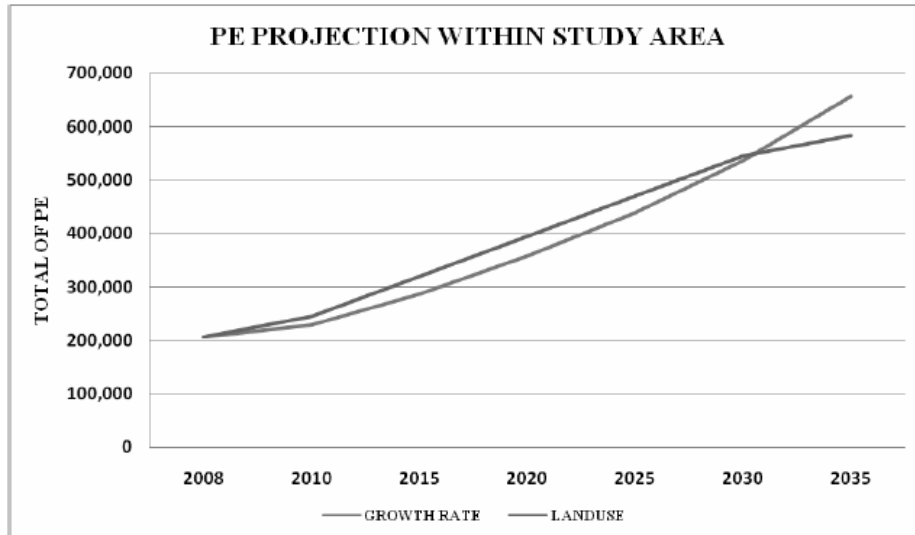
29

Método de Catastro

- Estimación de población
= Población +
Densidad poblacional* x área a desarrollar**
/ T x n
T: Año de planificación
*La densidad poblacional debiera ser estimada en el catastro actual y futuro
** El área a desarrollar debe ser confirmada en el catastro actual y futuro

30

Proyección de población Catastro futuro y Censo



Proyección de población

Total Future Developable Area (acre)	Percentage of Developable Area To be Developed by 2035	Developable Area (To Be Developed by 2035)	Ultimate Density, (PE / Acre)	Developable Area(To Be Developed by 2035) * PE/acre	2008	2010	2015	2020	2025	2030	2035
883	100	883	50	29,157	27,358	30,274	36,105	41,936	47,768	53,599	56,515
530	100	530	50	26,484	51,425	54,073	59,370	64,667	69,964	75,261	77,909
700	80	560	50	28,017	21,706	24,508	30,111	35,715	41,318	46,921	49,723
1,553	70	1,087	50	54,356	18,439	23,875	34,746	45,617	56,488	67,359	72,795
614	80	491	50	24,543	43,424	45,878	50,787	55,695	60,604	65,513	67,967
2,359	40	944	20	18,873	7,740	9,627	13,402	17,176	20,951	24,725	26,613
576	70	403	50	20,155	2,450	4,465	8,496	12,527	16,558	20,589	22,605
4,891	60	2,935	60	176,072	33,135	50,742	85,957	121,171	156,386	191,600	209,207
11,806		7,532		377,657	205,677	243,443	318,974	394,505	470,037	545,568	583,334

Estimación de caudal de aguas residuales

- Caudal residencial
- Caudal comercial
- Fuentes principales de descarga
- Infiltración de aguas subterráneas y aguas lluvias
- Caudal diario promedio
- Caudal horario máximo
- Caudal diario máximo

Caudal

- El caudal residencial incluyendo turistas es estimado multiplicando la población por el caudal per cápita.
- El caudal comercial es generalmente contabilizado multiplicando el área comercial por el caudal unitario.
- Las fuentes principales de descarga son centros comerciales y establecimientos industriales, etc. Dichas descargas en áreas de planificación son identificadas de documentos disponibles de Gobierno y privados, incluyendo permisos de agua industriales e institucionales, etc.

Producción de aguas residuales per cápita

- Agua de ANDA y el agua subterránea son las fuentes principales de alcantarillado.
- De las normas técnicas de ANDA, Consumo domestico urbano 80 a 350 L/p/d (litros/persona/día)

35

Ejemplo de consumo de agua

256 ANDA Centro de Llanos

REGISTRO N.º 22849 N.º TEL. 0014-21025-005-9

GRUPO: [] LEA: [] FECHA DE FACTURA: 01/04/2009

LEC. ACTUAL	LEC. ANTERIOR	CONSUMO	TARIFA	SERVICIO HASTA
3820	3796	24	01-01	03/04/2009

CONCEPTOS FACTURADOS

CONCEPTO	TARIFA	VALOR	LETRAS	VALORES NUMÉRICOS
10 CONSUMO POR SERVICIO	01-01	5.00	CINCO	5.00

SUMAS \$ 5.00

SALDO PENDIENTE \$ 0.00

TOTAL A PAGAR \$ 5.00

COLONES 0 48.85

FECHA DE VENCIMIENTO: ANDA:20/ABR/2009 BANCOS:18/ABR/2009

EL AHORRO DE AGUA ES RESPONSABILIDAD DE TODOS. SEAMOS "GUARDIANES DEL AGUA"

REPRE LAS FUGAS AL INTERIOR DE SU HOGAR. EVITE UN CONSUMO EXCESIVO DE AGUA.

RESTORAL DE CONSUMO CUENTA: 0433044

150 LITROS/DÍA 1500 LITROS/MES 15000 LITROS/AÑO

COMPROBANTE - CLIENTE

32.16m³/mes

No. de miembros en la familia: 5 personas

Producción de aguas residuales per cápita
214 L/p/d
=32.16/5/30

36

Producción de aguas residuales futura

- Caudal de aguas residuales=
Población × producción de aguas residuales per cápita

Ejemplo:

$$510,000 \times 215 \text{ L/p/d} \div 1,000 \text{ m}^3/\text{L} \\ = 109,650 \text{ m}^3/\text{d}$$

37

Caudales externos

- La capacidad de diseño incluirá la posibilidad de caudales externos que inevitablemente se vuelven parte del caudal total. Estos caudales incluyen infiltración de aguas subterráneas por tuberías averiadas y mantenimiento de alcantarillas. Además incluye la infiltración de aguas lluvia en conexiones transversales, mantenimiento de alcantarillas con fallas, y cubiertas de alcantarillas subterráneas.

Caudales externos

- 0.2 L/s/ha para tuberías de cemento
- 0.1 L/s/ha para tuberías PVC
(ANDA)
- 10~20 % del caudal máximo diario
(Japón)

Caudal de diseño

- Tres caudales en la planificación de alcantarillados.
CPD- Caudal promedio diario
= caudal residencial
+ caudal comercial
+ fuentes principales de descarga
+ caudal externo
CHM- Caudal horario máximo
CDM- Caudal diario máximo

Caudal de diseño (2)

- El caudal promedio diario incluye el promedio diario del caudal de aguas residuales y la infiltración de agua subterránea.
- El CPD es la base para calcular el CHM y CDM.
- El CHM es la base para seleccionar el tamaño de la tubería.
- $CHM = FM_{CHM} \times CPD$
- CDM es la base para diseñar las PTA.
 $CDM = FM_{CDM} \times CPD$

Factor máximo

- FM_{CHM}
- 1.8 a 2.4 para abastecimiento de agua en ANDA
- 1.8 en Brasil y Colombia (UNDP)
- 1.8 a 2.5 (Japón)

- FM_{CDM}
- 1.2 a 1.5 para abastecimiento de agua en ANDA
- 1.25 a 1.4 (Japón)

4. Identificación de planes de alcantarillado incluyendo red de alcantarillados y PTAs

- Diseño de alcantarillados
- Diseño de planta de tratamiento

43

Diseño de alcantarillados

- Capacidad de alcantarillados
- Cálculos hidráulicos
- Caudal de diseño
- Diámetro mínimo de alcantarillado
- Gradiente mínimo

Capacidad de alcantarillados

- El diseño del caudal de agua será de 80% del CHM (ANDA)
- 100% en Japón
- La capacidad de los alcantarillados debe considerar la cantidad adecuada para el caudal de diseño

Φ Sewer	FACTOR	Φ Sewers	FACTOR
8" \leq ϕ \leq 12"	2.00	36"	1.40
15"	1.80	42"	1.35
18"	1.60	48"	1.30
24"	1.50	Trap or emissaries	
30"	1.45		1.20

Capacidad de alcantarillados (2)

- Φ factor de alcantarillados (Japón)
- $\phi < 28"$ 2.0
- $28 < \phi < 65"$ 1.5 to 2.0
- $65" < \phi < 118"$ 1.25 to 1.5

Cálculos hidráulicos

- Fórmula de Manning
 - $Q=AV$
 - $V=(R^{2/3} \times S^{1/2})/n$
- Q: Caudal, m³/s
A: Área del caudal, m²
V: Velocidad del caudal, m/s
R: Radio hidráulico (A/P)=d/4, m
P: Superficie mojada efectiva, m
N: 0.015 para colectores de cemento-arena o concreto
0.011 para PVC
S: Gradiente de la tubería
d: Diámetro de la tubería

Caudal de diseño

- **Velocidad mínima**
Para prevenir la deposición de sólidos en un alcantarillado.
0.50 m/s (ANDA), 0.6 m/s (Japón)
- **Velocidad máxima**
Para prevenir el daño de la estructura de alcantarillado por las aguas residuales
5.0 m/s para PVC, 4.0 m/s para hierro, 3.0 para concreto (ANDA), 3.0 m/s (Japón)

Diámetro mínimo de alcantarillas

- Para el mantenimiento y la inspección de alcantarillas
- ANDA
- PVC ϕ 6" si el largo es < 100m
- Conexión domiciliar ϕ 6"
- Colectores terciarios ϕ 8"

- 8" (Japón)

Gradiente mínimo

- Para obtener la velocidad mínima

- 1.0% en la primera sección de la red
- 0.5% en general

Ejemplo

- $Q=109,650 \text{ m}^3/\text{d}$
- $S=0.005$
- El alcantarillado es de tubería de concrete.
- Cual es el diámetro del alcantarillado?

51

Required	Q	=	109,650	m ³ /d	=	1,269	m ³ /s						
Engineer													
Decision	V	=	1.5	m/s									
	A	=	0.846065	m ²			calculated						
	d	=	1.037903	m			calculated						
Estimation	diameter pipe may be around 1.0 meter												
Engineering	n	=	0.015	concrete pipe									
Decision	S	=	0.005										
	d	=	1	m	=	39.37	inches						
	V	=	1.87077	m/s			calculated						
	A	=	0.785398	m ²			calculated						
	Q	=	1.469299	m ³ /s			calculated	>	1,269	m ³ /d	OK		
Engineering	n	=	0.015	concrete pipe									
Decision	S	=	0.005										
	d	=	0.95	m	=	37.4	inches						
	V	=	1.80788	m/s			calculated						
	A	=	0.708822	m ²			calculated						
	Q	=	1.281464	m ³ /s			calculated	>	1,269	m ³ /d	OK		

52



Diseño de planta de tratamiento de aguas residuales

- Estándar del efluente
- Proceso de tratamiento típico
- Calidad de agua tratada en cada tratamiento
- Métodos de tratamiento
- Área de planta de tratamiento

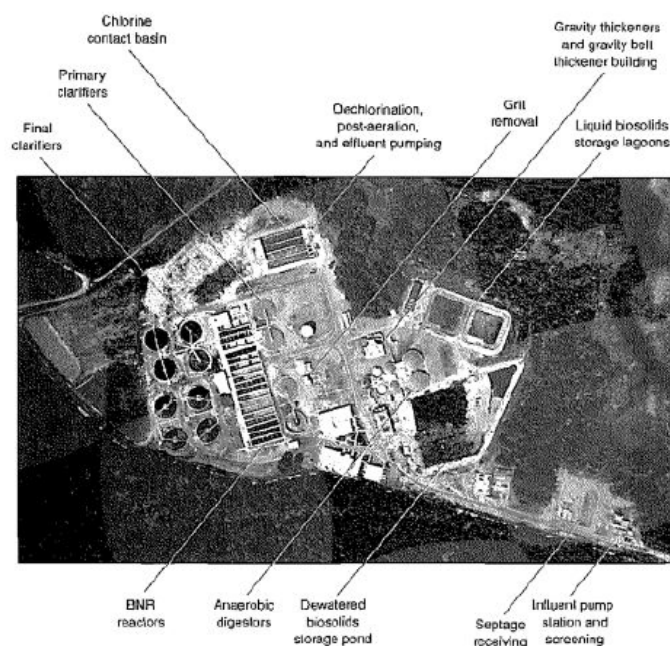
Estándar del efluente

El Salvador

- DBO₅ 60mg/L
- Total sólidos suspendidos 60 mg/L
- DQO 150 mg/L
- Sólidos sedimentados 1 mg/L
- Aceites y grasas 20 mg/L

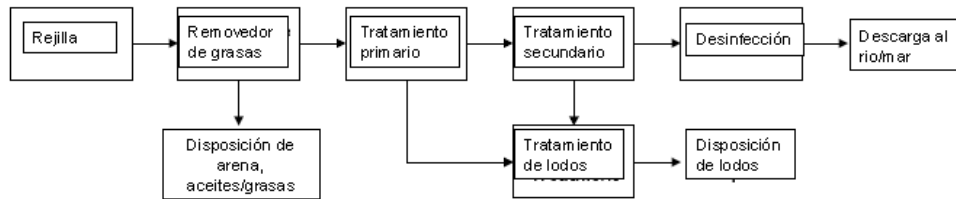
No-tratado DBO₅ = 250 ~ 400 mg/L
(Ciudad Futura PTA)

Diseño de planta de tratamiento

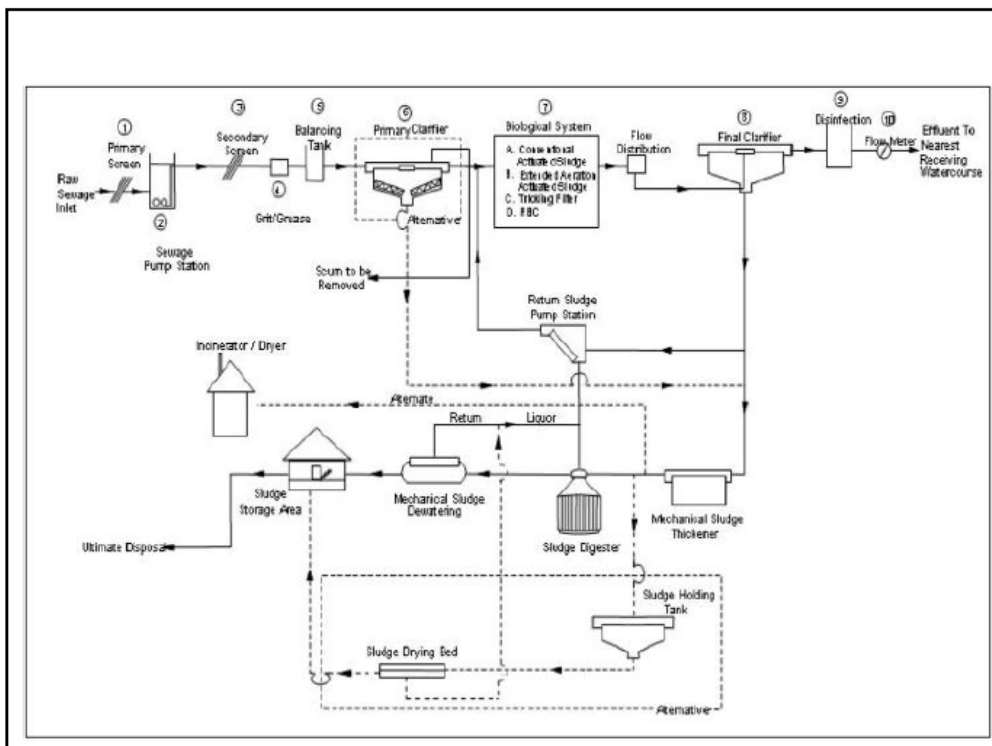


56

Flujo grama del proceso típico de tratamiento



57



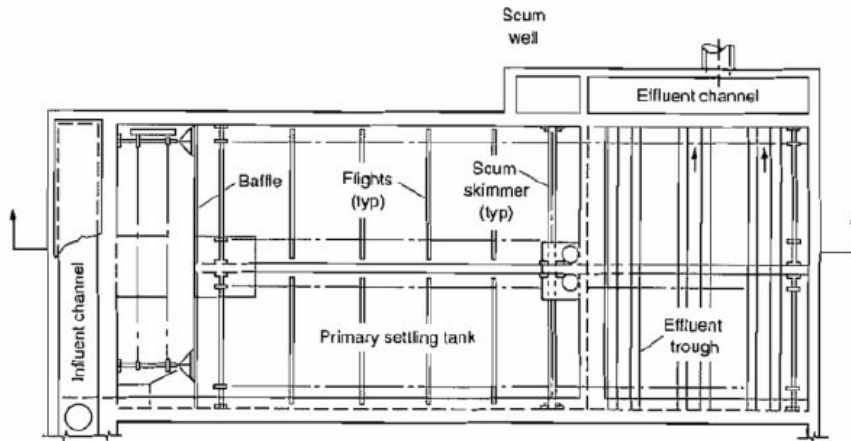
Proceso de tratamiento	Función
Rejilla	Removedor de grava, raíces
Removedor de arenilla/grasa	Removedor de arena y otros materiales inorgánicos; separa aceite & grasa
Tratamiento primario	Removedor de sólidos sedimentados
Tratamiento secundario	Removedor de contaminantes principales (DBO y SS)
Desinfección	Destruye organismos causantes de enfermedades
Tratamiento de lodos	Reduce el contenido de agua y transforma el lodo en adecuado para su disposición final

Velocidad de remoción

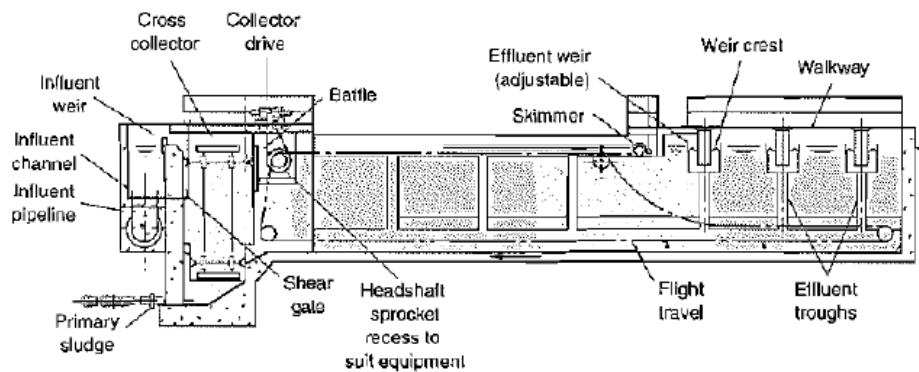
Proceso de tratamiento	BOD (%)	SS (%)	COD (%)	TN (%)	TP (%)
Tratamiento primario	30~50	40~60	30~50		
Tratamiento secundario*	90~95	90~95	75~85		
Tratamiento terciario				65~75	75~85

* La velocidad de remoción del tratamiento secundario incluye el del Tratamiento primario

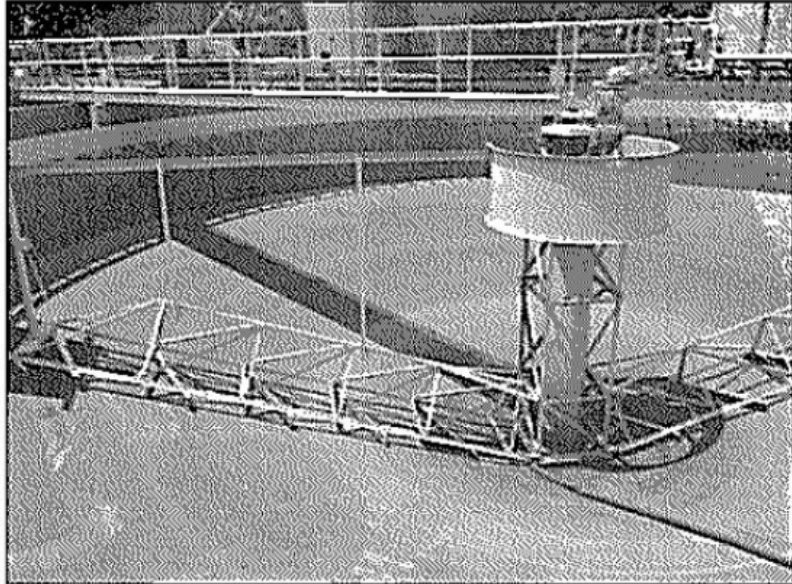
Tratamiento primario - Sedimentación primaria



Sedimentación primaria



Sedimentación primaria



Sedimentación primaria

- Remover los sólidos suspendidos listos y materiales flotantes y reducir el contenido de sólidos suspendidos.
- Velocidad de rebalse $35 \sim 70 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{d}$
- Tiempo de detención 2.0 hrs
- Profundidad 2.5~4.0 m
- Tamaño del tanque
- Rectangular 1:3 (ancho: largo)
- Circular

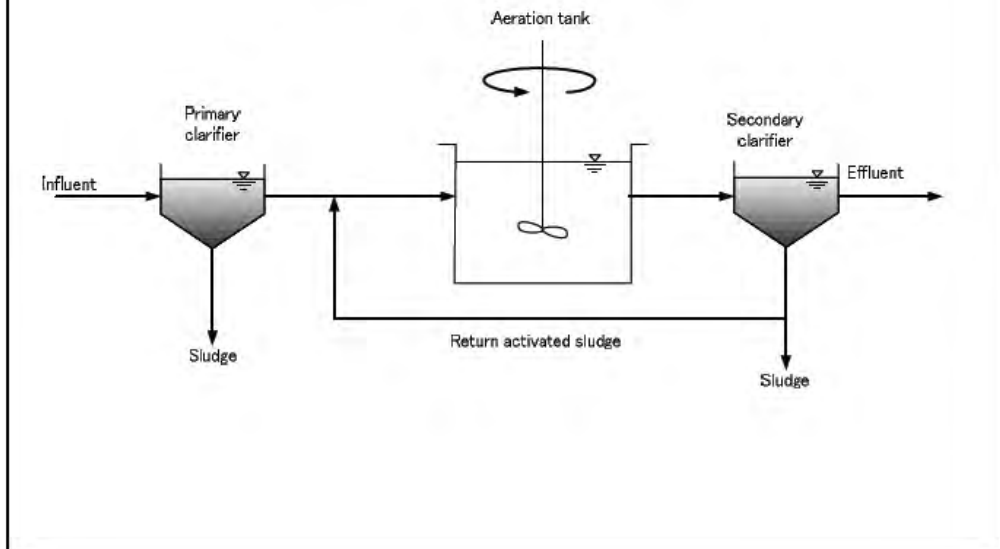
Tratamiento secundario – Tratamiento biológico

- Remover la materia orgánica disuelta y no-sedimentado por micro-organismos
- Tres tipos
- Proceso de tratamiento biológico de crecimiento suspendido (aeróbico)
- Proceso de tratamiento biológico de crecimiento sedimentado (aeróbico)
- Proceso de tratamiento biológico anaeróbico

Proceso de tratamiento biológico de crecimiento suspendido (aeróbico)

- Sistema convencional de activación de lodos
- Fosa de oxidación (FO) / Aireación extendida
- Sistema de fangos activados (EA)
- Tratamiento de fangos activados (SBR)

Sistema de fangos activados convencional (CAS)



Tanque de Aireación (Reactor)



68

Tanque de Aireación (Reactor)



69

Soplador



70

Soplador



71

CAS

- El proceso de fangos activados convencional es uno de varios procesos de fangos activados.
- El proceso de fangos activados es mejor aplicado en donde el terreno es limitado y caro, y en donde grandes volúmenes deben ser tratados de una forma económicamente factible, sin molestar a los vecinos.

72

CAS

- El proceso involucra la producción de una masa activada de micro organismos capaces de estabilizar las aguas residuales aeróbicamente.
- Esto se alcanza al introducir desechos orgánicos, producidos en instalaciones de pre-tratamiento y tratamiento primario, en reactores en donde las culturas de bacterias aeróbicas suspendidas oxidan la materia orgánica en materias estabilizadas.
- Estas culturas de bacterias activas son comúnmente conocidas como fangos activados.
- Durante el proceso, se producen nuevas células de bacterias.

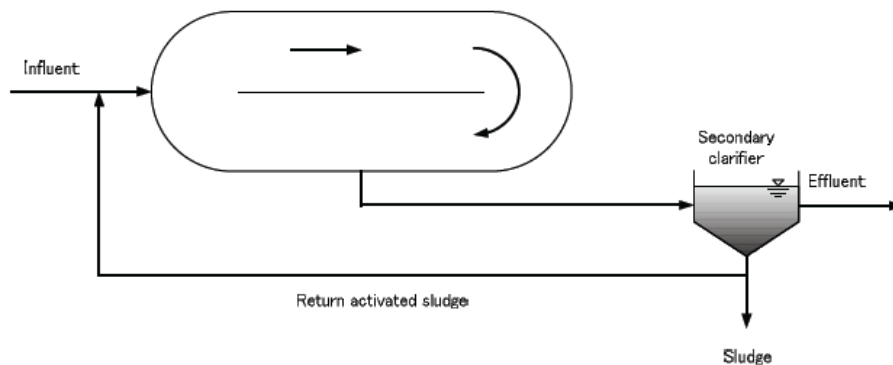
73

CAS

Parámetros de diseño	Criterios de diseño
Sistema de sedimentación primaria	Debe de ser proporcionado
Numero mínimo de tanques de aireación	2
Tiempo de retención hidráulica (TRH)	6-16 hrs (para sistemas en donde solamente se requiere la extracción de amoniaco) 12-16 hrs (para plantas que requieren la extracción total de nitrógeno)
Licor mixto de sólidos suspendidos (LMSS)	1,500-3,000 mg/L
Profundidad de agua del reactor	4~6 m

74

Sistema de fosa de oxidación (OD)



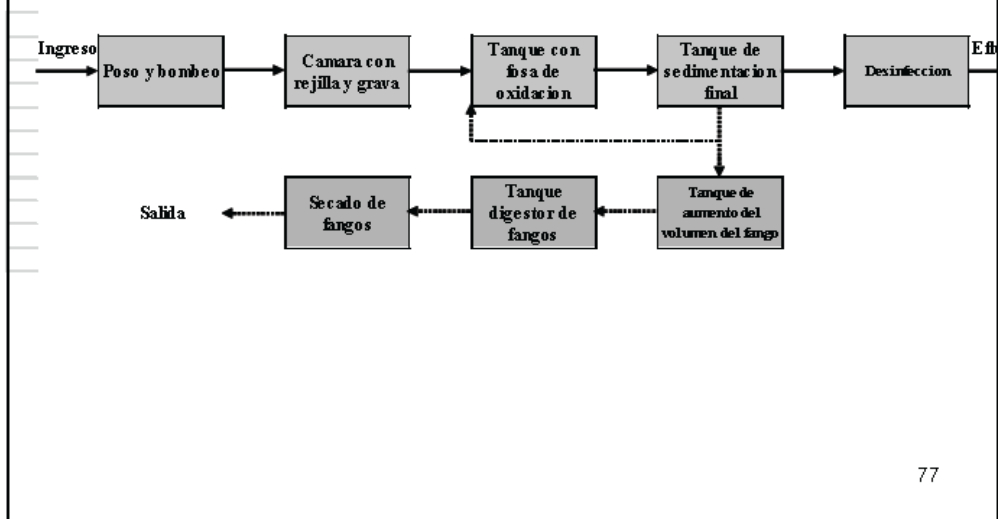
75

OD

- La fosa consiste en un canal de forma circular u ovalada equipado con aireación mecánica y aparatos de mezclar.
- La configuración del tanque y de los aparatos de aireación y mezcla fomentan el flujo sin dirección en el canal, para que la energía utilizada para la aireación sea la suficiente para proporcionar la mezcla en un sistema con TRH relativamente largo.
- El proceso se usa de forma extensa para plantas pre-construidas para comunidades pequeñas.

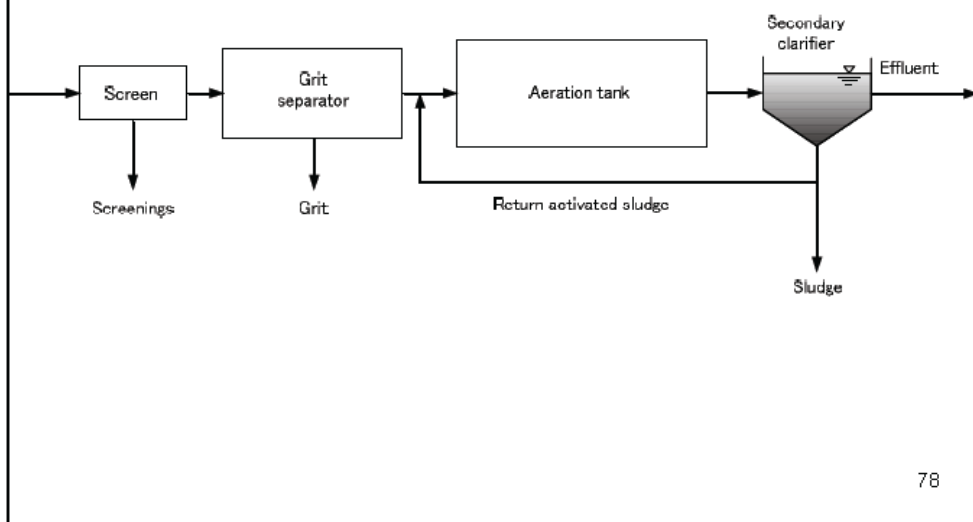
76

Ejemplo de un flujo grama sistemático para el proceso de fosa de oxidación



77

Fangos activados de aireación extendida (EA)



78

EA

- El proceso de EA es similar al proceso convencional de fangos activados a excepción del hecho que opera en la fase de respiración endógena de la curva de crecimiento, lo cual requiere una carga liviana de orgánicos y un largo tiempo de aireación.
- Por lo general, no se utiliza la sedimentación primaria.
- El sistema produce una alta concentración de LMSS con proporción de bombeo RAS y poco desecho de fangos.
- El proceso es utilizado para plantas pre-construidas en comunidades pequeñas.

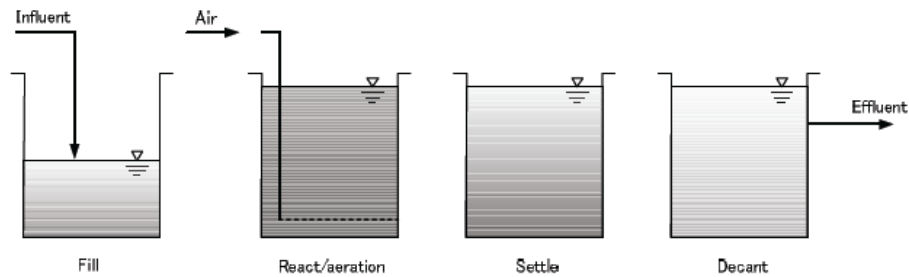
79

OD / EA

Parámetros de diseño	Criterios de diseño
Sistema de sedimentación primaria	No para OD Hay un sistema para EA de ser necesario
Numero mínimo de tanques de aireación	2
Tiempo de retención hidráulica (TRH)	15 – 30 hrs
Licor mixto de sólidos suspendidos (LMSS)	2,500 - 5,000 mg/L Típico: 3,000 mg/L
Profundidad de agua del reactor	1~4 m para OD 4~6 m para EA

80

Reactor Batch en Secuencia (SBR)



81

SBR

- El sistema de reactores batch en secuencia es el sistema de fangos activados suspendidos.
- En dicho sistema, las aguas residuales fluyen en uno o mas reactores en donde la oxidación biológica y la clarificación de las aguas residuales se llevan a cabo dentro de los mismos reactores de forma secuencial en una manera cíclica.
- Hay cinco (5) secuencias básicas en un ciclo, concretamente: Llenar, reaccionar (aireación), reposar, decantar, parar.
- Típicamente, todas las acciones en el reactor ocurren en diferentes secuencias de tiempo.

82

SBR

- En otras palabras, el sistema es a intervalos llenado y a intervalos decantado.
- Un planta típica de SBR consiste de un mínimo de dos (2) reactores en una planta.
- Cuando una unidad de los reactores esta en modo de llenar, los otros reactores pueden estar en etapa de reaccionar, reposar, decantar o parar. El reciente desarrollo del sistema de SBR lleva a la aparición de la variación de las secuencias de operaciones.
- En la etapa de reacción, el oxigeno proporcionado al sistema deberá ser conforme a la carga del sistema dentro del marco de tiempo del ciclo de reacción.

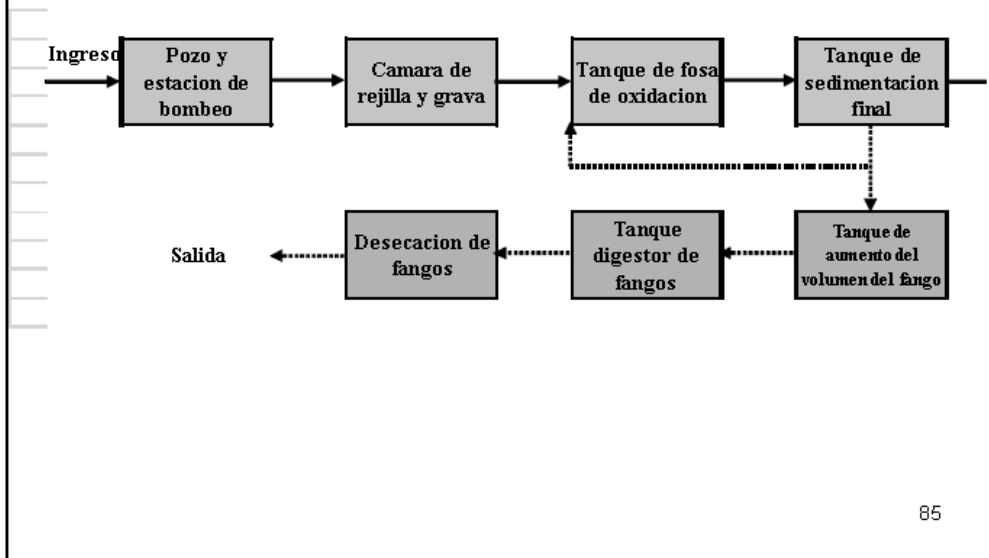
83

SBR

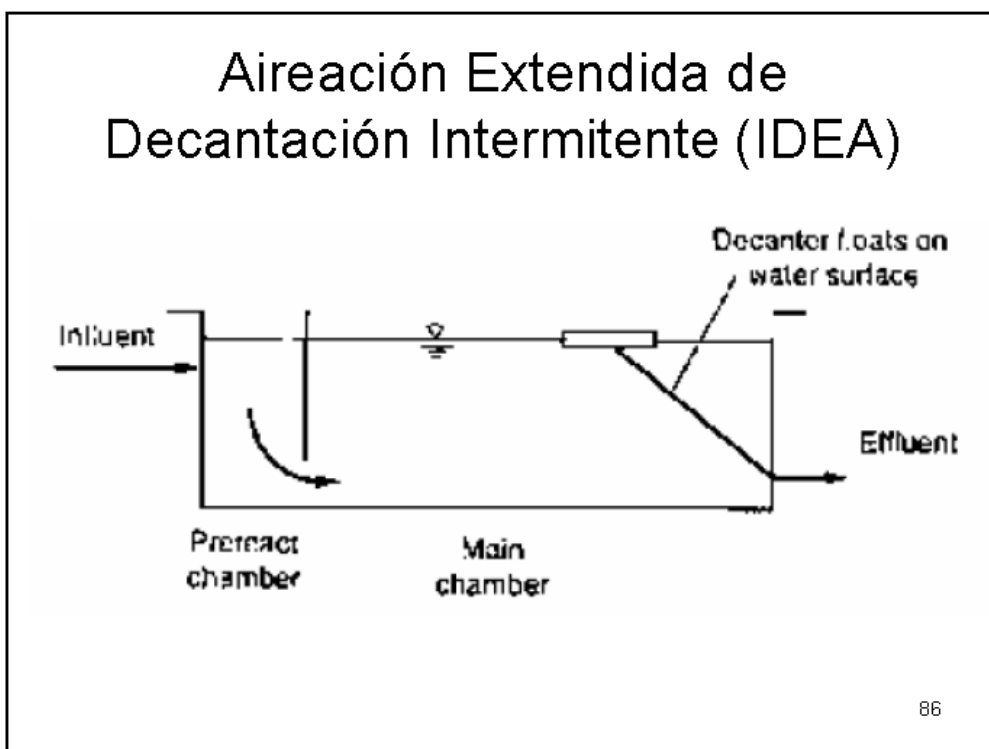
- Esto por lo general requiere un alta capacidad de oxigeno por tiempo unidad que un sistema continuo aireado.
- En la etapa de decantación, habrá suficiente tiempo para permitir que el licor mixto de sólidos suspendidos (MLSS) repose antes de que la decantación del efluente comience.
- El tiempo de decantación es normalmente mucho mas corto que el tiempo de llenado.
- Consecuentemente, el porcentaje del flujo del efluente también será mucho mas alto que el porcentaje del flujo de las aguas ingresadas.

84

Ejemplo de flujo grama sistemático para el Reactor Batch en Secuencia (SBR)



Aireación Extendida de Decantación Intermitente (IDEA)





87

IDEA

- El proceso de IDEA, desarrollado en Australia, es otro tipo de proceso de SBR utilizado para tratar flujos hasta para 500,000 m³/d.
- El agua residual ingresada es alimentada continuamente a través de los mismos ciclos de reacción, reposo, decantación y paro como en el SBR. El sistema de llenado continuo y decantación intermitente es una de las variaciones de SBR.
- La aguas residuales ingresadas son alimentadas en un lado de la cámara de control (zona de pre-reacción) para que el flujo no moleste el licor mixto durante el periodo de reposo y decantación.

88

SBR

Parámetros de diseño	Criterios de diseño
Sistemas de sedimentación primaria y secundaria	No
Numero mínimo de tanques de aireación	2
Tiempo de retención hidráulica (TRH)	15 – 40 hrs
Licor mixto de sólidos suspendidos (MLSS)	2,500 - 5,000 mg/L Típico: 3,000 mg/L
Profundidad del agua del reactor	4~6 m

89

Proceso de tratamiento biológico de crecimiento suspendido (Aeróbico)

- Sistema de filtro percolador (TF)
- Sistema de percolador biológico rotatorio (RBC)

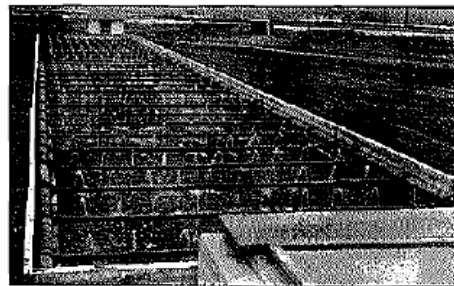
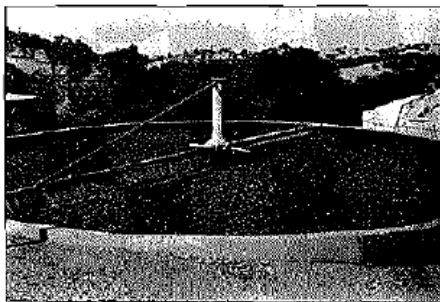
90

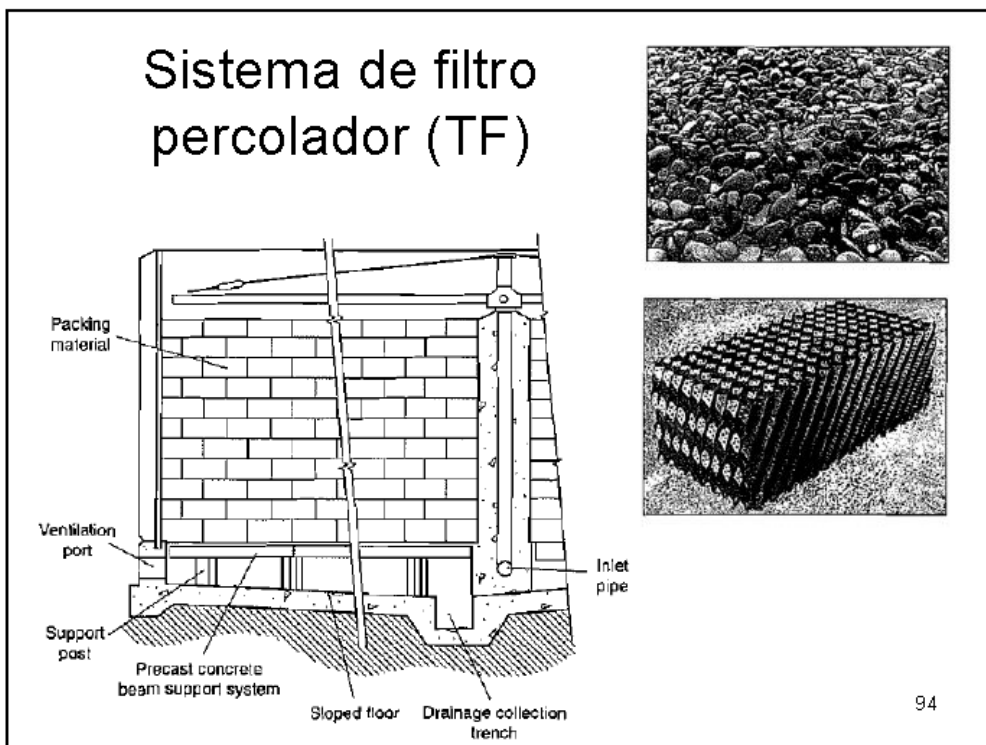
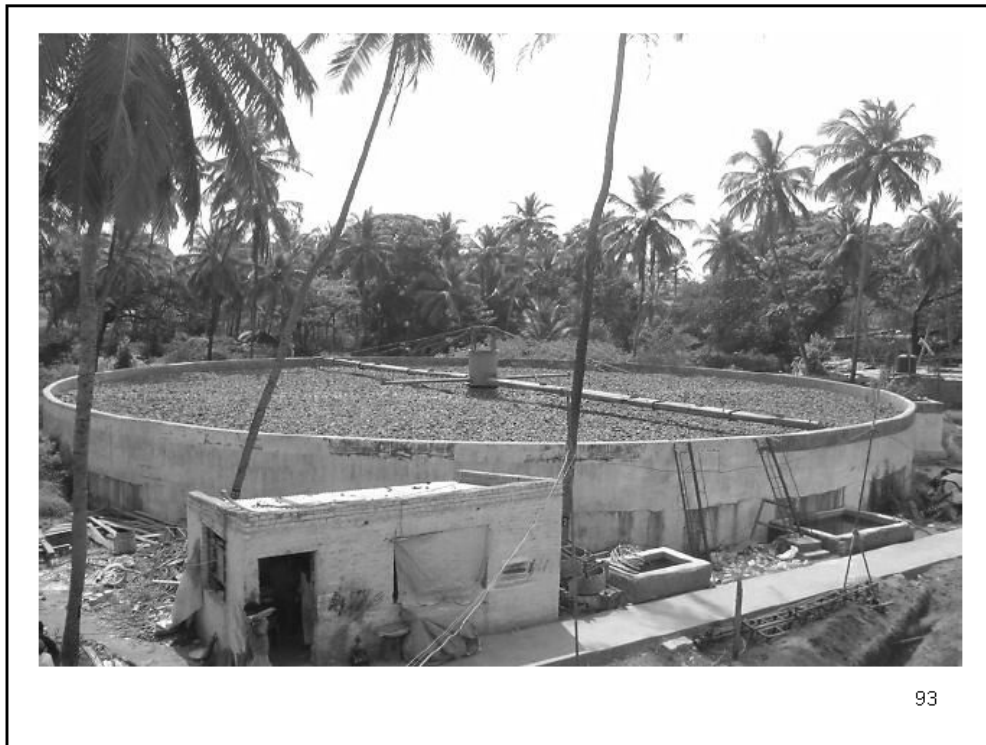
Sistema de filtro percolador (TF)

- El filtro percolador es un sistema de tratamiento biológico que remueve 65 a 85% DBO5 y sólidos suspendidos.
- El proceso consiste de una capa altamente permeable. Un distribuidor rotatorio facilita el paso de las aguas residuales al sistema.
- El flujo se filtra y fluye hacia abajo en el sistema.
- El sistema proporciona un área de superficie grande para promover el crecimiento de los cienes biológicos que también se conoce como película de zoo leal.
- La película contiene organismos vivientes que descomponen la materia orgánica en las aguas residuales.

91

Sistema de filtro percolador (TF)





Parámetros de diseño	Criterios de diseño
Sistemas de sedimentación secundaria	Si
Profundidad	1.8 – 2.4 m
Carga orgánica	0.07 - 0.22 kg como DBO/m ³ /d

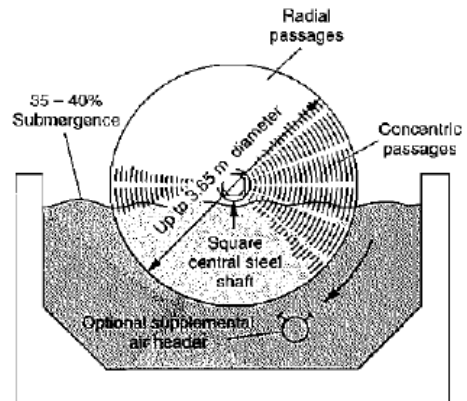
95

RBC

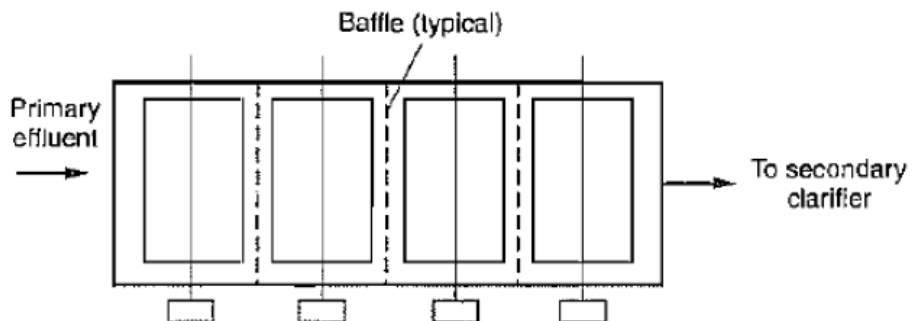
- Los percoladores biológicos rotatorios utilizan una serie de aparatos rotatorios para el tratamiento biológico.
- El aparato rotatorio, típicamente hecho de hojas de plástico de buena calidad, proporciona una superficie en donde crecen los organismos.
- Al rotar el aparato, la biomasa de película fija esta en contacto con otros contaminantes orgánicos en alcantarillados y con oxígeno en la atmosfera alternadamente. Capas de biomasa se rompen de la superficie del aparato durante la rotación, para prevenir el sobrecrecimiento de la película fija.
- Los RBCs son convencionalmente sumergidos a 40% del diámetro del disco. Que se sumerjan los discos hasta el 90% también es aceptable si se proporciona suficiente aire en la base del tanque. Dicho sistema es normalmente llamado percolador biológico sumergible (SBC).

96

RBC



RBC



Parámetros de diseño	Criterios de diseño
Sistemas secundarios de sedimentación	Si
Diámetro del disco	3 - 4 m
Carga orgánica	4 - 10 g como DBO/m ² /d
Tiempo de retención hidráulica (TRH)	0.7 - 1.5 hrs
Sumergimiento	35 - 40 %

99

Proceso de tratamiento biológico anaeróbico

- Reactor UASB (por sus siglas en inglés, *Upflow Anaerobic Sludge Blanket Processes*), Cobertor de fangos anaeróbico ascendente

100

- **Micro-organismo aeróbico**
Un micro-organismo que necesita oxígeno libre o disuelto para desarrollarse
- **Micro-organismo anaeróbico**
Un micro-organismo que no necesita de oxígeno libre para desarrollarse

101

Procesos anaeróbicos

- En general, para aguas residuales municipales con concentraciones bajas de DQO biodegradable, bajas temperaturas, necesidad de mejor calidad de efluente, y requerimientos de remoción de nutrientes, los procesos aeróbicos son favorecidos en la actualidad.
- Para aguas residuales industriales con mucha más concentración de DQO biodegradable, temperaturas elevadas, los procesos anaeróbicos pueden ser más económicos.

102

Procesos anaeróbicos

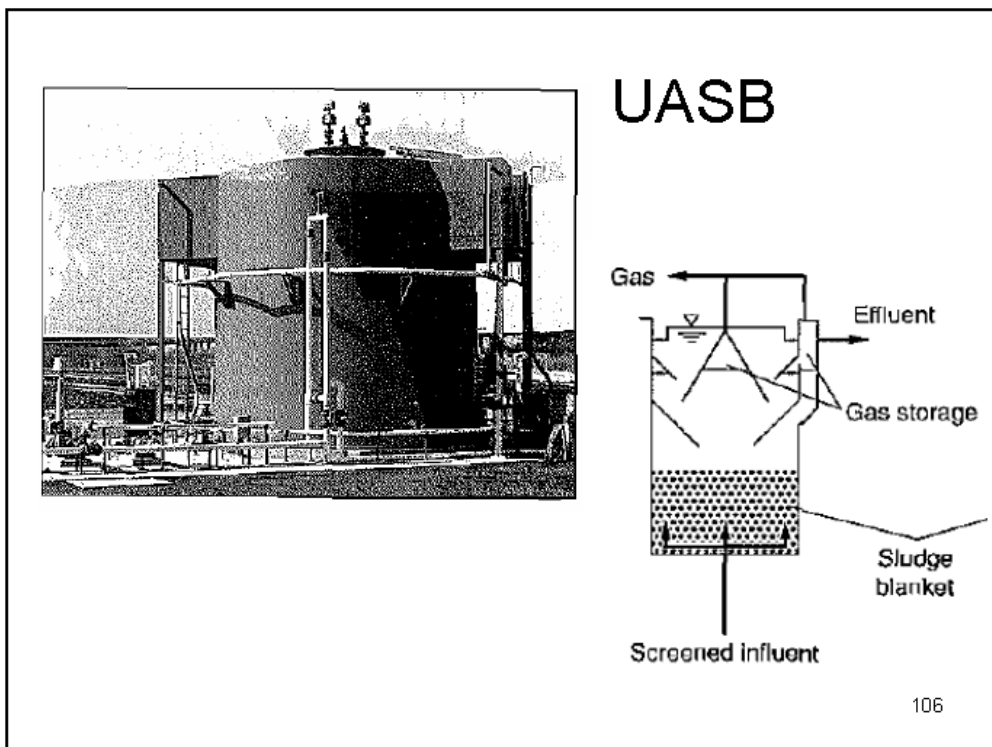
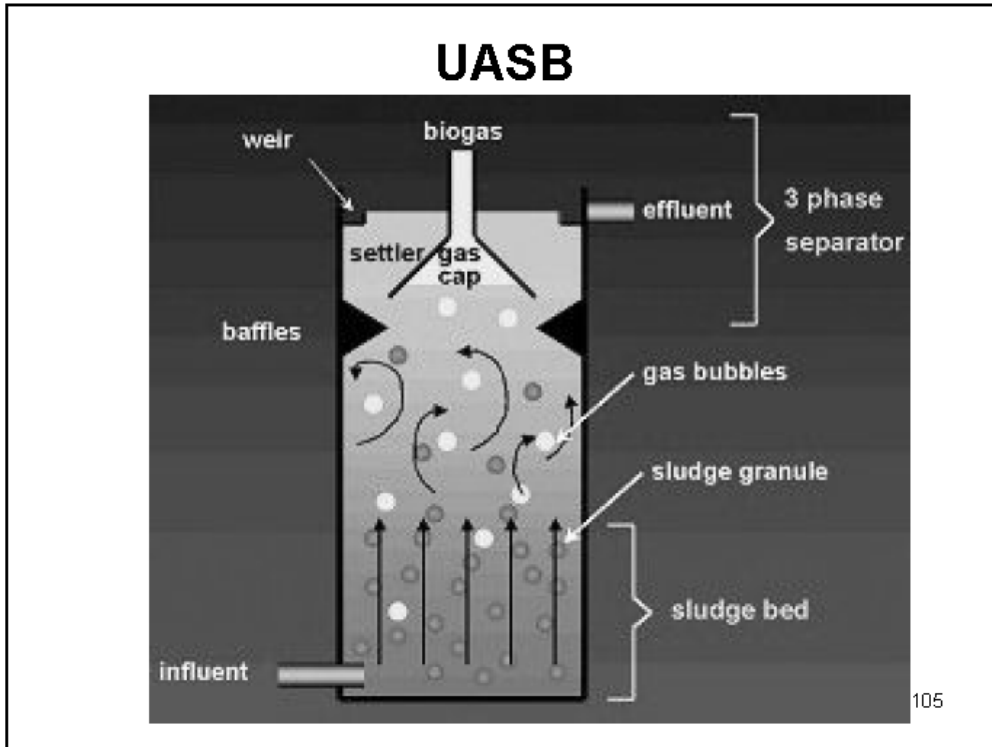
Ventajas	Criterios de diseño
<ul style="list-style-type: none"> •Menor requerimiento de energía •Menor producción de fangos biológicos •Menos nutrientes requeridos •Producción de metano, una potencial fuente de energía •Reactor pequeño requerido •Con aclimatación la mayoría de compuestos orgánicos pueden ser transformados •Respuesta rápida al agregar substratos luego de un largo periodo sin alimentación 	<ul style="list-style-type: none"> •Tiempo de inicio mas largo para desarrollar el inventario de biomasa necesario •Puede requerir alcalinidad y/o adición de ion específico •Puede requerir de tratamiento adicional con proceso anaeróbico para cumplir con los requerimientos de descarga •No es posible la remoción de nitrógeno biológico ni fosforo •Mayor sensibilidad al efecto adverso de temperaturas bajas en porcentajes de reacción •Puede ser mas susceptible al upsets duet a sustancias toxicas •Potencial a producción de olores y gases corrosivos

103

UASB (*Upflow anaerobic sludge blanket* Cobertor de fangos anaeróbico ascendente)

- Un proceso de tratamiento anaeróbico para las aguas residuales en el cual las aguas residuales fluyen al fondo del reactor y ascienden a través de una capa de fangos compuesta de partículas biológicas que han crecido en el reactor.
- Los gases producidos por las anaerobias pueden pegarse a las partículas, levantándolas al tope del reactor donde entran en contacto con una malla u otro material y son desgaseados.
- El proceso ha sido utilizado para tratar las aguas residuales con DBO alta.
- Las cargas orgánicas de 5 kg/d de DBO por m³ del tanque, son típicas.
- El proceso puede ser lento en una temperatura menor a 12°C.
- La producción de fangos excesiva es baja, pero un tanque de reposo separado puede ser agregado para asegurar la buena remoción de los sólidos biológicos del efluente.

104



UASB

- El rasgo clave del proceso de UASB que permite el uso de un alto volumen de cargas de DQO en comparación a otros procesos anaeróbicos es el desarrollo de fangos densos granulados.
- Por la formación de floculos de fango granulados, la concentración de sólidos puede variar de 50,000 a 100,000 mg/L al fondo del reactor y de 5,000 a 40,000 mg/L en una zona de mayor difusión en el tope de la capa de fangos UASB.

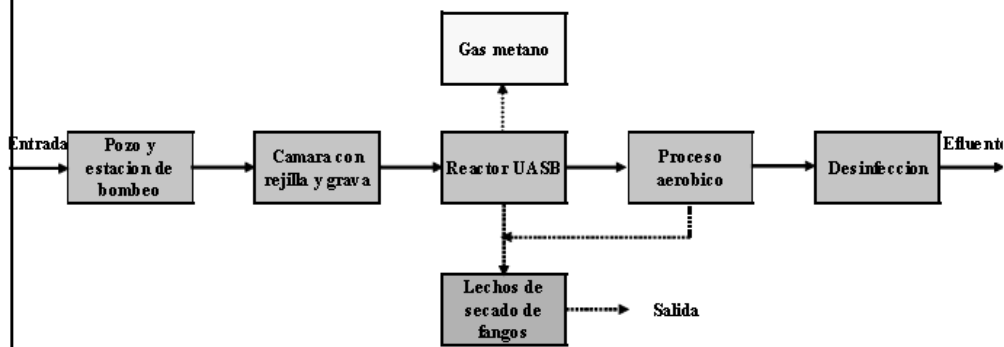
107

UASB

- El desarrollo de sólidos de fango granulado es afectado por las características de las aguas residuales.
- La granulación es exitosa en aguas residuales con niveles altos de carbohidratos o azúcares, pero menos exitosa en aguas residuales con niveles altos de proteína, produciendo floculos mas mullidos.

108

Ejemplo de flujo grama esquemático para el UASB + el proceso aeróbico



109

Parámetros de diseño	Criterios de diseño
Sistemas de sedimentación secundaria	Si
Características de las aguas residuales	COD:N:P=300~600:5:1
Carga orgánica volumétrica	6 ~ 12 kg como DQO/m ³ /d
Velocidad del flujo ascendente	0.8~1.0m/s
Altura del reactor	3~5 m
Volumen del reactor	$V_n = QS_o / L_{org}$ V_n = nominal (efectivo) volumen líquido del reactor, m ³ Q = proporción de flujo del influente, m ³ /h S _o = influente DQO, kg DQO/m ³ L _{org} = proporción de carga orgánica, kg/DQO/m ³ ·d

110